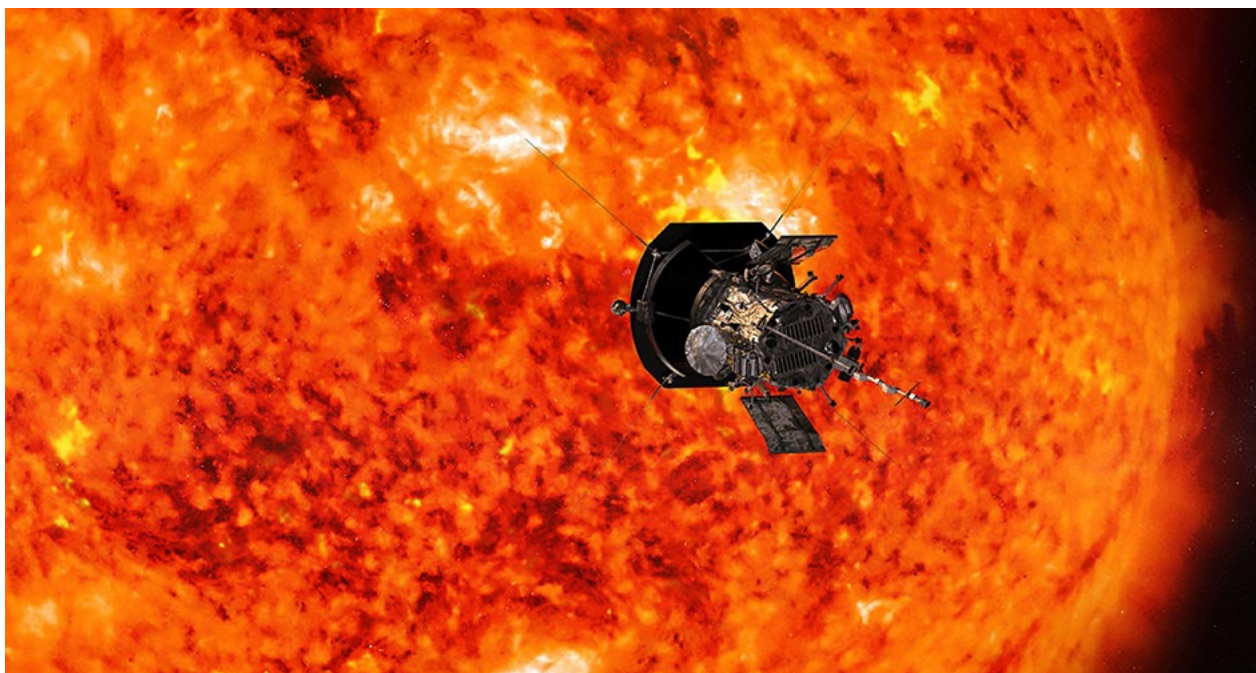


КОММЕРЧЕСЕСКИЕ РАЗЪЕМЫ В ЖЕСТКИХ УСЛОВИЯХ БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНОГО КОСМОСА

Анн Трайфт (Ann Thryft)



Смена приоритетов в применяемых решениях для работы в космическом пространстве порождает спрос на недорогие разъемы, способные выдерживать жесткие условия эксплуатации.



Рис. 1.

Космический аппарат НАСА Parker Solar Probe приближается к Солнцу для изучения структуры короны (иллюстрация, источник: НАСА)



Рис. 2.
RF-разъемы
компании TE
Connectivity:
стандартные, мини
и микро, широкий
диапазон частот,
гибкая или жесткая
структура кабеля

Исследование дальнего космоса позволяет нам получать новые знания о Солнце, Луне и планетах нашей системы. Так, например, данные, полученные с автоматической станции NASA Lunar Reconnaissance Orbiter, позволили определить, что Луна не является полностью мертвым спутником и проявляет признаки тектонической активности. В то же время миллионы циклов наблюдения, проводимых при помощи космического телескопа Хаббл, который в этом году отмечает свое 30-летие, позволили ученым получить данные, которые значительно расширили и изменили фундаментальные представления о космическом пространстве.

