

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО МЕСТА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В РАБОЧЕМ РЕЖИМЕ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

© Гребченко Н.В., Сидоренко А.А., 2007

Розглянуто новий метод визначення відстані від початку приєднання 6–10 кВ до місця замикання на землю в робочому режимі. Метод засновано на зіставленні дійсного значення вектора струму нульової послідовності та вектора, який розраховується на математичній моделі вузла мережі при припустимій відстані місця замикання. Розглянуто шляхи підвищення точності методу.

It is considered a new method of the distance defining from the beginning of 6-10 kV joining to the place of ground short circuit in operating mode. The method is based on comparing of actual value of zero-sequence current vector with the vector which is calculated on mathematical model of network junction at proposed remoteness. The ways of increase of the method accuracy are considered.

Оперативный и эксплуатационный персонал электрических систем давно привлекает возможность предотвращения возникновения повреждений на основании выявления дефектов изоляции электрооборудования на ранней стадии. Такой подход к проблеме повышения надежности работы электрических систем требует не только выявления дефектов изоляции в рабочих режимах, но и определения места возникновения дефекта, т. е. нахождения конкретной фазы присоединения с дефектом и расстояния от начала присоединения, например кабель-двигатель, до точки дефекта. Отыскание места возникновения дефекта на отключенном электрооборудовании требует дополнительного времени, что не всегда приемлемо не только по экономическим соображениям, например, из-за недоотпуска продукции, но и по условиям обеспечения устойчивости работы нагрузки. Иногда, например, при длительном отключении питающей линии 6–35 кВ для отыскания места локального дефекта изоляции или из-за повреждения других элементов в результате сопутствующего отказа возникает угроза нарушения устойчивости электрической системы.

Для определения расстояния до места замыкания на землю применяют дистанционные [1], локационные [2], частотные [3] и другие методы. Основными недостатками современных методов является, как правило, невозможность их использования в рабочем режиме или невозможность выявления места замыкания при наличии переходного сопротивления в месте замыкания.

В связи с этим, была поставлена задача разработать метод определения расстояния до места замыкания на землю, в том числе и через переходное сопротивление, в рабочем режиме присоединения, т. е. без отключения присоединения.

Анализ параметров рабочего режима, выполненный на математической и физической модели присоединения показал, что каждой точке замыкания и величине переходного сопротивления соответствует только один вектор тока нулевой последовательности (НП) (рис. 1). Установленная зависимость положена в основу разработанного метода [4] определения расстояния до места замыкания на землю и величины переходного сопротивления в месте замыкания. Метод не требует отключения электрооборудования. Его основной алгоритм показан на рис.2.

