

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА И МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Инж. ЛОМОНОСОВ А. В.

Научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие «БелТЭИ»

Развитие вычислительной и микропроцессорной техники обусловило появление систем цифрового осциллографирования токов и напряжений, основной задачей которых в настоящее время является регистрация аварийных режимов электрического оборудования.

Информация, получаемая цифровыми осциллографами, позволяет построить эффективную систему анализа аварийных ситуаций. Цифровые осциллографы имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с существовавшими ранее системами осциллографирования. К этим преимуществам следует отнести:

- практически мгновенный доступ к информации, содержащейся в осциллограмме;

- значительно большее количество фиксируемых аналоговых и дискретных каналов;

- возможность автоматической обработки информации, содержащейся в осциллограмме;

- возможность задания критериев запуска системы осциллографирования.

На практике анализ осциллограмм выполняют специалисты РЗА, что не позволяет оперативному персоналу немедленно получать полную информацию об аварийной ситуации, однозначно определять причину запуска системы осциллографирования и дифференцировать «ложные» срабатывания.

Опыт эксплуатации системы цифрового осциллографирования ОРУ 750 кВ [1] подтолкнул разработчиков к созданию программного комплекса, позволяющего проводить анализ аварийной ситуации в автоматическом режиме.

Автором статьи создан пакет программ анализа аварийной ситуации, включающий следующие функции:

- определение вида повреждения;

- определение места повреждения и перечень поврежденного оборудования;

- выполнение диагностики высоковольтного оборудования по наличию в спектре канала осциллографа высокочастотных составляющих, вызываемых частичными разрядами при повреждении изоляции;

- анализ правильности действия релейных защит;

- формирование данных для определения ресурса коммутационных аппаратов.

Работа пакета программ осуществляется следующим образом: при возникновении аварийной ситуации или режима работы оборудования, отличающегося от нормального, происходит запуск цифрового осциллографа. После окончания регистрации аварийного режима происходит запуск программы анализа информации, содержащейся в файле осциллограммы. Ре-

результатом работы программы является справка о виде и месте повреждения или сообщение о «ложном» срабатывании, немедленно выдаваемая оперативному персоналу. Параллельно решается задача анализа правильности срабатывания защит, так как ввиду некоторых причин, в частности физического и морального старения оборудования релейных защит, в последнее время участились случаи отказов или неверной работы последних.

Специалисту-релейщику, располагающему осциллограммами, отображающими течение аварийной ситуации, или векторными диаграммами, не составляет большого труда определить вид короткого замыкания, однако это требует некоторого времени для анализа.

В случае же реализации алгоритма определения вида короткого замыкания возникает ряд трудностей с корреляцией количественных значений физических величин токов и напряжений с видами замыканий. Например, при однофазном замыкании значение напряжения в поврежденной фазе может изменяться от нуля до 80–90 % номинального в зависимости от наличия дуги, ее сопротивления и расстояния до места повреждения. Следует отметить, что в анализе аварийной ситуации могут рассматриваться участки с разными режимами работы нейтрали. Необходимо также учитывать искажение сигналов, вносимое трансформаторами токов при их насыщении. Особо хотелось бы отметить влияние нормального режима схемы ОРУ и качаний, происходящих в энергосистеме. Токи удаленных коротких замыканий иногда составляют 10–20 % от токов нагрузок.

Искажения, вносимые трансформаторами тока, могут учитываться при помощи алгоритмов восстановления первичного мгновенного значения токов, описанных в [2].

В основу реализованного алгоритма положен метод анализа симметричных составляющих токов и напряжений. Для этого создается математическая модель электрической схемы ОРУ, содержащая информацию об электрических параметрах элементов схемы, представляющих собой узлы и ветви, и электрические связи этих элементов между собой, т. е. топологию схемы (рис. 1). Трансформаторы тока и напряжения также присутствуют в модели в качестве ветвей и узлов соответственно.

