

Keysight Technologies

Четыре совета по использованию современных источников питания в составе испытательных систем

Аналитический доклад



Инженеры, отвечающие за разработку и эксплуатацию испытательных систем, постоянно сталкиваются с новыми требованиями. Кроме того, им приходится постоянно расширять и дополнять планы проведения испытаний. Решить такие задачи бывает непросто. Познакомьтесь с несколькими рекомендациями, позволяющими максимально эффективно применять системные источники питания, не беспокоясь о безопасности испытываемых устройств. Четыре приведенных ниже совета позволят специалистам успешно интегрировать источники питания в испытательную систему.

1. Монтаж системного источника питания в стойку	03
2. Защита испытываемого устройства	06
3. Обеспечение стабильной выходной мощности	09
4. Обзор различных выходных характеристик источников питания (в том числе автоматического выбора диапазона)	12



1. Монтаж системного источника питания в стойку

В процессе планирования конфигурации стойки для испытаний могут возникнуть затруднения, связанные с выбором расположения необходимых приборов. При установке системного источника питания в стойку мы рекомендуем опираться на перечисленные ниже рекомендации.

- Распределение массы. Правильно распределяйте массы приборов, чтобы стойка оставалась устойчивой.
- Комплекты для монтажа в стойку. Источники питания зачастую поставляются с уникальными комплектами для монтажа в стойку, позволяющими оптимально использовать пространство.
- Обеспечение правильного питания стойки. Обеспечьте необходимую мощность переменного тока на входе, чтобы не допустить чрезмерных просадок по току.
- Контроль тепловыделения. Используйте соответствующую систему контроля температуры и теплоотвода, чтобы не допустить чрезмерно высоких температур.
- Прокладка проводов. Прокладывайте провода так, чтобы свести к минимуму наведенные и излучаемые шумы.

Распределение веса

Обычно источник питания — один из самых массивных приборов в стойке для испытаний. Устанавливайте источники питания в нижней части стойки, чтобы уменьшить высоту центра тяжести стойки и, соответственно, уменьшить риск ее опрокидывания.

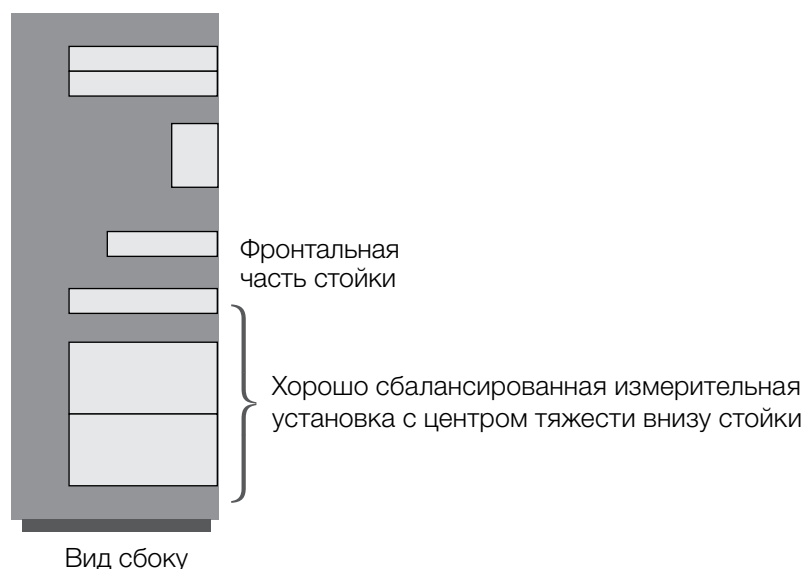


Рисунок 1. В правильно сбалансированной испытательной системе массивное оборудование находится в нижней части стойки



Комплекты для монтажа в стойку

Системные источники питания разрабатывают таким образом, чтобы они занимали как можно меньше места в стойке. Это означает, что производителям приходится уменьшать высоту источников питания, так как их ширина ограничена шириной стандартной 19-дюймовой стойки. Системные источники питания имеют большую длину, и из-за своих размеров и массы они зачастую поставляются со специальными комплектами для монтажа в стойку.

