

УДК 621.311

СЕЛЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6-35 кВ

Михо И.О., Осинцева В.В., студенты гр. ЭЛб-181, II курс

Научный руководитель: Сытник В.А., ассистент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Распределительные электрические сети занимают важное место в любой энергосистеме. От этих сетей осуществляется питание промышленных и бытовых потребителей. По данным ПАО «Россети», на территории России функционирует более 15000 подстанций 35кВ, а суммарная протяженность таких распределительных сетей составляет около 2300 тыс. км. [1]. Наибольшее распространение в сетях 6-35 кВ получил режим изолированной нейтрали.

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) наиболее частая причина повреждений в распределительных сетях. ОЗЗ в сетях 6-35 кВ составляют около 80 процентов всех зафиксированных случаев повреждений [1].

Однофазное замыкание на землю – замыкание любой точки токоведущей части трехфазной электрической системы на землю.

Устойчивое металлическое ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью приводит к снижению фазного напряжения в поврежденной фазе до нуля и повышению фазных напряжений на неповрежденных фазах до $U_{\text{л}}=1,73U_{\Phi}$. Величина тока, в месте замыкания, зависит от емкости линии. Емкость зависит от протяженности и разветвленности сети. Величина емкостного тока имеет небольшие значения, которые ограничены требованиями правил технической эксплуатации [2].

При неустойчивом замыкании через перемежающуюся электрическую дугу напряжение на неповрежденных фазах может превысить линейные напряжения, в худшем случае возможно возникновения резонансных явлений при которых, фазные напряжения всех трёх фаз могут превысить линейные. В таком режиме велика вероятность повреждения изоляции оборудования и быстрого перехода ОЗЗ в межфазное короткое замыкание (КЗ).

ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью является нарушением нормального режима работы, однако работа оборудования при ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью при токе замыкания не более 5 А допускается в течение не более 2 ч. Для выполнения приведенных выше требований на энергообъектах выполнена защита от ОЗЗ с действием на сигнал. Задержки в определении места повреждения и отключении его от сети повышают риски возникновения перехода ОЗЗ в межфазное КЗ и повреждения оборудования.

Выявление присоединений с ОЗЗ затруднено по следующим физическим причинам:

- очень малые значения тока ОЗЗ ($3I_0$) в сети с изолированной нейтралью;
- околонулевые значения $3I_0$ при применении в сети компенсирующих реакторов;
- прерывистый характер $3I_0$ при дуговом неметаллическом коротком замыкании;
- величина $3I_0$ и соотношение токов поврежденных и неповрежденных присоединений зависят от конфигурации сети;
- ненормированные погрешности работы трансформаторов тока нулевой последовательности.

Поиск и отключение поврежденного присоединения производится оперативным персоналом энергообъекта последовательным делением сети [3]:

1. Электрическая сеть делится на две не связанные части.
2. Определяется часть сети, в которой существует замыкание на землю.
3. Деление сети повторяется, до определения замыкание на землю на ограниченном участке, состоящем из шин питающей подстанции с отходящими от них параллельными и одиночными тупиковыми линиями электропередачи (ЛЭП).
4. Параллельные тупиковые ЛЭП отключаются поочередно с двух сторон, если замыкание на землю не исчезло, производится осмотр распределительного устройства (РУ) питающей подстанции и тупиковых подстанций.
5. Если повреждение в РУ питающих подстанций не обнаружено, производят кратковременное поочередное погашение тупиковых подстанций.

При этом при делении сети или отключении одной из параллельных линий электропередачи (ЛЭП) снижается надежность схемы электроснабжения, а при отключении тупиковых ЛЭП происходит отключение потребителей с недоотпуском электроэнергии.

В [4] рассмотрен алгоритм осуществления селективности защиты от ОЗЗ:

$$\begin{aligned} |3U_0 - 3I_0| &\leq |3U_0 + 3I_0|, \text{ если } \operatorname{sign}(3U_0) = \operatorname{sign}(3I_0) \\ |3U_0 - 3I_0| &\geq |3U_0 + 3I_0|, \text{ если } \operatorname{sign}(3U_0) \neq \operatorname{sign}(3I_0) \end{aligned}$$

Алгоритм строится на определении соотношения знаков $3I_0$ и $3U_0$.

Для режима ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью при замыкании в защищаемой зоне характерно отставание вектора $3I_0$ на 90 электрических градусов от вектора $3U_0$, при внешнем замыкании – вектор $3I_0$ опережает вектор $3U_0$ примерно на 90 градусов. Чтобы величины в соотношениях при замыканиях на защищаемом участке находились в противофазе, а при внешних замыканиях были синфазными, необходимо дополнительно сдвинуть вектор тока на 90 градусов. Реализовать такой сдвиг возможно применив в алгоритме интегрирующее звено.

