

Рекомендации по применению 5-ваттных радиационно-стойких DC/DC-преобразователей серии ARE100

Часть 2

Виктор Жданкин (Москва)

В первой части статьи были рассмотрены некоторые аспекты применения 5-ваттных модулей преобразователей постоянного напряжения серии ARE100 в режимах перегрузки, короткого замыкания и обеспечения тепловых режимов работы устройств.

Во второй части описываются результаты измерений пульсации выходного напряжения с внешним фильтром. Приведены описания экспериментальных исследований стойкости преобразователей к воздействию радиационных факторов космического пространства. Статья написана по материалам, предоставленным компанией Infineon (подразделение высоконадёжных компонентов для авиационно-космической техники – PMM HiRel) [1].

Измерение пульсации выходного напряжения с внешним фильтром

Для подтверждения эффективности внешних сглаживающих фильтров, которые подключаются к выходным каналам преобразователей, фильтры были разработаны и изготовлены на двухслойной печатной плате. Затем они были испытаны с модулями ARE10005S и ARE10015D.

Модуль ARE10005S функционировал с полной нагрузкой, измеренные пульсации выходного напряжения показаны на рисунке 12 ($V_{in} = 100$ В при 100-процентной нагрузке (+25°C). Как видно, оценённая пульсация (от пика

до пика) составила 3,26 мВ, подтверждающая правильную конструкцию фильтра.

Подобным образом на рисунке 13 показаны пульсации выходного напряжения ARE10015D после внешнего фильтра, представленного на рисунке 11 ($V_{in} = 100$ В при 100-процентной нагрузке (+25°C) пульсация составила 4,6 мВ) [2]. Измеренные на выходных каналах ARE10015D пульсации имели значение ниже 5 мВ (от пика до пика) при полной нагрузке на каждом из каналов.

Были проведены испытания устойчивости ARE100XXS-D при использовании внешней обратной связи, а также внешних фильтров. Зарегистриро-

ванные динамические характеристики при использовании внешних фильтров подтвердили, что преобразователь сохраняет устойчивость во всех режимах работы. На рисунке 14 представлена переходная характеристика при скачкообразном изменении нагрузки на выходе ARE10005S. Здесь напряжение переходного процесса – ниже 5 мВ (1% от выходного напряжения) и время восстановления – чётко в пределах 200 мкс.

Законченное испытательное приспособление для испытаний ARE100XXS-D с установленным внешним фильтром представлено на рисунке 15.

Рекомендации по подключению ARE100XXS-D

Для наилучших результатов рекомендуется подключать входную мощность и нагрузку к преобразователю ARE100XXS-D насколько возможно короткими проводами. Рекомендуется использовать скрученные (витые) медные провода правильного сечения с тефлоновым покрытием, чтобы соответствовать требованиям к пропускной способности по току и изоляции. Провода положительного напря-