В последнее время в космической отрасли все отчетливее наблюдается смена приоритетов, сопровождаемая смещением финансирования с научно-исследовательской деятельности на коммерческое направление. Наиболее популярным направлением на текущий момент является вывод и организация работы спутников на околоземных орбитах: геостационарные и низкие околоземные орбиты (ГСО и НОО). Согласно годовому отчету американского подразделения Space Foundation за 2019 год, продукты и предоставляемые в коммерческом сегменте услуги занимают больше половины рынка отрасли, общий объем которого насчитывает более 415 миллиардов долларов.

Разъемы являются неотъемлемой частью практически любого оборудования, используемого в космических миссиях. «Продукты TE Connectivity для дальнего космоса находят широкое применение в решениях НАСА», – заявил Расс Грейвс (Russ Graves), менеджер по разви-

тию аэрокосмического направления компании TE Connectivity. Согласно его словам, запросов на данный вид продуктов с каждым годом становится все больше, особенно это касается решений, предназначенных для использования на низких околоземных орбитах. «Еще десять лет назад основным направлением использования наших продуктов для спутниковых систем были приложения, работающие на ГСО. Однако сейчас основное направление нашего бизнеса и отрасли в целом – это решения для НОО» – сказал Грейвс.

В последние годы тенденция использования спутников на околоземных орбитах набирает обороты. Однако спутникам необходимо соответствующее техническое оснащение, в том числе разъемы, способные работать в жестких условиях эксплуатации. Спрос на подобную продукцию продолжает расти, также как растет мировой интерес к изучению и использованию космического пространства.

СМЕНА ПРИОРИТЕТОВ И ПЕРЕХОД К КОММЕРЧЕСКИМ ПРИЛОЖЕНИЯМ

«Наши достижения в области космических технологий основаны главным образом либо на научных исследованиях, либо на военных разработках. Кроме того, большая часть космических миссий традиционно финансировалась из «неограниченных» государственных бюджетов», – сказала Габи Кристиан Миндречи (Gaby Cristian Mindreci), директор по продажам европейского отделения компании Positronic. Строгая система финансирования порождала и высокие требования к оборудованию: «сверхпроизводительность, возможность работы в суровых условиях эксплуатации, длительный срок службы и очень жесткий допуск компонентов». Как пример, для прохождения некоторых квалификационных испытаний приходилось использовать до 10 интерпретаций одной и той же модели устройства.

После появления и развития сети Интернет, одним и наиболее перспективных технологических организаций связи в коммерческой отрасли стали так называемые спутниковые «мега-созвездия» (mega-satellite constellations). Первая группировка таких спутников была запущена в 2014 году. Появление данной технологии связи спровоцировало экспоненциальный рост спроса на высокопроизводительные компоненты, готовые к использованию в коммерческой отрасли. «Ожидается, что компоненты, которые традиционно стоили сотни долларов, с развитием данной технологии наконец станут доступны в COTS-версиях (Commercial Off-The-Shelf),



Рис. 3.
D-Sub-разъемы от
компании Positronic,
предназначенные
для использования
в космическом
пространстве



а их стоимость снизится до нескольких десятков условных единиц. Поставщики компонентов должны найти способ снизить стоимость выпускаемой продукции при сохранении прежнего уровня производительности и эффективности», –заявила Миндречи.

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗЪЕМАМ, ИСПОЛЗУЕМЫМ НА НОО И ДАЛЬНЕМ КОСМОСЕ

Многие компании разрабатывают решения, готовые к применению одновременно как на околоземных орбитах, так и в дальнем космосе.



Рис. 4.
Хотя большинство
продуктов TE
Connectivity
для НОО также
применимы и для
решений дальнего
космоса, некоторые
продукты, такие
как разъемы
SeeLok FAS-T
Nano, созданы
специально для
рынка НОО.



Одной из таких компаний является TE Connectivity. «Это зависит от конкретного направления и заказа, которые мы получаем от клиента», – сказал Грейвс.

Основное различие заключается в том, что пластик, используемый для изготовления разъемов, может быть подвержен дегазации в вакууме, что вызывает изменения на молекулярном уровне и может повлиять на состояние компонентов и проводки. Согласно словам Грейвса, отраслевые стандарты, касающиеся процессов дегазации, происходящих на НОО основаны на куда более низких требованиях, чем аналогичные стандарты для дальнего космоса. В то же время решения для НОО имеют более строгие требования к температурным изменениям, чем решения для ГСО и дальнего космоса, что связано с высокой скоростью вращения и влиянием разреженных слоёв атмосферы.

