

УДК [621.3.014.7:621.316.9]:004

АЛГОРИТМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6–35 КВ

И.В. Бочкарев, Ж.С. Абылгазиев, У.А. Калматов

Для контроля режимов электрической сети предлагается использовать многофункциональный измерительный трансформатор, который выходные электрические сигналы фильтрует с помощью вейвлет-преобразователя. Предложен алгоритм для обработки данных.

Ключевые слова: однофазное замыкание на землю; многофункциональный измерительный трансформатор; вейвлет-преобразователь; ток нулевой последовательности; релейная защита.

ALGORITHM OF THE CENTRALIZED PROTECTION AGAINST SINGLE-PHASE SHORT CIRCUIT ON THE EARTH IN NETWORKS 6-35 KV

I. V. Bochkarev, J. S. Abylgaziev, U. A. Kalmatov

For control of the modes of an electric network it is offered to use the multipurpose measuring transformer (MMT) which output electric signals is filtered by means of the veyvlet-converter (VC). The algorithm for data processing is offered.

Key words: Single-phase short circuits on the earth; the multipurpose measuring transformer; the veyvlet-converter; current of zero sequence; relay protection.

Существующие алгоритмы ненаправленной защиты от однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) заключаются в контроле за собственным емкостным током линии и сравнении этой величины с расчетными данными (уставкой). Если ток нулевой последовательности превышает уставку, защита срабатывает на сигнал или на отключение. Но в большинстве случаев защита срабатывает ложно. Причины ложного срабатывания защиты подробно рассмотрены в [1]. Поэтому для выявления поврежденного присоединения необходимо контролировать не только собственный емкостной ток, но и фазный ток каждого присоединения.

Авторами предложен алгоритм выявления поврежденной линии, на которой произошло ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью, с использованием многофункционального измерительного трансформатора (МИТ) и вейвлет-преобразователя (ВП). Принцип работы МИТ и его конструкция подробно рассмотрены в [2].

Данный алгоритм представлен в виде трех блок-схем (рисунки 1–3). Блок-схемы работают следующим образом. Контролируется величина напряжения нулевой последовательности (ННП), которое подается на измерительный орган от транс-

форматора напряжения, поскольку в ННП гораздо меньше высокочастотных составляющих и лучше защита. Другими словами, ННП служит в качестве пусковой величины логической части. Кроме этой величины через МИТ контролируются фазные токи и токи нулевой последовательности (ТНП) в режиме реального времени с помощью ВП. Преимуществом ВП в данном случае является получение функций тока и напряжения по времени [3].

При появлении в сети ОЗЗ величина ННП будет больше нуля, а величина токов каждого присоединения и величина фазных напряжений сохранится в памяти терминала. Далее алгоритм начинает работать следующим образом. Сначала по блок-схеме U определяется фаза, в которой произошло ОЗЗ. После чего следующая блок-схема С (рисунок 2) начинает сравнивать величины емкостных токов каждого присоединения для поврежденной фазы (на схеме для фазы “С”).

Данная блок-схема сначала определяет максимальное значение тока фазы “С” всех присоединений, потом блок-схема X (рисунок 3) определяет, через какое присоединение течет этот ток. Если точка ОЗЗ находится на участке n-го присоединения, тогда через МИТ данного присоединения

