

# УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КАБЕЛЯ

ДИАГНОСТИКА И ТОЧНОЕ  
ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ И  
НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА  
ВНУТРЕННИХ КАБЕЛЯХ И  
ПРОВОДНИКАХ



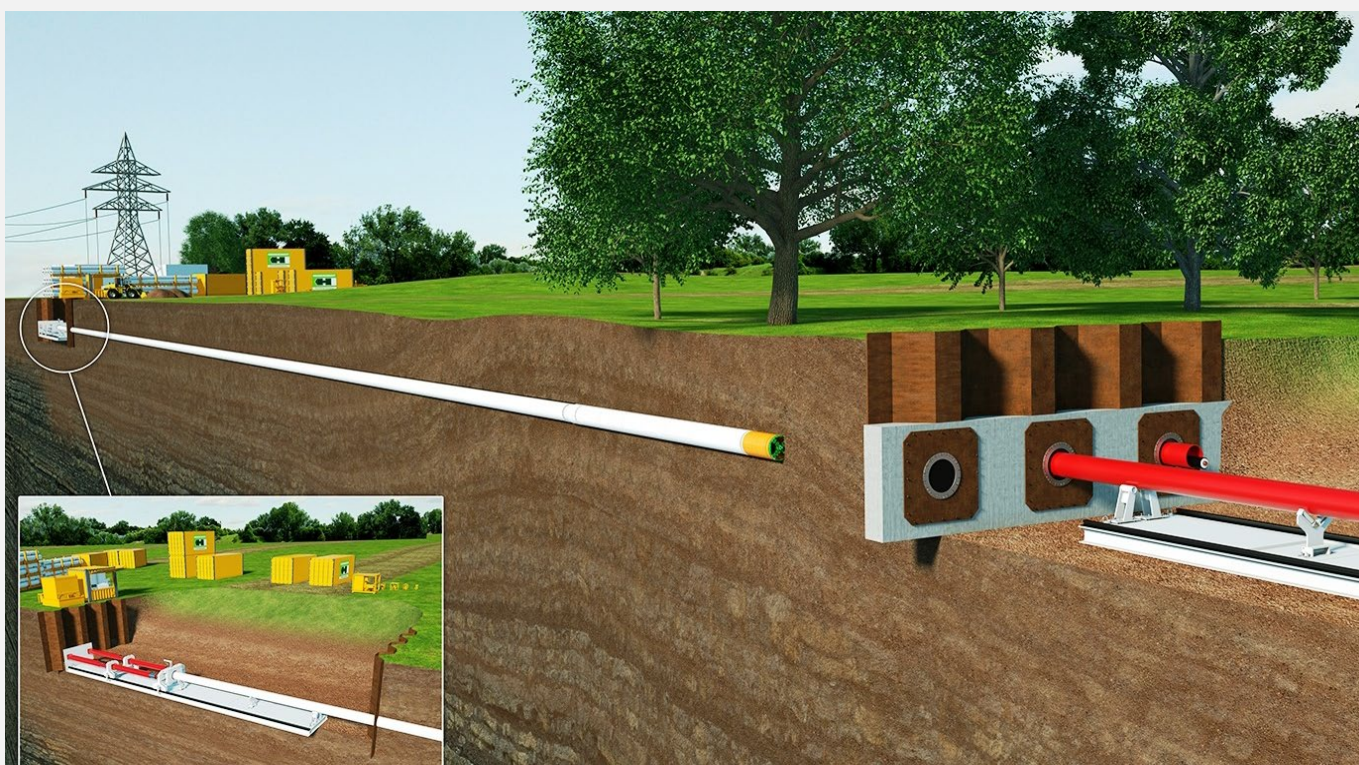
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ КАБЕЛЕЙ

Под подземным кабелем понимается проложенная в земле электрическая линия с особо прочной изоляцией снаружи, то есть оболочкой кабеля, которая предотвращает его разрушение из-за химического воздействия в почве или мелких животных (грызунов), обитающих в земле. Подземные кабели имеют ряд преимуществ по сравнению с воздушными линиями. Они защищены от повреждений, в том числе от атмосферных воздействий, и не нарушают внешний вид ландшафта. К недостаткам можно отнести более высокие затраты на техническое обслуживание и большую сложность локализации неисправностей, например, вызванных строительными работами и непреднамеренным повреждением кабелей, проложенных под землей. Более высокие затраты, связанные с этими факторами, являются невыгодными для применения в энергетике в области высокого напряжения.