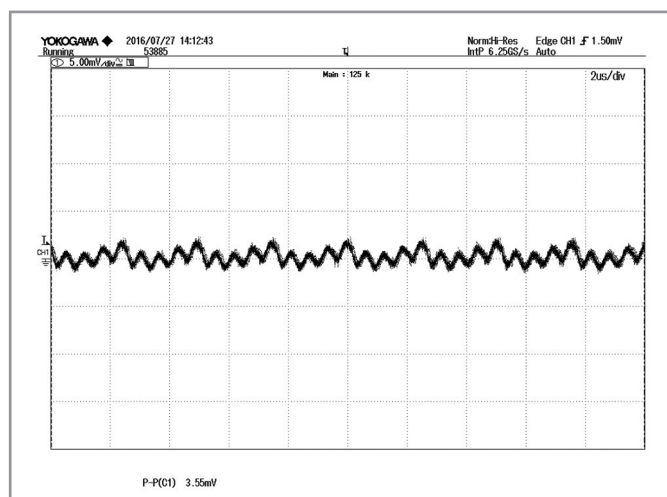


Рис. 12. Пульсации выходного напряжения ARE10005S после внешнего фильтра

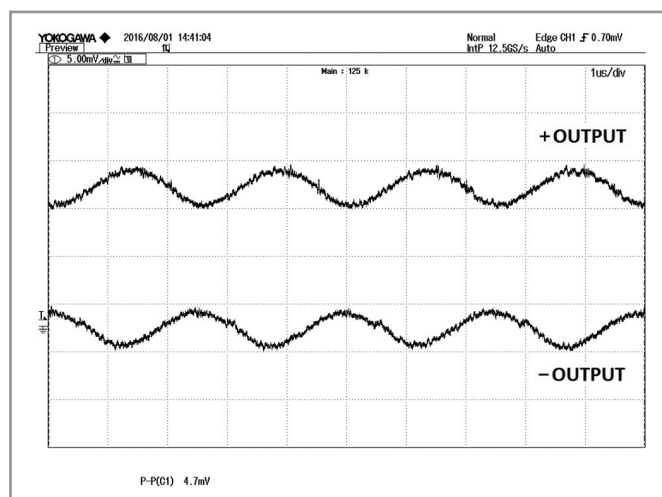


Рис. 13. Пульсации выходного напряжения ARE10015D после внешнего фильтра

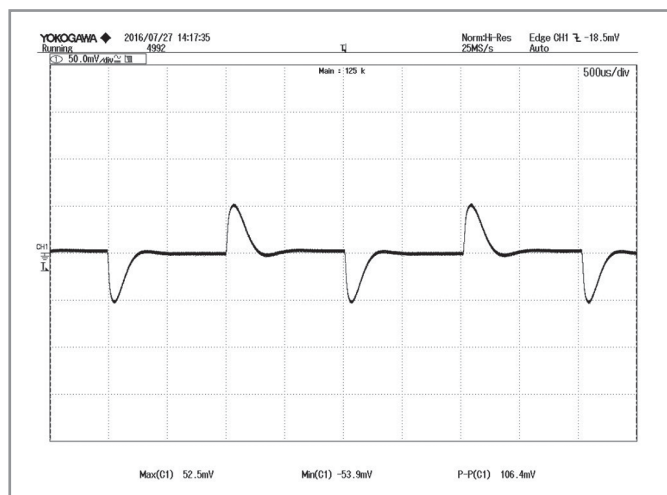


Рис. 14. Динамические характеристики преобразователя ARE10005S при изменении нагрузки от половины до полной

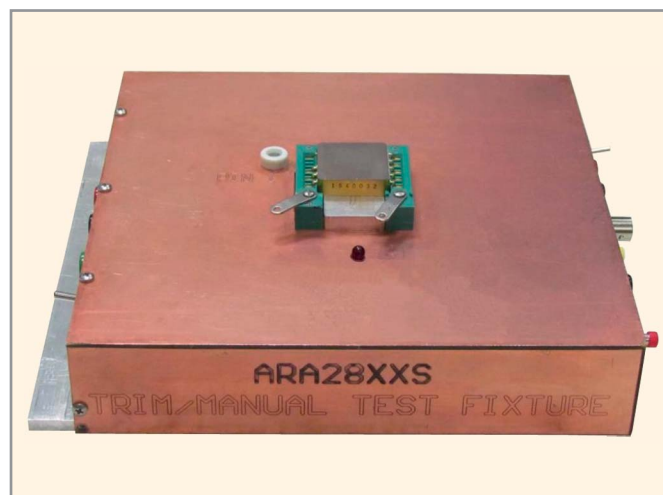


Рис. 15. Приспособление ARA/ARE для испытаний преобразователей ARE100XXS-D с внешним фильтром

жения и провод возвратного тока должны быть скручены, подобным образом могут быть скручены выходные проводники. В том случае, когда применяются экранированные проводники, экраны должны быть подсоединены к проводу возвратного тока на входе для входных проводников. Подобным образом экран может быть подсоединён к выходу возвратного тока для коммутации нагрузки. Корпус преобразователя ARE100XXS-D может быть заземлённым.

Радиационная стойкость

Эксплуатация модулей преобразователей напряжения на борту космических аппаратов характеризуется воздействием ионизирующих излучений космического пространства на импульсные преобразователи напряжения, которые влияют на их параметры, вплоть до вывода их из работоспособного состояния.

Для обеспечения высокой радиационной стойкости DC/DC-преобразователей серии ARE100 использованы особые методы проектирования:

- применение силового транзистора MOSFET, стойкого к эффекту пробоя подзатворного диэлектрика в структуре транзистора и вторичному пробое транзистора при переходе в состояние высокого потребления тока и перегрева;
- применение микросхем малой степени интеграции;
- использование усилителей на биполярных транзисторах, которые менее чувствительны к ионизирующему излучению;
- применение схем, которые допускают значительные изменения

напряжений смещения и токов смещения;

- ограничение допустимых значений напряжений активных компонентов;
- проектирование устройств с учётом значительного уменьшения коэффициента усиления транзистора под воздействием радиации и др.