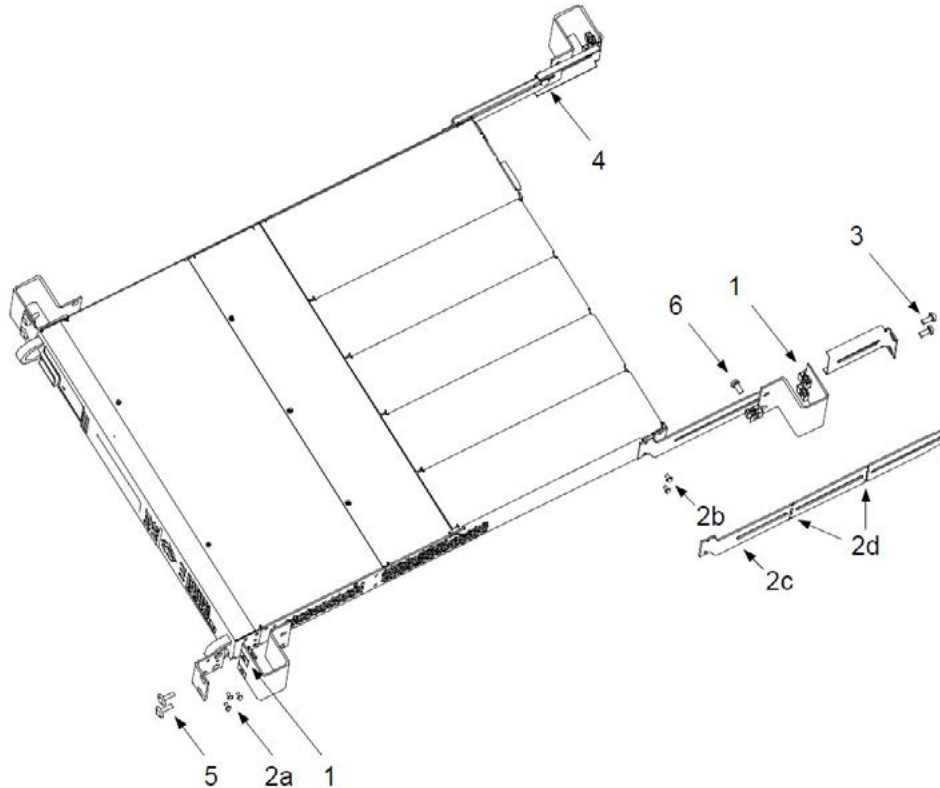


Рисунок 2. Комплект монтажа системного источника питания серии N6700 в стойку устанавливается на боковых стенках источника питания.

Например, в источниках питания серии N6700 используется уникальное крепление для монтажа в стойку, для которого не требуются направляющие. Благодаря отказу от направляющих, источники питания серии N6700 занимают всего 1U высоты стойки. При разработке базового блока высокой мощности N6702C глубина прибора была увеличена на 2 дюйма (4,8 см), но при этом высота 1U осталась неизменной. На самом деле, разработка источников питания с высокой плотностью мощности (Вт на 1U стойки) и специализированных комплектов для монтажа в стойку требует значительных усилий.

Обеспечение правильного питания стойки

При расчете характеристик сетевого шнура переменного тока учитывайте максимальное значение номинального тока, потребляемого каждым прибором в стойке. Это позволит рассчитать адекватные параметры линии электропитания. Большинство приборов потребляют относительно стабильное значение тока. Значение переменного тока на входе источника питания зависит от нагрузки на его выходе. Если максимальная ожидаемая нагрузка на выходе источника питания неизвестна, при расчете максимального номинального входного тока источника питания ориентируйтесь на худший вариант.



Контроль тепловыделения

Обычно в источниках питания имеются внутренние охлаждающие вентиляторы. При установке источника питания в стойку следует предусмотреть необходимое пространство перед входными и выходными отверстиями для воздуха. Обратите внимание на направление потока воздуха и убедитесь, что горячий воздух, выходящий из источника питания, отводится в сторону от чувствительных к нагреву приборов, например цифровых мультиметров.

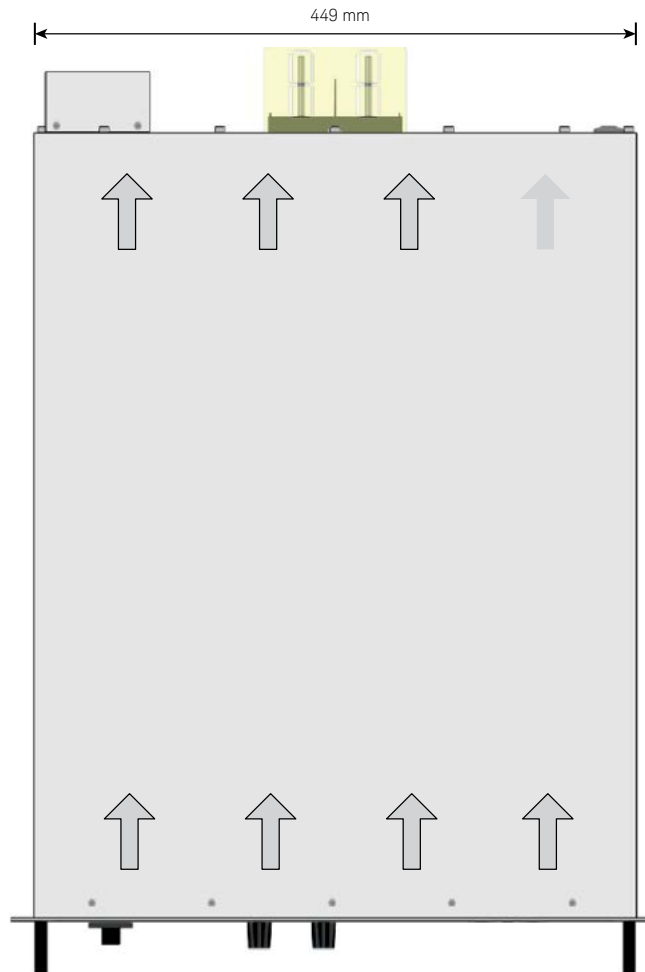


Рис. 3. Источник питания производит забор холодного воздуха через отверстия на передней панели и отводит его через отверстия на задней панели.

Прокладка проводов

Сигнальные и измерительные кабели восприимчивы к шумам. Так как силовые кабели могут излучать электрический шум, их следует прокладывать отдельно от сигнальных кабелей. Экранированные кабели с витой парой позволяют чрезвычайно эффективно снизить помехи от низкочастотных шумов.



2. Защита испытуемого устройства

Инженеры обычно выбирают системные источники питания, мощность которых превышает необходимую, поэтому очень важно помнить о необходимости защиты испытуемого устройства. Ниже перечислен ряд мер, позволяющих предотвратить возникновение неполадок.

- Защита от перенапряжения. Чтобы не допустить повреждение испытуемого устройства, ограничьте подаваемое на него напряжение.
- Защита от чрезмерных токов. Эта система защищает не только испытуемое устройство, но и всю испытательную систему от чрезмерных значений тока.
- Блокирование передней панели. Эта функция используется для защиты от непреднамеренного изменения настроек на передней панели.
- Защита при повреждениях межблочных соединений или неисправностях. Эта функция отключает все каналы (даже в разных базовых блоках) при возникновении неисправностей.
- Сторожевой таймер. Обеспечивает защиту устройства, отключая выход источника питания, если внешняя управляющая программа «зависает» или контроллер перестает отвечать.
- Дополнительная защита. Некоторые источники питания оснащены дополнительными системами защиты, например защитой от перегрева.