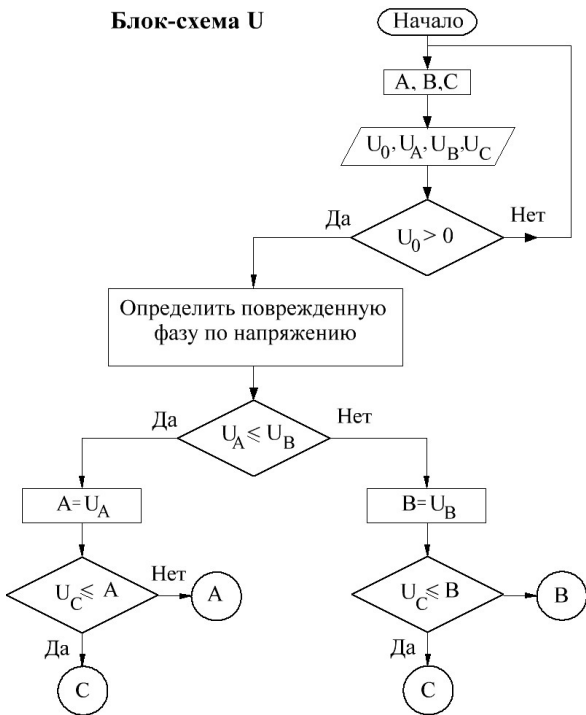


Рисунок 1 – Алгоритм определения поврежденной фазы по значению фазных напряжений

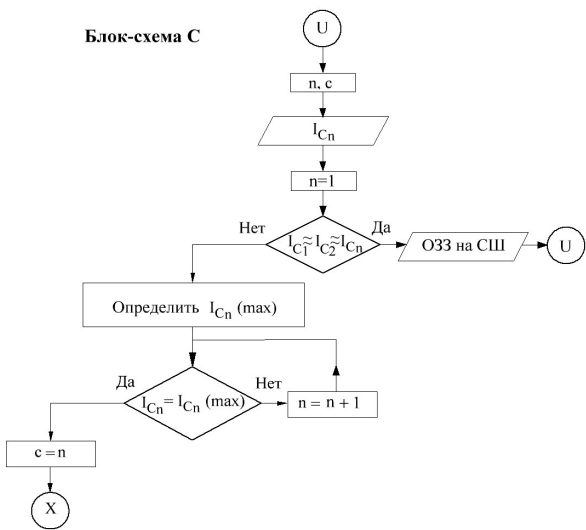


Рисунок 2 – Алгоритм сравнения токов поврежденной фазы

течет гораздо больший ток, чем через остальные присоединения, т. к. емкостные токи всех неповрежденных гальванически связанных присоединений суммируются через обмотки питающего трансформатора и текут к месту ОЗЗ.

Существующие защиты от ОЗЗ не могут контролировать ток пофазно, т. к. на ФТНП нет воз-

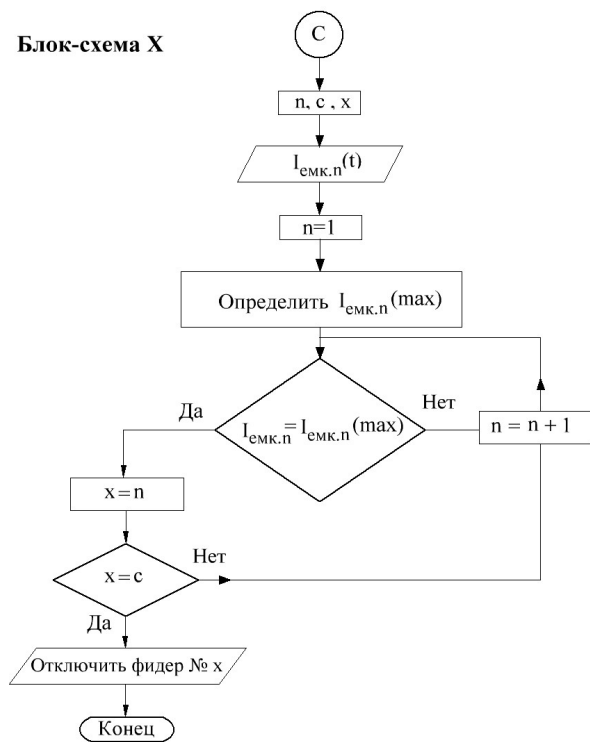


Рисунок 3 – Алгоритм сравнения емкостных токов присоединений и определения поврежденного присоединения

можности гальванического разделения фазных токов, как в МИТ. Для этой цели можно использовать трансформаторы тока (ТТ), но из-за довольно большого значения коэффициента трансформации по отношению к току нулевой последовательности этот вариант не позволяет точно определять поврежденный участок сети. Если же установить ТТ с меньшим коэффициентом трансформации, тогда он не сможет удовлетворять требованиям по номинальному току.

Алгоритм функционирования защиты может зависеть от того, в какой зоне произошло ОЗЗ. Поэтому при разработке алгоритма для сравнения токов пофазного присоединения нужно учитывать места возникновения ОЗЗ, так как в зависимости от места нахождения ОЗЗ могут быть разными величины ТНП на фазном проводе. Для точного определения поврежденного присоединения можно разделить участок сети относительно расположения МИТ (до МИТ и после МИТ). Если точка ОЗЗ находится на каком-то присоединении, тогда по фазному проводу поврежденного присоединения течет больший ток. Если точка ОЗЗ находится на секции шин, тогда значение тока на поврежденной фазе всех присоединений будет иметь следующий вид:

$$I_{\phi 1} \approx I_{\phi 2} \approx \dots \approx I_{\phi n}. \quad (1)$$

Это объясняется тем, что емкостные токи неповрежденных фаз присоединений текут к точке ОЗЗ, а поврежденная фаза всех присоединений имеет один и тот же потенциал после разряда поврежденной фазы (рисунок 4).

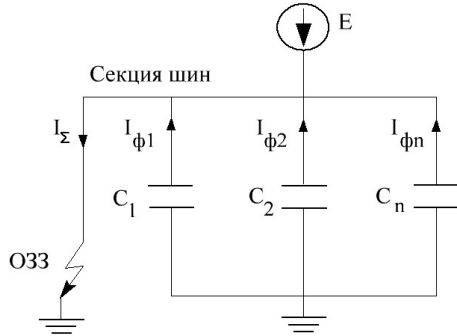


Рисунок 4 – Схема замещения режима ОЗЗ на секции шин

Необходимо отметить, что выявлению ОЗЗ в ячейках КРУ и на шинах не уделяется должного внимания, что обусловлено меньшей вероятностью их возникновения по сравнению с повреждениями во внешней сети. Большинство современных защит от ОЗЗ выполнены в виде отдельных децентрализованных устройств и режее в виде централизованных систем защиты, устанавливаемых в релейных отсеках ячеек и подключаемых к трансформаторам тока нулевой последовательности. При этом сложно или практически невозможно обеспечить защиту шин, шинных мостов комплектных распределительных устройств и отсеков высоковольтного выключателя ячейки, так как они не входят в зону действия этих устройств. Предложенный подход позволяет избавиться от этих недостатков, а также позволяет контролировать параметры в режимах “on-line” (для релейной защиты и пусковых органов противоаварийной автоматики) и “off-line” (анализ переходных процессов).

