

## МЕТОДЫ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

**Колесник В.С., студент, Паненко Е.Н., ассистент**

*КПИ им. Игоря Сикорского, кафедра электрических сетей и систем*

**Введение.** В современных условиях непрерывно возрастают требования к надежности и бесперебойности электроснабжения предприятий, учреждений, жилищных массивов и других объектов народного хозяйства. Поэтому предотвращение или быстрее ликвидация повреждений электрических сетей является важнейшей задачей. Определения мест повреждения (ОМП) является наиболее сложной, а часто и относительно, наиболее длительной технологической операцией по восстановлению поврежденного элемента сети. Актуальность задачи предопределила широкое внедрение в электроэнергетику методов и средств определения места повреждения (ОМП) на линии [1].

**Цель работы.** Обзор методов поиска повреждений воздушной ЛЭП. Известно большое количество различных методов ОМП и ОМКЗ. На рис. 1 приведена схема классификации методов ОМП .

*Топографические методы которые применяются для воздушных ЛЭП.* Топографические методы ОМП разделяются на индукционные и контактные. Контактные методы ОМП, в свою очередь, делятся на электромеханические, акустические и потенциальные.

*Индукционные методы.* Предназначены для топографического ОМП кабельных (КЛ) и воздушных (ВЛ) линий. Для КЛ, проложенных в земле, индукционные методы позволяют также уточнить трассу линии, установить глубину залегания кабеля и места расположения соединительных муфт. Сущность индукционных методов заключается в индикации параметров магнитного поля токов, протекающих по проводам (жилам) и в земле, вдоль трассы линии. Изменения параметров магнитного поля вблизи места повреждения или в иных характерных точках трассы улавливаются с помощью специальных датчиков (индукционных рамок), усилителей и индикаторов при их перемещении вдоль трассы ВЛ или КЛ [2].

*Электромеханические методы.* Предназначены для воздушных линий. Эти методы основаны на фиксации механических усилий, создаваемых за счет энергии тока короткого замыкания (КЗ). Могут использоваться электродинамические усилия между током в токоведущих частях и наводимым током в расположенном вблизи датчике, и электромагнитные силы, приложенные к якорю из магнитного материала. Электромеханические устройства (указатели) устанавливаются стационарно в распределительных устройствах и на опорах ВЛ. Протекание тока КЗ через контролируемый объект сигнализируется с помощью блинкера. Восстановление исходного состояния указателя (возврат блинкера) в ряде конструкций осуществляется автоматически при включении ВЛ под напряжение [2].

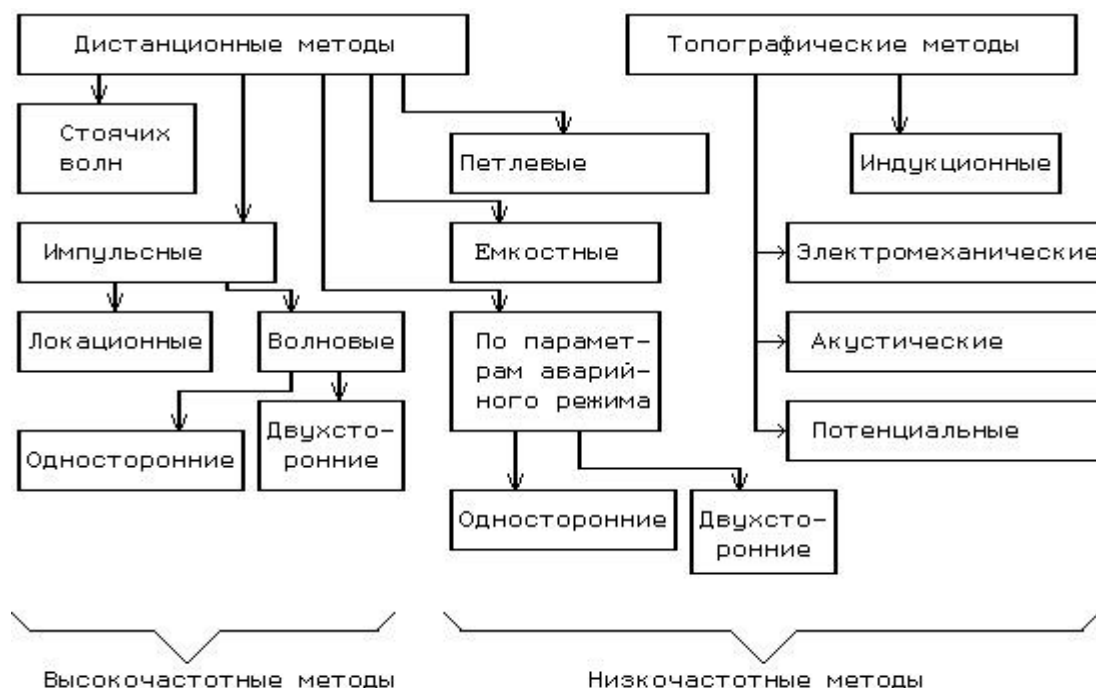


Рисунок 1 – Схема классификации методов ОМП

*Высокочастотные дистанционные методы, которые применяются для воздушных ЛЭП.* 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. Волновые методы определяют моменты прихода на подстанцию возникающих в месте повреждения линии электромагнитных волн.

