

успешного отделения энергорайона в островной режим работы, а это в значительной степени зависит от ее быстродействия, особенно при глубоких провалах напряжения перед отделением.

Приемлемое быстродействие АДА с учетом ОН можно получить в том случае, если начальный дефицит активной мощности в энергорайоне не превышает 40–45 %, следовательно, для энергорайонов с меньшими суммарными мощностями ГУ на объектах РГ целесообразно рассматривать вопрос выделения в островной режим лишь некоторой совокупности особо ответственных электроприемников.

Источники

1. ГОСТ Р 55105-2012. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования. М.: Стандартинформ, 2013. 19 с.

2. Илюшин П.В. Проблемные технические вопросы работы объектов распределенной генерации в составе энергосистемы и подходы к их решению // Энергоэксперт. 2015. № 1. С. 58–62.

3. Селезнева Н.А. Делительная автоматика для ТЭС Международная // Обмен опытом проектирования, наладки и эксплуатации устройств РЗА и ПА в энергосистемах Урала: тез. докл. XVI науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2010.

4. Илюшин П.В. Особенности реализации многопараметрической делительной автоматики в энергорайонах с объектами распределённой генерации // релейная защита и автоматизация. 2018. № 2. С. 12–24.

УДК 621.31

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

М.Н. Семенов¹, И.И. Зиганшин², А.М. Туитяров³, Ф.Р. Сиразутдинов⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2,3,4} SirazutdinovFR@yandex.ru

Науч. рук. Ф.Р. Сиразутдинов

Аннотация. В современном ритме, с ростом и усложнением электросетей неотъемлемой частью ее развития является внедрение новых технологий автоматики, в том числе средств определения мест повреждения (ОМП). В данной работе

произведён анализ существующих методов и устройств ОМП. На сегодняшний день наиболее перспективными методами являются дистанционные ОМП.

Ключевые слова: энергетика, место повреждения, волновой метод, аварийный режим.

Высокие темпы развития электросетей при одновременном сокращении удельной численности эксплуатационного персонала требуют ускоренного внедрения средств автоматики, в том числе, устройств для определения мест повреждения (ОМП) на воздушных линиях электропередачи. В энергосистемах широко используются устройства ОМП, основанные на измерении параметров аварийного режима. К настоящему времени накоплен положительный опыт эффективного применения этих устройств.

Применение современных методов для определения мест повреждения существенно улучшает технико-экономические показатели электроснабжения, повышает надежность работы энергосистем, сокращает аварийный недоотпуск электроэнергии потребителям и значительно сокращает трудозатраты на отыскание повреждений.

Можно выделить следующие виды коротких замыканий в электроустановках. Трехфазные КЗ составляют 3–5 % от всех КЗ. Две трети всех трехфазных КЗ приходится на электрические сети, т.к. у них большая протяженность. Двухфазные КЗ составляют 15–20 % от всех КЗ. Двойные замыкания на землю возникают в сетях с изолированной нейтралью, они составляют 10 % от общего числа. Однофазные замыкания на землю составляют 60–80 % от общего числа. В сетях с изолированной или заземленной нейтралью через дугогасящие реакторы замыкание на землю не является КЗ. Междофазные напряжения при этом не изменяются и работа системы электроснабжения не нарушается. Тем не менее, это ненормальный режим работы, так как напряжения неповрежденных фаз относительно земли возрастают, и существует опасность перехода однофазного замыкания на землю в многофазные короткие замыкания.

Методы и устройства ОМП следующие (рис. 1):

- топографические методы подразумевают определение места повреждения непосредственно при движении по трассе, и средства топографического отыскания места повреждения находятся в распоряжении поисковой бригады;

- дистанционные методы подразумевают использование приборов и устройств, устанавливаемых на подстанциях и указывающих расстояние до повреждения [1].

– волновые методы определяют моменты прихода на подстанцию, возникающих в месте повреждения линии, электромагнитных волн.

