

NO727



СВЯЗЬПРИБОР

Измеритель длины кабеля
CableMeter

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ТВЕРЬ

СВЯЗЬПРИБОР
CableMeter

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
Назначение и функциональные возможности.....	4
Условия эксплуатации	4
Сертификаты	4
Технические характеристики.....	5
Состав изделия и комплект поставки	6
Сведения о содержании драгоценных металлов	6
Меры безопасности при работе с прибором	6
Панель разъемов	7
Передняя панель.....	8
Питание прибора	9
ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ	10
Включение прибора	10
Работа с меню настроек и параметров.....	10
<i>Работа с меню. Общие принципы.....</i>	<i>10</i>
<i>Ввод числовых параметров.....</i>	<i>10</i>
Настройка	11
Методы измерений.....	12
DC МЕТОД.....	13
Принцип работы.....	13
Ошибки измерений по DC методу	14
Сводная таблица ошибок DC метода	16
Подключение к кабелю	17
Параметры	18
<i>Работа с меню параметров материалов.....</i>	<i>18</i>
<i>Работа с меню настроек и параметров.....</i>	<i>19</i>
<i>Расчет по S.....</i>	<i>19</i>
<i>Расчет по R/км.....</i>	<i>21</i>
<i>Расчет по AWG.....</i>	<i>22</i>
<i>Расчет по ГОСТ.....</i>	<i>23</i>
DC МЕТОД. ПОРЯДОК РАБОТЫ.....	24
Измерение длины кабеля по погонному сопротивлению	25
Измерение длины кабеля по сечению	27
Измерение длины кабеля по AWG.....	29
Измерение погонного сопротивления	31
Измерение сечения кабеля	35
Работа со списком типов кабелей.....	37
<i>Занесение кабеля в список.....</i>	<i>37</i>
Проверка кабеля на соответствие ГОСТ 22483-77	40
Измерение длины проложенного кабеля . Опция.....	42
TDR МЕТОД.....	45

ПРИНЦИП РАБОТЫ	45
ОШИБКИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО TDR МЕТОДУ	46
ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ В КАБЕЛЕ	47
ПОДКЛЮЧЕНИЕ К КАБЕЛЮ	48
ПАРАМЕТРЫ	49
TDR МЕТОД. ПОРЯДОК РАБОТЫ.	50
ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ КАБЕЛЯ.....	50
ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УКРОЧЕНИЯ КУ	52
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ (КАЛИБРОВКИ)	54
ОПЕРАЦИИ КАЛИБРОВКИ.....	54
СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ.....	54
УСЛОВИЯ КАЛИБРОВКИ.....	55
ПРОВЕДЕНИЕ КАЛИБРОВКИ	55
<i>Внешний осмотр и опробование.....</i>	<i>55</i>
<i>Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления.....</i>	<i>55</i>
<i>Проверка базовой частоты в TDR методе.....</i>	<i>56</i>
<i>Определение погрешности измерения расстояния рефлектометром.....</i>	<i>56</i>
ПЕРИОДИЧНОСТЬ КАЛИБРОВКИ.....	57
ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА	58
СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ	58
СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ПОВЕРКЕ (КАЛИБРОВКЕ).....	59

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Назначение и функциональные возможности

Прибор предназначен для измерения:

- Длины кабеля в бухте
- Погонного сопротивления жилы кабеля
- Площади сечения токопроводящей жилы
- Скорости распространения электромагнитных волн вдоль кабеля
- Расстояния до локального изменения волнового сопротивления кабеля.

Реализованы два метода:

- DC метод – по сопротивлению жилы на постоянном токе
- TDR метод – на основе рефлектометра.

Условия эксплуатации

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| • Температура окружающей среды | от -20 до +50° С |
| • Относительная влажность воздуха | до 90% при 30° С |
| • Атмосферное давление | от 86 до 106 кПа |

Сертификаты

Государственный реестр № 50952-12. Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.34.112.A №47820.

Технические характеристики

DC метод

Диапазон измерения сопротивления	0 Ом – 2 000 Ом
Разрешение по сопротивлению	1 мкОм
Максимальный измерительный ток не менее	1,5 А
Компенсация термо-ЭДС	Автоматическое изменение направление тока в соответствии с ГОСТ 7229-76
Погрешность измерения сопротивления 0 ÷ 1 Ом 1 ÷ 2 000 Ом	0,3% + 1 младшая единица+5 мкОм 0,1% + 1 младшая единица
Диапазон измерения длины	0 ÷ 10 000 м
Погрешность измерения длины	(0,1 % + 1 младшая единица)
Сечение жилы	0,001 – 490 мм ²
Погонное сопротивление	0,0200 – 999,0 Ом/км

TDR метод

Диапазоны измеряемых расстояний при коэффициенте укорочения 1,5	30, 60, 120, 250, 500, 1000, 2 000, 5 000, 10 000, 20 000, 30 000 м
Максимальная погрешность определения расстояния ¹	1%
Амплитуда зондирующего импульса	Не менее 10 В
Диапазон установки коэффициента укорочения	1÷7

Общие параметры

Питание прибора от встроенного аккумулятора	Li-Ion 7,2В 4,4 А/ч
Потребляемая мощность не более	5 Вт
Габариты	130x170x85
Вес	1,3 кг

¹ Максимальное значение ошибки измерения расстояния наблюдается при работе прибора без растяжки. В этом случае ошибка определяется разрешением графического экрана. Для уменьшения ошибки рекомендуется использование растяжек для более точного позиционирования курсоров. Аппаратная ошибка прибора по определению расстояния представляется пренебрежимо малой по сравнению с ошибкой позиционирования курсоров.

Состав изделия и комплект поставки

Наименование	КОЛ-ВО
Прибор	1
Сумка для переноски	1
Набор проводов	1
Сетевой адаптер	1
Аккумулятор (в приборе)	1
Руководство по эксплуатации	1

Сведения о содержании драгоценных металлов

Драгоценных металлов прибор не содержит.

Меры безопасности при работе с прибором

При эксплуатации прибора и при проведении на нем ремонтных работ должны соблюдаться соответствующие правила, изложенные в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

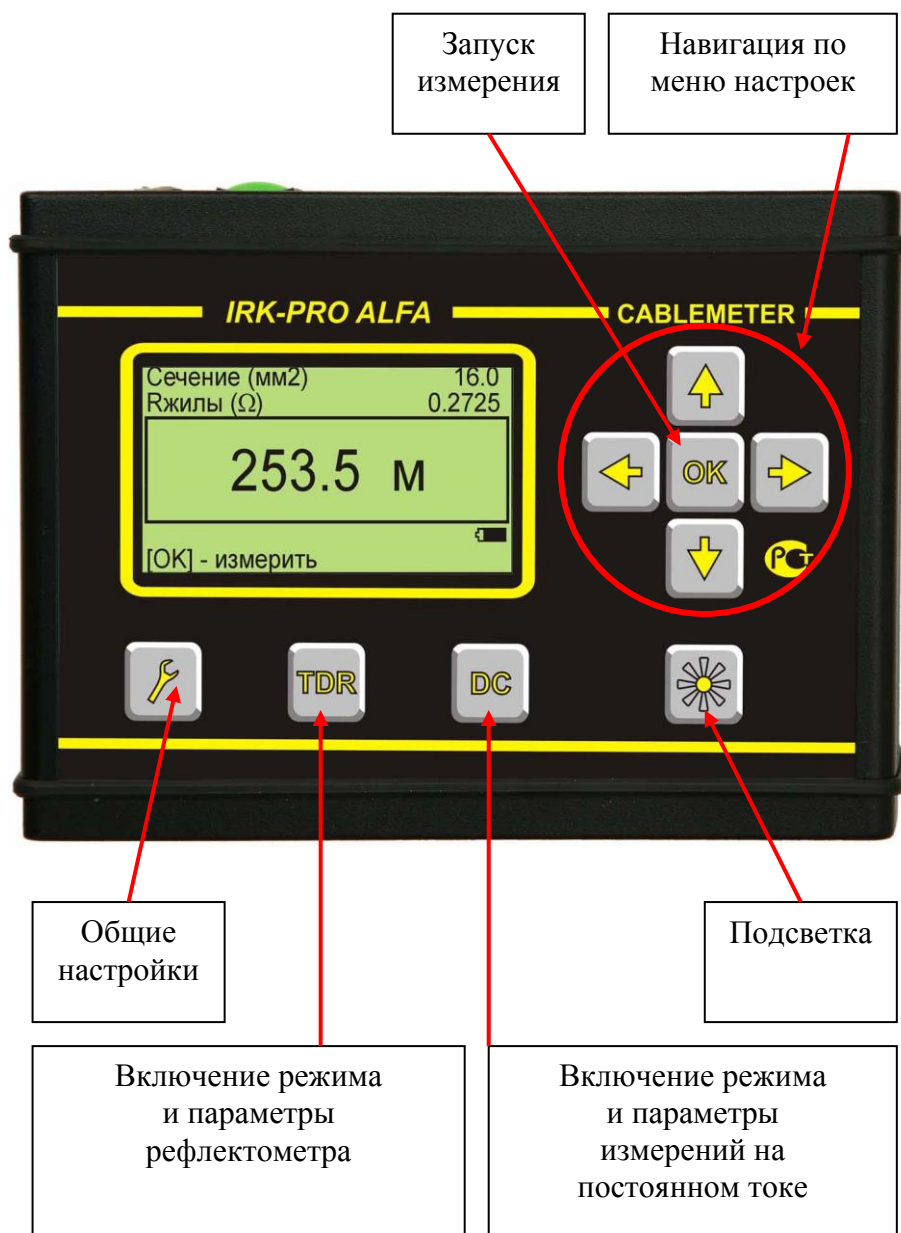
Панель разъемов



«12 В»	Разъем для подключения внешнего питания
«POWER»	Кнопка включения (выключения) питания
«t°C»	Разъем для подключения датчика температуры
«А», «В»	Разъемы для подключения измерительных проводов для DC метода
«TDR»	Разъем для подключения измерительных проводов для TDR метода
«CHRG»	Charge – индикатор процесса заряда аккумулятора

Конструкция сумки предусматривает возможность подключения разъемов, не вынимая прибор из сумки.

Передняя панель



Кнопки на передней панели управляют работой прибора.

Питание прибора

<p>Заряд аккумуляторов. Прибор снабжен внутренним зарядным устройством. Для заряда просто подключите сетевой адаптер из комплекта поставки. При этом прибор может быть как выключенным, так и находиться в рабочем состоянии. Полный заряд происходит примерно за 4 часа. Индикатор «CHRG» на панели разъемов свидетельствует о процессе быстрого заряда. После погасания индикатора еще в течении примерно 30 минут происходит дозаряд до полной емкости.</p>	 <p>The image shows the front panel of the SVPRIBOR device. It features a 12V POWER jack, a CHRG indicator light, a temperature sensor (t°C), two large circular ports labeled A and B, and a TDR port. The SVPRIBOR logo is visible at the bottom.</p>
<p>Замена аккумуляторов. Аккумулятор доступен через крышку прибора, обратную панели разъемов.</p>	 <p>The image shows the internal battery compartment of the device, which is accessed through the back cover. The battery is a large, black, rectangular unit.</p>
<p>Автоотключение. Автоотключение срабатывает, если около 10 минут нет нажатия на кнопки.</p>	



Использование подсветки сокращает время работы аккумуляторов без подзарядки.

ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Включение прибора

- Для включения прибора нажмите кнопку [POWER] на панели разъемов. На короткое время появится заставка.
- Далее необходимо нажать [OK].

Такая последовательность организована для защиты прибора от случайного включения при транспортировке.

При старте, до нажатия [OK], кнопками ▼▲ можно выбрать измерительный метод или сразу нажать на кнопку [DC] или [TDR].

Прибор запомнит выбранный старт и в следующий раз включится сразу с Вашим выбором.

- Выключение осуществляется той же кнопкой [POWER].

Работа с меню настроек и параметров

Работа с меню. Общие принципы

В экранах параметров и настроек ввод нужных значений осуществляется по одному принципу. Для перемещения по экрану используются навигационные кнопки ▼▲, которыми Вы выбираете нужную строку. Выбранная строка выделяется на экране. Если рядом с параметром появляются стрелки: ← параметр →, это означает, что Вы можете менять данный параметр кнопками ◀▶.

