

Keysight Technologies

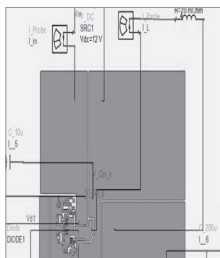
Повышение надежности и эффективности работы новых поколений преобразователей электрической энергии (Часть 3)

Проектирование и отладка устройств

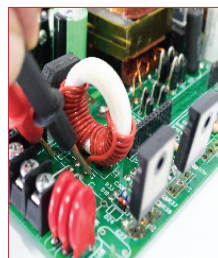
Рекомендации по применению



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. Эти потребности диктуются растущим числом электромобилей и распространением домашних систем управления электроснабжением, где все большую долю получают возобновляемые источники 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. Соответственно, исключительную важность приобретает всестороннее тестирование различных электрических систем электромобилей на стадии проектирования и испытаний.

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 имитаторы силовых цепей, пригодные для применения на любом этапе проектирования.

В части 1, 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.

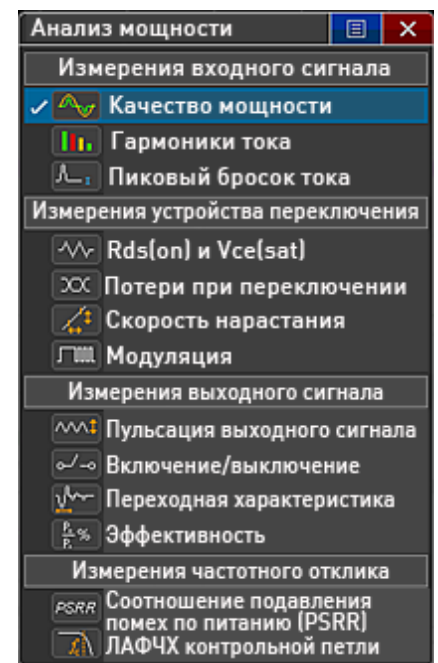


Рисунок 1. 14 видов измерений параметров силовых цепей, доступных в рамках опции

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

На рисунке 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.



Рисунок 2. Измерение потерь мощности и энергии в силовом ключе

На рисунке 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.

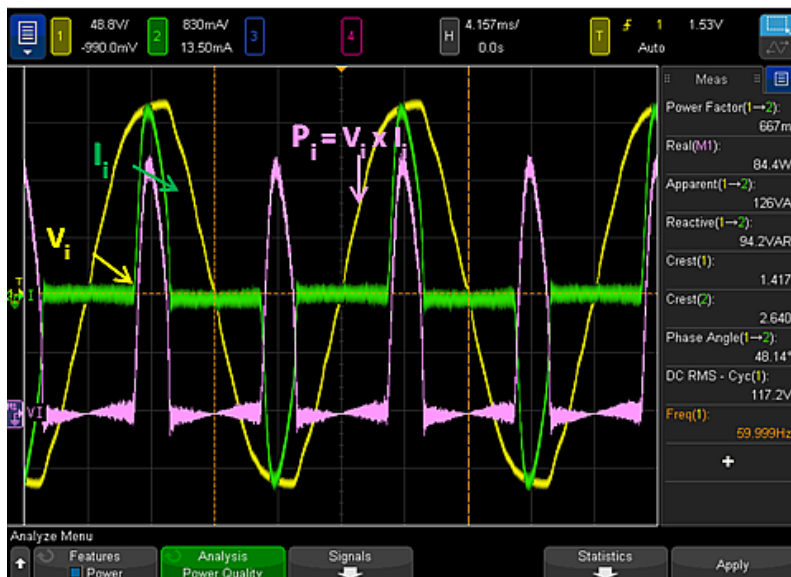


Рисунок 3. Измерение параметров силовых цепей на переменном токе

Более подробные сведения о семействе осциллографов InfiniiVision и опции измерения параметров силовых цепей, в том числе серию 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 предусилителей;
- встроенные функции генерации отчетов.

