

# Тестирование бортовых устройств, работающих от сети питания 27 В постоянного тока

## Описание решения



# Описание задачи тестирования

## Помехи по цепям питания

Любое устройство работающее от сетей питания, включая бортовые системы, рассчитанные на питание от сети 27 В постоянного тока, должно быть устойчиво к характерным для данной сети помехам по цепям питания.

Примеры воздействия на сеть питания:

- Удар молнии может вызвать скачок напряжения;
- Техногенная авария может привести к провалам снижению напряжения или даже отключению (кратковременному или продолжительному);
- Ошибки эксплуатирующего персонала также способны оказать влияние на режимы работы сети.



## Переходные процессы и шумы

К типичным помехам по цепям питания можно отнести переходные процессы и шумы, которые способны вызвать неожиданные и нежелательные эффекты в питаемом устройстве или его подсистемах. Мы используем следующие определения этих терминов:



**Переходный процесс** – это непреднамеренное изменение величины напряжения или силы тока. Это однократный, непериодический сигнал или событие. Такие события часто называют выбросами, всплесками, выпадениями или прерываниями.



**Шум** – это модуляция в результате воздействия одного или нескольких нежелательных сигналов, наложенная на уровень постоянного тока. Как правило, это непрерывный периодический сигнал. Такие шумы часто называют пульсациями.

## Отклик устройства на помеху

Устойчивость устройства на оказываемое воздействие определяется соответствующей помехе реакцией или откликом на помеху. **Отклик** – это то как устройство изменяет свое состояние из-за оказанного воздействия по цепи питания. Возможно несколько вариантов такой реакции, например:

- Помеха не оказала влияния;
- Временная деградация производительности, которая прекращается одновременно с прекращением помехи;
- Временная утрата функционала устройства, которая прекращается одновременно с прекращением помехи;
- Изменение функционала, которое может быть устранено только эксплуатирующим персоналом;
- Поломка устройства.

## Почему важно оценивать отклик на помехи?

Любой производитель стремится обеспечить требуемые показатели по надежности изготавливаемого им устройства. Это касается множества различных параметров работы. В том числе и надежности к помехам, поступающим по цепям питания устройства. Оценка устойчивости поможет решить следующие задачи:



- Повышение качества и надежности конечного устройства;
- Максимальное удовлетворение потребностей пользователей;
- Обеспечение максимальной помехоустойчивости устройства для работы даже в неблагоприятных условиях.

## Последовательность тестирования

Перед проведением тестов для оценки отклика тестируемого устройства (ТУ) на помеху необходимо выполнить ряд действий, который помогут определиться с выбором необходимых процедур и оборудования. На основе выбранного оборудования строится тестовая установка и проводятся испытания. Рекомендуемая последовательность действий для оценки устойчивости устройства к помехам приведена ниже:

1. Определить Техническое Задание (ТЗ) со списком тестовых воздействий на ТУ;
2. Определить ТЗ с критериями «Годен / Не годен» для ТУ;
3. Создать установку для тестирования, включая:
  - Источник питания и помехи;
  - Тестируемое устройство;
  - Измерительные устройства;
4. Создать тестовое воздействие – помеху;
5. Убедиться в соответствии помехи установленным в ТЗ параметрам;
6. Оценить результат воздействия на ТУ согласно критериям ТЗ.

## Решения Keysight Technologies

Экономичное	Оптимальное	Высокой мощности
<p><b>До 500 Вт на канал</b> <b>До 1200 Вт на шасси</b></p>	<p><b>До 500 Вт на канал</b> <b>До 600 Вт на шасси</b></p>	<p><b>1000 Вт, 2000 Вт</b> <b>До 10000 Вт</b></p>
<p>Шасси <b>N6700B</b> (400 Вт) <b>N6701A</b> (600 Вт) <b>N6702A</b> (1200 Вт)</p> <p>Модули на выбор:</p> <p><b>N6764A</b> (300 Вт, 60 В, 20 А) <b>N6766A</b> (500 Вт, 60 В, 17 А)</p> <p><u>Дополнительное оборудование:</u></p> <p>Электронная нагрузка <b>N3300</b> (до 600 Вт на канал, до 1800 Вт на шасси; до 240 В, до 120 А)</p> <p>Анализатор мощности <b>PA2201A</b> (2 канала, 1000 В, 2 А, 50 А и более при использовании внешних датчиков или пробников тока)</p>	<p>Анализатор питания <b>N6705B</b></p> <p>Модули на выбор:</p> <p><b>N6764A</b> (300 Вт, 60 В, 20 А) <b>N6766A</b> (500 Вт, 60 В, 17 А)</p> <p><u>Дополнительное оборудование:</u></p> <p>Электронная нагрузка <b>N3300</b> (до 600 Вт на канал, до 1800 Вт на шасси; до 240 В, до 120 А)</p>	<p>Источники питания серии <b>N7900</b> (от 1 кВт до 2 кВт на канал)</p> <p>Анализатор мощности <b>PA2201A</b> (2 канала, 1000 В, 2 А, 50 А и более при использовании внешних датчиков или пробников тока)</p> <p><u>Дополнительное оборудование:</u></p> <p>Электронная нагрузка <b>N3300</b> (до 600 Вт на канал, до 1800 Вт на шасси; до 240 В, до 120 А)</p>

## Варианты исполнения и диапазоны мощности

Компания Keysight предлагает решения для тестирования бортовой электроники в двух исполнениях:

- Настольное для работы на рабочем месте инженера;
- Системное для монтажа в стандартную 19" стойку.

