ВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВЛ

АВТОРЫ:

Л.М. ПОСПЕЕВ,
ООО «БО-ЭНЕРГО»

А.В. СЕЛИХАНОВИЧ,
ООО «БО-ЭНЕРГО»

Проблема точного определения мест повреждений (ОМП) высоковольтных линий является одной из наиболее важных с точки зрения эксплуатации ВЛ.

В случае длинных линий используются дистанционные методы ОМП, которые, в свою очередь, делятся на методы, работающие по параметрам аварийного режима, и волновые методы.

Ключевые слова: определение мест повреждений; воздушные линии; эксплуатация ВЛ; волновое ОМП; бегущие волны; калибровка длины линии; осциллограммы; временная синхронизация; дискретизация; тупиковые подстанции.

МЕТОДИКА ДВУСТОРОННЕГО ВОЛНОВОГО ОМП

Наиболее точными являются системы волнового ОМП, использующие двусторонний метод D. Этот метод не требует детектирования отраженных импульсов, которые могут быть значительно ослаблены на длинных линиях, и не требует связи между устройствами. В этом случае основным фактором, влияющим на точность ОМП, является точность временной синхронизации. Помимо этого, задача волнового ОМП сводится к решению таких проблем, как определение скорости распространения волн в линии, правильная расстановка устройств на линии и анализ волновых осциллограмм.

Скорость распространения импульсов зависит от большого количества факторов, но обычно в системах волнового ОМП она принимается равной 295 000 км/с. Вопрос правильной расстановки устройств связан с рассеиванием и затуханием волн. Анализ волновых осциллограмм включает в себя определение момента прихода такой волны к устройству ОМП и выделение волн на фоне присутствующих электромагнитных помех. Необходимость точного определения момента прихода связана с тем, что при типовой скорости распространения волне потребуется около 1 мс для прохождения линии длиной 300 км.

ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ

Несмотря на хорошую проработанность метода, технические характеристики применяемого оборудования могут вносить дополнительную погрешность в точность ОМП. К таким характеристикам относят качество временной синхронизации, частоту дискретизации измерительных каналов и время нечувствительности.

Временная синхронизация имеет решающее значение из-за высокой скорости распространения волн. Например, ошибка в 10 мкс приведет к расчетной погрешности около 3 км. Необходимость в высокой частоте дискретизации измерительных каналов продиктована тем, что основные гармоники импульсов могут достигать нескольких МГц. При недостаточной частоте дискретизации прибор не будет «успевать» записывать быстро изменяющийся сигнал. Также при частоте дискретизации аналогового входа, например, в 1 МГц, время между двумя последовательными выборками будет составлять 1 мкс, что будет вносить дополнительную погрешность в 300 м в результаты расчетов. Осциллограммы нужны для более детального рассмотрения результатов измерений, когда, например, нужно принять во внимание влияние волн, пришедших из отпаек или из линий вне зоны контроля, или использовать технику односторонних методов ОМП.

СХЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВУСТОРОННЕГО ВОЛНОВОГО ОМП

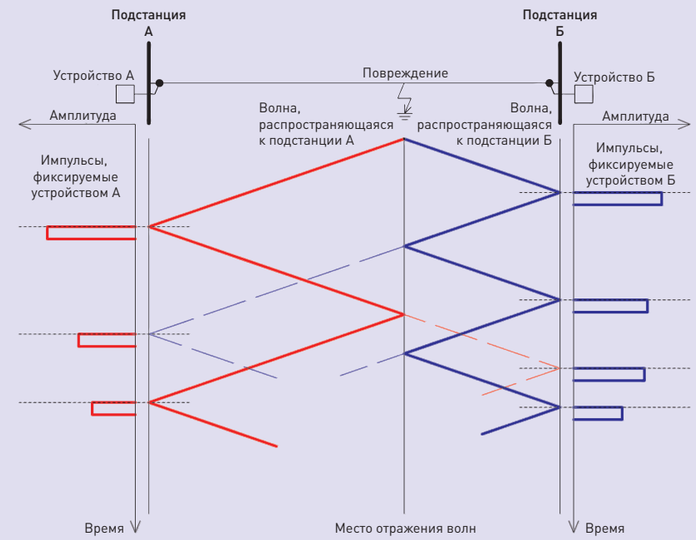

Рис. 1

Приборы волнового ОМП характеризуются также временем нечувствительности, которое соответствует времени, в течение которого прибор записывает одну осциллограмму волнового процесса. В нормальном режиме работы прибор постоянно следит за появлением высокочастотных всплесков на своих аналоговых входах. Появление такого всплеска действует как триггер — переводя вход прибора в режим высокочастотной записи осциллограммы сигнала для ее последующего анализа. В случае нескольких неисправностей на линии, происходящих за короткое время, некоторые типы приборов волнового ОМП могут правильно определить первое событие, но не определить следующее за ним.

Принципиально важными являются также режимы работы приборов на тупиковых подстанциях и на линиях с отпайками. Тупиковые подстанции с точки зрения волновых систем являются элементами с бесконечным волновым сопротивлением. В силу особенностей приборов ОМП мониторинг волн на тупиковых подстанциях возможен только по цепям напряжения, что представляет дополнительную сложность.

Отпайки на линии являются местами рассеивания волн, поэтому системы мониторинга таких линий должны иметь возможность их учитывать. Наиболее продвинутые системы способны определять места повреждений как на основной линии, так и на каждой из отпаек.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМ ВОЛНОВОГО ОМП

Системы ОМП можно также использовать для калибровки длины линий. Поскольку коммутации на концах линии также являются источником волн, по данным устройств ОМП можно определить длину линии. Разница между моментами прихода двух импульсов будет соответствовать прохождению волной одной длины (в случае двустороннего ОМП) или удвоенной длины линии (в случае одностороннего ОМП).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы волнового ОМП являются наиболее предпочтительными для воздушных линий напряжением от 35 кВ. На сегодняшний день наилучшая точность таких систем, заявляемая производителями, составляет 60 м. Дальнейшее развитие технических средств будет приводить к тому, что погрешности, вносимые характеристиками приборов, будут снижаться, делая такие системы неотъемлемой частью концепции Smart Grid.

Системы волнового ОМП сегодня выпускаются как в России, так и за рубежом. Наилучшие технико-экономические показатели принадлежат системе TWS производства Квалитрол (Северная Ирландия).

ЛИТЕРАТУРА

1. D. Cole, M. Diamond. Highly accurate, automatic fault location based on travelling wave principles.
2. K. Glik, R. Kowalik, D.D. Rasolomampionona. Travelling wave fault location in HV lines.
3. A.M. Elhaffar. Power transmission line fault location based on current travelling waves. Doctoral dissertation. Helsinki University of Technology.