Пример: экран ввода параметров для метода на постоянном токе DC. Курсор установлен на строке выбора кабеля (поименованный набор параметров). Кнопками ◀▶ Вы можете выбрать один из 40 наборов параметров: металл ТПЖ, диаметр ТПЖ (сечение), коэффициент укорочения, погонное сопротивление.

←	ВВГ 16 ОЖ	→
жила		медь
R(Ω *мм2/м)		0.01720
t°C: +20		ввести
Диаметр (мм)		4.51
Сечение (мм2)		16.000
расчет S		
Длина (м)		253.5

Ввод числовых параметров

В некоторых строках вводится числовое значение из нескольких цифр.

Для ввода числовых значений (диаметр, сечение, температура, длина) необходимо встать на соответствующую строчку и нажать [OK] и далее следовать подсказке на экране.

Настройка

Общие настройки прибора доступны при нажатии кнопки .

- Язык
 - Русский
 - Английский
- Единица длины
 - Метры (m)
 - Футы (ft)
- Расчет по. (Варианты ввода параметров кабеля для измерений на постоянном токе DC-метод).
 - Сечению (S). Можно будет вводить как площадь сечения, так и диаметр жилы
 - R/км - Расчет по погонному сопротивлению.
 - AWG - American Wire Gauge
 - ARM – измерение износа брони каротажного кабеля (опция)
 - ГОСТ – проверка КПП на соответствие требованиям ГОСТ 22483-77
- Укорочение. Варианты представления скорости распространения волны в кабеле для рефлектометрического TDR метода.
 - КУ – Коэффициент Укорочения как принято в СНГ.
 - VOP - Velocity of Propagation.
 - V/2 – Скорость распространения в м/мкс деленная пополам.

интерфейс	
Язык	← рус →
Единица длины	М
Расчет по	R/км
Укорочение	КУ
о приборе	
Зав.номер:	1009



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора

Методы измерений

Прибор использует два метода определения длины кабеля:

- DC метод – измерение сопротивления токопроводящей жилы на постоянном токе и определение по нему длины кабеля;
- TDR метод – измерение длины кабеля рефлектометром по отражению импульса от конца кабеля.

DC метод точнее TDR метода. Некоторые измерители предпочитают пользоваться TDR методом из-за его простоты и наглядности.

Более развернутые характеристики методов будут даны в описании каждого метода в отдельности.


Выбор метода измерений осуществляется нажатием кнопки



Пример: Вы выбрали метод DC. После нажатия [DC] появляется экран ввода параметров:

← ВВГ 16 ОЖ →	
жила	медь
R(Ω *мм2/м)	0.01720
t°C: +20	ввести
Диаметр (мм)	4.51
Сечение (мм2)	16.000
расчет S	
Длина (м)	253.5

Повторное нажатие [DC] приведет к переходу в измерительный экран:

Сечение (мм2)	16.0
Rжилы (Ω)	0.2725
253.5 М	
	
[OK] - измерить	

Если Вы снова нажмете [DC], это приведет к возврату в экран параметров и т.д.

DC МЕТОД

Метод предназначен для:

- измерения длины кабеля
- измерения сечения токопроводящих жил
- измерения погонного сопротивления, приведенного к 20⁰С
- точного измерения сопротивления
- определения соответствия кабеля ГОСТ 22483-77

Принцип работы

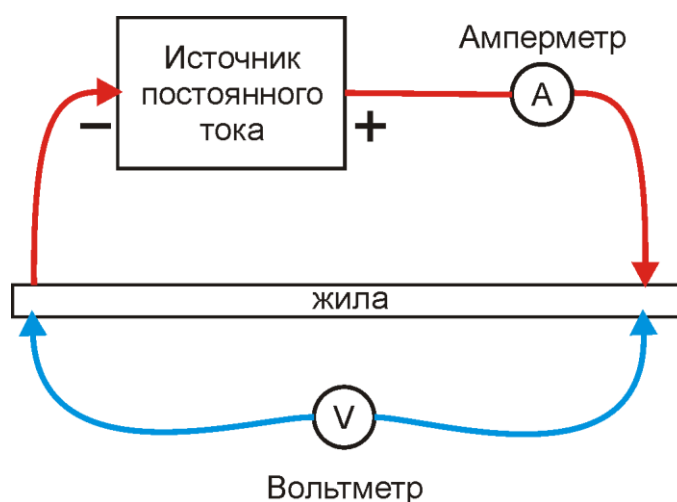
В основу метода положен закон Ома в котором сопротивление жилы кабеля пропорционально длине жилы. Или для длины кабеля:

$$L = R / R_{PG}$$

Здесь R - измеренное сопротивление жилы в Омах.

R_{PG} - погонное сопротивление жилы в Ом/км.

Для точного измерения сопротивления R в приборе используется так называемое подключение Кельвина или четырехпроводное подключение через специальные зажимы типа «крокодил». Его смысл показан на следующем рисунке:



В этой схеме есть две отдельные цепи: цепь для подачи тока с амперметром и цепь измерения падения напряжения с вольтметром. Использование такого приема позволяет устранить влияние измерительных проводов и контактов.

В местах подсоединения вольтметра возможно появление термо-ЭДС, оказывающее существенное влияние на результаты измерения. Для устранения такого явления ГОСТ 7229-76 требует проведение серии измерений при различных направлениях тока. В приборе реализовано это требование в автоматическом режиме.

Прибор проводит измерения сопротивления на постоянном токе с большой точностью. Относительная погрешность метода составляет 0,1%.

С такой же точностью определяется длина кабеля, если вводится правильное погонное сопротивление.

Ошибки измерений по DC методу

Прибор позволяет пересчитывать измеренное сопротивление в длину кабеля несколькими способами:

- из погонного сопротивления жилы кабеля
- исходя из фактического сечения жилы, температуры и удельного сопротивления материала ТПЖ

Во всех случаях производится температурная коррекция.

Погонное сопротивление. Для точного измерения длины кабеля необходимо ввести корректное значение погонного сопротивления жилы этого кабеля. Где его взять? Если поставщик кабельной продукции указал измеренное значение в паспорте кабеля, можно провести измерение и проверить соответствие длины паспортному значению. Если погонное сопротивление неизвестно (или указанное значение не вызывает доверия), прибор может измерить погонное сопротивление кабеля известной длины (например, одного из партии). Измерив погонное сопротивление кабеля и внося его в паспорт кабеля, Вы сможете затем контролировать точное значение оставшегося на барабане кабеля. Если Вы вводите справочное значение погонного сопротивления, то неизбежна ошибка, связанная с технологией изготовления кабеля.

Расчет по сечению. Прибор может рассчитать погонное сопротивление кабеля, если измерителю неизвестна его величина. Для этого в прибор вводится *фактическое* сечение жилы (или *фактический* диаметр). Вот и первая проблема – как узнать фактическое сечение? В случае однопроволочной круглой жилы (ОЖ) на помощь приходит школьный курс геометрии и микрометр. В случае многопроволочной жилы (МН), да еще и уплотненной, или цельнотянутой сложного сечения (к примеру, Z-образного) задача измерения сечения становится сложнее, чем задача измерения длины кабеля с помощью рулетки. И это еще не все! Все было бы хорошо, если бы погонное сопротивление, помимо сечения жилы, не зависело от множества факторов. В действительности, погонное сопротивление зависит еще и от температуры и химического состава материала жилы.

Удельное сопротивление ρ материала жилы зависит от химического состава и температуры

$$\rho = \rho_{20} \times (1 + \alpha \times (t - 20))$$

ρ_{20} - удельное сопротивление материала, из которого сделана жила, при 20⁰С.

α - температурный коэффициент.

В свою очередь, удельное сопротивление материала жилы при 20⁰С и температурный коэффициент зависят от химического состава металла. Так для меди различные источники дают величины:

- ρ_{20} - от $1,68 \times 10^{-5} [\text{Ом} \times \text{мм}]$ до $1,87 \times 10^{-5} [\text{Ом} \times \text{мм}]$
- α - от $38,1 \times 10^{-4} [\text{K}^{-1}]$ до $43 \times 10^{-4} [\text{K}^{-1}]$

Это означает, что при пересчете сечения в погонное сопротивление кабеля неизбежны ошибки.

Если намерение получить «длину по сечению» все еще сохранилось, то прибор поможет ему в этом, предложив выбрать удельное сопротивление материала ТПЖ (Ом·мм²/м):

- «медь», 0,01720,
- «медь А», 0,01707,
- «медь В», 0,01718,
- «медь С», 0,01724,
- «алюминий», 0,02826

- «алюминий АМ», 0,02800,
- «алюминий АТ», 0,02830.

Удельное сопротивление «меди А» и «меди В», соответствуют удельному сопротивлению медной катанки класса качества А и В (ГОСТ Р 53803-2010 - Катанка медная для электротехнических целей). «Медь С» - медной катанке класса качества С (в ГОСТ отсутствует, производится по ТУ). «Медь» - медная катанка нестандартного класса качества.

Начальные значения удельного сопротивления для трех первых типов зафиксированы и не могут быть изменены. Начальное значение удельного сопротивления четвертого типа, «медь», может быть изменено на произвольное в меню «Заводские параметры».

Удельное сопротивление «алюминия АМ» и «алюминия АТ», соответствуют удельному сопротивлению проволоки алюминиевой круглой электротехнической (ТУ 16.К71-088-90 Проволока алюминиевая круглая электротехническая). Начальные значения удельного сопротивления для этих типов зафиксированы и не могут быть изменены. Начальное значение удельного сопротивления третьего типа «алюминия» может быть изменено на произвольное значение в меню «Заводские параметры».

Прибор при пересчете использует следующие значения температурного коэффициента удельного сопротивления (ГОСТ 7229-76 - Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников):

- для меди 0,003930 (1/°C)
- для алюминия 0,004030 (1/°C)

Скрутка. Следует отметить, что длина жилы не всегда равна длине кабеля. В случае многожильных кабелей скрутка приводит к тому, что длина жилы становится больше длины кабеля и формула расчета электросопротивления жилы усложняется:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ Ом,}$$

где:

ρ - удельное электросопротивление металла жилы, Ом·мм²/м;

L - длина жилы, м;

S - сечение жилы, мм²;

K_1 - коэффициент учитывающий укрутку проволок жилы;

K_2 - коэффициент укрутки жил в кабеле, проводе, шнуре.



Наиболее точные результаты получаются при расчете длины по измеренному погонному сопротивлению. В этом случае минимизируются ошибки связанные с

- химическим составом токопроводящей жилы,
- отличием фактического сечения жилы от номинального,
- неизвестными коэффициентами укрутки проволок жилы и жил в кабеле.

Сводная таблица ошибок DC метода

Ошибка в параметре	Соответствующая ошибка при расчете длины кабеля
Погонное сопротивление [%]	= [%] (Соответствующая в % ошибка)
Температура [⁰ С]	0,4 % на каждый градус
Площадь сечения [%]	= [%] (Соответствующая в % ошибка)
Диаметр [%] (для < 10%)	= 2*[%] (двойная ошибка в %)
Тип меди	Не более 1%
Перепутали медь и алюминий	Более 50%

При определении длины кабеля отдельные ошибки суммируются. Далее в таблице показаны влияющие факторы для различных методов расчета.

Метод расчета	Погонное сопротивление	Температура	Материал	Площадь сечения	Диаметр	Укрутка
Расчет по погонному сопротивлению	+	+	-	-	-	-
Расчет по сечению	-	+	+	+		+
Расчет по диаметру	-	+	+		+	+
Расчет по AWG	-	+	+	+	+	+

Подключение к кабелю



Параметры

Перед измерениями необходимо настроить параметры. Часть параметров, так называемые «заводские параметры измерений», относятся к работе прибора в целом. Часть – «пользовательские параметры измерений», относятся к конкретному измерению.