И в двух диапазонах мощности:

- До 500 Вт на канал (до 1000 Вт в параллель);
- От 1000 до 2000 Вт на канал (до 10000 Вт в параллель).

		Исполнение	
		Системное	Настольное
Мощность	до 500 Вт на канал		
	от 1000 до 10000 Вт		

## Системное решение с мощностью до 500 Вт на канал (экономичное)



Решение строится на базе шасси для монтажа в 19" стойку модульной системы питания серии N6700 и прецизионных модулей N6764A (300 Вт) или N6766A (500 Вт). Основные характеристики модулей:

Параметр	Значение
<b>Выходное напряжение, В</b>	до 60 на один канал до 120 на шасси (2 канала последовательно)
<b>Выходной ток, А</b>	до 20 на один канал до 40 на шасси (2 канала параллельно)
<b>Частота имитируемого шума, Гц</b>	до 2800 при полной амплитуде 0,6 В до 1400 при полной амплитуде 1,2 В до 600 при полной амплитуде 3 В
<b>Минимальная продолжительность импульса напряжения, мсек</b>	0,95 для импульса до 15 В 2,2 для импульса до 29 В 4,2 для импульса до 60 В

Подробнее о серии модульных источников питания N6700: [www.keysight.com/find/N6700](http://www.keysight.com/find/N6700)

## Настольное решение с мощностью до 500 Вт на канал (оптимальное)



Решение строится на базе шасси анализатора питания N6705B модульной системы питания серии N6700 и тех же прецизионных модулях N6764A (300 Вт) или N6766A (500 Вт).

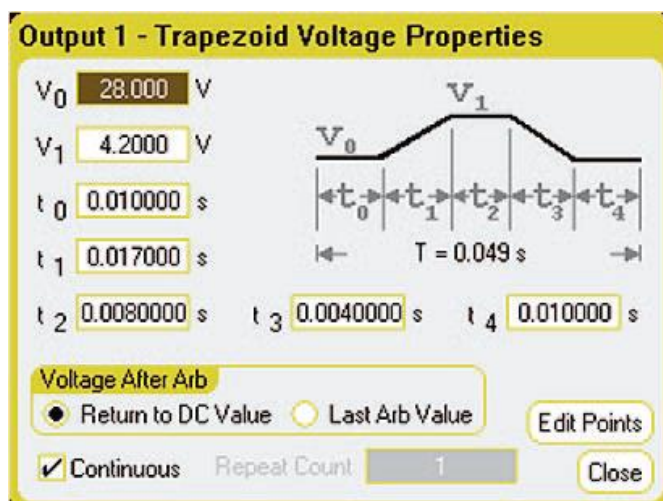
### Анализатор питания N6705B включает в себя:

- 4-х каналный источник питания (36 модулей);
- Электронная нагрузка (зависит от модуля);
- Цифровой вольтметр и амперметр;
- Генератор сигналов произвольной формы;
- Режим осциллографического отображения сигналов;
- Режим регистратора данных.

**Встроенные дигитайзеры** поддерживают измерения напряжения и тока, не требуя использования токовых шунтов, токовых пробников или токо-чувствительных резисторов. Встроенная функция осциллографа позволяет отображать оцифрованные данные на большом цветном дисплее.

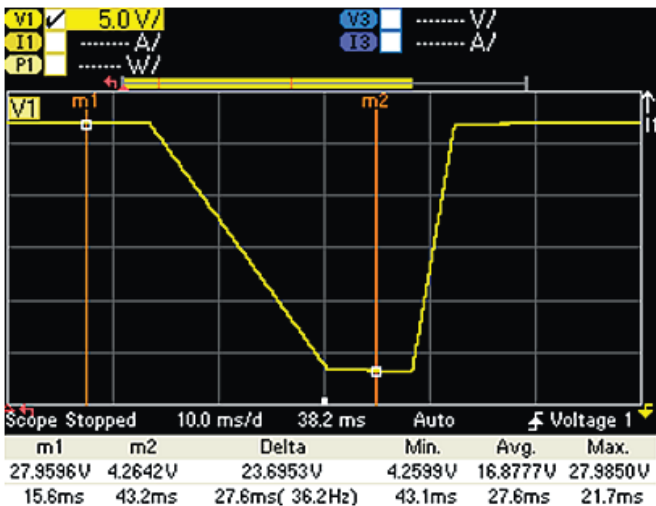
**Функция генератора** сигналов произвольной формы позволяет моделировать переходные процессы и шумы средствами анализатора N6705. Создание сигнала упрощается благодаря простому в использовании интерфейсу пользователя, а качество сигналов повышается за счет широкой полосы пропускания.

