

## Высоконадежные источники питания фирмы Martek Power Abbott

**Зачастую перед предприятиями, которые выпускают продукцию для военных, авиационных или других ответственных применений, встает задача выбора компонентов, удовлетворяющих жестким требованиям заказчиков. Иностранные производители предлагают широкий спектр изделий, сертифицированных по системе MIL-стандартов. Цель этой статьи — помочь отечественным разработчикам сориентироваться в данной системе, в терминологии MIL, а также получить представление о применяемых на практике иностранными производителями нормах и методах тестирования компонентов для ответственных применений. В качестве примера рассматривается продукция американской фирмы Martek Power Abbott, Inc. — MIL-стандартизованные источники питания.**

Павел ГРИШАНОВИЧ  
pgrishanovich@pec.spb.ru

### Введение

В отличие от стандартных коммерческих продуктов, высоконадежные изделия (Hi-Reliability) должны соответствовать уровням требований различных систем тестирования и контроля качества. Такие системы тестов призваны гарантировать стабильную работу устройств в жестких условиях военных, авиационных применений, в нефтегазовой промышленности, на транспорте. Существует множество региональных и отраслевых стандартов, направленных на обеспечение соответствия означенным требованиям, в том числе отечественные ГОСТ РВ 20.39.304-98 («Надежность и стойкость ЭРИ и РЭА военного назначения») и ГОСТ РВ 20.57.416-98 («Методы испытаний»).

Большинство же западных производителей Hi-Reliability компонентов в настоящее время придерживаются системы стандартов американского Министерства обороны, так называемых военных (military) стандартов (MIL-STD) и военных спецификаций (MIL-SPEC). Это множество стандартов регламентирует как систему качества производителя электронных компонентов, так и стандарты разработки, производства и проверки изделий для военного и аэрокосмического применения, а также систему логистики. В контексте данной статьи рассмотрим те из них, которые имеют непосредственное отношение к заданию параметров (в том числе надежности) и контролю качества электронных компонентов, а далее, на примере конкретной продукции — DC/DC-конверторов — разберем характеристики изделий и систему внутривзаводского тестирования производителя.

В США за разработку и внедрение военных стандартов отвечает Центр поставок Министерства обороны (Defense Supply Center Columbus, DSCC), на сайте которого (<http://www.dsccl.dla.mil/>) можно найти как сами стандарты, так и методические рекомендации по их применению.

Сфокусируемся на рассмотрении наиболее часто применяемых нормативных документов.

MIL-STD-810 — военный стандарт, регламентирующий уровень защиты оборудования от различных внешних воздействий: вибрации, влаги, ударов, температуры и т. п. Изданный американским Министерством обороны в 1960-х годах, стандарт MIL-STD-810 претерпел ряд изменений. Его последняя версия — MIL-STD-810F — была выпущена в 2000 году. В MIL-STD-810 включен ряд руководящих принципов и испытательных методов для определения устойчивости к воздействию естественных неблагоприятных окружающих явлений на оборудование, используемое в военных или коммерческих целях.

MIL-STD-461 — набор требований к электромагнитной совместимости (ЭМС) оборудования, в частности установлены нормативы на величину кондуктивных и излучаемых помех, а также предельная восприимчивость к ним.

MIL-STD-810 и MIL-STD-461 применимы к широкому спектру оборудования — от авиационной и военно-морской техники до наземных мобильных и стационарных систем. Общие вопросы тестирования электронных компонентов рассматриваются в MIL-STD-202; специфические особенности, касающиеся дискретных полупроводниковых устройств

и микросхем, приведены в MIL-STD-750 и MIL-STD-883 соответственно.

