

Что такое время отклика источника питания на изменение нагрузки

и как его измерять

В статье рассматривается роль отклика источника питания на изменение нагрузки, описаны некоторые трудности измерения времени отклика и представлены приборы, позволяющие этот параметр измерить.

Боб Золло (Bob Zollo)

Что такое время отклика на изменение нагрузки?

Временем отклика источника питания (ИП) на изменение нагрузки называется параметр ИП постоянного тока, описывающий скорость восстановления его выходного напряжения после скачкообразного изменения нагрузки.

Выходное напряжение идеального ИП, работающего в режиме стабилизации напряжения, остается постоянным и равным заданному значению неза-

висимо от тока, потребляемого нагрузкой. Однако реальный ИП не может сохранять заданное напряжение при быстром возрастании тока нагрузки. В ответ на быстрое возрастание тока напряжение ИП падает до тех пор, пока схема стабилизации по сигналу обратной связи не вернет напряжение к заданному значению. Время, необходимое для возврата напряжения к заданному значению, называется временем отклика на изменение нагрузки (рис. 1).

Обратите внимание, что если ток нагрузки меняется не скачком, а медленно нарастает или

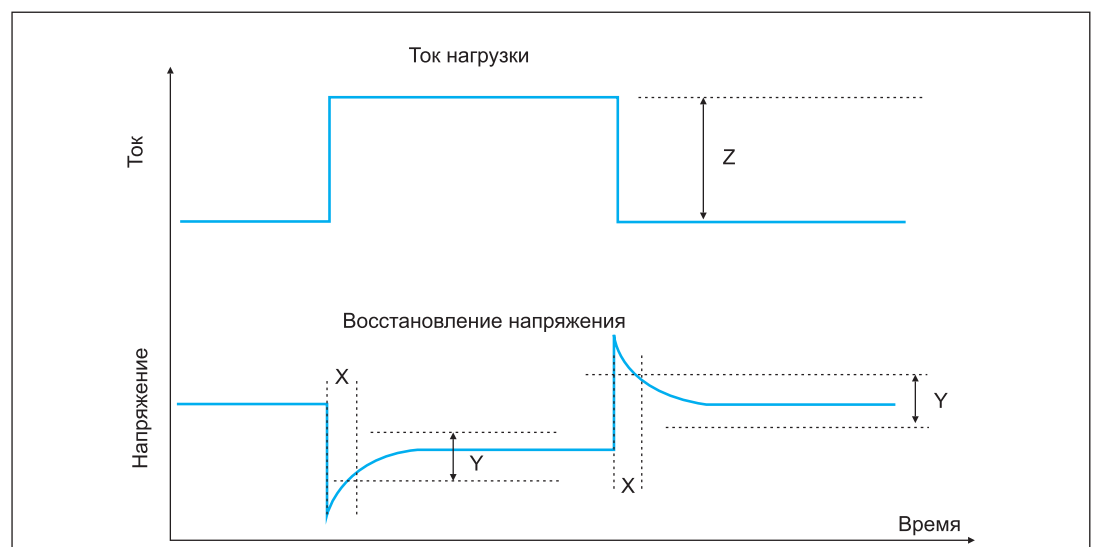


Рис. 1. Общее определение времени отклика на изменение нагрузки. Временем отклика на изменение нагрузки называется время X , за которое выходное напряжение восстанавливается и остается в пределах Y [mV] от заданного значения после скачкообразного изменения тока нагрузки на Z [A], где: Y — указанный диапазон восстановления или диапазон установления, Z — указанное изменение тока нагрузки, обычно равное полному номинальному току нагрузки ИП

спадает, то схеме стабилизации ИП может хватить быстрогодействия для поддержания выходного напряжения, и заметных переходных процессов не возникнет. Но если скорость изменения тока достаточно велика и превышает быстродействие схемы стабилизации ИП, он теряет способность отслеживать и удерживать напряжение постоянным, что приводит к появлению переходного процесса.

Время отклика ИП на изменение нагрузки измеряется от момента начала изменения тока нагрузки до момента, когда ИП восстанавливает значение выходного напряжения до заданного. Но всякий раз, когда мы говорим «восстанавливает заданное значение», нужно обязательно определять диапазон допуска. Таким образом, время отклика ИП на изменение нагрузки определяется как время, необходимое для возврата напряжения в диапазон допуска, выраженный в процентах от заданного значения, в процентах от номинального значения или в виде фиксированного диапазона напряжений. В таблице приведены некоторые примеры спецификаций времени отклика ИП на изменение нагрузки. Если рассматривать ИП Keysight N7952A, то можно увидеть, что диапазон допуска определен как 100 мВ. То есть если выходное напряжение равно 25 В, то для определения времени отклика нужно измерить время, за которое выходное напряжение ИП оказывается в пределах ± 100 мВ от 25 В.