Работа с меню параметров материалов

Прибор предназначен для измерения длины медных или алюминиевых жил. Типичные параметры этих материалов хранятся в памяти прибора. Если Вы работаете на кабельном заводе и уверенно знаете параметры именно вашей меди (или алюминия) то можно ввести их в память.

Для входа в меню параметров материалов, после нажатия кнопки [POWER], следует нажать кнопку [▶]

R при 20°C	
Cu (Ω *мм ² /м)	0.01720
Al (Ω *мм ² /м)	0.02826
Т коэффиц	
Cu (1/°C)	0.00393
Al (1/°C)	0.00403
Заводские	
Восстановить	[OK]

В этом меню можно установить:

1. удельное сопротивление, которое будет соответствовать типам «медь» и «алюминий», при выборе материала ТПЖ
2. температурный коэффициент удельного сопротивления, который будет участвовать во ВСЕХ расчетах
3. восстановить заводские значения для удельных сопротивлений и температурных коэффициентов.

Выход из этих настроек производится через выключение прибора.

Работа с меню настроек и параметров


При включении прибора и выбора DC метода появится меню параметров измерения.

Для измерения длины необходимо выбрать из готовых или создать новый набор параметров – «Тип». Затем, ввести параметры ТПЖ кабеля: материал жилы, удельное сопротивление, температура, сечение или погонное сопротивление. Что будет вводиться – сечение или погонное сопротивление – зависит от выбора в «Общих настройках прибора» – строка «Расчет по ».



Прибор может по измеренному сопротивлению рассчитать сечение или погонное сопротивление кабеля известной длины. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять сечение, не трогайте нижнюю строку!

Расчет по S

Если в общих настройках (доступных через кнопку ) выбрано «Расчет по S», то прибор будет рассчитывать длину кабеля по сечению. Начинайте ввод параметров построчно:

- «Тип» - можно выбрать один из 40 наборов параметров ТПЖ, любой из готовых наборов можно изменить
- «Жила»
 - медь
 - медь А
 - медь В
 - медь С
 - алюминий
 - алюминий АМ
 - алюминий АТ
- $R (\Omega * \text{мм}^2 / \text{м})$ – удельное сопротивление материала ТПЖ.

Тип
↓

← ВВГ 16 ОЖ →	
жила	медь
$R (\Omega * \text{мм}^2 / \text{м})$	0.01720
$t^{\circ}\text{C}$: +20	ввести
Диаметр (мм)	4.51
Сечение (мм ²)	16.000
расчет S	
Длина (м)	253.5



Для жилы типа «медь» и «алюминий» можно выставить произвольное значение.
Можно изменить и удельное сопротивление меди А, В или С. Но при этом материал ТПЖ автоматически изменится на «медь».
Для алюминия - аналогично

- « $t^{\circ}\text{C}$ ». Можно выбрать метод задания температуры:
 - Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки.
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- «Диаметр»

- «Сечение»

Вводите или диаметр, или сечение. Если вводится диаметр жилы, то площадь сечения автоматически пересчитывается. И наоборот. Вводите тот параметр, в котором Вы уверены.

Ввод значения. Как вводить нужное значение? Для ввода числовых значений (удельное сопротивление, диаметр, сечение, температура, длина) необходимо встать на соответствующую строчку и нажать [OK] и далее следовать подсказке на экране.



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора

Прибор может по измеренному сопротивлению рассчитать фактическое сечение кабеля известной длины. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять сечение, не трогайте нижнюю строку!

Расчет по R/км

Если в общих настройках выбрано «Расчет по R/км», то прибор будет рассчитывать длину кабеля по погонному сопротивлению. Это наиболее точный вариант.

Можно выбрать:

- «Тип» - можно выбрать один из 40 наборов параметров ТПЖ, любой из готовых наборов можно изменить
- «Жила» служит для выбора величины температурного коэффициента.
Возможные варианты
 - медь
 - алюминий

Тип
↓

←	ВВГ 35 МН	→
Жила		медь
t°C: +20		ВВЕСТИ
R жилы (Ω /км)		0.5240
расчет Ω /км		
Длина (м)		1000.0

- «t°C». Можно выбрать метод задания температуры:
 - Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки.
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- Rжилы (Ом/км) – погонное сопротивление при температуре 20°C



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора



В последней строке можно ввести известную длину кабеля, тогда прибор будет измерять не длину кабеля, а погонное сопротивление приведенное к температуре 20°C. Если Вы не хотите измерять R/км, не трогайте нижнюю строку!

Расчет по AWG

Если в общих настройках выбрано «Расчет по AWG», то прибор будет рассчитывать длину кабеля по сечению выраженному в единицах AWG.

Можно выбрать:

- «Тип» - можно выбрать один из 40 наборов параметров ТПЖ, любой из готовых наборов можно изменить
- «Жила»
 - медь
 - медь А
 - медь В
 - медь С
 - алюминий
 - алюминий АМ
 - алюминий АТ
- $R (\Omega * \text{мм}^2 / \text{м})$ – удельное сопротивление материала ТПЖ.

Тип
↓

← 02 тип →	
Жила	медь В
$R(\Omega * \text{мм}^2/\text{м})$	0.01718
$t^{\circ}\text{C}$: +20	ввести
AWG	5
Диаметр (мм)	4.62
расчет AWG	
Длина (м)	410.0



Для жилы типа «медь» и «алюминий» можно выставить произвольное значение.
Можно изменить и удельное сопротивление меди А, В или С. Но при этом материал ТПЖ автоматически изменится на «медь».
Для алюминия - аналогично

- « $t^{\circ}\text{C}$ ». Можно выбрать метод задания температуры:
 - Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки.
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- AWG – американская система калибров проводов
- Диаметр

Если вводится диаметр жилы, то AWG автоматически пересчитывается. И наоборот.

При пересчетах значения приводятся к ближайшему возможному.



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора



Прибор может по измеренному сопротивлению рассчитать фактический калибр ТПЖ кабеля известной длины. Для этого в нижней строке вводится длина кабеля. Если Вы не хотите измерять калибр, не трогайте нижнюю строку!

Расчет по ГОСТ

Если в общих настройках выбрано «Расчет по ГОСТ», то прибор будет рассчитывать погонное сопротивление ТПЖ и сравнивать полученный результат с ГОСТ.

Можно выбрать:

- «Ном.сечение» - номинальное сечение ТПЖ. Определяется маркоразмером кабеля. Перечень допустимых значений определяется ГОСТ 22483-77.
- «Жила»
 - медь
 - медь А
 - медь В
 - медь С
 - алюминий
 - алюминий АМ
 - алюминий АТ
- $R (\Omega * \text{мм}^2 / \text{м})$ – удельное сопротивление материала ТПЖ.

НОМ. сечение	←	16	→
Жила		медь	
$R(\Omega * \text{мм}^2/\text{м})$		0.01720	
$t^{\circ}\text{C}$: +20		ВВЕСТИ	
Класс ТПЖ		1	
Длина (м)		101.2	
ГОСТ 22483-77			
$R (\Omega/\text{км})$		1.15	1.16



Для жилы типа «медь» и «алюминий» можно выставить произвольное значение.

Можно изменить и удельное сопротивление меди А, В или С. Но при этом материал ТПЖ автоматически изменится на «медь».

Для алюминия - аналогично

- « $t^{\circ}\text{C}$ ». Можно выбрать метод задания температуры:
 - Датчик – измерение с помощью внешнего датчика из комплекта поставки.
 - Ручной ввод (ввести) – если не хочется возиться с датчиком, а температура известна.
- «Класс ТПЖ» - класс гибкости ТПЖ. Медные и алюминиевые жилы, предназначенные для кабелей и проводов стационарной прокладки, подразделяются на классы 1 и 2, а для кабелей, проводов и шнуров нестационарной прокладки и стационарной прокладки, требующей повышенной гибкости при монтаже, — на классы 3...6.
- «Длина (м)» - длина кабеля, измеренная прямым методом.
- « $R (\text{Ом}/\text{км})$ » – максимальное электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20°C согласно ГОСТ 22583-77. Для медных жил круглых или фасонных указываются два значения - для нелуженых и для луженых ТПЖ. Для алюминиевых жил круглых или фасонных без металлического покрытия или с металлическим покрытием – одно значение.



Выбранные настройки сохраняются и после выключения прибора

DC МЕТОД. ПОРЯДОК РАБОТЫ.

Подумайте, что Вы знаете о кабеле:

- погонное сопротивление,
- сечение и параметры материала жилы,
- AWG и параметры материала жилы.


Перейдите к соответствующему пункту данного руководства.

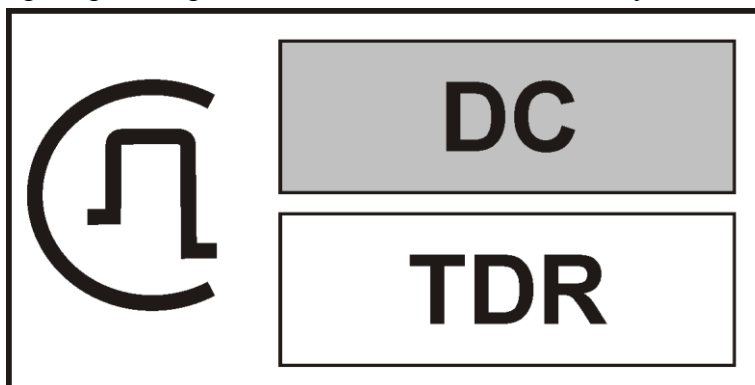
Самое лучшее – знать реальное значение погонного сопротивления жилы.

Измерение длины кабеля по погонному сопротивлению

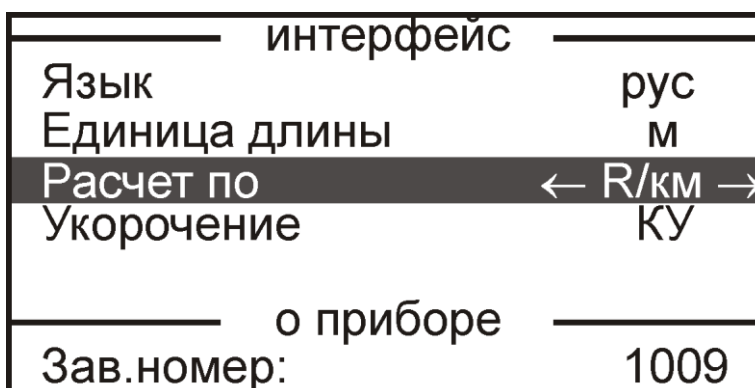
Это наиболее точный вариант.

Необходимо знать погонное сопротивление при 20⁰С, материал жилы и температуру.

- Подключите прибор к кабелю.
- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку .



- Нажмите кнопку  и войдите в настройки прибора.



- Выберите «Расчет по R/км»


Для выбора разрешения и «Расчет по R/км» необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и кнопками ◀▶ выбрать необходимое. Прибор запомнит Ваш выбор и при следующем включении этот пункт можно пропустить. Т.е. не

нажимать кнопку  если Вы захотите проводить аналогичные измерения.

- Нажмите кнопку  для ввода параметров Вашего кабеля.

ВВГ 35	
Жила	медь
t°C: +20	ВВЕСТИ
гжилы (Ω/км)	0.4914
расчет Ω/км	
Длина (м)	> 9999.9

- Необходимо ввести или выбрать из списка
 - Погонное сопротивление жилы кабеля.
 - Материала жилы (для расчета поправок на температуру).
 - Температуру. Если подключен датчик температуры то прибор ее измерит сам. Для ввода температуры необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и далее следовать подсказкам на экране.

- Нажмите кнопку  и прибор покажет измерительный экран.
- Для запуска измерений нажмите кнопку [OK].


