СЕКЦИЯ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Энергетика

Метод определения места повреждения на воздушной линии электропередач

*Васильева К.П., аспирант,
Северо-Восточный федеральный университет,
г. Якутск
E-mail: neski08@mail.ru*

*Научный руководитель:
к.т.н., профессор Королук Ю.Ф.*

Воздушные линии электропередач это самый распространенный вид передачи электрической энергии. Особенно на территории нашей республики, с вечной мерзлотой. Их протяженность достигает очень больших значений, что затрудняет процесс ремонта. Линии электропередач – это наиболее часто повреждаемый элемент системы электроэнергетики. Повреждения на линии непосредственно влияют на надежность электроснабжения и качество электроэнергии. Поэтому быстрое устранение неполадок является важнейшей задачей электроснабжения. Как показывает практика, при устранении неисправностей наибольшее время уходит на обнаружение места повреждения.

Существует очень много устройств и методов для определения места повреждения и с каждым годом предлагаются новые идеи по их улучшению. Однако главными требованиями для методов определения места повреждения (ОМП) остаются быстрота и точность [1], и классификация методов ОМП представленная в [1] актуальна и для современных методов. В основу классификации положено деление на: 1) дистанционные и топографические и 2) высокочастотные и низкочастотные методы.

Топографические методы подразумевают движение поисковой группы вдоль линий с переносными устройствами или стационарные устройства, которые установлены вдоль линий. Точность этой группы методов зависит от шага установки устройств, от эффективности алгоритмов и от точности самих устройств. Осуществление этих методов затрудняется тем фактом, что большие расстояния линий электропередач проходят по трудно доступным местам. Поэтому наиболее целесообразно увеличивать точность дистанционных методов и устройств [1].

Дистанционный метод подразумевает использование устройств, установленных в доступных персоналу местах и указывающих расстояние от места установки устройства до места повреждения.

Принцип действия импульсных методов основан на измерении интервалов времени распространения электромагнитных волн (импульсов) по участкам линии. Локационные методы определяют время пробега специально генерируемого зондирующего импульса. Локационные методы основаны на измерении времени между моментом посылки в линию зондирующего электрического импульса и моментом прихода к началу линии импульса, отраженного от места повреждения. Волновые методы определяют моменты прихода на подстанцию возникающих в месте

повреждения линии электромагнитных волн. Метод стоячих волн предполагает измерение полного входного сопротивления поврежденной линии в широком диапазоне частот. Петлевой метод основан на измерении сопротивления постоянному току жил кабеля, отключенного из-за пробоя фазы на землю. Емкостным методом можно определить емкость жилы от места измерения до места обрыва [2, стр. 7].

Наибольшее распространение в России и в мире получила группа методов и устройств, осуществляющая измерение параметров аварийного режима (ПАР), их запоминание и последующую обработку с целью расчета расстояния до места короткого замыкания (КЗ). Широкое распространение методов этой группы объясняется их простотой и использованием алгоритмов, применяющихся в релейной защите (РЗ) [3, стр. 11].

Основными факторами, влияющими на погрешность методов ОМП по ПАР, являются [3, стр. 12]:

- неточность задания параметров воздушной линии (ВЛ);
- влияние насыщения измерительного трансформатора тока при КЗ;
- влияние мгновенного значения напряжения в месте КЗ (угол возникновения КЗ);
- влияние изменения режимов нагрузки ВЛ;
- наличие взаимоиנדукции с другими ВЛ;
- неопределенность и неустойчивость величины переходного сопротивления в месте КЗ;
- наличие ответвлений;
- отсутствие транспозиции или неполный цикл транспозиции.

Таким образом, широко применяемые в настоящее время дистанционные устройства ОМП по ПАР обладают существенным недостатком – необходимостью отслеживания изменений параметров режимов, как правило, колеблющихся в значительных пределах [3, стр. 13].

Для улучшения точности параметров предлагается способ определения места КЗ по мгновенным значениям токов и напряжений.

В данном способе определение места повреждения производится по параметрам переходного режима КЗ. Алгоритм ОМП реализует следующие операции:

– через четверть периода фиксируются фазные токи и напряжения без нулевых составляющих;

– согласно формуле (1) вычисляются их вторичные параметры:

$$u(t) = \frac{2u(t) - u\left[t - \frac{T}{2}\right] - u\left[t + \frac{T}{2}\right]}{2} \quad u'(t) = \frac{u\left[t + \frac{T}{4}\right] - u\left[t - \frac{T}{4}\right]}{2} \quad (1)$$

– на каждом интервале согласно формуле (2) определяются вторичные токи и напряжения прямой и обратной последовательностей;

$$u_1(t) = \frac{ua(t) + \frac{ub(t + \frac{T}{4}) - uc(t + \frac{T}{4})}{\sqrt{3}}}{2} \quad u_2(t) = \frac{ua(t) - \frac{ub(t + \frac{T}{4}) - uc(t + \frac{T}{4})}{\sqrt{3}}}{2} \quad (2)$$

– по формуле (3) определяются действительные и мнимые части вторичных комплексов токов и напряжений прямой и обратной последовательностей;

$$\operatorname{Re}(u_1(t)) = \frac{2u_1(t) - u_1\left[t - \frac{T}{2}\right] - u_1\left[t + \frac{T}{2}\right]}{2} \quad \operatorname{Im}(u_1(t)) = \frac{u_1\left[t + \frac{T}{4}\right] - u_1\left[t - \frac{T}{4}\right]}{2} \quad (3)$$

– по рассчитанным токам и напряжениям каждого конца линии, используя гиперболические уравнения, производится расчет напряжения поврежденных фаз вдоль линии в предположении, что повреждения нет. С этой целью изменяют длину линии с заданным шагом, (например, через один километр) от нуля до реальной.

– для каждой пары напряжений в результате расчетов получаются два графика изменения модулей напряжения вдоль линии: один при расчете со стороны передающего конца, второй – со стороны приемного. Наложение этих графиков дает точку пересечения, которая является местом КЗ. При этом переходное сопротивление в месте КЗ не влияет на точность ОМП. При очень большом переходном сопротивлении на точность ОМП оказывают влияние погрешности измерения токов и напряжений.

Разбор методов ОМП показал, что использование топографических методов усложняется из-за того, что большая часть линий проходит по трудно доступным местам, а этот факт влияет на их точность. Поэтому наиболее целесообразно увеличивать точность дистанционных методов и устройств.

Значительным недостатком наиболее распространенных дистанционных методов является необходимость наблюдения за изменениями параметров режимов, которые в большинстве случаев колеблются в больших пределах. А по предложенному способу место повреждения определяется точно, если принятые при расчете параметры линии совпадают с реальными, а линия описывается гиперболическими уравнениями. Такая модель линии позволяет определять место повреждения и при отключенной ее с одного конца. Чем длиннее линия, тем точнее определяется место повреждения.

Список литературы:

1. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях./ М.: Энергоиздат, 1982. – 132 с.
2. Аржанников Е.А., Чухин А.М. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линиях: Учебное пособие/ Ивановский государственный энергетический университет. Иваново, 1998. – 74 с.
3. Смирнов А.Н. Волновой метод двухсторонних измерений для определения места повреждения воздушной линии электропередачи 110 – 220 кВ: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского. М., 2015. – 243 с.