

Как конденсаторы затрудняют тестирование при изменении постоянного напряжения питания

Боб Золло, Agilent Technologies Inc.

При проведении тестовых испытаний разработчики нередко сталкиваются с техническими противоречиями, например, при изменении постоянного напряжения питания. Автор статьи поможет разобраться с данной задачей и укажет пути её решения.

Зачастую инженерам приходится сталкиваться с противоречивыми конструктивными требованиями. Например, устройству необходим входной конденсатор, сглаживающий пульсации и обеспечивающий чистое питание для схемы. Но в ходе испытаний устройство нужно подвергнуть воздействию переходных процессов, чтобы узнать, сможет ли оно противостоять флуктуациям входного напряжения. Для этого приходится быстро изменять напряжение питания, имитируя шум и флуктуации источника. Однако присутствие на входе тестируемого устройства конденсатора большой ёмкости затрудняет быстрые изменения напряжения, ведь этот конденсатор как раз и предназначен для подавления быстрых изменений напряжения. Налицо конфликт – как изменить напряжение в ходе испытаний, если конденсатор не даёт этого сделать?

Для тестирования устройства в условиях переходных процессов нужно воспользоваться источником питания, способным быстро изменять выходное напряжение. Ключевые характеристики, на которые нужно обратить внимание, перечислены в первом столбце таблицы. Однако если разработчика интересует не только повышение напряжения вверх, то необходимо

учесть и скорость снижения напряжения, которую может обеспечить источник питания. Для быстрого снижения напряжения нужен источник питания, способный потреблять ток разряда конденсатора большой ёмкости, включённого во входную цепь тестируемого устройства. Другим словами, необходим источник питания со схемой принудительного снижения напряжения на выходе или источник питания, способный работать в 2 квадрантах (подавать и потреблять ток) или даже в 4 квадрантах. Обратите внимание, что быстрое изменение напряжения вовсе не связано со способностью 4-квadrантного источника питания менять напряжение с плюса на минус. Именно способность потреблять ток (т.е. работать в квадранте с положительным напряжением и отрицательным током) позволяет 4-квadrантному источнику питания быстро снижать напряжение на входном конденсаторе тестируемого устройства. Чтобы определить, достаточной ли скоростью снижения напряжения обладает исследуемый источник питания, оцените параметры, перечисленные во втором столбце таблицы.

После того как разработчик выбрал быстродействующий источник питания, способный быстро заряжать и разряжать входной конденсатор

тестируемого устройства, нужно учесть и другие факторы. Переходной процесс на конденсаторе описывается формулой: $I = C \times dV/dt$. Для быстрого изменения напряжения с необходимой скоростью нужен большой ток. Если требуется изменять напряжение быстрее, значение dV/dt становится больше и, следовательно, растёт ток. Растёт ток и с увеличением ёмкости конденсатора. Поскольку ток определяется произведением ёмкости C на скорость изменения напряжения dV/dt , он может достигать большой величины, если необходимо быстро изменять напряжение на большом конденсаторе. Далее приведены некоторые примеры.

Пример 1. Зарядка полностью разряженного конденсатора

В начальный момент времени, когда напряжение подаётся на полностью разряженный конденсатор, он представляет собой переключку. Источник питания не сможет мгновенно поднять напряжение до нужного значения («мгновенно» означает, что значение dV/dt стремится к бесконечности, а следовательно, бесконечным становится и требуемый ток), поэтому источник питания переходит в режим ограничения тока. Если источник питания может работать в режиме источника напряжения (CV) и источника тока (CC), то он перейдёт из режима CV в режим CC и будет заряжать конденсатор постоянным током. Напряжение на конденсаторе будет линейно возрастать, пока не достигнет значения CV, установленного на источнике питания. Затем источник питания вернётся в режим CV и продолжит работу в заданном режиме (см. рис.). Это может произойти так быстро, что исследователь даже не заметит перехода из режима CV в режим CC, заряда конденсатора и возврата в режим CV. Если есть потребность в том, чтобы наблюдать этот процесс, придётся настроить