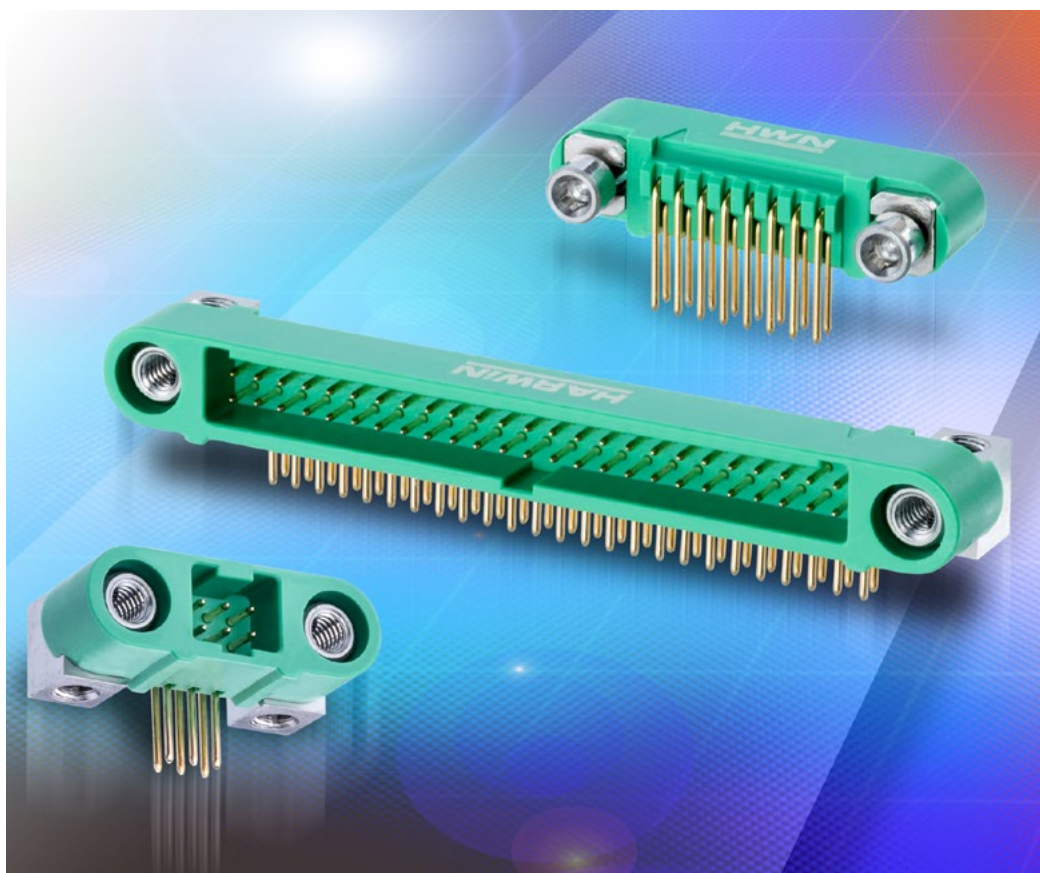
Для приложений, используемых в дальнем космосе наиболее важным требованием к разъемам является надежность. В зависимости от области применения и выполняемых задач, компоненты должны быть испытаны с учетом возможных критических нагрузок. Одним из основных факторов испытаний является температура, на втором месте идет радиационная

стойкость. «Эти испытания по большей части необходимы для пластиковых, а не металлических частей компонентов. Испытания, которые проходят металлические детали, в основном связаны с тепловым расширением и сжатием, – заявил Грейвс. Разъемы содержат в себе множество пластиковых деталей, которые могут иметь разный химический состав, что вынуждает производителей изучать не только характеристики самого материала, но и его взаимодействие с другими составляющими компонента. Кроме того, согласно словам Грейвса, компоненты также проходят строгую оценку по размеру и весу, направленную на экономию топлива и снижение уровня потребляемой энергии.