Защита от перенапряжения

Самая очевидная угроза для испытуемого устройства — слишком высокие значения напряжения или тока на входе. Простой способ защитить испытуемое устройство — задать предельное значение напряжения, немного превышающее максимальное напряжение на выходе источника питания. Большинство системных источников питания используются в режиме с постоянным напряжением. Это означает, что специалист, проводящий испытания, задает напряжение на выходе и предполагает, что на выходе источника питания всегда будет заданное значение напряжения. В качественных системных источниках питания используются отдельные схемы для отслеживания состояния выхода и обнаружения перенапряжения. При обнаружении перенапряжения источник питания выключает выход и отображает сообщение о неисправности, связанной с перенапряжением.

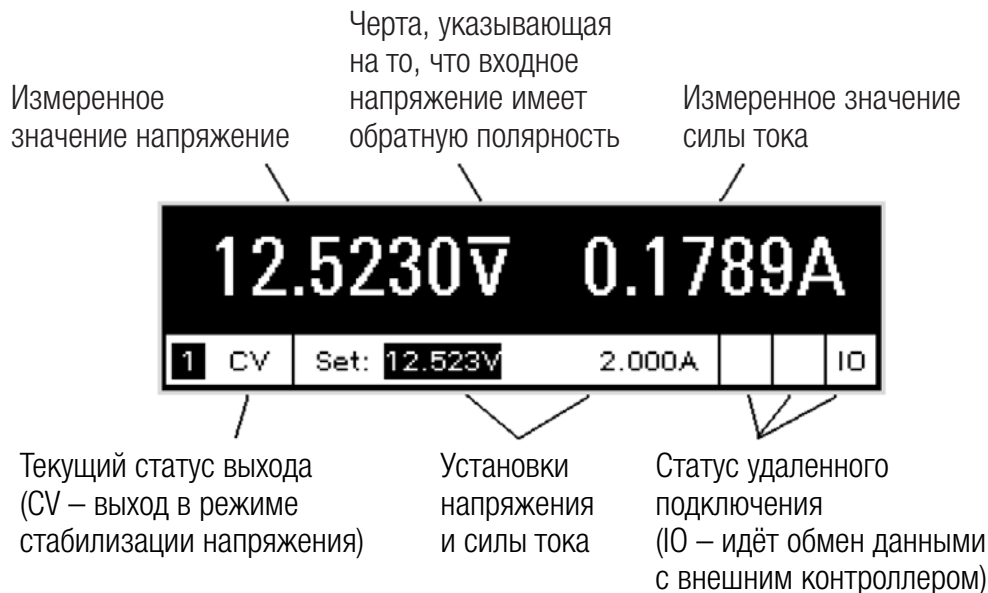


Рисунок 4. Примеры отображения рабочего состояния на передней панели: CV (режим стабилизации напряжения), CC (режим стабилизации тока), OV (перенапряжение) и OC (чрезмерный ток)



Защита от чрезмерного тока

Для работы функции защиты от чрезмерного тока используется параметр CC (значение предела для режима стабилизации тока). Система не позволяет току на выходе превысить значение этого параметра, но не выключает выход, если ток увеличится до этого максимального значения. Если при выключенной функции защиты от чрезмерного тока его значение на выходе достигнет предела, заданного параметром CC, источник питания продолжит работать, и на его выходе будет обеспечиваться ток, равный по значению параметру CC. Это может привести к повреждению некоторых испытуемых устройств, поскольку через них будут постоянно проходить токи нежелательного уровня. Если при включенной функции защиты от чрезмерного тока его значение на выходе достигнет предела, заданного параметром CC, источник питания отключает выход, и ток больше не подается на испытуемое устройство. В системных источниках питания высшего класса предусмотрена задержка срабатывания функции защиты от чрезмерного тока, которая допускает наличие чрезмерного тока на выходе в течение заданного времени. Такая задержка предотвращает ложные срабатывания при бросках тока в процессе изменения напряжения.

