

УДК 621.3

**СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ «БРЕСЛЕР»**

Кокаш А.В.

Научный руководитель – Климкович П.И.

На практике ОМП стало интенсивно развиваться в послевоенные годы, начиная с работ М.П. Розенкнопа, который занимался не только теоретическими разработками методов ОМП, но и их практической реализацией, внедряя первые, еще очень несовершенные, фиксирующие приборы с механической фиксацией стрелки амперметра. По мере развития цифровой техники, и она стала использоваться в устройствах ОМП и осциллографах. Открылись широкие возможности переработки большого количества исходной информации для одной цели – определить, рассчитать и сказать – где, на каком расстоянии от подстанции (ПС) или электростанции (ЭС) повредилась ВЛ.

Основным критерием сравнения различных методов и устройств определения расстояния до места повреждения (ОМП) линии электропередачи (ЛЭП) является их точность. Сегодня в устройствах, находящихся в эксплуатации, используются два основных метода ОМП: по параметрам аварийного режима (ПАР); волновые.

ОМП по ПАР в качестве исходной информации для расчёта использует токи и напряжения ЛЭП. Следует сразу разделить методы и устройства ОМП на односторонние и двухсторонние. Последние одновременно используют информацию с обоих концов ЛЭП, за счёт чего они имеют погрешность ОМП в разы, а иногда и на порядок меньше.

Формульные методы ОМП основаны на анализе симметричных составляющих сигналов, возникающих в момент замыкания на линии электропередачи, поскольку их величины зависят от места повреждения. Достоинством метода является сравнительная простота настройки (адаптации) устройства ОМП на конкретную линию, которая заключается в выборе участков однородности и задании их параметров. Последние, как правило, представляют собой удельные параметры ЛЭП. Модельные методы ОМП основаны на математическом моделировании ЛЭП. В момент короткого замыкания (КЗ) записывается аварийная осциллограмма, и на основе её анализа применительно к модели линии ищется расстояние до точки повреждения. Основное достоинство метода – возможность учёта особенностей ЛЭП любой сложности. По мере эксплуатации модель адаптируется к конкретной линии, проходя несколько итераций до получения устраиваемой точности ОМП.

Волновое ОМП. С развитием спутниковой техники синхронизации времени резко возрос интерес к методам ОМП, основанным на измерении времени пробега электромагнитных волн по ЛЭП. Волны бывают искусственного и естественного происхождения. Искусственные волны создаются зондирующими импульсами, посылаемыми в ЛЭП специальным устройством. Естественные волны возникают в ЛЭП при электромагнитных возмущениях: коммутации выключателей, коротких замыканиях, обрывах линии и т. д.

Аппаратная часть волнового ОМП (рисунок 1) состоит из двух микропроцессорных терминалов (двух полукомплектов), двух устройств спутниковой синхронизации (GPS/ГЛОНАСС) и аппаратуры связи между терминалами. Аппаратура определяет разрешающую способность метода.

Аппаратный комплекс локации места повреждения состоит из двух терминалов серии «Бреслер-0107.090», расположенных по концам ЛЭП и канала связи. Синхронизация устройств дает возможность определения места аварии волновым методом, который исключает влияние неточного описания параметров ЛЭП на результат расчета.

Алгоритмы ОМП и варианты устройств (X – количество контролируемых ЛЭП):

- *Бреслер-0107.090.ОХ\** – односторонний метод по параметрам аварийного режима;
- *Бреслер-0107.090.ДХ\** – двухсторонний метод по параметрам аварийного режима;
- *Бреслер-0107.090.ВХ\** – волновой метод.



Рисунок 1. К определению волновой длины линии

Терминал «БРЭСЛЕР-0107.090.ОХ». Принцип работы устройства основан на методе с односторонним замером параметров аварийного режима. Ключевую роль в данном алгоритме играет модель ЛЭП, от точности описания которой зависит погрешность ОМП. Оценка расстояния до места повреждения  $X_f$  и необходимой зоны обхода линии осуществляется на основе информации о параметрах линии электропередачи и режиме сети.

Терминал «БРЭСЛЕР-0107.090.ДХ». Предназначен для использования в качестве устройства ОМП параметрическим методом с двухсторонним замером. Алгоритм учитывает неоднородность линии, ответвления и не требует расчета эквивалентных сопротивлений систем, учета параллельных линий, режима заземления грозозащитного троса и т. д. Для организации двухстороннего ОМП требуется два полукомплекта (терминала), установленных по концам линии, на которые заведены соответствующие токи и напряжения, и канал связи для обмена данными с противоположным концом.

Терминал «БРЭСЛЕР-0107.090.ВХ». Дополнен специальным модулем, позволяющим наряду с параметрическими методами реализовать ОМП на волновом принципе. Он основан на измерении интервалов времени между моментами, в которые электромагнитные волны, возникающие в месте повреждения, достигают шин подстанции справа и слева линии.

Терминал «БРЭСЛЕР-0107.090.ВХ». 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  $\Delta t$  и расстояние до места повреждения  $x_f$ .

Особенности аппаратного комплекса ОМП:

- расчет полностью автоматизирован – результат ОМП выводится на дисплеи терминалов и передается диспетчеру, дополнительная подготовка персонала для работы с терминалами не требуется;

- пусковые органы реализованы на анализе сигналов промышленной частоты, и только в момент возникновения аварии выделяется отрезок высокочастотного сигнала;

- поиск метки времени возникновения переходного режима осуществляется с помощью математических функций анализа высокочастотного сигнала;

- помимо волнового метода в терминале реализованы двухсторонние и односторонние параметрические алгоритмы ОМП, увеличивающие надежность устройства;

- в терминалах предусмотрено резервирование канала связи с противоположным концом, диагностика каналов связи, светодиодная индикация потери связи со спутником и неудачного соединения с терминалом противоположной ПС;

– возможность использования волнового принципа ОМП на комбинированных кабельно-воздушных ЛЭП с учетом дифференцированной скорости распространения волн в различных средах приводит к повышению точности ОМП.

Повреждения линий электропередачи наносят ущерб электросетевым компаниям. Один из предпочтительных путей снижения ущерба лежит в сокращении суммарного времени отыскания и устранения повреждений за определённый эксплуатационный период. Особенно важную роль в этом играют средства определения места повреждения (ОМП).

#### Литература

1. Козлов, В.Н. О точности современных устройств ОМП / В.Н. Козлов, Ю.В. Бычков, К.И. Ермаков // Релейная защита и автоматизация. – 2016. – № 1. – С. 42–46.
2. Беляев, Ю.С. Актуальные вопросы определения мест повреждения воздушных линий электропередачи / Ю.С. Беляев. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2010. – 76 с.
3. Терминал определения места повреждения Бреслер 0107.090. Руководство по эксплуатации / ООО «НПП Бреслер». – Чебоксары, 2016. – 147 с.
4. Козлов, В.Н. Перспективные разработки ООО «НПП БРЕСЛЕР» Развитие систем определения места повреждения линий электропередачи / В.Н. Козлов, Ю.В. Бычков, К.И. Ермаков. – Режим доступа : <http://kka-rntoee.ru/images/docs/20-conference-2017/2-Kozlov-Perspektivye-razrabotki-NPP-Bresler.pdf>. – Дата доступа : 24.04.2018.