

УЛУЧШЕНИЕ РЕФЛЕКТОГРАММ МЕДНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ

Горохов В.М., Сергеев Д.В., Столяров В.С.

Рефлектометр является одним из основных приборов для диагностики неисправностей линий связи. При развертывании технологий широкополосного доступа приходится иметь дело с достаточно протяженными и сложными линиями. На таких линиях встречаются муфты, кроссовое оборудование и прочие осложняющие устройства.

Снятие рефлектограммы протяженной линии сопровождается известными трудностями. Так для линии даже в два километра зачастую трудно определить конец, а не то чтобы просмотреть дефектные муфты. На наш взгляд имеются две причины такой «близорукости» рефлектометров:

- Наличие «лыжи» на рефлектограмме.
- Затухание зондирующего сигнала при распространении по линии связи.

Остановимся более подробно на этих моментах.

Причины возникновения «лыжи» и методы борьбы.

В классической импульсной рефлектометрии в качестве зондирующего импульса используется прямоугольный импульс с определенной длительностью. Этот одиночный импульс имеет очень широкий спектр, значительная часть энергии которого приходится на постоянную составляющую. Решение телеграфного уравнения для такого импульса содержит вклады, приводящие к появлению «лыжи» на рефлектограмме:

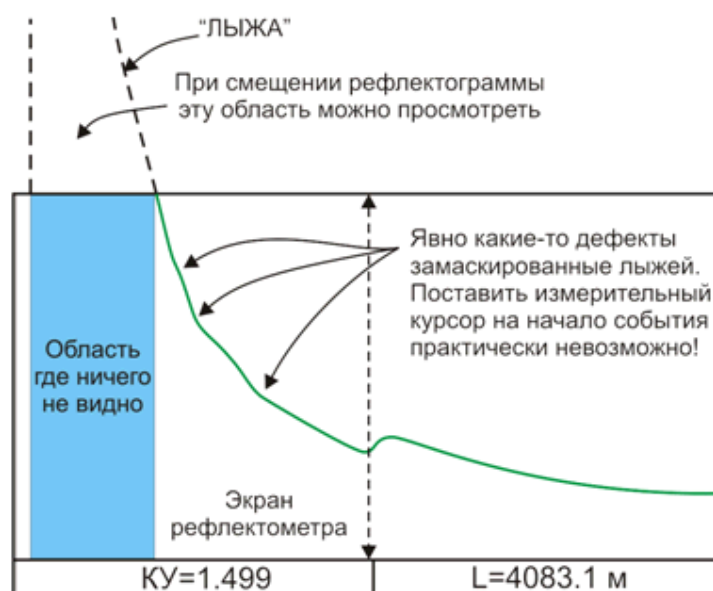


Рисунок 1 . «Лыжа» - зло для измерителя

«Лыжа» представляется очевидным злом для измерителя и с ней необходимо бороться. Еще раз повторим, что причина связана с постоянной составляющей зондирующего импульса, поэтому борьба направлена на устранение или уменьшение этого фактора. Известные способы борьбы:

1. Посылка компенсирующего импульса обратной полярности в след за зондирующим. Метод используется в рефлектометрах фирмы «СТЕЛЛ» и «Дельта DSL» (СВЯЗЬПРИБОР).
2. Использование специальных последовательностей с уменьшенной постоянной составляющей. Из известных нам серийно выпускаемых приборов этот подход реализован в рефлектометрах «AnCom A-7» (АНАЛИТИК-ТС) и «Гамма DSL» (СВЯЗЬПРИБОР).

Использование таких подходов выпрямляет рефлектограмму, но делает ее вид не совсем привычным для измерителя. Это тоже проблема, так как интерпретация картинка сильно зависит от опыта и требует навыков и зоркого глаза.

3. Применение гибридной компенсирующей схемы, как в приборе ALT 2000.

В этом случае зондирующий импульс одновременно подается в исследуемый кабель и на нагрузку, моделирующую данный кабель. На экран выводится разностный сигнал.

