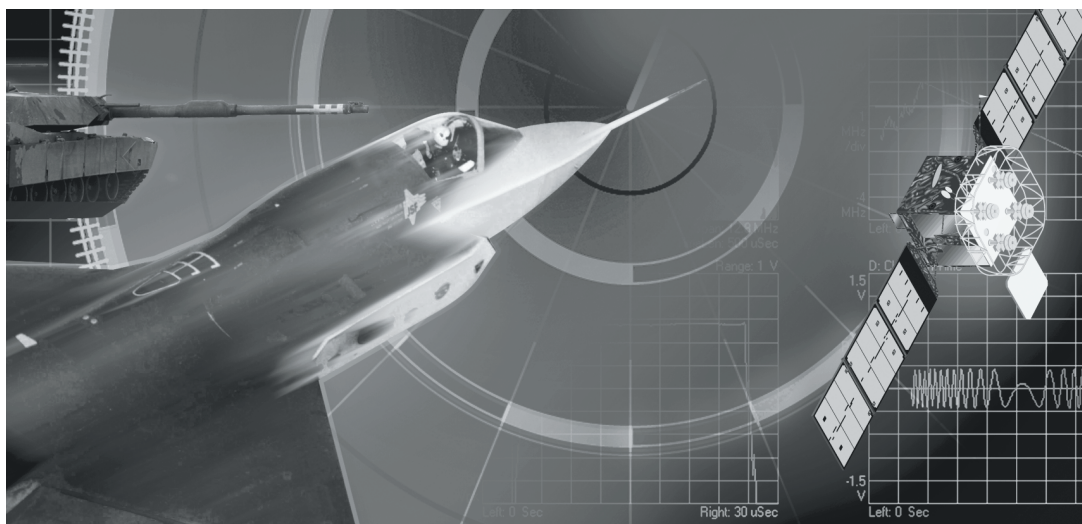


## Keysight Technologies

Моделирование переходных процессов и помех источников питания при разработке и тестировании систем спутниковой связи и систем оборонного назначения

Рекомендации по применению



## Введение

На лабораторном столе обычный источник питания часто рассматривается как аккумулятор с ручкой регулировки выходного напряжения, который обеспечивает питание для разрабатываемой системы или подсистемы. Однако для комплексного исследования, оценки и устранения неполадок в работе узлов устройств, используемых в спутниковых системах и системах оборонного назначения, выгоднее использовать более совершенный измерительный прибор, способный имитировать множество возможных электрических помех.

Анализатор питания постоянного тока N6705 компании Keysight обладает всем необходимым для моделирования переходных процессов и шумов, которые могут возникнуть в цепях питания на борту самолетов, кораблей, наземных транспортных средств или спутников. Примеры переходных процессов включают процессы, возникающие в результате пуска двигателя, переключения режима работы источника питания, изменений нагрузки, ударов молнии, воздействия импульсов систем радиоэлектронной борьбы, солнечных вспышек и высокоэнергетических частиц. Примеры нежелательных шумов включают пульсации от сети питания переменного тока (например, на частоте 400 Гц) и паразитные связи с электромеханическими устройствами.

В данных рекомендациях по применению описываются возможные проблемы, в общих чертах излагаются потенциальные недостатки типовых решений, предлагаются схемы возможных решений, а также представляются примеры результатов моделирования.

## Проблемы: переходные процессы и шумы

Переходные процессы и шумы на шинах питания могут вызвать неожиданные и нежелательные эффекты в системе или подсистеме. В данных рекомендациях по применению мы используем следующие определения этих терминов:

- **Переходный процесс:** переходный процесс источника питания – это непреднамеренное изменение величины напряжения или силы тока. Это однократный, непериодический сигнал или событие. Такие события часто называют выбросами, всплесками, выпадениями или прерываниями.
- **Шум:** шум источника питания – это модуляция в результате воздействия одного и нескольких нежелательных сигналов, наложенная на уровень постоянного тока. Как правило, это непрерывный периодический сигнал. Такие шумы часто называют пульсациями.

