кабели и пассивное ОБОРУДОВАНИЕ

О МАССОВОМ ПРИМЕНЕНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДНИКОВ в коаксиальных ТВ-кабелях и кабелях "витая пара", импортируемых из ЮВА

С.Пономарев, ООО "Корпорация ЛАНС" / lans@lans.spb.ru

УДК 621.315.21, DOI: 10.22184/2070-8963.2020.92.7-8.32.37

Цель статьи – предостережение покупателям телекоммуникационных кабелей. Применение кабелей с проводниками и/или оплеткой из алюминия имеет серьезные технические ограничения. Они могут обслуживать лишь простые задачи на примитивно-бытовом уровне. Алюминиевые проводники ССА не позволяют осуществлять дистанционное питание РоЕ ни в каком его виде.

Введение

Российский потребитель, приходящий в строительные магазины, очень часто сталкивается с предлагаемой ему кабельной продукцией весьма низкого качества, а зачастую и сфальсифицированной. Например, в классических коаксиальных ТВ-кабелях, импортируемых из Юго-Восточной Азии (ЮВА), повальным образом и, фактически, без какого-либо исключения применяется удешевленная алюминиевая оплетка. Также можно, к великому сожалению, констатировать, что в большинстве кабелей типа "витая пара", предназначенных для передачи данных, массовым образом используются проводники, изготовленные по технологии ССА.

В этой статье мы попытаемся простым и понятным языком рассказать о том, что же на самом деле означает применение алюминиевых материалов в важнейших компонентах телекоммуникационных кабелей.

ЧТО ТАКОЕ ССА И КАКИЕ РИСКИ ЭТО НЕСЕТ ПОТРЕБИТЕЛЮ

Да, в подавляющем большинстве кабелей "витая пара", импортируемых в Россию из ЮВА, применяются алюминиевые проводники с напыленным слоем меди (рис.1). Такая структура проводника обозначается аббревиатурой ССА (Copper Clad Aluminium). Эта "экономия" превращает данную кабельную продукцию в сомнительную и недолговечную поделку, которая зачастую не соответствует никаким стандартам и способна передать сигнал лишь на очень короткие расстояния (десятки метров) и при этом на пониженных скоростях.

Обычные покупатели игнорируют или же не понимают технических ограничений ССА-кабелей, все недостатки которых связаны именно со свойствами алюминия, который используют из-за его дешевизны по отношению к меди. Отметим сразу, что использование кабелей с ССА-проводниками напрямую запрещено



Рис.1. Типовой проводник кабеля "витая пара", в котором применена технология ССА

такими органами стандартизации, как IEC и CENELEC. Кроме того, расположенная в Дании крупнейшая независимая лаборатория 3P Third Party Testing ApS, которая тестирует кабельную продукцию на соответствие отраслевым стандартам, категорически не рекомендует использовать ССА-проводники в кабелях "витая пара". Применение ССА-проводников прямо противоречит спецификациям стандартов IEC и CENELEC на кабели Cat.5e и Cat.6, которые требуют использовать в "витых парах" исключительно медные проводники.

В порядке исключения биметаллические кабели, в которых алюминий легируется иными материалами с применением специальных защитных покрытий, могут применяться в авиационной промышленности, где выигрыш в весе до 30% по сравнению с медными кабелями может быть оправдан и даже полезен. В иных же отраслях применение биметаллических ССА-кабелей может быть объяснено лишь примитивным желанием поставщика (изготовителя) сэкономить там, где экономить не следует.

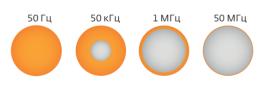
Само создание биметаллического ССА-проводника для "витой пары" было основано на использовании классического скин-эффекта (рис.2): на частотах в десятки МГц происходит вытеснение электрического тока на поверхность проводника. Вот эту самую поверхность выполняют из тончайшего слоя меди (единицы мкм), а основная центральная часть проводника в целях экономии изготавливается из алюминия, то есть ССА – это, по сути, алюминий с напыленным на него слоем меди, или так называемая омедненка.

На частотах порядка 1000 МГц, используемых в современных высокоскоростных сетях доступа, разрешенная толщина медного слоя в проводнике составляет всего лишь 2 мкм, что исключительно мало. Такой чрезвычайно тонкий медный слой неизбежно разрушается при заделке проводников в разъем. Рассчитывать на то, что производитель из ЮВА будет многократно утолщать слой меди, тем самым резко

увеличивая свои затраты, простому потребителю не приходится.

