

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ LAN-КАБЕЛЕЙ: как нам реорганизовать контроль

А.Кочеров, к.т.н., разработчик систем A132 / andrey.kocherov@yandex.ru,
А.Семенов, д.т.н., профессор НИУ МГСУ / andre52.55@mail.ru,
В.Руденко, заведующий лабораторией ООО "НПП "Информсистема" / vrudenko@yandex.ru

УДК 681.2, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.99.7.44.55

Нередко можно встретить официальные заявления производителей LAN-кабелей о соответствии их продукции национальным стандартам. Но единственным убедительным аргументом для подобного сильного утверждения сегодня может быть лишь факт соответствия стандарту раскраски жил. В статье предлагается решение задачи контроля электрических параметров LAN-кабелей – доступное, методически отработанное, с российскими корнями.

Сегодня симметричные LAN-кабели продолжают активно применяться в сетях передачи данных и производятся российскими кабельными заводами. Такая кабельная продукция поступает на наш рынок также по импорту.

Построенные с применением симметричных кабелей линии и тракты (в англоязычной терминологии: channel) СКС должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 53245-2008 [1] (или зарубежным источникам для подготовки этого стандарта [2-4]), но



(источник: www.aesa-cortaillod.com)

Рис.1. Системы контроля LAN-кабелей компании AESA Cortaillod (Швейцария)

Длина (м), Лимит 100.0	[Пара 45]	98.7
Обосн. задержка (ns), Лимит 555	[Пара 12]	492
Разн. задержок (ns), Лимит 50	[Пара 12]	15
Сопротивл. (Ом), Лимит 25.00	[Пара 12]	17.21
Асимм. сопрот. (Ом), Лимит 0.510	[Пара 78]	0.063
Асимм. сопрот. R2P (Ом), Лимит 0.600	[Пара 12-78]	0.077
Вносимые потери Запас (дБ)	[Пара 12]	4.1
Частота (МГц)	[Пара 12]	100.0
Предел (дБ)	[Пара 12]	24.0

Наихудш. разн Наихудш. знач

PASS	ОСН.	удал.	ОСН.	удал.
наихудшая пара	36-78	36-45	36-45	36-45
NEXT (дБ)	8.0	9.2	9.5	10.6
Част. (МГц)	12.1	25.8	99.5	92.3
Предел (дБ)	45.6	40.1	30.1	30.7
наихудшая пара	78	45	45	36
PS NEXT (дБ)	10.5	10.9	12.2	13.2
Част. (МГц)	12.1	22.6	99.5	92.3
Предел (дБ)	42.6	38.1	27.1	27.7

PASS	ОСН.	удал.	ОСН.	удал.
наихудшая пара	45-36	45-36	45-36	45-36
ACR-F (дБ)	8.5	9.0	11.0	11.8
Част. (МГц)	41.8	44.0	84.0	84.8
Предел (дБ)	25.0	24.5	18.9	18.8
наихудшая пара	36	36	78	78
PS ACR-F (дБ)	10.0	10.7	14.8	14.0
Част. (МГц)	41.8	41.8	100.0	100.0
Предел (дБ)	22.0	22.0	14.4	14.4

PASS	ОСН.	удал.	ОСН.	удал.
наихудшая пара	36-78	36-45	36-45	36-45
ACR-N (дБ)	9.4	11.7	15.2	16.2
Част. (МГц)	12.1	25.8	99.5	92.3
Предел (дБ)	37.7	28.5	6.2	7.7
наихудшая пара	78	78	36	36
PS ACR-N (дБ)	11.9	13.1	16.9	17.6
Част. (МГц)	12.1	4.6	99.5	92.3
Предел (дБ)	34.7	44.6	3.2	4.7

PASS	ОСН.	удал.	ОСН.	удал.
наихудшая пара	45	36	36	36
RL (дБ)	8.7	7.9	10.5	9.7
Част. (МГц)	3.5	30.1	50.0	83.8
Предел (дБ)	17.0	15.2	13.0	10.8

Совместимость с сетевыми стандартами:
 10BASE-T 100BASE-TX 100BASE-T4
 1000BASE-T ATM-25 ATM-51
 ATM-155 100VG-AnyLan TR-4
 TR-16 Active TR-16 Passive

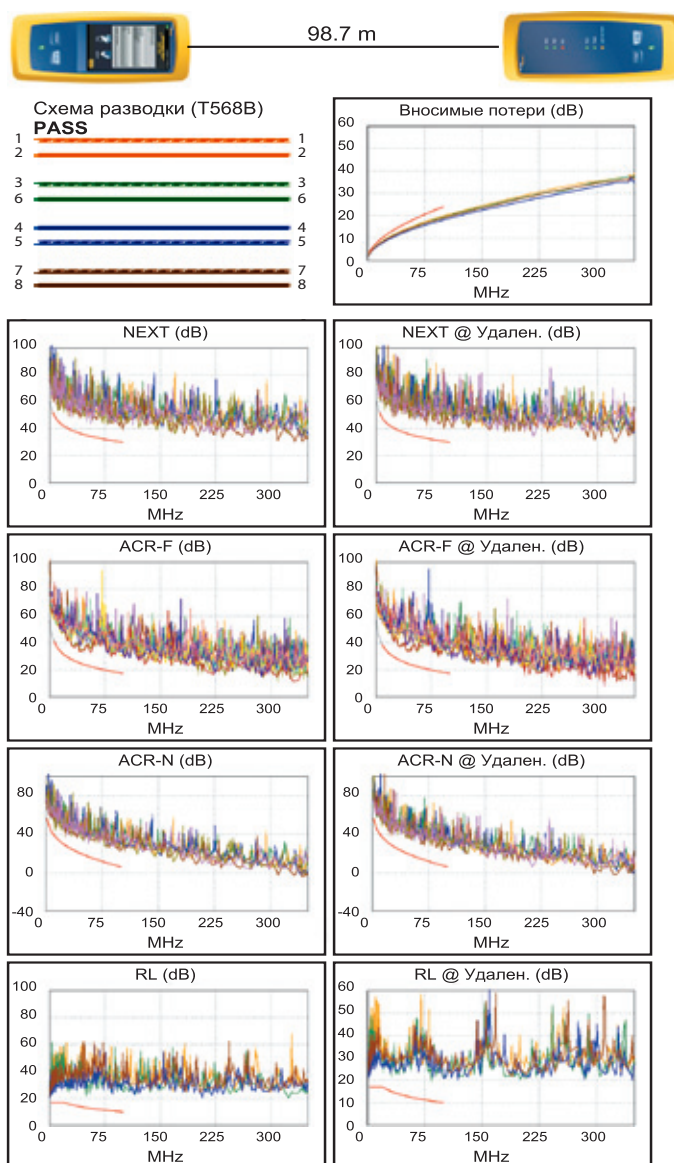


Рис.2. Результаты СКС-теста образца кабеля длиной 98,7 м

сама кабельная продукция должна соответствовать "кабельному" стандарту ГОСТ Р 54429-2011 (далее – ГОСТ Р 54429) [5].

