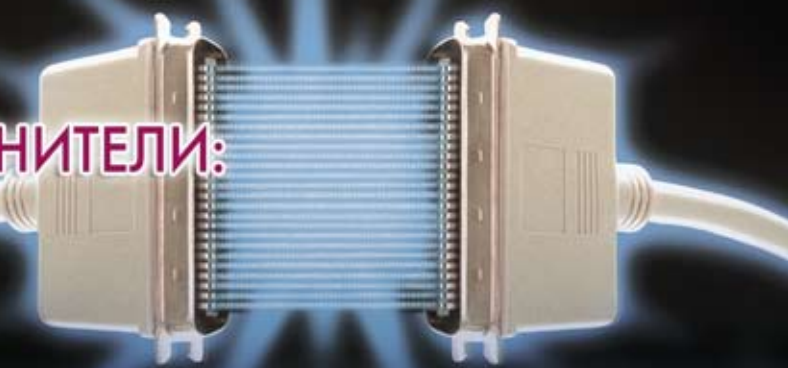


ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНИТЕЛИ: ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА



А.Смирнов,
Andrey.Smironov@HARTING.com

При проектировании электротехнических изделий электрический соединитель выбирают на последнем этапе. И это неудивительно – только когда устройство создано, становится понятно – что, с чем и как соединять. Но здесь таится опасность – к моменту завершения процесса проектирования остается слишком мало времени и денег для того, чтобы выбрать оптимальный разъем. Однако от качества соединения зачастую зависит работоспособность всего изделия.

Это особенно важно, если к конечному продукту предъявляются повышенные требования по условиям эксплуатации: пыль, влага, широкий температурный диапазон, химически агрессивная среда, вибрации. Цель данной статьи – дать краткий обзор существующих соединителей и рекомендации, упрощающие их выбор.

В статье мы опишем соединители общепромышленного назначения, которые применяют в машиностроении, автоматизации производства, энергетике, телекоммуникациях, на транспорте. Такие соединители отвечают стандартам ГОСТ Р51323.1–99 и IEC 60309–1–99. К ним относятся вилки и штепсельные розетки, кабельные соединители и соединительные устройства и их составные части. К этим соединителям можно присоединять кабели только из меди или медных сплавов. Согласно ГОСТ Р51323.1-99 и IEC 60309-1-99, соединители обязаны работать при температуре окружающей среды -25...40°C. Однако во многих отраслях промышленности электротехнические изделия должны функционировать в более широких температурных диапазонах. Так, ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие технические изделия" устанавливает нижнюю границу температуры -60°C. Поэтому производители освоили выпуск соединительных устройств

для эксплуатации в расширенных диапазонах температур.

На отдельные виды соединителей распространяются специализированные стандарты – они указаны в статье.

Наряду с термином "соединитель" в работе будем использовать его синоним – устаревший, но более привычный термин "разъем".

По назначению разъемы можно разделить на две основные категории: сигнальные (их также называют приборными) и силовые.

СИГНАЛЬНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Существует два типа сигнальных соединителей: для печатных плат и интерфейсные. Первые служат в основном для соединения печатных плат друг с другом. Назначение интерфейсных разъемов – подсоединение кабелей, по которым передаются сигналы.

Тип соединителя для печатных плат зависит от вида передаваемого сигнала. Так, для 8- и 16-разрядной шины традиционно используются соединители, изготовленные в соответствии со стандартом DIN 41612 с шагом контактов, кратным дюймовому (2,54 мм) (рис.1а). С появлением 32- и 64-разрядной шины на смену соединителям DIN 41612 пришли разъемы с метрическим шагом и большим числом контактов, например compact PCI (рис.1б). Эти соединители выполнены в соответствии со стандартами IEC 61076–4–100 и IEC 61076–4–101. И для той, и для другой серии были разработаны комбинированные соединители. В них сигнальные разъемы совмещены с силовыми контактами питания платы (до 40 А на контакт) или коаксиальными контактами радиочастотных цепей (диапазон частот 0–2 ГГц, импеданс 50 или 75 Ом). В серии DIN 41612 предусмотрены и высоковольтные контакты (рис.1в).