Процитируем здесь близко к тексту одну из статей [1] профессора МТУСИ Андрея Семенова, активного исследователя проблем структурированных кабельных систем (СКС) и локальных коммуникационных сетей (LAN). Он пишет, что строительство в России магистральных линий связи на основе волоконной оптики в основном завершено, а вот создание той части сетей доступа, которая предоставляет услуги широкому кругу частных пользователей, все еще находится в активной фазе своего развития. Основным типом технологии, обслуживающей "последний метр последней мили", на данном этапе развития становится Fast Ethernet 100 Мбит/с, поскольку высокая пропускная способность оптических кабелей на подходах к абоненту в большинстве случаев оказывается невостребованной. Среднестатистический пользователь не в состоянии воспринимать всю ту информацию, которая поступает к нему со скоростью свыше 50 Мбит/с, и тем более он не в состоянии наполнить обратный канал столь же скоростным потоком. Там же профессор МТУСИ констатирует, что кабели с ССА-проводниками могут удовлетворительно функционировать лишь на скоростях не более 100 Мбит/с и при протяженности тракта не свыше 70 м. На понятном каждому языке это звучит так: ССА-кабели имеют серьезные технические ограничения и могут обслуживать лишь простые задачи на примитивно-бытовом уровне. Применение ССАкабелей в профессиональных сетях невозможно по ряду причин, о которых подробнее рассказывается ниже.

Другой важный вывод из процитированной выше статьи таков: роль кабелей "витая пара" в целом для современного этапа развития сетей доступа



Суть скин-эффекта: для высокочастотных токов работает лишь тонкий наружный слой проводника, а для низкочастотных токов работает наибольшая часть сечения проводника.

Обязательные к применению 67 мкм @ 1 МГц 1 мкм = в ССА-структурах толщины наружного медного слоя следующие: 2 мкм @ 100 МГц 2 мкм @ 1000 МГц

Рис.2. Сечение условного проводника диаметром 0,51 мм. Оранжевым цветом показаны зоны протекания электрических токов в проводнике на соответствующих частотах передачи сигнала

КАБЕЛИ И ПАССИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

в интернет возрастает, и при этом от качества применяемых кабелей будут напрямую зависеть параметры создаваемых сетей.

Поэтому, если повезло, и из океана импортируемых в Россию из стран ЮВА ССА-кабелей типа "витая пара" все же удалось выудить продукт с полностью медными проводниками, то помните, что вам необходимо внимательно проконтролировать даже такую характеристику этой "ЮВА-продукции", как диаметры проводников, так как от этих самых диаметров напрямую зависит дальность передачи сигнала.

Чем больше диаметр по отношению к стандартной величине 0,51 мм (например, 0,57 мм или, что еще лучше, 0,64 мм), тем больше рабочая дальность при передаче цифровых потоков. Изготовители из ЮВА примитивным образом экономят на использовании дорогостоящей меди. Например, многие поставщики применяют медные проводники диаметром 0,40-0,45 мм, что приводит к рассогласованию линии по волновому сопротивлению, стандартное значение которого должно быть 100 Ом при диаметре медных проводников 0.51 мм. Несоответствие волнового сопротивления величине 100 Ом ведет к значительным потерям сигнала в сетях передачи данных, а снижение диаметра проводника до 0,40 мм существенно ограничивает дальность передачи сигнала и создает непреодолимые трудности в осуществлении дистанционного питания по технологии PoE (Power over Ethernet), особенно на повышенных мошностях.

Какие серьезные проблемы существуют у ССА-кабелей?

Риск возникновения коррозии из-за разрушения тонкого слоя меди при заделке "витой пары" в разъем

Важно понимать, что при установке стандартных разъемов типа RJ-45 на вот такие "алюминиевые" ССА-проводники в контактных группах в условиях влажной среды, например при подключении наружной IP-камеры, Wi-Fi-роутера в чердачном помещении и т.д., в разъеме будет развиваться коррозия (рис.3), которая рано или поздно приведет к потере сигнала.