Симметричные кабели в процессе их производства должны контролироваться с использованием профессиональных измерительных установок [6–10] (см. фото на рис.1). Такой контроль должен выполняться на этапах отработки опытных образцов, а также при типовых, периодических и приемосдаточных (ПСИ) испытаниях в серийном производстве.

Но много чаще российские производители кабелей применяют для оценки электрических характеристик кабельной продукции СКС-анализаторы. Протокол измерений, формируемый этими приборами, предназначенными для полевых испытаний линий СКС, вошел в обиход специалистов кабельной отрасли и профессионалов по монтажу СКС под названием СКС-тест (обычно применяется иной термин, но формат статьи не допускает его публикации). Пример такого протокола приведен на рис.2.

Таблица 1. Некоторые контролируемые ВЧ-параметры LAN-кабелей

Обозначение параметра в СКС-тесте (ед. изм.)	Пункт ГОСТ Р 53245	Наименование параметра	Пункт ГОСТ Р 54429	Обозначение кабельного параметра, ед. изм.
IL (dB)	3.1.3.4	Вносимое затухание	–	IL, dB
–	–	Коэффициент затухания при 20 °С	5.2.2.14	a20, dB/100m
NEXT (dB)	3.1.3.5	Переходное затухание на ближнем конце	5.2.2.18	NEXT, dB/100m
PS NEXT (dB)	3.1.3.6	Затухание суммарного переходного влияния на ближнем конце	5.2.2.17	PS NEXT, dB/100m
ELFEXT, ACR-F (dB)	3.1.3.7	Защищенность от переходных помех на дальнем конце	5.2.2.20	ELFEXT, dB/100m
PS ELFEXT, PS ACR-F (dB)	3.1.3.8	Защищенность от суммарного переходного влияния на дальнем конце	5.2.2.19	PS ELFEXT, dB/100m
RL (dB)	3.1.3.9	Затухание отражения	5.2.2.24	RL, dB
TCL (dB)	–	Затухание асимметрии на ближнем конце	5.2.2.16	TCL, dB
ELTCTL (dB)	–	Защищенность от затухания асимметрии на дальнем конце	5.2.2.16	ELTCTL, dB/100m
HDTDR (%)	–	Восстановленный коэффициент отражения	–	TDR, %
–	–	Восстановленное затухание отражения (структурные возвратные потери)	–	TDR RLw, dB
–	–	Модуль полного сопротивления (импеданс)	5.2.2.25	Zc, Ом

КАБЕЛЬНЫЙ ТРАКТ В СКС И LAN-КАБЕЛЬ КАК ПРОДУКТ. СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ ПАРАМЕТРОВ

Параметры СКС-теста и требования ГОСТ Р 54429 сходны в терминах (см. табл.1). Это сходство способно породить иллюзию того, что параметры СКС и параметры кабелей есть одно и то же или настолько одно и то же, что детали малозначимы. Отсюда может последовать вывод, что для контроля кабелей на соответствие кабельному ГОСТ Р 54429 можно применять не профессиональные измерительные системы, а бюджетные носимые СКС-анализаторы.

На самом деле эти различия весьма значимы. Следует начать с того, что нормы СКС определены для смонтированного тракта произвольной длины, которая не должна превышать 100 м, а кабель традиционно характеризуется

погонными параметрами, приводимым к длине 100 м или к километру.

Такое различие подчеркнуто, например, в недавно разработанном стандарте на однопарный Ethernet [11]. В нем отдельно приводятся требования к трактам (4.5. Balanced 1-pair cabling channel signal transmission specifications) и отдельно к кабелям (т.е. продукции заводов), которые допускаются к применению в однопарном Ethernet (Annex A. Balanced 1-pair cable specifications).

Сопоставление СКС-норм для класса D по стандарту ISO 11801 [12] и кабель-норм для категории 5е из ГОСТ Р 54429 (см. рис.3) показывает, что применительно к кабелям и трактам самой распространенной категории (5е)

в большинстве случаев нормы для продукции кабельной промышленности существенно жестче, чем для построенных из тех же кабелей трактов. Это само по себе совершенно естественно, так как тракт СКС, помимо кабеля, содержит соединители. Однако это не означает, что для контроля кабельной продукции допустимо применять систему норм, заложенную в популярных анализаторах. Последние вполне хороши для того, для чего они производятся, но их разработчики не учитывают тот факт, что в России действует ГОСТ Р 54429, и не заложили числовой материал его требований в память приборов.

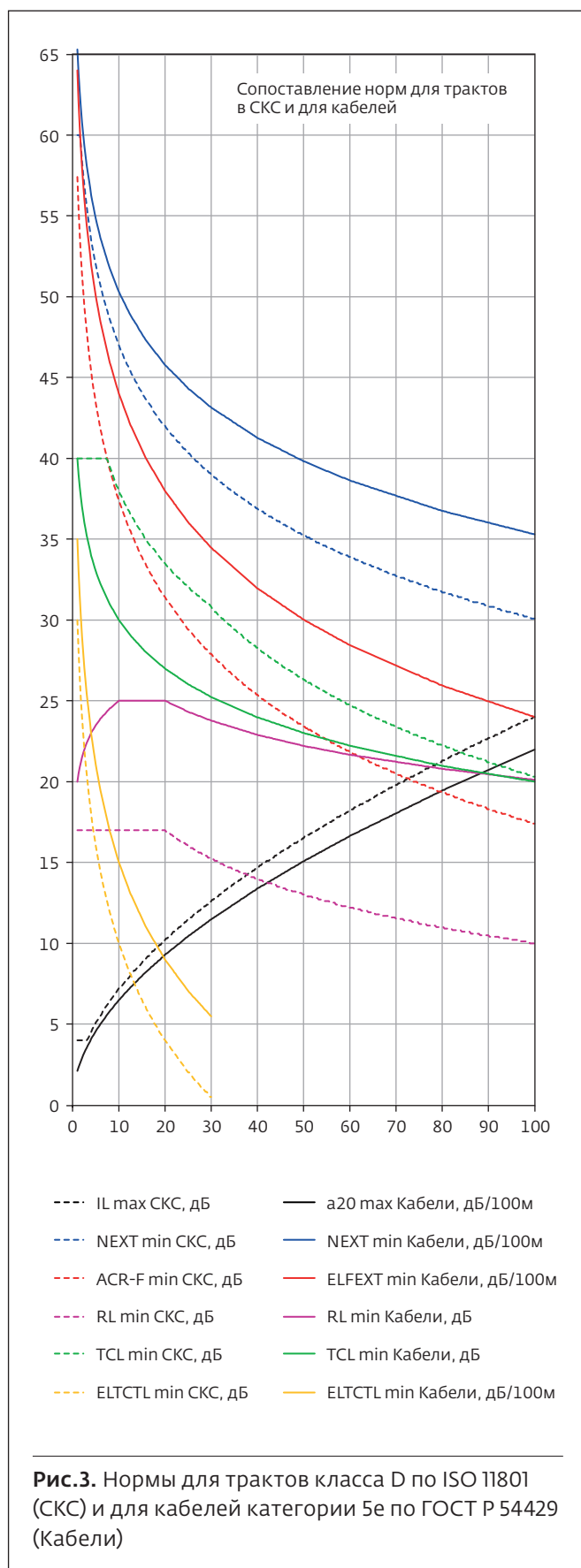
Кроме отличия норм, различаются (хотя в большинстве случаев одинаково обозначаются) и контролируемые параметры, причем это различие обусловлено достигаемыми целями.

