

Ф.П. Шкрабец, д-р техн. наук, М.С. Кириченко
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Постановка вопроса. В современных условиях непрерывно возрастают требования к надежности и бесперебойности электроснабжения промышленных предприятий, медицинских учреждений, жилищных массивов, всех видов транспорта, строительства и других объектов народного хозяйства, а также различных систем управления и контроля.

Надежность систем электроснабжения во многом определяется безаварийной работой линий электропередачи, значительную часть которых составляют распределительные сети 6-35 кВ. Известно, что большинство повреждений в системах электроснабжения (примерно до 80%) приходится именно на распределительные сети.

Цель работы – проанализировать современные методы, используемые для контроля состояния изоляции в распределительных сетях и определения мест ее повреждения.

Основной материал. Главными причинами повреждаемости, а также недостаточного уровня безопасности, как обслуживающего персонала, так и людей и животных, контактирующих с ними, являются [2]:

- несовершенство схем электроснабжения;
- несовершенство правил эксплуатации и надлежащее их выполнение;
- практическое отсутствие систем защит и сигнализации об однофазных замыканиях на землю;
- практическое отсутствие систем диагностирования состояния изоляции;
- высокий уровень внутренних перенапряжений;
- использование оборудования (коммутационная аппаратура, кабели), которое исчерпало свой нормативный ресурс.

Наиболее распространенным видом повреждения в распределительных сетях являются однофазные замыкания на землю, которые заканчиваются пробоем изоляции в ее ослабленных местах. Подобные повреждения происходят, как правило, вследствие старения изоляции, поэтому до настоящего времени остается актуальной задача обеспечения эффективного контроля состояния изоляции, а также своевременного обнаружения и устранения дефектов.

Большинство средств контроля изоляции сигнализируют о том, что в сети имеется снижение сопротивления и не способны селективно обнаружить место повреждения. Иногда задача локализации места повреждения изоляции решается путем последовательного электрического разобщения элементов системы с последующим контролем сопротивления изоляции отключенного элемента. При таком способе отыскания поврежденного элемента возникает опасность в нарушении работы устройств релейной защиты и автоматики, а также требуются большие затраты времени высококвалифицированного персонала [4].

Необходимость проводить локализацию места с поврежденной или ослабленной изоляцией за ограниченное время с минимальными затратами трудовых ресурсов выдвинула требование и показала перспективность разработки новых методов и средств для решения этой задачи.

Для определения мест повреждения используются различные методы в зависимости от типа линий (кабельные или воздушные). В литературе встречаются несколько классификаций. Наиболее распространенные методы для кабельных линий показаны на рис. 1.

Дистанционные методы могут использоваться для решения следующих задач:

- измерение длины кабельных или воздушных линий связи, электропередачи, контроля, управления и т.д.;
- измерение расстояния до места повреждения или неоднородности линии;
- определение типа повреждения линии (обрыв, короткое замыкание, утечка в изоляции кабельной линии, появление в жилах дополнительного продольного сопротивления и др.);
- измерение параметров кабельной линии (например, сопротивления изоляции).