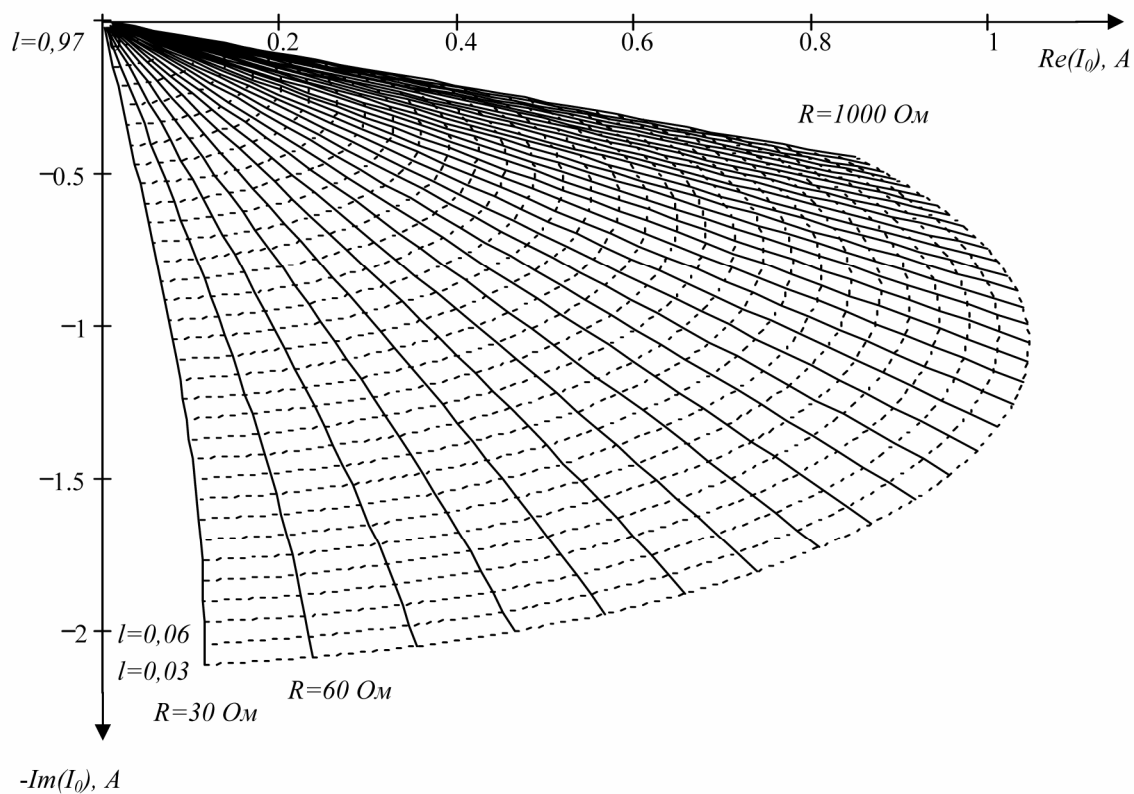


Рис. 1. Поверхность, которую образует конец вектора тока НП при изменении места и сопротивления локального дефекта в фазе А

Определение расстояния и переходного сопротивления выполняется в результате сопоставления действительного вектора тока нулевой последовательности $\dot{I}_{0Д}$ и вектора $\dot{I}_{0Р}$, найденного путем расчета на математической модели узла сети. Расчеты выполняются при пошаговом изменении предполагаемого расстояния до места замыкания с шагом Δl и пошаговом изменении величины предполагаемого сопротивления в месте замыкания с шагом ΔR . Параметры математической модели узла сети автоматически изменяются в соответствии с изменением конфигурации сети. За искомые параметры принимаются расчетные значения $l_{ДЕФ}$ и $R_{ДЕФ}$, которые использовались на том шаге расчета тока НП, на котором произошло совпадение действительного и расчетного векторов тока НП.

В общем случае погрешность определения расстояния до места локального дефекта изоляции зависит от таких факторов:

- точность измерения действительного значения вектора тока НП;
- величина сопротивления локального дефекта изоляции;
- удаленность локального дефекта изоляции;
- соотношение между сопротивлением локального дефекта изоляции и параметрами изоляции фаз электрически связанной сети;
- величина несимметрии продольных и поперечных проводимостей электрически связанной сети;
- как точно математическая модель сети соответствует реальной сети и ее реальному режиму.

Обычно для измерения токов НП используют кабельные трансформаторы тока или фильтры НП на основе фазных трансформаторов тока. Для повышения точности измерения тока НП предложено использовать в каждой фазе шунт, делитель и модуль гальванической развязки. Суммарная погрешность такого блока не превышает 0,05 %.

