

КАБЕЛИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Р.Г.Кузнецов, А.В. Лобанов (ООО "НПП Спецкабель")

Рассматриваются основные требования, предъявляемые к кабелям для промышленных систем управления с интерфейсом RS-485. Представлены серии кабелей отечественного производства для промышленного интерфейса RS-485, а также Profibus DP, Profibus PA, Foundation Fieldbus, LonWorks и некоторых других.

В первой части статьи¹ была введена зависимость максимальной длины линии передачи от установленной в сети скорости передачи данных. При этом был сделан вывод о том, что максимально возможная дальность безошибочной передачи сигналов данных тем больше, чем меньше затухание и емкость в линии. Принимая сделанные выводы, рассмотрим кабели, которые могут использоваться в качестве среды передачи для сетей с интерфейсом RS-485 на примере продукции, разработанной и производимой НПП "Спецкабель" по ТУ16.К99-008-2001. Кроме того, кратко рассмотрим кабели для промышленных сетей Profibus DP/PA и Foundation Fieldbus, а также сетей в системах автоматизации жизнеобеспечения зданий и прочих промышленных объектах, построенных по технологии LonWorks.

Начнем обзор с интерфейсных кабелей (КИ) марок КИПЭП, КИПЭВ, КИПвЭП и КИПвЭВ с одной или более пар скрученных многопроволочных медных луженых проводников диаметром 0,60 мм (24AWG) и 0,78 мм (22AWG), изолированных сплошным полиэтиленом (П) или вспененным полиэтиленом (Пв) с заполнением сердечника продольно уложенными нескрученными полипропиленовыми фибрированными нитями в общем экране (Э), состоящем из алюмолаксановой ленты и наложенных поверх нее дренажного многопроволочного проводника и оплетки из медных луженых проволок (плотность оплетки 88...92%), в общей защитной оболочке из светостабилизированного полиэтилена (П) или поливинилхлоридного пластика (В) (рис. 1).

Конструктивное исполнение проводников кабелей марок КИПЭП, КИПЭВ и КИПвЭП, КИПвЭВ (размером 24AWG (Ø 0,60 мм) и 22AWG (Ø 0,78 мм) соответственно) с семью лужеными скрученными проволоками обеспечивает соответствие рекомендуемым размерам для отверстий стандартных интерфейсных соединителей RS-485; повышенную гибкость сердечника (скрученных между собой пар про-

водников) кабеля, что важно при его использовании в жестких промышленных условиях, где не исключена вероятность воздействия многократных изгибов, перегибов, кручений, а также вибрации во время прокладки и эксплуатации кабеля; и, наконец, лучшую паяемость и коррозионную стойкость проводников при монтаже и дальнейшей работе кабеля. Последнее обстоятельство особенно немаловажно для мест заделки кабеля в соединитель; так, например, если для заделки используется метод "сдвига изоляции", то не исключено, что могут проследиваться оголенности проводников, которые в отсутствие оловянного слоя и контакта с окружающей средой будут со временем окисляться, ухудшая тем самым электрические характеристики кабельной линии.

Изоляция проводников из сплошного или вспененного полиэтилена (ПЭ) обеспечивает этим кабелям низкое значение электрической емкости между проводниками пар порядка 40 пФ/м, что дает малую задержку и искажение сигнала при его распространении по кабелю. В свою очередь, это обеспечивает возможность передачи сигналов данных на большие расстояния при высоких скоростях передачи данных. Следует отметить, что применяемая в кабелях управления поливинилхлоридная (ПВХ) изоляция проводников совершенно не конкурентоспособна в сравнении с ПЭ изоляцией, поскольку в этом случае емкость не менее, чем в 2...3 раза превышает емкость кабелей с ПЭ изоляцией. Это обуславливает значительно большее искажение сигнала данных при одной и той же длине кабеля.

Волновое сопротивление данной серии равно (120±10) Ом, что строго удовлетворяет рекомендациям стандарта RS-485, который устанавливает только требования к электрическим характеристикам интерфейсов (выходы передатчиков и входы приемников), но не самой среды передачи. Относительно последней в стандарте дается рекомендованное значение 120 Ом, под которое оптимизирована работа приемопередатчиков RS-485. Стандартом устанавливается, что передатчики должны вырабатывать дифференциально на своих выходах напряжение 1,5 В при работе на 32 приемника и две резистивные нагрузки по 120 Ом (на обоих концах шины). Нижний порог со-



Рис. 1

¹ Кузнецов Р.Г. Кабели для современных сетей промышленной автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2005. № 8

гласующей оконечной нагрузки, и следовательно волнового сопротивления кабеля, который допускается для драйверов RS-485, равен 100 Ом. Однако при этом повышается токовая нагрузка на передатчик и уменьшается максимальная дальность магистрального кабеля на низких частотах. С другой стороны, положительным моментом является то, что волновым сопротивлением 100 Ом обладает широко доступная дешевая "витая пара" 5-й категории для Ethernet. В случае же кабелей управления с ПВХ изоляцией, их волновое сопротивление не выходит за пределы 80 Ом в диапазоне 0,1...100 МГц. Из всех рассматриваемых видов кабелей только телефонные имеют волновое сопротивление 120 Ом на частоте выше 100 кГц. Однако они имеют массу других недостатков в свете применения их для RS-485.