В качестве примера, вы можете применять N6705 для имитации прерывания питания, как это определено в стандарте **RTCA DO-160F** для испытаний электронного оборудования, применяемого в самолетах. Ключевые параметры:



- Номинальное значение напряжения = 28 В
- Минимальное значение напряжения = 4,2 В
- Время спада напряжения ( $T_f$ ) = 17 мс
- Время выдержки ( $T_i$ ) = 8 мс
- Время нарастания напряжения ( $T_r$ ) = 4 мс

Эти параметры могут быть введены с использованием интерфейса передней панели прибора и встроенной функции "Trapezoid Waveform" (трапецидальный сигнал), как показано на рисунке слева.



Результирующий сигнал, представленный на рисунке слева, был захвачен с использованием анализатора питания N6705B в режиме осциллографа. Маркеры измерений показывают уровни напряжения.

Захваченные реальные сигналы можно затем сохранить в виде файла формата CSV в устройстве запоминания данных с интерфейсом USB и передать в анализатор N6705B для последующего воспроизведения в качестве испытательного сигнала.

Подробнее об анализаторе питания N6705B:

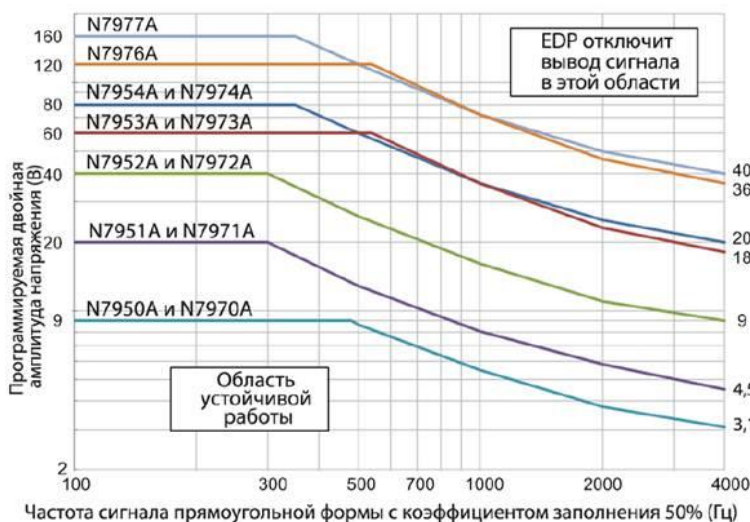
[www.keysight.com/find/N6705](http://www.keysight.com/find/N6705)

## Системное решение с мощностью от 1000 Вт (высокой мощности)



Решение строится на базе источников питания для монтажа в 19" стойку производительной системы питания серии N7900 с мощностью 1000 и 2000 Вт, в параллель до 10000 Вт. Основные характеристики:

Параметр	Значение
Выходное напряжение, В	до 160 на один канал до 240 (2 канала последовательно)
Выходной ток, А	до 50 на один канал (при напряжении до 40 В) до 250 на систему (5 каналов параллельно)
Частота имитируемого шума, Гц	см. приведенную ниже АЧХ
Минимальная продолжительность импульса напряжения, мсек	0,85 для импульса от 10% $U_{ном}$ до 90% $U_{ном}$ и обратно до 10% $U_{ном}$



Для оценки возможности имитации зашумления в сети питания разными моделям производительной системы питания руководствуйтесь приведенной слева АЧХ.

В случае превышения значения амплитуды при непрерывной генерации сигнала заданной формы в источнике питания срабатывает защита от избыточной динамики.

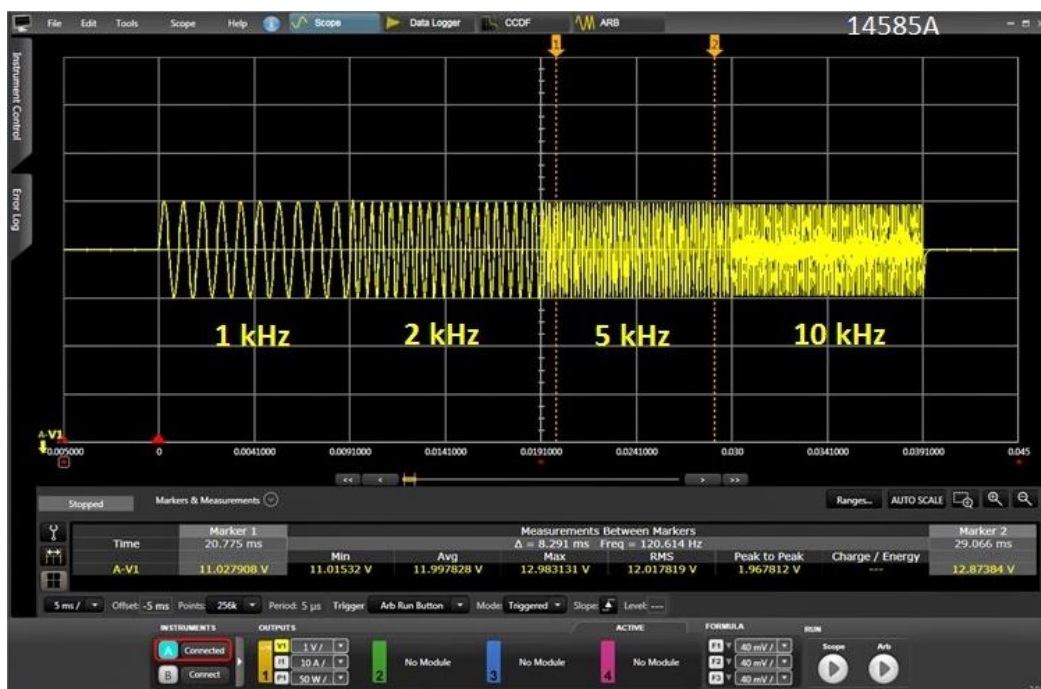
Подробнее о серии N7900:

[www.keysight.com/find/APS](http://www.keysight.com/find/APS)

## Программное обеспечение 14585A для N6705B и серии N7900

Для создания помех и их оценки вы можете воспользоваться встроенными возможностями программирования в источнике питания, используя стандартные SCPI-команды в собственном программно-аппаратном комплексе. Для упрощения задачи программирования источников питания мы предлагаем ПО 14585A, которое позволяет вам, работая на персональном компьютере и используя стандартные интерфейсы управления, получить следующий функционал:

- Осциллографическое представление сигналов;
- Регистратор данных измерений;
- Программирование сигналов произвольной формы.



Режим осциллографического представления сигнала



Режим программирования сигналов произвольной формы

Подробнее о программном обеспечении 14585A: [www.keysight.com/find/14585](http://www.keysight.com/find/14585)

## Визуализация помех и отклика

Исходя из вышеизложенного, становится ясно, что задача визуализации воздействующей помехи для её оценки на соответствие ТЗ выполняется силами самих источников питания, которые способны сгенерировать и визуализировать помеху. Ряд производительных источников питания также поддерживает работу с ПО 14585А.

Для всесторонней и одновременной оценки помех по входу и отклика по выходу ТУ мы предлагаем воспользоваться нашей новинкой – анализатором мощности IntegraVision PA2201A.



Это первый анализатор мощности, в котором сочетаются **точное измерение мощности** и **осциллографическое представление сигналов** на сенсорном экране.

Анализатор мощности Keysight IntegraVision идеально подходит для инженеров, занимающихся исследованиями и разработками, которым необходимо быстро и интерактивно измерять потребляемую мощность переменного и постоянного тока, эффективность преобразования энергии, рабочую реакцию на воздействие и общие параметры электропитания переменного тока, такие как частота, фаза и гармоники — все с основной погрешностью, равной 0,05%, и разрешением 16 бит. Анализатор мощности позволяет инженерам получать характеристики потребляемой мощности в быстро изменяющихся условиях благодаря частоте дискретизации 5 миллионов выборок в секунду с полосой пропускания 2,5 МГц.

