

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ КАБЕЛЯ ОТ ОКОНЕЧНОГО УСТРОЙСТВА ДО КОММУТАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМАХ IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

А.А. Куренной, магистрант

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
(Россия, г. Новосибирск)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-9-1-239-244

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос методики расчёта гарантированной, качественной, бесперебойной передачи видеoinформации по протоколу Ethernet, с технологией PoE на стандарте 10GBASE/1000BASE-T от оконечного устройства к источнику накопления информации. Установлены точные показатели/степени/коэффициенты влияющие/снижающих дальность передачи сигнала, такие как: температура, электромагнитные поля, разъёмные соединения, срезки/муфты, эксплуатационные потери. Методика расчёта проводилась с учётом современных типов кабельной продукции: «U/SFTP Cat.6 4x2x24AWG», «F/SFUTP Cat.6 4x2x24AWG», «SFTP Cat.7 4x2x24AWG LSZH» и «SFTP Cat.7a 4x2x24AWG LSZH». Проведенные исследования доказывают возможность значительного увеличения дальности передачи сигнала на стандарте 1000BASE-T за счёт применения современной кабельной продукции, а полученная формула позволяет провести точные вычисления с учётом наличия или отсутствия различных эксплуатационных факторов.

**Ключевые слова:** IP-видеонаблюдение, расчётная длина кабеля, Ethernet, PoE, совместная прокладка, затухание, трафик.

При проектировании и монтаже IP-видеонаблюдения невозможно гарантировать качественную бесперебойную передачу видеoinформации от оконечного устройства к источнику накопления информации (видеорегистратору, видеосерверу и т.д.).

При установке систем IP-видеонаблюдения на малых объектах, не более 8 оконечных устройств осуществляющие видеозапись в формате 1080 и разрешением 1920x1080, возможно использовать существующие локально-вычислительные сети (далее – ЛВС) построенные на волоконно-оптическом кабеле (далее – ВОК) по стандарту 1000BASE.

Но как показала практика видно, что на крупных объектах лучше всего проложить отдельную волоконно-оптическую ЛВС для систем IP-видеонаблюдения по стандарту 10GBASE (тип кабеля (SM или MM) определяется исходя из категории циркулирующей информации), по следующим причинам:

- необходимость использования дополнительных коммутаторов с поддержкой POE (Power over Ethernet);

- передача большого объёма видеoinформации (трафика), который может повлиять на работу иных систем в ЛВС, а также большими задержками при выводе видеoinформации с оконечных устройств на мониторы дежурной службы;

- разграничение прав доступа для просмотра изображения с камер телевизионного наблюдения, доступа к архиву видеоданных, различным «интеллект» функциям, управления телеметрией оконечных устройств и т.д.;

- шифрованием передаваемой информации или грифом циркулирующей/защищаемой информации.

Данная проблема решается на стадии проектирования путём определения необходимого количества средств коммутации, ввода-вывода информации, оконечных устройств и терминалов, и в соответствии с этим проводится расчёт трафика. Необходимо понимать, что расчёт трафика для ЛВС в данном случае неактуален.

Предметом данной статьи будет рассмотрен вопрос именно определения расчётной длины кабеля от коммутатора до оконечного устройства для обеспечения гарантированной качественной бесперебойной передачи видеoinформации.

Большинство современных IP-камер телевизионного наблюдения работают по стандарту 1000BASE-T, в соответствии со стандартом заявлено, что дальность передачи сигнала не превышает 100 м. Вместе с тем это обусловлено использованием витой пары категории 5, которая имеет низкую полосу пропускания и как следствие низкую заявленную дальность передачи сигнала.

В настоящее время различными компаниями предлагается широкий выбор оборудования для поэтапного (каскадного) увеличения дальности передачи Ethernet + PoE с дискретом в 100 м (PoE – усилители). В таком случае поступающее питание используется в этих устройствах для восстановления уровня сигнала и питания до номинального значения. Естественно, на это тратится часть передаваемой питающей мощности.

Но исходя из практики известно, что фактическая дальность передачи сигнала от камеры к коммутатору, при условии использования более современных типов кабеля, бывает значительно больше 100 метров, а использование PoE усилителей понижают надежность системы и вносят дополнительные эксплуатационные проблемы.

