

А.Ю. ИВЛЕВ, руководитель проекта

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕФЛЕКТОМЕТРИИ**

---

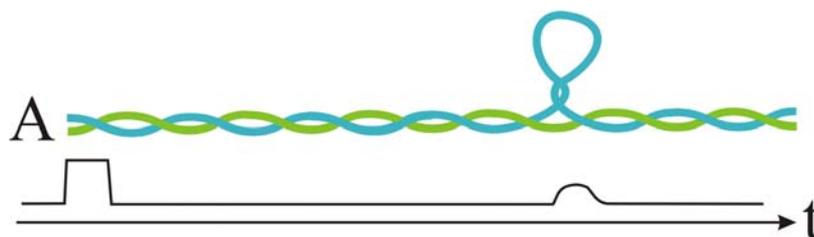
Начало серийного выпуска нового рефлектометра для меди «РД Мастер» пришлось на середину 2009 года, и практически сразу он получил высокую оценку измерителей. Такая ситуация сложилась далеко не случайно. В настоящее время предложение на рынке классических рефлектометров очень широкое. Новый прибор должен обладать всеми лучшими качествами уже представленных моделей. При создании прибора разработчики постарались это учесть – сочетать, казалось бы, не сочетаемое.

### ***Технические характеристики***

---

Прежде всего, прибор должен обладать высокими техническими характеристиками. Современные эксплуатируемые проводные линии, как правило, небольшой длины, имеют многочисленные повреждения, обладают значительным затуханием и проложены рядом с источниками значительных помех (силовые кабели, выделенные линии HDSL, SHDSL, ADSL и т.п.). Необходимо, чтобы рефлектометр позволял изменять в широких пределах диапазон расстояний и длительность импульса (от 50м до 30км и от 8нс до 16мкс), быть способным различать малые расстояния (10-20см) и детектировать повреждение практически в месте подключения измерительных проводов (мертвая зона должна быть минимальна). Кроме того, рефлектометр должен хорошо отстраиваться от помех и позволять работать на зашумленных линиях с большим затуханием.

Импульсный рефлектометр работает по принципу радара: в кабель посылается короткий импульс, и затем наблюдаются отражения от различных неоднородностей. Зная скорость распространения и время, можно определить расстояние до дефекта.