Среди интерфейсных соединителей известны субминиатюрные (D-Sub, DB) соединители типа D (IEC 60807) (рис.2), которые обычно ассоциируют с протоколами RS232, RS485.

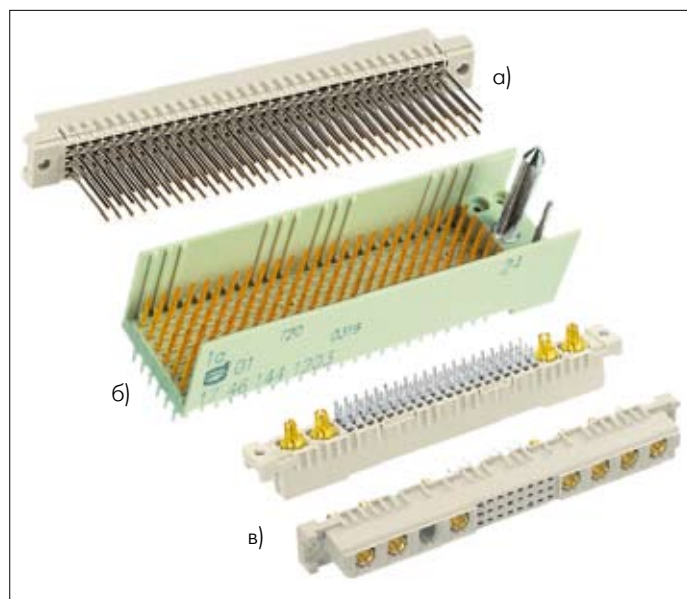


Рис.1. Соединители для печатных плат: DIN 41612 (а), с метрическим шагом контактов (б) и DIN 41612 с силовыми контактами (в)

Это, наверное, самый распространенный тип интерфейсных разъемов. Их преимущества – относительно невысокая стоимость, большой выбор числа контактов (от 9 до 78), а также несколько вариантов исполнения, например:

- с силовыми, коаксиальными или высоковольтными (до 2 кВ, 2 А) контактами (DIN 41652 T1);
- низкопрофильные – такие соединители могут оказаться полезными, например, при компоновке друг над другом нескольких плат в стандарте PC/104;
- со встроенными ферритовыми, емкостными, LC и другими фильтрами (IEC 1000);
- герметичные (класс защиты до IP67).

Реже используются интерфейсные соединители типа IDC (Insulation Displacement Connector system) (IEC 60603–13) для плоского кабеля (рис.3). Конструкция их корпуса не предусматривает электромагнитного экранирования и не рассчитана на большие механические нагрузки. Соединители типа IDC применяют для передачи интерфейсных сигналов



Рис.2. Соединитель D-Sub



Рис.3. Соединитель типа IDC

на расстояние не более десятков сантиметров. Их преимущество заключается лишь в простоте конструкции и, как следствие, низкой стоимости.

Миниатюрные соединители типа D (IEC 61076–3–101) изначально использовались для интерфейса SCSI. Сейчас благодаря удачной конструкции они используются и для

передачи других сигналов. По сравнению с D-Sub эти соединители имеют меньшие габариты и большее число контактов (до 100). Следует различать две версии не совместимых друг с другом разъемов: "Pin and Socket" (рис.4а) и "Bellows" (рис.4б).

Одновременно с выбором соединителя следует выбрать и технологию монтажа. Ручная пайка элементов на плату сегодня не используется, поскольку этот процесс нетехнологичен и вреден для здоровья человека. В мелкосерийном производстве печатных плат, на которых соединителей больше, чем других элементов, целесообразно запрессовывать разъемы на плату. Стоимость оборудования для такой технологии на 1–2 порядка ниже, чем для пайки волной припоя или поверхностного монтажа (Surface mount technology, SMT). При соблюдении требований к изготовлению печатных плат надежность этого метода не вызывает сомнений, а запрессовка полного комплекта разъемов в кросс-плату типоразмера 6U занимает всего 2–3 минуты.



