

# Соединители Harting для однопарного Ethernet – от замысла к международному стандарту

Р. Ромашко<sup>1</sup>

УДК 621.315.684 | ВАК 05.27.01

Однопарный Ethernet (Single Pair Ethernet – SPE) – новая сетевая технология Ethernet, которая позволяет передавать данные и питание по одной паре проводов. Благодаря простоте, малому весу, компактности, высокой скорости монтажа данная технология, которая изначально разрабатывалась для автомобилестроения, рассматривается сегодня как перспективная также для таких областей, как промышленный сектор, системы автоматизации и железнодорожный транспорт. Для успешного распространения технологии SPE все ее компоненты должны быть стандартизированы на международном уровне. После многоэтапного отбора вариантов от различных производителей международная организация по стандартизации ИЕС выбрала разъем T1 Industrial от компании Harting в качестве стандарта для контактной стороны однопарного Ethernet для промышленного применения.

**П**ерспективные направления развития современных технологий, такие как беспилотные автомобили, Интернет вещей (IoT) и промышленный Интернет вещей (IIoT), требуют внедрения новых решений в области коммуникаций. Технология SPE – одно из них. Способность одновременно питать устройства электроэнергией и передавать данные, используя только одну пару проводов, обеспечивает технологии SPE огромные преимущества перед беспроводными решениями.

Технология однопарного Ethernet позволяет реализовать цифровые технологии на низовом полевого уровне. Оснащение датчиков, камер, считывателей, устройств идентификации и других систем интерфейсами Ethernet способствует внедрению концепций Integrated Industry и IIoT.

Дистанционная передача питания по технологии Power over Data Line (PoDL), используемой в SPE, устраняет необходимость в батареях и аккумуляторах, что является дополнительным преимуществом с точки зрения экологичности и охраны окружающей среды. Кроме того, для проводных технологий передачи данных нет нормативных ограничений, связанных с использованием и предоставлением частотных диапазонов, следовательно, для производителей таких систем отсутствуют соответствующие сборы.

Соединители, предназначенные для применения в различных областях, стандартизируются на международном уровне. Наиболее известные примеры – разъемы RJ45 для сетей Ethernet и соединители HDMI и DVI для передачи видеосигналов. Для технологии SPE также требуются стандартизированные разъемы, что является необходимым условием для их успешного вывода на рынок, поскольку различные сетевые устройства могут взаимодействовать только в унифицированной сети передачи данных, используя стандартизированные системы соединения.

Рассмотрим требования, которые предъявляются к соединителям по этой технологии.

**Номинальное напряжение.** Для передачи данных в сети Ethernet обычно используется дифференциальный сигнал напряжением  $\pm 1$  В. Однако при определении номинального напряжения для соединителя SPE необходимо учитывать параллельное использование двух жил для дистанционного электропитания. В технологии SPE применяется метод Power over Data Line (PoDL), который регламентируется стандартом IEEE 802.3bu. Как и в технологии Power over Ethernet (PoE), максимальное номинальное напряжение для PoDL составляет 48 В постоянного тока, а максимальное напряжение питающего оборудования (PSE) – 60 В постоянного тока. В отличие от PoE, в технологии PoDL используются также напряжения номиналом 12 и 24 В постоянного тока, которые применяют в автомобилях.

<sup>1</sup> Компания «Золотой Шар», менеджер по продукции, тел. +7 495 234-01-10 (доб. 262), romashko@zolshar.ru.

**Напряжение изоляции.** В стандартах IEEE 802.3 для технологии SPE подробные требования к изоляции, предъявляемые автомобильными системами, не приводятся. При этом к кабельным системам в административных зданиях и на промышленных предприятиях предъявляются те же требования, что и к 4-парному Ethernet с напряжением 1,5 кВ (среднеквадратичное значение) при замыкании на экран и 1,0 кВ (среднеквадратичное значение) при замыкании на контакт (см. раздел 126.5.1 стандарта IEEE 802.3bz).

**Номинальный ток.** В отношении расчета номинального тока требования PoDL также являются определяющими. В текущем стандарте IEEE 802.3bu в таблице 104-1 регламентируется максимальное значение мощности электропитания 63,3 Вт, которое соответствует максимальной мощности электропитания 50 Вт на питаемом устройстве (PD). В результате минимальное допустимое напряжение электропитания составляет 48 В при токе 1,36 А. Однако исходя из перспектив развития технологии для соединителя выбрано значение 4 А постоянного тока.