Rжилы (Ω/км)	0.4914	← Выставленное погонное сопротивление
Rжилы (Ω)	0.1783	
362.8 м		← Измеренное сопротивление жилы [Ом]
[OK] - измерить		
		← Состояние аккумулятора

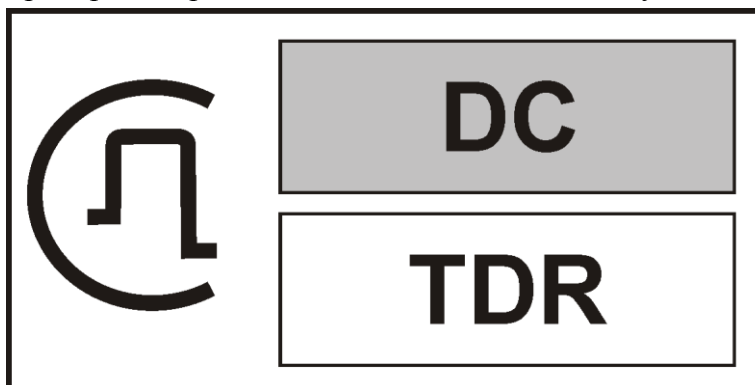
↑
Рассчитанная длина кабеля

Измерение длины кабеля по сечению

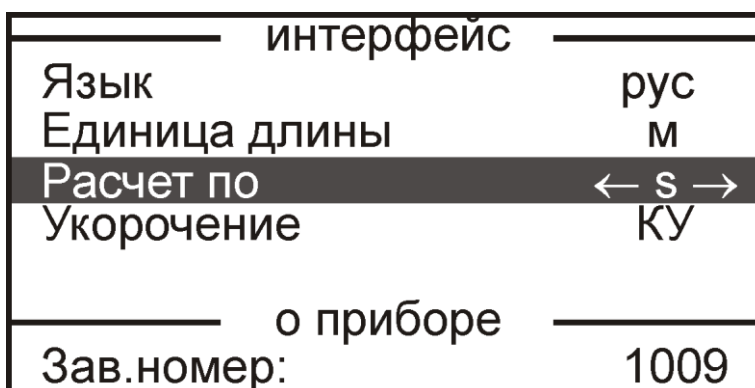
Это вариант хуже, т.к. номинальное сечение может отличаться от реального и длина кабеля отличаться от длины жилы (скрутка).

Необходимо знать сечение, материал жилы и температуру.

- Подключите прибор к кабелю
- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку .




- Нажмите кнопку  и войдите в настройки прибора.



- Выберите «Расчет по R/км»


Для выбора разрешения и «Расчет по S» необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и кнопками ◀▶ выбрать необходимое. Прибор запомнит Ваш выбор и при следующем включении этот пункт можно пропустить. Т.е. не

нажимать кнопку  если Вы захотите проводить аналогичные измерения.

- Нажмите кнопку  для ввода параметров Вашего кабеля.

ВВГ 35		
Жила	медь	← надо выбрать
R(Ω *мм2/м)	0.01720	← надо ввести или измерить
t°C: +20	ВВЕСТИ	← надо ввести одно из двух
Диаметр (мм)	6.68	
Сечение (мм2)	35.000	
расчет S		
Длина (м)	> 9999.9	

- Необходимо ввести
 - Сечение или диаметр жилы кабеля.
 - Материал жилы.
 - Для ввода температуры необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и далее следовать подсказкам на экране.

- Нажмите кнопку  и прибор покажет измерительный экран.
- Для запуска измерений нажмите кнопку [OK].


Сечение (мм2)	35.0	Выставленное или рассчитанное по диаметру сечение
Rжилы (Ω)	0.1783	
362.8 м		
[OK] - измерить		
Рассчитанная длина кабеля		

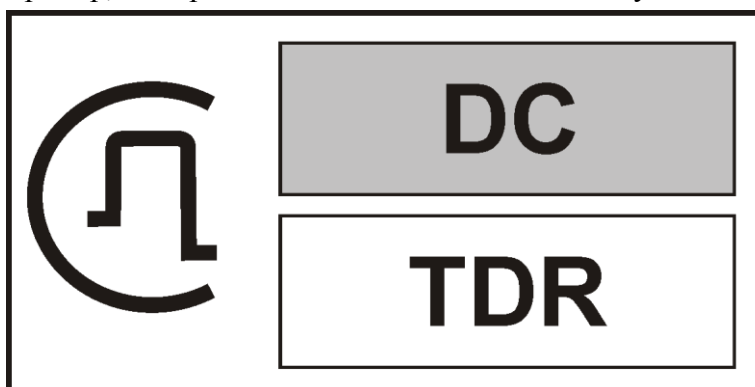
Измерение длины кабеля по AWG


AWG – американская система калибров проводов

Это вариант хуже, т.к. номинальный калибр в AWG может отличаться от реального и длина кабеля отличаться от длины жилы (скрутка).

Необходимо знать AWG или диаметр жилы, материал и температуру.

- Подключите прибор к кабелю
- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку .




- Нажмите кнопку  и войдите в настройки прибора.

интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	← awg →
Укорочение	ку
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Выберите «Расчет по AWG»

Для выбора разрешения и «Расчет по AWG» необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и кнопками ◀▶ выбрать необходимое. Прибор запомнит Ваш выбор и при следующем включении этот пункт можно пропустить. Т.е. не

нажимать кнопку  если Вы захотите проводить аналогичные измерения.

- Нажмите кнопку  для ввода параметров Вашего кабеля.

ВВГ 35	
Жила	медь
R(Ω *мм ² /м)	0.01720
t ⁰ C: +20	ввести
awg	← 10 →
Диаметр (мм)	2.59
расчет Ω /км	
Длина (м)	> 9999.9

- ← надо выбрать
- ← надо ввести или измерить
- Надо выбрать AWG диаметр будет рассчитан. Или ввести диаметр. Тогда будет рассчитан приблизительный калибр.

- Необходимо ввести
 - AWG или диаметр жилы кабеля.
 - Материал жилы.
 - Для ввода температуры необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и далее следовать подсказкам на экране.

- Нажмите кнопку  и прибор покажет измерительный экран.

- Для запуска измерений нажмите кнопку .

AWG	10
Rжилы (Ω)	1.4573
446.4 м	
[OK] - измерить	

Выставленное или рассчитанное по диаметру значение AWG

Измеренное сопротивление жилы [Ом]

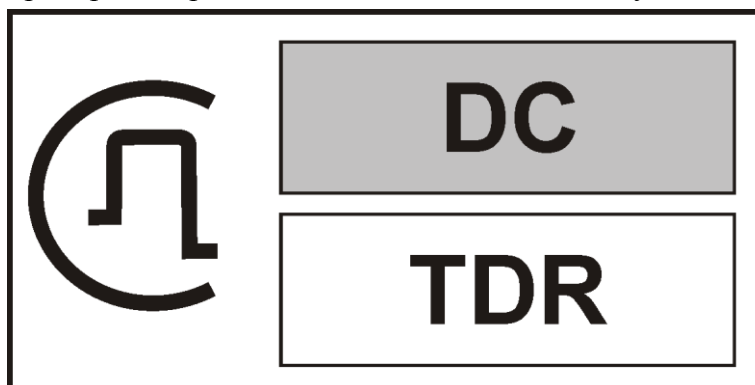
Рассчитанная длина кабеля


Измерение погонного сопротивления

Более точные результаты по измерению длины кабеля можно получить при вычислениях, основанных на значении погонного сопротивления. Погонное сопротивление следует предварительно измерить для кабеля того же типа и партии. Для этого необходимо иметь достаточно длинный отрезок кабеля того же типа и партии с известной длиной.


- Подключите отрезок кабеля известной длины к прибору.

- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку .



- Нажмите кнопку  для входа в настройку.
- Выберите значение «Расчет по R/км».

интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	← R/км →
Укорочение	КУ
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Нажмите кнопку  для ввода длины кабеля и температуры.
- Введите (измерьте) температуру

тип 01	
Жила	медь
t°C: +20	← ввести →
Rжилы (Ω/км)	0.4914
расчет Ω/км	
Длина (м)	> 9999.9

← надо выбрать


← надо ввести или измерить

- Введите известную длину кабеля

тип 01	
Жила	медь
t°C: +20	ввести
Rжилы (Ω/км)	0.4914
расчет Ω/км	
Длина (м)	20.1

← надо ввести



- Нажмите кнопку  и прибор покажет измерительный экран.
- Для запуска измерений нажмите кнопку [OK].

Длина (м)	20.1
Rжилы (Ω)	0.2302
11.47 Ω/км	
[OK] - измерить	

← Выставленная длина кабеля

← Измеренное сопротивление жилы [Ом]

← Рассчитанное для 20°C погонное сопротивление



Прибор запускает измерение по кнопке .



Измеренное значение следует записать, как важную характеристику кабеля

Важным вопросом является выбор длины мерного отрезка кабеля для измерения погонного сопротивления. Чем длиннее этот кусок, тем лучше.

Измеренный эталон должен иметь минимальную длину в соответствии с таблицей:

Площадь фактического сечения [мм ²]	Желаемая точность	
	10%	1%
	Минимальная длина мерного отрезка [м]	
< 9	1	1
9÷19	1	2
19÷28	1	3
29÷38	1	4
39÷47	1	5
48÷57	1	6
58÷67	1	7
68÷76	1	8
77÷86	1	9
87÷95	2	10
96÷105	2	11
106÷115	2	12
116÷124	2	13
125÷134	2	14
135÷143	2	15
144÷153	2	16
154÷163	2	17
164÷172	2	18
173÷182	2	19
183÷192	3	20
193÷202	3	21
203÷211	3	22
212÷220	3	23
221÷230	3	24
231÷239	3	25
240÷249	3	26
250÷259	3	27
260÷268	3	28
269÷278	3	29
279÷287	4	30
288÷297	4	31
298÷307	4	32
308÷316	4	33
317÷326	4	34

Можно рассчитать длину для произвольного сечения по формуле:

$L_e[m] > 0,1 \times S[mm^2]$ для точности 1%

$L_e[m] > 0,01 \times S[mm^2]$ для точности 10%

, где:

L_e – минимальная длина мерного отрезка [м],


S – площадь сечения [мм²],

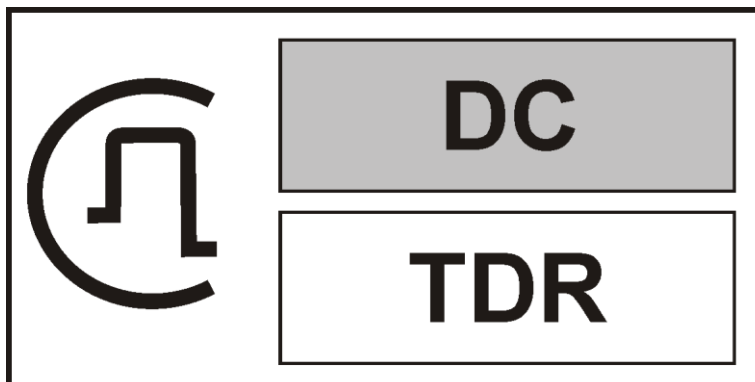
Следует учитывать что длина мерного отрезка должна быть известна с максимальной точностью. Так ошибка в длине отрезка в п% даст соответствующую дополнительную ошибку и в погонном сопротивлении.

Если нет возможности подобрать нужный отрезок кабеля, то лучше воспользоваться значением погонного сопротивления, указанного производителем, чем использовать короткие куски.

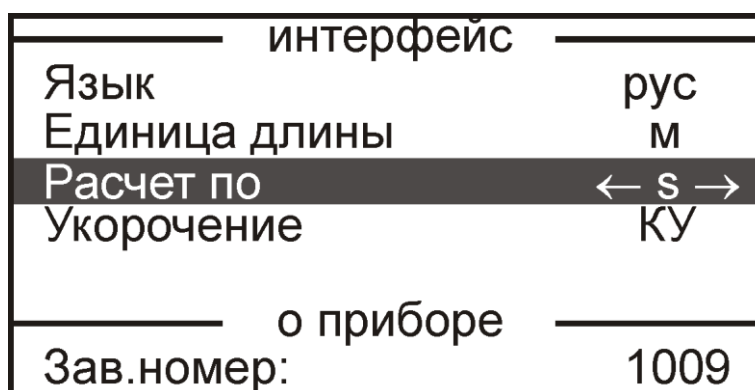
Измерение сечения кабеля

Для измерения сечения кабеля необходимо иметь мерный отрезок известной длины.