ТРАКТ (CHANNEL) в СКС. Цель контроля

Цель контроля кабельного тракта в СКС заключается в том, чтобы вне зависимости от фактической его длины не допустить нарушения условий, от которых зависит передача данных, критичная к помехам и искажениям. Тут важен контроль "на концах", и, если результаты такого контроля соответствуют отработанным миллионами измерений нормам, то происходящее в середине кабельного участка не имеет практического значения.

Такое утверждение справедливо для стационарных дефектов. "Мерцающие" дефекты, обычно вызванные нестабильностью переходного сопротивления в соединениях, в рассматриваемой ситуации, помимо изменения импеданса, приводят к скачку вносимого затухания, что может оказаться непреодолимым препятствием для систем без дистанционного питания PoE. В системах с PoE, напротив, протекающий ток способен кондиционировать (проварить) соединения с недостаточным контактным давлением, то есть перевести дефекты из "мерцающих" в стационарные.

Если в середине отсеченного от бухты монтажного отрезка будет иметь место стационарная неоднородность волнового сопротивления, то влияние этой неоднородности проявляется в возврате на порт двунаправленного приемопередатчика отраженного от неоднородности сигнала. Такое отражение является помехой. Но такая помеха может быть существенно "изолирована" затуханием в кабеле. Поэтому такой тракт СКС может быть признан годным и находящийся в нем дефект не приведет к ограничениям при передаче данных.



LAN-КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ

Цель контроля кабеля, как продукции кабельного завода, во многом иная. Здесь нужно обеспечить соответствие нормам погонных параметров и не допустить неоднородности кабеля в любой точке. Это как раз нужно для того, чтобы при строительстве сети пребывать в твердой уверенности, что нигде не окажется неоднородности, которая могла бы спровоцировать скачок импеданса на окончании канала. К сожалению, это обстоятельство не учтено в ГОСТ Р 54429, однако стандарты на коаксиальные кабели, например ГОСТ Р 58416-2019 [12], содержат по этому поводу исчерпывающие указания. Больше того, этот стандарт не только требует рефлектометрический контроль, но в п.8.3.15 предлагает алгоритм восстановления отражения от удаленной неоднородности. В методических материалах, сопровождающих продвижение СКС-анализаторов, решение задачи компенсации затухания при измерении структурных возвратных потерь (SRL, HDTDR) преподносится как потрясающее воображение уникальное решение, которое, тем не менее, было известно еще советским инженерам [13].

Наконец, важнейшим условием эффективности проверки готовой продукции является возможность неразрушающего контроля любого образца кабеля. Де-факто LAN-кабели отгружаются, как правило, в бухтах длиной 305 м. Кабельные анализаторы не предназначены для выполнения контроля столь протяженных линий. Причинами такого ограничения являются значительные затухание и сопротивление, превышающие возможности кабельных анализаторов.

СУММА ОГРАНИЧЕНИЙ. КТО ВИНОВАТ?

Профессиональные системы контроля LAN-кабелей специалистам кабельной промышленности известны, но не находят широкого применения из-за бюджетных ограничений.

ГОСТ Р 54429, помимо требований к ВЧ-и НЧ-параметрам, обязывает проверять сопротивление и электрическую прочность изоляции при напряжении 1000 В, что приобрело особую значимость в последнее время в связи с распространением PoE-технологий. Однако многие системы контроля такими возможностями не обладают.

LAN-кабель должен проверяться на структурную целостность, но не в каждой системе

предусмотрен рефлектометр. Контроль параметров асимметрии (TCL, ELTCTL) предполагает использование образца длиной 100 м (см. п.8.3.14 [5]), что не позволяет обеспечить неразрушающий контроль кабельной продукции.

Наиболее критичным в смысле контроля строительной длины (до 305 м) является частотная характеристика защищенности от переходных влияний на дальнем конце (ELFEXT). Так, применительно к кабелям категории 5е нужно обеспечить динамический диапазон средства измерений не менее 86 дБ¹, а отсутствие соответствующей возможности повторно приводит к неизбежной порче готовой кабельной продукции.

Известны проблемы разделки и подключения контролируемого симметричного кабеля к измерительной системе [8, 9]. Вносимая этим подключением неоднородность крайне сложно компенсируется. В работе [8] авторы – ведущие специалисты компании AESA – практически расписываются в том, что учет неоднородности в точке подключения кабеля к коммутатору измерительной установки есть вид искусства, то есть соответствующая компенсация вносимой неоднородности не может быть обеспечена метрологически. Во многом по этой причине производители вынуждены оборудовать измерительные системы несколькими панелями подключения: для НЧ-измерений, для ВЧ-измерений, для супер-ВЧ-измерений.

Формирующие СКС-тест анализаторы относительно дешевы, но не предназначены для подключения кабельной продукции в бухтах (кабель надо оконечивать вилками соответствующей категории, чем выше категории кабеля, тем больше цена одноразово применяемого соединителя), не измеряют погонные параметры, не обеспечивают контроль принятых в отрасли строительных длин до 305 м. Возможности СКС-анализаторов и кабельных измерительных систем не всегда позволяют представить совокупность результатов измерений, которая бы позволила ответить на вопрос: "Что не так в образце кабеля, что следует изменить, чтобы добиться соответствия параметров?"

¹ Максимальная частота для кабелей 5е равна 100 МГц (п.4.1 ГОСТ Р 54429). Вносимое затухание $IL < 22(305/100) = 67$ дБ (п.5.2.2.14), защищенность от переходных помех на дальнем конце $ELFEXT > 24$ дБ (п.5.2.2.20), пересчет нормы $ELFEXT$ на длину 305 м – $10lg(305/100) = 5$ дБ (п.8.3.16), требование к измерению $FEXT(100 \text{ МГц}) > 67 + 24 - 5 = 86$ дБ.