Еще одним важным требованием для разъемов, используемых в космической отрасли является скорость передачи сигнала: разработчики как правило выбирают компоненты, позволяющие организовать высокоскоростную передачу с использованием оптоволоконна или медных проводников. Однако несмотря на то, что оптоволоконно прекрасно подходит для большинства решений дальнего космоса, состав используемых в нем материалов может иметь различные радиационные характеристики, что требует дополнительного изучения перед применением

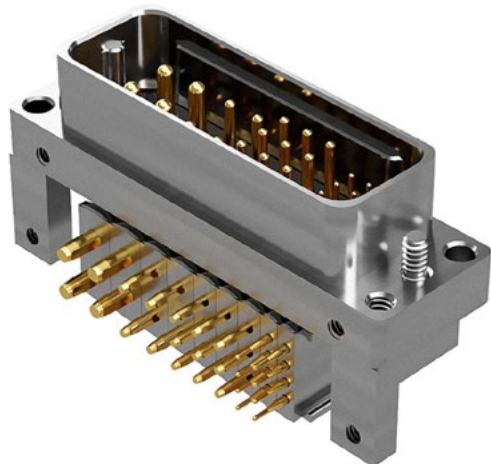
Рис. 5.

Компания Harwin добавила варианты подключения под прямым углом к своим разъемам Gesko-SL (Screw-Lok) с шагом 1,25 мм. Новые разъемы обеспечивают дополнительную гибкость компоновки в небольших спутниковых решениях, обеспечивая тем самым значительную экономию места для приложений типа «кабель-плата».



**Рис. 6.**

Гибридный разъем для соединения сигнальных цепей и цепей питания Scorpion SPMAX от Positronic в настоящее время проходит аттестацию в соответствии со стандартами Европейского космического агентства (ESA).



в конкретных условиях. Еще одним важным фактором является возможность обеспечения должного уровня мощности передачи в нужных RF-диапазонах.

Радиационное излучение является серьезной проблемой для спутниковых сигналов и в значительной степени влияет на выбор того или иного разъема. В НОО-приложениях в основном используются низкоскоростные сигналы, для защиты которых можно использовать экранирование, но в таком случае увеличится вес и стоимость устройства. Также важными требованиями являются стойкость к частому изменению температуры (термоциклирование), ударопрочность компонента, его размеры, вес и рабочая мощность (SWaP, size, weight, and power).

РАЗЪЕМЫ, РАЗРАБОТАННЫЕ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ НОО

«Компания Positronic специализируется на разработке высокопроизводительных и высоконадежных продуктов, которые могут удовлетворить даже самые специфичные требования клиентов», – сказал Кристиан Миндречи. В разъемах компании используются высококачественные материалы, а сами компоненты имеют одно из самых высоких значений плотности мощности на рынке.

Согласно словам Миндречи, одной из проблем определения степени надежности соединения разъемов с печатной платой является проверка качества пайки, что является довольно нетривиальным процессом. Для исключения проблем, связанных с пайкой, компания Positronic в начале 2016 начала предквалификационные испытания технологии посадки разъемов при помощи запрессовки с низким усилием

нажатия. Данная технология, согласно исследованиям компании, имеет значительные технологические преимущества перед пайкой. Результаты предквалификационных испытаний были представлены Европейскому космическому агентству (ESA) во время симпозиума Space Passive Component Days в 2016 году.

«Мы доказали, что компоненты, устанавливаемые на плату при помощи запрессовки, могут стать отличной альтернативой разъемам, устанавливаемым при помощи паянных соединений: они имеют более низкую стоимость установки, а также значительно упрощают процесс массового производства», – заявил Миндречи. К концу 2020 года Positronic планирует выпустить две новые серии разъемов, соответствующие спецификациям ESA: серию разъемов D-Sub с установкой посредством запрессовки и серию ScorpionMAX.

«Многие производители сейчас стараются всеми силами снизить стоимость своей продукции. Ведь быть лидером на этом рынке – значит не только быть первым с точки зрения технологий, но и иметь конкурентоспособные цены и организовать доступность предлагаемой продукции. Если компания готова предложить продукт, который подходит для решения задачи клиента, но у него долгий цикл производства, разработка такого продукта может потерпеть неудачу или стать нерентабельной для компании. Космическая отрасль все больше открывается для продуктов, направленных на коммерческое использование,

однако пройдет еще несколько лет прежде чем мы заметим реальные изменения в тенденциях данного направления рынка».

