

УДК 621.31.018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДА ПРИ ПОИСКЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Д.С. Стребков, академик РАСХН

В.А. Королев, кандидат технических наук

В.З. Трубников, А.В. Карачинцев

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства

Рассматриваются новые подходы и методы локализации однофазных повреждений силовых кабельных линий с переходным сопротивлением близким или равным нулю ($R_{пер.} = 0$).

Кабельная линия, зондирующий сигнал, эхосигнал, монохроматическая волна, диагностика.

Даже соблюдение действующих норм, инструкций, методик монтажа, эксплуатации и ремонта не защищают кабельные линии электропередачи (КЛЭ) от случайных – внезапных повреждений. Как и любой материал, средство, изделие, кабельная линия, независимо от своей структуры, степени защищенности, дисперсности, обладает свойством старения, выхода из строя, возможностью механических повреждений при воздействии различных факторов: агрессивная среда, влажность, движение грунта, перенапряжения, нарушение технологического процесса прокладки, строительно-монтажные работы (связанные с развитием инфраструктуры – благоустройством) и многое другое. Эффективное диагностирование, осуществление постоянного, надлежащего контроля состояний кабельных линий – одна из приоритетных задач, повышения надёжности, эффективного использования, своевременного ремонта энергосистемы, равномерного распределения мощностей к потребителям электрической энергии.

Разработанность проблемы. В настоящее время известны множество методов диагностики, определения целостности, качества монтажа и прокладки, устранения слабых мест КЛЭ.

Довольно распространенным видом повреждений КЛЭ является однофазное, когда одна из жил кабеля замыкается на его экранирующую оболочку.

Однофазные повреждения в КЛЭ по значению переходного сопротивления в месте замыкания можно разделить на три группы: повреждения с переходным сопротивлением десятки и сотни мОм (заплывающий пробой), повреждения с переходным сопротивлением от единиц Ом до сотен кОм, повреждения с сопротивлением, близким к нулю [2].

Сегодня остро стоит проблема по поиску однофазных повреждений (рис.1) с переходным сопротивлением близким к нулю.

Предварительную локализацию места повреждения КЛЭ осуществляют

импульсным, импульсно-дуговым, волновым и др. методами. Реализации этих методов достаточно точно определяют зону (диапазонный интервал) повреждения, но неоднородность кабельной линии, вызывающая искажения снимаемого сигнала (волны) кривой – показаний, обусловленных волновым сопротивлением проводника жил КЛЭ, увеличивает погрешность измерений с увеличением длины линии [1,2].

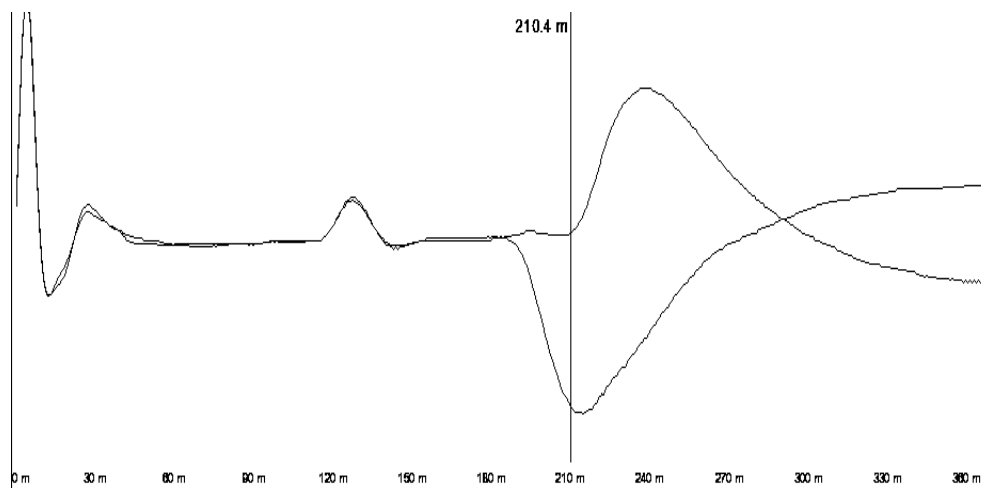


Рис.1. Рефлектограмма однофазного короткого замыкания в КЛ ($R_{пер.}=0$)