Благодаря использованию в конструкции рассматриваемых кабелей заполняющих полипропиленовых нитей между скрученными парами, достигается некоторое удаление скрученных пар друг от друга и от экрана и уменьшение коэффициента затухания по сравнению с обычной экранированной "витой парой" 5-й категории в среднем на 15...20% в диапазоне частот 1...100 МГц. Это обусловлено уменьшением взаимного влияния между проводниками пар (эффект близости), а также влияния экрана на сердечник (эффект реакции экрана). Использование в кабелях марок *КИПвЭП* и *КИПвЭВ* в качестве изоляции проводников вспененного ПЭ дает снижение коэффициента затухания в среднем еще на 20 %. Кабели с ПВХ изоляцией (например контрольные кабели) в данном случае даже не стоит рассматривать, поскольку их коэффициент затухания в 1,5...2,5 раза превышает коэффициент затухания кабелей с изоляцией из ПЭ.

Полипропиленовые нити, помимо снижения коэффициента затухания, обеспечивают также дополнительную механическую прочность сердечника. Их наличие придает форме сердечника большую округлость, значительно повышает разрывную прочность сердечника, а также обеспечивает его целостность при осевых кручениях, изгибах и перегибах, что в свою очередь повышает стабильность электрических характеристик при указанных воздействиях.

Следует также отметить, что рассматриваемые кабели обладают повышенной помехозащищенностью, благодаря двухслойному экрану в виде алюмолавсановой ленты и медной луженой оплетки с дренажным проводником между ними, обеспечивающими ослабление внешнего электромагнитного поля примерно на 75 дБ. Это особенно важно в условиях напряженной электромагнитной обстановки в промышленной среде. Более того, наличие оплетки и дренажного проводника поверх фольги позволяет уберечь последнюю от нежелательных изломов при многократных изгибах кабеля, а также сохранить собственно физическую и электрическую целостность экрана. В LAN-кабелях, контрольных и телефонных кабелях экран зачастую выполняют в одном варианте: одна

алюмолавсановая фольга или чисто медная оплетка, эффективность экранирования которых составляет всего 40...60 дБ.

Вариантов оболочек кабелей, выполняющих функции защиты кабеля от внешних воздействующих факторов, которые зависят от условий прокладки и климатических факторов, несколько. Если кабель прокладывается внутри здания, то в этом случае целесообразней использовать кабели марок *КИПЭВ* или *КИПвЭВ* с оболочкой из ПВХ пластиката; при этом, во-первых, кабель будет отвечать требованиям норм пожарной безопасности, а во-вторых, обладать меньшей жесткостью, что удобно при прокладке. Кабели *КИПЭП* и *КИПвЭП* с оболочкой из светостабилизированного полиэтилена целесообразно использовать, когда нет отдельных требований по пожарной безопасности и когда кабельный проброс должен располагаться там, где на него будет воздействовать прямое ультрафиолетовое излучение (солнечные лучи), например по периметру или между зданиями при отсутствии кабельных каналов, а также в местах с постоянной повышенной влажностью (водопоглощение оболочечного полиэтилена в 10...15 раз меньше, чем у ПВХ пластиката). Если на незащищенном от солнечных лучей месте проложить кабель с оболочкой из ПВХ пластиката, то последняя при длительном воздействии на нее УФ со временем будет охрупчиваться и покрываться трещинами, что абсолютно недопустимо. Как правило, температурный диапазон кабелей с полиэтиленовой оболочкой *КИПЭП* и *КИПвЭП* лежит в пределах -60...85°C, кабелей с ПВХ оболочкой *КИПЭВ* и *КИПвЭВ* — -40...70°C. Возможно исполнение кабелей с оболочкой из ПВХ пластиката повышенной морозостойкости (буква *м* в маркировке) — марки *КИПЭВм* и *КИПвЭВм* — для температурного диапазона -60...70°C, что крайне важно для климатических особенностей России, а также с оболочкой из ПВХ пластиката специальной светостабилизированной рецептуры (с добавлением в состав пластиката сажи), позволяющей прокладывать кабель с ПВХ оболочкой на открытых для УФ излучения местах.