Для определения возможной предельной дальности передачи сигнала по протоколу Ethernet, с учётом воздействия различных внешних факторов, и создания его расчётных показателей, на действующей системе IP – видеонаблюдения крупного предприятия (более 200 оконечных устройств установленных как в закрытых помещениях (рабочие кабинеты, производственных помещения, сборочные цеха, трансформаторные подстанции, серверные, складские помещения и т.д.), так и на открытом воздухе по периметру и в местах прохода работников) Дальнего востока были проведены испытания.

Для испытания использовались следующие типы кабеля торговой марки «Cableus» производящиеся на территории Российской Федерации, проводники которого состоят из не композитных материалов:

- «UTP Cat.5e 4x2x24AWG» (неэкранированный, максимальная частота 100 МГц, скорость до 1 Гбит/с);

- «FUTP Cat.6 4x2x24AWG» (общий экран из фольги, максимальная частота 250 МГц, скорость до 1 Гбит/с);

- «SFUTP Cat.6 4x2x24AWG» (двойной внешний экран из меди и фольги, максимальная частота 250 МГц, скорость до 1 Гбит/с);

- «SFTP Cat.6 4x2x24AWG» (внешний экран из меди и экран на каждой отдельной паре из фольги, максимальная частота 250 МГц, скорость до 1 Гбит/с);

- «UFTP Cat.6 4x2x24AWG» (экран на каждой отдельной паре из фольги, максимальная частота 500 МГц, скорость до 10 Гбит/с);

- «SFTP Cat.7 4x2x24AWG LSZH» (экран на каждой отдельной паре из фольги, максимальная частота 600 МГц, скорость до 10 Гбит/с);

- «SFTP Cat.7a 4x2x24AWG LSZH» (экран на каждой отдельной паре из фольги, максимальная частота 600 МГц, скорость до 10 Гбит/с).

При выборе кабеля намеренно было выбрано несколько типов кабельной продукции Cat.6 разной конструкции с целью определения практической целесообразности применения различного типа кабеля с одинаковой пропускной способностью в различных условиях. Необходимо учитывать, что все испытания проводились с соблюдением следующих требований:

- кабель с обеих концов оконечивался стандартным экранированными коннекторами RG45 (для Cat.5, 5e, 6 и 6e) и GigaGate45 (для Cat.7 и 7e);

- использовалось прямое подключение (точка – точка) оконечного устройства к коммутатору (без применения различных пассивных элементов коммутации и защиты от внешних наводок, а также активного оборудования различного назначения), порты изделий настроены на работу в стандарте 1000BASE-T;

- заземляющие жилы и экраны кабеля с обеих сторон были подключены к контурам заземления;

- в качестве оконечного устройства использовались IP-камеры телевизионного наблюдения (тип и марка определялись исходя из места эксплуатации) работающая в следующих характеристиках: разрешение – 1920x1080 (Full HD), видеосжатие – H.264-10, количество кадров (в сек.) – 20;

- питание оконечных устройств осуществлялась по технологии POE.

1. Для определения предельных значений передачи сигнала по протоколу Ethernet в идеальных эксплуатационных условиях (температура воздуха 20 градусов по Цельсию, влажность воздуха 55%).

В таблице 1 приведены предельные длины кабеля, при которых осуществлялась передача данных на протяжении 1 часа без потери пакетных данных.

Таблица 1. Предельные длины кабеля.

Тип кабеля	Длина (м)
UTP Cat.5e 4x2x24AWG	136
FUTP Cat.6 4x2x24AWG	176
SFUTP Cat.6 4x2x24AWG	186
SFTP Cat.6 4x2x24AWG	192
UFTP Cat.6 4x2x24AWG	163
SFTP Cat.7 4x2x24AWG LSZH	67
SFTP Cat.7a 4x2x24AWG LSZH	89

2. В соответствии с пунктом 2.1.16 правил Устройства электроустановок допускается прокладка линий ЛВС в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные продольные перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч из негорючего материала.

Совместная прокладка линий используется при сооружении периметральных систем охраны и телевизионного наблюдения, реконструкции старых зданий и сооружений или при использовании подземных протяжных коммуникаций. При такой прокладке линии дополнительно защищаются внешней изоляцией, не распростра-

няющей горения, а в кабельных лотках дополнительно сооружаются перегородки/сепараторы (при наличии возможности) для отделения силовых линий от слаботоковых, но на линии воздействуют электромагнитные поля, препятствующие корректной работе.