В телекоммуникационном секторе локальные соединительные кабели находятся под давлением до 10 мбар. В результате этого избыточного давления воздух направляется против любой проникающей влаги в случае незначительных утечек в оболочке кабеля, так что влага не может проникнуть внутрь. В случае падения давления датчик показывает, что воздух выходит из системы. Затем кабель накачивается специальным газом, что позволяет определить место утечки с помощью оборудования для обнаружения.

## ОБНАРУЖЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Цель обнаружения источника неисправности - выявить обрыв или заземление кабелей и определить место неисправности. С этой целью используются свойства рефлектометрии во временной области, чтобы обнаруживать любые изменения, происходящие в среде. TDR можно использовать для определения конца кабеля, обрыва кабеля или короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками.



Прокладка подземного кабеля с помощью E-Power Pipe® Graphic: Herrenknecht AG

# TDR / ВРЕМЕННАЯ РЕФЛЕКТОМЕТРИЯ

Так называемое измерение TDR - один из возможных вариантов проверки кабелей. TDR обозначает рефлектометрию во временной области, которая может использоваться для определения длины кабеля, а также для обнаружения повреждений кабеля, обрывов кабеля, коротких замыканий и заземления кабелей.

Измерительный прибор TDR, например METRACABLE TDR, излучает электрический импульс, а затем вычисляет длину кабеля или места повреждения в зависимости от того, сколько времени проходит до того, как импульс вернется в передатчик. Также можно определить широкий спектр неисправностей, анализируя различные формы сигналов.

С помощью метода TDR прибор передает на кабель импульс, который отражается от повреждений кабеля, а затем возвращается к прибору. Тип повреждения можно определить по характерным кривым отражения.

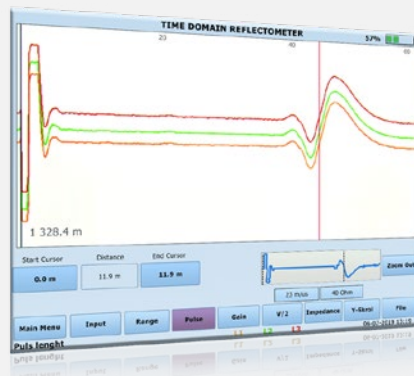
Измерительный прибор TDR - это мощный инструмент для проверки симметричных линий. Помимо определения длины кабеля, отображаемые кривые отражения также могут использоваться для идентификации и точного определения неисправностей кабеля. Это экономит время при поиске и устранении неисправностей и позволяет избежать ненужной работы.

С помощью генератора ступенчатых функций на одном конце кабеля генерируется наклонный сигнал. Фронт сигнала распространяется через среду и отражается, когда достигает другого конца, или от повреждений в кабеле. Затем с помощью подходящей схемы оценки или осциллографа передаваемый сигнал сравнивается с его отражением и определяется информация о времени прохождения и амплитуде отраженного сигнала, а также его емкостных, резистивных и индуктивных характеристиках. Простой просмотр отражений в осциллографе позволяет наблюдателю оценить их характеристики даже без глубоких технических знаний.

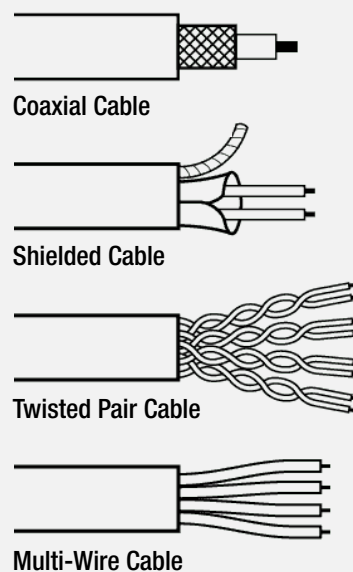
## ТИПЫ КАБЕЛЕЙ

Кабели обладают различными электрическими свойствами, которые влияют на измерение длины. Для обеспечения максимальной точности измерения длины необходимо соблюдать осторожность, чтобы использовать правильное значение скорости распространения (значение VP). Чем точнее это значение, тем точнее будет отображаться длина кабеля. Базы данных кабелей, интегрированные в измерительные приборы, такие как METRACABLE TDR, включают различные типы кабелей, а также характеристики кабелей, которые имеют значение для измерения длины. Поддерживаются симметричные кабели (примеры см. на рисунке). Какие именно варианты предлагает TDR, описано в разделах ниже.