Рис.4. Система A132 (Россия). 32 пары

Есть ли выход? Что делать

В тесном сотрудничестве с кабельными заводами, торговыми домами, научно-исследовательскими и сертификационными центрами группой российских компаний разработана система A132 (см. рис.4), коммутатор которой позволяет измерять кабели с емкостью до 32 пар в полосе до 1000 МГц.

В системе воспроизведены методики измерений, соответствующие подразделу 8.3 ГОСТ Р 54429-2011, заложен числовой материал требований к электрическим параметрам из п.5.2.2 этого же стандарта, учтен опыт приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний кабелей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ. БОЛЬШЕ ПАРАМЕТРОВ!

Возможности и особенности измерительной системы A132 демонстрирует ход исследования причин непрохождения СКС-теста, произведенного при испытаниях LAN-кабеля типа F/UTP 5e 4×2×0,51. Забракованный образец длиной 100 м был подключен к портам 3, 6, 9 и 12 системы A132 и подвергнут дополнительным исследованиям, которые подтвердили (см. рис.5), что коэффициент затухания α_{20} превышает норму, а затухание отражения RL ниже нормы.



**LAN-кабели – неразрушающий контроль
ГОСТ Р 54429**

A132
измерительные системы



ГОСТ Р 38880

ГОСТ Р 58416

РК-кабели – автоматизация измерений

Заказ и поставка
Техподдержка

ООО «НПП «Информсистема»
ИП Кочеров А.В.