Если в приведенных выражениях подразумевать под I_0 дополнительно сдвинутый вектор тока, то при внешних замыканиях правая часть выражения больше левой, то есть их разность меньше нуля. В противном случае на вы-

ходе блока реализующего эту разность появится положительный сигнал, который используется для запуска защиты.

Данный алгоритм представлен в виде блок-схемы на рис. 1.

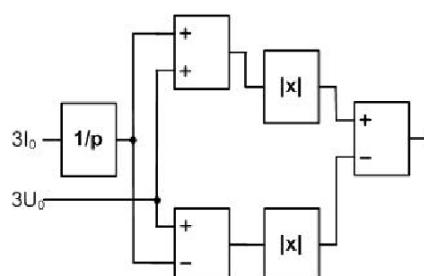


Рис. 1. Блок-схема алгоритма селективной защиты от ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью

Предложенный алгоритм можно реализовать с минимальными затратами, используя оборудование уже установленное на энергообъекте. Сигнал $3U_0$ можно получить с обмотки разомкнутый треугольник трансформатора напряжения (ТН), подключенного к секции шин соответствующего присоединения, а сигнал $3I_0$ можно получить с трансформатора тока нулевой последовательности защищаемого присоединения. Логику алгоритма возможно реализовать на программируемом логическом контроллере ПЛК 110-30-ТЛ Овен. Выходное воздействие при работе алгоритма защиты – сухой контакт, через реле повторитель в цепь отключения выключателя присоединения. Схема подключения устройства представлена на рис. 2.

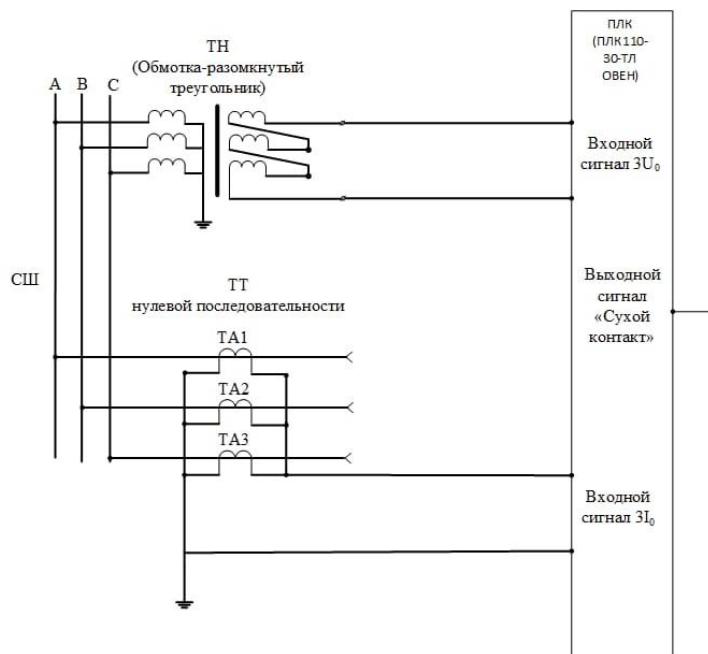


Рис. 2. Схема аппаратной реализации алгоритма защиты от ОЗЗ

Представленный алгоритм и его аппаратная реализация позволяют решить проблему селективного отключения присоединения с ОЗЗ в распределительных сетях 6-35 кВ.

Список литературы:

1. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» [Электронный ресурс] // ПАО «Россети»: [сайт]. [2017]. URL: <https://www.rosseti.ru> (дата обращения 07.02.2020).
2. Приказ Минэнерго РФ "Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации": приказ Минэнерго РФ № 229 от 19 июня 2003 г.: утвержден Министром энергетики РФ 20 июня 2003г./Министерство энергетики Российской Федерации. – 2003. – 30 июня. – р. 5. – С. 102-153.
3. Приказ Минэнерго РФ "Об утверждении Инструкции по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем": приказ Минэнерго РФ № 289 от 30 июня 2003 г.: утвержден Министром энергетики РФ 30 июня 2003г./ Министерство энергетики Российской Федерации. – 2003. – 30 июня. – р. 5. – С. 36-41.
4. Андреев А.В. Алгоритм осуществления селективности защиты от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ // Энергосбережение и водоподготовка: журнал. М.: ЭНИВ, 2007. №5(49). С. 63-64.