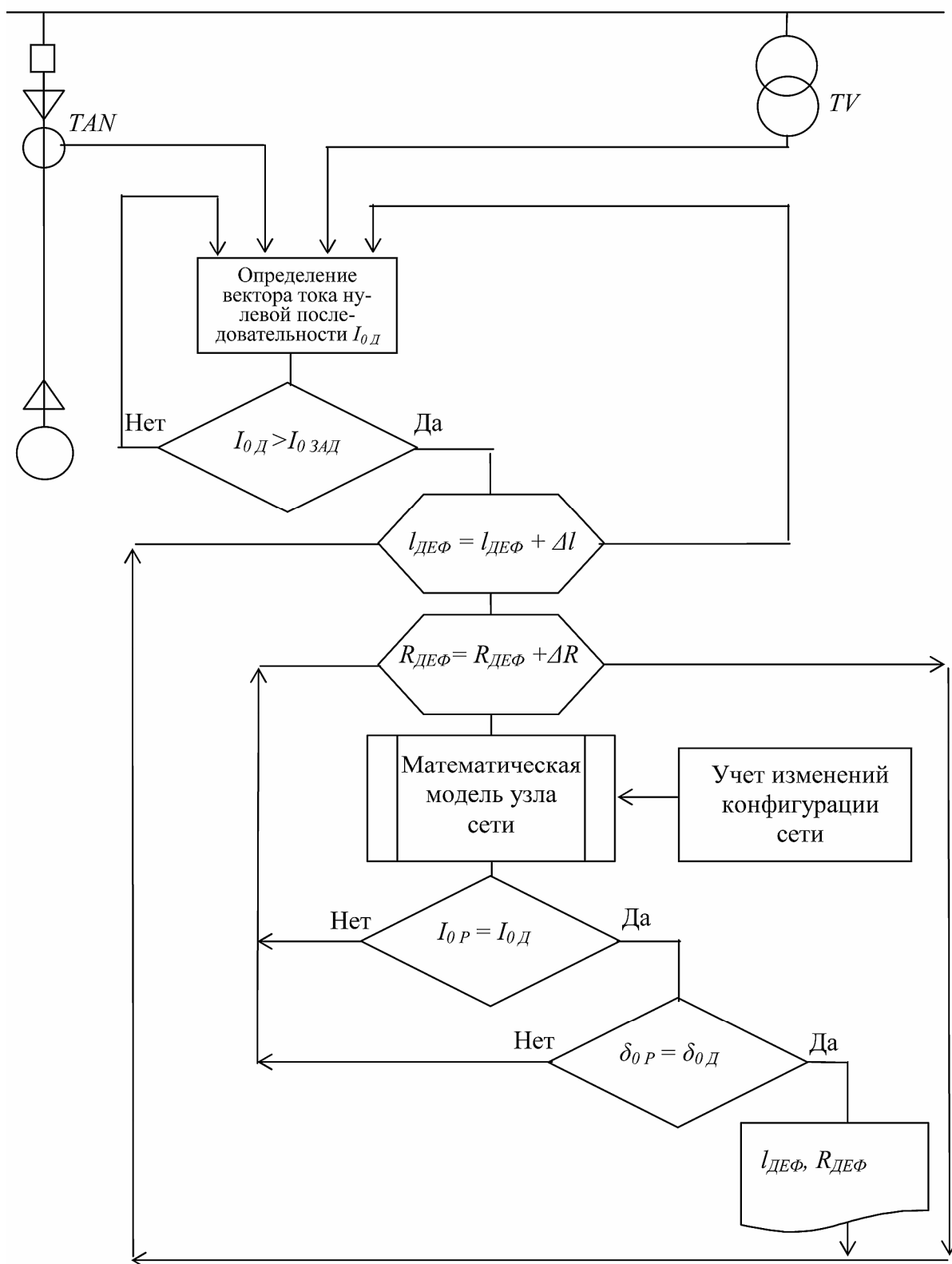


Рис. 2. Основной алгоритм итерационного метода определения расстояния до места замыкания на землю

Для оценки погрешности метода на примере узла сети (емкость сети 5 мкФ, присоединение с двигателем 250 кВт, кабель трехжильный с алюминиевыми жилами и сечением жилы 10 мм²) при применении измерительных шунтов рассмотрены три случая повреждения изоляции обмотки двигателя:

- однофазное замыкание на землю ($R_3 = 0,1 \text{ Ом}$). На основе анализа возможных сочетаний погрешностей измерений токов в трех фазах выбраны четыре комбинации погрешностей токов в фазах, дающие наибольшую погрешность тока НП. Для каждой из этой комбинации токов выполнен расчет для 12 возможных точек возникновения замыкания вдоль обмотки статора двигателя. Расчеты показали, что погрешность определения места замыкания и погрешность по определению сопротивления в пределах 80 % обмотки двигателя близки к нулю. При большем приближении замыкания к нулевой точке двигателя погрешность определения сопротивления увеличивается (сопротивление вместо 0,1 Ом составляет 5 Ом).
- локальный дефект изоляции с сопротивлением дефекта $R_{ДЕФ} = 1 \text{ кОм}$. На основе анализа отобраны четыре возможных варианта погрешности при измерении фазных токов. Два варианта дают максимальную погрешность по модулю вектора тока НП:

$$\dot{I}_1 = \frac{1}{3}(\dot{I}_A \cdot 0,9995 + \dot{I}_B \cdot 1,0005 + \dot{I}_C \cdot 0,9995),$$

$$\dot{I}_2 = \frac{1}{3}(\dot{I}_A \cdot 0,9995 + \dot{I}_B \cdot 1,0005 + \dot{I}_C \cdot 1,0005).$$