Усилители мощности: пример приложения, для которого время отклика на изменение нагрузки играет очень важную роль

Рассмотрим приложение, для которого время отклика ИП постоянного тока играет важную роль. В процессе тестирования усилителей мощности (УМ), используемых в мобильных устройствах, таких как сотовые телефоны или планшеты, очень важно, чтобы напряжение питания тестируемого устройства оставалось фиксированным и стабильным. Если во время теста напряжение изменяется или подвержено флуктуациям, то необходимые условия тестирования не соблюдаются, и результирующие измерения ВЧ мощности тестируемого устройства будут неверны.

К тому же в случае с УМ ситуация усугубляется профилем тока потребления. УМ осуществляет передачу импульсами, и поэтому ток потребления от ИП носит импульсный характер. Эти импульсы обладают короткими фронтами и, следовательно, создают большие скачки нагрузки на ИП. При каждом включении УМ он потребляет большой ток, который вызывает просадку напряжения на выходе ИП. ИП быстро восстанавливается, но в то время, когда он реагирует на переходной процесс, его напряжение не соответствует уровню, необходимому для тестирования. После восстановления

Таблица. Примеры спецификаций времени отклика ИП на изменение нагрузки. Для корректности сравнения выбраны модели с выходным напряжением около 40 В и мощностью примерно 1000 Вт

Модель	Описание	Спецификация времени отклика на изменение нагрузки
Keysight N7952A 40 В, 25 А, 1000 Вт	Производительный ИП	Возврат в зону допуска 100 мВ (= 0,25% от максимального выходного значения) за 100 мкс после изменения тока нагрузки 50–100% от максимального значения за 10 мкс (или быстрее).
Sorensen XG 40-21 40 В, 21 А, 850 Вт	ИП среднего класса	Возврат к заданному напряжению в пределах 0,5% при номинальном выходном напряжении (= 200 мВ) менее чем за 1 мс при изменении тока нагрузки 10–90% от номинального выходного тока.
Kikusui PAK35-30A 35 В, 30 А, 1000 Вт	ИП общего назначения	Возврат к заданному напряжению в пределах 10 мВ +0,1% от заданного значения за 2 мс при изменении тока нагрузки 20–100%.

ИП УМ будет работать в требуемых условиях, и измерения ВЧ мощности можно будет выполнять корректно.

Учитывая, что объем производства и тестирования УМ достигает нескольких миллиардов в год, производительность тестов играет весьма важную роль. Если ИП характеризуется большим временем отклика на изменение нагрузки, то увеличивается время тестирования и, следовательно, снижается пропускная способность производственной линии. Поэтому производителям УМ нужны ИП с малым временем отклика, которые позволили бы достичь максимальной производительности производственного тестирования. Чтобы определить, какой источник наилучшим образом подходит для их приложения, производители смотрят на такой параметр, как время отклика ИП на изменение нагрузки. Производитель источника должен иметь возможность точного измерения времени отклика ИП на изменение нагрузки, чтобы представить производителям УМ максимально точные характеристики.

Измерение времени отклика на изменение нагрузки

Сложной частью измерения времени отклика на изменение нагрузки является определение момента входа напряжения в зону допуска. И хотя обычный вольтметр может без труда показать, находится ли выходное напряжение в зоне допуска, вольтметр общего назначения работает медленно и не сможет делать выборки с достаточной скоростью, чтобы достоверно измерить время с соответствующим разрешением и сказать, как быстро напряжение вошло в зону допуска. Однако, кроме обычных, существуют еще и быстродействующие вольтметры, способные с достаточной точностью выполнять десятки тысяч измерений в секунду и обнаруживать точный момент входа напряжения ИП в зону допуска. В качестве примера такого прибора можно привести цифровой мультиметр Keysight 34470A [1]. Но с уменьшением времени отклика даже эти вольтметры, обладающие скоростью регистрации данных 50 000 выб./с, становятся недостаточно быстрыми для такого измерения.

Более подходящим прибором в этом случае окажется осциллограф, поскольку он мо-

жет легко захватывать и отображать очень быстрые переходные процессы. Однако осциллограф общего назначения обычно имеет вертикальную погрешность 1–3% и разрешение 8 бит. Такому осциллографу не хватает вертикальной точности и разрешения для точного обнаружения момента входа выходного напряжения ИП в узкую зону допуска. Переведя осциллограф в режим связи по переменному току, можно попытаться растянуть зону допуска, но это породит другую ошибку, связанную с искажением установки уровня после переходного процесса из-за связи по переменному току. Это может затруднить точное определение момента попадания уровня в зону допуска из-за того, что напряжение «смещается к земле» связью по переменному току. Есть и еще один вариант: оставляем осциллограф в режиме связи по постоянному току и используем большое смещение по постоянному току, чтобы растянуть зону допуска. Этот метод хорош для постоянных напряжений 0–10 В, но для больших напряжений понадобится большее смещение. При больших постоянных смещениях придется увеличить число вольт на деление, что приведет к снижению разрешения в зоне допуска.

Для измерения ИП с широкой зоной допуска флуктуаций выходного напряжения вполне можно использовать осциллограф. К тому же осциллографы компании Keysight предлагают встроенное приложение анализа цепей питания, позволяющее измерять отклик на изменение нагрузки одним нажатием кнопки. Дополнительная информация приведена в [2]. Самые производительные осциллографы с разрешением 10 или 12 разрядов обладают большей гибкостью и лучшим входным интерфейсом, что позволяет им выполнять такие измерения даже в узких зонах допуска, но такие осциллографы дороги и доступны не каждой лаборатории.