Для защиты рассматриваемых кабелей от механических воздействий используется исполнение с наложением поверх защитной оболочки брони одного из двух видов: оплетки стальными оцинкованными (для защиты от коррозии) проволоками $\varnothing 0,3$ мм или стальной гофрированной ленты.

Броня в виде оплетки из стальных круглых проволок (буква *К* в маркировке) используется в конструкции кабелей марок *КИПЭПКГ*, *КИПЭВКГ*, *КИПвЭПКГ*, *КИПвЭВКГ*, *КИПЭВКГм* и *КИПвЭВКГм*; буква *Г* (голый) в обозначении марок кабелей указывает на отсутствие защитных пластмассовых оболочек поверх брони. Данный вид брони может применяться, например в случае прокладки кабеля в грунте, который в связи с сезонными колебаниями температуры, а значит, и плотности почвы, будет оказывать на конст-



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

рукцию кабеля различные механические воздействия, а именно, значительные радиальные (осаждение почвы) и растягивающие (смещений слоев почвы) усилия (рис. 2). Данный вид брони также стоит применять, если есть вероятность воздействия на кабель значительных растягивающих и изгибающих усилий, которым должен противостоять кабель. Таким образом, еще одно свойство данного вида брони, которое можно использовать в качестве критерия его выбора – это сохранение гибкости конструкции кабеля, достаточной для его неоднократного изгиба, перегиба и кручения.

Кроме того, разумным решением может стать использование кабеля с наложенной поверх брони защитной оболочкой. В качестве дополнительного примера для ПЭ оболочки (марки *КИПЭПКП* и *КИПвЭПКП*) можно назвать прокладку в подвалах и шахтных участках с высокой влажностью и отсутствием пожаро- и взрывоопасности, а в случае ПВХ оболочки (марки *КИПЭВКВ*, *КИПвЭВКВ*, *КИПЭВКВм* и *КИПвЭВКВм*) – пожаро- и взрывоопасные участки шахт, а также другие внутриобъектовые трассы, требующие стойкость к воздействию пламени (рис. 3).

Наряду с броней из стальных оцинкованных проволок, используется броня в виде стальной гофрированной ленты (буква *Б* в маркировке). При этом соображения по выбору защитной оболочки под броней и поверх нее остаются теми же, что изложены выше. Кроме того, промежутки между броней и оболочкой под ней заполняются герметизирующим гидрофобным материалом, препятствующим продольному распространению влаги. Кабели с таким видом брони также могут быть использованы на участках, где необходима защита от раздавливающих нагрузок. При этом в случае требований пожаро- и взрывозащитности должны использоваться кабели марок *КИПЭВБВ*, *КИПвЭВБВ*, *КИПЭВБВм* и *КИПвЭВБВм*, а в случае прокладки во влажных местах и на открытом для солнечных лучей воздухе – кабели марок *КИПЭБП* и *КИПвЭБП* (рис. 4).

Вообще, необходимо заметить, что в грунте всегда должны прокладываться кабели с ПЭ оболочкой, что также связано с периодическим увлажнением почвы, а если речь идет об эксплуатации в условиях, где необходима защита от распространения пламени и инициализации взрыва во взрывоопасных средах, то следует рассматривать кабели с ПВХ оболочкой. Это подтверждается "Разрешением Федеральной службы по

техническому контролю", полученным НПП "Спецкабель" для всех кабелей сер. *КИП* с ПВХ оболочкой.

Отметим, что применение ленточной и, в меньшей степени, оплеточной брони сразу отбрасывает на второй план проблему помехозащищенности линии передачи, поскольку конструкция брони обеспечивает ослабление внешнего электромагнитного поля на несколько сот децибел в диапазоне частот выше 100 кГц; при этом совокупность брони и двойного экрана кабеля из фольги и оплетки делает кабель практически неуязвимым для влияния электромагнитных помех в промышленной обстановке. Например, кабели с ленточной броней рекомендованы ФГУП "РТРС" к применению в создании АСКУЭ промышленных предприятий, где имеет место воздействие высокого уровня помех со стороны многочисленных радиопередатчиков.