Еще два варианта дают максимальную погрешность по фазе вектора тока НП:

$$\dot{I}_3 = \frac{1}{3}(\dot{I}_A \cdot 0,9995 + \dot{I}_B \cdot 0,9995 + \dot{I}_C \cdot 1,0005),$$

$$\dot{I}_4 = \frac{1}{3}(\dot{I}_A \cdot 1,0005 + \dot{I}_B \cdot 1,0005 + \dot{I}_C \cdot 0,9995).$$

Для каждого из этих токов выполнен расчет для 12 возможных мест возникновения дефекта: $l_d = 0,02; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 0,95; 0,98$. Результаты расчетов показаны на рис. 3–4. На рис. 3 приведена зависимость погрешности определения места дефекта (в процентах от всей длины обмотки двигателя) от места возникновения дефекта. На рис. 4 приведена зависимость погрешности определения сопротивления дефекта (в Ом) от места возникновения дефекта.

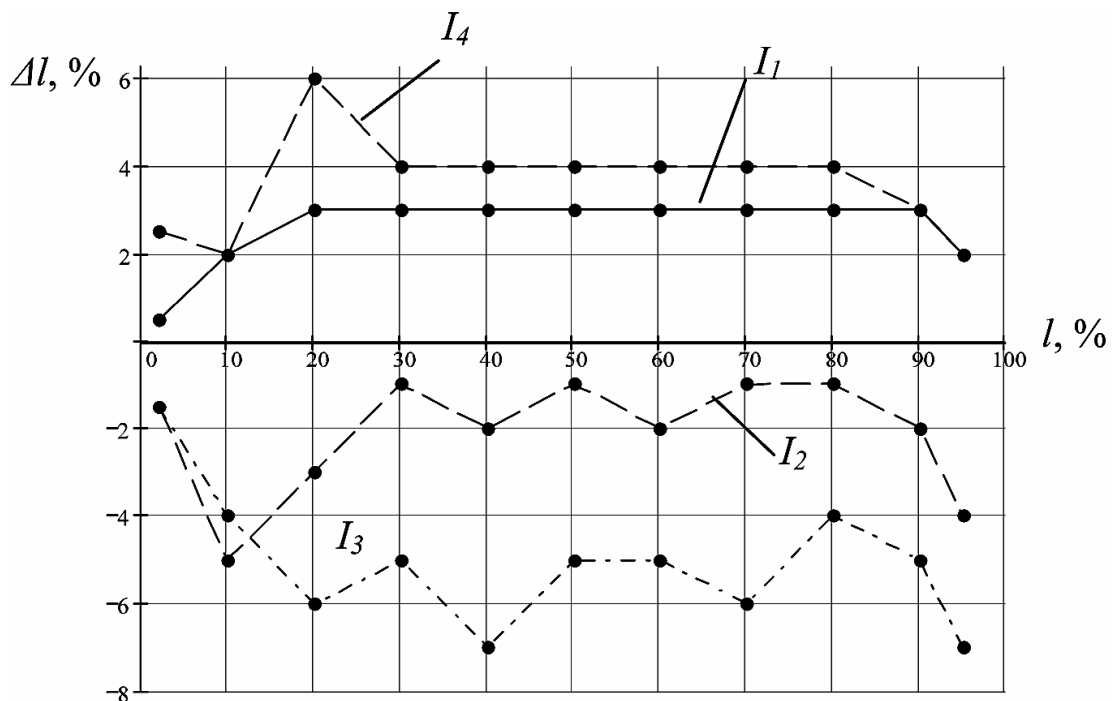


Рис. 3. Зависимость погрешности определения места дефекта от места возникновения дефекта

Из рис. 3 видно, что погрешность определения места дефекта в пределах 90 % обмотки двигателя практически не зависит от места возникновения дефекта. Вблизи нулевой точки погрешность значительно увеличивается. Из рис. 4 видно, что погрешность определения сопротивления дефекта зависит от места возникновения дефекта вдоль всей длины обмотки и увеличивается при приближении к нулевой точке двигателя. Наибольшие погрешности расчета как по месту, так и по сопротивлению дефекта имеют токи с наибольшей погрешностью измерения фазы (I_3 и I_4).