С целью определения степени воздействия, был взят кабель, соответствующий типу и длине указанных в таблице 1, и проложен в дополнительной изоляции в лотке совместно с силовыми кабельными линиями на всем протяжении AC380V, 10kV и AC220V, 10kV, полученные данные внесены в таблицу 2.

Таблица 2. Коэффициенты понижения длин при совместной прокладке с силовыми линиями

Тип кабеля	AC380V, 10kV		AC220V, 10kV	
	Длина (м)	Коэффициент понижения (%)	Длина (м)	Коэффициент понижения (%)
UTP Cat.5e 4x2x24AWG	102	25	119	12,5
FUTP Cat.6 4x2x24AWG	123	30,11364	154	12,5
SFUTP Cat.6 4x2x24AWG	149	19,89247	167	10,21505
SFTP Cat.6 4x2x24AWG	179	6,770833	181	5,729167
UFTP Cat.6 4x2x24AWG	133	18,40491	148	9,202454
SFTP Cat.7 4x2x24AWG LSZH	61	8,955224	63	5,970149
SFTP Cat.7a 4x2x24AWG LSZH	84	5,617978	87	2,247191

3. Для определения степени воздействия температуры был взят кабель, соответствующий типу и длине указанных в

таблице 1 и помещён в лабораторную камеру тепла-холода-влаги «КХТВ-ММ»

производства ООО «Завода испытательного оборудования «ПАТРИОТ».

Постепенное повышение температуры в диапазоне от 20 до 90 градусов по Цель-

сию позволили установить следующий коэффициент затухания в кабеле при повышении на 1 градус в диапазонах, указанных в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициенты затухания в кабеле при повышении температуры

Тип кабеля	Диапазон температуры (град. по Цельсию)			
	20-30	30-40	40-60	60-90
UTP Cat.5e 4x2x24AWG	0,02	0,09	0,31	0,49
FUTP Cat.6 4x2x24AWG	0	0,05	0,19	0,34
SFUTP Cat.6 4x2x24AWG			0,24	
SFTP Cat.6 4x2x24AWG		0,04	0,18	0,31
UFTP Cat.6 4x2x24AWG	0,02	0,06		
SFTP Cat.7 4x2x24AWG LSZH	0,1	0,23	0,8	3,9
SFTP Cat.7a 4x2x24AWG LSZH				

Коэффициенты, приведённые в таблице 3 являются данными применительными соотношением к каждой единицы строительной длины кабеля.

Данное испытание показало, что при распространении электромагнитной волны в среде медной витой пары часть ее энергии рассеивается по пути от ближнего конца к дальнему. Чем выше температура кабеля, тем сильнее затухает сигнал, при этом на высоких частотах затухание сильнее, чем на низких, и для более высоких категорий допустимые пределы при тестировании вносимых потерь строже. Также было установлено, что кратковременные понижения температуры до -40 градусов Цельсия и повышение или понижение влажности существенно не повлияли на дальность передачи сигнала, что как следствие позволяет применить общий коэффициент 0,15% для всех кабелей эксплуатирующихся при температуре ниже -10 градусов Цельсия. Низкая температура и повышенная влажность скорее могут причинить ущерб конструкции кабеля при длительном воздействии на него.

4. В качестве дополнительных параметров, уменьшающих дальность передачи сигнала определены следующие факторы:

1) Естественные процессы старения полиэтиленовой изоляции также ослабляют диэлектрическую прочность жил, что особенно критично при их использовании для подачи дистанционного питания (как в нашей ситуации используя

технология POE). По мере старения изоляции жил кабеля и воздействия внешних условий (из которых самым опасным является проникновение воды) сопротивление изоляции падает, но как показывает практика при правильном монтаже данный фактор начинает проявляться после окончания гарантийных обязательств (5 лет), но сроки эксплуатации данных систем составляют 10 лет и более. Данный фактор характерен только для линий эксплуатирующихся на открытом воздухе, предлагается принять коэффициентом в размере 5% от длины кабеля. Коэффициент предлагается применять по желанию, так как данные ситуации наступают не повсеместно и зачастую исправляются простой заменой линии, у которой в ходе регламентных работ выявляется понижение сопротивления изоляции, которое влияет на бесперебойную работу окончного устройства.