Действительно, при заделке витых пар ССА в разъем RJ-45 происходит повреждение внешнего медного слоя контактными ножами и установление гальванического контакта с алюминиевой сердцевиной проводника. Алюминиевые проводники очень быстро окисляются и в месте данного гальванического контакта образуется дополнительный резистивный участок, который ухудшает общее электрическое сопротивление ССА-проводника по постоянному току, которое и так слишком высоко по отношению к полностью медным

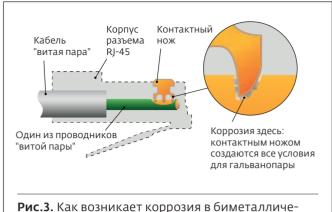


Рис.3. Как возникает коррозия в биметаллических проводниках ССА

проводникам. Все это очень усложняет (и даже делает невозможным) передачу по ССА-проводникам как самого сигнала, так и дистанционного питания РоЕ.

Что касается чисто медных кабелей, то даже если какой-то участок медного проводника окислился по той или иной причине, он все равно останется электропроводящим, в отличие от аналогичной ситуации в ССА-проводниках.

Еще раз повторим, что, если применяются ССАпроводники, развивающаяся в разъеме гальваническая коррозия является серьезной потенциальной проблемой. Риск развития коррозии особенно высок в условиях влажных сред.

Проблемы передачи дистанционного питания РоЕ по "витой паре" на основе проводников ССА

Следует помнить о том, что развитие технологии дистанционного питания в сетях СКС идет непрерывно, и в этой области уже насчитывается несколько этапов (поколений) оборудования и соответствующих им стандартов (рис.4).

В последние годы мощности дистанционно запитываемых активных устройств непрерывно нарастают,



Рис.4. Максимальная мощность, подводимая непосредственно к активным устройствам сети при различных типах питания РоЕ

и само применение PoE становится все более глобальным, и поэтому структура проводников витой пары является наиважнейшим фактором для понимания, возможно ли дистанционное питание в принципе или нет.

Для осуществления дистанционного питания в соответствии с новейшими требованиями (стандартами) РоЕ требуется максимально низкое сопротивление по постоянному току. В случае биметаллической структуры ССА достаточно большой постоянный ток будет протекать по всему сечению и, главным образом, по центральной алюминиевой жиле, которая имеет гораздо большее сопротивление, чем аналогичный по диаметру полностью медный проводник. Это приводит к большим потерям мощности в алюминиевых проводниках и к сильному нагреву ССА-кабелей, особенно в случае использования кабельных жгутов. Как следствие, из-за применения повышенных мощностей в РоЕ++ возможно расплавление изоляции проводников витой пары и полный выход из строя как кабеля, так и подключенного активного устройства!

Уважаемые потребители, обратите внимание на то, что вам предлагают во многих розничных торговых точках в качестве так называемого акустического кабеля. С виду это медный провод соответствующего сечения, но взгляните на терминальный (концевой) срез этого очередного "ЮВА-продукта", и вы увидите, как там внутри поблескивает алюминий, то есть вам под видом медного кабеля продают все тот же дешевый ССА-сэндвич. Не попадайтесь на эту уловку. Акустические кабели, изготовленные по технологии ССА, будучи подключенными к аудиоаппаратуре, создадут реальные технические сложности для выходных каскадов усилителей, и звучать ваша дорогостоящая техника будет более чем скромно.

Хрупкость витых пар на основе ССА-проводников

Алюминиевые проводники, имеющие структуру ССА, не выдерживают многократного изгибания и ломаются при небольших радиусах изгиба.

При заделке в стандартный RJ-45-разъем ССАпроводник обжимается плохо и не может обеспечить надежного контакта, то есть у потребителя сразу возникает риск появления "плавающего" (исчезающего) контакта уже в ближайшем будущем.

Следует помнить, что медный проводник существенно прочнее, чем ССА, то есть полностью медные кабели просто надежнее по определению. Медь также обладает большим коэффициентом удлинения и выдерживает в среднем в шесть раз больше перегибов, чем алюминий, а это всегда важно в практическом монтаже. Те, кто хоть раз обжимал (фиксировал) алюминиевые и медные провода в электротехнических

устройствах, например в электрощитке, отлично помнят ту великую разницу, которую обеспечивают чисто медные проводники по отношению к алюминиевым: медный провод можно многократно и без потери качества соединения зажимать-обжимать в электроразъемах, в то время как алюминию можно довериться, как правило, лишь один раз.