Переходные процессы могут создаваться предсказуемыми и непредсказуемыми источниками. Одним из примеров предсказуемого источника переходных процессов является резкое изменение импеданса нагрузки ( $Z_{load}$ ), когда система с большой мощностью включается ( $Z_{load}$  резко уменьшается) или выключается ( $Z_{load}$  резко возрастает). Другим примером являются резкие, динамические изменения, возникающие в устройствах и системах, излучающих импульсные сигналы. Переходные процессы также возникают, когда, например, самолет переключается с наземного источника электропитания на бортовой источник, питаемый от двигателя.

Непредсказуемые источники включают в себя природные явления, такие как удары молний и солнечные вспышки. Антропогенные источники включают в себя запуск электромеханических устройств, таких как двигатели и генераторы, либо излучения систем радиоэлектронной борьбы.

Причиной шумов являются обычно внутренние или внешние источники. В устройствах, которые используют источник питания переменного тока, недостаточная фильтрация может привести к наведению помех в цепях постоянного тока на частотах сети питания 50, 60 или 400 Гц.

## Проблемы: типовые решения для источников питания постоянного тока

Для моделирования переходных процессов и шумов источников питания обычно требуются разнообразные измерительные приборы: один или несколько источников питания постоянного тока, цифровой мультиметр, осциллограф и генератор сигналов произвольной формы. Кроме того, часто требуется персональный компьютер (ПК), снабжённый программным обеспечением для создания сигналов, которое способно загружать файлы в генератор сигналов произвольной формы.

Несмотря на значительную гибкость такого подхода, его недостатком является сложность использования, что связано с рядом аспектов: подключение приборов друг к другу и к испытываемому устройству, установка параметров измерения для каждого прибора, создание сигнала в ПК и передача его в генератор сигналов произвольной формы и так далее. Кроме того, если возникают проблемы, связанные с измерениями, потребуется время и усилия, чтобы точно определить, что является их причиной – испытательная система или тестируемое устройство.

МОДУЛИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СЕРИИ N6700

Серия N6700 включает четыре типа модулей источников питания постоянного тока: базовые, производительные (с высокими характеристиками), прецизионные, а также модули источников/измерителей. Базовые источники питания постоянного тока для N6705 включают модули с выходной мощностью 50, 100 и 300 Вт при напряжении до 150 В и силе тока до 20 А. Источники питания с высокими техническими характеристиками N6750 включают модули с выходной мощностью 50, 100, 300 и 500 Вт при напряжении до 60 В и силе тока до 50 А. Прецизионные источники питания N6760 включают модули с выходной мощностью 50, 100, 300 и 500 Вт при напряжении до 60 В и силе тока до 50 А. Модули источников/измерителей N6780 обеспечивают выходную мощность 20 Вт при напряжении до 20 В и силе тока до 3А.

## Предлагаемое решение

Анализатор питания постоянного тока N6705 упрощает проведение комплексного тестирования. Ядром прибора является 4-слотовое шасси, в которое может быть установлено от 1 до 4 модулей источников питания постоянного тока с суммарной мощностью до 600 Вт. Шасси совместимо со всеми модулями источников питания серии N6700 компании Keysight (см. боковую врезку).

Встроенные дигитайзеры поддерживают измерения напряжения и силы 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.

С помощью анализатора N6705 сигналы могут генерироваться посредством задания только небольшого числа точек, поскольку используется алгоритм кодирования длин серий (кодирования повторов): каждая точка сигнала определяется установкой значения напряжения и времени выдержки. Например, для определения импульса требуется задать только три точки. В таблице 1 представлен полный список возможных вариантов форм сигналов, предлагаемых анализатором N6705. Каждый сигнал может быть настроен на постоянное повторение или на заданное число повторов. Определяемые пользователем формы сигналов могут быть введены с передней панели прибора или загружены в прибор в виде файла формата CSV (значения, разделённые запятыми)<sup>1</sup>.

