

Безопасная система соединений

для тяговых батарей BCON+

Новая система высоковольтного подключения BCON+ от TE Connectivity представляет собой универсальное, компактное, надежное и безопасное решение для соединения элементов тяговой батареи и точек подключения высокого напряжения вне батареи. Она безопасна для прикосновений в несопряженном и сопряженном состоянии. Система BCON+ обеспечивает прочное соединение и чрезвычайно низкое контактное сопротивление.

Виктор Виноградов

elmeh@ptelectronics.ru

Цели разработки BCON+

Контакты аккумулятора в электрифицированном транспортном средстве должны соответствовать очень высоким требованиям. Поэтому целью проектирования стало обеспечение работы при постоянном токе 400 А с короткими пиками до 1200 А и напряжением до 1000 В при типичных температурах $-40...+80$ °С. Основная задача состояла в том, чтобы достичь очень низкого контактного сопротивления с минимальными потерями мощности. Контакты BCON+ имеют максимальное сопротивление 10 мкОм. Разъемы модулей обеспечивают виброустойчивость 3-го уровня (LV214,

SG 3) в соответствии со спецификацией испытаний производителя LV215.

Система соединений такого типа предполагает легкую и безопасную сборку. В зависимости от транспортного средства и аккумулятора система должна иметь гибкую конфигурацию. Это относится к соединениям, имеющим геометрические ограничения, а также к соединениям различных типов проводников. Кроме того, соединения модулей должны соответствовать требованию к сроку службы в 10 лет (или 300 000 км) и выдерживать до 25 циклов сопряжения болтами. В электрифицированном транспортном средстве нагрузка во время зарядки повышает требования к надежности компонентов батареи, и время зарядки должно быть включено в общее время работы.

Краткое описание системы BCON+

Фактическое соединение элементов достигается с помощью плоских алюминиевых шин, контактирующих внутри модуля (рис. 1). Каждый модуль подключается к системе батарей через плоские болтовые соединения, изготовленные из меди. Они объединяют нижнюю часть гальванического медного интерфейса с резьбовой вставкой из закаленной стали. Интерфейс соединений представляет собой вставной болт, соединенный с многожильным медным проводом (высоковольтным кабелем).

При установке BCON+ контакт высоковольтного кабеля сопрягается с медным интерфейсом (рис. 2). При корректном соединении произойдет фиксация кабеля на шине для удобства последующего монтажа.

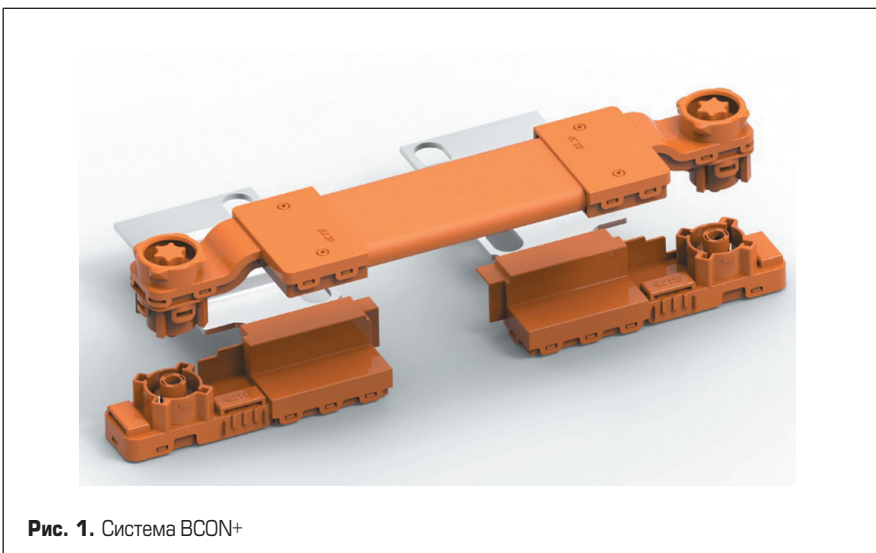


Рис. 1. Система BCON+

Огнестойкость пластмассовых деталей соответствует стандарту HB, защита V0 предоставляется по запросу. Форма корпуса позволяет оптимально использовать доступное монтажное пространство (рис. 3), обеспечивая при этом максимальную безопасность. Все токоведущие части заключены в оболочки с силиконовым покрытием либо в оболочки из стекловолокна, устойчивого к высоким температурам. Соединения между алюминиевыми шинами и одножильными медными интерфейсами создаются с помощью различных технологий сварки и скрепления.