ССА-проводник имеет существенно меньшую прочность на разрыв, чем медный, и поэтому в процессе протягивания в ССА-кабеле могут быть повреждены не только отдельные проводники, но и весь кабель в целом. Следует также помнить, что ССА-проводники в витых парах имеют существенно худшие допуски по радиусу изгиба, чем медные.

ПРОБЛЕМЫ, КОТОРЫЕ ВЫЗЫВАЕТ ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМИНИЯ В ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ОПЛЕТКЕ КОАКСИАЛЬНЫХ ТВ-КАБЕЛЕЙ

Многочисленные жуликоватые трейдеры пытаются всеми доступными способами подсунуть доверчивому потребителю красиво оформленные импортируемые из ЮВА кабели с алюминиевой оплеткой, притягивая внимание покупателя сниженной ценой.

Ни один из производителей алюминиевых кабелей никогда не афиширует тот факт, что низкая цена достигнута ими в том числе вследствие примитивной замены материала второго экрана (оплетки) на алюминий (вместо луженой меди, как, например, у профессиональных кабелей европейского/итальянского происхождения).

Внешняя алюминиевая оплетка (она же и внешний проводник) обязана находиться в постоянном гальваническом контакте со стандартным телевизионным F-коннектором, типовой материал которого – никелированная латунь, то есть медьсодержащая субстанция!!!

В условиях перманентного присутствия влажности (как внутри, так и во вне помещений) протекающие по алюминиевой оплетке токи создают классический "эффект гальванопары", и электроконтакт с разъемом постепенно разрушается. Через определенное время монтажник, отправленный устранить неисправность, скручивает F-разъем и не находит под ним ничего, кроме трухи и белого порошка продуктов окисления.

Еще раз повторим, что продукты окисления меди, которая сама по себе весьма стойка к воздействию влаги, остаются с течением лет проводящими, в то время как гальваническое окисление алюминия создает непроводящие (резистивные) участки, которые разогреваются протекающими токами, тем самым ускоряя развитие коррозии и дополнительно усугубляя появившиеся проблемы в электроконтакте.

Даже в научных работах инженеров американского кабельного гиганта COMMSCOPE (чье производство

КАБЕЛИ И ПАССИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ныне перенесено в Китай) проблема гальванического окисления алюминиевой оплетки оценивается очень серьезно, и предлагаются дорогостоящие методы коррозионной защиты этой оплетки.

Таким образом, электрическая проводимость контактных соединений, в которых участвует алюминиевая оплетка, постепенно падает, и особенно негативным образом это отражается на низких частотах передачи – до 50 МГц, например, на upstream-частотах обратного канала в таких технологиях передачи, как DOCSIS, поскольку относительно низкочастотным токам труднее преодолевать вышеупомянутые резистивно-емкостные участки.

По этой причине применение кабелей с алюминиевой оплеткой, а также ССА-кабелей категорически противопоказано в аудиовидеосистемах, в сетях передачи данных (в технологии DOCSIS и др.), во всех наружных антенно-кабельных сетях, где по кабельному проводнику одновременно передается и электропитание, а также в системах видеонаблюдения ССТV, где искажение импульсов строчной синхронизации является типовой проблемой алюминиевых кабелей, в которых относительно низкочастотные композитные видеосигналы значительно затухают из-за низкой проводимости алюминия.

Алюминий обеспечивает лишь 61% проводимости по сравнению с медью, при этом его цена составляет приблизительно 30% от стоимости меди. Вот такая экономия на материалах со стороны большинства производителей сомнительного ширпотреба.

Внешний проводник (экранирующая оплетка) полновесно участвует в передаче ВЧ-токов, и при этом, когда расстояния передачи значительны, то худшая (по отношению к меди) проводимость алюминия играет весьма отрицательную роль. А именно: невозможно избежать такого негативного эффекта, как общее снижение экранирующей способности кабеля в целом, что особенно критично в эпоху полной цифровизации всех сигналов связи. Если требуется достичь такого же уровня экранирования, как у полностью медных кабелей, то компенсировать разницу приходится увеличением оптической плотности алюминиевой оплетки и т.д.