Это означает, что при дальнейшем развитии технологии PoDL значение максимальной мощности будет сохраняться на уровне ниже 100 Вт, и для напряжения электропитания 24 В, применяемого в области автоматизации производства, максимальный номинальный ток ограничивается величиной 4 А.

**Частотные характеристики передачи данных.** Для передачи данных в технологии SPE используется дуплексное соединение по разделенным парам проводов сопротивлением 100 Ом. Для обеспечения большей помехоустойчивости, в частности при использовании в электромобилях, для технологии SPE были выбраны методы кодирования более низкого уровня – PAM3 для стандарта 1000BASE-T1 и PAM4 для стандартов 2.5/5/10GBASE-T1. Это привело к резкому повышению требований к полосе пропускания по сравнению со стандартами многопарного Ethernet (MPE). В настоящее время в рамках разрабатываемой рекомендации IEEE 802.3ch ведется обсуждение стандарта SPE для 10GBASE-T1 с полосой пропускания до 4 ГГц (для сравнения – в 10GBASE-T требуется всего 500 МГц). По этой причине контакты в соединителе T1 Industrial располагаются симметрично в полностью закрытом экранированном корпусе (рис. 1). Таким образом, значения переходной емкости и индуктивности обоих проводников при замыкании на экран или на печатную плату полностью совпадают, и для независимой передачи данных не создается помех.

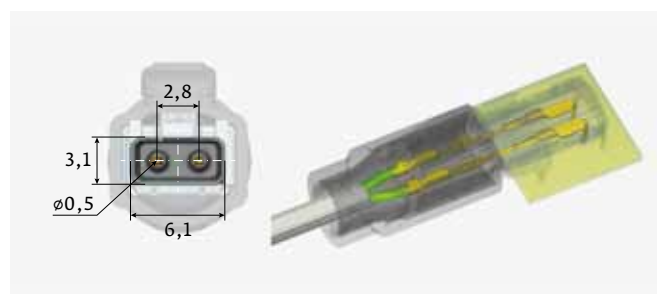
Кроме того, оба контакта T1 Industrial расположены параллельно плате и выровнены относительно друг друга. В результате пути прохождения сигнала в обоих проводниках полностью совпадают, благодаря чему

удается избежать возникновения разности во времени распространения сигналов.

Компания Harting включилась в разработку стандарта с самого начала создания сообщества SPE. При разработке соединителя для технологии SPE во внимание были приняты все перечисленные требования к электрическим характеристикам и заложен достаточный запас для перспективных систем с увеличенной полосой пропускания и дополнительными требованиями к дистанционному электропитанию (PoDL). Кроме того, были выбраны распространенные и общепринятые на рынке варианты исполнения корпусов.

Помимо этого, большое внимание было уделено оптимизации конструкции соединителя для того, чтобы она, с одной стороны, обеспечивала простоту эксплуатации и, с другой стороны, отвечала бы требованиям по снижению габаритов и высокой надежности. В соответствии с этими целями было выбрано расположение контактов с шагом 2,8 мм с толщиной контактов 0,5 мм. Такая схема расположения контактов наилучшим образом соответствует поперечному сечению жил подключаемого кабеля. Для передачи данных на короткие расстояния в стандартах 100BASE-T1 и 1000BASE-T1 используются проводники AWG 28/26 или AWG 22 диаметром приблизительно 1 или 1,6 мм соответственно. Однако для передачи данных на расстояние до 1000 м в стандарте 10BASE-T1L необходимы проводники AWG 16/18 с диаметром 2 мм, поэтому шаг 2,8 мм между контактами является оптимальным.

Согласно группе стандартов IEEE 802.3 максимальная дальность передачи данных достигается только в экранированных каналах передачи. Исходя из этого была реализована экранированная конструкция, которая также обеспечивает надежную передачу данных в неблагоприятных промышленных условиях. Кроме того, экранирующие пластины способствуют надежной механической фиксации соединителя в исполнении IP20. Металлический фиксатор устраняет проблему ненадежной фиксации, из-за чего у пользователей часто вызывают нарекания соединители RJ45.