Отметим, что число пар проводников в кабелях может быть 1...4 ед. Это сделано для удобства потребителя, которому предоставляется на выбор организация либо полудуплексной (с одной или полуторной (с дополнительным, используемым для заземления, изолированным проводником) парой), либо дуплексной (с двумя, тремя или четырьмя парами) связи. К примеру, в случае четырех пар одна пара будет использоваться для передачи, другая – для приема сигнала данных приемопередатчиком и две остальные – для передачи сигнала контроля/подтверждения. Для информации о числе пар и диаметре проводников в парах в маркировке кабелей принята следующая формула: $N \times 2 \times d$ (где N – число пар в кабеле, d – диаметр проводников в парах, мм), поэтому маркоразмер будет выглядеть, например, как *КИПЭП 1х2х0,60* или *КИПвЭВБВм 4х2х0,78*.

Завершая обзор специальной серии кабелей для интерфейса RS-485, сделаем следующие сравнительные выводы по вариантам применения тех или иных видов симметричных кабелей парной скрутки. Во-первых, контрольные кабели с ПВХ изоляцией обладают всем набором недостатков, делающих их совершенно неэффективными для использования в RS-485 системах: это абсолютное несоответствие по волновому сопротивлению, а также высокие коэффициент затухания и электрическая емкость пары. Единственное, что может положительно быть использовано в этих кабелях – это размер проводников, который может достигать 16AWG, что полезно при использовании в системах с RS-485, работающих на низких скоростях. Здесь имеет значение только электрическое сопротивление проводников, которое тем меньше, чем больше их диаметр, а согласование по волновому сопротивлению не столь критично. Кроме того, такие кабели обычно имеют исполнение только с ПВХ оболочкой и недостаточно хорошо экранированы.

Таблица 1

Параметр кабеля	Тип А	Тип В
Волновое сопротивление, Ом	135...165 (при 3...20 МГц)	100 ...130 (при >100 кГц)
Погонная емкость, пФ/м, не более	30	60
Погонное сопротивление пары проводников, Ом/км, не более	110	-
Сечение проводника, мм, не менее	0,34 (22 AWG)	0,22 (24 AWG)

В кабелях телефонного назначения в качестве недостатка отметим малый диаметр проводников, в основном однопроводочных и нелуженых, и более высокий коэффициент затухания в сравнении с кабелями сер. *КИП*, хотя электрические емкости их пар имеют вполне сопоставимые значения. Положительной характеристикой данных кабелей является их волновое сопротивление, равное 120 Ом на частоте выше 1 МГц, что согласуется со стандартом RS-485. Кроме того, телефонные кабели, как и контрольные, имеют исполнения с индивидуальным экранированием каждой пары, число которых может быть достаточно большим. Однако в этом случае следует ожидать повышение коэффициента затухания, в связи с возрастающим эффектом близости и реакции экрана.

Отметим возможность использования экранированных LAN-кабелей. Их применение может быть обосновано за счет сопоставимых с сер. *КИП* значений коэффициента затухания, подходящего размера проводников, дешевизны, массовости. Однако проводники в кабелях данного типа, как правило, нелуженые, номинальное значение волнового сопротивления ниже стандартного (100 Ом), а электрическая емкость пары несколько выше в сравнении с сер. *КИП*.

Стоит также отметить отсутствие во всех рассмотренных выше видах кабелей упрочняющих элементов в сердечнике, которые повышают разрывную прочность конструкции, способствуют снижению коэффициента затухания и обеспечивают стабильность электрических характеристик кабеля при механических воздействиях. Для промышленных условий эксплуатации это крайне существенное дополнение.

Таким образом, очевидно, что в отличие от прочих симметричных кабелей парной скрутки, кабели, специально разработанные для ЦПС с интерфейсом RS-485 обладают всем необходимым комплексом свойств, который обеспечивает возможность высокоскоростной, дальней, высокозащищенной, надежной и долговечной передачи сигналов данных при создании ЦПС в системах автоматизации промышленных объектов в различных климатических зонах России и странах СНГ.

Profibus DP

Исходя из установленного в стандарте Profibus DP кабеля типа А с параметрами, указанными в табл. 1, НПП "Спецкабель", являющееся членом организа-

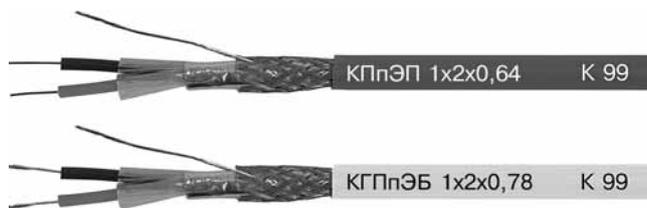


Рис. 5

ции пользователей Profibus (PNO), разработало и производит по ТУ16.К99-012-2003 серию кабелей для данной сети.