Импульсный метод предусматривает последовательно-сканирующий аппаратный мониторинг трассы КЛЭ воздействием зондирующим сигналом и базируется на измерении временной задержки эхосигнала, приходящего от неоднородности, являющейся следствием обрыва, утечки или короткого замыкания в кабеле. При этом зондирующий сигнал представляет собой короткий (ударный) прямоугольный импульс электрического тока, а эхосигнал имеет колоколообразную или близкую к ней форму, что является следствием дисперсии скоростей распространения волн различных длин. Спектр зондирующего сигнала в силу его малой длительности – очень широкий, спектр эхосигнала – существенно меньше из-за большего поглощения составляющих верхней части частотного диапазона. Определение времени задержки представляет трудности из-за нечеткости положения максимума эхосигнала, принимаемого измерителем за момент прихода эхосигнала, что вызывает снижение точности определения места повреждения кабеля.

Применение известного способа и устройства требует соблюдения определенного условия: переходное сопротивление в месте повреждения кабельной линии электроснабжения, в растяжках жил кабеля, в конце кабельной линии должно быть менее 200 Ом. Достижение такого переходного сопротивления прожигом изоляции требует значительных затрат времени и не всегда возможно, но всегда приводит к полному выходу кабеля из строя. Например, при сильной увлажненности кабеля ток только частично пройдет через место пробоя, а будет растекаться далеко за повреждением в виде емкостного тока. Следовательно, импульс будет отражаться от места пробоя не резко, а с постепенным затуханием.

Применение резонансного метода. Предложение решения задачи повышения эффективности устройств диагностики и локализации повреждений силовых кабельных линий – доработка известного метода, предусматривающего воздействия на кабельную линию электроснабжения зондирующим сигналом и фиксацию эхосигнала.

Испытания проводят в резонансном режиме [3]. Для настройки устройства диагностики мест повреждения КЛЭ в резонансный режим осуществляют регулировку параметров сканирующего диагностического сигнала. В этом режиме в результате интерференции волн токов падающего (диагностического) сигнала и отраженного от места повреждения (эхо) сигнала образуются стоячие волны тока. Если диагностируемая кабельная линия электроснабжения настроена на режим полуволнового вибратора, амплитуда тока на ее входе существенно увеличится (результатирующий ток равен сумме токов падающего и отраженного сигналов).

При этом зондирующий сигнал реализуют в виде непрерывного монохроматического сигнала, частоту которого при выполнении технологических операций диагностики и локализации мест повреждения плавно меняют. При фиксации значений эхосигнала выделяют максимальное его значение и по частоте зондирующего сигнала, соответствующей максимальному значению эхосигнала, определяют расстояние до точки повреждения кабельной линии электроснабжения (рис.2).

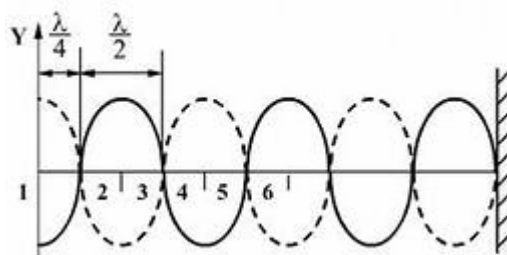


Рис.2. Непрерывный монохроматический сигнал

Получение однозначного отражения монохроматической волны в рабочем диапазоне длины кабельной линии является основой для фиксации максимального значения эхосигнала. Полученное расстояние исчисляется путем усреднения количественных показаний замеров до нулевой точки (отражение) волны.

Схема устройства диагностики мест повреждения КЛЭ с применением резонансного метода дана на рис. 3. В состав устройства входят источник непрерывного монохроматического сигнала 1, блок контроля 2, вычислительный блок 3, диагностируемая кабельная линия электроснабжения 4.