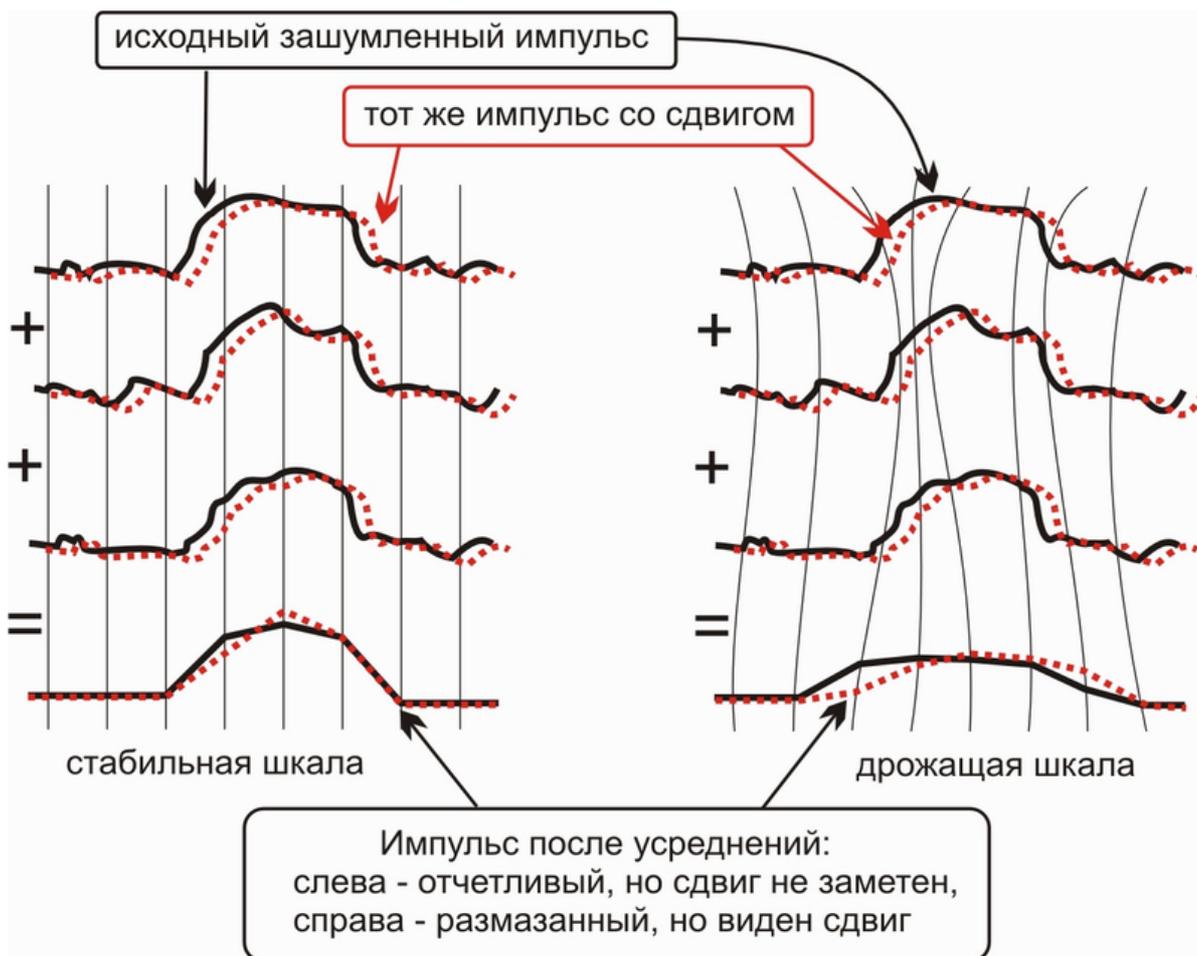


Диапазон расстояний, длительность импульса и разрешение – традиционные и наиболее понятные пользователям параметры. Зачастую, именно по ним ориентируются при сравнении и приобретении приборов.

К сожалению, разрешающая способность трактуется по-разному. В одних случаях это минимальное расстояние между двумя точками рефлектограммы, в других – минимальное изменение длины кабеля, которую фиксирует прибор, в третьих – минимальное расстояние между двумя различимыми дефектами. Производители иногда заявляют для разрешающей способности величину 2-3 мм. Вероятно, такие значения могут быть востребованы для тестирования проводников печатных плат (при длительности импульса 0,1 нс или меньше) и аналогичных задач. Однако оставим в стороне вопрос о практической ценности таких измерений на кабеле, гораздо интереснее понять – за счет чего они могут быть достигнуты?

## Борьба с шумом

Дело в том, что рефлектограмма является результатом усреднения многочисленных измерений времени – на отраженный импульс каждый раз накладывается временная шкала. Данная шкала формируется эталонным генератором (кварцевым резонатором) и от нее зависит очень многое. Качество генератора обычно оценивается стабильностью частоты и джиттером – величиной фазовых дрожаний. Если шкала стабильна, то прибор фиксирует только те события, которые четко попадают на метки временной шкалы (и не фиксирует происходящее между метками), но зато хорошо подавляются помехи и шумы, поскольку на каждую метку приходится очень много измерений. Последнее позволяет расширить перекрываемое затухание и уверенно работать на проблемных линиях, не опасаясь помех и шумов.



Для увеличения разрешения производители уменьшают шаг временной шкалы. Наиболее просто – использовать генератор с большим джиттером. В этом случае шкала времени нестабильна («дергается»), и в отдельных измерениях фиксируются события между метками основной шкалы. Это позволяет после усреднения различать события, расстояние между которыми меньше основной шкалы. Разрешающая способность прибора увеличивается, но ценой «размазывания» формы регистрируемых импульсов.

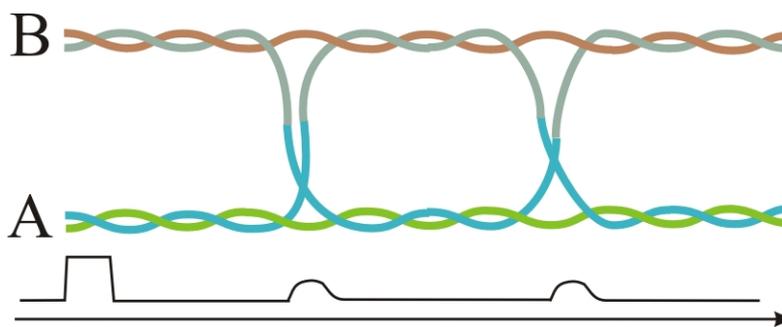
Более корректный и сложный (дорогой) путь – увеличение тактовой частоты или использование управляемых линий задержки. В этом случае, форма импульсов отображается правильно.

Однако следует понимать, что при любом способе увеличения разрешающей способности соотношение сигнал/шум ухудшается. На каждую градацию временной шкалы приходится меньше измерений, и для отстройки от помех и шумов требуется все больше времени. Оперативно работать на зашумленных линиях с большим затуханием становится крайне сложно, а зачастую невозможно.