- локальный дефект изоляции с сопротивлением дефекта $R_D = 10$ кОм. Погрешности определения места и сопротивления дефекта вблизи выводов двигателя находятся в пределах допустимых. При увеличении расстояния от начала обмотки до места возникновения дефекта погрешность значительно возрастает и при приближении к середине обмотки выходит за пределы допустимой (>20 %).

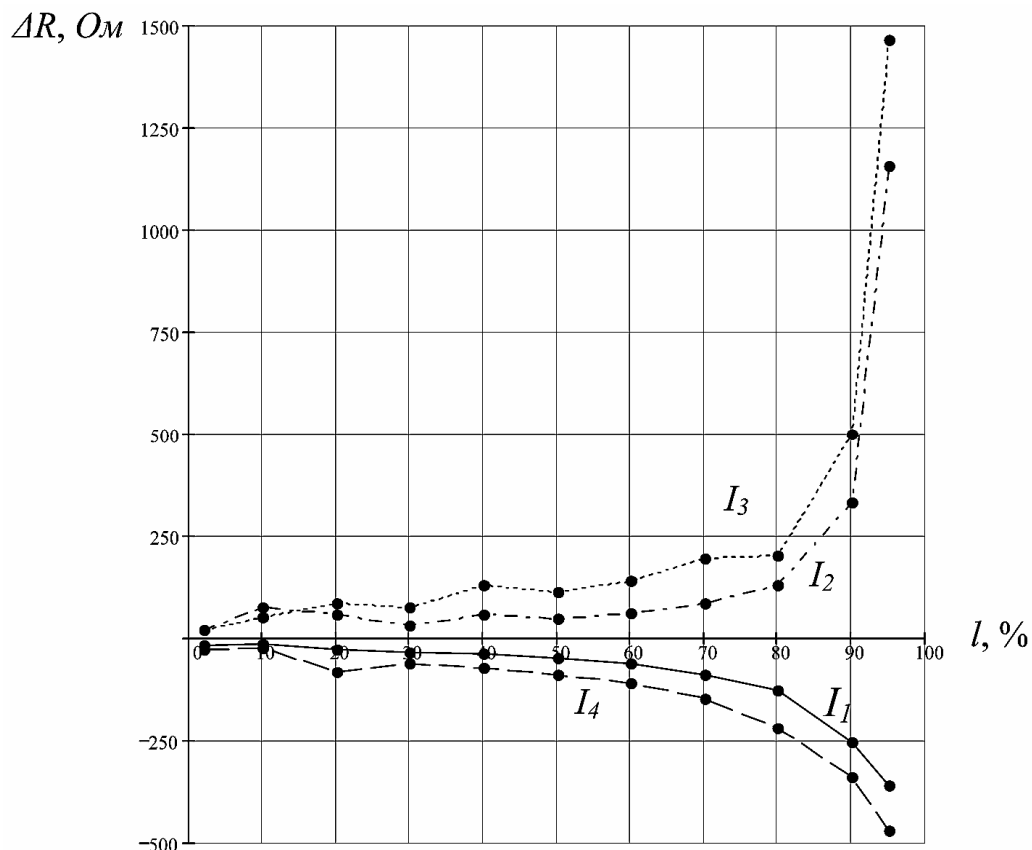


Рис. 4. Зависимость погрешности определения сопротивления дефекта от места возникновения дефекта

Блок учета изменений конфигурации сети учитывает главным образом изменение суммарной емкости сети, но также и других параметров схемы замещения эквивалентной группы присоединений.

