



DOI 10.52350/2072215X\_2021\_6\_19

# АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА НА ОСНОВЕ МНОГОПАРНЫХ LAN-КАБЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

ANALYSIS OF THE BROADBAND ACCESS TECHNOLOGIES BASED  
ON MULTI-PAIR LAN CABLES AND THE REQUIREMENTS FOR THEM

**V.B. Popov**, *Cand Sc. (Engineering), Professor of Department of Communication Lines and Measurements in Communication Engineering of FGBOU VO "Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics";*  
**I.S. Sherstnikov**, *Chairman of the Board of Directors of JSC "Samara Cable Company"*

**В.Б. Попов**, *канд. техн. наук, профессор кафедры Линий связи и измерений в технике связи ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»;*  
**И.С. Шерстников**, *председатель совета директоров АО «Самарская Кабельная Компания»*

**Аннотация.** Приводится анализ технологий широкополосного доступа на основе многопарных LAN-кабелей. Показано, что разработанный комплекс мероприятий по технологии скрутки кабельного сердечника и наложению на него экрана и защитной полимерной оболочки позволяет обеспечить выполнение норм на электрические характеристики передачи и взаимных влияний LAN-кабелей, отвечающих требованиям категории 5е.

**Ключевые слова:** многопарные LAN-кабели, ШПД, технологии xDSL, скрутка кабельного сердечника, крутильные машины, экран, АО «Самарская Кабельная Компания».

**Abstract.** The analysis of broadband access technologies based on multi-pair LAN cables is presented. It is shown that the developed set of measures related to the technology of cable core twisting and application of a screen and a protective polymer sheath makes it possible to ensure the compliance with the norms for the electrical characteristics of transmission and mutual influences of LAN cables that meet the requirements for category 5e.

**Key words:** multi-pair LAN cables, broadband access, xDSL technology, cable core twisting, twisting machines, screen, JSC "Samara Cable Company".

*Материал поступил в редакцию 14.10.2021  
E-mail: inkat@inbox.ru*

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сегодня в России в отрасли телекоммуникаций наибольшие капитальные вложения направляются

на развитие широкополосного доступа (ШПД). Весьма востребованы также структурированные кабельные системы (СКС), которые являются неотъемлемой частью любого современного общественного объек-



та, в первую очередь офисных зданий. В этих сферах широкое применение находит специальная группа медножильных симметричных кабелей – LAN-кабели (кабели «витая пара»). Обусловлено это тем, что внедрение перспективной чисто оптической технологии FTTH (fiber to the home – «волокно до квартиры или домовладения») является пока достаточно дорогостоящим. Как следствие этого – операторские компании пока чаще внедряют технологии FTTB (fiber to the building – «волокно до здания») – как более дешёвую. При такой технологии на сегменте сети от узла агрегации до многоэтажных домов или микрорайона (квартала) применяются оптические кабели, а на абонентском участке применяются медножильные симметричные кабели, к которым подключается оборудование технологий семейства xDSL. Эти технологии ШПД в России широко используются практически на всех местных сетях, от небольших посёлков до городов. Их используют и операторские компании многих европейских стран. Опыт работы на реальных сетях ШПД показывает, что достичь высокой скорости и высокого качества передачи можно только используя высококачественные LAN-кабели. В настоящее время большим спросом пользуются 4-парные кабели без экрана типа U/UTP 4×2×0,52 категории 5е. Однако в последнее время стали востребованы и многопарные LAN-кабели ёмкостью от десяти до ста пар. Для построения СКС востребованы многопарные LAN-кабели категории 3, которые применяются для передачи телефонных сигналов в магистральных подсистемах. При этом операторы связи в большинстве случаев заказывают для ШПД многопарные LAN-кабели категории 5е, сердечник которых формируется из 4-парных элементарных пучков. Дело в том, что для обеспечения высокой скорости передачи к абоненту вводится уже ставший традиционным 4-парный кабель категории 5е. Необходимость применения именно этой категории вызвана потребностью передачи по сети сигналов сетевых интерфейсов Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

В этой связи возникает практический интерес в анализе технологий широкополосного доступа на основе многопарных LAN-кабелей и рассмотрении требований, предъявляемых к ним.

#### АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ШИРОКОПОЛОСНОГО АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА НА МНОГОПАРНЫХ LAN-КАБЕЛЯХ

Сегодня используется большое количество технологий высокоскоростной передачи информации,

объединённых общим названием xDSL (цифровая абонентская линия, где x – префикс, определяющий конкретный тип технологии DSL). С разработкой концепции xDSL значительно изменилась идеология развития сетей связи. Если раньше бытовало мнение, что довести цифровой сигнал до абонента можно лишь с помощью массового внедрения оптических кабелей, то после практического применения технологий xDSL у операторов связи появилась уверенность в том, что симметричные кабели связи ещё достаточно большой промежуток времени будут использоваться для реализации ШПД на абонентских сетях.