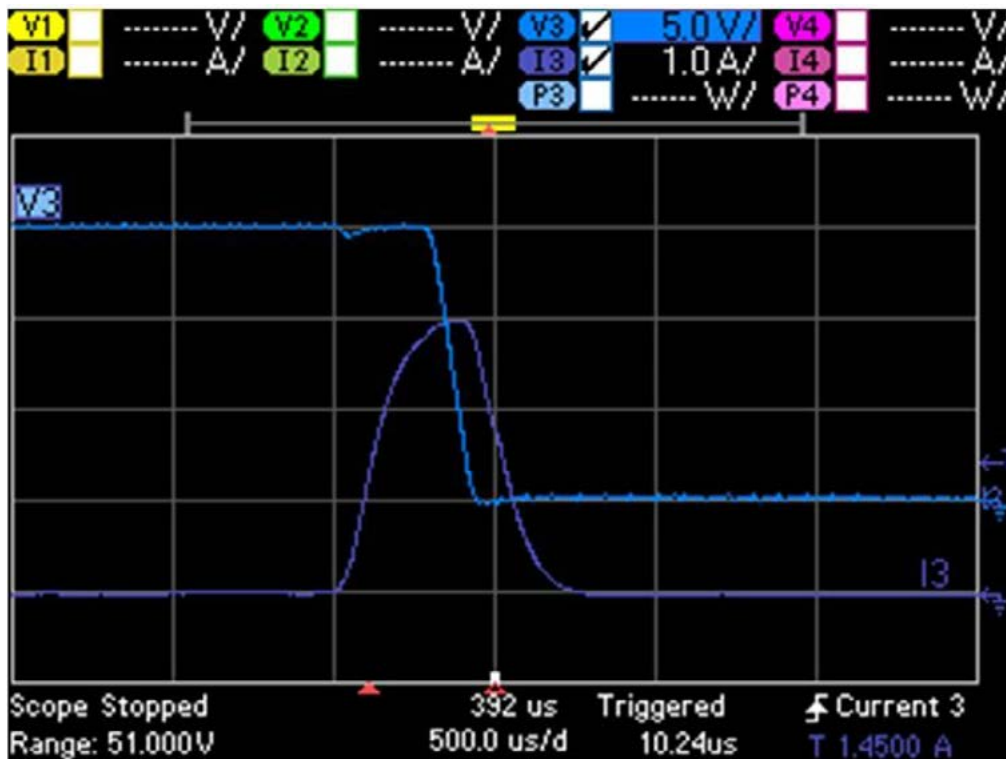


Рис.5. Пример перегрузки по току (фиолетовая осциллограмма), при которой происходит отключение канала. Осциллограмма напряжения на выходе показана синим цветом

Функция блокирования передней панели

При управлении источником питания с помощью удаленного интерфейса передачи данных, например локальной сети, органы управления на передней панели прибора должны быть отключены для защиты от случайного изменения параметров тока на выходе источника питания. Отключить переднюю панель можно двумя способами. Можно воспользоваться командой SCPI для блокирования и разблокирования передней панели. Кроме того, в некоторых источниках питания можно включить блокировку в меню на передней панели. В этом случае для разблокирования передней панели потребуются ввести пароль.



Удаленное отключение по сигналу запрета

Функция удаленного отключения по сигналу запрета позволяет отключать выход источника питания по внешнему сигналу, например при размыкании или замыкании контактов переключателя. Три самых распространенных случая применения этой функции — использование выключателя аварийного отключения, предохранительного выключателя на крышке защитного бокса или подключения к другим источникам питания. Выключатель аварийного отключения предназначен для оператора и используется в чрезвычайных ситуациях, например если испытуемое устройство задымилось. Если в испытуемом устройстве (ИУ) имеются движущиеся компоненты или высокие напряжения, на него должна быть установлена крышка или оно должно быть помещено в защитный бокс. Если в процессе испытания случайно открыть крышку, система должна выключить источник питания. Использование кабелей с сигналом запрета, соединяющих несколько базовых блоков источников питания, позволяет выключать все источники питания при возникновении неисправности.

Сторожевой таймер

Сторожевой таймер — это уникальная функция, которая используется в некоторых источниках питания высшего класса. Она позволяет отслеживать активность на всех интерфейсах удаленного управления (LAN, GPIB или USB). Если источнику питания не удастся обнаружить такую активность в течение заданного периода времени, его выход отключается. Эта функция позволяет источнику питания защитить устройство, даже при «зависании» контроллера или программы.

Дополнительная защита

Имеются еще две функции защиты источника питания: защита от перегрева и защита от обратной полярности на выходе. Если источником питания обнаруживается, что его внутренняя температура превышает предварительно заданное значение, то его выход отключается. Температура в источнике питания может возрасти из-за аномально высокой температуры окружающей среды или блокирования вентиляционных отверстий.

Одним из средств защиты источника питания от обратной полярности является внутренний диод, подключенный к выходным клеммам источника питания. В источниках питания для регулировки напряжения на выходных клеммах используются полярные электролитические конденсаторы. Диод защищает выходной конденсатор от напряжения обратной полярности, которое может поступать с внешнего источника.



3. Обеспечение стабильной выходной мощности

Для большинства задач требуется поддерживать стабильный постоянный ток на выходе при самых различных нагрузках. Конструкция высокоскоростных системных источников питания позволяет исключительно быстро изменять напряжение на выходах и реагировать на изменения параметров нагрузки. При испытании беспроводного устройства с импульсным потреблением тока высокоскоростной источник питания может работать нестабильно. Можно пойти на компромисс, увеличив время реагирования источника питания, либо использовать дополнительные конденсаторы, чтобы обеспечить соответствующий импеданс источника питания для нагрузки. Понимание процессов, происходящих в нагрузке, и меры по их компенсации позволяют обеспечить необходимую реакцию источника питания на запрограммированные изменения напряжения на выходе. Ниже указаны три значения параметров времени отклика, которые можно уменьшить, чтобы сократить время испытаний, или увеличить, чтобы повысить стабильность. Кроме того, приведены отдельные рекомендации для емкостных и индуктивных нагрузок.

- Время отклика на выходе. Время, которое требуется на стабилизацию параметров выхода после переключения значения выходного напряжения.
- Время отклика при снижении напряжения. При контролируемом снижении напряжения на выходе источника питания он должен рассеивать мощность, пока напряжение на выходе не станет равно заданному.
- Время отклика при переходных процессах. Время, которое требуется источнику питания для стабилизации после изменения параметров нагрузки.
- Емкостные нагрузки. Для емкостных устройств зачастую требуется увеличивать время, за которое происходит изменение напряжения на выходе источника питания.
- Индуктивные или импульсные нагрузки. Беспроводные устройства обычно потребляют ток короткими импульсами. Это приводит к падениям напряжения на выходе источника питания.