Для подтверждения стойкости к дозовым воздействиям и одиночным эффектам модули серии ARE100 подверглись испытаниям согласно требованиям технических условий MIL-PRF-38534. Отчёты по результатам испытаний доступны по запросу. Таким образом, гарантируется доступ к информации о стойкости к воздействию радиации. Это может способствовать сокращению в значительной степени затрат разработчиков космической аппаратуры на проектирование и отборочные испытания и, в конечном счёте, обеспечить сокращение времени выполнения работ по теме.

Испытания на стойкость к воздействию тяжёлых заряженных частиц

Цель испытаний на воздействие тяжёлыми заряженными частицами — подтвердить, что DC/DC-преобразователи серии ARE100 не подвержены одиночным сбоям и катастрофическим отказам при воздействии заряженных частиц с линейны-

ми потерями энергии (ЛПЭ) ионов до 60 МэВ·см²/мг (см. таблицу).

Испытания проводились на сверхохлаждённом циклотроне университета Texas A&M (TAMU), способном ускорять пучки тяжёлых ионов до максимальных энергий 15 МэВ/нуклон (полная энергия ионов – до 2 ГэВ). Уровни энергий, линейные потери энергии (ЛПЭ) ионов и глубина проникновения всех используемых ионов представлены в таблице. Применение специфического иона празеодима (Pr) обусловлено тем, что данный ион легче вывести на данной установке, он имеет большие пробеги в кремнии.

Облучение ионами проводилось при атмосферном давлении и комнатной температуре. Проверяемое устройство с удалённой крышкой было установлено на тестовой плите перпендикулярно линии пучка. Во время облучения на проверяемый преобразователь ARE10015D было подано напряжение, тестирование осуществлялось в режиме холостого хода и при полной нагрузке при номинальном напряжении на входе 100 В. Пучок излучения (диаметр 38 мм) воздействовал на всю площадь преобразователя (см. рис. 16). Окружность на рисунке 16 ограничивает область воздействия ионов и гамма-излучения. Воздействию радиации подвергались все критичные полупроводниковые компоненты. Постоянно контролировалось входное напряже-

Типы ионов, применяемые при тестировании модуля ARE10015D на стойкость к воздействию одиночных частиц

Ион	Энергия пучка, МэВ	Эффективное значение ЛПЭ, МэВ·см ² /мг	Глубина проникновения в кремний, мкм
Празеодим (Pr)	1470	60	105,5
Золото (Au)	2006	87,1	106,1

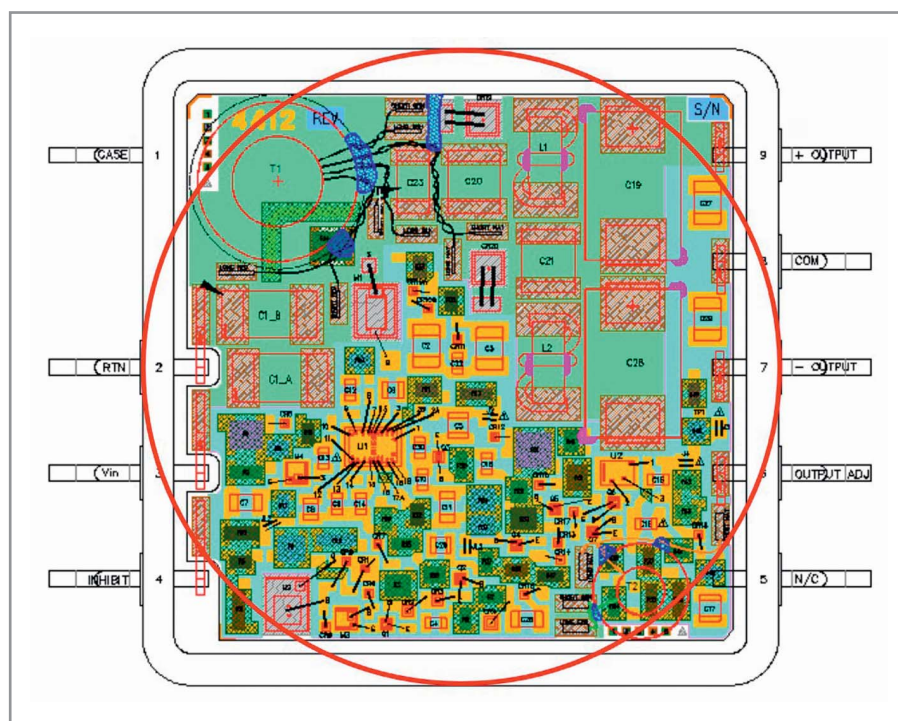


Рис. 16. Структура модуля DC/DC-преобразователя ARE10015D с удалённой крышкой

ние, входной ток и выходное напряжение.