- Подключите отрезок кабеля известной длины к прибору.
- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку .




- Нажмите кнопку  и войдите в настройки прибора.



- Выберите «S»

Для выбора разрешения и «Расчет по S» необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и кнопками ◀▶ выбрать необходимое. Прибор запомнит Ваш выбор и при следующем включении этот пункт можно пропустить. Т.е. не

нажимать кнопку  если Вы захотите проводить аналогичные измерения.




- Нажмите кнопку  для ввода параметров Вашего кабеля.

ВВГбм-Пнг(А) 3х2.5	
Жила	медь
R(Ω *мм2/м)	0.01720
t°C: +20	ВВЕСТИ
Диаметр (мм)	1.78
Сечение (мм2)	2.5
расчет S	
Длина (м)	101.3

- ← надо выбрать
- ← надо ввести или измерить
- ← надо ввести

- Необходимо ввести
 - Материал жилы.
 - Температуру если не подключен датчик. Для ввода температуры необходимо кнопками ▼▲ встать на соответствующую строку и далее следовать подсказкам на экране.
 - Длину кабеля



- Нажмите кнопку  и прибор покажет измерительный экран.
- Для запуска измерений нажмите кнопку [OK].

Длина (м)	101.3
Rжилы (Ω)	0.9254
1.943 мм²	
[OK] - измерить	

Выставленная длина

Измеренное сопротивление жилы [Ом]

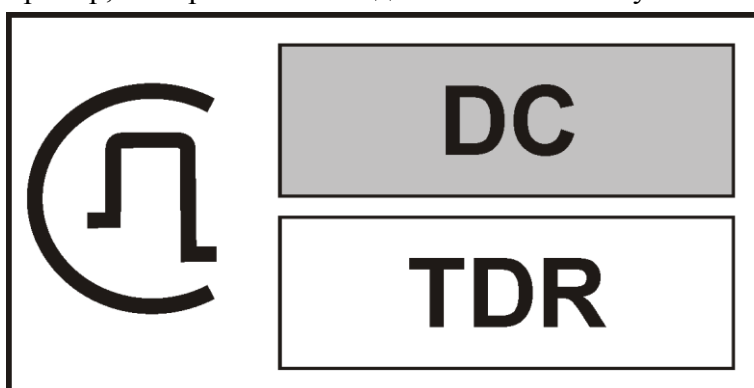
Рассчитанное сечение


Работа со списком типов кабелей

Если вы работаете постоянно с одними и теми же типами кабелей в прибор можно записать их параметры и в дальнейшем просто выбирать требуемый тип из памяти. Всего можно сделать до 40 записей. Желательно при получении новой партии кабельной продукции скорректировать параметры. Прибор поставляется с заполненным списком для наиболее распространенных типов. Однако, следует учитывать, что записанные параметры не привязаны ни к конкретному заводу изготовителю и тем более к конкретной партии. Изначальные параметры служат только для быстрого начала работы и могут приводить к значительным ошибкам при измерении длины Вашего конкретного кабеля.

Занесение кабеля в список


- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку .



- Нажмите кнопку  для входа в настройку.
- Встаньте кнопками ▼▲ на строку «Расчет по S».
- Введите название типа кабеля, материал жилы и сечение. **Крайне желательно ввести не номинальную, а фактическую площадь сечения.**

Для этого:

- Выберите ненужный кабель из списка кнопками ◀▶ и нажмите кнопку

 для редактирования названия кабеля.

ВВГ 35	
Жила	медь
R(Ω *мм2/м)	0.01720
t°C: +20	ввести
Диаметр (мм)	6.68
Сечение (мм2)	35.000
расчет S	
Длина (м)	> 9999.9

← надо выбрать для редактирования

Появится экран редактирования названия кабеля.


ВВГ 35]
Р	= + . , 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ /	Р
Е	А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П	У
Г	Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я *	С
[← → ↑ ↓] курсор		
[OK] сохранить и выйти		

Курсор выделяет ту букву или цифру, которую Вы меняете. Подведя курсор к нужному значку (он выделяется черным квадратом), кнопкой ▼ спуститесь в выбор знаков. Навигационными кнопками можно выбрать любой значок, который тут же

появится в имени кабеля. Фиксируется выбор кнопкой .

Чтобы менять буквы на большие и малые, нужно кнопкой ◀ уйти в поле регистра РЕГ – он размещен в левом поле экрана, и следовать подсказке: кнопка [OK] осуществляет выбор.

Правое поле РУС/ЛАТ кнопкой  меняет шрифт на латинский или русский.

Для выхода из ввода названия необходимо кнопкой ▲ выставить курсор на любое знакоместо в названии кабеля и нажать .


Допустим, Вы ввели название кабеля СИП2А-3х16+25-ф-П123. Название отражает :

- СИП2А-3х16+25 - тип
- ф – указание, что будут вводиться параметры именно фазной жилы.
- П123– партия.


- Далее отредактируйте материал жилы и сечение (или диаметр).

СИП2А-3х16+25-ф-П123		
Жила	алюминий	← надо выбрать
R(Ω *мм2/м)	0.02826	
t°C: +20	ввести	
Диаметр (мм)	4.51	
Сечение (мм2)	16.000	↗ надо ввести одно из двух
расчет S		
Длина (м)	> 9999.9	

- Если Вы знаете реальное погонное сопротивление жилы то крайне желательно занести его в память прибора.

- Нажмите кнопку  для входа в настройку.
- Для этого станьте кнопками ▼▲ на строку «Расчет по xxx». Кнопками ◀▶ выберите «Расчет по R/км».

интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	← R/км →
Укорочение	КУ
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Нажимаете кнопку  и получаете возможность ввести свой кабель в список вместо другого.
- Далее нужно ввести погонное сопротивление Вашего кабеля.

СИП2А-3х16+25-ф-П123	
Жила	алюминий
t°C: +20	ВВЕСТИ
гжилы (Ω/км)	1.7543
расчет Ω/км	
Длина (м)	> 9999.9


← надо ввести

Прибор все это запомнит и в дальнейшем Вам нужно будет только выбрать нужный кабель из памяти.


Проверка кабеля на соответствие ГОСТ 22483-77

Фактическое сечение жил может отличаться от номинального при соответствии электрического сопротивления требованиям ГОСТ 22483-77.

Для того, чтобы определить отличается ли погонное сопротивление кабеля от указанного в ГОСТ и, если отличается, то насколько, следует иметь достаточно длинный отрезок кабеля. Требования к минимальной длине такие же, как при измерении погонного сопротивления в режиме «Расчет по R/km».

- Используя прямой метод, определите длину кабеля.
- Подключите отрезок кабеля известной длины к прибору.
- Нажмите кнопку  для входа в настройку общих параметров.
- Выберите значение «Расчет по ГОСТ»:

интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	← ГОСТ →
Укорочение	КУ
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Нажмите кнопку  для ввода параметров измерения: номинального сечения, металла, удельного сопротивления металла, температуры, класса ТПЖ и длины кабеля:
 - Введите номинальное сечение ТПЖ из маркоразмера кабеля
 - Выберите металл жилы
 - Введите (измерьте) температуру
 - Выберите класс гибкости ТПЖ
 - Введите известную длину кабеля



ном. сечение	← 16 →	← надо выбрать
Жила	медь	← надо выбрать
R(Ω *мм2/м)	0.01720	
t°C: +20	ввести	← надо ввести или измерить
Класс ТПЖ	1	← надо выбрать
Длина (м)	101.2	← надо ввести
ГОСТ 22483-77		
R (Ω/км)	1.15 1.16	

нелуженая

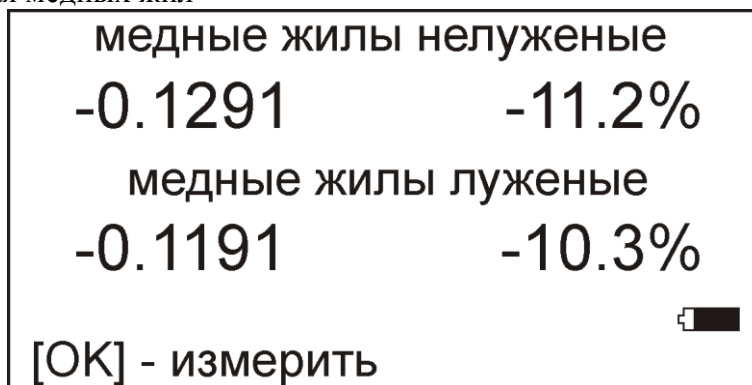
луженая

Максимальное значение погонного сопротивления по ГОСТ

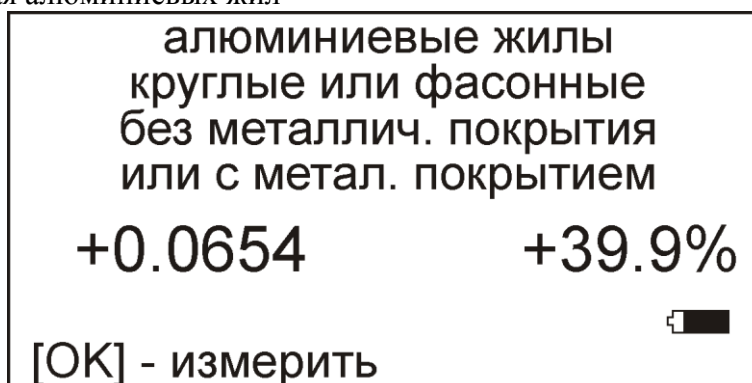
В последней строке экрана будет отражаться максимальное электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20°C согласно ГОСТ 22483-77. В случае медной жилы – два числа – для нелуженой и для луженой жил. В случае алюминия – одно.

- Вновь нажмите кнопку  для перехода в режим измерений и затем нажмите кнопку  для запуска процесса измерения. По окончании измерения экран для определения соответствия ГОСТ будет выглядеть так:

Для случая медных жил



Для случая алюминиевых жил



Первое число равно разности сопротивления ГОСТ и измеренного погонного сопротивления. Второе – процент отклонения от ГОСТ.

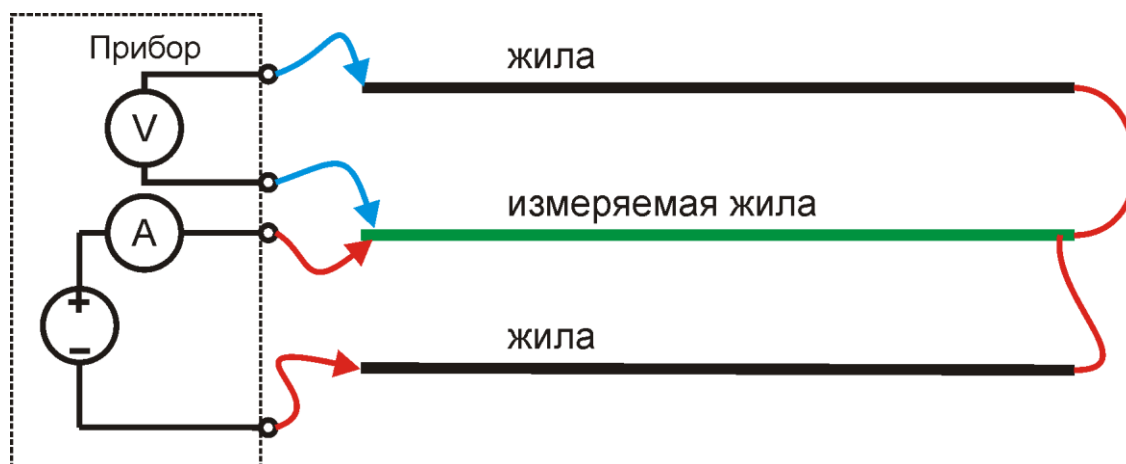
Если число положительное, значит у кабеля есть запас по сопротивлению.

Если отрицательное, то либо сечение ТПЖ чрезмерно занижено, либо реальное удельное сопротивление металла жилы отличается от ГОСТ.

В любом случае плюс означает, что кабель хороший. Минус - что при производстве кабеля была нарушена технология.

Измерение длины проложенного кабеля . Опция.