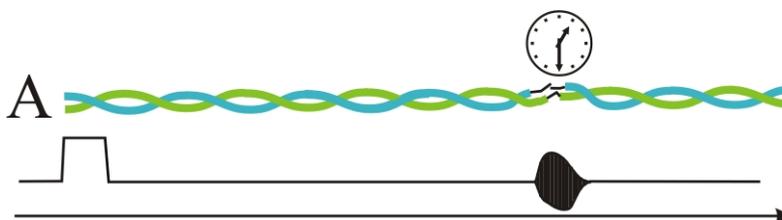
## Функциональные возможности

---

Для успешной работы от прибора требуются не только высокие технические характеристики, но и функциональная насыщенность. Современный аналог рефлектометров премиум-класса (*Riser Bond 1270A*, *Seba Digiflex COM*) – это полноценный двухканальный рефлектометр, который позволяет осуществлять как традиционные операции: поиск места повреждения, оценка однородности линии, проверка качества муфтовых соединений (режим – «общий вход»), так и более инновационные: оценка переходного влияния, поиск разбитости пар (режим – «раздельный вход»).



Кроме того, такой прибор позволяет отбирать лучшие пары и жилы из имеющихся в наличии (режим – «А и В»), а также обнаруживать места асимметрии жил (режим «А-В»). При поиске причин нестабильности связи и уменьшения скорости передачи существенную помощь окажет режим «фиксация плавающих дефектов».



Для особо «тяжелых» случаев прибор позволяет увеличить количество усреднений, а также включить цифровой фильтр. К этому всему необходимо добавить развитую систему операций с сохраненными рефлектограммами, а также возможность их передачи на компьютер с помощью интерфейса USB.

## Управление

---

Еще одна проблема весьма актуальна в последнее время. Дело в том, что многие мощные рефлектометры с высокими характеристиками требуют от измерителя довольно высокой квалификации и аккуратного обращения. Новая разработка должна добиться того, чтобы интерфейс не требовал длительного изучения многостраничной документации и был интуитивно понятен измерителям с самой различной подготовкой. «Простота и удобство работы» – вот основной девиз при работе над прибором. Кроме того, прибор должен иметь защиту от повышенного напряжения в линии, к которой он подключается (напряжение бытовой промышленной сети). Поэтому даже неквалифицированные действия не приведут к выходу прибора из строя.

## Цена решения

Все это стало возможным благодаря использованию самой современной элементной базы и, в частности, программируемых логических интегральных микросхем (ПЛИС). Чрезвычайно высокая вычислительная производительность за счет полностью параллельной архитектуры, реализованной на ПЛИС, делает прибор динамичным и удобным в использовании. Результаты измерения обновляются очень быстро, прибор оперативно реагирует на изменения в линии или смену режима. Как это ни парадоксально, но дополнительным плюсом использования ПЛИС явилось значительное снижение себестоимости прибора, что позволило «РД Мастер» обозначить себя в ценовом диапазоне low-cost и прочно занять одну из высших ступеней по соотношению цена-качество.

|                         | <b>РД – Мастер</b>   | <b>Riser Bond 1270A</b>   | <b>Seba Digiflex COM</b>   |
|-------------------------|--|---|--|
|                         |  |  |  |
| Число каналов           | 2  | 2   | 2  |
| Диапазон                | $\leq 30$ км   | $\leq 19400$ м  | $\leq 30$ км   |
| Длительность импульса   | 8нс ÷ 16 мкс   | 2 ÷ 6000 нс   | 5 ÷ 3000 нс  |
| Амплитуда импульса      | 12 В   | Нет данных  | 10 В   |
| Перекрываемое затухание | не менее 96 дБ   | не менее 65 дБ  | не менее 90 дБ   |
| Волновое R              | 35 ÷ 350 Ом  | Нет данных  | 40 ÷ 200 Ом  |
| Защита по входу         | $\pm 275$ В + пиковое значение 50 Гц   | $\pm 400$ В + пиковое значение 400 Гц   | 250 В  |
| Дисплей                 | ЖК 320×240   | ЖК 320×240  | ЖК 256×128   |
| Память, РФГ             | 256  | 16  | 50   |
| Связь с ПК              | USB  | RS232   | RS232  |
| Габариты                | 120×230×40мм<br>(1 кг)   | 267×247,6×127<br>(2,7 кг)   | 260×176×70мм<br>(1,5 кг)   |
| Цена (~) руб.           | 36 000   | 214 000   | 243 000  |