### Особенности

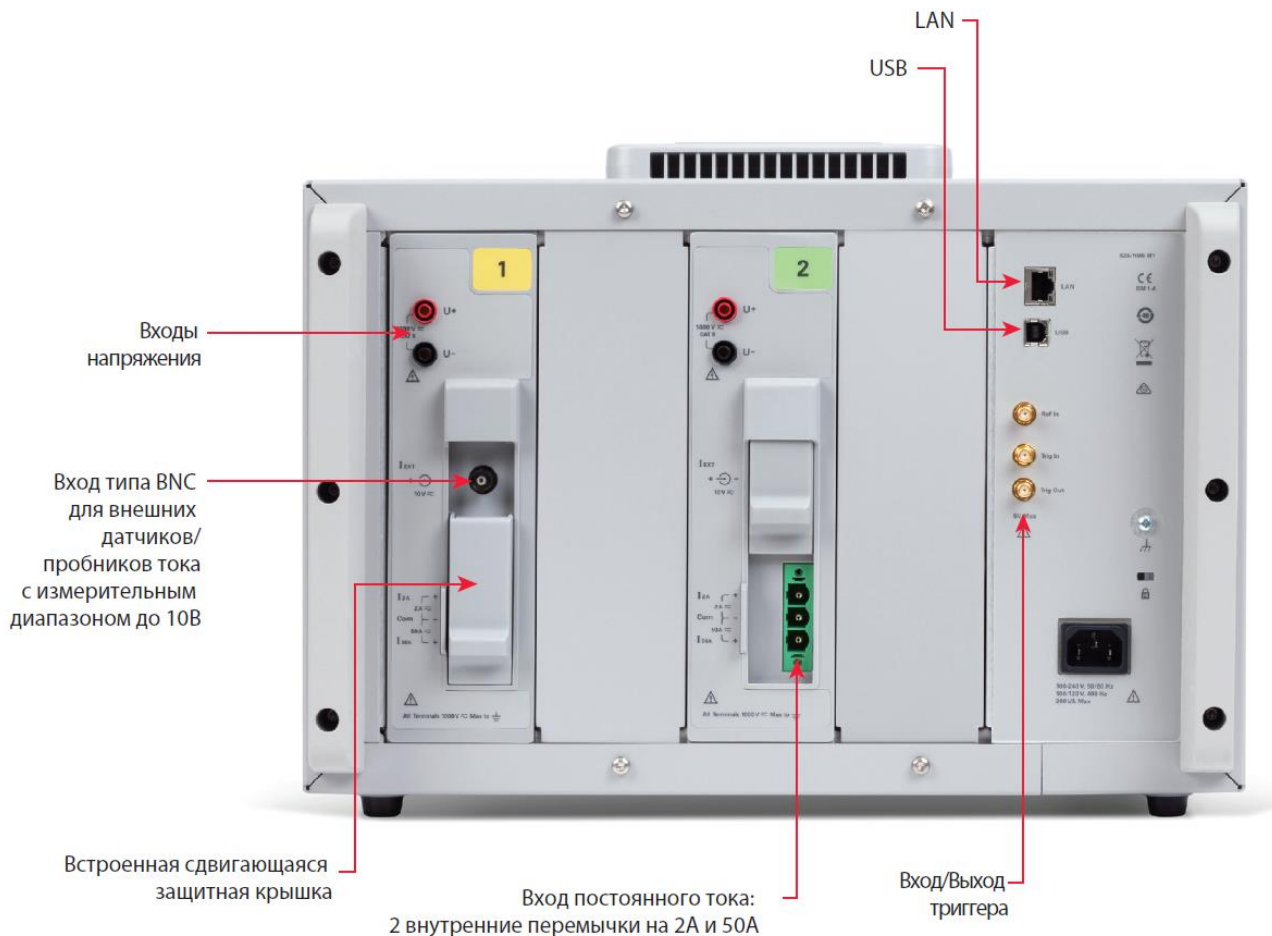
- Имеет основную погрешность в 0,05%, обеспечивая максимально достоверные результаты измерения.
- Имеет изолированные входы для простых и безопасных подключений.
- Захватывает форму колебания сигнала с помощью 16-битных АЦП с частотой дискретизации, равной 5 миллионам выборок в секунду.
- Визуально отображает формы колебания напряжения, тока и мощности в режиме реального времени для получения представления о процессах, протекающих в вашем устройстве.
- Экономит рабочее пространство на рабочем столе благодаря своим небольшим размерам.
- Позволяет подробно изучать форму колебания сигналов на большом сенсорном экране.

### Входы напряжения и тока

- Подключение осуществляется через входы напряжения и тока, изолированные друг от друга и относительно земли, рассчитанные на напряжение до 1000 В, что позволяет упростить подключение без необходимости использовать дифференциальные пробники и без риска, присутствующего в приборах с общим заземлением.
- Непосредственное измерение токов до 2 А и до 50 А с помощью встроенных токовых шунтов с полностью специфицированными и откалиброванными параметрами точности.
- Возможность использования зажимных или других типов датчиков/пробников тока, если требуется измерять ток более 50 А или полоса пропускания при измерении тока более 100 кГц. Используйте избранный датчик или любой измерительный преобразователь с максимальным выходным сигналом до 10 В. Внешнее измерение тока предусмотрено в каждом канале. Датчики подключаются через дифференциальный соединитель типа BNC. Анализатор мощности также поддерживает датчики тока моделей 11488, N2780B, N2781B, N2782B или N2783B компании Keysight.



## Подключения на задней панели



## Примеры измеряемых параметров

<b>Классические измерения на основе маркеров</b>	Delta-T, Delta-V, Delta-I, Delta-W, CK3, Размах сигнала, Частота, Сквозность, Время нарастания, Время спада и др.
<b>Измерения для анализа мощности</b>	DC-CK3, AC-CK3, Мощность (W, VA, VAR), cosφ, Коэффициент амплитуды, Сдвиг фаз
<b>Специальные измерения</b>	КПД, Пусковые токи, Пульсации
<b>Гармоники</b>	БПФ, КНИ, Гармоники до 250 <sup>ой</sup>
<b>Интегрированные измерения</b>	Заряд (А*ч), Энергия (Вт*ч) Интеграция до 10 дней с отображением заряда, мощности, пиковых и средних значений мощности

Power Qual 1

Channel 1

119.64 Vrms  
119.64 Vac  
8.0460 mVdc  
3.4737 Arms  
3.4737 Aac  
4.1506 mAdc

---

Power (AC+DC Mode)