Кабели этой серии имеют два разных исполнения – обычное и гибкое (с буквой Г в маркировке) – различающиеся между собой по конструкции проводников. Кабели (К) состоят из одной пары скрученных однопроводочных медных проводников диаметром 0,64 мм (22AWG) в случае обычного исполнения или многопроводочных медных луженых проводников диаметром 0,78мм (22AWG) в случае гибкого исполнения (Г), изолированных пористым полиэтиленом (Пн), между которыми продольно уложены нескрученные полипропиленовые фибрированные нити, заключенные в экран (Э), состоящий из алюмолавсановой ленты и наложенной оплетки из медных луженых проволок плотностью 65% (между лентой и оплеткой возможна прокладка дренажного проводника), поверх которого наложена оболочка из светостабилизированного полиэтилена (П), поливинилхлоридного пластиката (В) или термопластичного полиуретана для эксплуатации в химически агрессивных средах и при воздействии вибраций (У). Марки этих кабелей – *КПнЭП 1x2x0,64*, *КПнЭВ 1x2x0,64*, *КПнЭУ 1x2x0,64*, *КПнЭП 1x2x0,78*, *КПнЭВ 1x2x0,78* и *КПнЭУ 1x2x0,78* (см. рис.5).

Кабели данной серии схожи с кабелями сер. *КИП*, однако имеют место несколько отличительных моментов, связанных с техническими особенностями реализации физического уровня сети Profibus DP, а также областью ее применения.

Волновое сопротивление всех кабелей данной серии равно 150 Ом, что связано с применением для данной сети защитного смещения в схеме согласующей нагрузки на концах шины, повышающей безотказность работы сети (рис. 6). Эквивалентное сопротивление такой схемы смещения рассчитывается по формуле Тевенина:

$$R_{эвк} = R_T // (R_u + R_d) = \frac{R_T \cdot (R_u + R_d)}{R_T + (R_u + R_d)} = \frac{220 \cdot (390 + 390)}{220 + (390 + 390)} \approx 171,6 \text{ Ом} \quad (1)$$

В качестве дополнительного примера можно привести другую схему защитного смещения, которая также устанавливается по стандарту Profibus DP, где сопротивление $R_T=150 \text{ Ом}$ и

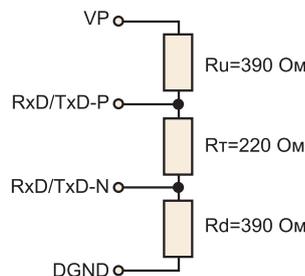


Рис. 6. Защитная схема смещения в цепи оконечной нагрузки дифференциальных шин передачи данных

Таблица 2

Скорость передачи данных, кбит/с	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500
Кабель типа А, максимальная длина, м, не более	1200	1200	1200	1000	400	200
Кабель типа В, максимальная длина, м, не более	1200	1200	1200	600	200	70

$$R_{\text{экв}} = \frac{150 \cdot (390 + 390)}{150 + (390 + 390)} \approx 125 \text{ Ом}, \quad (2)$$

поэтому кабели для этой схемы должны иметь волновое сопротивление 120 Ом. Для такой схемы установлен тип В кабелей с параметрами, указанными в табл. 1. Типу В полностью удовлетворяют рассмотренные ранее кабели сер. КИП.

Однако в сетях Profibus DP используют первую схему с кабелем по типу А, что обусловлено в среднем двукратным превосходством данных кабелей над обычными кабелями для RS-485 (тип В) по максимальной дальности передачи сигналов данных при скоростях выше 100 кбит/с. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что коэффициент затухания и электрическая емкость кабелей для Profibus DP в среднем в 1,5 раза ниже, чем для RS-485 (табл.2).

Profibus PA и Foundation Fieldbus

Физический уровень данных ЦПС описывается стандартом МЭК 61158-2, предназначенным для использования непосредственно во взрывоопасных зонах, а также передачи сигнала данных вместе с питанием напряжением по одной паре проводников, и имеет двухуровневую иерархию. На нижнем уровне ЦПС скорость передачи составляет 31,25 кБит/с, на верхнем – 1 Мбит/с и 2,5 Мбит/с.

Для нижнего уровня с низкоскоростной передачей данных стандарт МЭК 61158-2 рекомендует к использованию два типа кабелей (табл.3).

Основой для стандарта 61158-2 можно считать другой стандарт МЭК 60079-27, описывающий расчетную модель "искробезопасной цепи" FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept – концепция внутренне безопасной полевой шины), которая накладывает свои ограничения на электрические параметры линии передачи (табл. 4).