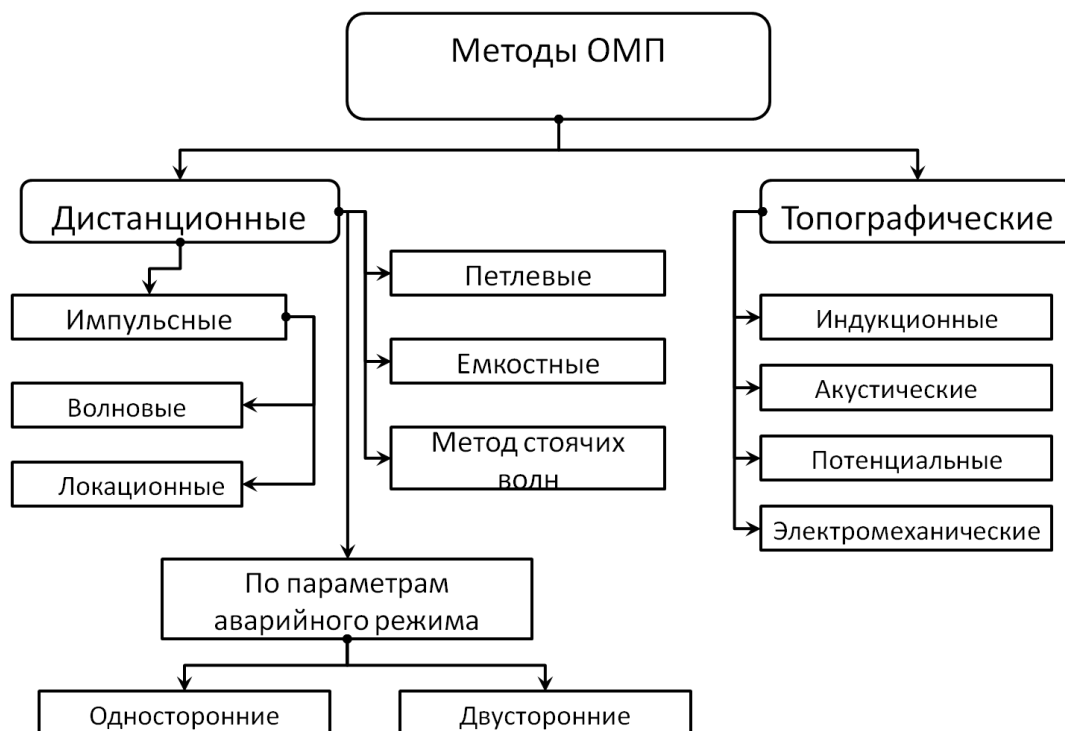


Рис. 1. Блок-схема методов определения повреждения

Волновой метод двусторонних измерений основан на измерении времени между моментами достижения двух концов линии фронтами электромагнитных волн, возникающих в месте повреждения (волн разряда замкнувшейся на землю фазы). Необходимым условием реализации метода является синхронный счет времени на двух концах с точностью до микросекунд. Для этого с конца на конец посылаются хронизирующие сигналы, что само по себе является сложной технической задачей.

Волновые методы односторонних измерений используют либо измерение времени между приходами волн первого и второго отражений от места повреждения, либо разновременность прихода волн по каналу фаза - фаза и по каналу фаза - земля.

Метод определения места повреждения по ПАР основан на измерении параметров сети в момент возникновения КЗ [2].

Устройство «Бреслер-0107.ОМП» предназначено для определения места повреждения линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 6–750 кВ с односторонним и двусторонним питанием и состоит из одного или двух полуккомплектов (терминалов), устанавливаемых по концам ЛЭП, и каналов связи[3].

В терминале реализованы два различных метода ОМП – по параметрам аварийного режима и волновой.

Метод ОМП по параметрам аварийного режима может быть с односторонним или двухсторонним замером. Под параметрами аварийного режима (ПАР) понимаются зафиксированные (измеренные) до и во время аварии токи и напряжения отдельных фаз или их последовательностей. Оценка расстояния до места повреждения X_f и необходимой зоны обхода линии осуществляется на основе информации о параметрах линии электропередачи и режиме сети. В зависимости от объёма доступной информации рассматривают одностороннее и двухстороннее ОМП.

