

УДК 621.311

И.В. Пантелеева, Е.А. Головинова

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

*В работе проанализированы существующие виды защит высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП), рассмотрены принципы их построения, назначение, достоинства и недостатки. Особое внимание уделено дистанционной защите, т.к. при изменяющихся по величине токах повреждения чувствительность обычных токовых защит изменяется, не всегда соответствуя при этом требованиям селективности и быстродействия. Поэтому необходимо использовать такую защиту, характеристики которой не зависели бы от режима работы системы электроснабжения. Этим требованиям отвечает дистанционная защита ЛЭП.*

**Ключевые слова:** схема электроснабжения, релейная защита, высоковольтная ЛЭП, дистанционная токовая защита, короткое замыкание.

### Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. Современные системы электроснабжения – сложный производственный комплекс, все элементы которого участвуют в едином производственном процессе, основными специфическими особенностями которого являются быстротечность явлений и неизбежность повреждений аварийного характера – коротких замыканий (к.з.) в электрических установках. Поэтому надёжное и экономичное функционирование систем электроснабжения в нормальных и аварийных режимах возможно только при их широкой автоматизации. Первостепенное значение для этой цели имеют устройства релейной защиты (РЗ), которые действуют при повреждении электрических установок. Для предотвращения развития аварии и уменьшения размеров повреждения при к.з. необходимо выявить и отключить повреждённый элемент системы электроснабжения.

На таких элементах системы как: генераторы, трансформаторы, линии электропередачи (ЛЭП), электродвигатели – применяются токовые, токовые направленные, дистанционные защиты, воздействующими величинами которых могут быть полные фазные токи или их симметричные составляющие. В общем случае токовые защиты содержат три ступени, являются относительно селективными и могут осуществлять как ближнее, так и дальнее резервирование [1].

Например, токовая направленная защита со ступенчатой характеристикой выдержки времени обеспечивает селективное отключение повреждённого участка в радиальных сетях с несколькими источниками питания и в кольцевых сетях с одним источником питания. Однако из-за встречно-ступенчатого выбора выдержки времени третьей ступени в ряде случаев время отключения повреждённого участка, обычно расположенного вблизи

источника питания, получается значительным. Это ограничивает применение третьей ступени в качестве отдельной защиты.

Чувствительность защиты определяется не только измерительным реле тока, но и органом направления мощности. Если в схеме используются индукционные или полупроводниковые реле направления мощности, то защита отказывает в действии при трёхфазном к.з. в мёртвой зоне. Теоретически возможны также её неправильные действия при к.з. за трансформатором с соединением обмоток звезда-треугольник. Поэтому в большинстве случаев токовая направленная защита в качестве основной применяется лишь в сетях 35кВ и ниже. В сетях с более высоким напряжением она используется, в основном, как резервная [2].

Таким образом, в схемах электроснабжения в зависимости от режима работы и вида короткого замыкания изменяются токи повреждения, поэтому чувствительность токовых и токовых направленных защит, зоны действия отсечек не остаются постоянными. В минимальном режиме работы системы электроснабжения они могут оказаться недостаточными. В сложных сетях максимальная токовая направленная защита не всегда удовлетворяет требованиям селективности и быстродействия [3]. В связи с этим желательно иметь защиту, характеристическая величина которой не зависит от режима работы системы электроснабжения, а время действия защиты определяется только расстоянием от места её установки до места короткого замыкания. Для этой цели необходимо использовать дистанционную защиту. Она реагирует на отношение напряжения к току в месте установки защиты. Это отношение называется сопротивлением на зажимах реле защиты. При соответствующем включении реле это сопротивление пропорционально расстоянию от места установки защиты до места к.з. и не зависит от режима работы системы электроснабжения. В измери-

тельных органах защиты могут быть использованы известные измерительные реле сопротивления [3].

Цель статьи: рассмотреть возможность применения дистанционных токовых защит для ЛЭП высоких напряжений, особенности их построения и работы.

### Основной материал

Дистанционная защита, как и токовая, обычно выполняется трехступенчатой с относительной селективностью. Параметрами ступени являются длина защищаемой зоны и время срабатывания. По характеристикам выдержек времени ее первая, вторая и третья ступени аналогичны соответствующим ступеням токовой защиты.

