

Keysight Technologies

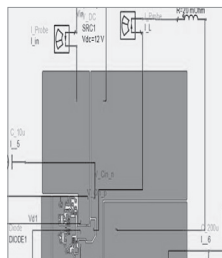
Повышение надежности и эффективности работы новых поколений преобразователей электрической энергии (Часть 3)

Проектирование и отладка устройств

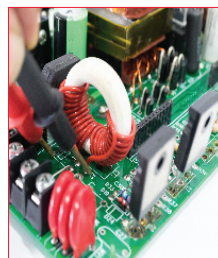
Рекомендации по применению



Оценка силовых устройств и компонентов



Моделирование устройств



Проектирование и отладка устройств



Проверка и сертификация изделия

Введение

Необходимость в снижении энергопотребления и выбросов CO₂ в атмосферу служит фактором роста на рынках силовой электроники и преобразователей электрической энергии. Два основных конструктивных требования к проектируемым схемам преобразователей электрической энергии — это повышенный КПД преобразования и повышенная надежность. Например, в солнечной энергетике выбор того или иного типа инвертора для солнечной энергоустановки определяется главным образом нормированной стоимостью энергии (Levelized Cost of Energy, LCOE). КПД и надежность — два основных параметра в алгоритме определения LCOE, от которых зависит, сумеет ли продать ваша компания свой инвертор потребителю. В гибридных автомобилях и электромобилях от надежности преобразователя зависит репутация автопроизводителя, а также безопасность и сбережение человеческих жизней.

Многие виды изделий с преобразователями электрической энергии на базе кремниевых полупроводниковых устройств уже приближаются к пределам своих возможностей по данным параметрам. Появление силовых полупроводниковых устройств с большой шириной запрещенной зоны (широкозонных устройств) на основе карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN) открывает перспективу для дальнейшего улучшения этих параметров. Широкозонные устройства, характеризующиеся повышенной скоростью переключения, способностью выдерживать более высокие напряжения и расширенным диапазоном рабочих температур, позволяют повысить КПД и надежность преобразователей электрической энергии нового поколения, а также уменьшить их габариты. Но чтобы преобразователи электрической энергии на широкозонных полупроводниковых силовых устройствах смогли получить широкое распространение, необходимо изучить типичные задачи, с которыми приходится сталкиваться в ходе их проектирования и испытаний, и научиться решать эти задачи для наиболее полной реализации потенциала преобразователей данного типа.

Настоящий документ представляет собой третью часть из четырех в серии, посвященной обзору всех этапов цикла проектирования преобразователей электрической энергии. На каждом из этапов рассматриваются задачи, возникающие в ходе проектирования и испытаний преобразователей электрической энергии нового поколения, а также программные и аппаратные средства, помогающие решать эти задачи. Упор делается на улучшение упомянутых выше конструктивных параметров: повышение КПД преобразования, повышение надежности и уменьшение габаритных размеров. Рассматриваются также характерные задачи, возникающие при проектировании и испытаниях преобразователей электрической энергии с применением широкозонных устройств. Каждая часть в серии посвящена одному из этапов цикла проектирования:

1. Оценка силовых устройств и компонентов
2. Моделирование устройств с помощью программных средств
3. Проектирование и отладка устройств
4. Проверка и сертификация изделий

Проектирование и отладка аппаратного обеспечения

Полностью оптимизировав конструкцию путем имитационного моделирования с использованием программных средств, необходимо изготовить опытные экземпляры и приступить к их испытаниям, чтобы убедиться, что их реальные характеристики согласуются с результатами имитационного моделирования и соответствуют общим проектным требованиям. Когда что-то идет не так, например стабильность выходных параметров ниже ожидаемой, проектировщику нужны средства, позволяющие проанализировать конструкцию и найти первопричину проблемы. Кроме того, по мере совершенствования конструкции необходимо проверять ее на предмет электромагнитной совместимости (ЭМС), чтобы избежать в дальнейшем трудоемких и дорогостоящих доработок изделий. Именно на эти нужды и ориентирован широкий ассортимент настольной аппаратуры и программного обеспечения компании Keysight, рассчитанных на работу в диапазоне от постоянного тока до радиочастот. С их помощью проектировщики изделий силовой электроники могут создавать максимально эффективные и надежные изделия и оперативно выводить их на рынок. В следующих разделах рассматриваются задачи, с которыми часто приходится сталкиваться проектировщикам изделий силовой электроники в ходе испытаний, а также способы решения этих задач с помощью аппаратуры и программного обеспечения компании Keysight.

Оптимизация конструкции и ускорение проектирования

При сборке и испытаниях опытных образцов преобразователей энергии необходим прибор, который бы позволял быстро и легко анализировать конструкцию на каждом этапе и сразу выявлять в ней недочеты для дальнейшей оптимизации. В зависимости от того, на каком этапе находится процесс проектирования преобразователя электрической энергии, может возникнуть необходимость в проверке уровня гармоник в выходном токе, потери на переключение в H-мосте или даже общий КПД всей конструкции. Осциллографы Keysight InfiniiVision серии X с опцией измерения параметров силовых цепей представляют собой простые в использовании универсальные средства измерений, пригодные для применения на любом этапе проектирования.

В части 1-й, где обсуждались измерения динамических характеристик силовых устройств, был представлен осциллограф InfiniiVision серии X. Здесь мы подробнее рассмотрим опцию измерения параметров силовых цепей, которая доступна в осциллографах этой серии, а также способы измерения характеристик преобразователей электрической энергии с ее помощью. Опция измерения параметров силовых цепей представляет собой готовое встроенное приложение, которое можно приобрести к любому осциллографу InfiniiVision моделей 3000X, 4000X или 6000X. Эта опция, предлагаемая по отдельной лицензии, превращает осциллограф в полноценное средство анализа силовых цепей со следующими функциональными возможностями:

- 14 видов измерений параметров силовых цепей;
- визуализация схем соединений;
- автоматическая компенсация временного рассогласования;
- автоматическая настройка.

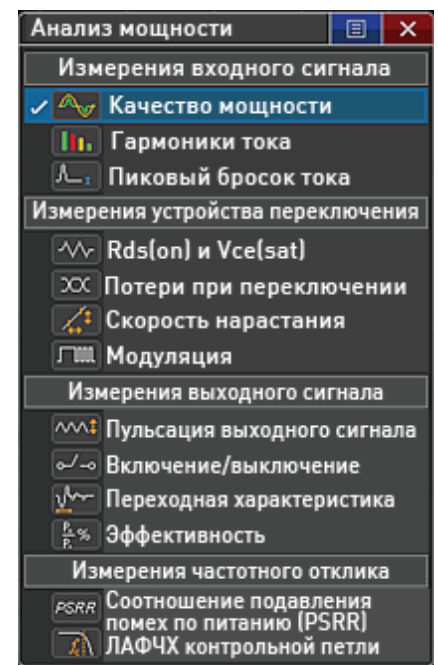


Рис. 1. 14 видов измерений параметров силовых цепей, доступных в рамках опции

На рис. 1 показан снимок экрана осциллографа InfiniiVision с меню из 14 видов измерений параметров силовых цепей, которые доступны в рамках данной опции.

На рис. 2 показан пример измерения потерь мощности и энергии в силовом ключе импульсного источника питания на базе понижающего импульсного преобразователя. Осциллограф с опцией измерения параметров силовых цепей автоматически оптимизирует вертикальный масштаб сигнальных кривых тока и напряжения, включает отображение сигнальной кривой мощности ($V \times I$) и непрерывно измеряет потери мощности и энергии в одном периоде работы ключа. Кроме того, опция предусматривает точную калибровку смещения, что позволяет с максимальной точностью измерять потери в открытом состоянии (при очень низком напряжении) в присутствии высоких напряжений переключения. Погрешность смещения осциллографа и/или щупа, даже если она находится в заявленных для осциллографа пределах, может вносить существенную погрешность в результаты измерений, когда ключ находится в открытом состоянии.

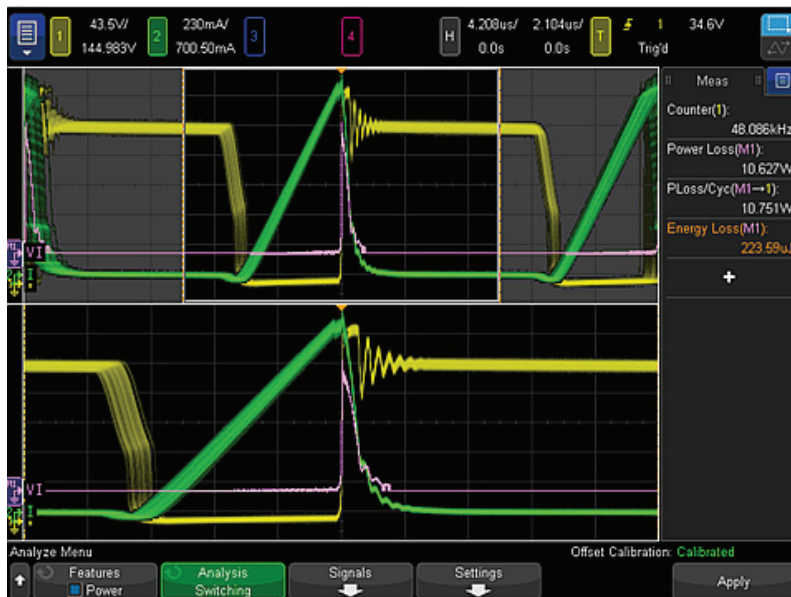


Рис. 2. Измерение потерь мощности и энергии в силовом ключе

На рис. 3 показаны некоторые виды измерений на переменном токе, которые предусматривает опция измерения параметров силовых цепей. Осциллограф неспособен измерять эти параметры с теми же точностью и разрешением, что и анализатор мощности. Зато он представляет собой универсальный измерительный прибор, позволяющий выполнять контрольные измерения такого рода в ходе проектирования и отладки. Цель состоит в том, чтобы сократить затраты времени на перекоммутацию различной контрольно-измерительной аппаратуры и быстрее получить требуемый результат измерений.

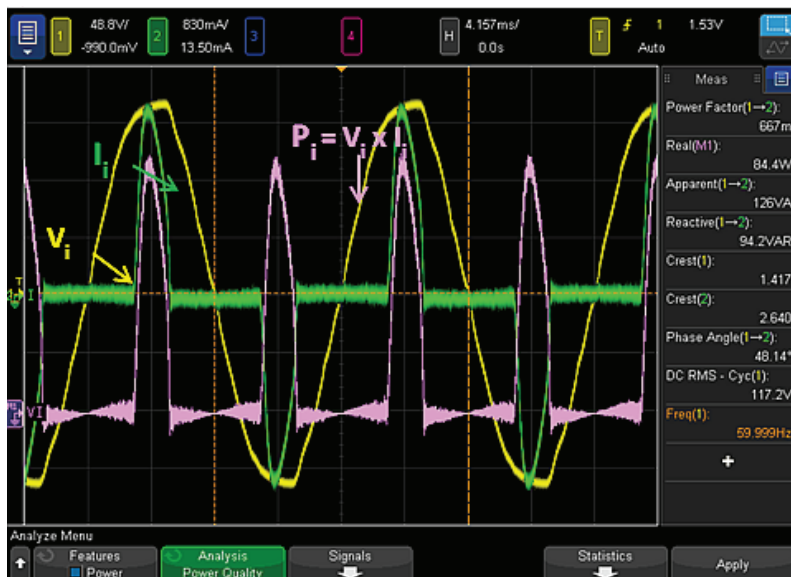


Рис. 3. Измерение параметров силовых цепей на переменном токе

Более подробные сведения о семействе осциллографов InfiniiVision и опции измерения параметров силовых цепей, в том числе серия видеороликов с демонстрацией каждого из 14 видов измерений, можно найти на сайте www.keysight.com/find/scopes-power

Предотвращение дорогостоящих задержек и исправлений за счет предварительных испытаний на соответствие требованиям ЭМС

В новом поколении преобразователей электрической энергии наблюдается тенденция к повышению частоты переключения и уменьшению габаритов, из-за чего становится все труднее соблюдать стандарты ЭМС. Поэтому требуются более обстоятельные предварительные испытания на соответствие, чтобы избежать дорогостоящих задержек и исправлений по итогам неудавшихся испытаний на ЭМС на этапе проверки конструкции. Приложение для измерения ЭМП, предлагаемое к анализаторам сигналов Keysight серии X, позволяет выполнять предварительные испытания на соответствие и диагностическую оценку разработанного устройства. Анализаторы моделей N9030A PXA, N9020A MXA и N9010A EXA с измерительным приложением N6141A и анализатор модели N9000A CXA с измерительным приложением W6141A — это недорогие решения для предварительных испытаний на соответствие, с помощью которых можно выявлять и устранять конструктивные недочеты до того, как изделие окажется в испытательной камере. Возможности предварительных испытаний на соответствие требованиям ЭМС:

- встроенные готовые наборы параметров (ширина полосы частот, тип детектора, диапазон) для испытаний по стандартам CISPR и MIL-STD;
- автоматизированные испытания с возможностью для пользователя задавать запас относительно установленных в нормативной документации предельных линий;
- амплитудная коррекция для антенн, схем стабилизации полного сопротивления линии (LISN), кабелей и преусилителей;
- встроенные функции генерации отчетов.

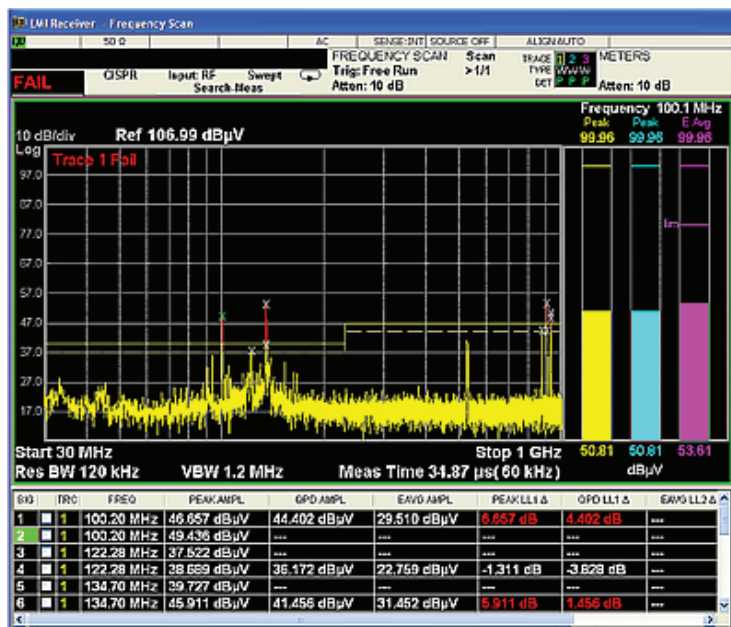


Рис. 4. Измерение для предварительных испытаний на соответствие, выполняемое с помощью измерительного приложения N6141A

Моделирование точных и сложных управляющих сигналов

Компания Keysight Technologies, Inc. предлагает широкий ассортимент генераторов сигналов стандартной, произвольной и импульсной формы, с помощью которых можно моделировать точные и сложные управляющие сигналы во всем рабочем диапазоне параметров для испытаний и проверки устройств. Например, генераторы сигналов стандартной и произвольной формы Keysight серии 33500 и 33600 из семейства TrueForm позволяют генерировать ШИМ-сигналы с сохранением высокой точности при коэффициенте заполнения ниже 1%. Они также позволяют с высоким разрешением устанавливать коэффициент заполнения для точных ШИМ-сигналов. Наконец, в семействе генераторов сигналов произвольной формы семейства Trueform предусмотрена возможность создавать сложные последовательности из нескольких сигналов — например, дважды воспроизвести сигнал 1, затем в цикле вырабатывать сигнал 2 и по наступлении некоторого события переключиться на сигнал 3. Такой инструмент предоставляет широкие возможности для моделирования сложных сигналов управления или автоматического переключения рабочих диапазонов конструкции. Пользователям с более серьезными потребностями компания Keysight предлагает генераторы сигналов стандартной формы, произвольной формы и шума 81150A и 81160A, характеризующиеся высокой точностью и разрешением, а также широким разнообразием типов генерируемых сигналов и шумов. Как в семействе Trueform, так и в семействе 811x0A предусмотрены широкие возможности модуляции и генерации сигналов произвольной формы для моделирования любых реальных сигналов в ходе испытаний силовых электронных цепей на помехоустойчивость.

Упрощение испытаний с помощью источников питания постоянного тока

Зачастую лабораториям НИОКР в области силовой электроники приходится иметь дело с конструкциями самой разной мощности. Например, для испытаний широкодиапазонных (2 ...200 кВт) инверторов или DC/DC-преобразователей требуется множество лабораторных источников питания постоянного тока на различные диапазоны мощностей, напряжений и токов. Это может приводить к усложнению испытаний и росту затрат на поддержку, не говоря уже об уменьшении полезной площади лаборатории. В семействе источников питания постоянного тока с автоматическим переключением диапазонов Keysight N8900 предлагается широкий выбор комбинаций напряжения и токов в диапазонах мощностей 5, 10 и 15 кВт. Автоматическое переключение выходных диапазонов позволяет обеспечить поддержку широкого диапазона напряжений и токов в одном приборе. Например, источники питания серии N8900 имеют максимальное напряжение 1500 В и максимальный ток 510 А при форм-факторе, соответствующем мощности 15 кВт. На рис. 5 показан пример вольт-амперной характеристики (ВАХ) источника питания N8957A.

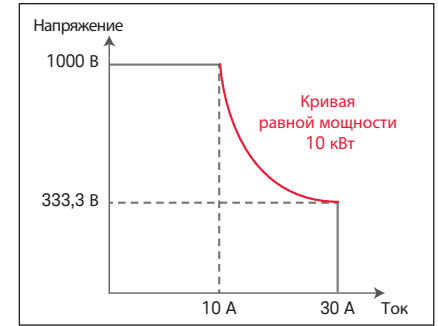


Рис. 5. ВАХ источника питания N8957A

Автоматическое переключение диапазонов позволяет заменить этим прибором сразу несколько источников питания с номиналами от 1500 В/10 А до 500 В/30 А. Кроме того, семейство N8900A выпускается в форм-факторе 3U, так что эти источники не занимают много места в лаборатории. Если нужна более высокая мощность, источники N8900 можно соединять параллельно и таким образом наращивать мощность до 150 кВт и выше для максимальной гибкости в выборе диапазона мощностей.

Растущее разнообразие изделий с батарейным и аккумуляторным питанием привело к популяризации двунаправленных инверторов и DC/DC-преобразователей, в которых поток энергии может идти в двух направлениях. Семейство источников питания постоянного тока с высокими эксплуатационными характеристиками N6900 и N7900 Advanced Power System (APS) может служить как источником энергии, так и поглощать энергию с помощью рассеивателя мощности N7909A. Рассеиватель мощности — это не просто электронная нагрузка с источником питания. В семействе APS применяется синхронное выпрямление для полноценной работы в двухквadrантном режиме с плавным прохождением уровня 0 А. Опциональный рассеиватель мощности необходим только для работы во втором квадранте, в котором он рассеивает мощность тока, втекающего в источник питания. На рис. 6 показана высокоуровневая архитектура источников питания семейства APS, защищенная патентом. Аббревиатура ADP обозначает «автоматический рассеиватель мощности»; этот блок отслеживает ток, втекающий в источник питания, и управляет опциональным рассеивателем мощности, который изображен внизу. Таким образом, семейство APS обеспечивает уникальную гибкость при испытаниях двунаправленных преобразователей электрической энергии.