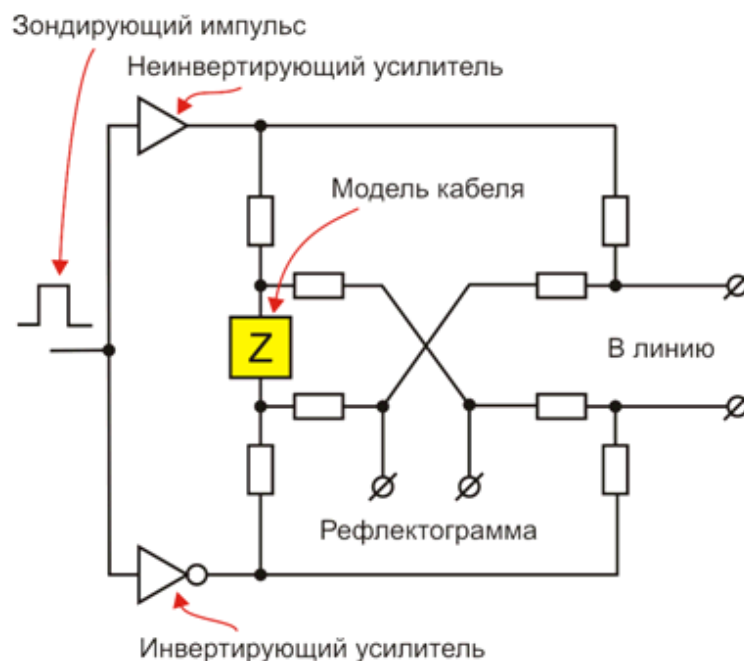


Рисунок 2. Гибридная схема

В качестве модели выбираются цепочки из резисторов и конденсаторов. Здесь все дело в аппаратной модели кабеля. Практически невозможно подобрать правильные RC значения для широкого круга кабелей.

Нами была сделана попытка устранения «лыжи» на рефлектометре с классическим прямоугольным зондирующим импульсом и программной компенсацией. Смысл такой методики заключается в подборе решения телеграфного уравнения для исследуемой линии и математическом вычитании «лыжи» из наблюдаемой рефлектограммы. Необходимо наличие мощного вычислителя в составе прибора, чтобы наблюдать исправленную рефлектограмму в реальном масштабе времени.

Затухание зондирующего импульса и метод борьбы.

При распространении зондирующего импульса от прибора и обратно сигнал претерпевает изменения:

- Неравномерно уменьшаются отдельные спектральные составляющие
- Изменяются фазовые соотношения между спектральными составляющими.

Все это приводит к уменьшению амплитуды эха и искажению его формы относительно зондирующего сигнала. Существуют модели кабеля, в принципе позволяющие учесть эти проблемы. Однако подбор параметров такой модели для конкретной линии достаточно сложен. На практике многие рефлектометры просто компенсируют некоторое интегральное затухание в линии, вводя компенсирующее усиление в N дБ/км. Выбор значения продольного усиления предоставляется измерителю.

Сложность реализации данного метода заключается в том, что при наличии постоянной составляющей импульса она также подвергается продольному усилению. Это приводит к искажению рефлектограммы. Следовательно, оба метода - устранения «лыжи» и продольного усиления - взаимосвязаны.

Результаты.

Методы устранения «лыжи» и продольного усиления реализованы в приборе «Рефлектометр Гамма» одновременно. Благодаря мощной вычислительной платформе прибора, это позволило наблюдать исправленную рефлектограмму в реальном масштабе времени. Время обновления картинки в приборе практически не изменилось. Реализованные методы опробованы на реальных кабелях.

На рисунках 3 и 4 показаны результаты работы прибора на одном и том же кабеле с выключенными и включенными функциями. Расположение маркеров идентично.

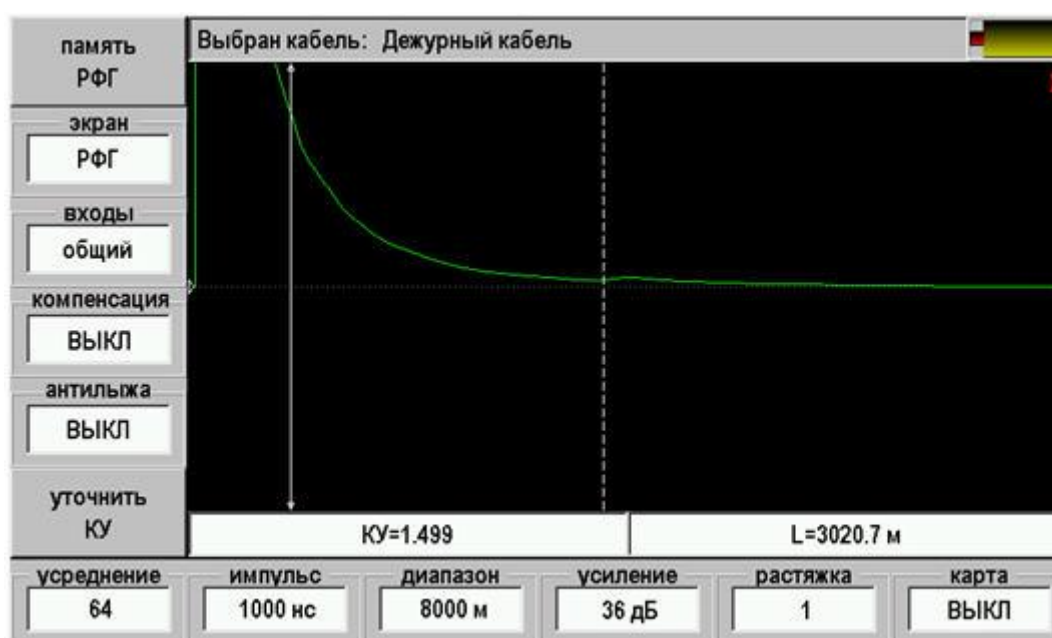


Рисунок 3. Экран прибора «Рефлектометр Гамма» с выключенными функциями улучшения рефлектограммы