На ЛЭП с двусторонним питанием дистанционная защита выполняется направленной, а выдержки времени соответствующих ступеней защиты выбираются, как и у токовой направленной защиты, по встречно-ступенчатому принципу. Селективное действие могут обеспечивать также дистанционные защиты с линейно зависимыми и комбинированными характеристиками (рис. 1, а, б)

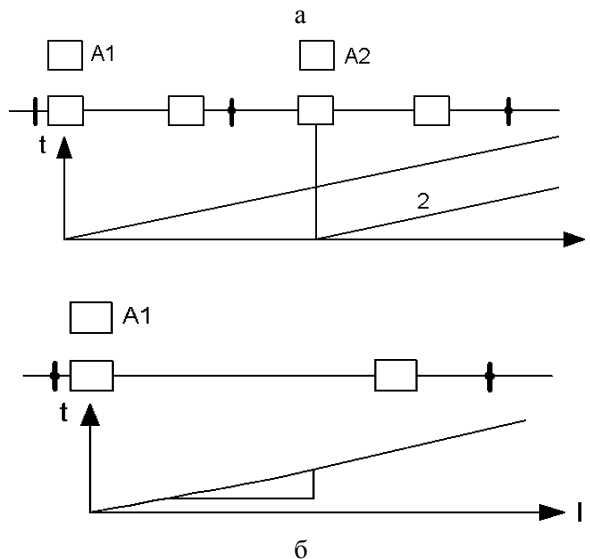


Рис. 1 Характеристики выдержек времени дистанционной защиты:

а – линейно зависимые; б – комбинированные

Каждая ступень защиты содержит измерительный орган. У первой и второй ступеней – это направленные или направленные реле сопротивления – дистанционные органы. Измерительный орган третьей ступени является одновременно пусковым органом всей защиты. Он срабатывает при повреждении в любой зоне и осуществляет пуск защиты (например, замыкает цепь оперативного тока).

Пусковым органом дистанционной защиты могут быть или максимальные реле тока, или минимальные реле сопротивления. Они должны иметь высокую чувствительность, не действовать при максимальной нагрузке и по возможности не действо-

вать при качаниях.

Иногда пусковой орган должен обладать избирательностью действия, т.е. выбирать поврежденные фазы.

Использование пускового органа сопротивления позволяет повысить чувствительность защиты, однако на длинных загруженных линиях высокого напряжения сопротивление на зажимах реле в рабочем режиме соизмеримо с сопротивлением линии, поэтому пусковой орган полного сопротивления не обеспечивает достаточной чувствительности защиты. Наличие существенной разности в углах сопротивлений позволяет использовать в защитах таких линий направленный пусковой орган сопротивления, в котором применяются реле с углом максимальной чувствительности.

Современные требования к защите высоковольтных ЛЭП изложены в материалах заседания комитета оперативно-технической координации при энергетическом совете стран СНГ в 1997 г. [4]. На воздушных линиях электропередачи (ВВЛ) 330-750 кВ должны быть установлены две быстродействующие (основные) защиты на разных принципах действия и предусмотрена возможность использования однофазного (ОАПВ) или трехфазного (ТАПВ) автоматического повторного включения. Для защиты систем шин и автотрансформаторов (АТ) смежных с ВВЛ также должны устанавливаться по два комплекта дифференциальных защит, а на каждой из сторон высшего и среднего напряжения АТ еще и резервные (ступенчатые) защиты, обеспечивающие полноценное дальнейшее резервирование защиты смежных ВВЛ.

В настоящее время на линиях 330-750 кВ эксплуатируются в основном электромеханические панели защит, а также выпускаемый с 1983 г. модернизированный комплекс устройств РЗ на интегральных микросхемах.

Микропроцессорные защиты, введенные в эксплуатацию на ряде подстанций 500 кВ Украины и России, выполнены на основе отечественных принципов построения РЗ, проверенных многолетним опытом эксплуатации.

В качестве примера можно рассмотреть комплект ШЗЛ-МТ-защиту воздушных линий в сетях 110-220 кВ, который предназначен для выполнения функций релейной защиты и автоматики, включая управление выключателем. Такая защита предназначена для отключения всех видов к.з. на защищаемых и смежных линиях. Диапазон установок по сопротивлению от 0,1 до 200 Ом. Защитой от междуфазных к.з. контролируется междуфазное сопротивление, защитой от к.з. на землю – сопротивление петли фаза – земля.