Таблица. Динамические характеристики источника питания

Столбец 1: Обратите внимание на эти параметры, чтобы узнать, насколько быстро источник питания может повышать напряжение от НИЖНЕГО до ВЕРХНЕГО значения	Столбец 2: Обратите внимание на эти параметры, чтобы узнать, насколько быстро источник питания может снижать напряжение от ВЕРХНЕГО до НИЖНЕГО значения
Скорость установления	Скорость снижения напряжения
Время установления	Время установления при снижении напряжения
Скорость нарастания напряжения	Время спада/снижения напряжения
Время установления при нарастании напряжения	
Время нарастания напряжения	

источник питания на малый предельный ток и взять конденсатор большой ёмкости. Теперь можно увидеть смену режимов CV – CC – CV и линейный заряд конденсатора.

Пример 2.
Изменение постоянного напряжения питания

Конденсатор заряжен до заданного постоянного напряжения. Теперь требуется изменить напряжение питания тестируемого устройства. Допустим, разработчик захочет наложить синусоиду на постоянное напряжение питания. В автомобильной промышленности такое явление называют «свистом генератора», когда небольшая синусоида накладывается на постоянное напряжение 12 В. Амплитуда такой синусоиды может достигать $0,5 V_{\text{диск-пик}}$, а частота доходить до 20 кГц.

Необходимый ток описывается формулой: $I = C \times dV/dt$. Если частота равна 20 кГц, а размах напряжения 0,5 В, то dV/dt равно примерно $0,5 \text{ В} / (1 / (2 \times 20\,000 \text{ Гц})) = 20\,000 \text{ В/с}$. Если ёмкость C равна 1000 мкФ, то результирующий ток будет составлять 20 А ($= C \times dV/dt =$

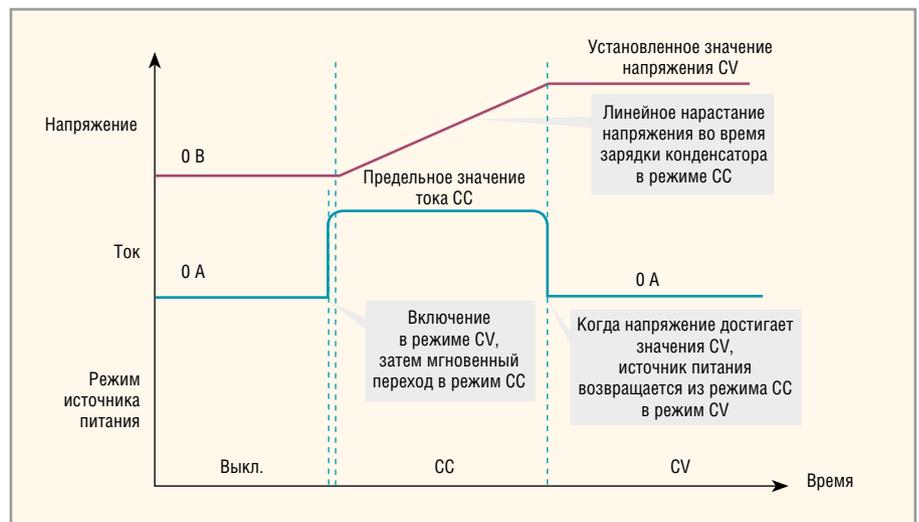


Рис. Зарядка конденсатора источником питания в режиме CV/CC

$= 1000 \text{ мкФ} \times 20\,000 \text{ В/с}$). И хотя 20 А не такой уж и большой ток, он совершенно не связан с номинальным потребляемым током устройства. Даже если тестируемому устройству нужен для работы номинальный ток 1 А, источник должен уметь подавать **и потреблять** ток 20 А для зарядки и разрядки конденсатора с размахом 0,5 В и частотой 20 кГц. Если вместо этого потребуются подать

шум частотой 1 МГц, то понадобится ток до 1000 А!

Таким образом, сталкиваясь с необходимостью зарядки конденсатора, требуется учесть необходимый ток заряда, а этот ток может стать достаточно большим, если конденсатор обладает большой ёмкостью, или напряжение должно изменяться очень быстро. ©