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 одновременность прихода волн по каналу фаза - фаза и по каналу фаза - земля. Метод стоячих волн предполагает измерение полного входного сопротивления поврежденной линии в широком диапазоне частот. Известно, что расстояние между резонансными частотами (максимумами и минимумами входного сопротивления) зависит от расстояния до места КЗ или обрыва. Дистанционные измерения по параметрам аварийного режима есть основным для ЛЭП. Объясняется это как тем, что они, в отличие от других методов, исключительно широко распространены в высоковольтных сетях, так и тем, что обеспечение эксплуатации устройств измерения (фиксирующих приборов) возложено на персонал служб РЗА (центральных служб энергосистем и местных служб сетевых предприятий). Под параметрами

аварийного режима понимают составляющие или комбинации токов и напряжений промышленной частоты в аварийном режиме, по которым можно вычислить расстояние до места КЗ. В зависимости от расположения измерительных средств по концам ВЛ (на одном конце линии либо на двух концах) эти методы делятся на одно- и двухсторонние (рис.1). Волновой метод односторонних измерений используется как на включенных, так и на отключенных линиях. Он предполагает измерение времени между моментом прихода к началу линии фронта волны, возникшей в месте повреждения, т.е. на расстоянии  $l$  от начала линии, и моментом вторичного прихода фронта волны после двух отражений (в начале линии и месте повреждения). Указанный интервал определяется как  $\tau = 2l/v$ , откуда искомое расстояние находим как

$$l = \frac{\tau}{2} v .$$

Для отключенных линий этот метод называется методом колебательного разряда. На основе импульсных методов ОМП разработан ряд автоматических искателей. Основным недостатком этих устройств является недостаточная эффективность определения места повреждения на ВЛ с ответвлениями. Это следует из того, что электрические импульсы при распространении вдоль линии преломляются и отражаются не только в местах повреждения, но и в местах нарушения однородности самой линии. К таким местам неоднородности, в частности, относятся и ответвления от ВЛ к понизительным подстанциям, где появляются отраженные и преломленные импульсы как от места включения ответвления, так и от его конца. Основная трудность в дистанционном ОМП линий импульсными методами заключается в появлении дополнительного существенного затухания и многократного отражения электрических импульсов. Указанных недостатков лишены дистанционные методы ОМП по ПАР.

*Односторонние методы ОМП по ПАР.* Односторонние методы ОМП по сравнению с двухсторонними позволяют получать результаты определения расстояния до места повреждения без передачи информации с другого конца линии. Это является существенным преимуществом односторонних методов ОМП. Однако эти методы получили меньшее внедрение по сравнению с двухсторонними методами в связи с большей погрешностью ОМП. Эта погрешность обусловлена следующими факторами: наличием переходного сопротивления в месте повреждения; на линиях с двухсторонним питанием, участием в КЗ системы с противоположного замера конца линии; на линиях с ответвлениями, при КЗ за ответвлением, влиянием токов ответвления. Односторонние методы ОМП по способу использования параметров электрических величин (токов, напряжений) для решения задачи ОМП подразделяются на методы, использующие действующие (интегральные) и мгновенные значения параметров аварийного режима, т. е. в первом случае для определения места повреждения производятся операции над действующими значениями ПАР, а во втором – над мгновенными. Причем, действующие значения параметров аварийного режима получают путем интегрирования

параметров мгновенных значений того же аварийного режима.

*Методы одностороннего ОМП, использующие действующие значения. Определение места повреждения по кривым спада тока нулевой последовательности.* Данный способ основан на сопоставлении измеренного тока или напряжения нулевой последовательности во время повреждения с графиком спада того же тока или напряжения, рассчитанного для однофазных и двухфазных КЗ вдоль линии через наиболее вероятные значения переходных сопротивлений с учетом характерных режимов работы, которые заранее могут быть учтены. Точность этого способа зависит от переходного сопротивления. Переходное сопротивление, в свою очередь, зависит от типа линий и характера повреждения. На линиях с металлическими и железобетонными опорами большая часть замыканий происходит на тело опоры или грозозащитный трос. В этих случаях величина переходного сопротивления в основном определяется сопротивлением контура заземления одной опоры или нескольких опор, объединенных грозозащитным тросом, и обычно не превышает 10–20 Ом. Однако имеют место повреждения, при которых величина переходного сопротивления в месте повреждения колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен Ом (вследствие повреждений от высоких механизмов, перекрытий с провода на дерево и т. п.). Невозможность отличить замыкания на заземляющие контуры опор от непосредственного замыкания на землю приводит к тому, что вероятность совпадения действительного расстояния до места повреждения составляет примерно 90%. Кроме этого, данный способ неприемлем для удаленных КЗ на длинных линиях, где крутизна спада тока становится незначительной [3].

**Выводы.** Методы определения мест повреждения воздушных ЛЭП остаются актуальными на текущий момент. В настоящее время ведутся работы по разработке новых методов ОМП, а также улучшения уже известных, поскольку основным критерием в энергетике является бесперебойное энергоснабжение потребителей.

#### Перечень ссылок

1. Г. М. Шалыт. Определение мест повреждения в электрических сетях, 1982. – 311 с.
2. Е. А. Аржанников, А. М. Чухин. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линии, 1998. – 74 с.
3. О. Г. Гриб, А. А. Светелик, Г. А. Сендерович, Д. Н. Калюжный. Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи, 2003. – 146 с.