

Коэффициент укорочения - что это такое?

В любом рефлектометре перед измерением расстояния нужно установить коэффициент укорочения. Точность измерения расстояния до места повреждения зависит от правильной установки коэффициента укорочения. Короткие импульсные сигналы, используемые при методе импульсной рефлектометрии в рефлектометрах РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305, РЕЙС-405 и СТЭЛЛ-4500, распространяются в разных линиях с разной скоростью. Эта скорость определяется материалом изоляции проводников линии. Упрощенно можно считать что при распространении импульсного сигнала проводники линии являются только направляющими элементами для распространения сигналов, а основная часть энергии сигналов распространяется вдоль линии, то есть фактически в ее изоляции. Скорость распространения импульсных сигналов в воздушных линиях (изоляция - воздух) очень близка к скорости света в вакууме. Скорость распространения в кабельных линиях, в зависимости от материала изоляции, может быть значительно ниже (до нескольких раз) скорости распространения света в вакууме.

При импульсной рефлектометрии расстояние до места повреждения или до конца линии определяется по времени задержки отраженных сигналов относительно зондирующих, в соответствии с выражением:

$$L = (V * T) / 2 = (V / 2) * T = (C / 2 * g) * T$$

L - расстояние до места повреждения,

T - время задержки отраженных сигналов относительно зондирующих,

V - скорость распространения импульсного сигнала по линии,

C - скорость света в вакууме (300 000 000 м/с),

g - коэффициент укорочения.

В России принято учитывать скорость распространения импульсных сигналов безразмерной величиной коэффициента укорочения g. Коэффициент укорочения показывает во сколько раз скорость распространения сигналов в линии меньше скорости света в вакууме и определяется выражением:

$$g = C / V$$

Для практических измерений на кабельных линиях можно считать, что коэффициент укорочения еще зависит от конструкции кабеля. Так, например, "электрическая длина", которую проходят импульсы при распространении вдоль проводников кабеля с большим поводом будет больше, чем геометрическая длина кабеля, измеренная по поверхности кабеля. Эту разницу проще всего учесть, откорректировав коэффициент укорочения таким образом, чтобы измеренная прибором длина кабеля ("электрическая длина") совпала с измерением по его поверхности (реальная длина кабеля). На практике так это и делается. Поэтому кабели, одинаковые по диаметру жил, типу и толщине изоляции, но разные по количеству жил и поводу (шагу скрутки) могут иметь разные коэффициенты укорочения.

Как влияет коэффициент укорочения на точность измерения рефлектометров РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305, РЕЙС-405?

Расстояние до места повреждения в рефлектометрах РЕЙС, определяется выражением:

$$L = 0,5 \cdot V \cdot T = 0,5 \cdot (C/g) \cdot T$$

В соответствии с этой формулой погрешность коэффициента укорочения в рефлектометрах РЕЙС, непосредственно отражается на погрешности измерения расстояния. Следует учитывать, что обычно погрешность коэффициента укорочения в рефлектометрах складывается из двух составляющих: погрешности, с которой известен коэффициент укорочения, и погрешности установки этого коэффициента в рефлектометре. Если в старых рефлектометрах погрешность установки коэффициента укорочения составляла 1...2%, то в рефлектометрах РЕЙС эта погрешность отсутствует. Таким образом, чем точнее известен коэффициент укорочения кабельной линии, тем точнее можно измерить расстояние рефлектометрами РЕЙС.

Как измерить коэффициент укорочения рефлектометрами РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305 и РЕЙС-405?

Если коэффициент укорочения кабельной линии неизвестен, то его можно измерить рефлектометрами РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305, РЕЙС-405 (далее - РЕЙС). Для измерения коэффициента укорочения нужно иметь кабель точно известной длины. На практике обычно берут имеющийся отрезок кабеля длиной 20...50 метров и измеряют его длину, например рулеткой. Затем к этому отрезку кабеля подключают рефлектометр РЕЙС, устанавливают измерительный курсор на начало отраженного сигнала, вводят в рефлектометр измеренную длину и получают коэффициент укорочения. Затем сохраняют полученный коэффициент укорочения в памяти рефлектометра РЕЙС для последующего использования. Подробную информацию по измерению коэффициента укорочения можно посмотреть в руководстве по эксплуатации соответствующего рефлектометра РЕЙС.

Где хранить данные по типам кабелей и их коэффициентам укорочения?