+7 863 299 50 59
+7 916 743 06 12

info@informsystema.com
www.andrey-kocherov.com

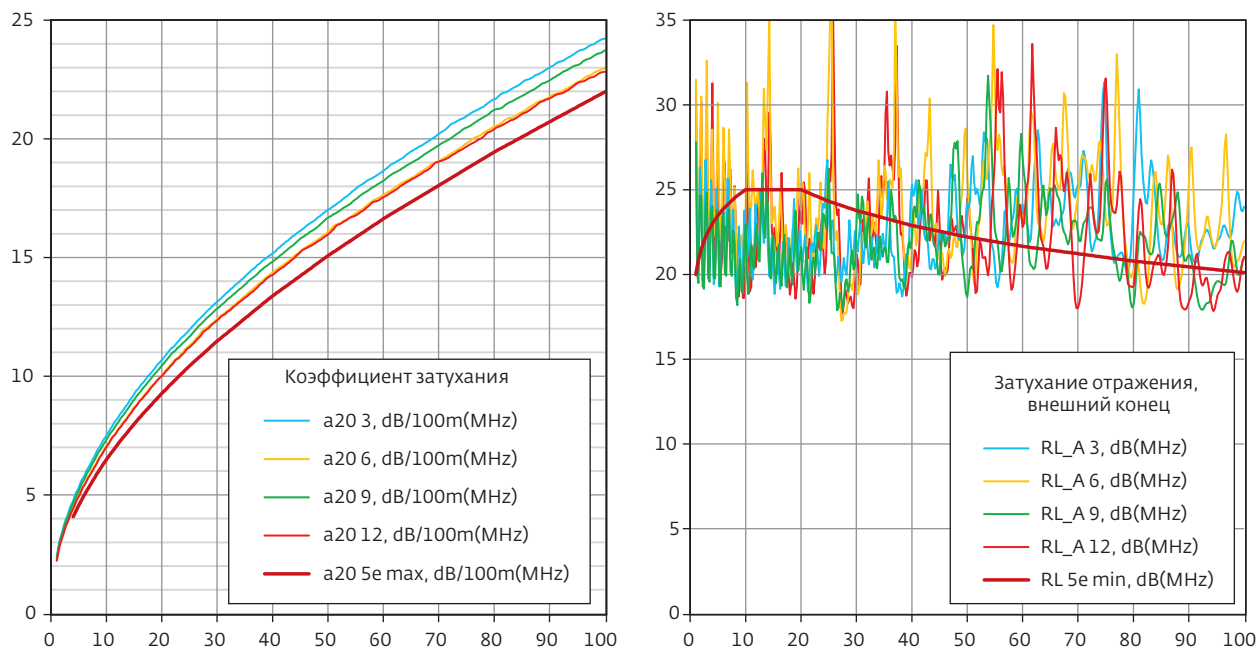


Рис.5. Характеристики дефектного кабеля F/UTP 5e 4×2×0,51

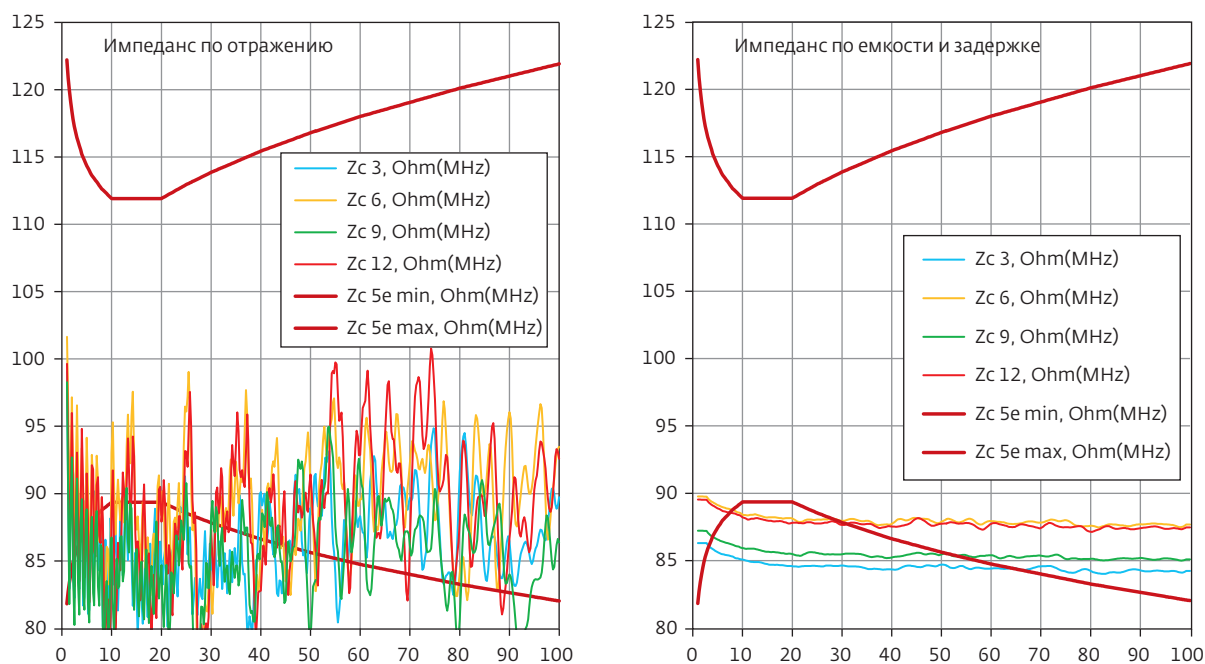
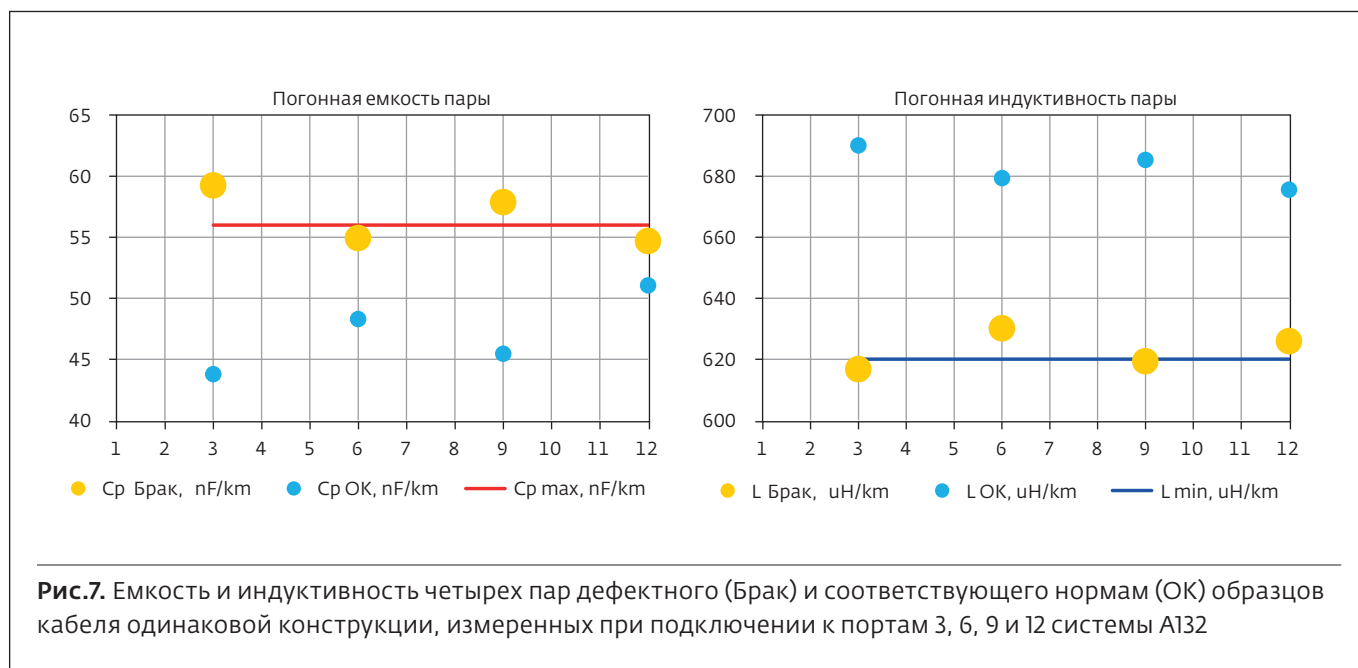


Рис.6. Импеданс дефектного образца кабеля, измеренный системой A132 прямым методом по отражению (слева) и косвенным методом по задержке и емкости (справа)



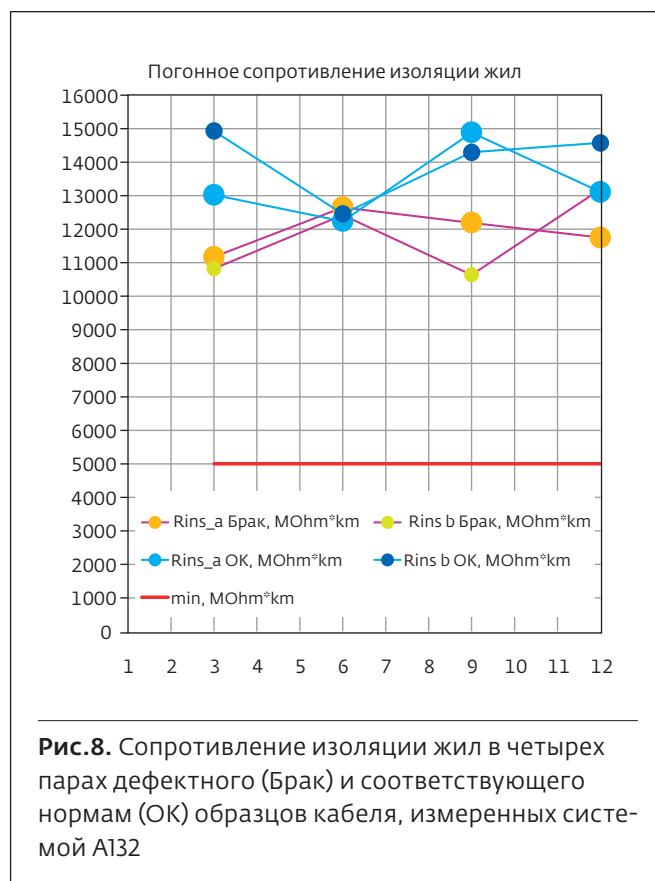
Кабель может быть несогласованным из-за неоднородности его структуры и/или из-за отклонения величины его импеданса от номинала. Импеданс можно восстановить из измеренного комплексного коэффициента отражения или определить его косвенным методом по емкости и задержке в соответствии с п.8.3.1 ГОСТ Р 58416.

Во втором случае частотная характеристика импеданса будет очищена от сложной картины интерференции отражений от неоднородностей и в рассматриваемом случае покажет, что импеданс действительно занижен (см. рис.6).

Причины занижения импеданса затруднительно определить по стандартному набору параметров СКС-теста (см. рис.2). И даже не каждая профессиональная система может дать ответ на этот вопрос. В конкретном расследовании было обнаружено, что производитель допустил завышение емкости и занижение индуктивности (см. рис.7). Эти параметры не нормируются в ГОСТ Р 54429, однако несложно определить их значения, обеспечивающие соответствие коэффициента затухания и импеданса для кабелей выпускаемых конструкций, и аккуратно следить за их соблюдением.