В рабочем режиме сети при включении (отключении) присоединений (изменении общей нагрузки узла) и других условиях может изменяться напряжение на секции или системе шин. Это изменение должно быть в пределах ± 5 %. Кроме того, необходимо иметь в виду, что учет суммарной емкости сети может производиться с некоторой погрешностью (принято также ± 5 %). В связи с этим произведен анализ влияния точности определения суммарной емкости сети на результат расчета, а также влияние изменения напряжения.

Для анализа выбран случай возникновения дефекта изоляции с сопротивлением 500 Ом в середине обмотки двигателя мощностью 500 кВт. Суммарная емкость сети составляет 2 мкФ.

На рис. 5 показаны зависимости погрешности определения места и сопротивления дефекта при изменении напряжения в диапазоне $U_n (1\pm 0,05)$. На рис. 6 показаны аналогичные зависимости при изменении суммарной емкости сети в диапазоне $C_\Sigma (1\pm 0,05)$.

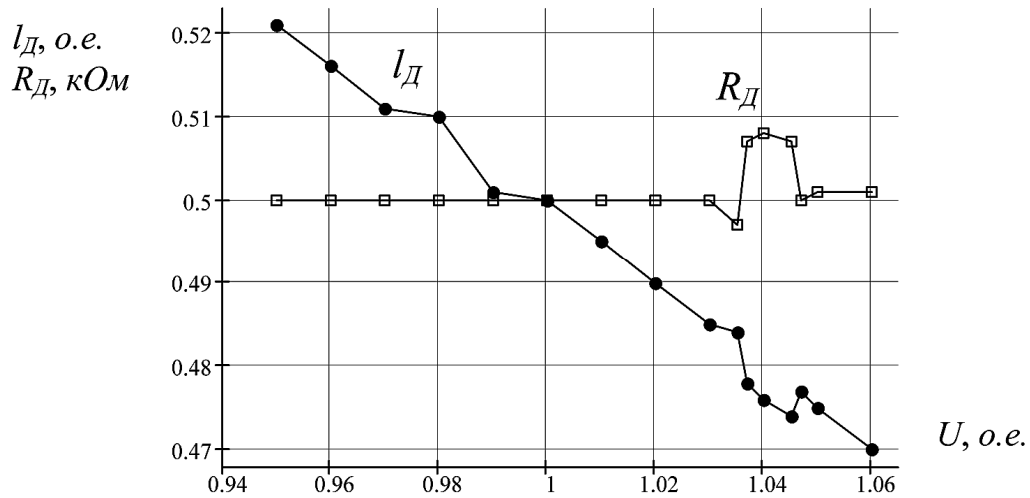


Рис. 5. Погрешность определения места и сопротивления дефекта при изменении уровня напряжения сети

Анализ данных на рис. 5 и 6 показывает, что увеличение напряжения или емкости приводит к увеличению отрицательной погрешности определения места дефекта, а уменьшение напряжения или емкости приводит к увеличению положительной погрешности определения места дефекта. Изменение напряжения практически не влияет на точность определения сопротивления дефекта.

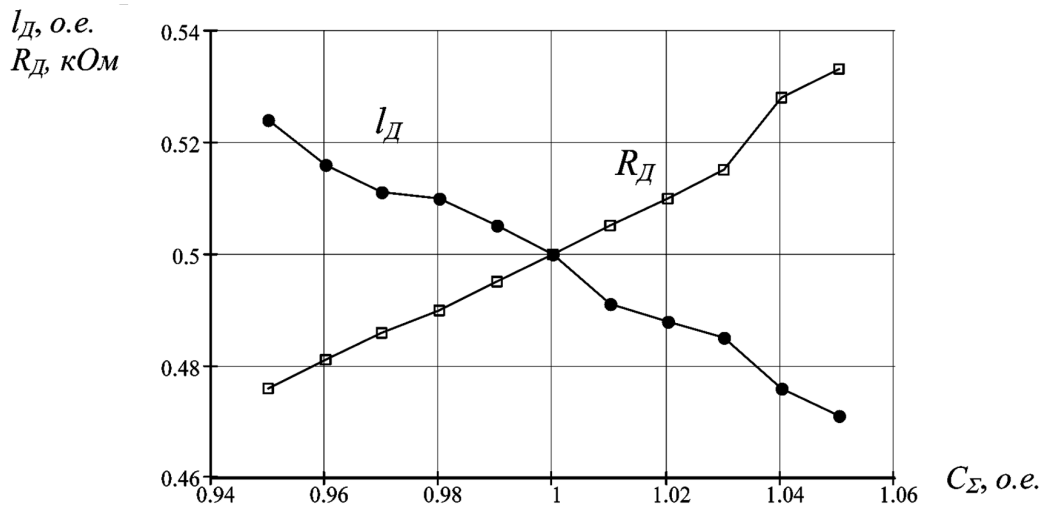


Рис. 6. Погрешность определения места и сопротивления дефекта при изменении емкости сети