Такой параметр, как коэффициент экранирования кабеля, является важнейшим в нынешние времена, когда интенсивность электромагнитной "загруженности" эфира постоянно увеличивается, когда число всевозможных сотовых станций и площадь зон их покрытия непрерывно нарастают. Запуск новых сотовых мощностей технологии LTE уже сделал ситуацию еще более драматичной, а на подходе уже новые передатчики 5G с увеличенными мощностями.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: КОАКСИАЛЬНЫЕ ТВ-КАБЕЛИ И "ВИТАЯ ПАРА" С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ CCS

Приобретая в розничной сети коаксиальные кабели для передачи телевизионного сигнала, либо кабели "витая пара" для передачи данных и доступа в интернет, потребитель может столкнуться с использованием в этих импортируемых из стран ЮВА кабелях также и технологии ССЅ (Copper Clad Steel), то есть когда тончайшим слоем меди покрываются совсем уж дешевые стальные проводники и при этом задействован все тот же физический "скин-эффект". Технология ССЅ часто применяется в ТВ-кабелях для изготовления центрального проводника, но ее можно встретить и в кабелях "витая пара". Подобных "приобретений" следует по возможности избегать полностью.

Негативные факторы применения такой CCSподмены примерно те же, что и в случае CCA-кабелей:

- коррозия в контактных соединениях при установке разъемов;
- чрезмерная жесткость стального проводника;
- ненадежный ("плавающий") контакт в разъеме;
- передача сигнала на меньшее расстояние, чем даже в случае ССА;
- полная невозможность передачи дистанционного питания РоЕ.

На рис.5 наглядно показано, как на качество электрического контакта в разъемах RJ-45 влияет использование проводников на основе технологий ССА и ССS.

Как на практике определить, что перед вами кабели с использованием технологий ССА, ССЅ или все-таки полностью медные кабели? Идентифицировать ССА-и ССЅ-кабели, импортированные из ЮВА, достаточно просто. Рекомендуем использовать обычный нож, но полным набором инструментов было бы наличие лупы, магнита и острого ножа.

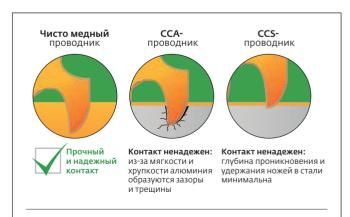


Рис.5. О качестве электрического контакта в разъемах RJ-45 в зависимости от материала проводников "витой пары"

Проводники ССА (напомним, алюминий, покрытый медью) мягче чисто медных, они легко перерезаются ножом или переламываются после нескольких перегибов, на изломе серебристо-белые. Нож снимает с боковой поверхности стружку, обнажающую белый алюминий, который тоже срезается. Магнитом не притягиваются.

Проводники CCS (омедненная сталь) жесткие, ножом перерезаются с усилием, обладают некоторой упругостью. На срезе или изломе виден светлосерый металл. Нож снимает с боковой поверхности только тонкий слой меди, не срезая стальной сердечник. Притягиваются магнитом.

Чисто медный проводник достаточно мягкий, но все же он более жесткий, чем алюминиевый. Выдерживает десяток и больше перегибов туда-сюда, прежде чем сломается. Нож снимает стружку, легко перерезает, на срезе – равномерный медно-розовый цвет. Магнитом не притягивается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потребителю следует помнить, что при использовании ССА-проводников вместо полностью медных никакой значительной экономии для него не возникает, зато возникнет немало скрытых проблем, которые себя проявят уже в ближайшем будущем – после

установки таких "витых пар" на объекте. Реальная экономия, и не маленькая, случается только у тех, кто импортирует эти "витые пары" ССА в нашу страну в контейнерных количествах.

Полностью медные телевизионные коаксиальные кабели, а также полностью медные кабели типа "витая пара", являются действительно профессиональными, то есть готовыми к работе в любых условиях, в том числе во влажной среде и вне помещений.

Кабели с алюминиевой оплеткой и/или с проводниками, в которых использована технология ССА (а иногда даже ССS), следует рассматривать как не предназначенные для профессионального применения.

Использование кабелей, в которых применена алюминиевая оплетка и/или технологии CCA/CCS, необходимо ограничивать лишь для весьма простых (временных) задач, для абсолютно сухих внутренних помещений, на достаточно коротких дистанциях и при низких скоростях передачи, помня при этом о том, что организовать по этим кабелям питание активных устройств не удастся.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Семенов А.** Симметричные кабели для построения сетей доступа // ИнформКурьер-Связь. 2017. № 3-4. С. 89-91.