Рис.4. Миниатюрные соединители типа D: "Pin and Socket" (а) и "Bellows" (б)

Мало кто знает, что уже давно существуют соединители, пригодные для технологии поверхностного монтажа (Surface mount compatible, SMC). Такие разъемы выдерживают кратковременные температурные нагрузки до 260°C. Вместе с тем они, в отличие от соединителей, размещаемых на поверхности платы по технологии SMT, устанавливаются в отверстия на плате, что позволяет им нести большую механическую нагрузку. Монтировать такие соединители нужно либо вручную, либо с помощью специального инструмента – стандартный вакуумный держатель недостаточно мощен, а разъем зачастую не имеет плоской площадки под него (за исключением отдельных серий типа IDC).

Монтаж кабельной части соединителя производят методом ручной пайки, обжима или прокола изоляции кабеля.

СИЛОВЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Чтобы выбрать силовой промышленный соединитель, следует руководствоваться несколькими критериями: количеством контактов, номиналом силы тока и напряжения, необходимой степенью защиты, наличием заземления, технологичностью в производстве и эксплуатации.

Поскольку речь идет о промышленных условиях (степень загрязнения 3 в соответствии с DIN VDE 0110–1 и IEC 60664–1), то наличие заземления обязательно, а степень защиты должна быть не ниже IP54 (IEC 60529, DIN EN 60529,



Рис. 5. Прямоугольный соединитель с двумя скобами

ГОСТ 14254). Для российских условий эксплуатации с резкими перепадами температур рекомендуются соединители со степенью защиты не ниже IP65, а иногда – и IP68.

Помимо силовых разъемов с одним типом контактов (рис.5) есть комбинированные (рис.6) и модульные (рис.7) соединители. В первом случае в одной вилке (или розетке) уже установлены контакты различных типов, во втором – соединитель собира-



Рис. 6. Комбинированный соединитель

ется из модулей с различным номиналом контактов (от 5 до 200 А). Стоимость такого разъема выше, чем обычного. Однако она ниже, чем стоимость нескольких разъемов, а удобство в эксплуатации и экономия места очевидны.

Технологичность соединителей в производстве определяется двумя основными факторами: геометрией соединителя при монтаже блочной части и способом крепления проводника. С точки зрения геометрии, раньше выглядели предпочтительнее цилиндрические соединители, поскольку сверление отверстия под разъем – весьма несложная технологическая операция. Сегодня же большинство корпусных деталей изготавливается литьем, штамповкой или из готовых конструктивных элементов, поэтому данный аспект утратил актуальность. А вот в эксплуатации разница существенная: защелкивать на скобу прямоугольный корпус (рис.5) значительно проще, чем крутить до упора резьбу на цилиндрическом. Кроме того, с прямоугольным разъемом легче контролировать качество соединения: "щелчок" при фиксации скобы уведомляет монтажника, что разъем состыкован и закрыт. В резьбовом соединении нет однозначного положения фиксации, и если разъем не докручен, то его трудно будет правильно собрать в следующий раз – витки резьбы или окислятся, или загрязнятся. В обоих вариантах геометрии есть и байонетные соединения.

Провод к контакту крепят несколькими способами: пайкой, винтом, плоской прижимной пружиной (cage-clamp), обжимом, аксиальным конусом, проколом изоляции. Рассмотрим их по порядку.

Пайка, как отмечалось, – способ нетехнологичный и вредный.

Винт – очень распространенный и дешевый метод крепления, но он обладает серьезным недостатком: в процессе эксплуатации требует обслуживания (протягивания). В традиционном исполнении он абсолютно непригоден в условиях повышенной вибрации.

Прижимная пружина – неплохой современный метод крепления. Однако он самый дорогостоящий из-за сложности конструкции. Поскольку этот вариант не требует специальных инструментов, он оптимален при изготовлении небольших партий опытных образцов электротехнических изделий.

В серийном производстве лидирует обжимной способ крепления проводника. При соблюдении технологии надежность обжимного соединения значительно выше, чем любого другого – и по механическому, и по электрическим параметрам. Экономически он тоже оправдан: хотя метод требует специального инструмента, себестоимость такого соединения ниже, чем при любом другом способе крепления. Конструкция инструмента ведущих производителей такова, что с обжимом может справиться персонал с минимальной квалификацией.

Аксиальный способ – это модификация винтового. В этом случае жилы многожильного проводника при помощи конуса разжимаются



Рис. 7. Модульный соединитель

на внутренней воронкообразной стороне контакта и равномерно распределяются на предельно возможном радиусе (рис.8). Аксиальный способ крепления применяют для больших сечений и токов (от 40 А и выше). Обжимное крепление для таких сечений практически не используется, поскольку необходимый для него инструмент должен развивать очень большое усилие, что делает его весьма дорогостоящим.