Все данные по коэффициентам укорочений используемых кабелей можно хранить в таблице укорочений энергонезависимой памяти рефлектометра РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305, РЕЙС-405. При этом можно записать не только значение коэффициента укорочения, но и тип кабеля. Например, данные по коэффициенту укорочения кабеля РК-50 могут быть записаны в виде: "РК-50-2-11 1.520". В энергонезависимой памяти рефлектометров РЕЙС могут храниться данные по коэффициентам укорочения нескольких десятков кабелей. Поставляемое с рефлектометром программное обеспечение позволяет не только переписать данные из рефлектометра в компьютер и обратно, но и редактировать данные в компьютере.

Можно ли использовать для рефлектометров РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305 и РЕЙС-405 данные по коэффициентам укорочения, измеренные другими рефлектометрами?

В принципе коэффициент укорочения не зависит от типа используемого для измерения рефлектометра. Поэтому для рефлектометров РЕЙС можно использовать данные по значениям коэффициентов укорочений, измеренных другими рефлектометрами. Однако обязательно нужно учитывать следующее обстоятельство. Если значение коэффициента укорочения измерено с точностью, гораздо меньшей чем инструментальная погрешность измерения расстояния рефлектометром (0,2%), то и точность измерения расстояния до повреждения будет соответственно хуже чем 0,2%. Низкая точность измерения коэффициента укорочения может быть как следствием относительно большой инструментальной погрешности измерения расстояния рефлектометром, так и следствием некалиброванности рефлектометра. В старых распространенных аналоговых рефлектометрах типа Р5-10 или Р5-13 инструментальная погрешность составляет 1...2%, а калибровка проводится вручную. Поэтому, если перед измерением коэффициента укорочения рефлектометром Р5-10 (Р5-13) оператор не откалибровал его, то и измерения будут проведены с дополнительной погрешностью. Рефлектометры РЕЙС имеют низкую инструментальную погрешность измерения расстояния (0,2%), калибруется автоматически при каждом включении питания, поэтому целесообразней всего измерить коэффициент укорочения кабеля этим прибором.

Данные по коэффициентам укорочения некоторых кабелей, выпускаемых в России и других странах СНГ

В народном хозяйстве используется большое количество кабелей самого различного назначения и типов. Ниже указаны типы некоторых кабелей:

- силовые кабели различных классов напряжения (АВВГ, АПВГ, ВВГ, ВВБ, АВВБ, ВВБГ, ВВБШв, АВБШв, ВРГ, ВРБГ, АВРГ и другие),
- кабели и провода шланговые РПШЭ, РПШ, КПГ, КОГ, КРШС, КГН и другие,

- кабели грузонесущие морские КГ 1-30-П, КГП 1-150, КГР 7-3,2 и другие,
- кабели судовые КНРк, КНРЭ, КНРЭк, КНР, НРШМ, КНРП и другие,
- кабели для подвижного состава КПСРВМ, КРПСТ и другие,
- кабели контрольные КВВГ, АКВВГ, КВВГЭ, КВВБ, АКВВБГ, КРШУ, АКРВГ, КВВГ-Т, КВББШв, АКВББШв и другие,
- кабели связи (телефонные): ТГ, ТБ, ТБГ, ТПП, ПКСВ, ТРП, ПРПМ, МКСГ, МКСБ, МКСБГ, ТСВ, ТПВ, ТЗГ, ТЗБ, ТЗБГ, СБПу, СБВГ, ПТПЖ, СЭК, ВСЭК, РВШЭ, КМСэ-2 и другие,
- кабели дальней связи низкочастотные ТЗПАШп, ТЗПАБп, ТЗСАШп и другие,
- кабели связи высокочастотные ЗКАШп, ЗКП и другие,
- кабели местной связи высокочастотные КСПП, КСППБ, КСПЗП, КСПЗПБ и другие,
- кабели станционные симметричные КММС-2 и другие,
- кабели радиочастотные РК-75, РК-50, РК-100 и другие,
- кабели компьютерные ККПВ, ККПВэ и другие,
- кабели связи шахтные КСШ, КСШББШв и другие.

Внимание! Указанные величины коэффициентов укорочения можно использовать только как ориентировочные справочные данные.

Эти данные были получены посредством измерения разными рефлектометрами, в том числе аналоговыми, которые имеют относительно невысокую точность измерения. Для того, чтобы эффективно использовать приведенные данные по коэффициентам укорочения кабелей в точных измерениях рефлектометрами РЕЙС-45, РЕЙС-50, РЕЙС-100, РЕЙС-105М1, РЕЙС-205, РЕЙС-305, РЕЙС-405 и СТЭЛЛ-4500, рекомендуется перепроверить эти данные посредством измерения этими рефлектометрами в конкретных условиях применения кабеля.