Описание требований к системе менеджмента качества производителей электронных компонентов, сертифицированных для применения в ВПК, изложены в технических условиях MIL-PRF-38534 (в части гибридных микросхем), MIL-PRF-38535 (в части интегральных микросхем, регуляторов напряжения, операционных усилителей, DC/DC-конверторов и фильтров) и MIL-PRF-19500 (в части дискретных полупроводниковых приборов). Производители, имеющие соответствующие сертификаты, вносятся в Список аттестованных производителей Министерства обороны (QML), а компоненты — в Перечень сертифицированных изделий (QPL). Данные перечни доступны на сайте DSCC, а таким компонентам присваивается префикс, в зависимости от класса стойкости и надежности: JAN/JANS/JANTX/JANTXV для «дискретов», B/S для интегральных и H/K — для гибридных микросхем. Подробнее данные обозначения расшифровываются в таблице 1.

Таблица 1. Расшифровка обозначений

Спецификация	Класс изделия	Расшифровка
MIL-PRF-38534	H	Сертифицировано для военных применений
	K	Сертифицировано для космоса
MIL-PRF-38535	B	Сертифицировано для военных применений
	S	Сертифицировано для космоса
MIL-PRF-19500	JANTX	Сертифицировано для военных применений
	JANTXV	Сертифицировано для военных применений (проходит дополнительную визуальную проверку)
	JANS	Сертифицировано для космоса

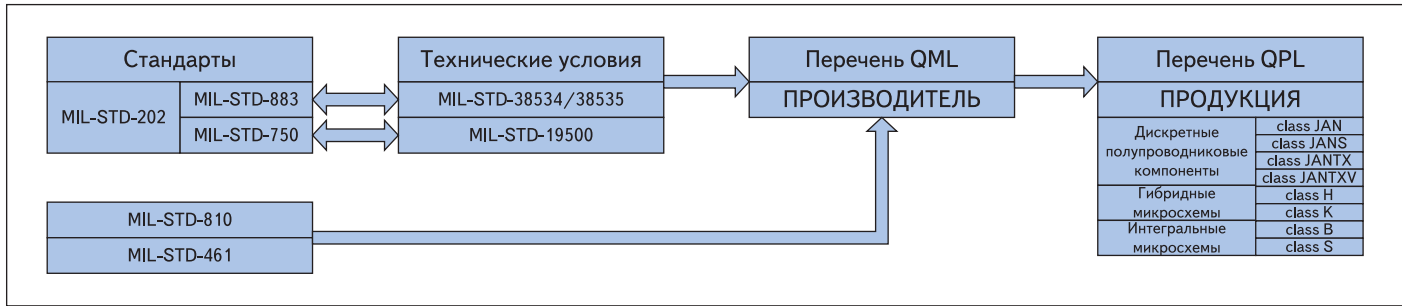


Рис. 1. Применяемые стандарты и маркировка электронных компонентов

Таблица 2. Расшифровка методов испытания

Тип воздействия	Номер метода (в соответствии с MIL-STD-810)	Уровень (направление) воздействия, его продолжительность
Vibration (вибрация)	514.4	Продольное ускорение до 30 g (в направлении каждой оси, в течение 1 часа)
Humidity (влажность)	507.3	Влажность 95% (не конденсат, продолжительность — 10 дней)
Temperature (температура)	520.1	Циклическое изменение температуры от -55 до +71 °C (продолжительность — 40 часов)
Acceleration (ускорение)	513.4	Ускорение 14 g вдоль каждой оси
Temperature Shock (термический удар)	503.3	Циклическое изменение температуры неактивного образца от -55 до +100 °C (десять циклов продолжительностью 1 час каждый)

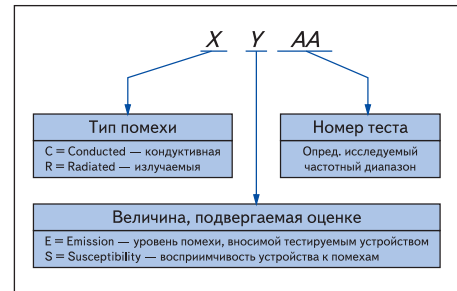


Рис. 2. Расшифровка наименований методов MIL-STD-461

Для большей наглядности существующая связь между применяемыми нормативными документами и классами разработанных на их базе изделий показана на рис. 1.