Высокая емкость является следствием недостаточной толщины изоляции проводников, то есть токопроводящие жилы находятся на меньшем расстоянии, чем это имеет место в кабелях, соответствующих нормам. Это подтверждает и то, что погонная индуктивность L ниже обычных значений ровно по той же причине – жилы в паре расположены слишком близко. Импеданс

пропорционален $Z_c \approx \sqrt{L / C_p}$, поэтому рост емкости и снижение индуктивности способствуют падению импеданса $Z_c < 100$ Ом, что понижает затухание отражения.



Причиной нарушения нормы по коэффициенту затухания α_{20} также является разнонаправленное изменение емкости и индуктивности, определяющих затухание в соответствии с формулой $\alpha \approx R / 2 \sqrt{C_p / L}$.

Любопытно, что на этом же дефектном образце сопротивление изоляции, хотя и заметно выше нормы, но хуже, чем у эталонного образца. Это не противоречит выявленному факту уменьшения толщины изоляции жил (см. рис.8).

LAN-кабели длиной до 305 м. Дашь отрасли 100%-ный контроль!

Традиционная практика контроля кабельной продукции предполагает отсечение от готовой бухты (катушки) отрезка длиной 100 м или короче, установку на концах отрезка вилок RJ45, подключение к СКС-анализатору, выполнение измерений и интерпретацию результатов.

Система A132 применительно к кабелям категории 5е позволяет контролировать бухты (катушки) длиной до 305 м, то есть применять неразрушающий контроль в ходе ПСИ. Это позволяет говорить о потенциально 100%-ном контроле продукции, или о неразрушающем контроле любого образца готового кабеля, отобранного в ОТК (ОКК), на складе дистрибьютора или потребителя, в ходе приемки заказчиком.

Как было сказано выше, для решения этой задачи следует преодолеть ряд ограничений (см. табл.2).

Снятие этих ограничений системой A132 легко проиллюстрировать.

На рис.9 показано увеличение защищенности от асимметрии ELTCTL при укорочении кабеля с 300 до 100 м.

Результаты множества выполненных подобных измерений позволяют определить закон коррекции нормы.

$$ELTCTL(F, X) = ELTCTL(F) - 2.1(9 - 2.25 \lg(F)) \lg(X/100),$$

где: ELTCTL(F, X) – норма, учитывающая длину кабеля,
ELTCTL(F) – норма по ГОСТ Р 54429 для 100 м,
F – частота, МГц,
X – фактическая длина кабеля, м.

На рис.10 показаны частотные характеристики защищенности пар от переходных помех на дальнем конце PS ELFEXT для кабеля U/UTP 5е 4×2×0,52 длиной 300 м. Здесь кабель подключен к портам 2, 5, 8 и 11 системы A132. На максимальной частоте запас составляет более 5 дБ.

Наконец, остался самый "тяжелый" случай – затухание отражения RL. Именно обеспечение соответствия этого параметра доставляет массу хлопот и производителям кабелей [8], и производителям средств измерений [9]. Стык измеряемого симметричного кабеля и измерительной системы

Таблица 2. Ограничение длины контролируемых LAN-кабелей

Ограничение	Преодоление
В ГОСТ Р 54429 отсутствуют нормы по асимметрии (TCL, ELTCTL) для кабелей длиной более 100 м	На значимом количестве образцов кабелей (любезно предоставлены компанией "ТД АБН") были произведены испытания, в ходе которых кабели последовательно укорачивались и измерялись, что позволило установить системные зависимости протекания ЧХ асимметрии от длины в пределах от 100 до 305 м: - зависимость затухания TCL от длины отсутствует; - зависимость защищенности ELTCTL от длины выявлена и внесена в систему норм
Диапазон измерения FEXT для контроля защищенности ELFEXT 5е-кабелей на длине до 305 м должен составлять не менее 86 дБ на частоте 100 МГц	Программно-аппаратное обеспечение системы A132 позволяет обеспечить должный диапазон для контроля ELFEXT путем калибровки векторного анализатора в режиме «с неизвестной перемычкой»
Контроль структурной целостности кабеля на длине до 305 м	Обеспечивается рефлектометрическим измерением с компенсацией затухания и представлением результата на рефлектограмме в единицах затухания отражения. Измерения выполняются с двух концов кабеля в целях обеспечения контроля двух частей длины кабеля

представляет собой четырехполюсник, параметры передачи которого крайне сложно и рассчитать, и идентифицировать, и компенсировать. Задача калибровки измерительной системы существенно облегчается в случае подключения кабеля через стандартный разъем, то есть именно так, как это происходит применительно к СКС-анализатору. В этом случае и соответствующие калибровочные наборы (согласованные нагрузки 100 Ω , нагрузки короткого замыкания – Short, и холостого хода – Open, замыкающая перемычка Throught) могут быть оконечены соответствующим разъемом, характеристики которого затем воспроизводятся в подключении контролируемого канала.

В системе A132 обеспечены две методики калибровки. Каждый канал коммутатора заканчивается двумя 50-Ом разъемами SMA-F, что позволяет калиброваться на стандартных 50-Ом образцовых нагрузках, которые должны быть аттестованы должным образом. ПО системы предусматривает загрузку соответствующих файлов калибровки для каждого 100-Ом порта ($2 \times 50 = 100$) и для каждого измерительного режима. Файлы калибровки для системы и для используемого сертифицированного Росстандартом векторного анализатора полностью совпадают. Это решает вопрос метрологического обеспечения системы с формальной стороны.

Но пару затруднительно подключить к SMA-разъемам, поэтому в состав системы введены переходы SMA-to-Wago, обеспечивающие подключение

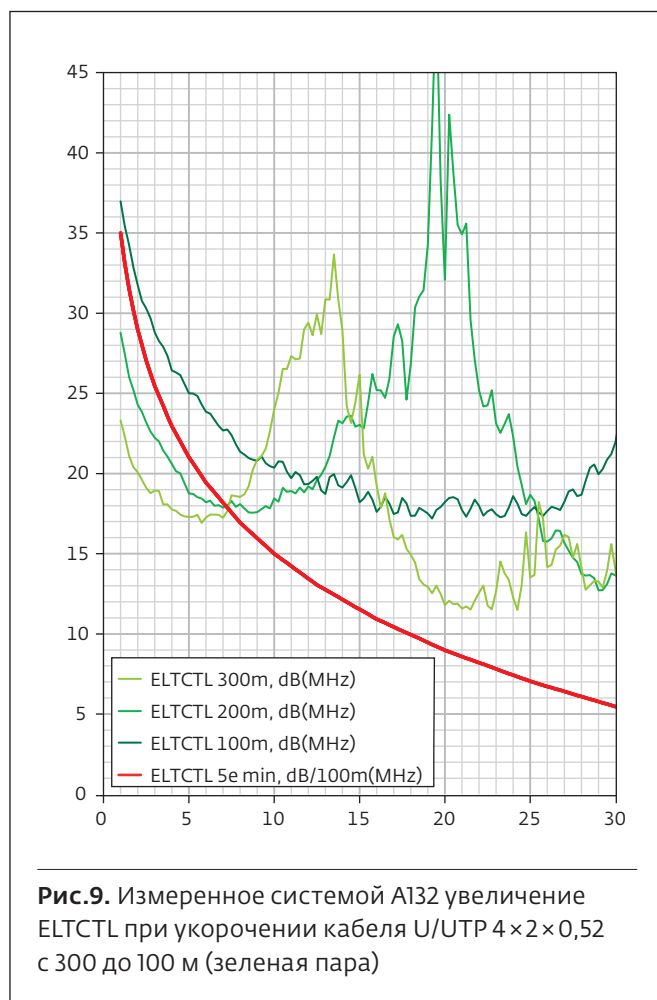


Рис.9. Измеренное системой A132 увеличение ELTCTL при укорочении кабеля U/UTP 4×2×0,52 с 300 до 100 м (зеленая пара)