Время отклика на выходе

Время отклика на выходе имеет разные названия: скорость программного изменения, время установления, время отклика выхода, характеристика отклика на выходе и время отклика при программном изменении. Оно обычно описывается значениями времени нарастания и спада напряжения, временем установления или иногда временной константой. Значения времени нарастания (и спада) — это время, которое требуется, чтобы напряжение на выходе возросло с 10 до 90 % окончательного значения. Время установления (называемое временем отклика на выходе на графике ниже) — это время с момента, когда напряжение на выходе начинает изменяться, до момента, когда напряжение устанавливается в заданном диапазоне настройки рядом с окончательным значением.

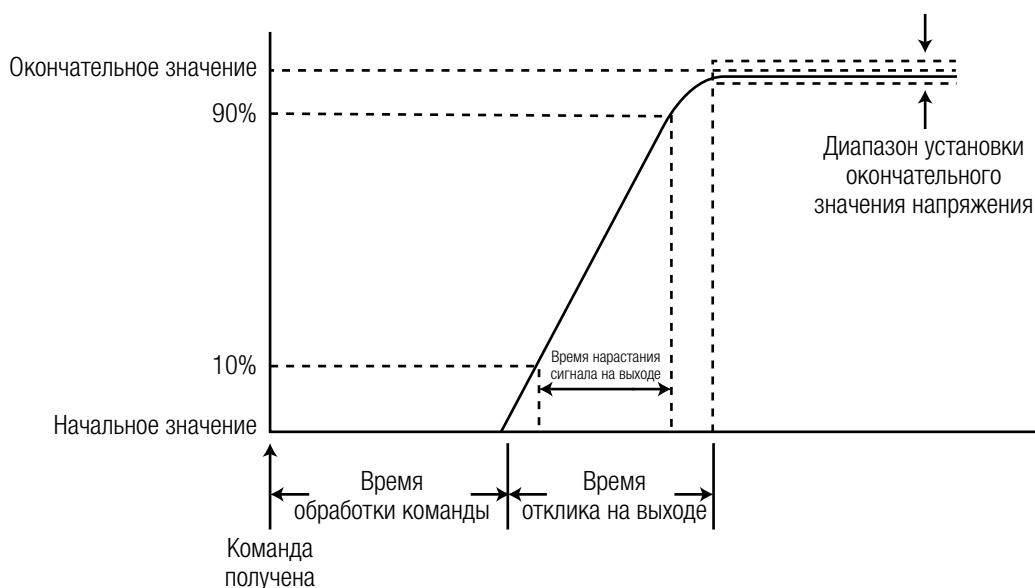


Рис.6. Время отклика на выходе источника питания — это время, которое требуется для переключения на новое значение напряжения. Время обработки команд измеряется отдельно.



Время отклика при программном уменьшении напряжения

Время отклика при программном уменьшении напряжения аналогично времени отклика при программном увеличении напряжения за исключением того, что в этом случае выходное напряжение источника питания программно снижается. Тем не менее следует рассмотреть время отклика при программном уменьшении напряжения отдельно, так как малое время отклика при программном увеличении напряжения не обязательно гарантирует сравнимо малое время отклика при программном уменьшении напряжения. В базовых моделях источников питания обычно нет цепей активного рассеивания мощности, которые позволяют быстро понижать напряжение на выходе. В этом случае время отклика при программном уменьшении напряжения часто зависит от того, какую нагрузку испытывает устройство, оказывающее на выход источника питания.

Время отклика при переходных процессах

Время отклика при переходных процессах (или время восстановления при переходных процессах в нагрузке) — это время, которое требуется на восстановление напряжения на выходе источника питания после изменения нагрузки. При увеличении тока нагрузки напряжение на выходе сначала немного снижается, а затем быстро восстанавливается до исходного значения (или близкого к нему).

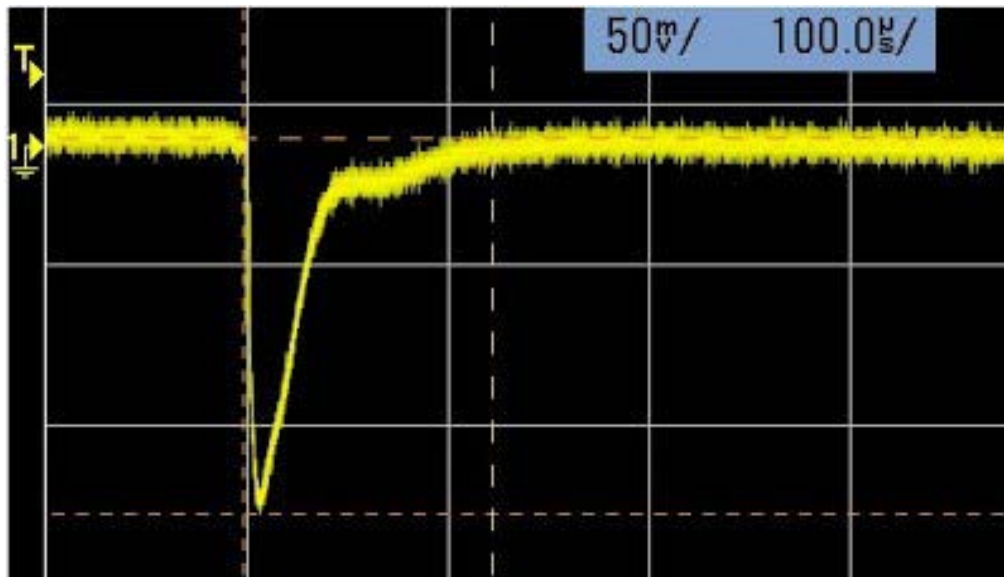


Рис.7. Падение напряжения на выходе из-за внезапного изменения тока, потребляемого нагрузкой, и его восстановление. Время, необходимое на восстановление, называется временем отклика при переходных процессах

Скорость восстановления напряжения при изменении тока нагрузки определяется параметрами контура обратной связи источника питания. Высокоскоростные конструкции обеспечивают более короткое время восстановления. Однако источники питания, построенные по таким схемам, менее стабильны в работе. Аналогично низкоскоростные конструкции имеют большее время восстановления, но они более стабильны в работе.