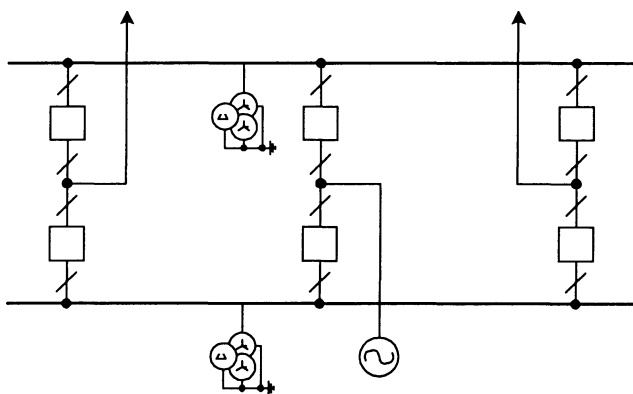


Рис. 1. Графическое представление модели схемы ОРУ

Отметим, что секции шин представляются в модели несколькими условными узлами и ветвями (рис. 2). Узлы – это места присоединения к шинам отводов. Ветви соединяют эти узлы. Хотя в общем случае напряжение

на всей секции шин является постоянным, при коротких замыканиях, происходящих непосредственно на ОРУ, ввиду больших значений токов коротких замыканий на участке секции шин происходит значительное падение напряжения. По его величине можно определить поврежденное оборудование, подключенное к этой секции шин.

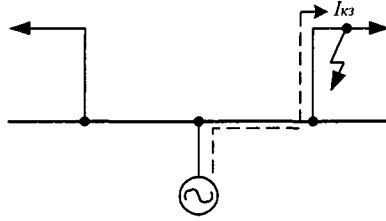


Рис. 2. Протекание тока короткого замыкания по секции шин

Суть предлагаемого метода анализа заключается в получении потоко-распределения мощностей симметричных составляющих. Величина мощности каждой составляющей определяется по формулам:

$$\dot{S}_1 = \dot{U}_1 \dot{I}_1; \tag{1}$$

$$\dot{S}_2 = \dot{U}_2 \dot{I}_2; \tag{2}$$

$$\dot{S}_0 = \dot{U}_0 \dot{I}_0. \tag{3}$$

Значения \dot{U} и \dot{I} получаем непосредственно из файла значений осциллограмм. Направление мощности определяем по углу сдвига фазы для U_n и I_n (n – прямая, обратная или нулевая составляющая):

$$\dot{U}_1(t) = \frac{1}{3} (\dot{U}_a(t) + \dot{U}_b(t+dt) + \dot{U}_c(t-dt)); \tag{4}$$

$$\dot{U}_2(t) = \frac{1}{3} (\dot{U}_a(t) + \dot{U}_b(t-dt) + \dot{U}_c(t+dt)); \tag{5}$$

$$\dot{U}_0(t) = \frac{1}{3} (\dot{U}_a(t) + \dot{U}_b(t) + \dot{U}_c(t)); \tag{6}$$

$$\dot{I}_1(t) = \frac{1}{3} (\dot{I}_a(t) + \dot{I}_b(t+dt) + \dot{I}_c(t-dt)); \tag{7}$$

$$\dot{I}_2(t) = \frac{1}{3} (\dot{I}_a(t) + \dot{I}_b(t-dt) + \dot{I}_c(t+dt)); \tag{8}$$

$$\dot{I}_0(t) = \frac{1}{3} (\dot{I}_a(t) + \dot{I}_b(t) + \dot{I}_c(t)), \tag{9}$$

где dt соответствует сдвигу на 120° .

Известно, что каждому виду повреждения соответствует определенный «набор» симметричных составляющих токов и напряжений. Для примера рассмотрим случай однофазного короткого замыкания на землю, когда присутствуют все три симметричные составляющие, причем токи обратной и нулевой последовательностей имеют направление к месту повреждения (рис. 3).