Подходящий детектор повреждений кабеля может исследовать широкий спектр различных типов кабелей с использованием метода TDR и точно определять возможные места повреждения. METRACABLE TDR может исследовать кабели длиной до 15 километров.



Signals from the Time Domain Reflectometer



## ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ

Измерение длины кабелей в электротехнической промышленности было одним из первых приложений рефлектометрии во временной области. TDR используется для измерения времени, за которое излучаемый импульс возвращается в прибор после отражения. Если известна скорость распространения кабеля, которая зависит от изоляции кабеля, измеренное время можно использовать для прямого определения длины кабеля. Термин "кабельный радар" произошел от этого приложения.

В то время как в прошлом для этих измерений требовались осциллографы, теперь доступны готовые измерительные приборы, которые напрямую отображают значение длины. Этот метод широко используется в области телекоммуникаций и сетевых технологий. При прокладке новых кабелей в зданиях стоимость установленного сетевого кабеля выставляется в соответствии с измеренными значениями на основе рефлектометрии во временной области.

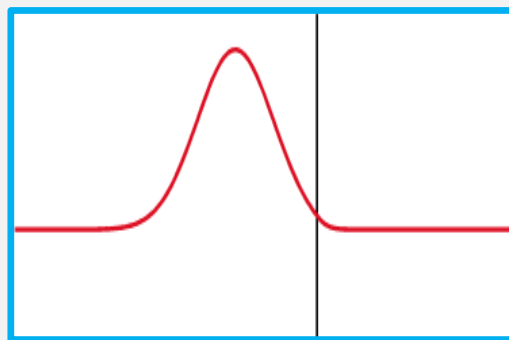
## ОБНАРУЖЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Целью обнаружения источника повреждения является, например, выявление оборванных или заземленных подземных кабелей и определение местоположения соответствующего повреждения. С этой целью используются свойства рефлектометрии во временной области - для обнаружения не только полного отражения, но и каждого изменения в среде. Полное отражение происходит только на конце кабеля, при обрыве кабеля или при коротком замыкании между внутренним и внешним проводниками. Пока импульс распространяется по неизменной среде, волновое сопротивление кабеля не изменяется. Однако, если импульсная волна встречает заземление, изменяется сопротивление и происходит частичное отражение. Затем о месте и степени заземления можно судить по времени появления отражения и его природе.

## ШИРИНА И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА

Ширина или длительность импульса также влияют на измерение. Меньшие длительности импульсов имеют гораздо лучшее разрешение, т. е. их можно использовать для обнаружения близко расположенных неисправностей. Недостатком является невозможность измерения большей длины, поскольку из-за затухания, вызванного длинным кабелем, отражение короткого импульса слишком мало для измерения. Это соотношение меняется на обратное для большей длительности импульса. Можно измерить более длинные кабели, но некоторые неисправности могут не отображаться. Это может потребовать выполнения нескольких измерений.

**Чтобы иметь возможность работать с оптимальным разрешением для каждого типа и длины кабеля, ширина импульса регулируется на METRACABLE TDR.**

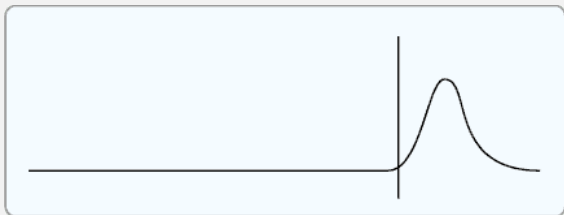


Частичное прохождение и отражение импульса при резком изменении волнового сопротивления - соотношение отраженной и прошедшей интенсивности зависит от разности волнового сопротивления.