Для небольших токов можно воспользоваться методом прокола изоляции специальной ножевой конструкцией контакта. Способ не требует зачистки провода и каких-либо инструментов. Он очень удобен в полевых условиях.

ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ ПРИ ПОКУПКЕ

Теперь – несколько слов о качестве устройства и выборе производителя и поставщика соединителей. И здесь как

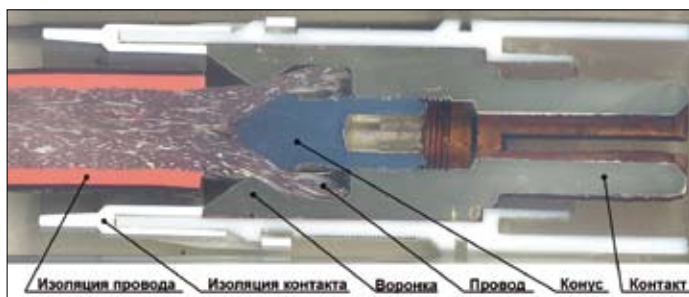


Рис.8. Разрез контакта с аксиальным конусом

нигде уместна поговорка "не все то золото, что блестит". Авторитетные производители используют для покрытия сигнальных контактов золото, а для силовых – серебро. Поясним на примере. Соединители, изготовленные по стандарту DIN 41612, должны проходить испытания согласно IEC 60603–2. В этом стандарте надежность и долговечность контактов характеризуются уровнем исполнения (performance level). При уровне исполнения 2 (самом распространенном) контакты разъема обязаны выдерживать 400 циклов сочленения-расчленения (из них 200 – после четырехдневного газового теста в SO_2). После теста не должно быть внешних повреждений и задигов до основного металла, видимых невооруженным глазом. Необходимо также, чтобы сопротивление контакта оставалось в пределах жесткого допуска. Реально таким требованиям удовлетворяет только золотое покрытие. Хотя проводимость серебра и меди выше, чем золота, окисная пленка, которая образуется в процессе теста или эксплуатации, у серебра (и тем более у меди и никеля) имеет значительно большее сопротивление. Для силовых соединений, где ток не бывает менее 5 мА, а напряжение ниже 5 В, идеально подходит серебряное покрытие (при таком сочетании тока и напряжения окисная пленка серебра пробивается). Для сравнения – в бытовых соединителях применяют медь, никель (вилки питания бытовой техники), фосфаты (блестящие компьютерные разъемы). Их ресурс не

рассчитан на долгие годы эксплуатации и многократное сочленение. Проблема в том, что недобросовестные производители переносят опыт производства бытовых соединителей на промышленный рынок.

В мире существует достаточно много производителей разъемов. Кого выбрать? Конструктор, закладывая тип комплектующих в разработку, должен быть уверен, что эти комплектующие (в данном случае соединители) будут выпускаться производителем достаточно долго. Для масштабных проектов желательно, чтобы производитель мог возобновить выпуск уже снятого с производства разъема. Поэтому мы рекомендуем стандартные соединители ведущих европейских производителей. Изделия американских и японских производителей обладают высоким качеством, однако стандарты у них другие. Поэтому без крайней необходимости их лучше не использовать. Что касается неизвестных производителей – ничего, кроме проблем, такой выбор принести не может.

Где покупать? На промышленном рынке производители используют один из двух основных каналов дистрибуции: продажа непосредственно потребителю через представительства (короткий канал) или продажа через развитую дистрибьюторскую сеть (длинный канал).

Дистрибьютор, как правило, поддерживает некоторый складской запас и производит комплексные поставки предприятиям. Это очень выгодно небольшим фирмам, у которых нет средств на содержание крупного отдела материально-технического снабжения.

В последнее время грамотный руководитель крупного предприятия предпочитает работать непосредственно с представителем производителя. Преимущества очевидны: снижаются затраты и сроки поставки. Кроме того, есть возможность внедрения системы "точно в срок". Также не стоит забывать о технической поддержке и гарантийных обязательствах производителя. ○