Испытываемое устройство считается приемлемым, если во время облучения не наблюдалось отклонений параметров. Отклонением от нормы по одиночным переходным эффектам считается изменение выходного напряжения на 10% выше номинального значения. Для подсчёта числа изменений напряжения во время испытаний к осциллографу был подключён цифровой счётчик.

Два модуля ARE10015D выдержали все испытания по одиночным переходным эффектам до значений линейных потерь энергии иона 60 МэВ·см²/мг. В ходе испытаний до значений ЛПЭ до 60 МэВ·см²/мг не было зарегистрировано отклонений выходного напряжения, которое превышало бы номинальное значение на 10%. Когда устройство было подвергнуто воздействию ионами золота до уровня ЛПЭ 87,1 МэВ·см²/мг, выходное напряжение пропало и устройство не восстановилось.

Процедура испытаний и результаты подробно представлены в отчёте [3].

Исследования дозового поведения преобразователей серии ARE100

Были исследованы дозовые эффекты в преобразователях ARE10005S и ARE10015D. В установке использовался источник гамма-лучей с мощностью дозы 14,7 рад/с (Si). Проверяемые модули помещались в камеру с изотоп-

ными источниками ⁶⁰Co с активностью изотопа в радиоактивном источнике 19 200 кюри.

Все четыре устройства подвергались испытаниям до уровня накопленной дозы 100 крад (Si). Промежуточные проверки электрических параметров проводились при значениях накопленной дозы 0,25; 50; 75 и 100 крад (Si). Измерялись и фиксировались следующие параметры: уровень входного напряжения, при котором включается преобразователь; уровень входного напряжения, при котором преобразователь блокировался при понижении напряжения; частота преобразования; граничный ток и ток короткого замыкания при номинальном входном напряжении. Входное напряжение, входной ток, выходное напряжение и выходной ток измерялись на холостом ходу, половинной и полной нагрузках. Значения КПД рассчитывались при половинной и полной нагрузках для различных входных напряжений (65, 100 и 110 В).

Было отмечено незначительное повышение выходного напряжения, частоты переключения и точек включения и блокировки защиты от пониженного напряжения. Изменения КПД при половинной и полной нагрузке были менее 1%. Изменения тока срабатывания защиты от короткого замыкания и восстановления имеют тенденцию к незначительному понижению. Изменения электрических параметров были

несущественными после воздействия полной суммарной дозы.

Более подробно с результатами этих испытаний можно ознакомиться в отчётах [4, 5].

Таким образом, можно гарантировать, что преобразователи напряжения серии ARE100 способны обеспечить надёжную и устойчивую работу бортовой космической аппаратуры в условиях воздействия ионизирующих излучений космического пространства при изменениях нагрузки и режимов работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Радиационно-стойкие преобразователи серий ARE100XXS-D успешно прошли испытания на воздействие ионизирующих излучений, чем подтвердили своё предназначение – применение в аппаратуре спутников и различных важных космических проектов, где размеры и вес являются реальными ограничивающими факторами, но надёжность и длительный срок активного существования не могут подвергаться риску.

Для снижения массогабаритных характеристик большая часть пассивных и активных компонентов смонтированы на керамической плате при помощи электропроводящей клеевой композиции. Применение композитного материала AlSi в качестве теплоотводящей подложки для полупроводниковых приборов также позволяет снизить вес до 15 г (не менее).

Приведённые рекомендации пригодятся разработчикам аппаратуры космических проектов, а также для решения других ответственных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Patbak Abhijit D., Lopez Juan R. Application Note AN-1204. International Rectifier HiRel. An Infineon Technologies Company. 2520 Junction Avenue. San Jose. CA 95134. U.S.A.
2. Жданкин Виктор. Рекомендации по применению 5-ваттных радиационно-стойких DC/DC-преобразователей серии ARE100. Часть 1. Современная электроника. 2017. №1.
3. ARE10015D SEE. Test Report RAD-174412SEE. IR HiRel. An Infineon Technologies Company. PMM HiRel.
4. Radiation Test Report ARE10005S DC/DC Converter RAD-174411TID. IR HiRel. An Infineon Technologies Company. PMM HiRel.
5. Radiation Test Report ARE10015D DC/DC Converter RAD-174412TID. IR HiRel. An Infineon Technologies Company. PMM HiRel.



POWER ELECTRONICS



Ufi
Approved
Event

14-я Международная выставка
компонентов и систем
силовой электроники

24-26 октября 2017
Москва, Крокус Экспо

Реклама

Организаторы:



primexpo



+7 (812) 380 6003 / 07 / 00
power@primexpo.ru

Забронируйте стенд:
powerelectronics.ru

12+