Впрочем, измерить параметры ИП с узкой зоной допуска по напряжению можно с помощью высококачественного анализатора мощности, при условии, что он имеет функцию однократного измерения. Режим однократного измерения нужен потому, что переходной процесс является однократным событием, которое порождается перепадом импульса тока. Однако если вы сможете создать периодически повторяющиеся скачки тока, например в форме меандра, то для захвата этого повторяющегося события

можно использовать анализатор мощности без функции однократного измерения. Высококачественные анализаторы мощности имеют вертикальную погрешность менее 0,1%, разрешение 16 разрядов и частоту дискретизации 1 млн выб./с или выше. Такая комбинация быстрой дискретизации с точным измерением напряжения позволяет легко измерять время отклика ИП на изменение нагрузки и определять момент входа напряжения в узкую зону допуска. Поскольку анализатор мощности способен измерять напряжение и ток непосредственно без пробников, можно быстро настроить измерение с запуском по положительному перепаду импульса тока и затем измерить время восстановления напряжения.

В качестве примера анализатора мощности, способного выполнить такое измерение, можно привести анализатор IntegraVision (рис. 2), который выполняет однократное одновременное измерение тока и напряжения с частотой дискретизации 5 Мвыб/с, разрешением 16 разрядов и базовой погрешностью 0,05%, отображая результаты на большом цветном сенсорном экране. Показанное измерение выполнялось при напряжении питания 10 В и скачкообразном изменении тока с 2 до 8 А. Зона допуска составляла ± 100 мВ. С помощью двух Y-маркеров анализатора IntegraVision можно обозначить верхнюю (10,1 В) и нижнюю (9,9 В) границы зоны допуска. Затем можно воспользоваться двумя X-маркерами и обозначить начало переходного процесса

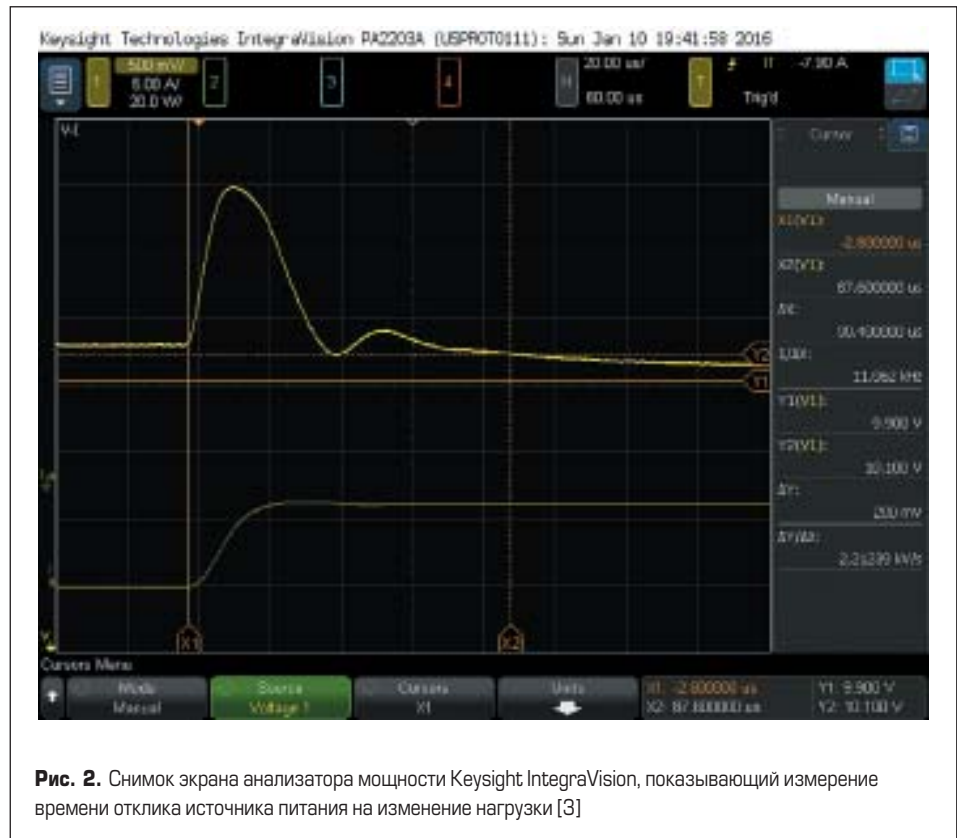


Рис. 2. Снимок экрана анализатора мощности Keysight IntegraVision, показывающий измерение времени отклика источника питания на изменение нагрузки [3]

на кривой тока маркером X1, а момент входа напряжения в зону допуска — маркером X2. Разность времени между маркерами X1 и X2 равна времени отклика ИП, которое в данном случае равно 90,4 мкс.

Литература

1. www.keysight.com/find/34470A
2. www.keysight.com/find/scopes-power
3. www.keysight.com/find/integravision