В настоящее же время для многих индивидуальных пользователей привычными стали мультимедиа-коммуникации, видеоприложения, социальные сети и т.п. Эта сетевая мультимедиа-среда, один раз образовавшись, вызвала глубокое изменение динамики поведения пользователя. Пользователь может выбрать и сразу скачать, например, заинтересовавший его видеопоток, но при этом хочет также быстро закачивать в сеть аудио-, видео- и фотоматериалы. Для этого ему нужна большая скорость в обоих направлениях. Всё это говорит о востребованности на сетях электросвязи России как асимметричных, так и симметричных технологий xDSL. Они работают как на ранее построенных кабельных линиях связи, так и на вновь построенных. Сведения о технологиях xDSL приведены во многих источниках, например [1]. Здесь приведены только основные характеристики технологий xDSL, обеспечивающие высокую скорость передачи вплоть до 100 Мбит/с.

**Асимметричные технологии.** Сегодня находят применение следующие асимметричные технологии: ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL2.

ADSL технология самая массовая и максимально приближена к пользователю. Следует сказать, что именно технология ADSL является первым проводником к сетям нового поколения, правда при относительно невысокой скорости передачи. Верхний предел скорости передачи к пользователю составляет 8 Мбит/с и 1,5 Мбит/с в обратном направлении.

Технология ADSL2 основана на традиционной технологии ADSL и по существу является её модернизацией в части лучшей адаптации к новым приложениям Triple Play. Повышен верхний предел скорости передачи в направлении к пользователю с 8 до 15 Мбит/с.

Технология ADSL2+ по своей сути является прикладной технологией, которая позволила на основе ADSL2 увеличить скорость передачи в направлении к пользователю до 24,5 Мбит/с, а в обратном направлении до 16 Мбит/с.



Технология VDSL обеспечивает в асимметричном варианте в направлении к пользователю скорость передачи до 57 Мбит/с и до 33 Мбит/с по направлению от пользователя. Такая высокая скорость передачи обеспечивается только на небольших расстояниях: около 300 м при скорости 57 Мбит/с и около 1,8 км при скорости 13 Мбит/с [2].

Подводя итог вышесказанному, отметим, что рассмотренные технологии асимметричного ШПД направлены на повышение скорости передачи сигналов и увеличение длины линии. При этом и скорость передачи и длина линии в значительной мере определяются затуханием сигналов и величиной помехозащищённости от взаимных влияний между цепями кабеля связи.

**Симметричные технологии.** На сетях связи России используется достаточно большое количество симметричных технологий xDSL [1], однако на сетях ШПД, особенно для индивидуальных пользователей, эти технологии получили применение несколько позже асимметричных. Поэтому кратко рассмотрим только те симметричные технологии, для которых характерны достаточно высокие скорости передачи.

Технология VDSL в симметричном варианте обеспечивает скорость передачи в направлении к пользователю и в обратном направлении до 33 Мбит/с. Технология VDSL может использоваться для передачи сигналов телевидения высокой чёткости, видеосигналов и т.д.

Технология VDSL2 – это сверхскоростная цифровая абонентская линия, обеспечивающая скорость передачи в направлении пользователя и обратно до 100 Мбит/с. При такой скорости передачи длина линии составляет 100–200 м.

Здесь необходимо сказать, что реализация указанных скоростных показателей может быть обеспечена высокой помехозащищённостью между цепями кабеля.

Отдельно следует сказать о технологии Ethernet (этернет). Эта технология, рождённая как технология локальных сетей, сегодня используется при решении самых разных задач: от подключения разнообразных терминальных устройств и базовых станций сотовой связи до организации суперскоростных магистралей. Вопросы проектирования, построения и обслуживания сетей на базе Ethernet приходится решать при создании и эксплуатации любой современной телекоммуникационной инфраструктуры [3].

Сам по себе стандарт (технология) Ethernet имеет скорость передачи 10 Мбит/с. В 1995 году появился стандарт Fast Ethernet, который поддерживает скорость 100 Мбит/с, а в 1999 году создан новый

стандарт Gigabit Ethernet, поддерживающий скорость уже 1 Гбит/с. В 2002 году создаётся 10 Gigabit Ethernet стандарт. Отметим, что для поддержания технологий Ethernet и Fast Ethernet может быть применён LAN-кабель категории 5, а для Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Ethernet уже нужен LAN-кабель категории 5е или 6 категории [4].

#### ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МНОГОПАРНЫМ LAN-КАБЕЛЯМ КАТЕГОРИИ 5Е

Нормирование электрических характеристик передачи и взаимных влияний LAN-кабелей регламентируется требованиями действующего ГОСТ Р 54429–2011 «Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия» [5]. В этом стандарте нормы на высококачественные электрические характеристики LAN-кабелей приведены на длину 100 м, как принято в стандартах СКС.

При изготовлении симметричных LAN-кабелей основное внимание уделяется обеспечению симметрии конструкции кабельных цепей, как в отношении геометрического расположения жил, так и в отношении однородности диэлектрических свойств изоляции. Оба эти фактора и определяют величину электрических характеристик передачи и взаимного влияния. Высококачественные LAN-кабели можно изготавливать только на основе применения современного технологического оборудования, оснащённого системами автоматического регулирования параметров качества кабеля, а также использованием материалов надёжных отечественных поставщиков [6]. Для производства LAN-кабелей категории 5е типа U/UTP 4×2×0,52 сегодня в АО «Самарская Кабельная Компания» (АО «СКК») применяется современное высокоскоростное импортное специализированное оборудование.