При включении в работу источника непрерывного монохроматического сигнала в диагностируемой КЛЭ возникает падающая (бегущая) волна диагностического сигнала. В месте повреждения диагностируемой кабельной линии электроснабжения происходит отражение диагностического сигнала (изменение среды распространения) в результате

чего образуется отраженная волна диагностического сигнала (эхосигнал). В резонансном режиме в результате интерференции диагностического сигнала и эхосигнала образуются стоячие волны тока, и блок контроля зафиксировывает увеличение тока на входе диагностируемой кабельной линии. В ходе испытаний диагностируемой КЛЭ производят контроль амплитуды стоячей волны тока в первой жиле диагностируемой кабельной линии, а также изменение потенциала в остальных жилах. После проведения испытаний с подключенной первой жилой кабеля одну из клемм первого входа блока контроля подключают к, соответственно, второй, третьей и четвертой жилам, а остальные подключения не изменяют и выполняют контроль диагностируемой КЛЭ для, соответственно, второй, третьей и четвертой жил.

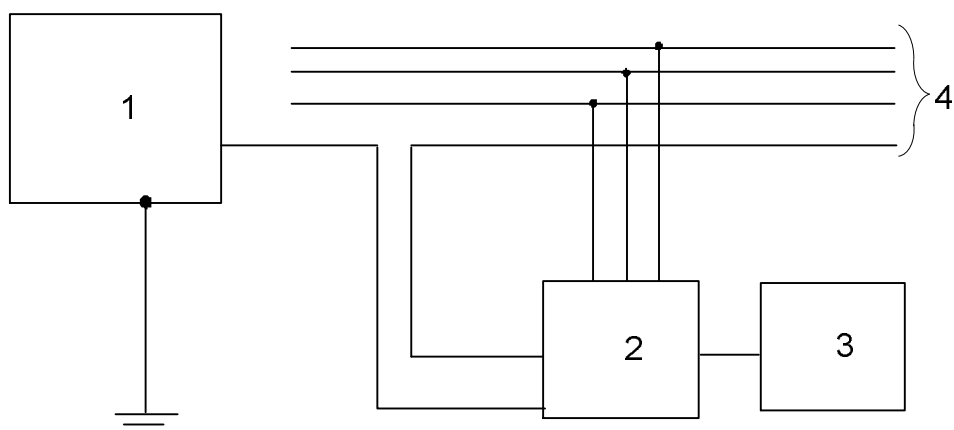


Рис. 3 Структура устройства диагностики КЛЭ

При диагностике повреждения кабельных линий электроснабжения (кабель марки 2XS2YRAA – силовой кабель на среднее напряжение с изоляцией из сшитого полиэтилена, рабочее напряжение – 10 кВ) частота диагностического сигнала, при которой ток на входе диагностируемой кабельной линии электроснабжения в жиле кабеля, к которой подключен источник монохроматического сигнала, достиг некоторого максимума, равна $51,6 \cdot 10^3$ Гц. Скорость распространения электромагнитного возмущения в данном кабеле – $1,031 \cdot 10^8$ м/с. При этом потенциалы других жил кабеля не изменились. Диагностируется повреждение жилы кабеля на расстоянии от точки измерения, равном 999,03 м.

Заключение

Ведется научная работа по возможности применения резонансного метода при поиске повреждений КЛЭ. Возможно создание рассеивающего электромагнитного поля в точке замыкания токопроводящей жилы на оболочку, в результате чего распространение емкостного тока в кабельной линии за замыканием от источника, подающего сигнал, прекращается.

Список литературы

1. www.kabel-news.ru.
2. А.В. Сакара Организационные и методические рекомендации по про-

ведению испытаний электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей. – М.: 2006. – С. 104, 115, 119 – 120.

3. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – 351 с.

The new approaches and methods of the localization single-phase faults of cable lines with the transitional resistance close or equal zero are considered.

Cable line, probe signal, echo signal, single-phase short circuit, diagnostics.