

УДК 621.398

## АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КАБЕЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Кузнецова Е.В.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Фурсанов М.И.

Данная система представляет собой совокупность устройств, фиксирующих мгновенные значения токов и напряжений в контрольных точках (трансформаторные подстанции). Данные с этих подстанций передаются в распределительные пункты (РП) силовых сетей непосредственно по силовому кабелю. Предварительно обработанная здесь информация поступает на диспетчерский пункт, где осуществляется ее окончательный анализ и оценка состояния сети в целом [1].

Алгоритмы реализованы в виде отдельного модуля диспетчерского пульта системы мониторинга, предназначенного для наблюдения за состоянием силовых сетей [2].

Анализ сложившейся в сети ситуации предполагает сравнение параметров токов на каждой трансформаторной подстанции с параметрами работы подстанции в нормальном режиме, а также сравнение двух последних замеров параметров для выявления резких изменений состояния сети.

Для оптимизации алгоритма было решено использовать матричный метод представления и обработки данных в программе. Данный метод предполагает объединение данных в матрицы (массивы) по смысловому признаку. Одно из главных преимуществ такого подхода - возможность обработки целыми группами. То есть обрабатываются не отдельно взятые числовые значения, а матрицы данных целиком. При этом матрица воспринимается как единое целое и остаётся возможность доступа к её отдельным элементам.

Для оптимизации алгоритма нам надо преобразовать входные данные в более удобную форму. На основе двух последовательных пакетов собственных значений трансформаторных подстанций получаем две матрицы амплитудных значений всех токов на трансформаторных подстанциях:  $M_n$  - текущие значения амплитуд токов,  $M_r$  - предыдущие значения амплитуд токов. Далее матричный подход к написанию программы позволяет нам без особых затруднений получить из матриц  $M_n$  и  $M_r$  вспомогательные матрицы, которые будут использованы при распознавании типа неисправности. В матрице  $DM$  будут содержаться абсолютные значения разностей соответствующих элементов исходных матриц  $M_n$  и  $M_r$ . В матрицу  $M_{\text{sum}}$  заносятся значения разностей соответствующих токов. Далее, используя матрицы  $DM$  и  $M_{\text{sum}}$ , получаем матрицу относительных изменений амплитуд токов  $I_{\text{Отн}}$ . Аналогичные преобразования входных данных проводятся для напряжений.

Для выявления возрастания тока при коротком замыкании используется матрица  $DM$  абсолютных изменений амплитуд токов. Ищется максимальное изменение тока, и если оно превышает некоторое предельно допустимое значение  $dI_{\text{pred}}$ , то это означает, что в сети произошла авария типа короткое замыкание.

Далее надо определить, существует ли превышение тока на других фазах. Если таких превышений не обнаруживается, то мы имеем дело с однофазным замыканием на землю. Порядковый номер превышенной амплитуды в матрице  $DM$  позволяет определить неисправную фазу, а также трансформаторную подстанцию, в сети которой произошло короткое замыкание [2].

Для определения типа двухфазного замыкания необходим анализ дополнительных признаков. Угол между векторами токов двух замкнутых между собой фаз должен быть близок к  $180^\circ$  (допускается небольшое отклонение от этой величины). Далее анализируем напряжения замкнутых фаз. Если амплитуды этих напряжений близки к нулю (не выше определённого минимального уровня), то обнаружено двухфазное замыкание с замыканием

на землю. Если векторы напряжений уменьшились по амплитуде, но не стали ниже предельного значения, а векторы напряжений стали близки по значению друг к другу и перпендикулярны к векторам токов замкнутых фаз, то имеет место двухфазное замыкание без замыкания на землю [1].

Если в матрице DM обнаружено резкое изменение тока в сторону уменьшения амплитуды, то это означает, что в сети произошёл обрыв. Так же, как и в случае с коротким замыканием, по индексу тока с резким изменением амплитуды мы выявляем аварийную фазу и трансформаторную подстанцию. Затем проверяем состояние токов двух других фаз на этой же трансформаторной подстанции. Если токи этих фаз также резко уменьшились, то обнаружен двухфазный или трёхфазный обрыв кабеля, иначе детектируется однофазный обрыв.

#### Литература

1. Система обнаружения участков неисправностей в кабельных линиях 6 кВ / А.Ю. Мирошниченко, А. В. Никонов, Н. М. Советов, Д. А. Степанов // Актуальные проблемы электронного приборостроения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Саратов, 2002. С. 341-343.

2. Захаров А.А. Методика повышения качества обслуживания распределенных силовых сетей с использованием техники распознавания образов / А.А. Захаров, В.Д. Сорока // Актуальные проблемы радиотехники и связи: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Саратов, 2005