Таблица 3

Параметр кабеля	Тип А	Тип В
Волновое сопротивление при F=31,25 кГц, Ом	100 ± 20%	100 ± 30%
Затухание при 1,25 F = 39 кГц, дБ/км	3,0	5,0
Сопротивление проводников постоянному току, Ом/км, не более	24	56
Сечение проводника, мм ² , не более	0,8 (18AWG)	0,32 (22AWG)
Плотность экрана, %, не менее	90	–

Таблица 4

Параметр	Требование FISCO	Кабель по типу А	Кабель по типу В
Сопротивление шлейфа проводников постоянному току, Ом/км	15...150	48	112
Индуктивность шлейфа, мкГн/м	0,4...1,0	0,62	0,66
Емкость между проводниками, пФ/м	80...200	78	77

Кабели по МЭК 61158-2 далеко превосходят требования FISCO. Значения емкости и индуктивности пары для указанных размеров проводников кабелей А и В являются типичными при установленном волновом сопротивлении 100 Ом на низких частотах. Суммарная длина кабельной сети нижнего уровня данных ЦПС не должна превышать 1900 м.

НПП "Спецкабель" разработало и производит по ТУ16.К99-012-2003 кабели, соответствующие рекомендуемым в 61158-2 типам А и В. Кабели (К) состоят из одной пары скрученных многопроволочных медных луженых проводников диаметром 1,2 мм (18 AWG) по типу А, или 0,78 мм (22 AWG) по типу В, изолированных сплошным полиэтиленом (П), заключенных в экран (Эф) из алюмолавсановой ленты с проложенным под ней дренажным медным луженым многопроволочным проводником, поверх которого наложена оболочка из светостабилизированного ПЭ (П), ПВХ пластика (В) или термопластичного полиуретана (У). Марки кабелей – КГПЭфП 1x2x1,2, КГПЭфВ 1x2x1,2, КГПЭфУ 1x2x1,2, КГПЭфП 1x2x0,78, КГПЭфВ 1x2x0,78 и КГПЭфУ 1x2x0,78 (рис. 7).

На верхнем уровне H2 организации рассматриваемых ЦПС используется высокоскоростная магистраль Ethernet с высокими скоростями передачи данных на большие расстояния. Конструкция разработанного для данного применения кабеля абсолютно аналогична гибкому кабелю типа А для сети Profibus DP за тем исключением, что в кабелях для H2 второй слой экрана в виде оплетки из медных луженых проволок отсутствует; марки кабелей для данного уровня – КГПнЭфП 1x2x0,78, КГПнЭфВ 1x2x0,78 и КГПнЭфУ 1x2x0,78 (рис. 8).

Следует еще раз отметить низкое значение коэффициента затухания данной серии кабелей в диапазоне частот 1...100 МГц, что может и должно быть использовано в высокоскоростных ЦПС с большими расстояниями передачи данных.

LonWorks

Кратко представим кабели, разработанные и производимые на НПП "Спецкабель", которые используются для технологии LonWorks компании Echelon Corporation, изначально предназначенной для систем автоматизации жизнеобеспечения зданий, а затем постепенно нашедшей широкое применение в



Рис. 7

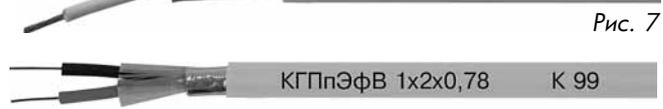


Рис. 8

различных областях промышленности и транспорта. Официальное признание данной технологии определяется стандартом EIA-709 Ассоциации Производителей Бытовой Электроники (CEMA – Customer Electronics Manufactures Association) в области автоматизации жилых помещений (Home Automation). Согласно данному стандарту сеть управления LonWorks поддерживает различные среды передачи данных: симметричные кабели на основе "витой пары", коаксиальный кабель, радио- и инфракрасный канал, силовые линии. Наряду с привычными типами сетевых топологий (шина, звезда, кольцо) в технологии LonWorks существует так называемая свободная или произвольная топология (Free Topology), позволяющая в рамках одного сегмента (управление климатом, освещением, системами безопасности, контролем доступа и пр.) комбинировать в системах управления зданиями все три стандартных типа топологии. Free Topology является наиболее популярной в системах управления зданиями, поскольку лучше всего соответствует внутренней разводке в помещениях. Общая спецификация на протокол LonTalk, который лежит в основе LonWorks, установлена в ANSI/EIA/CEA-709.1, а в двух других частях (709.2 и 709.3) устанавливается спецификация сетей управления на основе силовых линий и спецификация произвольной топологии на основе "витой пары" соответственно. Согласно последней, тип кабеля, рекомендуемый для сетей данной спецификации, должен удовлетворять требованиям, предъявляемым к неэкранированным кабелям категории 5 стандарта ANSI/EIA/TIA 586A с размером проводника 24 AWG.