РК-50-2-11	1.520	КУ АВВГ 4x95	1.590
РК-100-7-1	1.200	МРН 1.5 АПВББШП 4x120	1.490
П-270	3.000	П-270 3 АПВББШП 4x150	1.540
П-274М	1.390	АПВББШП 4x185	1.510
РЕЗИН. ИЗОЛ.	2.000	АПВББШП 4x240	1.510
КАБЕЛЬ СБ.АБ	1.870	ПВС 5Х2.5	1.840
КМ-4 (75 Ом) 2.6	1.070	АПВББШП 4x25	1.510
КМ-4 (75 Ом) 9.4	1.040	ПРПМ	1.650
МКТ 1.2-4.6	1.120	АПВББШП 4x35	1.490
РК-75-4-16	1.520	ПРППМ 0.9	1.474
ЗКП (140 Ом)	1.520	АПВББШП 4x50	1.540

МКС (163 Ом) 1.2	1.220	ПРППМ 1x2x1.2	1.470
КСПП (130 Ом) 1.2	1.520	АПВБШП 4x70	1.480
КСПП (115 Ом) 0.9	1.520	АПВБШП 4x95	1.500
ТЗ 0.8	1.380	АПВВНГ 1x95/35	1.870
ТЗ 0.9	1.340	АПвПг 1x95	1.870
ТЗ 1.2	1.520	АСБ 3x240	1.710
ТПП 0.4	1.520	АСБ 3x50	1.870
ТГ 0.4	1.360	ВВГ 5X16	1.770
РК-50-2-21	1.410	СБ	1.870
ФКБ 1x1.3	1.300	ВВГ 5X4	1.670
ВОЗД. ЛИН. (БМ)	1.050	СБПЗАВпШп	1.610
ВОЗД. ЛИН. (СТ)	1.300	ВВГ 5X6	1.670
ВЛЭ 35-400 КВ	1.000	СИП 2 3x95+1.95	1.425
П-296	1.600	ВКПАшП 2.1x9.7	1.300
ТТВК 5x2	2.100	СИП 2x35	1.370
ПТРК 5x2	1.580	СИП 2x25	1.460
ПТРК 10x2	1.500	ВЛЭ 35-400кВ	1.000
ПТРК 20x2	1.500	ЗКП 1.55 ТГ	1.320
КРПТ 3x2.5	2.260	ЗКП (1400м)	1.520
ТПП 200x2 1.45	1.500	ТГ 0.4	1.360
ТПП 100x2 1.40	1.500	ЗКП 1x4x1.2	1.460
АВВГ 3x2.5	1.477	ТЗ	1.320
ТППЭП 10x2x0.4	1.430	КГ 2X2.5	2.190
ПРППМ (0.9)	1.474	КГ 2X4	2.150
ТПП 10x2x0.4	1.430	КГ 3X10+1X4	2.080
МКСАШП 4x4x1.2	1.155	КГ 3X16+1X6	2.090
ШТЛ-2x0.08	1.534	ТЗПАшП 1x4x1.2	1.320
Кабель для подогрева полов	1.970	КГ 3X25+1X10	1.920
ААБ. ААШВ	1.870	ТПП 0.32	1.560
ВББШВ(НГ)1.62	1.870	КГ 3X35+1X16	2.240
КВББШВ 3x2.5	1.550	ТПП 0.4	1.520
ВЕГР 75	1.550	КГ 3X50+1X25	2.160
ЗКП (140 Ом)	1.520	ТПП 100X2X1.4	1.500
К-50	1.600	КГ 3X6+1X4	2.240
КСПЗП 1x4x0.9	1.550	КМ-4 (750м) 2.6	1.070
КСПП 1.2	1.210	ТПП 200X2X1.45	1.500
КСПП 1x4x1.2	1.520	КМ-4 (750м) 9.4	1.040
АВВГ 4x95	1.590	КРПТ 3X2.5	2.260
АПВБШП 4x120	1.490	ТРП2x0.4	1.420
АПВБШП 4x150	1.540	КСПП (1150м) 0.9	1.520
КСПП 1X4X0.9	1.500	МКТ 1.2-4.6	1.120
МКПВ 4X4X1.2	1.500	КСПП 1X4X0.9	1.500
МКС (1630м) 1.2	1.220	МКПВ 4X4X1.2	1.500
МКСАшП	1.190	МКСБ 4X4X0.9	1.230