### Источники питания Martek Power для ответственных применений

Пришло время от теории перейти к практике. В качестве примера рассмотрим продукцию Martek Power Abbott, Inc. (США) — DC/DC-конвертеры, предназначенные для использования в военной и аэрокосмической отраслях ([www.martekpowerabbott.com](http://www.martekpowerabbott.com)). В частности, эти конвертеры успешно применены в следующих проектах: аэробус A380 (в бортовой системе управления), истребитель F-15 (в системе захвата цели), субмарина Trident (управление торпедным пуском),

Aegis (система контроля, управления и связи американского ВМФ), субмарина класса «Лос-Анджелес» (AN/BQS-15, сонар), МКС (система климат-контроля космической станции), танк М60-А3 (система ведения огня) и т. д. Кроме того, фирма Martek Power предлагает AC/DC-преобразователи, EMI-фильтры, а также модули для ослабления выходных шумов источников питания и подавления бросков входного напряжения.

В технической документации к DC/DC-конверторам указано, что они стандартизованы в соответствии с MIL-STD-704, MIL-STD-810, MIL-STD-454 и MIL-STD-461 (дополнительный модуль). Кроме того, как опция, возможно проведение дополнительных отборочных испытаний в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD 883 (так называемый MIL-STD-883 Screening).

MIL-STD-704 и MIL-STD-454 — это рекомендательные документы, касающиеся применения нормативов MIL в области авиационного. Нас интересуют устойчивость изделия к неблагоприятным воздействиям и условиям окружающей среды и соответствие требованиям ЭМС.

### Методика испытаний DC/DC-конверторов

Фирма Martek Power проводит испытания DC/DC-конвертеров в соответствии с методами 514.4, 507.3, 520.1, 513.4, 503.3 стандарта MIL-STD-810, которые определяют устойчивость к воздействиям внешней среды.

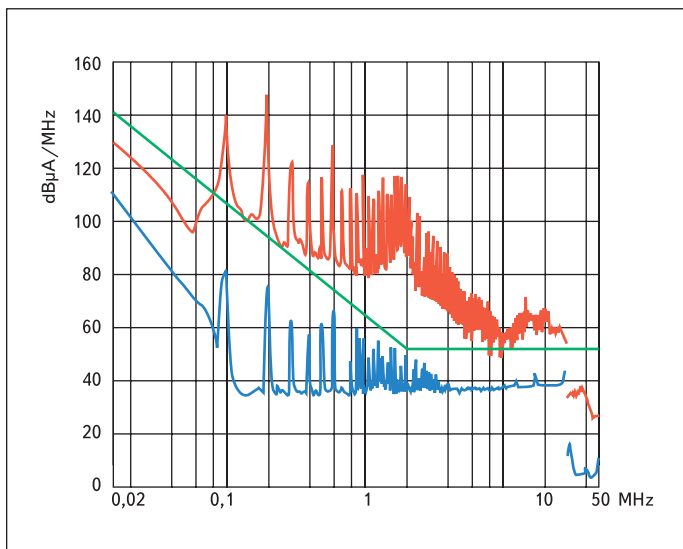


Рис. 3. Результаты проверки ЭМС методом CE01

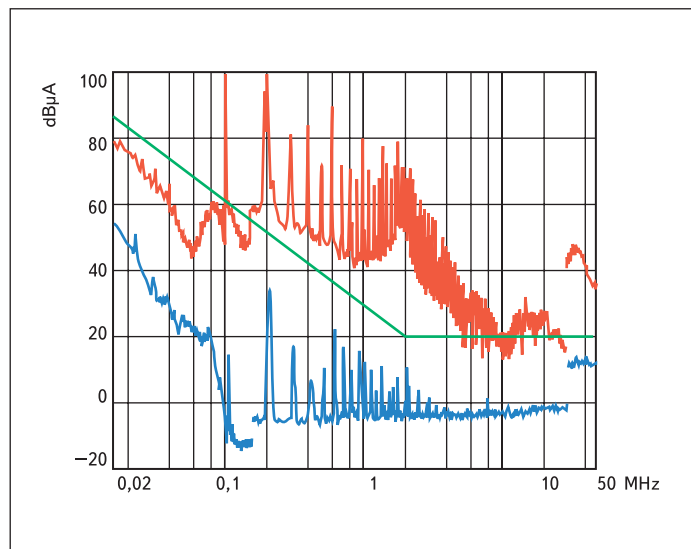


Рис. 4. Результаты проверки ЭМС методом CE03



Рис. 5. Термическая камера



Рис. 6. Испытания на виброустойчивость

Подробная расшифровка этих методов приведена в таблице 2.