Практика производства симметричных кабелей связи вообще и многопарных в частности показывает, что параметры передачи и особенно взаимных влияний между цепями наиболее чувствительны к геометрическим неоднородностям. При освоении выпуска многопарных LAN-кабелей в АО «СКК» был разработан комплекс мероприятий по технологии скрутки кабельного сердечника из элементарных 4-парных пучков и наложению на сердечник экрана и защитной полимерной оболочки, направленный на выполнение норм на электрические характеристики, отвечающих требованиям категории 5е



в соответствии с требованиями указанного выше ГОСТ. Проведённый на предприятии анализ крутильных машин показал, что для скрутки многопарных LAN-кабелей следует применять машины классической однонаправленной скрутки. Обусловлено это тем, что однонаправленная скрутка по сравнению с разнонаправленной обеспечивает получение геометрически более однородного сердечника, что весьма важно для обеспечения стабильности электрических характеристик. В [7] приводится классификация и характеристики крутильных машин общей скрутки, применяемых в кабельной технике. Для скрутки сердечника кабелей связи рекомендуются крутильные машины клетьевого типа. В частности, отмечается, что машины этого типа благодаря небольшим углам схода жил, малым их перегибам и хорошим возможностям регулирования натяжения применяют для скрутки высокочастотных кабелей дальней связи, в которых требуется строгая симметрия расположения скручиваемых жил. Отметим, что ещё более строгая симметрия требуется при скрутке многопарных LAN-кабелей.

Очень важным моментом в обеспечении высокой симметрии сердечника многопарного кабеля является группирование 4-парных элементарных пучков в сердечник так, чтобы он был максимально круглой формы. Например, LAN-кабель ёмкостью  $50 \times 2 \times 0,52$  изготавливается на крутильной машине путём повивной скрутки двенадцати 4-парных элементарных пучков в общий сердечник, в центре которого расположены две пары.

Реализация разработанного комплекса мероприятий по технологии скрутки кабельного сердечника из элементарных 4-парных пучков и наложению на сердечник экрана и защитной полимерной оболочки позволила обеспечить практически круглую форму кабельного сердечника и минимальное механическое воздействие на элементарные пучки в процессе скрутки сердечника. Всё это в конечном итоге обеспечивает выполнение норм электрических характеристик передачи и взаимных влияний LAN-кабелей, отвечающих требованиям категории 5е в соответствии с ГОСТ Р 54429–2011.

#### Список литературы

#### List of References

1. **Балашов В.А., Лашко А.Г., Ляховецкий Л.М.** Технология широкополосного доступа xDSL: Инженерно-технический справочник. – М.: Эко-Трендз, 2009. – 256 с.
2. **Кочеров А.В., Хвостов Д.В.** ADSL2+ и VDSL2. Нормирование и управление эксплуатационной надёжностью сети ШПД // Вестник связи. – 2008. – № 4. – С. 12–21.
3. Ethernet на пальцах – что это?  
URL: <https://wiki.merionet.ru/seti/29/ethernet-na-palcah-chto-eto/> (дата обращения: 24.09.2021).
4. Ethernet – свободный.  
URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 04.10.2021).
5. ГОСТ Р 54429–2011. Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия.  
URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200088857> (дата обращения: 04.10.2021).
6. **Андреев В., Бульхин А. и др.** Качество LAN-кабелей – основа надёжной работы СКС и сетей ШПД // Первая миля. – 2020. – № 1. – С. 24–27.
7. **Бабицкий О.Ш., Лехтман Д.Я.** Технология скрутки кабелей. – М.: Энергия, 1978. – 133 с.

1. **Balashov V.A., Lashko A.G., Lyakhovetsky L.M.** Broadband access technology xDSL: Engineering-technical guide. – М.: Eco-Trends, 2009. – 256 p.
2. **Kocherov A.V., Khvostov D.V.** ADSL2+ and VDSL2. Regulation and management of operational reliability of the broadband access network // Bulletin of Communications. – 2008. – № 4. – P. 12–21.
3. Ethernet in simple terms – what is it?  
URL: <https://wiki.merionet.ru/seti/29/ethernet-na-palcah-chto-eto/> (access date: 24.09.2021).
4. Ethernet – free.  
URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (access date: 04.10.2021).
5. GOST R 54429–2011. Symmetrical telecommunication cables for digital communication. General specifications.  
URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200088857> (access date: 04.10.2021).
6. **Andreev V., Bul'khin A. et al.** LAN cable quality is the basis for reliable operation of structured cabling systems and broadband access networks // First mile. – 2020. – № 1. – P. 24–27.
7. **Babitsky O.Sh., Lekhtman D.Ya.** Cable twisting technology. – М.: Energy, 1978. – 133 p.