Емкостные нагрузки

При работе с емкостными нагрузками изменения напряжения на выходе обычно приводят к возникновению больших токов. В таких случаях высокоскоростной источник питания может стать нестабильным, так как он пытается компенсировать внезапные изменения тока. Ключевой способ, позволяющий обеспечить стабильную работу системы, — это согласование выходного импеданса источника питания с нагрузкой. Последовательное сопротивление проводов и эквивалентное последовательное соединение нагрузки уменьшают ток. Кроме того, в некоторых источниках питания имеются системы управления скоростью нарастания напряжения на выходе. Они позволяют уменьшить скорость изменения напряжения на выходе и уменьшить полосу пропускания источника питания. Например, если установленная скорость нарастания напряжения равна 5 В/с, то для изменения выходного напряжения на 0,5 В потребуется 0,1 с.

Индуктивные и импульсные нагрузки

Чтобы увеличить время работы от аккумулятора, мобильные беспроводные устройства зачастую потребляют ток короткими импульсами, что приводит к внезапным изменениям параметров на выходе источника питания. Можно стабилизировать выход источника питания, добавив дополнительные конденсаторы в нагрузку и сведя к минимуму индуктивность проводов. Самый простой способ уменьшить индуктивность проводов — сделать их короче, но это не всегда возможно. Кроме того, можно уменьшить индуктивность проводов, применяя витые пары.



4. Обзор различных выходных характеристик источников питания (в том числе автоматического выбора диапазона)

Системные источники питания с функцией автоматического выбора диапазона широко распространены, поскольку они обеспечивают дополнительную гибкость по управлению напряжением и током. Довольно часто в испытуемые устройства вносят изменения и добавляют новые функции. Наличие достаточно гибких возможностей по управлению сочетаниями напряжения и тока значительно повышает вероятность того, что источник питания будет соответствовать предъявляемым требованиям в будущем. Определить источники питания с двумя диапазонами или с автоматическим выбором диапазона довольно просто, так как в их характеристиках обычно используется слово «до». Кроме того, такие источники питания можно определить по их максимальной номинальной мощности, так как они не позволяют достичь максимального напряжения при максимальном токе (для таких источников произведение максимального напряжения и максимального тока, то есть расчетная максимальная выходная мощность, намного превышает реальные возможности источника питания). Чтобы лучше понять это, рассмотрим рисунки ниже.

- Выходная характеристика Выходная характеристика — это графическое представление всех допустимых сочетаний напряжения и тока.
- Прямоугольная выходная характеристика. Это самая распространенная выходная характеристика. Пользователю доступны все сочетания напряжения и тока вплоть до максимальных значений напряжения и тока.
- Двухдиапазонный выход. Источник питания с двумя диапазонами позволяет более гибко задавать сочетания напряжения и тока.
- Функция автоматического выбора диапазона. Предоставляет наиболее гибкие возможности выбора сочетаний напряжения и тока. Позволяет использовать большее количество сочетаний и тока в рамках предельного значения мощности источника питания.

Выходная характеристика

Выходная характеристика источника питания соответствует границам области, содержащей все допустимые сочетания напряжения и тока для определенного выхода. Любое сочетание напряжения и тока, находящееся внутри выходной характеристики, является допустимой рабочей точкой для этого источника питания.

Прямоугольная выходная характеристика

Если посмотреть на график напряжения-тока, то прямоугольная выходная характеристика имеет форму прямоугольника. Максимальную мощность источник питания выдает в одной точке, соответствующей максимальным значениям напряжения и тока. Например, источник питания мощностью 100 Вт (рассчитанный на напряжение 20 В и ток 5 А) имеет прямоугольную выходную характеристику. Можно задать любое напряжение в диапазоне 0–20 В и любой ток в диапазоне 0–5 А. Так как $20 \text{ В} \times 5 \text{ А} = 100 \text{ Вт}$, имеется только одна точка максимальной выходной мощности P_{max} , соответствующая максимальным значениям напряжения и тока.

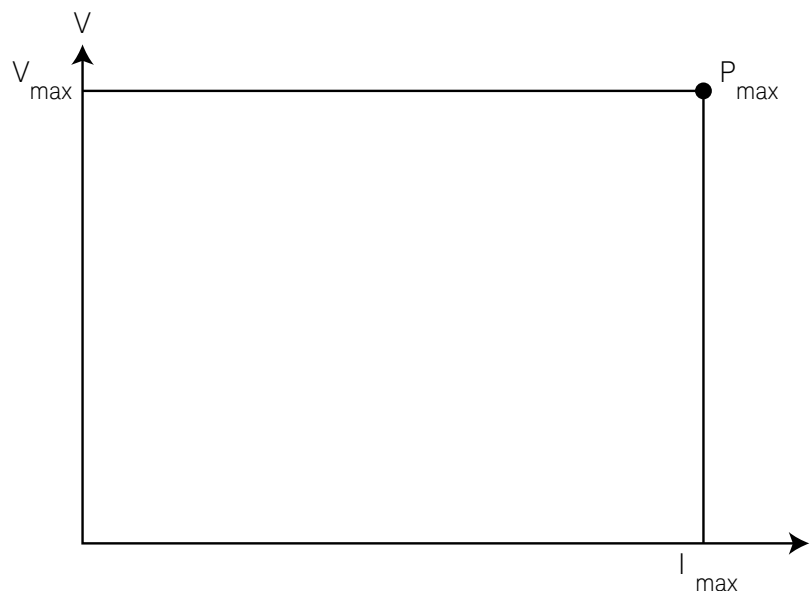


Рис. 8. У прямоугольной выходной характеристики имеется только одна точка максимальной мощности