Измерительный маркер, отмеченный стрелками на концах, стоит на подозрительном месте. В этом месте наблюдается какое то невнятное изменение. Идентифицировать его практически невозможно.

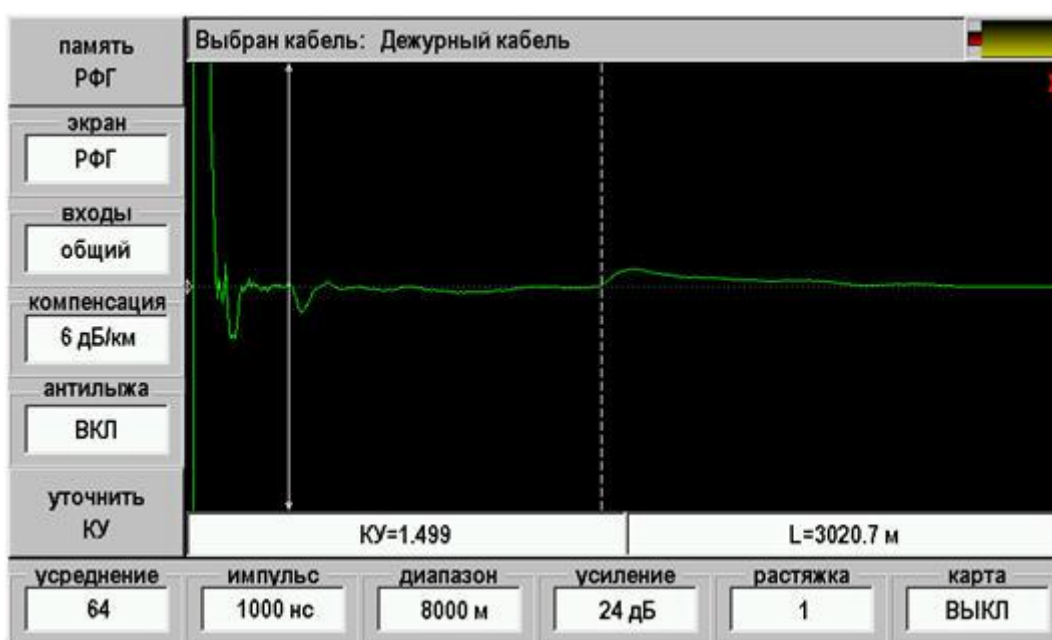


Рисунок 4. Результат работы функции устранения «лыжи» и компенсации затухания в кабеле

Вид рефлектограммы с исправленной «лыжей» принципиально лучше. Исчезла мертвая область после зондирующего импульса. Слабо различимый дефект кабеля теперь может быть четко локализован. Немаловажно отметить, что внешний вид картинки привычен для измерителя и тип дефекта можно определить на основании предыдущего опыта.

Заключение

Современные вычислительные платформы в составе приборов дают возможность устранения традиционных проблем в области рефлектометрии. Важно, что коррекция рефлектограмм не связана с манипуляциями пользователя, происходит автоматически и не требует новых навыков. Вид рефлекторгаммы улучшается до «идеального» состояния, привычного измерителю

Литература

1. М.С. Былина, С.Ф. Глаголев. Основные параметры импульсного прибора с биимпульсным зондирующим сигналом.
2. Paul Smith, Cynthia Furse, Gunther. Analysis of Spread Spectrum Time Domain Reflectometry for Wire Fault Location. IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 5, NO. 6, DECEMBER 2005. p 1469-1478.
3. Chet Lo, Cynthia Furse. Noise-Domain Reflectometry for Locating Wiring Faults. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPABILITY. vol. 47, No.1, February 2005, p. 97-104.
4. Suketu Naik, Cynthia M. Furse, Behrouz Farhang-Boroujeny. Multicarrier Reflectometry. IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 6, NO. 3, JUNE 2006. p. 812-818.
5. Джиган В.И., Кочеров А.В. Рефлектометр на основе непрерывного сигнала для тестирования кабелей цифровых абонентских линий (XDSL). ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, №3, 2006. с.40-43.