244.626 W  
415.590 VA  
335.967 VAR  
0.58862 PF  
53.941° V→I

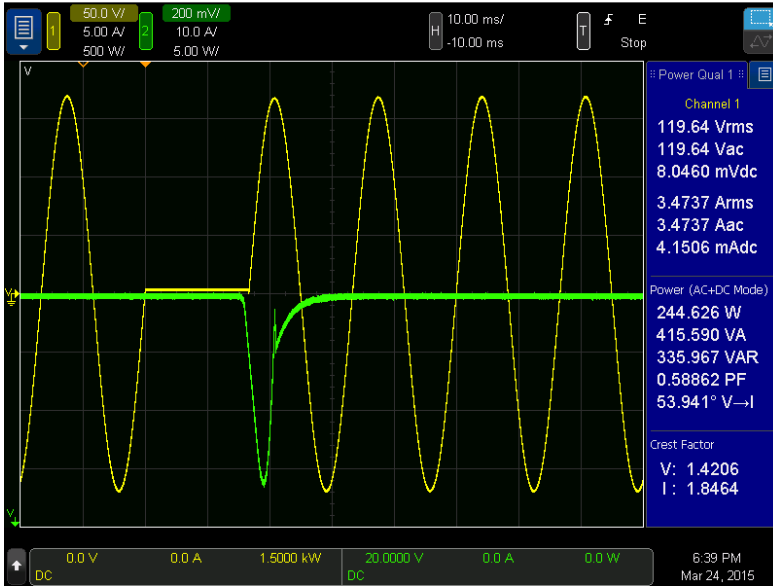
---

Crest Factor

V: 1.4206  
I: 1.8464

## Примеры применения для оценки воздействия и отклика

Keysight Technologies IntegraVision PA2201A (LP2VMSI103) : Tue Mar 24 18:40:00 2015

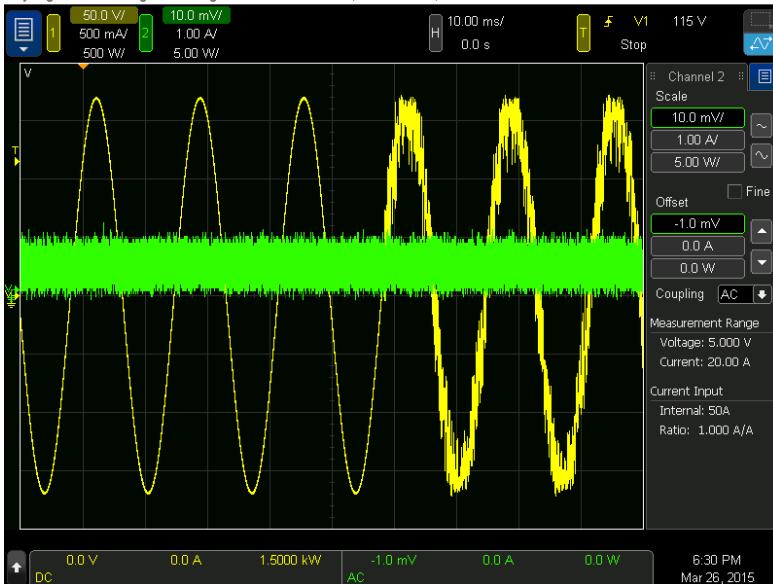


В приведенных на этой странице примерах в качестве тестируемого устройства используется источник питания постоянного тока Keysight E3633A.

Первый (желтый) канал подключен на входе тестируемого источника питания для оценки правильности помехи, передаваемой по сети питания. Второй (зеленый) канал подключен к выходу источника питания для оценки отклика выходного сигнала на воздействующую помеху.

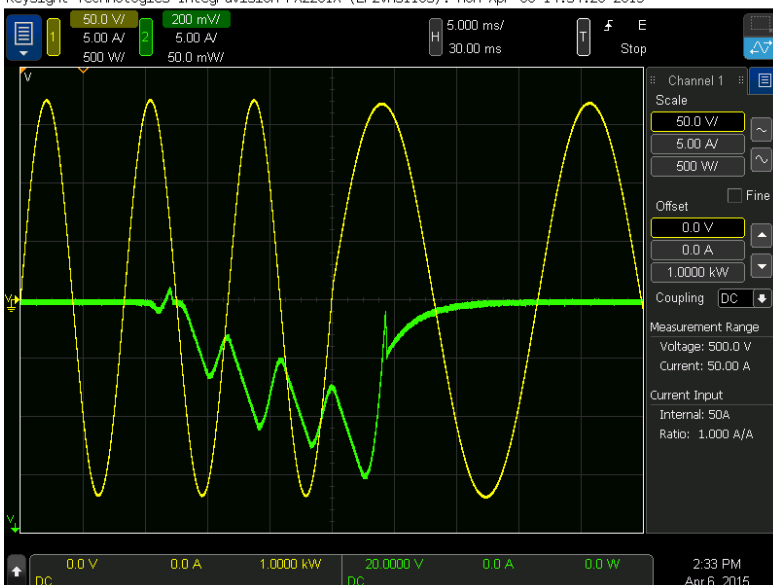
**Пропадание одного цикла питающего напряжения. Выходное напряжение просело в допустимых пределах по амплитуде и времени**

Keysight Technologies IntegraVision PA2201A (LP2VMSI103) : Thu Mar 26 18:31:06 2015



**Зашумление питающей сети не сказалось на параметрах выходного напряжения тестируемого устройства**

Keysight Technologies IntegraVision PA2201A (LP2VMSI103) : Mon Apr 06 14:34:29 2015



**Изменение частоты оказало негативный эффект на качество стабилизации выходного напряжения**

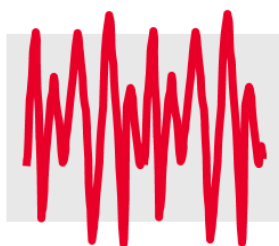
## Примеры тестовых воздействий

Рассмотрим три типовые задачи тестирования бортовых устройств, работающих от сети питания 27 В:

1. 27 В= с пульсацией +/- 3 В с заданной или произвольной частотой;
2. 27 В= обратной полярности;
3. 27 В= с заданными импульсами вплоть до 240 В.