| Форма сигнала                                                                                   | Число точек на сигнал                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Синусоидальный                                                                                  | 100 точек                                                                                   |
| Ступенчатый                                                                                     | 2 точки                                                                                     |
| Линейно изменяющийся                                                                            | 100 точек                                                                                   |
| Импульсный                                                                                      | 3 точки                                                                                     |
| Линейно изменяющийся по шагам                                                                   | Определяется числом шагов                                                                   |
| Экспоненциальный                                                                                | 100 точек                                                                                   |
| Определяемые пользователем формы сигналов напряжения (выход ведет себя как источник напряжения) | До 512 точек с регулируемым для каждой точки отдельно временем выдержки                     |
| Определяемые пользователем формы сигналов тока (выход ведет себя как источник тока)             | До 64000 точек с программируемым временем выдержки (одинаковая длительность для всех точек) |

Поставляемая с прибором прикладная программа управления и анализа 14585A компании Keysight обеспечивает управление работой до четырёх шасси N6705 с одного экрана ПК. За счёт графического интерфейса пользователя эта программа предоставляет улучшенные возможности визуализации и управления данными. Программа также поддерживает создание сложных сигналов произвольной формы посредством захвата и загрузки реальных сигналов для последующего воспроизведения до 16 сигналов (требуется четыре анализатора питания постоянного тока N6705). Для получения более подробной информации, пожалуйста, обращайтесь на сайт компании Keysight по ссылке: [www.keysight.com/find/14585](http://www.keysight.com/find/14585).

<sup>1</sup> Файлы могут быть загружены через интерфейс ввода-вывода или с помощью устройств запоминания данных с интерфейсом USB.

## Результаты: генерация сигнала переходного процесса

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 V
- Минимальное значение напряжения = 4,2 V
- Время линейного спада напряжения ( $T_f$ ) = 17 мс
- Время выдержки ( $T_i$ ) = 8 мс
- Время линейного 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 1. Результирующий сигнал, представленный на рисунке 2, был захвачен с использованием N6705 в режиме осциллографа.

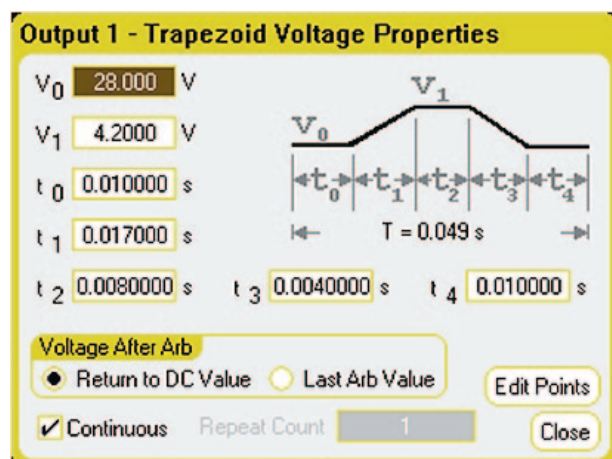


Рисунок 1. Интерфейс передней панели облегчает создание различных типов сигналов

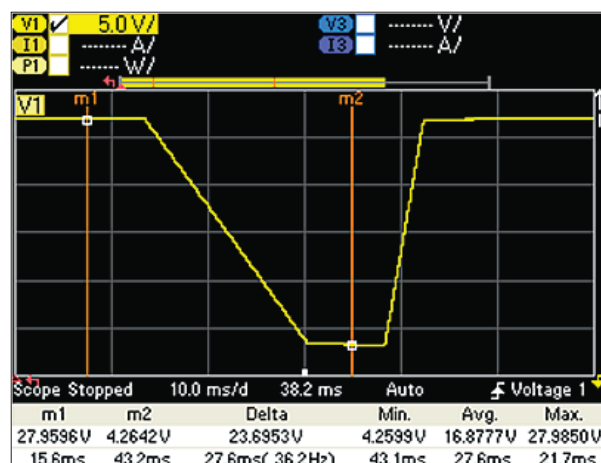


Рисунок 2. Маркеры измерений показывают уровни напряжения сигнала с прерыванием

Очень сложные сигналы переходных процессов также могут быть созданы с помощью функции генератора сигналов произвольной формы. Например, функция осциллографа может быть использована для захвата переходного процесса в цепи питания, возникающего при запуске двигателя. Захваченные реальные сигналы можно затем сохранить в виде файла формата CSV в устройстве запоминания данных с интерфейсом USB и передать в анализатор N6705 для последующего воспроизведения в качестве испытательного сигнала.