**Рис. 1.** Симметричная конструкция соединителя T1 Industrial, соответствующая рекомендациям IEC63171-6



**Рис. 2.** Соединитель для SPE в исполнении IP20, соответствующий IEC63171-6

В промышленности нашли широкое применение круглые соединители M8 и M12. Поэтому новый соединитель для SPE был создан как унифицированная вставка, или «контейнер данных», на базе M8 в нескольких исполнениях: с винтовой фиксацией, с фиксацией посредством защелки и с механизмом блокировки типа PushPull. Кроме того, были стандартизированы и соединители M12 в исполнении с винтовой фиксацией и механизмом блокировки PushPull, что позволило применять их совместно с кабелями с большим поперечным сечением в каналах IOBASE-TPL с дальностью передачи до 1000 м. Это означает, что во всех вариантах исполнения применяется один и тот же соединитель, поэтому соединители в исполнении IP20 можно также подключать к разъемам IP65/67 для проведения метрологических измерений или испытаний (рис. 2). Применение распространенных вариантов исполнения M8/M12 обеспечивает хорошие позиции на рынке и в то же время снижает капиталовложения, поскольку многие поставщики предлагают подходящие варианты исполнения корпусов.

Применение идентичных разъемов и контактных вставок («контейнеров данных») во всех вариантах исполнения гарантирует унификацию технических характеристик во всех линейках продуктов и обеспечивает благоприятные условия для рентабельного производства за счет экономии на масштабе. Таким образом, разъем для технологии SPE, соответствующий IEC 63171-6, представляет собой стандартизированный на международном уровне соединитель, который оптимально подходит для использования в перспективных отраслях промышленности. Применение стандартизированного контейнера данных SPE облегчает интеграцию соединителя, соответствующего IEC 63171, с другими разъемами, такими как соединительная система M12 с механизмом блокировки PushPull, для которой в настоящее время разрабатывается новый стандарт, а также с другими разъемами.

В результате рассмотрения комиссией по стандартизации предложенных вариантов от различных



**Рис. 3.** Соединитель M12 с механизмом блокировки PushPull



**Рис. 4.** Соединитель M8 с механизмом блокировки PushPull



**Рис. 5.** Соединитель M8 с защелкой и соединитель в исполнении IP20



**Рис. 6.** Гнездовой соединитель M12 с винтовой фиксацией и механизмом блокировки PushPull



**Рис. 7.** Разъем M8 с защелкой и механизмом блокировки PushPull



**Рис. 8.** Угловой гнездовой компонент печатной платы в исполнении IP20

производителей за международный стандарт для применения в промышленности и смежных областях был принят соединитель SPE, разработанный компанией Harting – TI Industrial.

На рис. 3–8 представлены различные варианты исполнения соединителей для SPE с классом защиты IP65 / 67 и IP20. В будущем эту линейку продуктов предполагается расширить на основе рекомендаций IEC 63171-6. В состав линейки войдет полный набор решений – от разъемов печатных плат и соединителей до компонентов для проходного монтажа и системных кабелей. Кроме того, ведется работа над сопутствующей технологией эксплуатационных измерений.

\* \* \*

Технология однопарного Ethernet – идеальное решение с точки зрения развития инфраструктуры IoT и IIoT, фундаментальный элемент концепции Integrated Industry. Ее применение откроет новые перспективы развития сетевых технологий в таких областях, как автономные

автомобили, системы промышленной автоматизации, железнодорожный транспорт и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. www.harting.com.
2. **Schmidt R.** Сокращая путь к Integrated Industry. Tec. News 2018. No. 35. С. 24–25. // www.harting.com/sites/default/files/2019-01/tecNews35-RU.pdf
3. **Fritsche M.** «Одной пары достаточно» – стандарты соединителей для однопарного Ethernet (SPE) и их применение в устройствах и кабельных соединениях, реализующих технологию SPE. – Эспелькам, Германия. Harting.
4. IEEE 802.3bu – 2016: Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet
5. IEEE 802.3bz – апрель 2016: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for 2.5 Gb/s and 5 Gb/s Operation, Types 2.5GBASE-T and 5GBASE-T

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 636 руб.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО БУДУЩЕГО. НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ

Под ред. Г. Г. Малинецкого, В. В. Иванова, П. А. Верника

*Издание осуществлено при поддержке  
АНО «Институт стратегий развития»*

С междисциплинарных позиций рассматриваются вопросы формирования цифрового будущего в различных сферах – от философии, культуры, образования и конкретных технических проектов, возможность воплощения которых дают компьютерные технологии, до новых математических моделей и прогнозов.

Выделен ряд ключевых направлений, развитие которых может существенно повысить социально-экономическую эффективность программы цифровой экономики.

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2020. – 356 с.,  
ISBN 978-5-94836-575-6



ИНСТИТУТ  
СТРАТЕГИЙ  
РАЗВИТИЯ

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru