

ЛОКАЛИЗАЦИЯ НАМОКАНИЯ КАБЕЛЯ

А.Ивлев, А.Дранов, А.Базулев, М.Кустов, компания "Связьприбор"

В статье рассмотрен новый двухчастотный метод поиска поврежденных кабеля связи. Метод позволяет снизить трудоемкость поиска такого распространенного вида повреждений, как намокание муфты. В статье приводятся результаты практической реализации метода на серийно выпускаемом трассоискателе "Поиск-410 Мастер" компании "Связьприбор".

Для кабеля в канализации намокание – обычное явление. Намокший кабель отличает падение сопротивления изоляции по всем жилам. Такая аварийная ситуация представляет собой проблему для измерителя. Если сопротивление всех жил близко друг к другу, мостовые методы не работают принципиально или из-за нестабильности показаний. Не всегда удается определить место повреждения и рефлектометром из-за высокого уровня помех в линии. В любом случае результат измерений требует уточнения на местности трассодефектоискателем.

Здесь и возникает трудность. Для кабелей в канализации, да еще в условиях асфальтового покрытия, высокочувствительный контактный метод неприменим. Повреждение ищут по спаду сигнала от генератора, подключенного к поврежденному кабелю на холостом ходу. Здесь возникают различные ситуации, ставящие оператора в тупик.

К примеру, кабель "нырнул" под плиту вместе с газовой трассой. Уровень сигнала резко изменился. Что это – повреждение? Чтобы ответить на этот вопрос, оператор должен непрерывно контролировать глубину залегания кабеля и понимать, как измеряемый сигнал зависит от глубины залегания. Однако уровень сигнала может измениться из-за геометрии поиска.

Другая проблема – недоступные для оператора места залегания кабеля. Если оператор пропустил труднодоступный участок, он должен ответить на вопрос: из-за чего изменился сигнал? Уменьшение емкостного тока и, как следствие, уменьшение наблюдаемого сигнала происходит постоянно при движении вдоль кабеля. В таких условиях требуется непрерывное особо тщательное обследование трассы.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Решение может быть найдено с помощью двухчастотного метода поиска повреждений. Когда поиск ведется одновременно на двух частотах генератора, сигнал при изменении геометрии и условий поиска меняется одинаково для обеих частот, т.е. их соотношение не меняется, оно изменится только после прохождения повреждения. Какова физика этого явления?

Если генератор посылает в кабель двухчастотный сигнал с одинаковой амплитудой, то сигнальный ток в кабеле при емкостной нагрузке зависит только от частоты. Емкостная проводимость ωC пропорциональна частоте. Сигнал U , индуцированный в датчике антенны, также пропорционален частоте. Соотношение сигналов на частотах f_1 и f_2 , таким образом, будет определяться отношением квадрата частот: $U_1/U_2 = f_1^2/f_2^2$. В логарифмическом виде это выглядит так:

$$\Delta U \text{ (дБ)} = 20 \log (f_1/f_2)^2 = 40 \log (f_1/f_2). \quad (1)$$

Если соотношение частот 10:1, то формула (1) дает $\Delta U = 40$ дБ.

Теперь рассмотрим случай, когда нагрузка носит чисто активный характер. Это происходит при повреждении кабеля с переходным сопротивлением R , которое меньше емкостного сопротивления неповрежденного кабеля $1/\omega C$ на низкой частоте f_2 . В этом случае сигнальный ток генератора на обеих частотах одинаков: он задан напряжением генератора и переходным сопротивлением R .

Тогда соотношение (1) для активной нагрузки поменяет свой вид:

$$\Delta U \text{ (дБ)} = 20 \log (f_1/f_2). \quad (2)$$

Для соотношения частот 10:1 формула (2) дает $\Delta U = 20$ дБ.

В этом случае до повреждения кабеля отношение сигналов будет 20 дБ, а после прохождения повреждения изменится на отношение, характерное для чисто емкостной нагрузки 40 дБ.

Что замечательно: оператору не обязательно проходить всю трассу. Он может сразу выйти на предполагаемый проблемный участок и по отношению уровней сигналов двух частот определить, где он находится – до повреждения или после. Так можно быстро сузить зону поиска и локализовать повреждение.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МЕТОДА

Выше был описан идеальный случай, когда переходное сопротивление в месте повреждения заметно меньше емкостного сопротивления кабеля на низкой частоте. Если реализуется случай более высокоомного повреждения на кабеле, то мы получаем несколько усложненный вариант поиска.

Для соотношения частот 10:1 это означает, что до повреждения разность сигналов составит не 20 дБ, а больше, занимая промежуточное значение между 20 и 40 дБ (например, 30 и 40 дБ). По мере увеличения переходного сопротивления R разница между сигналами до и после повреждения уменьшается. Метод перестает работать, когда переходное сопротивление R приближается к емкостному сопротивлению $1/\omega C$ на низкой частоте.

Чтобы оценить чувствительность метода, рассмотрим ситуацию на "последней миле" – наиболее типичную для современной конфигурации городских сетей. Если ограничить высокую частоту значением 2 кГц, то для километра городского кабеля ТПП с погонной емкостью жила-земля около 80 нФ мы получаем значение емкостного сопротивления 1 кОм. Это означает, что метод работает при повреждениях с сопротивлением ниже 1 кОм.

Теперь определим верхнюю границу величины переходного сопротивления. Для соотношения 10:1 она соответственно будет в 10 раз больше. Это означает, что при приближении переходного сопротивления к значению 10 кОм в описанных условиях метод перестает работать. Означает ли это, что оператор должен предварительно измерять параметры кабеля? Вовсе нет.



Замечательным свойством метода является то, что при измерении в зоне подключения генератора по показаниям ΔU становится ясно, "видит" прибор повреждение или нет. Если показания прибора близки к 40 дБ (10:1), то он "не видит" повреждения и поиск можно не производить. И наоборот, если показания заметно ниже, то можно быть уверенным в результате.

Чувствительность метода повышается при приближении к дальнему концу кабеля. Как уже говорилось, емкостный ток непрерывно спадает при движении вдоль кабеля и омический ток (ток утечки) становится более заметным на фоне меньшего емкостного тока. Так, за 500 м до конца кабеля чувствительность метода в описанных условиях уже 20 кОм, а за 200 м до конца – достигает величины 50 кОм. Но не следует забывать, что при приближении к концу кабеля уровень сигнала падает, и это затрудняет проведение измерений.

ПРАКТИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Рассмотрим реализацию двухчастотного метода локализации повреждений на примере инновационной модели "Поиск-410 Мастер" (производитель "Связьприбор"). Здесь метод получил название НЧ-ВЧ.

На рис.1 показана схема подключения генератора к кабелю при поиске повреждения изоляции. Генератор подключают между жилой кабеля

и землей. На дальнем конце кабель оставляют на холостом ходу. Между жилой кабеля и землей существует два канала проводимости переменного тока:

- через емкость жила-земля;
- через поврежденный участок.

Генератор посылает в кабель основной сигнал на низкой частоте 273,5 Гц, а в паузе – опорный сигнал с частотой 2187,5 Гц. Соотношение частот 1:8. Если в кабеле нет утечки (ток утечки пренебрежимо мал), то соотношение сигналов на частотах 273,5 и 2187,5 Гц определяется только емкостной нагрузкой. Соотношение емкостных токов I_C на двух частотах определяется соотношением частот 1:8. Сигнал в индукционной антенне на частоте 2187,5 Гц больше сигнала на частоте 273,5 Гц в 64 раза, или на 36 дБ. Если кабель не поврежден, прибор показывает соотношение сигналов НЧ-ВЧ около этого значения.

Ток утечки нарушает соотношение сигналов НЧ-ВЧ. Омический ток через утечку I_R не зависит от частоты и одинаков для двух частот. Поэтому соотношение сигналов НЧ-ВЧ от тока утечки в индукционной антенне составляет 1:8, или 18 дБ. Если ток утечки сравним с емкостным током, то прибор показывает значение между 18 и 36 дБ.

На рис.2 приведены показания прибора на кабеле ТПП-5 длиной 1,2 км с повреждением 1,2 кОм на расстоянии 760 м от подстанции, где генератор подключен к кабелю по схеме жила-земля (см. рис.1).



Рис.2. Показания прибора до и после повреждения на кабеле ТПП-5 длиной 1,2 км. Сопротивление повреждения жила-земля 1,2 кОм

Мы видим, что перед местом повреждения показания прибора составляли 24 дБ. После прохождения повреждения показания приобрели характерное значение для кабеля без повреждения – 36 дБ.

Таким образом, до места повреждения измеритель определил наличие повреждения на кабеле.

После прохождения места повреждения прибор показал чисто емкостную нагрузку без заметных повреждений изоляции. Ошибиться трудно. Достаточно снять показания до и после злополучной муфты, чтобы понять, где необходимо производить ремонтные работы. ■

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



БЕСПРОВОДНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

А.Голдсмит

При поддержке ОАО "Омский научно-исследовательский институт приборостроения". Перевод с англ. под ред. В.А. Березовского

Книга знакомит читателей с основами теории и технологиями беспроводной связи, а также с аналитическими инструментами исследований в этой области. Она способствует формированию у читателя комплексного понимания фундаментальных принципов, лежащих в основе систем беспроводной связи. Приведен обзор беспроводных систем и стандартов, представлены характеристики беспроводных каналов, включая ограничения их пропускной способности. Детально рассматриваются различные методы модуляции и кодирования, а также схемы обработки сигнала, включая современную адаптивную модуляцию, технологии широкополосной передачи, модуляции нескольких несущих. Подробно рассмотрены технологии многоэлементных антенных систем. Последние главы посвящены системам множественного доступа, созданию сотовых систем и специальных беспроводных сетей.

"Беспроводные коммуникации" – идеальное пособие для студентов и аспирантов, ценный справочник для инженеров, IT-директоров и руководителей соответствующих подразделений, а также всех специалистов, работающих в области беспроводной связи.

МОСКВА: ТЕХНОСФЕРА,
2011. – 904 С., ISBN
978-5-94836-176-5

Цена: 1300 р.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; knigi@technosphere.ru, sales@technosphere.ru