2) Основные причины временных изменений параметров существующих кабелей – повышение сопротивлений сростков жил кабелей в местах стыка строительных длин и ухудшение диэлектрических свойств изоляции. Данный фактор в данных системах принято не учитывать, а линию от коммутатора до окончного устройства прокладывать одной строительной длиной без сростков.

3) Опытным путём определено, что каждое разъёмные соединения (гнездо-коннектор и прямое подключение на патч-панель) уменьшает дальность передачи сигнала на 0,3-0,6%.

Данное исследование позволило вывести формулу гарантированной качественной и бесперебойную передачи видеoinформации от оконечного устройства к

источнику накопления информации в зависимости от типа кабеля и условий его эксплуатации (формула № 1)

$$L_{\max \text{ каб.}} = L_{\max \text{ тип каб}} - \left( \frac{L_{\max \text{ тип каб}} * (\beta_{\text{сил}} + \beta_{\text{экс.}} + 0,7 * Y)}{100} \right) + \beta_{\text{темп.}} * L_{\max \text{ тип каб}} \quad (1)$$

где:

$L_{\max \text{ каб}}$  – максимальная длина кабеля для передачи сигнала (м);

$L_{\max \text{ тип каб}}$  – максимальная длина кабеля находящегося в идеальных условиях в зависимости от типа в соответствии с таблицей 1 (м);

$\beta_{\text{сил.}}$  – коэффициент затухания, вносимый при совместной прокладке с силовыми линиями (%). Учитывается по необходимости в зависимости от типа используемого кабеля и от энергетических характеристик силовых линий, в соответствии с таблицей 2;

$\beta_{\text{темп.}}$  – коэффициент затухания, вносимый воздействием температуры на кабель (%). Выбирается в соответствии с Таблицей 3 в зависимости от типа кабеля, места его эксплуатации, и максимальных температуры в регионе использования, возможна сумма данных при эксплуатации одной длины кабеля в различных условиях;

$\beta_{\text{экс.}}$  – коэффициент затухания, вызванный эксплуатационными проблемами, принят в качестве постоянной величины в размере 5%. Применяется по желанию;

$Y$  – количество разъёмных соединений от оконечного устройства до коммутатора.

#### Библиографический список

1. Капустин Д.А., Дементьев В.Е. Информационно-вычислительные сети: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 141 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое. РФ.
3. Герман Кругль. Профессиональное видеонаблюдение. Практика и технологии аналогового и цифрового CCTV. – «Секьюрити Фокус», 2010. – 640 с
4. Шелупанова А.А., Груздева С.Л., Нахаева Ю.С. Аутентификация. Теория и практика обеспечения доступа к информационным ресурсам. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 552 с.
5. 802.3at Amendment 3: Data Terminal Equipment (DTE) Power via the Media Dependent Interface (MDI) Enhancements, September 11, 2009.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Глава 13. Коммутируемые сети Ethernet // Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 438 с.

---

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE LENGTH OF THE CABLE FROM THE TERMINAL DEVICE TO THE SWITCHING EQUIPMENT IN IP VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

**A.A. Kurennoy**, *Graduate Student*

**Siberian State University of Telecommunications and Informatics  
(Russia, Novosibirsk)**

**Abstract.** *The article considers the issue of the methodology for calculating guaranteed, high-quality, uninterrupted transmission of video information over Ethernet protocol, with PoE technology based on the 10GBASE/1000BASE-T standard from the terminal device to the source of information accumulation. The exact indicators/degrees/coefficients affecting/reducing the signal transmission range, such as: temperature, electromagnetic fields, detachable joints, splices/couplings, operational losses, have been established. The calculation method was carried out taking into account modern types of cable products: "U/SFTP Cat.6 4x2x24AWG", "F/SFUTP Cat.6 4x2x24AWG", "SFTP Cat.7 4x2x24AWG LSZH" and "SFTP Cat.7a 4x2x24AWG LSZH". The conducted studies prove the possibility of a significant increase in the signal transmission range on the 1000BASE-T standard due to the use of modern cable products, and the resulting formula allows for accurate calculations taking into account the presence or absence of various operational factors.*

**Keywords:** *IP video surveillance, estimated cable length, Ethernet, PoE, joint laying, attenuation, traffic.*