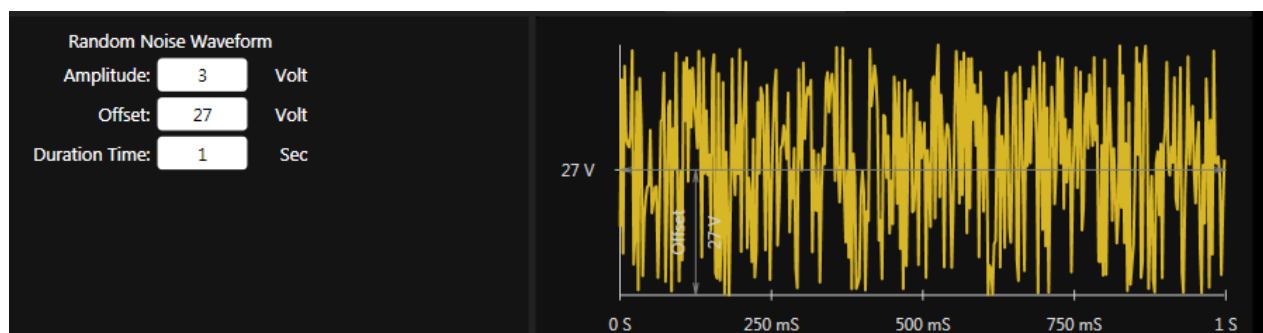
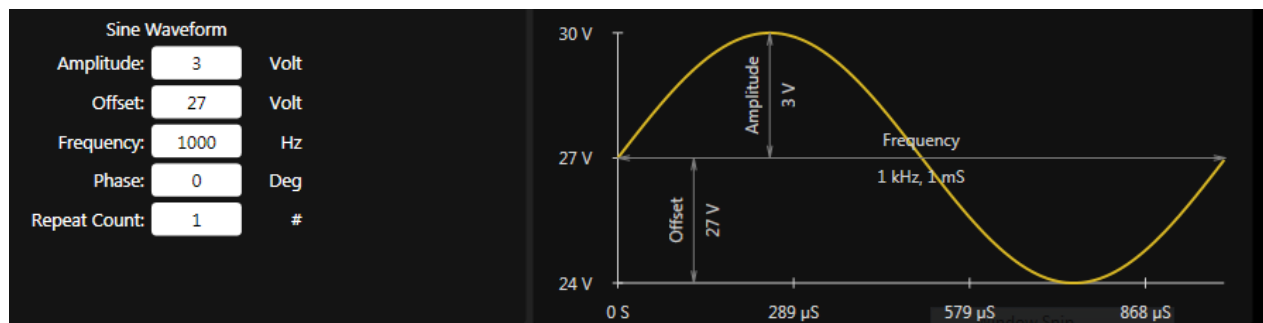
Предположим, что необходима мощность свыше 1000 Вт, тогда тестирование может быть выполнено при использовании одного или нескольких источников питания серии N7900. Для оценки подаваемой помехи и отклика ТУ мы предлагаем использовать анализатор мощности IntegraVision серии PA2200.

### 27 В= с пульсацией +/- 3 В с заданной или произвольной частотой



Источник питания серии N7900 имеет возможность генерации сигналов произвольной формы на своем выходе с частотой до 4 кГц при использовании функции ARB (от англ. arbitrary - произвольный), которая позволяет воспроизводить сигнал, включающий до 64000 точек с фиксированным временем перестройки между точками. В качестве пульсации может быть выбран обычный синус или предустановленный в ПО 14585A сигнал «произвольный шум». Данный режим можно настроить с передней панели, но проще через встроенные цифровые интерфейсы (LAN, GPIB или USB) при помощи стандартных SCPI команд.