Для проложенного кабеля четырехпроводный метод приводит к следующей схеме:



Три жилы кабеля необходимо замкнуть на дальнем конце. Если обратные жилы подсоединены непосредственно к измеряемой, качество соединения не играет большой роли.

Если на дальнем конце кабеля включены ЗН (заземляющие ножи), то измерение проводится через ЗН. Соответственно требования к ЗН: хорошее качество контакта. Чтобы уменьшить влияние ЗН, желательно чтобы измеряемая жила попадала на средний замыкающий нож.

Порядок действий:

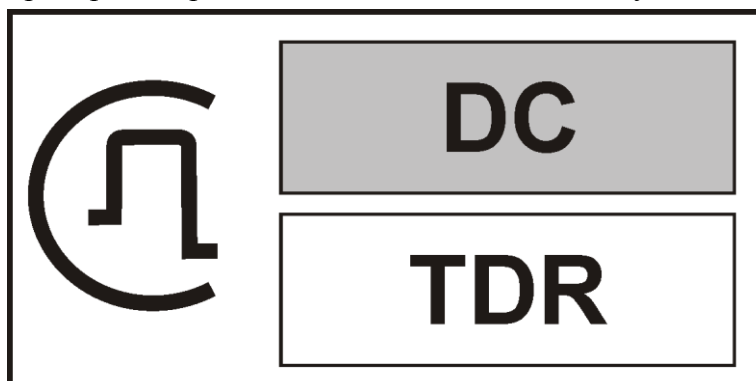
- Стандартный измерительный провод подключите к измеряемой жиле.
- К двум соседним жилам подключите опциональный разветвитель (в любом порядке).




- Введите температуру почвы. Внимание! Ошибка в температуре на 10°C даст дополнительную погрешность в 4%.
- Подумайте, что Вы знаете о кабеле:
 - погонное сопротивление,
 - сечение и параметры материала жилы,
 - AWG и параметры материала жилы.

Самое лучшее – знать реальное значение погонного сопротивления жилы. Если Вы знаете максимальное значение погонного сопротивления из паспорта на кабель, Вы сможете измерить не реальную длину, а лишь проконтролировать отсутствие вставок с заниженным сечением. Это бывает тоже весьма полезно при приемке кабеля.

- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку [OK].



- Нажмите кнопку  для входа в настройку.
- Выберите значение
 - «Расчет по R/км» или
 - «Расчет по S» или
 - «Расчет по AWG»

интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	← R/км →
Укорочение	KY
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Далее необходимо следовать действиям описанным в разделах
 - «Измерение длины кабеля по погонному сопротивлению» или
 - «Измерение длины кабеля по сечению» или
 - «Измерение длины кабеля по AWG».

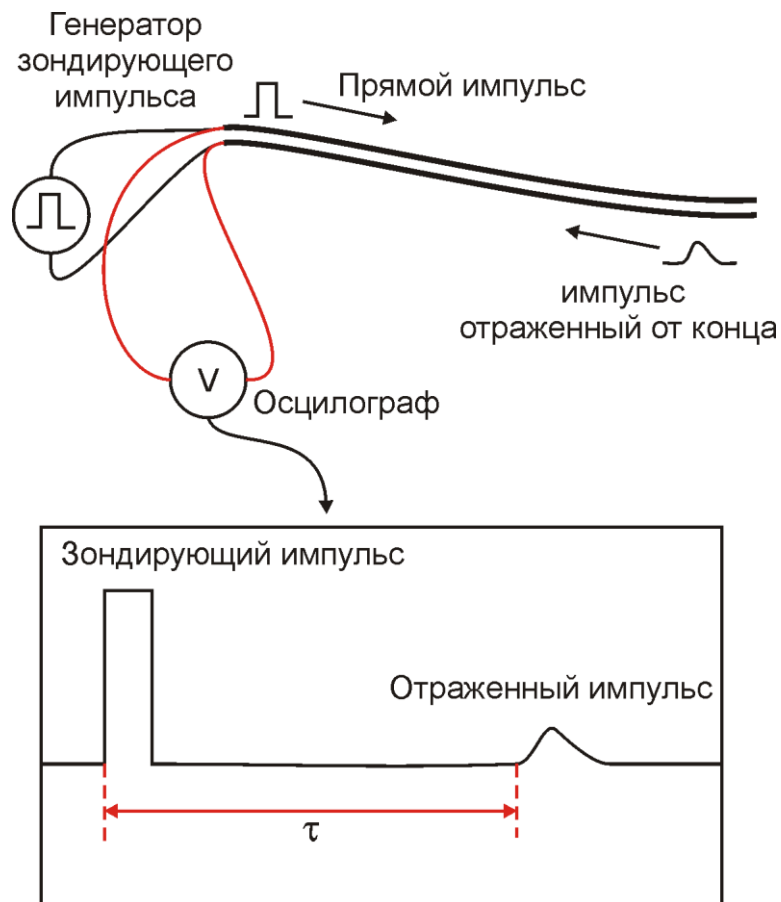
TDR МЕТОД

Можно измерять:

- Длину кабеля
- Расстояние до места неоднородности волнового сопротивления
- Скорость распространения электромагнитных волн вдоль кабеля (коэффициент укорочения)

Принцип работы

Метод основан на посылке короткого зондирующего импульса в кабель и наблюдении отраженного сигнала от конца кабеля:



Метод не применим к кабелям с одной жилой!

Отражение происходит как от открытого, так и от закороченного конца кабеля. Разница будет только в том, что при отражении от закороченного конца импульс переворачивается.

Длина может быть рассчитана по времени τ между моментом начала зондирующего импульса и моментом прихода отраженного, при известной скорости распространения.

Скорость распространения традиционно для рефлектометрии задается коэффициентом укорочения $KУ = V_0 / V$. Здесь V_0 - скорость света в вакууме, V - скорость распространения электромагнитной волны в исследуемом кабеле. Для большинства марок кабелей коэффициент укорочения находится в пределах $1 \div 3$.

Кроме отражения от конца кабеля, зондирующий импульс отражается и от любой неоднородности кабеля.

Ошибки измерений по TDR методу

Длина кабеля определяется по измеренному значению времени задержки τ прихода эхо-сигнала относительно зондирующего импульса:

$$L = \frac{V_0}{2 \times КУ} \times \tau$$

В расчетах участвует скорость света в вакууме V_0 и коэффициент укорочения $КУ$. Их отношение дает скорость распространения электромагнитных волн в кабеле:

$$V = \frac{V_0}{КУ}$$

Скорость распространения определяется геометрией кабеля и свойствами изоляции. Для высоких частот, на которых и работает рефлектометр, скорость распространения можно выразить так:

$$КУ = \sqrt{C \times L}$$

C и L – Погонная емкость и индуктивность жил кабеля соответственно.

Для коаксиального кабеля и двужильного провода в толстой однородной изоляции расчеты дают

$$КУ = \sqrt{\varepsilon}$$

ε - относительная диэлектрическая проницаемость изоляции между проводниками. В этом случае скорость распространения не зависит от материала жил, экрана и их диаметров но зависит от свойств изоляции. Для более сложной геометрии формула будет сложнее.

Кабели имеющие одинаковую геометрия (сечение жил, толщину изоляции и пр.), но отличающиеся диэлектрической постоянной материала изоляции будут характеризоваться различной скоростью распространения. Заводы – производители кабельной продукции обычно не приводят значение скорости распространения и измерителю необходимо ориентироваться на какие-то значения. Можно найти некоторые справочные материалы, но кабели с одинаковой маркировкой из разных партий могут иметь различные физические свойства.

Лучшим способом будет измерение КУ на образце кабеля и занесение измеренного значения в паспорт кабеля.

Единицы измерения скорости распространения волны в кабеле

Скорость распространения электромагнитных волн может задаваться различными способами.

Для кабелей отечественного производства обычно используется коэффициент укорочения КУ:

$$КУ = \frac{V_o}{V} \geq 1$$

Это отношение скорости света в вакууме к скорости волны в кабеле.

Для импортной продукции часто используется величина VOP (Velocity of Propagation):

$$VOP = \frac{V}{V_o} \times 100\%$$

Это отношение скорости волны в кабеле к скорости света в вакууме, выраженное в процентах.

$$КУ = \frac{100}{VOP}$$

Иногда можно встретить величину $V/2$ - это просто скорость распространения волны деленная пополам. Деление на 2 учитывает то, что волна распространяется по кабелю два раза. Сначала импульс идет от прибора до конца кабеля, а потом отражение проделывает обратный путь.

$$V/2 = \frac{V}{2} \text{ [м/мкс]}$$

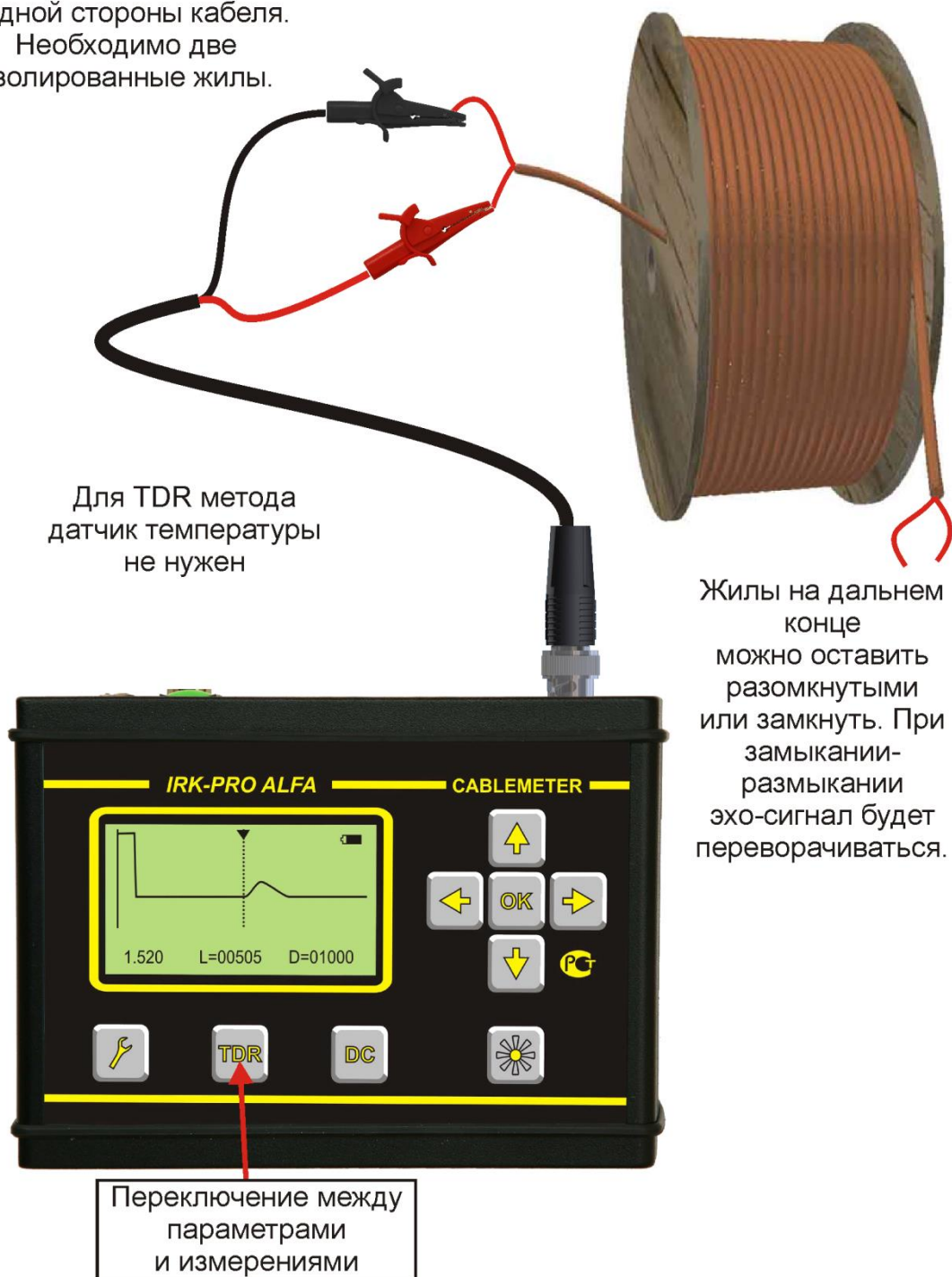
Для перевода этой единицы в КУ или VOP следует учесть значение;

$$V_o = 299,8 \approx 300 \text{ м/мкс}$$

$$КУ = \frac{150}{(V/2)}$$

Подключение к кабелю

Подключение с одной стороны кабеля.
Необходимо две изолированные жилы.