Двухдиапазонный выход

Если посмотреть на график напряжения-тока, то выходная характеристика двухдиапазонного выхода выглядит как две наложенные друг на друга прямоугольные выходные характеристики. Соответственно, максимальная мощность на выходе возможна при двух сочетаниях напряжения и тока. Источники питания с выходной характеристикой этого типа имеют расширенные возможности по заданию выходного сигнала по сравнению с источниками питания с прямоугольной выходной характеристикой. В таких источниках питания можно использовать большее количество сочетаний напряжения и тока без дополнительных расходов. При этом размеры и масса таких блоков питания меньше, чем у блоков питания большей мощности. Поэтому, даже если можно задавать напряжения и токи вплоть до V_{\max} и I_{\max} соответственно, сочетанию $(V_{\max}; I_{\max})$ не будет соответствовать ни одна рабочая точка, так как при таком сочетании мощность превысит значение P_{\max} . Можно создать источник питания, у которого количество диапазонов будет больше двух (хотя такие варианты менее распространены). Для таких источников питания тоже возможны различные сочетания напряжения и тока, при которых выходная мощность не превышает значение P_{\max} .

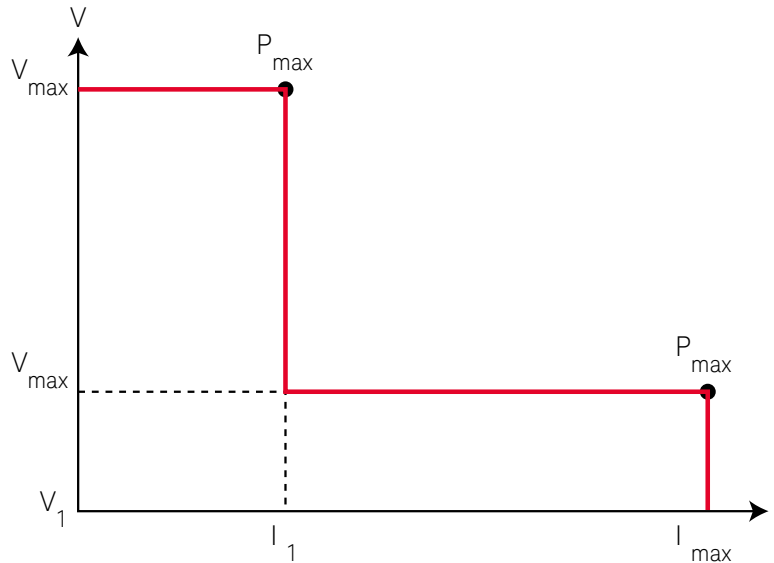


Рис. 9. Выходная характеристика с двумя диапазонами позволяет использовать больше сочетаний напряжения и тока, чем прямоугольная выходная характеристика

Выход с автоматическим выбором диапазона

На графике напряжения-тока выходная характеристика источника питания с автоматическим выбором диапазона выглядит как бесконечное количество перекрывающихся прямоугольных выходных характеристик, при которых выходная мощность не превышает значение P_{\max} . Кривая постоянной мощности соединяет точки P_{\max} при $(I_1; V_{\max})$ и P_{\max} при $(I_{\max}; V_1)$.

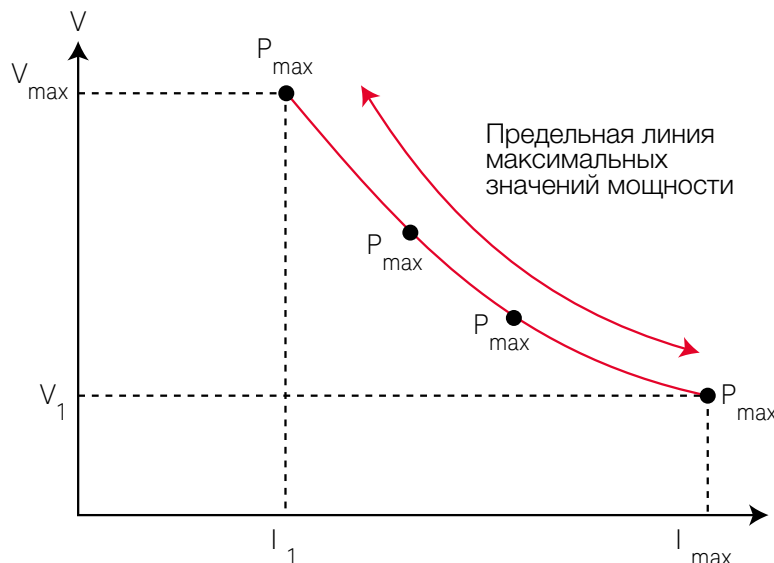


Рис. 10. Выходная характеристика источника питания с автоматическим выбором диапазона позволяет использовать самое большое количество сочетаний напряжения и тока