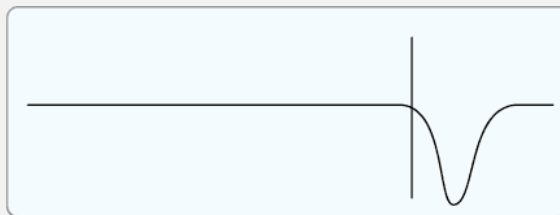


METRACABLE TDR /  
Рефлектометр во  
временной области

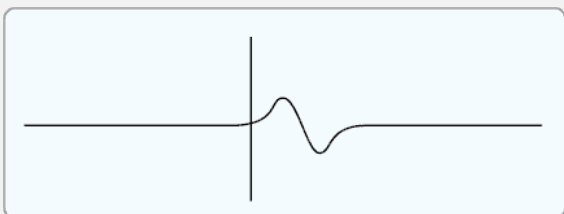
# ТИПИЧНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ КАБЕЛЯ И ИХ СИГНАЛЫ



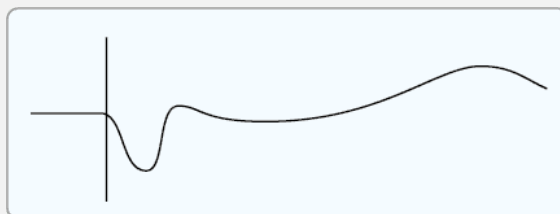
Открытый конец



Короткое замыкание



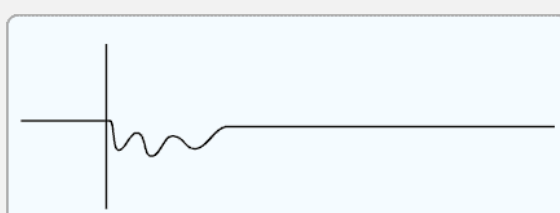
Точка соединения



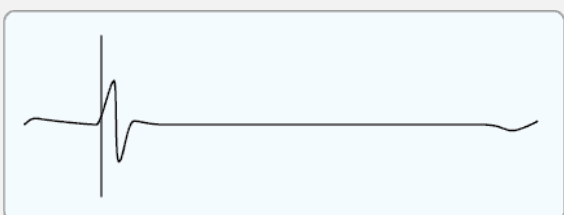
Разрыв



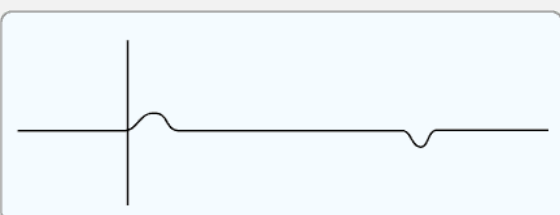
Вода в кабеле



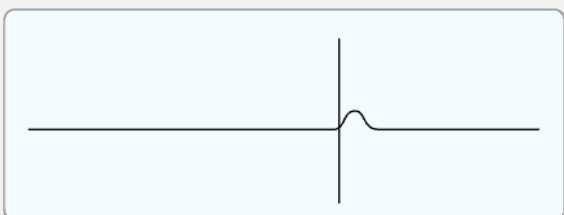
Попадание воды



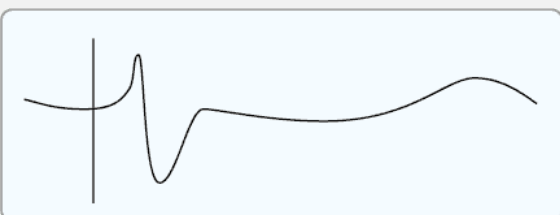
Плохой контакт



Разделение



Короткое ответвление



Сплиттер





## Автор

**DIRK CORDT**  
Менеджер по маркетингу  
Gossen Metrawatt GmbH

Телефон: +49-911-8602-719  
Факс: + 49-911-8602-80719  
e-mail: [dirk.cordt@gossenmetrawatt.com](mailto:dirk.cordt@gossenmetrawatt.com)

**GMC INSTRUMENTS**

 **GOSSEN METRAWATT**  
 **CAMILLE BAUER**

**Gossen Metrawatt GmbH**

Südwestpark 15 ■ 90449 Nürnberg ■ Germany

Phone: +49-911-8602-999 ■ Fax: +49 911 8602-125

[www.gossenmetrawatt.com](http://www.gossenmetrawatt.com), [www.gmc-instruments.ru](http://www.gmc-instruments.ru)

■ [export@gossenmetrawatt.com](mailto:export@gossenmetrawatt.com)