Параметры

Перед измерениями необходимо настроить параметры.

Переключение между вводом параметров и измерениями осуществляется

нажатием кнопки .

- «Тип» - можно выбрать один из 40 наборов параметров ТПЖ, любой из готовых наборов можно изменить

- Диапазон [м]

- 30 ÷ 30 000

- Импульс от 10 до 30 000 нс в зависимости от диапазона

- 0, 10, 20, 40, 50 нс на диапазоне 30 м
- 0, 10, 20, 40, 50 нс на диапазоне 60 м
- 0, 10, 20, 40, 50 нс на диапазоне 120 м
- 10, 20, 30, 60, 90 нс на диапазоне 250 м
- 20, 30, 50, 100, 150 нс на диапазоне 500 м
- 50, 100, 200, 400, 600 нс на диапазоне 1000 м
- 100, 250, 500, 1000, 1500 нс на диапазоне 2 000 м
- 500, 1000, 2000, 4000, 6000 нс на диапазоне 5 000 м
- 1000, 2500, 5000, 10000, 15000 нс на диапазоне 10 000 м
- 2500, 5000, 10000, 20000, 30000 нс на диапазоне 20 000 м
- 2500, 5000, 10000, 20000, 30000 нс на диапазоне 30 000 м

- Calibr - режим поверки рефлектометра. На экран будут выводиться прямоугольные импульсы, а на разъеме появятся калибровочные метки.

- Усиление [дБ]

- От 0 до 60 с шагом 6

- Растяжка – растяжка по оси расстояния для лучшего позиционирования измерительного курсора.

- От 1 до 128 в зависимости от диапазона

- Укорочение – ввод величины определяющей скорость распространения импульса по кабелю. Это основной параметр кабеля при рефлектометрическом измерении длины.

- От 1 до 6.999. Можно изменять как кнопками ◀▶ так и через специальный интерфейс, доступный по нажатию кнопки [OK].

- Расчет КУ. Здесь можно рассчитать коэффициент укорочения кабеля по результату измерения и известной длине. Если в этой строке ввести известную длину кабеля, то при измерениях будет определяться не длина, а именно КУ (или VOP и V/2, если в общих настройках выбраны эти величины).

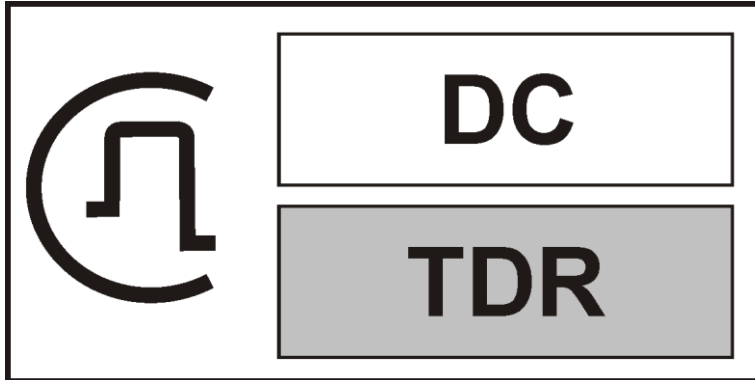
Тип
↓

← КИПвЭВ КУ=1.47 →	
Диапазон	← 250 →
Импульс [нс]	60
Усиление [дБ]	0
Растяжка	1
Укорочение	1.470
расчет КУ	
Длина (м)	201

TDR МЕТОД. ПОРЯДОК РАБОТЫ.

Измерение длины кабеля


- Подключите прибор к кабелю.
- Включите прибор, выберите DC метод и нажмите кнопку [OK].




- Появится экран параметров которые необходимо настроить

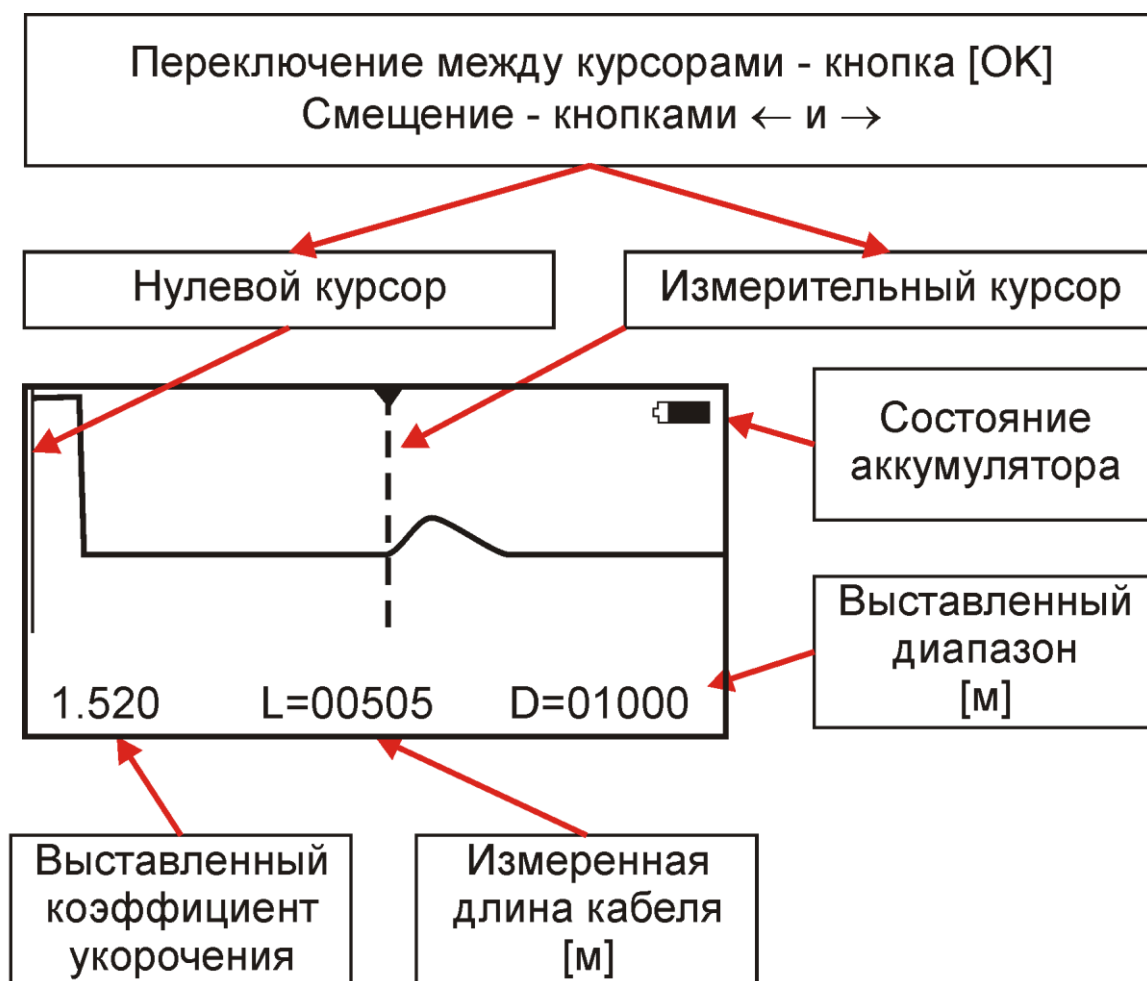
КИПвЭВ КУ=1.47		
Диапазон	← 250 →	← надо выбрать
Импульс [нс]	60	← надо выбрать
Усиление [дБ]	0	
Растяжка	1	
Укорочение	1.470	← надо выбрать
расчет КУ		
Длина (м)	201	

- Диапазон следует выбирать больше общей длины кабеля.
- Импульс лучше выбирать из больших значений. При этом будет лучше видно конец кабеля, но будет хуже разрешение по расстоянию.
- Коэффициент укорочения КУ определяет пересчет времени прохождения импульса в длину кабеля. Ошибка в значении КУ вызывает пропорциональную ошибку в определении длины.

- Для перехода в режим измерений необходимо нажать кнопку .

Последующие нажатия  будут переключать прибор между параметрами и измерениями.

Измерительный экран для определения длины кабеля выглядит так:



Прибор измеряет расстояние между измерительным и нулевым курсорами.

При измерении расстояния необходимо


- нулевой курсор ставить в самое начало зондирующего импульса
- измерительный курсор ставить в самое начало отражения от конца кабеля.

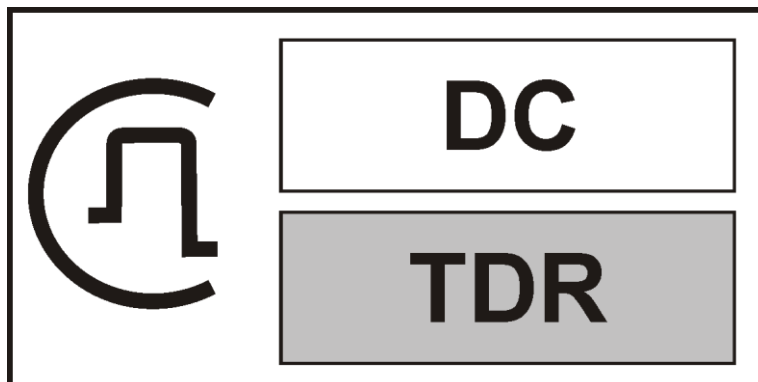
Для лучшего позиционирования следует подобрать Импульс, Усиление и Растяжку в меню параметров.


Наблюдаемая рефлектограмма может искажаться собственными волновыми неоднородностями кабеля и прохождениями волны поперек витков бухты. Для идентификации конца кабеля полезно замыкать - размыкать жилы на дальнем конце. Первый эхо-сигнал который будет переворачиваться при такой манипуляции и будет соответствовать концу кабеля.

Измерение коэффициента укорочения КУ

Коэффициент укорочения является мерой скорости распространения электромагнитной волны по кабелю.

- Подключите отрезок кабеля известной длины к прибору
- Включите прибор, выберите TDR метод и нажмите кнопку .



