

Лекция №1 Методы определения места повреждения в линиях электропередач

Цель: Показать актуальность разработки программно-аппаратных комплексов для решения задач определения места повреждения в воздушных линиях 6-35 кВ.

Список литературы обязательный:

- 1) Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. М., Энергия, 1971. – 152 с.
- 2) Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. — М.: Энергоиздат, 1982. — 312 с.
- 3) Арцишевский Я.Л. Определение мест повреждения линий электропередачи в сетях с заземленной нейтралью. – М.: Высшая школа, 1988.

Список литературы дополнительный:

- 4) Белотелов А.К. и др. Алгоритмы функционирования и опыт эксплуатации микропроцессорных устройств определения мест повреждения линий электропередачи. Электричество, №12, 1997.
- 5) Мякушин М.Ю., Попов М.Г. Определение мест коротких замыканий на линиях высокого напряжения. Энергетик, №10, 2002.
- 6) Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2007. – 64 с.:ил.
- 7) Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат., 1992. – 528 с.: ил.
- 8) <http://www.c-g.si/en/otlm/> сайт о компании производящей OTLM
- 9) <http://www.nortroll.com>

10) IEEE P2030 Draft Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), and End-Use Applications and Loads(стандарт)

План лекции:

1. Основной вид аварии на воздушных линиях электропередач и его последствия.
2. Методы определения места повреждения.
3. Роль концепция «Умных сетей» при определении места повреждения.
4. Теоретические модели расчета параметров режима при однофазном замыкании на землю.

Электроэнергетическая система включает генерирование, передачу и распределение электрической энергии. Линии электропередачи (ЛЭП) используются для доставки электроэнергии к удаленным нагрузкам. Быстрый рост электроэнергетической системы приводит к увеличению числа действующих линий и их общей длине. Воздушные линии являются наименее надежными элементами энергосистемы. Даже кратковременные перерывы в подаче электроэнергии наносят огромные убытки народному хозяйству (брак, тяжелые аварии, а иногда несчастные случаи с людьми).

Замыкания на землю в распределительных сетях 6 – 35кВ являются наиболее частым явлением и составляют не менее 75% общего числа повреждений [1]. В сети с изолированной или компенсированной нейтралью однофазное замыкание на землю (ОЗЗ) само по себе не является аварией. ОЗЗ характеризуется малыми токами, не искажает треугольник междуфазных напряжений и, следовательно, не отражается на питании потребителей. Поэтому в отличие от коротких замыканий (КЗ) такие повреждения не требуют немедленной ликвидации.

Между тем, длительное существование ОЗЗ в сети нередко служит причиной развития повреждения с последующим переходом в аварийное, которое требует немедленного отключения. К числу аварийных последствий ОЗЗ относятся: значительные перенапряжения на оборудовании, переход ОЗЗ в междуфазное КЗ, появление двойных замыканий на землю в разных точках сети из-за пробоя или перекрытия изоляции на неповрежденных фазах, а самое главное велика вероятность попадания человека под напряжение прикосновения или шага.

Для исключения последствий, вызванных ОЗЗ, а также уменьшения среднего времени восстановления поврежденного участка, как при ОЗЗ, так и при междуфазном КЗ, необходимо быстрое определение места повреждения (ОМП). Однако ОМП является наиболее сложной, а часто и наиболее длительной технологической операцией по восстановлению поврежденных участка или элементов электросети.

Методы диагностики электролиний напряжением 110 кВ и выше, которые имеют глухозаземленную нейтраль, хорошо известны и успешно используются на практике. Задачи ОМП в настоящее время в сетях данного класса напряжения решаются с помощью комплексов технических и программных средств по значениям электрических параметров аварийного режима [2, 3, 4, 5].

Для воздушных электролиний напряжением 6 – 35кВ, составляющих основу распределительных сетей, до сих пор не существует реально используемых эффективных методов дистанционного определения места повреждений. В распределительных сетях применяется изолированная или компенсированная нейтраль, в результате чего значения токов замыкания на землю достаточно малы и не превышают 20-30 А [6, 7]. Кроме того, распределительные сети имеют сильно разветвленную древовидную топологию. Вследствие этого, методы диагностики, успешно используемые в электролиниях напряжением 110 кВ и выше, в данном случае неприменимы. В настоящее время при авариях типа ОЗЗ ОМП в сетях 6-35 кВ

осуществляется путем поочередного отключения присоединений с одновременным контролем напряжения нулевой последовательности. Данный метод занимает достаточно много времени в связи с тем, что для отключения присоединений используется оперативно-выездная бригада.

Методы определения места повреждения подразделяются на дистанционные и топографические. При этом дистанционные методы подразумевают использование приборов и устройств, устанавливаемых на подстанциях и указывающих расстояние до повреждения. Топографические методы подразумевают определение искомого места непосредственно при наличии устройств ОМП на трассе ЛЭП, установленные стационарно на опоре или находящиеся в распоряжении поисковой бригады. Современный уровень развития микроэлектроники и микропроцессорной техники позволяет разрабатывать топографические датчики, способные обрабатывать измеренные данные согласно сложным алгоритмам [8,9].

В настоящее время на фоне реструктуризации энергетической отрасли остро встает проблема *On-Line* диагностики электрических сетей. Одной из задач которой является уменьшение потерь при транспортировке электроэнергии от места производства до конечного потребителя. Решение этой задачи невозможно без насыщения электрических сетей современными интеллектуальными средствами диагностики, способными контролировать параметры нормального и аварийного режимов в разных точках разветвленной ЛЭП. Другими словами необходимо создание «умных сетей» [10], способных объединить возможности информационных технологий и силовой электротехники, на основе топографических датчиков, монтируемых в разных точках ЛЭП.

На сегодняшний день существует несколько теорий развития процесса ОЗЗ. Основоположником исследований был Петерсен. Также над данной тематикой работали Петерс и Слепян, Беляков Н.Н., которые предлагали свои теоретические модели ОЗЗ [1]. Следует отметить, что до сих пор данный процесс остается до конца не изученным в связи с отсутствием

достаточного экспериментального материала и сложностью самого явления ОЗЗ. Разработанные модели в основном ориентированы на изучение перенапряжений при дуговых замыканиях. Поэтому для формирования целостной картины также необходимо рассмотреть формы тока с точки зрения длительности и величины амплитуды скачков тока при пробое изоляции и образовании ОЗЗ.