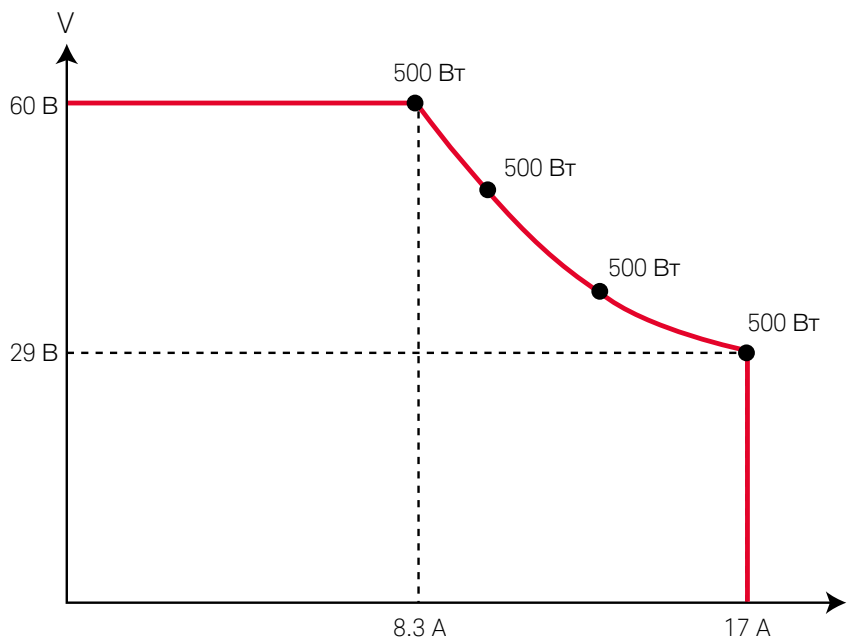


Рис. 11. Выходная характеристика источника питания с автоматическим выбором диапазона позволяет использовать самое большое количество сочетаний напряжения и тока

В качестве иллюстрации источника питания с автоматическим выбором диапазона см. выходную характеристику источника питания N6756A (показана выше) с максимальным напряжением 60 В и максимальным током 17 А. В автомобильной промышленности напряжения, не превышающие 60 В, считаются низкими. В современных автомобилях используется напряжение 12 В, так как компоненты, рассчитанные на такое напряжение, недороги и широко распространены. Использование более высоких напряжений позволяет уменьшить значения тока и, соответственно, размер и массу проводов. Часто производители проводят исследования, используя компоненты, рассчитанные на напряжение 24 или 48 В. Один из примеров — автомобили конструкции mild hybrid, работающие при напряжении 48 В. В них также имеются системы, рассчитанные на напряжение питания 12 В. При использовании напряжений выше 60 В требуются дополнительные функции безопасности, и такие напряжения применяются только в электрических транспортных средствах и гибридных трансмиссиях. Максимальный ток для заданного напряжения можно определить по выходной характеристике. Источник питания N6756A обеспечивает токи 10,4 А (при напряжении 48 В) и 17 А (при напряжениях 12 и 24 В).



Дополнительная информация

Самую последнюю информацию см. в указанных ниже каналах компании Keysight в социальных сетях.

- Блог: <https://community.keysight.com/community/keysight-blogs/general-electronics-measurement>
- Facebook: <https://www.facebook.com/keysightbench/>
- YouTube: <https://www.youtube.com/user/keysightGP>
- Форумы: <https://community.keysight.com/community/discussion-forums/power-supplies>
- Статья: <https://www.powersystemdesign.com/articles/optimizing-power-quality-under-large-load-transients/35/6342>

Дополнительные материалы по повышению скорости испытаний.

При крупносерийном производстве электронных устройств испытывать продукцию необходимо быстро и тщательно. В данных рекомендациях по применению содержатся дополнительные сведения о повышении скорости испытаний.

- Повышение скорости испытаний с помощью источника питания: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5991-2910EN.pdf>

Компания Keysight предлагает несколько семейств системных источников питания.

Дополнительные сведения об источниках питания компании Keysight

- Модульные источники питания серии N6700C. Это наши самые популярные системные источники питания, поскольку они предлагают до 4 каналов в шасси высотой 1U и для них доступно большое количество модулей.
- Одноканальные источники питания постоянного тока серий N5700A и N8700 предлагают инженерам более высокий диапазон выходной мощности.
- Источники питания постоянного тока серии N8900A с автоматическим выбором диапазона. Семейство мощных источников питания.





www.axiestandard.org

AXIe (AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test) — это открытый стандарт, основанный на архитектуре AdvancedTCA, с дополнительными расширениями для проведения испытаний общего назначения, а также испытаний полупроводниковых приборов. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe. ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA являются зарегистрированными торговыми марками консорциума PICMG.



www.lxistandard.org

Коммуникационный стандарт LAN eXtensions for Instrumentation (LXI) позволяет использовать все возможности технологий Ethernet и Web в испытательных системах. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.



www.pxisa.org

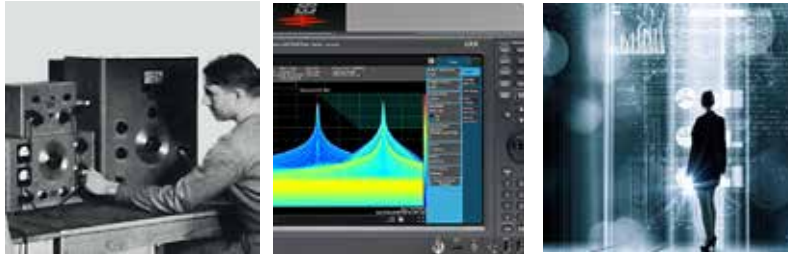
PCI eXtensions for Instrumentation (PXI) (расширения PCI для измерительных систем) - формат модульных измерительных приборов для создания высокопроизводительных измерительных и автоматизированных систем на базе ПК для жёстких условий эксплуатации.



Развиваемся с 1939 года

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

От HewlettPackard и Agilent к Keysight



Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте: www.keysight.com/find/contactus

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

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

(BP-2-23-17)


DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Система управления качеством
Keysight Technologies, Inc.
сертифицирована DEKRA
по ISO 9001:2015

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Индивидуальная подборка наиболее важной для вас информации.

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 услуги по проверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших 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

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