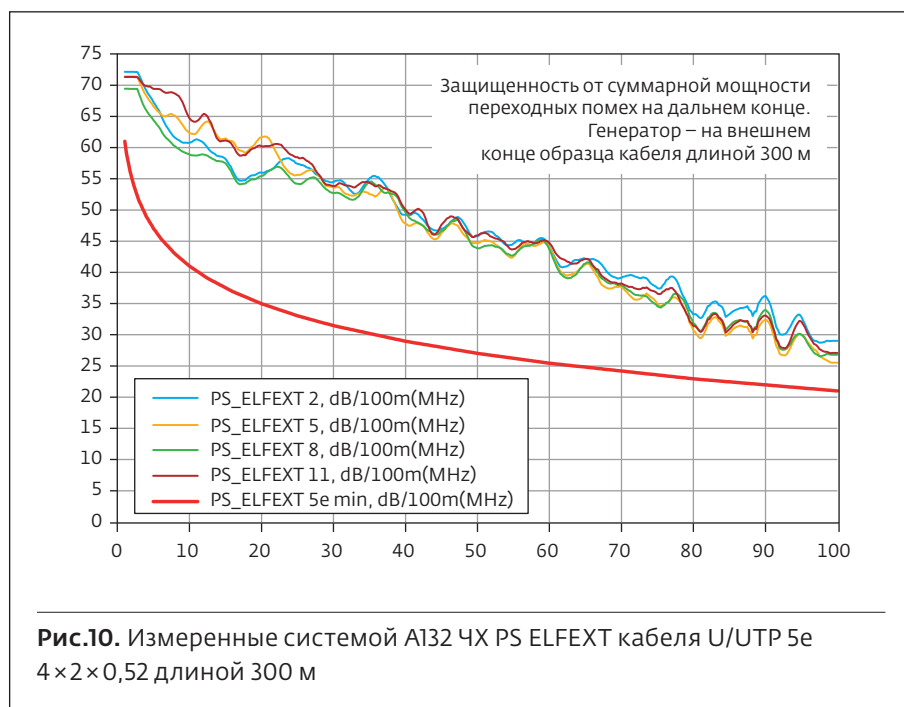


Рис.10. Измеренные системой A132 ЧХ PS ELFEXT кабеля U/UTP 5e 4×2×0,52 длиной 300 м

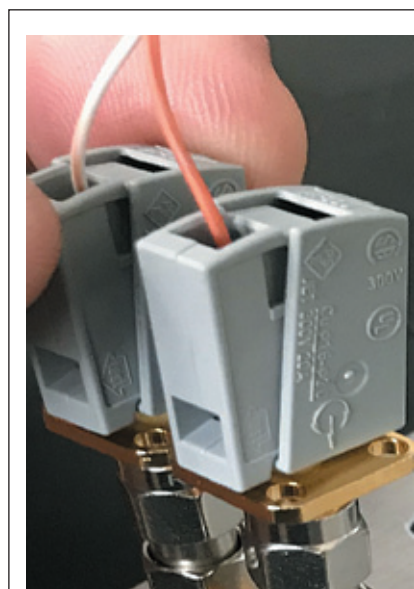


Рис.11. Система A132. Подключение жил пары

проводов пар. Однако такой переход вместе с подключением пары начинают "ломать" калибровку. Значит, следует перенести плоскость калибровки за SMA-to-Wago-переход, и далее – за место включения жил пары в подпружиненную Wago-клемму, и еще дальше – до того места, где пары измеряемого кабеля "вольются" в регулярный повив кабеля.

Как это осуществить? Изготовить отрезки пар с соответствующими раскрыту повива длиной 10–20 см и нагрузками 100 Ω , Short, Open. И калибровать систему на таких нагрузках.

Но и этот перенос плоскости калибровки не гарантирует воспроизведения согласования при последующем подключении измеряемого кабеля, что приводит к искажениям при измерении затухания отражения. Такая проблема возникает между производителем кабелей и поставщиком измерительных систем на спорных по отражению кабелях (см. рис.6). Результаты контроля согласованности кабелей, параметры которых аккуратно подобраны, проблем восприятия и интерпретации не вызывают (см. рис.12).

Для преодоления этого препятствия следует поступать ровно так, как это рекомендовано в "коаксиальном" ГОСТ Р 58416 – измерять импеданс косвенным методом через время задержки и емкость пары, а затухание отражений от неоднородностей кабеля – отдельно рефлектометром TDR.

Эффект устранения интерференции был продемонстрирован выше (см. рис.6), а рефлектометр с компенсацией затухания способен указать дефекты на строительной длине до 305 м (см. рис.13), если анализировать кабель последовательно от внешнего к внутреннему и затем от внутреннего к внешнему окончанию.

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ. ИСТИННОЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Измерительная система A132 реализует задачи "симметричного" ГОСТ Р 54429-2011, дополняя его методики измерений "коаксиальным" ГОСТ Р 58416-2019. Система изготовлена в "железе". Это – итоги.

Приведенные в статье иллюстрации ограничены полосой частот до 100 МГц (категория 5е), но система A132 обеспечивает измерение коаксиальных кабелей в полосе до 6000 МГц и контроль симметричных кабелей категории 6А в полосе 500 МГц. Особенностью системы является возможность измерения параметров изоляции, низкочастотных параметров, характеристик на высокой частоте в сочетании с рефлектометрическим контролем отражений (структурной целостности) кабелей. Все эти измерения производятся автоматически после выполненного один раз подключения симметричного кабеля с парной емкостью от 1 до 32.

