**О причине излишних срабатываний защит ДФЗ в переходных режимах**

Сдобин А.В. – гл. специалист ЦСЗ РДУ Мосэнерго.

Дифференциально-фазные защиты (ДФЗ) давно и успешно эксплуатируются в Мосэнерго в качестве основных защит линий электропередачи 110-500кВ. На сегодняшний день установлено более 1200 полукомплектов. За год защиты работают от 1500 до 2000 раз из них неправильно от 20 до 25 раз. Коэффициент правильной работы из года в год колеблется около значения 0, 985. Неправильные случаи, как правило, связаны с излишним срабатыванием при сквозных коротких замыканиях (КЗ). Значительно реже защиты отказывают при внутренних КЗ. Чаще всего (~70%) причиной неправильной работы является неисправности высокочастотной части защиты, реже (~25%) – неисправности релейной части защиты.   
  
 Примерно в 5% случаев найти неисправности не удается.  Чаще всего такие случаи происходят в момент отключения сквозного КЗ. Первоначально они были исследованы в Иркутской и Свердловской энергосистемах, где была установлена связь между излишними действиями защит ДФЗ и изменением направления тока, протекающего по линии. Было также установлено, что излишнее действие защит происходит из-за появления одиночного импульса тока в цепи органа сравнения фаз ДФЗ, достаточного для срабатывания защиты.   Поскольку явление связано с изменением направление тока, оно получило название "переворота фазы".   
  
 Из практики эксплуатации известно, что случаи излишней работы ДФЗ, связанные с "переворотом фазы" достаточно редки, что подтверждает, приведенная выше статистика. Одна и та же защита при большей части  внешних КЗ отрабатывает правильно и лишь иногда может сработать излишне. Ввиду редкости этих случаев их не связывают с неисправностью защиты. В Циркуляре РАО ЕЭС России № Ц-04-94(Э) они объясняются "некоторыми различиями характеристик блоков манипуляции, а также трансформаторов тока по концам линии, что в условиях переходного процесса в сети при отключениях КЗ вызывает в совокупности кратковременную неидентичность переходного процесса на выходе блоков манипуляции". Для предотвращения излишних действий защиты предлагается вводить замедление защиты, либо с помощью блока автоматического замедления БФКЦ, разработанного ВНИИЭ, либо просто увеличением времени срабатывания выходного реле ДФЗ.  
  
 Из этого можно сделать вывод, что для срабатывания защиты достаточно различий в настройке органов манипуляции в пределах допусков, указанных в инструкции по наладке. Поэтому  устранить причину появления импульса тока приема нельзя, можно лишь предотвратить излишнее срабатывания при появлении одиночного импульса ценой снижения быстродействия защиты.   
  
 Расследование одного из случаев неправильной работы ДФЗ  дало повод усомниться в справедливости такого вывода. Случай уникален тем, что он произошел на линии, где установлено 2 комплекта защиты ДФЗ. При внешнем КЗ излишне сработала одна из защит (2-ДФЗ), в то время как другая (1-ДФЗ) - не сработала. Примечательно, что ранее уже отмечалась аналогичная ситуация, когда излишне срабатывала только защита 2-ДФЗ. После первого случая оба полукомплекта защиты 2-ДФЗ были замедлены в соответствии с упомянутым выше Циркуляром, но это не помешало ей вторично сработать излишне.

Предположить, в чем причина неправильной работы защиты, помог сравнительный анализ осциллограмм работы приемопередатчиков, записанных цифровым осциллографом на одной  из сторон линии**.** По счастливому стечению обстоятельств – с той стороны линии, где впоследствии был выявлен дефект.  
  
Как видно из осциллограмм фазных токов Ia, Ib, Ic, вначале КЗ возникло на фазе "В", а затем перешло в замыкание фаз "В" и  "С" на землю. Пока КЗ было однофазным, передатчики двух защит работали синхронно: импульсы передатчиков 1-ПРД и 2-ПРД совпадали по фазе, и каждый из них перекрывал импульсы передатчиков на противоположной стороне линии. Поэтому приемники 1-ПРМ и 2-ПРМ были заперты и токи приема были равны 0, как и должно быть при сквозном КЗ.  
  