Выводы. 1. Предложенный метод позволяет в рабочем режиме присоединения определять удаленность дефекта изоляции и величину сопротивления изоляции в месте дефекта.

2. Погрешность рассмотренного итерационного метода определения расстояния до точки замыкания на землю (дефекта изоляции) на основе математического моделирования предполагаемого дефекта в реальном времени в основном зависит от способа измерения амплитуды вектора тока нулевой последовательности и его положения по отношению к вектору линейного напряжения.

3. Область применения итерационного метода предварительно определяется в результате математического моделирования исходя из допустимой погрешности нахождения удаленности дефекта до 20 %. Ограничение области для обеспечения допустимой погрешности выполняется путем задания минимальной амплитуды вектора тока нулевой последовательности.

1. Фигурнов Е.П., Жарков Ю.И., Бодров П.А. и др. Методы определения удаленности повреждения в электрических сетях // Тез. XV НТК "Обмен опытом проектирования, наладки и эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики". – Екатеринбург, 2007. – С. 4–8.
2. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях.- 1982. 3. Качесов В.Е. Метод определения зоны однофазного замыкания в распределительных сетях под рабочим напряжением // Электричество. – 2005. – № 6. – С. 9–19. 4. Пат. 19328 Україна, МКИ G 01 R 31/08. Спосіб визначення відстані до місця локального дефекту ізоляції та опору цього дефекту у розподільчих мережах / М.В. Гребченко, О.А. Сидоренко. – № u200606235; Заявл. 05.06.2006; Опубл. 15.12.2006, Бюл. 12. – 5 с.

УДК 681.5:666.3/7

О.С. Бешта, Т.В. Бабенко

Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ

Використання LVQ мереж в задачах прогнозування

© Бешта О.С., Бабенко Т.В., 2007

Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень щодо синтезу мереж векторного квантування під час розв'язання задач прогнозування якості керамічних виробів.

The results of theoretical and experimental researches in relation to the synthesis of networks of Learning Vector Quantization at the tasks' solving of prognostication of ceramic semi-finished products' quality are presented.

Вступ. Керамічне виробництво традиційно характеризується значною часткою зворотного браку на різних етапах виконання технологічного процесу, що призводить до значних непродуктивних витрат енергетичних і сировинних ресурсів. Такий стан зумовлений недостатньою повнотою теоретичних обґрунтувань фізико-хімічних процесів і, відповідно, внаслідок практичної відсутності адекватних технологічним процесам моделей, низьким рівнем їх автоматизації.

У деяких випадках отримати адекватні результати під час вирішення низки проблем, що притаманні керамічній галузі, дозволяють традиційні підходи теорії автоматичного керування, проте, залишається широкий клас задач, які неможливо розв'язати тільки на основі традиційних підходів. Це передусім, стосується об'єктів, для яких неможливо побудувати формальні моделі, або ці моделі внаслідок неповноти інформації про сам об'єкт та зміну його параметрів у часі не повністю враховують всі визначальні чинники технологічних процесів, які вони описують і, відповідно, не є адекватними.

Забезпечити мінімізацію непродуктивних витрат енергетичних та сировинних ресурсів, а також підвищення якості керамічних виробів і, як наслідок, ефективності та конкурентоспроможності підприємств керамічної галузі за умови відсутності аналітичного взаємозв'язку між параметрами технологічного процесу, наявності некерованих і неконтрольованих збурень, на нашу думку, можливо шляхом проведення досліджень з синтезу моделей технологічного процесу на основі принципів інтелектуального аналізу даних. Зокрема, це можуть бути моделі на базі штучних