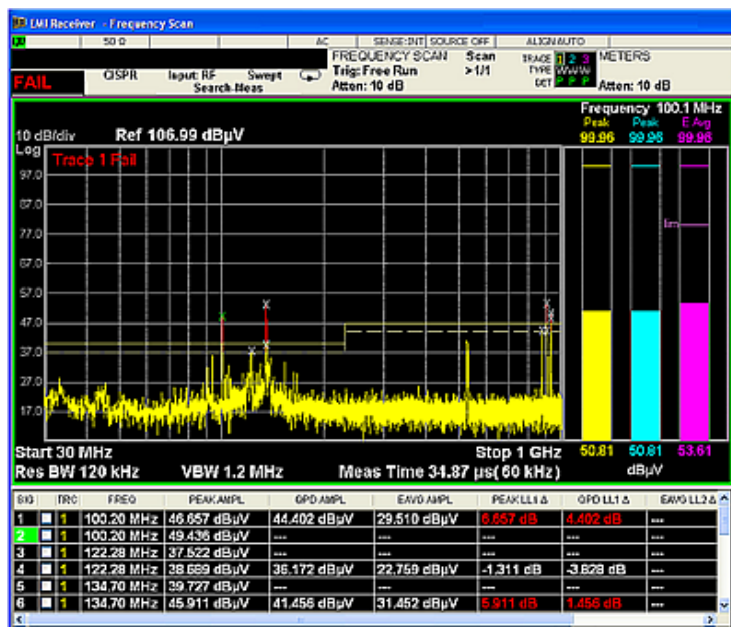


Рисунок 4. Измерение для предварительных испытаний на соответствие, выполняемое с помощью измерительного приложения N6141A

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 факторе, соответствующем мощности 15 кВт. На рисунке 5 показан пример вольт-амперной характеристики (ВАХ) источника питания N8957A.

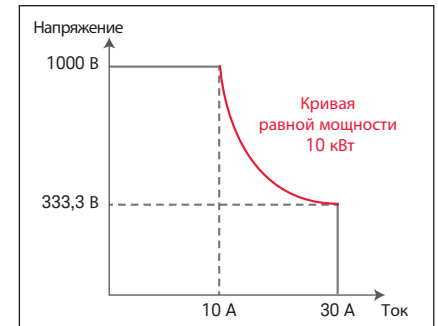


Рисунок 5. ВАХ источника питания N8957A

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 формфакторе 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 рисунке 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.

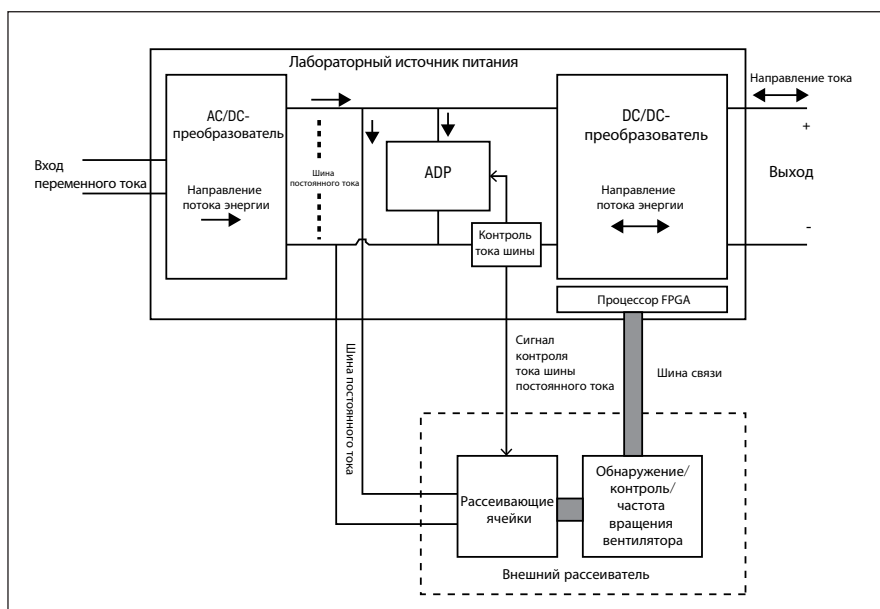


Рисунок 6. Архитектура источников питания семейства APS

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 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.

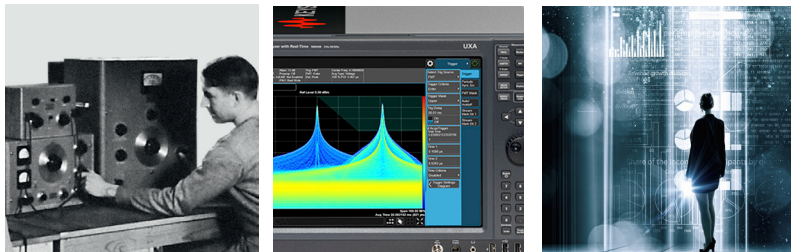
Резюме

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 для имитации силовых цепей 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 зайдет слишком далеко.

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированная подборка только нужной вам информации.

www.keysight.com/find/emt_product_registration

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

www.keysight.com/find/service

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений — от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает поверку и калибровку СИ, ремонт приборов и модернизацию устаревшего оборудования, подбор решений для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое. Мы поможем вам повысить качество разработок и снизить затраты.

Планы технической поддержки Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Двойная выгода: глубокие знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

www.keysight.com/find/B1506A

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 797-39-54
8 800 500 9286
(Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 797-39-02
Эл. почта: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России
115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 797-39-30
Факс: +7 (495) 797-39-01

Эл. почта: tmo_russia@keysight.com

(BP-09-07-17)



www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
Сертифицировано DEKRA
на соответствие стандарту ISO 9001:2015.
Система управления качеством