НПП "Спецкабель" разработало и производит по *TU16.K99-024-2005* две марки кабелей с исполнением без экрана и в экране, соответствующих спецификации EIA-709.3. Конструкция неэкранированных кабелей следующая: кабели для автоматизации (КА) с одной или двумя парами скрученных однопроволочных медных проводников диаметром 0,64 мм (22AWG), изолированных пористым полиэтиленом, заключенными в общую защитную оболочку из светостабилизированного полиэтилена (П), поливинилхлоридного пластиката (В) или безгалогенной композиции (П-НН). Конструкция экранированных кабелей аналогична, но с тем отличием, что скрученные пары заключены в общий экран (ЭФ), состоящий из алюмолавсановой ленты с проложенным под ней дренажным многопроволочным медным луженым проводником (рис. 9).

Необходимо отметить, что данные марки кабелей соответствуют спецификации кабеля типа Level IV NEMA (национальной ассоциации производителей электротехнической промышленности – National Electrical Manufacturers' Association), который рекомендован самой компанией Echelon для трех применяемых в сетях LonWorks типов каналов с различными скоростями передачи данных – ТР/FT-10 (канал

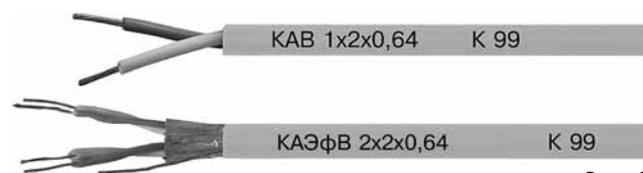


Рис. 9

Таблица 5

Тип канала	Марка кабеля	Длина магистрального кабеля, м, ≤ (максимальное расстояние между узлами, м)	Длина ответвительного кабеля, м, ≤
ТР/FT-10 (произвол. топология)	КАВ, КАВЭФ	500 (400)	-
	КВП, КВПЭФ	450 (250)	
	КПСВЭВ	500 (320)	
ТР/FT-10 (шинная топология)	КАВ, КАВЭФ	1400	3
	КВП, КВПЭФ	900	
	КПСВЭВ		
ТР/XF-78	КАВ, КАВЭФ	1400	
ТР/XF-1250	КАВ, КАВЭФ	130	0,3
	КВП, КВПЭФ		

произвольной/свободной и шинной топологии, 78 кБит/с, соответствует стандарту EIA-709.3), ТР/XF-78 и ТР/XF-1250 (каналы шинной топологии, 78 кБит/с и 1,25 Мбит/с). Данный кабель является универсальным для всех трех типов каналов. Для канала ТР/FT-10 компания Echelon также рекомендует и другие типы кабелей такие, как обычный кабель 5-й категории по стандарту TIA 586A (также может использоваться для ТР/XF-1250) и кабель типа JY(st)Y (диаметр проводника 0,8 мм). Соответствующие этим типам кабели, разработанные и производимые на НПП "Спецкабель", имеют марки КВП или КВПЭФ и КПСВЭВ (с диаметром проводников 0,52 и 0,8 мм) соответственно (табл. 5). Помимо этого сети LonWorks могут использовать канал ТР-RS485 с интерфейсом RS-485 в основе. В этом случае НПП "Спецкабель" для применения рекомендует кабели сер. RS-485, рассмотренные выше.

Прочие марки интерфейсных кабелей для частных решений ЦПС

Наряду с широко распространенными и общепринятыми открытыми стандартами интерфейсов и организации ЦПС существуют многочисленные частные решения отдельных фирм-поставщиков оборудования для промышленной автоматизации. Принимая во внимание, что отечественному разработчику может понадобиться кабель для соединения ПЛК и РСУ того или иного поставщика, НПП "Спецкабель" разработало и производит по *TU16.K99-012-2003* дополнительные марки интерфейсных кабелей для некоторых типов оборудования таких фирм, как ABB/Bailey Controls, Allen-Bradley/Rockwell Automation, Matsushita, Omron, Siemens и проч., в которых используются интерфейсы ControlNet, Infinet, MICROLINK, Modcell, MICRO-DCI, DH, DH-485, I/Q System, SYS-BUS-2, SINEC Series L1 и L2 и пр. Это кабели марок *КППЭВ 1x2x0,9*, *КППЭП 1x2x0,9* и *КППЭУ 1x2x0,9*

(с волновым сопротивлением 80 Ом); КППЭВ 1×2×1,2, КППЭП 1×2×1,2 и КППЭУ 1×2×1,2 (100 Ом); а также КППнЭВ 1×2×1,5, КППнЭП 1×2×1,5 и КППнЭУ 1×2×1,5 (120 Ом). Конструкции этих кабелей аналогичны кабелям для Profibus DP.