Стяжной болт М5, используемый для затягивания круглых медных интерфейсов, был разработан компанией TE Connectivity из закаленного материала. Головка болта покрыта пластиком и затягивается стандартным внутренним шестигранником. Болт пересекает оба круглых интерфейса с плоской монтажной поверхностью, а затем вкручивает резьбовую гильзу через нижнюю часть болтового соединителя BCON+ (рис. 4).

В этой конструкции механическое натяжение применяется только в системе «сталь-сталь», полностью отделенной от электрического соединения на пути «медь-медь» (рис. 5). Для решения различных задач выпускаются медные шины самого разнообразного профиля, включая прямые или угловые версии и опциональные смещения. Контакты на нижней стороне соединения имеют различную маркировку и могут поворачиваться с шагом 90° для предотвращения случайного сопряжения или неправильного подключения похожих соединений на медной шине.

Болтовое соединение

Поскольку ни один разъемный интерфейс не обеспечивал достаточно низкого сопротивления контакта, была выбрана болтовая заделка. Это обеспечило необходимые характеристики электрического соединения в условиях вибрации (при силе тока 400 А и требуемом сопротивлении <math><10\text{ мкОм}</math>). С помощью болта М5 достигается необходимая высокая сила контакта. Верхняя и нижняя части электрического контакта состоят из гальванической меди с плоским кольцевым профилем. Такая геометрия увеличивает площадь поверхности электрического контакта. Конструкция болта учитывает различные коэффициенты теплового расширения меди и стали, что приводит к минимальной потере крутящего момента после воздействия окружающей среды при низких ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высоких ($+140\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурах. В ходе испытаний на воздействие окружающей среды в соответствии со стандартом LV215 болтовые соединения BCON+ сохраняли заданный момент повторной затяжки до конца срока службы, тем самым демонстрируя функциональную безопасность.

Варианты контактов

Система BCON+ предназначена для проводников сечением 16–100 мм². Несколько геометрических вариантов показаны на рис. 6. Возможны соединения с круглыми одножильными проводниками,

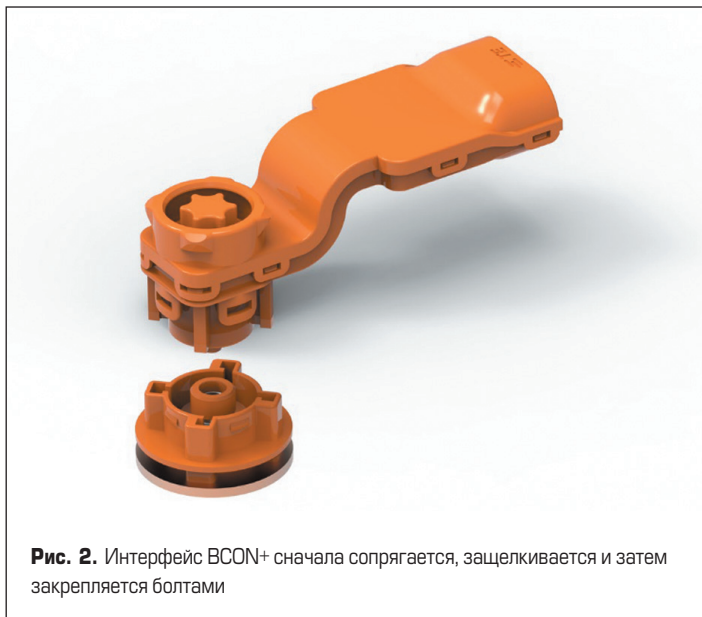


Рис. 2. Интерфейс BCON+ сначала сопрягается, защелкивается и затем закрепляется болтами

