

Авторы:
к.т.н. Дони Н.А.,
д.т.н. Левиуш А.И.,
г. Чебоксары, Россия,
ООО НПП «ЭКРА».

ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ФАЗНОЙ ЗАЩИТЫ ВЛ 330-750 КВ

Аннотация: к основной защите протяженных линий электропередачи напряжением 500-750 кВ предъявляются требования по обеспечению высокого быстродействия при повреждениях на линии, в том числе и при работе в неполнофазных режимах.

Рассмотрены особенности реализации микропроцессорной защиты, обеспечивающие выполнение предъявляемых требований. Результаты испытаний образцов разработанной микропроцессорной защиты показали возможность ее применения в качестве основной быстродействующей защиты ответственных протяженных ВЛ напряжением 500-750 кВ.

Ключевые слова: релейная защита, направление мощности обратной последовательности, дифференциально-фазный принцип, компенсация емкостного тока линии.



Дони
Николай Анатольевич
Дата рождения: 26.10.1946 г.
Окончил энергетический факультет Новочеркасского политехнического института в 1969 году. В 1981 году во ВНИИЭ защитил кандидатскую диссертацию «Исследование и разработка высокочастотной защиты линий сверхвысокого напряжения». Директор по науке — заведующий отделом перспективных разработок. Имеет более 120 научных публикаций в области релейной защиты, микропроцессорной техники и цифровой обработки сигналов электроэнергетических систем.

Введение

К основной защите линий электропередачи (ВЛ) напряжением 500-750 кВ предъявляются следующие требования:

- обеспечение высокого быстродействия во время интенсивных переходных процессов при коротких замыканиях (КЗ) на длинных линиях сверхвысокого напряжения;
- быстродействующее отключение всех видов повреждений на защищаемой ВЛ как в полнофазном режиме ее работы, так и при работе двумя фазами в цикле однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ).

Работы, проведенные во ВНИИЭ в начале 70-х годов, показали, что указанным требованиям в наибольшей мере соответствует высокочастотная фильтровая направленная защита, автоматически переводимая в режим сравнения фаз токов по концам линии в цикле ОАПВ [1] (НДЗ). Серийный выпуск таких защит (типа ПДЭ 2003) [2] производился до 90-х годов прошлого века, микропроцессорный аналог не разрабатывался.

Особенности быстродействующей защиты ВЛ

В настоящее время проведена работа по реализации НДЗ на современной микропроцессорной базе. При этом учитывался опыт разработки защиты ПДЭ 2003 и длительный опыт ее эксплуатации.

Основным достоинством защиты является малое время срабатывания на отключение

(0,025 с) при всех видах КЗ в зоне защиты как в полнофазном режиме, так и в цикле ОАПВ.

При несимметричных КЗ защита действует как фильтровая направленная с высокочастотной блокировкой, а основным измерительным органом ее является реле направления мощности обратной последовательности (РМОП). Правильная работа защиты при симметричных КЗ на защищаемой ВЛ обеспечивается за счет фиксации направления мощности обратной последовательности в первый момент КЗ с контролем отключения от направленного реле сопротивления (РС).

Переключение защиты в режим сравнения фаз токов по концам защищаемой ВЛ осуществляется по факту первого срабатывания защиты. Обратный переход к режиму сравнения направлений мощностей обратной последовательности происходит после окончания цикла ОАПВ.

Микропроцессорная реализация НДЗ имеет определенные особенности:

1. В направленном режиме работы защиты использован ненаправленный пуск высокочастотного (ВЧ) сигнала, запрещаемый при действии РМОП.

2. В качестве основного измерительного органа в направленном режиме применено быстродействующее РМОП с углом максимальной чувствительности 280°. По своим параметрам РМОП аналогично своему микроэлектронному аналогу [3], с некоторыми улуч-



Левиуш
Александр Ильич
Дата рождения: 28.07.1934 г.
Д.т.н., профессор.
В 1958 году окончил
Московский энергетиче-
ский институт, кафедра
«Релейная защита и авто-
матика».
Защитил докторскую
диссертацию в 1994 году во
ВНИИЭ на тему: «Теория и
практика высокочастотных
защит сетей 110-1150 кВ».

шениями, связанными с более правильным математическим преобразованием входных токов в сравниваемые сигналы и с компенсацией емкостного тока линии.

3. Для реализации РМОП и пусковых органов ДФЗ использованы цифровые фильтры обратной последовательности с компенсацией частотных небалансов, что позволяет не учитывать небалансы в цепях тока и напряжения при изменении частоты в энергосистеме в пределах ± 5 Гц.

4. В РМОП и пусковых органах ДФЗ выполнено выравнивание токов $i_{ндз}$, подводимых к двум полукompлектам защиты при внешних повреждениях, с помощью компенсации емкостных токов:

$$i_{ндз} = i_{вл} - \frac{C_{вл}}{2} \cdot \frac{du_{\phi}}{dt}, \quad (1)$$

где: $i_{вл}$ – ток линии, $C_{вл}$ – емкость ВЛ, u_{ϕ} – фазное напряжение линии.

Это мероприятие повышает чувствительность защиты при КЗ на защищаемой ВЛ, так как при расчетах уставок по току срабатывания пусковых органов не учитывается отличие токов по концам линии при внешних КЗ на величину емкостного тока ВЛ.

5. Для повышения надежности функционирования защиты в режиме ДФЗ при внешних КЗ орган сравнения фаз токов (ОСФ) выполняется интегрирующим. При этом время срабатывания ОСФ токов зависит от сдвига фаз между токами по концам линии. Устройство реагирует на соотношение между длительностью пауз и длительностью ВЧ-пакетов в сигнале на выходе ВЧ-приемника. Это соотношение определяет ширину зоны блокирования ДФЗ при внешних КЗ и задается в виде уставки.

6. При возникновении неисправности в цепях напряжения защита автоматически переводится в режим ДФЗ с исключением компенсации емкостного тока. Для перевода второго полукompлекта в режим ДФЗ (с компенсацией емкостного тока) использована одна из команд ВЧ-приемопередатчика типа АВАНТ РЗСК. Подхват сигнала на отключение при трехфазных КЗ в зоне действия осуществляется от отдельного токового реле.

7. Новая защита выполнена на основе микропроцессорного терминала с поддержкой протокола МЭК 61850 и, по сравнению с микроэлектронным прототипом, дополнительно содержит устройство адаптивного ОАПВ и комплект ступенчатых защит – дистанционную и токовую защиту нулевой последовательности.

Заключение

Положительные результаты испытаний двух полукompлектов защиты с ВЧ приемопередатчиками на цифро-аналоговой модели энергосистемы (RTDS) в различных режимах позволили сделать вывод о возможности использования разработанного микропроцессорного устройства в качестве основной быстродействующей защиты ответственных протяженных ВЛ напряжением 500-750 кВ.

Литература

1. Левиуш А.И., Медведева Л.Н., Сапир Е.Д. Принципы выполнения однопериодной высокочастотной защиты ВЛ-750 кВ. – «Электричество», 1973, №8, с. 1-9.
2. Дони Н.А., Надель Л.А., Левиуш А.И. Основная высокочастотная защита высоковольтных линий электропередачи напряжением 500-750 кВ. – «Электротехническая промышленность. Сер. Аппараты низкого напряжения», 1977, вып.6(64), с. 9-11.
3. А.с. 741415 (СССР). Фильтровое реле направления мощности. Н.А. Дони, А.И. Левиуш. Оpubл. в Б. И., 1980, №22.