Выполнение условия (1), если емкостные токи присоединений не превышают расчетного значения, является признаком ОЗЗ на секции шин.

Если емкостной ток n-го присоединения больше расчетного, и при этом через поврежденную фазу этого присоединения течет больший ток по сравнению с остальными, тогда это признак ОЗЗ на n-м присоединении (блок-схема X).

Распознавание развивающихся повреждений возможно за счет расширения информационной базы релейной защиты, использования многомерного пространства информационных признаков (фазных токов и напряжений, токов и напряжений симметричных и ортогональных составляющих

и скорости их изменения), объединения отдельных измерительных органов и защит в централизованно-распределенную систему. При таком подходе ряд функций, требующих для своей работы высокого быстродействия и незначительного числа информационных признаков, возлагается на локальные модули, а другие функции, требующие большого объема исходной информации и значительных вычислений, – на центральный терминал (рисунок 5).

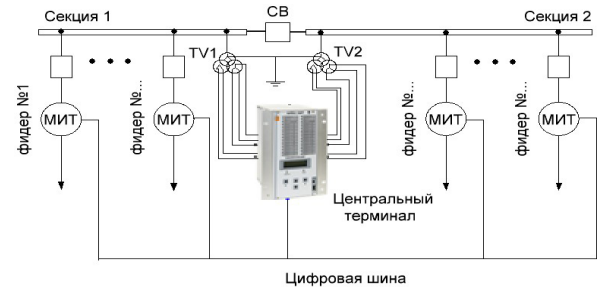


Рисунок 5 – Структурная схема централизованной защиты от ОЗЗ

Предложенный алгоритм проверен с помощью программного пакета Multisim. В среде Multisim смоделированы разные режимы электрической сети с изолированной нейтралью (рисунки 6, 7).

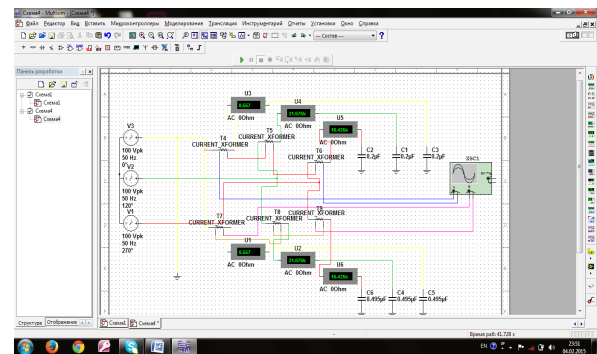


Рисунок 6 – Компьютерная модель режима ОЗЗ на секции шин

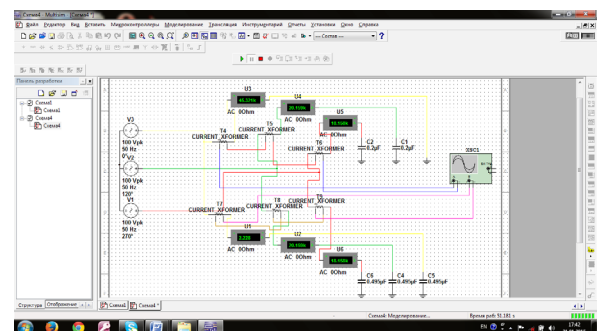


Рисунок 7 – Компьютерная модель режима ОЗЗ на первом присоединении

Таким образом, результаты моделирования показали, что с помощью предложенного алгоритма можно обеспечить селективную защиту от ОЗЗ независимо от режима заземления сети.

Литература

1. *Шалин А.И., Кондранина Е.* Защиты от замыканий на землю в сетях 6-35 кв. Расчет уставок направленных защит / А.И. Шалин, Е. Кондранина // *Новости электротехники.* 2006. № 6. С. 58–61.
2. *Абылгазиев Ж.С.* Применение многофункционального преобразователя тока для обеспечения селективной защиты от однофазного замыкания на землю в сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью / Ж.С. Абылгазиев // *Известия НАН КР.* 2014. № 2. С. 17–20.
3. *Климова Т.Г., Расцепляев А.И.* Совершенствование алгоритмов оценки параметров переходных процессов для релейной защиты и автоматики с использованием современных методов цифровой обработки сигналов / Т.Г. Климова, А.И. Расцепляев // *Матер. конф. “Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем”.* СПб., 2003. С. 1–8.