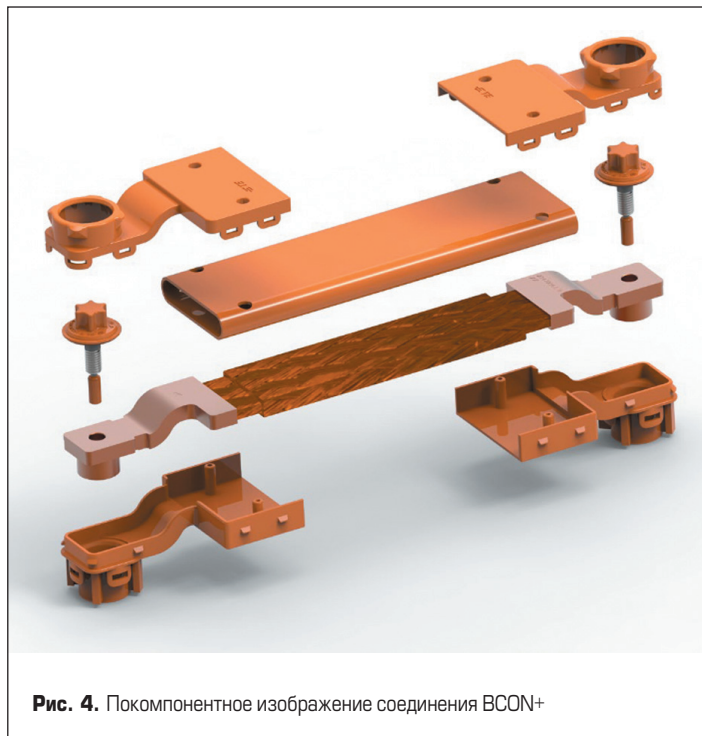


Рис. 4. Покомпонентное изображение соединения BCON+



Рис. 3. Интерфейс BCON+: слева — болтовая часть; справа — контактная нижняя часть с видимым круглым интерфейсом и резьбовой втулкой в центре

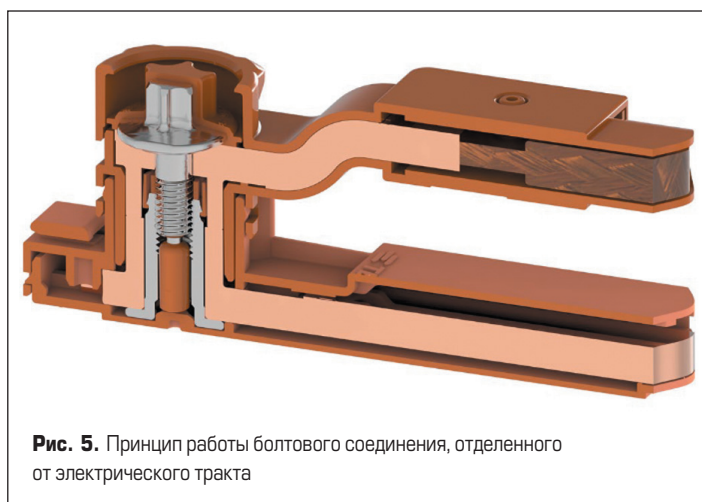


Рис. 5. Принцип работы болтового соединения, отделенного от электрического тракта



Рис. 6. Различные соединения проводников и геометрические варианты

многожильными проводниками (круглыми и плоскими), а также медными плоскими контактами (прямыми и смещенными). Ассортимент дополняют крепежные зажимы и защитные крышки от механического истирания.

Благодаря чрезвычайно компактным размерам все компоненты системы оптимально совпадают друг с другом. Это относится и к двум кольцевым профилированным контактам. В идеальном случае кольцевые контакты интегрированы в медный плоский контакт. Однако они также могут быть приварены к медному контакту как отдельные детали или просто надеты на него. От выбранного метода зависит величина сопротивления контакта. Как и медные шины, контактные кольца изготавливаются из цельной меди. На область контакта наносится гальваническое покрытие сначала из никеля, затем из серебра, причем никель служит в качестве диффузионного барьера, а защищенное от потускнения серебро снижает контактное сопротивление и обеспечивает срок

хранения компонентов до одного года после производства. В процессе изготовления медные плоские контакты затвердевают при определенной нагрузке. Варианты плоских медных контактов со смещением предназначены для особых условий компоновки или компенсации смещений.

Перспективы

Фактическое контактное сопротивление в 10 мкОм является отличным достижением. Оно состоит, главным образом, из физически неизбежных потерь, вызванных электрическим сопротивлением меди (примерно 7 мкОм) и в меньшей степени — сопротивлением между двумя контактами с кольцевым профилем (около 3 мкОм). Также могут быть реализованы дополнительные требования (например, защита от брызг воды). Кроме того, система BCON+ может быть масштабирована для более высоких или низких значений тока.

Заключение

BCON+ от TE Connectivity представляет собой высокофункциональную систему болтового крепления с низким сопротивлением для надежного и полностью безопасного для прикосновений монтажа даже в условиях ограниченного пространства. Низкое контактное сопротивление в сочетании с высокой прочностью делают болтовое соединение BCON+ надежным и безопасным решением для аккумуляторных модулей и точек подключения высокого напряжения вне батареи.

Гибкость вариантов соединения (различные формы медных плоских контактов и разные варианты проводников) позволяет использовать различные конфигурации и геометрические форматы контактов в одной системе. Различные варианты маркировки и поворот с шагом 90° обеспечивают безопасную сборку. Сенсорная безопасность соответствует стандарту IPxxV и защищает пользователей от прикосновения к частям, находящимся под напряжением, на всех этапах жизненного цикла автомобиля.