Оценка состояния и развития ЦПС намечает перспективу разработки специальной серии кабелей для промышленного Ethernet, имеющей в отличие от обычных кабелей для служебных LAN-сетей специальные средства механической, электромагнитной, климатической и спецзащиты в жестких промышленных условиях. Отметим также разработанный специалистами НПП "Спецкабель" LAN-кабель 5-й категории, имеющий экстремально высокую внутреннюю продольную и радиальную герметичность относительно водонепроницаемости, благодаря заполнению из кремнийорганического компаунда; при этом габариты данного кабеля не выходят за пределы 9 мм и сохраняются удобство его разделки и монтажа.

Заключение. Итак, в данной статье были рассмотрены основные требования, предъявляемые к кабелям для промышленных систем управления с интерфейсом RS-485. Введено эмпирическое выражение определения максимальной длины кабельной линии в зависимости от скорости передачи данных и параметров кабеля.

Представлены серии кабелей, разработанные и производимые на НПП "Спецкабель", для промышленного интерфейса RS-485, а также для наиболее распространенных стандартов построения ЦПС — Profibus DP/PA, Foundation Fieldbus, LonWorks и ря-

да других, удовлетворяющих требованиям поставляемого западного оборудования.

Показано преимущество использования отечественных специальных кабелей для систем промышленной автоматизации по сравнению с обычными кабелями управления, телефонии и для локальных компьютерных сетей, а также их превосходство над западными кабелями по более широкому диапазону значений климатических и эксплуатационных параметров.

Отечественные кабели учитывают специфику климатических и эксплуатационных особенностей России, что обеспечивает максимальное удовлетворение требованиям отечественных потребителей по условиям эксплуатации проектируемых ЦПС в различных климатических зонах России благодаря специальным исполнениям оболочек и дополнительной механической защите в виде брони из стальной гофрированной ленты или оплетки.

Помимо этого, данные кабели имеют необходимые сертификаты соответствия контролирующих органов РФ, способны конкурировать по ценам с кабелями западного производства в свете не уступающего им качества, могут быть в кратчайшие сроки поставлены во все регионы России и ближнего зарубежья, а возможность постоянной консультации непосредственно с высококвалифицированными специалистами по различным вопросам применения кабелей в разрабатываемых ЦПС и формулирования к ним дополнительных требований гарантирует создание надежной, высокозащищенной и долговечной линии передачи с безошибочной передачей данных в современной ЦПС.

Роман Геннадьевич Кузнецов — инженер, Андрей Васильевич Лобанов — канд.техн. наук, ген.директор ООО "НПП Спецкабель" Контактные телефоны: (095) 269-71-13, 268-08-55; факс (095) 268-08-55. E-mail: info@spcable.ru http://www.spcable.ru

ВЗВЕШИВАНИЕ В ДВИЖЕНИИ. ВЕСОВОЙ КОНТРОЛЛЕР ОТ ВЕСКНОФФ

А.Д. Маштаков (Компания Beckhoff)

Описаны испытания контроллера серии VX8000 в системе точного измерения периода импульсов низкой частоты, имеющей практическое применение в весовой технике.

Транспортерные весы представляют собой весовую платформу определенной длины L (база весов), оборудованную тензодатчиком и датчиком скорости ленты транспортера дозатора (рис. 1). Результат измерения — величина мгновенного расхода материала Q, которая определяется соотношением 1.

$$Q = \text{const} \times P \times F / L, \quad (1)$$

где P — измеренный вес материала на платформе, F — измеренная скорость движения ленты транспортера. Погрешность расчета величины Q определяется в основном двумя факторами: погрешностями измерения веса и скорости ленты транспортера.

Транспортерные весы настраивают так, что при пустой ленте транспортера тензодатчик нагружен примерно на 15...20%, причем

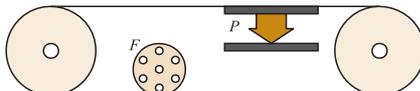


Рис. 1

точно знать абсолютную величину этой нагрузки нет необходимости. При контроле веса и расхода с помощью транспортерных весов отсутствует тара, вес которой нужно учитывать, требуется только корректировать "уход нуля" тензодатчика, который происходит из-за налипания материала на ленту, нарушений в механической части весов и т.п.

По сложившейся традиции операцию корректировки "ухода нуля" принято называть тарировкой.

Другая процедура — градуировка тензодатчика производится в отсутствие дозируемого материала при тестовой нагрузке платформы путем усреднения результатов многократных измерений веса.

Периодическое проведение процедур тарировки и градуировки позволяет достичь приемлемой точности 0,1% рабочего диапазона измерения веса тен-