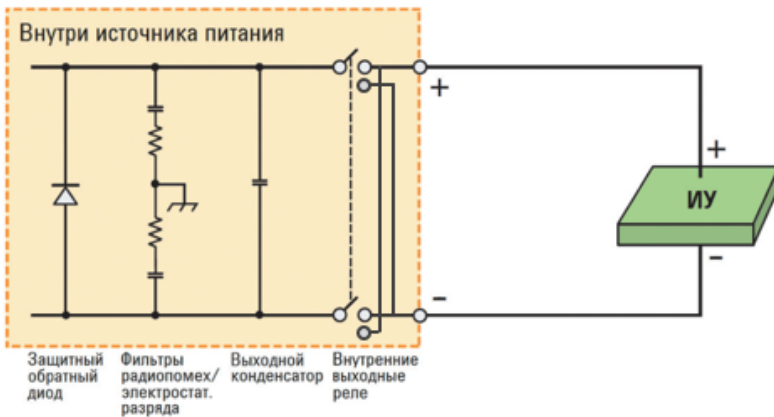
Самый простой способ – воспользоваться готовым программным обеспечением Keysight 14585A. На рисунках ниже показан интерфейс закладки ARB ПО 14585A, где может быть настроен необходимый сигнал (например, синус с частотой 1000 Гц на первом и «произвольный шум» на втором изображении) с половиной амплитудой 3 В и отстройкой от нуля в размере 27 В.



Далее необходимо просто задать необходимое число повторений или длительность режима и, включив выход источника питания, запустить исполнение данного сигнала произвольной формы.

## 27 В= обратной полярности

Эта задача решается еще проще предыдущей за счет встроенных реле отключения и смены полярности в источниках питания серии N7900 (кроме N7950 и N7970 – в них предусмотрено только реле отключения). Операцию переключения можно произвести как с передней панели устройства, так и через SCPI.

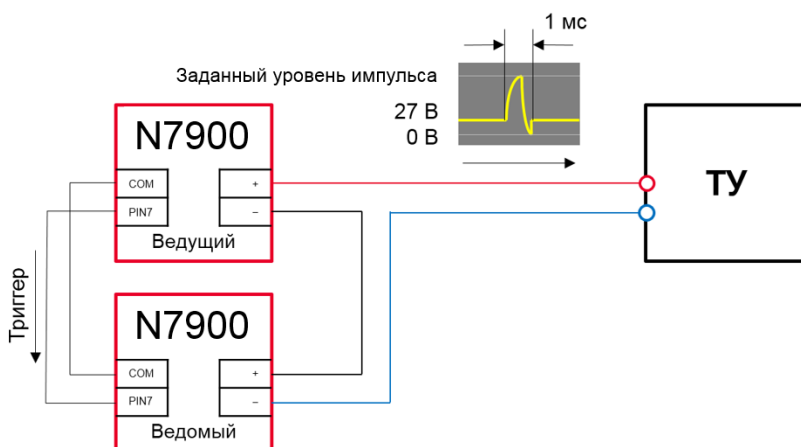


Такой подход значительно упрощает схему и процесс испытаний, исключая необходимость вручную переключать провода питания на выходе источника или использовать коммутатор для переключения полярности сети питания постоянного тока ТУ.

## 27 В= с заданными импульсами вплоть до 240 В.

Как и в случае с «зашумлением» входного напряжения ТУ синусом с полной амплитудой 6 В, данный режим может быть относительно просто запрограммирован с передней панели источника питания, но уже при помощи режима LIST (от англ. list - список). LIST имеет принципиальное отличие от ARB, которое заключается в том, что каждая точка в режиме LIST имеет свою определённую длительность, тогда как в режиме ARB длительность точек одинакова. Таким образом, достаточно запрограммировать лишь одну точку с нужными напряжением и длительностью.

Все это выполнимо, если значение импульса не превышает номинальное выходное напряжение источника. Серия N7900 имеет максимальное напряжение 160 В на устройстве N7976A. Как быть в случае, если необходимо выдать импульсы больше 160 В? Источники питания N7900 могут быть подключены последовательно для достижения суммарного напряжения 240 В. Поскольку речь идет об импульсах продолжительностью всего в сотни микросекунд, для обеспечения синхронности запуска необходимо использовать систему умного пуска/останова



(систему триггеров, систему программируемых «сухих контактов»). Данная система позволяет связать источники питания не по цифровым каналам связи, которым свойственны задержки при передаче и обработке команд, а по «меди», т.е. непосредственно от «сухого контакта» к «сухому контакту». Один из таких пинов Ведущего (Master) источника питания определяется как источник триггера, а на Ведомом (Slave) источнике этот же пин настраивается на ожидание триггера синхронизации.



**myKeysight**

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

Персонализированное представление наиболее важной для вас информации.



[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)

AXIe (AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test) представляет собой открытый стандарт, основанный на архитектуре AdvancedTCA, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe. ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA являются зарегистрированными товарными знаками в США и принадлежат PCI Industrial Computer Manufacturers Group.



[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)

LXI (LAN eXtensions for Instruments) представляет собой сетевой интерфейс, пришедший на смену интерфейсу GPIB и обеспечивающий более быстрый и эффективный обмен данными. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.



[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)

PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) — формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.

Трехлетняя гарантия

[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty)

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



[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

Keysight Technologies, Inc.

Система управления качеством сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008

Торговые партнеры компании Keysight

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

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](mailto:tmo_russia@keysight.com)

[www.keysight.ru](http://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](mailto:tmo_russia@keysight.com)



Unlocking Measurement Insights

Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления.

© Keysight Technologies, 2016

RUS2016-0115-AT

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)