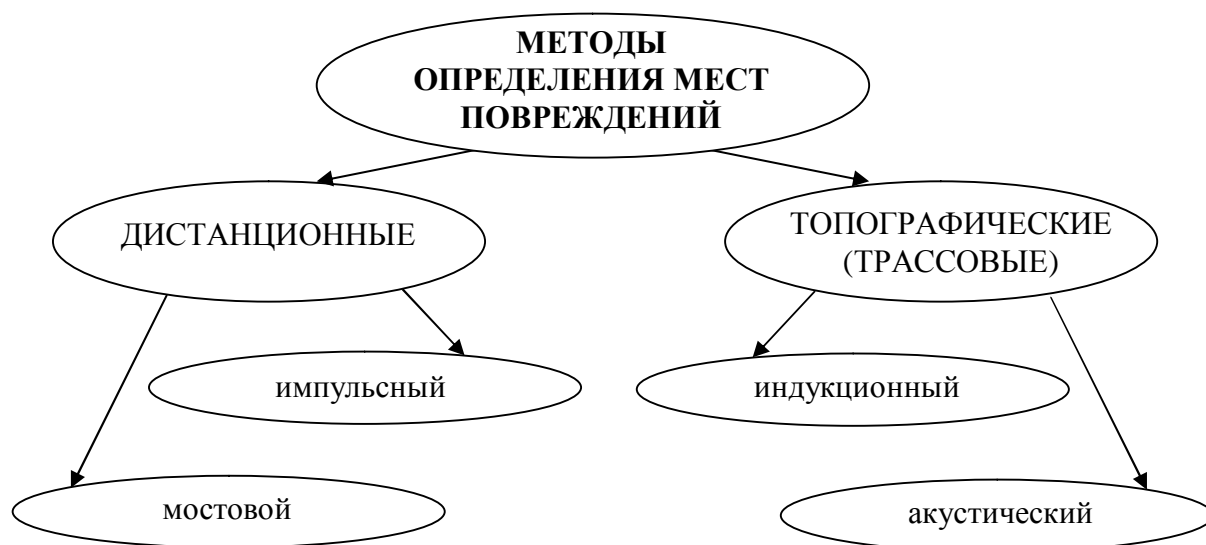


Рис. 1. Наиболее распространенные методы определения повреждений кабельных линий

Импульсный метод базируется на теории распространения импульсных сигналов вдоль линии. При его использовании в кабельную линию посылается так называемый зондирующий электрический импульс и измеряется время между моментом посылки такого импульса и моментом прихода импульса, отраженного от места повреждения. Скорость распространения такого сигнала зависит от изоляции между проводниками. Если линия однородная и не содержит повреждений, то импульсный сигнал беспрепятственно распространяется от начала до конца линии. Если же на его пути встречаются неоднородности (например, нарушение изоляции между проводниками), то часть энергии этого импульса проходит через эту неоднородность, а часть отражается и начинает

распространяться в обратном направлении – к началу линии. В случае, когда линия короткозамкнута или оборвана, то вся энергия импульса отражается и возвращается к началу линии. Измерив время задержки посланного в линию импульса и принятого из линии, можно определить расстояние до места повреждения.

В зависимости от источника формирования посланного (зондирующего) импульса импульсные методы подразделяются на:

- локационный (иногда называется методом отраженных импульсов или методом импульсной рефлектометрии);
- импульсно-дуговой;
- метод колебательного разряда.

Мостовой метод, основанный на использовании постоянного тока или переменного тока частотой от нескольких герц до нескольких сотен герц, позволяет измерить сопротивление изоляции кабельной линии, сопротивление шлейфа (двух жил, закороченных на конце), емкость кабеля, расстояние до места обрыва, расстояние до места высокоомной утечки в изоляции линии.

Топографические методы заключаются в определении искомого места на трассе, т.е. топографической точки расположения места повреждения.

Индукционный метод базируется на принципе прослушивания с поверхности земли звука, который создается электромагнитными колебаниями при прохождении по жилам кабельной линии тока звуковой частоты 800 – 1200 Гц.

Акустический метод основан на прослушивании над местом повреждения звуковых колебаний, возникающих в месте повреждения по причине искрового разряда от электрических импульсов, посылаемых в кабельную линию.

Наибольшей же эффективности можно добиться совместным использованием как дистанционных, так и трассовых методов.

При решении проблемы защиты сетей от однофазных замыканий еще одной из главных задач является оптимизация режима нейтрали, так как способ заземления нейтрали не только определяет условия эксплуатации изоляции сети, но и оказывает влияние на функционирование устройств автоматики и релейной защиты, а также на принципы их построения, на основе которых в свою очередь создаются конкретные структуры и схемы устройств защиты от замыканий на землю. Самый низкий уровень эксплуатационной надежности соответствует сетям с полностью изолированной нейтралью [1].

Для защиты распределительной сети 6-10 кВ с изолированной нейтралью от однофазных замыканий на землю в [5] предложен коммутационный метод. Устройство, основанное на его использовании, позволяет непрерывно контролировать основные параметры изоляции и в случае постепенного ухудшения последних (например, при старении изоляции) становится возможным прогнозировать развивающиеся однофазные замыкания на землю, а за счет высвобожденного резерва времени предпринимать необходимые меры и предотвращать однофазные замыкания на землю до того, как они произошли. Суть метода заключается в том, что в каждый момент времени с помощью коммутатора на основе диодов в сети выбираются фазы с наибольшим и наименьшим по абсолютному значению напряжением относительно земли. Эти фазы через огра-

ничительные сопротивления посредством шунта соединяются с землей. Возникающий при этом ток утечки, оцениваемый по мгновенным значениям напряжения на шунте, несет полную информацию о месте повреждения и общем сопротивлении изоляции сети относительно земли.