После перехода КЗ в двухфазное на землю приемник 1-ПРМ остался закрытым, что говорит о том, что перекрытие импульсов передатчиков первого комплекта сохранилось.  
  
Иначе повел себя передатчик второго комплекта 2-ПРД. Вначале, в момент изменения вида КЗ он "пропустил" один импульс, а затем сдвинул импульсы относительно импульсов передатчика 1-ПРД. Это нарушило взаимное перекрытие импульсов передатчиков защиты 2-ДФЗ, что привело к появлению импульсов в токе приема 2-ПРМ. Первый импульс, появившийся вследствие пропуска импульса передатчиком 2-ПРД, оказался достаточно широким. Очевидно, такой же импульс, появившийся на противоположной стороне линии, привел к срабатыванию органа сравнения фаз  (ОСФ) дальнего полукомплекта защиты 2-ДФЗ. Последующие 3 импульса обеспечили удержание ОСФ и срабатывание замедленного выходного реле защиты. Появившиеся затем импульсы объясняются остановом дальнего передатчика, в то время как передатчик данного конца линии продолжал работать. Причем сначала появились два сдвоенных импульса малой продолжительности, вызванных дребезгом контакта реле 1-РП1, управляющим передатчиком, а затем два импульсы длительностью 10мс, совпадающие с паузами в работе передатчика 2-ПРД. Эти импульсы привели к срабатыванию ОСФ, а затем и защиты на данном конце линии.   
  
Таким образом, произошла как бы каскадная работа полукомплектов защиты. Это интересно, но не принципиально, т.к. указывает лишь на то, что ширина импульсов тока приема была на грани чувствительности ОСФ. При этом первым сработал тот полукомплект, у которого чувствительность ОСФ оказалась несколько выше.  
  
 Если б в защите не было введено замедление, а импульс в токе приема был одиночным в момент изменения вида КЗ, случай вполне мог бы быть отнесен к явлению "переворота фазы". Но наличие очевидного сдвига по фаз импульсов передатчика 2-ПРД с появлением нескольких импульсов тока приема заставило искать дефект настройки органа манипуляции (ОМ) защиты, и он был найден.

Неправильная настройка фильтра заключалась в том, что при правильно настроенном коэффициенте К фильтра с двух сторон линии с одной из сторон линии не выполнялось требуемое распределение падений напряжений на резисторах 2-25R' и 2-25R'', из-за чего не обеспечивалась отстройка фильтра от токов нулевой последовательности. Это привело к сдвигу фаз между напряжениями манипуляции у полукомплектов защиты, установленных на противоположных концах линии, появлению импульсов в токе приема и, как следствие, к излишней работе защиты.

Как показали проведенные исследования такой дефект настройки фильтра не всегда приводит к неправильной работе ДФЗ, а лишь при определенных сочетаниях замкнувшихся фаз и в переходных режимах при отключении внешних КЗ. Поэтому долгое время он может себя не проявлять.

При проверках дефект также не всегда выявляется. Т.к. в действующих Методических указаниях по наладке защит ДФЗ-201 и ДФЗ-504 (МУ 34-70-002-82) контроль распределения падений напряжений на резисторах 2-25R' и 2-25R'' не входит в обязательный объем проверки защиты, а предусмотрен только после выполнения регулировки коэффициента К. Отсутствует соответствующий пункт и в типовом протоколе наладки ДФЗ.

**Мероприятия информационного письма ДП ЦСЗ №568   Мосэнерго «О настройке органа манипуляции передатчика ДФЗ».**

*В**обязательном порядке выполнять проверку распределения падений напряжений на резисторах 2-R25' и 2-R25'' органа манипуляции передатчиком защит ДФЗ при новом включении, плановых и послеаварийных проверках. Для большей точности установки требуемого соотношения измерение напряжений следует производить между зажимом "7" комплекта аппаратов 2  и выводами резисторов 2-R25', 2-R25'', соединенными со вторичной обмоткой трансформатора 2-ТФМ (U1), и между зажимами "7" и "16" комплекта аппаратов "2" (U2). Отношение напряжений должно быть U2/U1 = 0,5±0,025.*

*Правильная настройка  органа манипуляции позволит уменьшить число неправильных случаев работы  ДФЗ, причем без введения замедления защиты.*