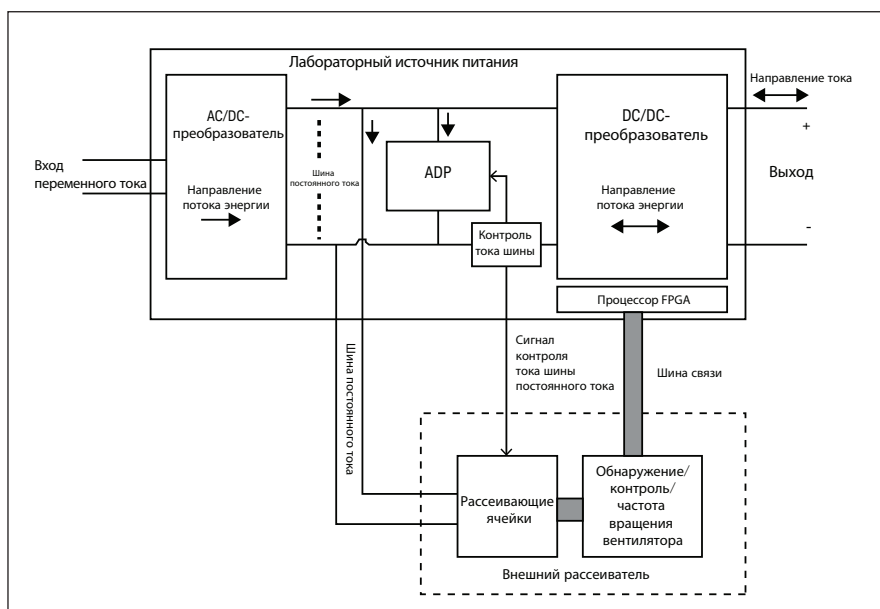


Рис. 6. Архитектура источников питания семейства APS

Семейство APS содержит источники питания номинальной мощностью 1 и 2 кВт на различные комбинации напряжений и токов. Если требуется более высокая мощность, источники питания семейства APS можно соединять параллельно до общей мощности в 10 кВт. Помимо возможности работы в двухквadrантном режиме, семейство APS характеризуется еще целым рядом отличительных черт:

- высокая точность стабилизации и одновременное измерение напряжения и тока;
- встроенный ЦАП для регистрации переходных процессов по напряжению и току;
- генерация напряжений и токов произвольной формы;
- опциональный регистратор данных для ведения журнала измерений и событий на случай непредвиденных ситуаций.

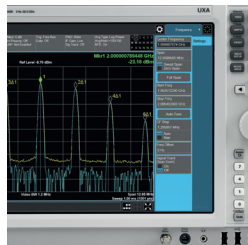
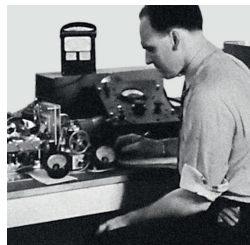
Более подробную информацию об источниках питания постоянного тока семейств Advance Power System N6900 и N7900 можно найти на странице www.keysight.com/find/aps. Весь ассортимент источников питания постоянного тока компании Keysight перечислен на странице www.keysight.com/find/power.

Резюме

В данных рекомендациях по применению рассмотрены типичные задачи, которые приходится решать проектировщикам изделий силовой электроники при отладке и оптимизации опытных образцов, а также аппаратные и программные средства компании Keysight, помогающие в решении этих задач. Это, в частности, осциллографы Keysight InfiniiVision серии X с опцией измерения параметров силовых цепей, которые представляют собой простые в использовании универсальные средства измерений, пригодные для применения на любом этапе проектирования. Для решения новых задач в сфере электромагнитной совместимости, возникающих в связи с применением широкозонных устройств, компания Keysight предлагает к своим анализаторам сигналов специальное приложение N6141A для предварительных испытаний на соответствие требованиям ЭМС, с помощью которого можно выявлять проблемы на самых ранних стадиях, прежде чем процесс проектирования пойдет слишком далеко.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight

Более 75 лет мы вкладываем весь наш опыт и знания, всю нашу энергию в разработку измерительных решений нового поколения. Уникальное сочетание передового контрольно-измерительного оборудования, программных решений и опыта наших сотрудников способствует рождению революционных технологий. Мы разрабатываем измерительные технологии с 1939 года.



1939

THE FUTURE

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3
Тел.: +7 (495) 7973954
8 800 500 9286
(Звонок по России бесплатный)
Факс: +7 (495) 7973902
e-mail: tmo_russia@keysight.com
www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России
115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3
Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901
e-mail: tmo_russia@keysight.com

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированное отображение интересующей вас информации.

Трехлетняя гарантия

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение общей стоимости владения. Единственный производитель контрольно-измерительного оборудования, который предлагает стандартную трехлетнюю гарантию на все свое оборудование.



Планы технической поддержки Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

До десяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.



Keysight Infoline

Информационная система Infoline

www.keysight.com/find/service

Лучшая в своём классе система управления информацией компании Keysight. Бесплатный доступ к отчётам о ремонте и калибровке вашего оборудования и к электронной библиотеке.

Торговые партнеры Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Лучшее из двух миров: Глубокие профессиональные знания в области измерительной техники и широкая номенклатура выпускаемой продукции компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнёрами.

www.keysight.com/find/B1506A



Информация в данном документе может быть изменена без предварительного уведомления.

© Keysight Technologies, 2016
Published in USA, January 11, 2016
5992-1168RURU
www.keysight.com



Unlocking Measurement Insights