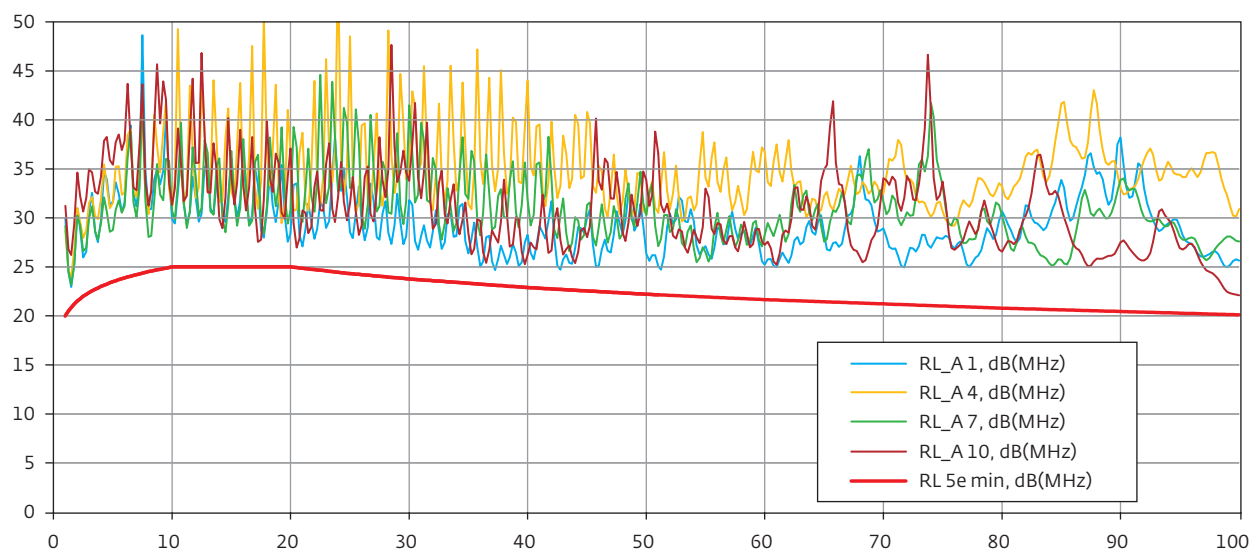


Рис.12. Измеренные системой A132 на портах 1, 4, 7 и 10 ЧХ затухания отражения пар кабеля U/UTP 5e 4x2x0,52 длиной 100 м

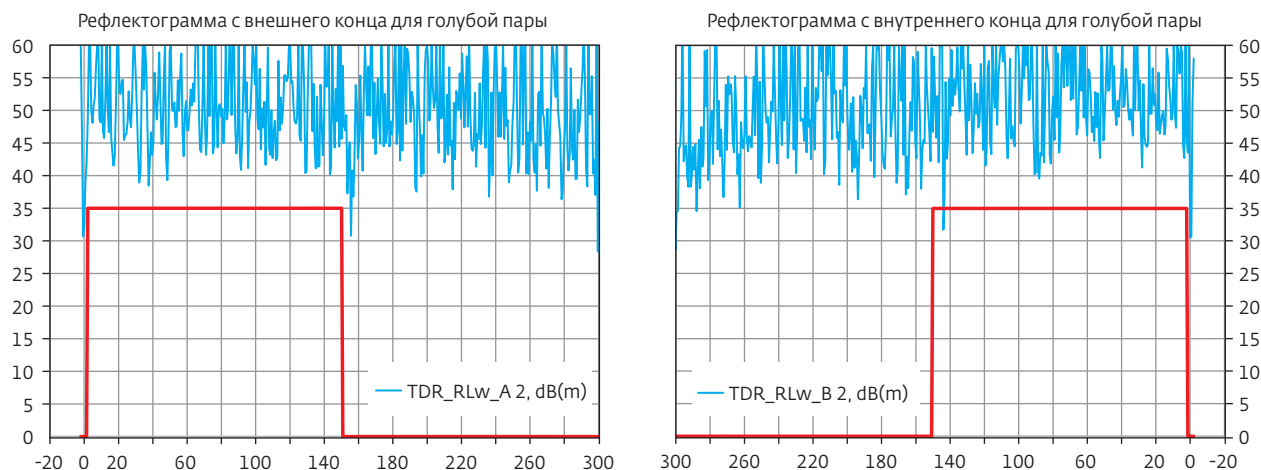


Рис.13. Восстановленное системой A132 затухание отражения – от начала и от конца кабеля F/UTP 5e 4×2×0,52 длиной 300 м. Обнаружен незначительный дефект на удалении 156 м от внешнего и 144 м от внутреннего окончаний

Программное обеспечение A132 дополнительно позволяет проводить контроль коаксиальных кабелей с импедансом 50 и 75 Ом на соответствие требованиям ГОСТ Р 58416-2019.

Назначение системы A132 – обеспечить неразрушающий контроль и исследования много- и мало-парных LAN-кабелей категории 5e длиной до 305 м в условиях производства, на торговых площадках, в исследовательских организациях и сертификационных центрах. Главная задача системы – обеспечить конкурентные преимущества кабельной продукции продвинутых российских производителей. Это – перспективы отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 53245-2008. Системы кабельные структурированные. Монтаж основных узлов системы. Методы испытания.
- ISO/IEC 11801. Information technology – Generic cabling for customer premises.
- TIA/EIA-568-B.1. Commercial Building Telecommunications Cabling Standard Part 1: General Requirements.
- CENELEC EN 50173-1-2011. Information technology – Generic cabling systems – Part 1: General requirements.
- ГОСТ Р 54429-2011. Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия.
- Андреев В., Бульхин А., Попов Б., Попов В. Качество LAN-кабелей – основа надежной работы СКС и сетей ШПД // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2020. № 1. С. 24–27.
- Фролов И., Лушенкова Н. Новые российские медножильные кабели для СКС и сетей доступа // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 8. С. 26–29.
- Кузнецов Р.Г., Лобанов А.В., Молчанов Н.Е. Особенности разработки и производства кабелей для стандарта SPACEWIRE // Кабели и провода. 2021. № 2. С. 10–24.
- Ван Рейссельберге Л., Кляйн В., Гигон Д., Дардел Б., Арбет-Энгельс В. Обзор процедур по устранению побочных эффектов при измерении радиочастотных кабелей связи // Кабели и провода. 2021. № 2. С. 26–33.
- Каталог кабельной продукции ООО "Торгово-промышленный дом Паритет" [Электронный ресурс] // URL: https://paritet.ru/upload/iblock/8ee/Catalogue_2018.pdf (дата обращения: 31.10.2021).
- ISO/IEC TR 11801-9906. Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 9906: Balanced 1-pair cabling channels up to 600 MHz for single pair Ethernet (SPE). Edition 1.0 2020-02
- ГОСТ Р 58416-2019. Кабели радиочастотные. Общие технические условия.
- ГОСТ 27893-88. Кабели связи. Методы испытаний.