- Нажмите кнопку  для входа в настройку общих параметров
- Выберите значение «Укорочение КУ»

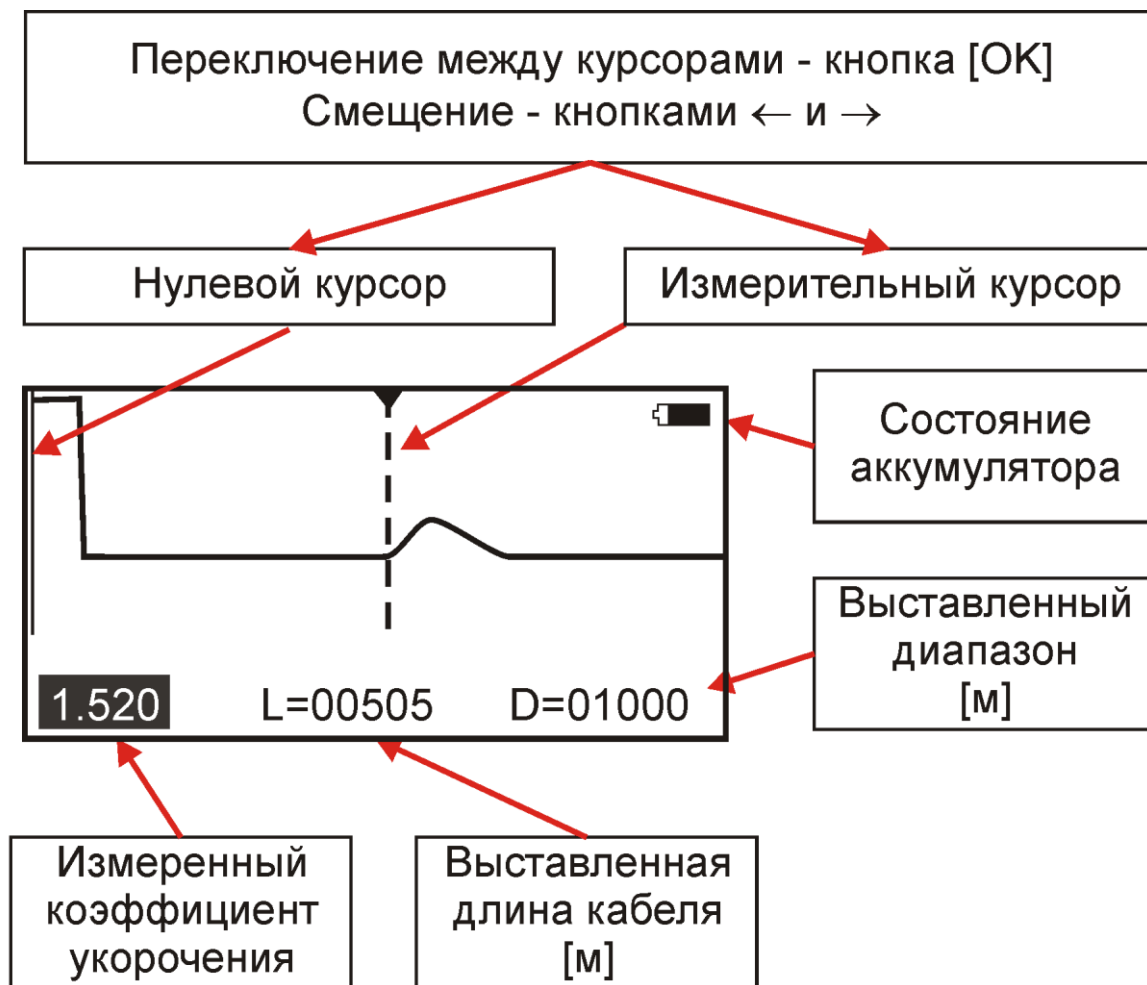
интерфейс	
Язык	рус
Единица длины	м
Расчет по	R/км
Укорочение	← КУ →
о приборе	
Зав.номер:	1009

- Нажмите кнопку  для ввода длины кабеля:
- Введите известную длину кабеля

КИПвЭВ	
Диапазон	1000
Импульс [нс]	200
Усиление [дБ]	0
Растяжка	1
Укорочение	1.500
расчет КУ	
Длина (м)	505

- Вновь нажмите кнопку  для перехода в режим измерений

Измерительный экран для определения коэффициента укорочения кабеля выглядит так:



Перемещение курсора будет сопровождаться изменением значения КУ.
При измерении КУ необходимо

- нулевой курсор ставить в самое начало зондирующего импульса
- измерительный курсор ставить в самое начало отражения от конца кабеля.

Для лучшего позиционирования следует подобрать Импульс, Усиление и Растяжку в меню параметров.



Измеренное значение следует записать,
как важную характеристику кабеля

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ (калибровки)

Операции калибровки

Перечень операций калибровки прибора.

Наименование операций	Вид испытаний	
	Приемо-сдаточные	Периодические
Внешний осмотр и опробование	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления шлейфа	да	да
Проверка базовой частоты в TDR методе	да	да

Средства калибровки

Перечень средств необходимых для проведения калибровки

Наименование контрольно-измерительной аппаратуры	Тип	Примечание
Замыкатель		Медный пруток диаметром не менее 9 мм и длиной 50 мм
Магазин сопротивлений	P4831	Класс точности 0,02, диапазон измерений 0,01 Ом - 10 кОм
Катушка электрического сопротивления	P331	Сопротивление 0,001 Ом Класс точности 0,02
Комплект проводов для подключения катушки электрического сопротивления		
Частотомер	ЧЗ-34	

Допускается применение других средств калибровки, удовлетворяющих требованиям настоящей методики.

Условия калибровки

При проведении калибровки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $30\div 90\%$;
- атмосферное давление $84\div 106\text{ кПа}$;
- аккумуляторная батарея полностью заряжена.

Средства измерений должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

Проведение калибровки

Внешний осмотр и опробование

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать требованиям формуляра;
- все надписи на приборе должны быть четкими и ясными;
- прибор не должен иметь механических повреждений.

При опробовании необходимо убедиться в работе дисплея. Для этого включают прибор и, не подключая измерительных проводов, последовательно переключают режимы измерений. При этом на дисплей должна выводиться буквенно-цифровая информация в соответствии с руководством по эксплуатации.

Определение абсолютной погрешности измерения сопротивления

Включите прибор в режим измерения DC. Параметры не имеют значения.

- Замкните провода А и В медным стержнем (замыкателем). Расстояние между крокодилами должно быть как можно меньше.
- Подождите не менее 3 мин для уравнивания температуры контактов для исключения влияния термо ЭДС.
- Измерьте значение нуля прибора.
- Подключите измерительные провода А и В к магазину.
- На магазине установите следующие сопротивления: 0, 5, 50, 1000, 1900.
- После каждой установки следует запустить измерение кнопкой [OK] и зафиксировать результат.

При измерениях на магазине сопротивлений следует учитывать смещение нуля самого магазина. Для этого вводить поправку на разницу в показаний нуля на замыкателе и нуля на магазине.

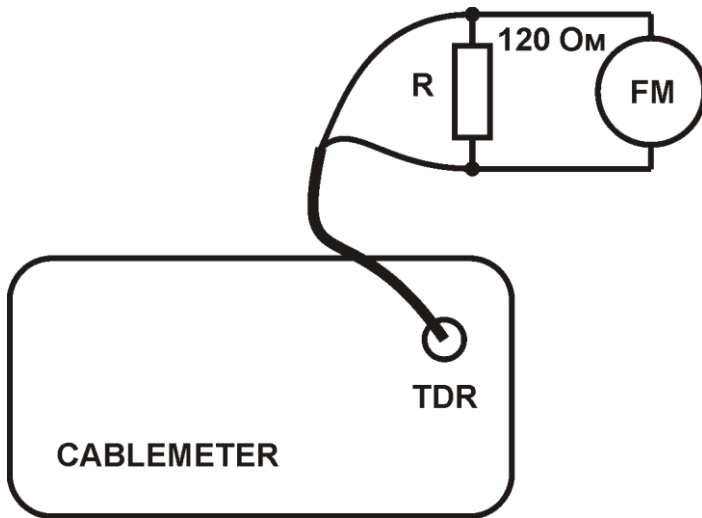
Проведите измерения на катушке электрического сопротивления с использованием специальных проводов.

Количество измерений должно быть не менее трех для каждого значения, выставленного на магазине сопротивления.

Показания не должны выходить из допусков, указанных в таблице.

Проверка базовой частоты в TDR методе


- Подключите прибор (разъем TDR) к частотомеру.



- Нажмите кнопку [POWER] на панели разъемов.
- Нажмите кнопку [TDR].
- Выберите значение импульса «calibr».

Тип	
Диапазон	1000
Импульс	← calibr →
Усиление [дБ]	0
Растяжка	1
Укорочение	1.499
	расчет КУ
Длина (м)	952.0

← надо выбрать

- Нажмите кнопку . Появится измерительный экран с калибровочными метками.
- Определите по частотомеру частоту следования калибровочных меток.
- Заполните таблицу «Модуль рефлектометра» – строка F.


Частота следования калибровочных меток не должна выходить за пределы, указанные в таблице.

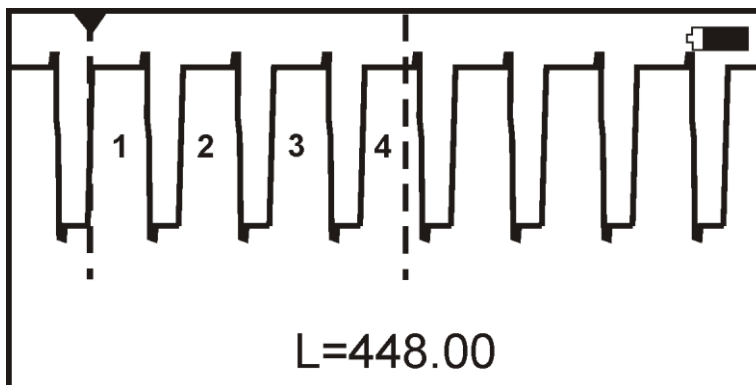
Определение погрешности измерения расстояния рефлектометром


Определение погрешности измерения расстояния проводят с помощью встроенного калибратора. Внутреннее схемотехническое построение прибора в этом режиме обеспечивает передачу калибровочных меток с выхода рефлектометра на его вход. Метки отображаются на экране и расстояния между ними должны соответствовать эталонным.

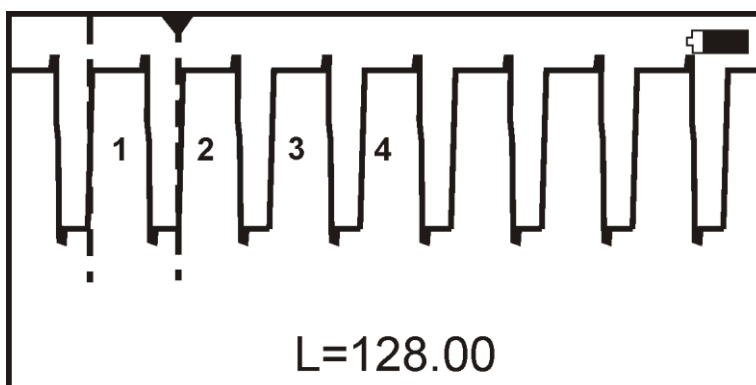
Метки	2-1	3-1	4-1
Эталонное расстояние, м	128,0	256,0	384,0
Пределы допускаемых значений погрешности, м	±0,25	±0,25	±0,25

Не разбирая схему не меняя настройки прибора проведите следующие измерения.

- Переключите нулевой курсор в активное состояние кнопкой .
- Кнопками ◀▶ установите нулевой курсор на начало метки в начале экрана (метка 1).



- Сделайте активным измерительный курсор нажав кнопку .
- Кнопками ◀▶ установите измерительный курсор на начала следующих меток 2, 3, 4.



- Уточните положения курсоров при максимальной растяжке.
- Заполните таблицу «Модуль рефлектометра» – строки L_n-L_1 .
Измеренные расстояния не должны выходить за пределы, указанные в таблице.
- Выключите прибор.

Периодичность калибровки

Калибровка прибора должна производиться не реже 1 раза в 24 месяца.

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Гарантийный срок эксплуатации прибора составляет 3 года с момента продажи. Гарантия на аккумулятор не распространяется. По всем вопросам гарантийного и послегарантийного обслуживания прибора следует обращаться по адресу:

170030 Тверь, ул. Королева 9, ООО СВЯЗЬПРИБОР

тел./факс (4822) 42-54-91

www.svpribor.ru

Служба технической поддержки: support@svpribor.ru

При отправке в ремонт сопроводите, пожалуйста, прибор следующими сведениями:

1. Описание неисправности
2. Замечания или пожелания по работе прибора
3. Обратный адрес

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Заводской номер _____

Дата _____

Подпись _____

СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ПОВЕРКЕ (КАЛИБРОВКЕ)

прибора № _____

Выставленное значение	Данные	
	По ТУ	фактически

Измерение сопротивления

0 Ом (замыкатель)	0÷0,002	
0 Ом (магазин)		
0,001 Ом	0,000991÷0,001009	
5,00 Ом	4,994÷5,006	
50,00 Ом	49,94÷50,06	
500,00 Ом	499,4÷500,6	
1900,00 Ом	1898÷1902	

Модуль рефлектометра

	По ТУ	фактически
F	780,0÷781,0 кГц	
L2-L1	127,75÷128,25 м	
L3-L1	255,75÷256,25 м	
L4-L1	383,75÷384,25 м	

Оттиск калибровочного клейма

Калибровщик

Дата