При одностороннем замере, т.е. когда известны ПАР только с одной стороны ЛЭП, для определения места повреждения используется критерий активного характера сопротивления дуги, согласно которому реактивная мощность в ветви замыкания равна нулю.

Когда используются замеры с обеих сторон линии, проверяется равенство напряжений в предполагаемом месте повреждения, рассчитанных отдельно со стороны соответствующих концов ЛЭП.

Пересчёт к величинам в предполагаемом месте повреждения осуществляется благодаря использованию алгоритмической модели ЛЭП, что позволяет учесть неоднородность ЛЭП, ответвительные подстанции, режим заземления грозозащитного троса на каждом участке и влияние параллельных линий.

Волновой метод ОМП основан на измерении интервалов времени Δt между моментами, в которые электромагнитные волны, возникающие в месте повреждения и движущиеся к концам ЛЭП со скоростью v , достигают концов линии электропередачи (рис. 2).

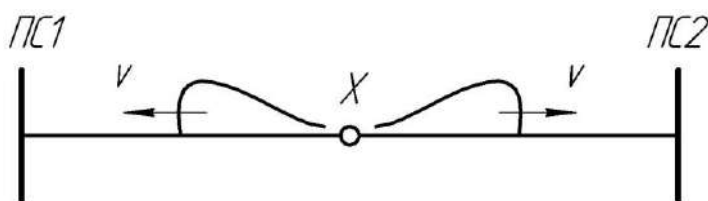


Рис. 2. Распространение электромагнитных волн к концам ЛЭП

Волны достигают шин подстанции слева и справа, соответственно, в моменты времени t_1 и t_2 . Моменты времени синхронизируются приёмниками ГЛОНАСС или GPS. По известной скорости распространения электромагнитной волны, длине линии L и измеренной величине $\Delta t = t_1 - t_2$ определяется расстояние до места повреждения.

Электромагнитную волну можно выделить как в сигнале напряжения, так и в сигнале тока.

Терминалы, синхронизированные посредством глобального времени, следят за электрическими величинами по концам ЛЭП. Пусковые органы в момент возникновения повреждения выделяют отрезок высокочастотного сигнала, включающий участки, как нормального режима, так и режима повреждения. Далее происходит обработка ВЧ-сигнала и нахождение меток времени t_1 и t_2 , которыми полукомплекты обмениваются. Каждый из них определяет величину Δt и расстояние до места повреждения X_f .

Устройство «Сириус-2-ОМП» предназначено для определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи напряжением 6–750 кВ. Устройство устанавливается в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций напряжением 6–750 кВ [4].

В устройстве реализован односторонний метод ОМП по параметрам аварийного режима. Также устройство формирует необходимые данные для использования в двухсторонних методах. Данные с других сторон линии могут быть получены от приборов аналогичного назначения, например ФИП, ЛИФП, ИМФ-3, находящихся на другом конце ВЛ. Расчет по двухстороннему методу может быть выполнен вручную или с помощью соответствующего программного обеспечения на компьютере.

Расчет расстояния до места повреждения производится на основе записанной в память осциллограммы, но только при выполнении пусковых условий по току. В случае задания уставкой работы по приращениям функция ОМП запускается также и по превышению значений токов симметричных составляющих значений уставок, заданных для токов разрешения работы по приращениям.

Расчет производится на основании формул также с учетом разбиения линии на участки с возможностью учета ответвлений от основного «ствола» линии. Параллельные линии в этом режиме не учитываются.

Ввиду сильной разветвленности и неоднородности линий, а также шунтирования нагрузкой ответвлений сопротивления петли короткого замыкания в сетях 6–35 кВ с изолированной нейтралью, для этого класса линий применяются упрощенные алгоритмы расчета по полному удельному сопротивлению петли КЗ.

Расчетные формулы для линий с изолированной нейтралью полностью справедливы только для металлических КЗ, поэтому при наличии переходного сопротивления или дуги в месте КЗ возможна индикация большего расстояния, нежели истинное.

Геоинформационная система (ИЦ Бреслер) определения места повреждения воздушных линий предназначена для оперативного определения участка распределительной сети 6–35кВ, на котором произошло короткое или однофазное замыкание на землю. Система предназначена для работы в РС с односторонним питанием [5].