Надежность и безопасность работы систем электроснабжения зависит от сопротивлений изоляции сети относительно земли. Непрерывный и автоматический контроль значений составляющих изоляции электрической сети (активного и емкостного сопротивлений изоляции фаз сети относительно земли, индуктивности компенсирующего устройства) позволит спрогнозировать появление опасных состояний системы. Для реализации этих задач необходима система непрерывного контроля изоляции.

В [1] предложен метод непрерывного измерения значений составляющих сопротивления изоляции сети относительно земли под рабочим напряжением основан на использовании наложения на сеть оперативных токов промышленной частоты. Метод за счет использования микроЭВМ может быть использован:

- для оперативной оценки уровня активного сопротивления изоляции как всей сети в целом, так и каждого из присоединений распределительной сети;
- для оперативной оценки уровня емкостного сопротивления изоляции как всей сети в целом, так и каждого из присоединений распределительной сети;
- для оперативного измерения значения индуктивности дугогасящего реактора (компенсирующего устройства);
- для выполнения избирательной сигнализации или защиты от замыканий на землю в системах электроснабжения независимо от конфигурации и режима работы нейтрали сети;
- для автоматической настройки компенсирующего устройства в резонанс с емкостью распределительной сети.

Суть предложенного метода непрерывного и оперативного контроля параметров изоляции относительно земли электрической сети и ее элементов состоит в том, что на электрическую сеть относительно земли накладываются два оперативных сигнала, частоты которых не равны между собой и отличаются от промышленной. На контролируемых участках (линии или присоединении), а также в месте подключения оперативного источника устанавливаются устройства, назначением которых является снятие и обработка соответствующих сигналов. После выполнения вычислений по заранее заданной программе выдаются сигналы, соответствующие значениям параметров изоляции в контролируемых участках системы электроснабжения.

Многие устройства релейной защиты и автоматики используют метод симметричных составляющих [3]. Принцип работы трансформатора тока нулевой последовательности основан на сложении значений тока во всех трех фазах защищаемого участка. В нормальном (симметричном) режиме сумма значений фазных токов равна нулю. В случае возникновения однофазного замыкания, в

сети появятся токи нулевой последовательности и сумма значений токов в трех фазах будет отлична от нуля, что зафиксирует измерительный прибор (например амперметр), подключенный ко вторичной обмотке трансформатора тока нулевой последовательности. Составляющие обратной последовательности возникают при появлении в сети любой несимметрии: однофазного или двухфазного короткого замыкания, обрыва фазы, несимметрии нагрузки. Составляющие нулевой последовательности имеют место при замыканиях на землю (одно- и двухфазных) или при обрыве одной или двух фаз. В случае междуфазного замыкания составляющие нулевой последовательности (токи и напряжения) равны нулю.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки.

Вывод. Усовершенствование существующих и разработка новых методов и средств для контроля состояния изоляции, а также обнаружение и устранение повреждений в распределительных сетях будет способствовать повышению надежности систем электроснабжения и улучшению условий электробезопасности обслуживающего персонала.

Список литературы

1. Шкрабец Ф.П., Дворников А.А., Остапчук А.В., Скосырев В.Г. Надежность и электробезопасность распределительных сетей горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – №3. – С. 205-207
2. Сабадаш И.О. Новейшие микропроцессорные технологии в эксплуатации сетей 6-35 кВ // Электрические сети и системы. – 2007. – №5. – С. 29-32.
3. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей: Учеб. для вузов. –5-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
4. Булычев А.В., Гуляев А.В., Д.Н. Мищенко, Шишигин С.Л. Метод контроля состояния изоляции в сетях с компенсированной нейтралью по данным измерений в нейтрали трансформатора / Вестник Вологодского государственного технического университета. – 2004. - № 4. – С. 37-44.
5. Булычев А.В., Наволочный А.А., Поздеев Н.Д. Контроль состояния изоляции сети 6-10 кВ с изолированной нейтралью // Вестник Вологодского государственного технического университета. – 2004. – № 4. – С. 45-49.