Стандарт MIL-STD-461 регламентирует как уровни наводимой устройством помехи, так и восприимчивость к электромагнитным помехам. Расшифровка наименований методов тестирования показана на рис. 2.

Например, преобразователи Martek Power в соответствии со спецификацией удовлетворяют требованиям методов CE01, CE03 и относятся к классу A1b. Это означает, что уровень наводимых устройством кондуктивных помех на частотах до 15 кГц (CE01) и 0,015–50 МГц (CE03) удовлетворяет предельно заданным нормам (рис. 3, 4), а само устройство классифицируется как оборудование, устанавливаемое на воздушном судне (A1b).

Кроме того, по требованию заказчика, возможно проведение дополнительных, особо «жестких» тестов на заводе-изготовителе, что в терминологии MIL называется MIL-883 Screening. При такой процедуре каждое выпущенное с конвейера изделие подвергается испытаниям, методы которых (M1108, M1108, M1015) описаны в MIL-STD-883, а подробная расшифровка приведена в таблице 3. Целью такого тестирования является выявление устройств, которые могут выйти из строя в на-

Таблица 3. Расшифровка методов испытания

Тип воздействия	Номер метода (в соответствии с MIL-STD-883) и класс испытаний	Уровень (направление) воздействия, его продолжительность
Stabilization Bake (стабилизирующий прогрев)	M1108, Condition B	Нахождение неактивного образца при температуре +125 °C в течение 24 часов
Temperature Cycling (термоциклирование)	M1108, Condition B	Циклическое изменение температуры неактивного образца от –55 до +125 °C (десять циклов продолжительностью 36 минут каждый)
Burn-in (термоэлектротренировка)	M1015, Condition B	Нахождение активного образца при температуре +100 °C в течение 160 часов
Final Testing (заключительное тестирование)	–	Финальная проверка образца на работоспособность и наличие повреждений (в том числе визуальная)

чальный период эксплуатации (это позволяет минимизировать риск так называемой «child mortality», или «детской смертности» — отказов в период приработки изделия). Таким образом, достигается наиболее высокий уровень надежности, характерный для военных и авиационных разработок. Примеры испытательного оборудования, применяемого на заводах фирмы Martek Power, показаны на рис. 5, 6.

Отдельно вынесены данные по надежности продукции, заданные показателем MTBF (Mean Time Between Failures), или среднего времени между отказами, которое выражено в часах. Типичное значение для DC/DC-конвертеров лежит между 200 тыс. и 1,5 млн часов.

## Заключение

По данным аналитики, рынок электронных компонентов в России растет минимум на 20% в год, причем существенное увеличение происходит в сегменте высоконадежной продукции, что связано, в частности, с возрождением отечественной «оборонки», а также космического и авиационного. Разработчики все больше внимания уделяют надежности и качеству комплектующих, стремясь удовлетворить жестким требованиям, определяемым спецификой этих высокотехнологичных отраслей. Однако оборотной стороной медали является значительно более высокая стоимость таких комплектующих, которая задается, в свою очередь, уровнем надежности и устойчивости к внешним воздействиям электронных компонентов, а также набором проводимых отборочных тестов. Поэтому важно найти золотую середину между удовлетворяющим поставленным задачам перечнем перечисленных факторов и ценой комплектующих изделий, что вынуждает внимательнее относиться к западным военным техническим нормативам. MIL-стандарты включают в себя более 2000 документов; базовые и наиболее употребительные из них кратко рассмотрены в данной статье. Автор надеется, что она поможет заинтересованному читателю сделать правильный выбор и не затеряться в море непривычных отечественным инженерам терминов и определений. ■