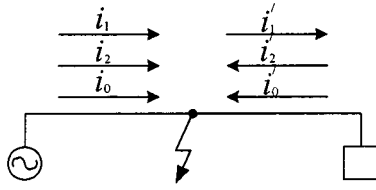


Рис. 3. Применение анализа симметричных составляющих для определения вида повреждения

После определения потоков мощностей симметричных составляющих для всех элементов модели электрической схемы ОРУ производится расчет баланса мощностей. Причем для исключения влияния нагрузок нормального режима и качаний в энергосистеме исключаем из баланса P_6 мощности прямой последовательности. При несоблюдении баланса мощности для элемента модели делается вывод о его повреждении. По наличию составляющих и согласно схеме замещения повреждения определяется вид повреждения: одно-, двух-, двухфазное на землю, трехфазное

$$P_6 = \sum_{i=0}^n (P_{2i} + P_{0i}), \tag{10}$$

где n – количество связей объекта модели.

Что касается определения расстояния до места повреждения на отходящих воздушных линиях, то это потребует более сложных методов анализа. Они зависят от параметров электрической дуги в месте повреждения, характера нагрузки и зарядной мощности линии. Для решения этой задачи необходимо фиксировать токи и напряжения с обоих концов линии и применять дифференциальный метод определения места повреждения или использовать фиксирующие приборы.

На рис. 4 представлено потокораспределение мощностей обратной и нулевой последовательностей при коротком замыкании на одной из систем шин.

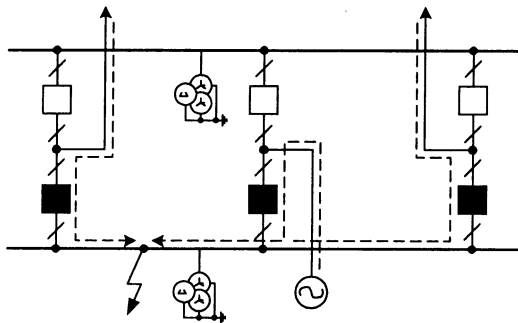


Рис. 4. Представление токов короткого замыкания с помощью математической модели

ВЫВОД

Рассмотренный метод позволяет решить задачу определения вида и места повреждения оборудования ОРУ в автоматическом режиме, что существенно снижает время, необходимое для восстановления нормального режима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р а з р а б о т к а и внедрение информационно-вычислительной системы открытого распределительного устройства электростанций / Р. И. Белоусова, В. Х. Сопьяник, А. А. Жамойдин и др. // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1998. – № 5. – С. 34–40.

2. С о п ь я н и к В. Х. Регистрация аварийных ситуаций и анализ поведения устройств защит в аварийном режиме // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1998. – № 2. – С. 26–29.

Поступила 30.06.2000

УДК 621.316.925

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ НА ПЭВМ ПРОЦЕССОВ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ТОКА С УЧЕТОМ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАМАГНИЧИВАНИЯ И ВТОРИЧНЫХ НАГРУЗОК

Канд. техн. наук СОПЬЯНИК В. Х., инж. ЖУК Е. М.

*Научно-исследовательское и проектное республиканское
унитарное предприятие «БелТЭИ»*

Одним из условий повышения надежности функционирования устройств релейной защиты (РЗ) является обеспечение допустимой погрешности работы трансформаторов тока (ТТ).

Рост токов короткого замыкания (КЗ) в энергосистемах вынуждает периодически проверять ТТ на допустимую погрешность. Существующие инженерные методы расчета процессов в ТТ и их погрешностей работы громоздки, требуют значительных трудозатрат и не обеспечивают учет реальных характеристик намагничивания, схем соединения их вторичных обмоток [1].

Повышение точности расчета погрешностей работы ТТ и процессов в токовых цепях устройств РЗ как в установившихся, так и переходных режимах обеспечивается разработанными и реализованными на ПЭВМ математическими моделями ТТ и трехфазных токовых цепей устройств РЗ с учетом реальных характеристик намагничивания (ХН) ТТ, схем соединения вторичных обмоток ТТ и реальных вторичных нагрузок на ТТ [2, 3].

Характеристики намагничивания ТТ рассчитываются по амплитудным вольт-амперным характеристикам, снятым в соответствии с рекомендациями [4, 5]. Более точно рассчитать ХН ТТ с меньшими трудозатратами возможно путем цифрового осциллографирования вольт-амперных харак-