В состав дистанционной защиты входят:

– пусковые органы, определитель вида к.з. и

избиратель поврежденных фаз, аналогичные используемые в быстродействующей направленной защите;

- дистанционные органы;
- блокировка от качаний;
- блокировка от обрыва цепей напряжения;
- узел контроля токовых цепей, действующий только на сигнализацию.

Дистанционные органы защиты выполнены направленными, с четырехугольными характеристиками срабатывания. Предусмотрены блокирующие измерительные органы сопротивления с обратной характеристикой срабатывания, чувствительность которых автоматически выбирается на 25% больше, чем у органов сопротивления с прямой характеристикой срабатывания.

В органах дистанционной защиты первой ступени предусмотрено использование предаварийного значения напряжения (так называемая память в цепях напряжения). Вторая и третья ступени защиты могут работать с двумя выдержками времени, причем у медленно действующей защиты может отсутствовать блокировка от качаний. Эти ступени могут иметь ускорение срабатывания при включении выключателя по внешней команде, при АПВ или по сигналу срабатывания терминала на противоположном конце линии, передаваемому по каналу связи.

Защита использует аппаратуру связи для передачи на другой конец линии или приема разрешающих или блокирующих сигналов. Логика работы защиты по отношению к принимаемым сигналам: блокирующая или разрешающая.

При срабатывании любого из направленных органов защита выполняет следующие действия:

- 1) Передает на другой конец разрешающий (блокирующий) сигнал.

- 2) Переходит в режим ожидания сигнала с другого конца линии.

Если разрешающий сигнал с другого конца линии не получен или получен блокирующий сигнал, терминал переходит в режим дистанционной защиты.

## Выводы

1. В работе рассмотрены основные принципы построения токовых защит ЛЭП, их основные недостатки.

2. Доказана необходимость применения дистанционных комплексных защит, включающих функции не только защиты, но и автоматики.

3. Рассмотрен комплект защиты воздушных линий на современной элементной базе, предназначенный для отключения коротких замыканий всех видов в пределах защищаемой линии.

## Список литературы

1. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем / А.М. Федосеев, М.А. Федосеев // учебн. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения / В.А. Андреев. 5-е изд. – М: Высш. шк., 2007. – 639 с.
3. Овчаренко Н.И. Автоматика энергетических станций и электроэнергетических систем: учебн. для вузов / под ред. А.Ф. Дьякова. – М: Издательство НЦ ЭНАС. – 2000.
4. Материалы 5-го заседания комитета оперативно-технической координации при энергетическом совете стран СНГ. 17-18 апреля 1997. – 15 с.

Поступила в редколлегию 7.12.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

## ДО ПИТАННЯ ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

I.V. Пантелєєва, К.О. Головінова

*У роботі проаналізовані існуючі види захисту високовольтних ліній електропередачі (ЛЕП), розглянуті принципи їх побудови, призначення, переваги та недоліки. Особлива увага приділена дистанційному захисту, тому що при струмах пошкодження, які змінюються по величині, чутливість звичайних струмових захистів змінюється, не завжди відповідає при цьому вимогам селективності та швидкодії. Тому необхідно використовувати такий захист, характеристики якого не залежали б від режиму роботи системи електропостачання. Цим вимогам відповідає дистанційний захист ЛЕП.*

**Ключові слова:** схема електропостачання, релейний захист, високовольтна ЛЕП, дистанційний струмів захист, коротке замикання.

## TO THE QUESTION ABOUT POSSIBILITY OF THE USE OF THE DEFENCE OF HIGH-VOLTAGE LINES OF ELECTRICITY TRANSMISSION CONTROLLED FROM DISTANCE

I.V. Panteleeva, Ye.A. Golovinova

*In work there are the analysed existent types of defence of high-voltage lines of electricity transmission (LEP), considered principles of their construction, setting, advantages and failing. The special attention is spared to the defence controlled from distance, because at the currents of damage, which change on a size, the sensitiveness of ordinary current defences changes, not always responds to request here selectivity and fast-acting. Therefore it is necessary to use such defence descriptions of which would not rely on the mode of operations of the system of power supply. The defence LEP controlled from distance answers these requirements.*

**Keywords:** chart of power supply, relay defence high-voltage LEP, controlled from distance the currents the defence, short circuit.