## Результаты: генерация шумового сигнала

Пульсации от сети питания переменного тока, наложенные на уровень постоянного тока, можно легко смоделировать. На рисунке 3 показан пример такого сигнала, заданного с передней панели анализатора N6705. На рисунке 4 показан сигнал постоянного тока с пульсациями, захват и измерение параметров которого были выполнены с использованием N6705.

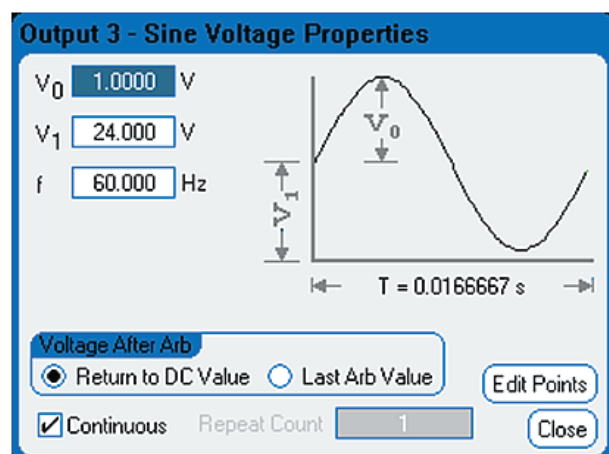


Рисунок 3. Задается синусоидальный сигнал с амплитудой 1 В и частотой 400 Гц, наложенный на сигнал постоянного тока с напряжением 24 В

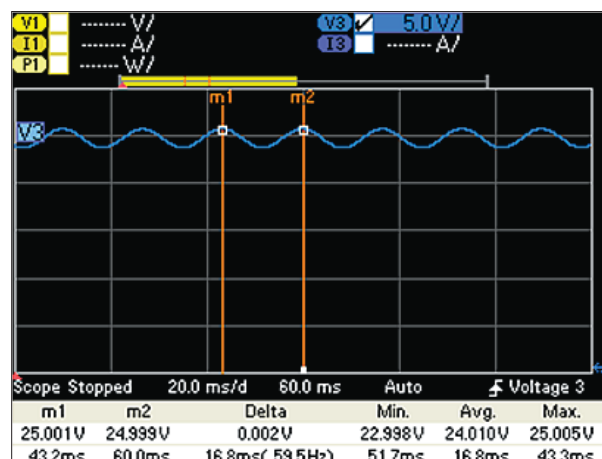


Рисунок 4. Дельта-маркеры показывают амплитуду и период шума, источником которого является сеть питания переменного тока

## Заключение

N6705 является единым, многофункциональным прибором, позволяющим легко моделировать широкий диапазон переходных процессов и шумовых сигналов, от простейших до сложных. Различные простые сигналы могут быть быстро определены с передней панели прибора, а сложные сигналы произвольной формы могут быть загружены как файлы формата CSV без написания какого-либо кода. Такие возможности упрощают процесс комплексного тестирования, испытания и проверки зависимости характеристик узлов и субблоков, используемых в спутниковых, аэрокосмических системах и системах оборонного назначения, от сети питания.

## Литература

- Keysight DC Power Analyzer technical overview (анализатор питания постоянного тока компании Keysight, технический обзор), номер публикации 5989-6319EN
- Keysight N6700 Modular Power System Family brochure (модульная система источников питания серии N6700 компании Keysight), номер публикации 5990-9550EN
- Keysight 14585A Control and Analysis Software quick start guide (краткое руководство по вводу в эксплуатацию программы управления и анализа 14585A компании Keysight), доступно на сайте компании Agilent по ссылке: [www.keysight.com](http://www.keysight.com)



myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.



[www.axistandard.org](http://www.axistandard.org)  
AXIe представляет собой открытый стандарт, основанный на AdvancedTCA, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe.



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



<http://www.pxisa.org>  
PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) – это 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 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](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)  
До пяти 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.



[www.keysight.com/quality](http://www.keysight.com/quality)  
Система управления качеством Keysight Electronic Measurement Group 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.

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

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)

(BP-06-09-14)