В состав системы входят индикаторы повреждения воздушных линий (ИПВЛ) с радиоканалом, трансмиттеры, устройство шунтирования замыкания (УШЗ), программный продукт топографического ОМП.

ИПВЛ устанавливаются через определенное расстояние непосредственно на провода ВЛ на развилках, вдоль протяженных или на границах труднодоступных участков в трех фазах. В свою очередь, трансмиттеры монтируются на опору вблизи индикаторов. Питание трансмиттеров осуществляется от солнечной батареи. При своем срабатывании ИПВЛ связываются с трансмиттером по радиоканалу на открытой для использования частоте и передают информацию о факте своего срабатывания и виде повреждения. Трансмиттер ретранслирует информацию о повреждении в головной центр по GSM-каналу. Программа топографического ОМП обрабатывает поступающую информацию, отображает поврежденный участок с привязкой к карте местности и осуществляет оперативное оповещение персонала посредством SMS и e-mail рассылки.

С помощью современных методов и устройств ОМП в сетях среднего напряжения можно получить удовлетворительные данные о месте повреждения. Комбинирование, обновление программного обеспечения средств ОМП, разработка и внедрение принципиально новых методов позволит сократить время и трудозатраты на отыскание мест повреждения, а также уменьшить погрешность результатов измерения.

Источники

1. Гриб О.Г. Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи: учеб. пособие / О.Г. Гриб [и др.]; под общ. ред. О.Г. Гриба. Харьков, 2003. 146 с.

2. Аржанников Е.А., Аржанников Е.А., Чухин А.М. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линиях: учеб. пособие. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет, 1998. 74 с.

3. Программно-аппаратный комплекс определения места повреждения линий электропередачи 6–750 кВ [Электронный ресурс] //

НПП «Бреслер». URL: <https://www.bresler.ru/устройства-рза/189-омп-бреслер-0107-090> (дата обращения: 03.11.2018).

4. Геоинформационная система ОМП ВЛ и КЛ 6-35 кВ (ГИС ОМП) [Электронный ресурс]. URL: <https://tdbresler.kz/geoinformacionnaja-sistema-omp-vl-i-kl-6-35-kv-gis-omp/> (дата обращения: 03.11.2018).

5. БПВА.656122.091 РЭ. Устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи «Сириус-2-ОМП» [Электронный ресурс]. М.: АО «Радиус Автоматика», 2015. 57 с. URL: <https://www.rza.ru/catalog/opredelenie-mesta-povrezhdeniya-lep-6-750-kv/sirius-2-omp.php> (дата обращения: 03.11.2018).

УДК 621.316.925

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЛЭП ПОСТОЯННОГО ТОКА

И.В. Сергеев¹, А.В. Наумов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}jvcrewfear79@mail.ru

Науч. рук. канд. техн. наук Р.Г. Мустафин

Аннотация. Статья описывает факторы, влияющие на эффективность передачи электроэнергии в сетях переменного и постоянного тока. Главным критерием при оценке эффективности ЛЭП являются потери мощности, которые возникают при различных факторах, таких как падение напряжения, потери энергии при емкостных токах утечки и т.д. При использовании ЛЭП на постоянном токе, подобные потери можно свести к минимуму.

Ключевые слова: постоянный ток, потери мощности, микросеть, реактивное сопротивление.

С самого начала XIX века ведутся споры о целесообразности использования постоянного тока и его эффективности в линиях электропередач различных мощностей, а также его принципиальная разница с линиями переменного тока. С учетом быстро развивающихся инфраструктуры и промышленности в современных реалиях остро стоит вопрос об обеспечении электричеством удаленных от источника электроэнергии объектов, к примеру, строящиеся нефтегазовые месторождения Сибири и труднодоступные месторождения редкоземельных металлов, для эффективной разработки которых требуется энергоёмкое оборудование.

Инновационные технологии и соответствующая модернизация преобразовательной техники дали возможность преобразовывать электроэнергию с высоким коэффициентом мощности. Это позволило