

И.Ю. Бугарев, А.Н. Школин

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

I.Yu. Butarev, A.N. Shkolin (Bryansk, Bryansk State Technical University)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ МОДЕЛИ Понижающего ШИМ-КОНТРОЛЛЕРА В MATLAB SIMULINK

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE OPERATING MODES OF THE BEHAVIORAL
MODEL OF THE PWM CONTROLLER IN MATLAB SIMULINK

Приведена модель понижающего ШИМ-контроллера на основе микросхемы LT1076 в Matlab Simulink, позволяющая проводить сравнительный анализ режимов работы и находить границы устойчивой работы устройства.

A model of the PWM controller based on the LT1076 microcircuit in Matlab Simulink, which allows a comparative analysis of operating modes and finding the boundaries of the stable operation of the device, is presented.

Ключевые слова: ШИМ-контроллер, поведенческая модель, Matlab Simulink, рабочий режим преобразователя.

Keywords: PWM controller, behavioral model, Matlab Simulink, main working converter mode.

Импульсные преобразователи напряжения, характеризующиеся высокой эффективностью и малыми массогабаритными показателями, активно применяются в широком спектре современных электронных устройств. Наиболее часто основой системы управления подобных источников питания, реализованных с применением широтно-импульсной модуляции (ШИМ), являются специализированные интегральные микросхемы (ИМС), также известные как интегральные микросхемы ШИМ-контроллеров.

Моделирование импульсных источников питания при их создании позволяет современным инженерам-разработчикам существенно сократить свои трудозатраты. Это позволяет производить уточнение исходных расчетов уже на этапе, предшествующем непосредственному изготовлению макетных плат или опытного образца разрабатываемой электронной техники, что особенно важно при создании сложных электронных устройств, качество работы которых связано с непрерывным воздействием большего числа внутренних и внешних факторов.

Ключевой проблемой при моделировании импульсного преобразователя напряжения, выполненного на базе ШИМ-контроллера, является наличие модели данной ИМС в промышленных САПР (Cadence Orcad, NI Multisim и др.).

Ранее в [1] был рассмотрен вариант решения указанной проблемы путем построения поведенческой модели ИМС ШИМ-контроллера с помощью языка VHDL-AMS. Предлагаемый подход позволяет реализовать мультидисциплинарные модели, что дополнительно позволяет учесть взаимосвязь электрических, тепловых и других процессов. В результате это обеспечивает повышение адекватности моделируемых процессов и расширяет область применения разрабатываемых моделей.

В работе [1] была рассмотрена поведенческая модель микросхемы LT1076 [2]. Она является понижающим ШИМ-контроллером с номинальным выходным током 2А и встроенным биполярным ключом, который требует небольшое число элементов для нормальной работы. В микросхему встроен силовой ключ, осциллятор, система управления, а также защита по предельному току. Схема является классической понижающей, но некоторые встроенные функции позволяют запускать её как двуполярный преобразователь, инвертирующий повышающий преобразователь и обратноходовый преобразователь (flyback).

LT1076 использует аналоговый перемножитель в контуре обратной связи. Это заставляет устройство реагировать почти мгновенно на изменение входного напряжения и делает регулятор обратной связи независимым от входного напряжения. В результате динамическое поведение регулятора превосходит большинство аналогов.

Встроенная защита по току позволяет избежать выхода из строя преобразователя при перегрузках или коротком замыкании. Диапазон входного напряжения составляет от 8 до 60 В.

LT1076 работает на частоте ШИМ 100 кГц и предельном токе на уровне 2.6А.

На основе приведенной в [1] поведенческой модели на языке VHDL-AMS и её работы в Mentor SystemVision и исходя из внутренней структурной схемы LT1076 из листа данных [2] была создана модель в Matlab Simulink (рис.1). При сравнении осциллограмм моделей в Mentor SystemVision (рис.2) и Matlab Simulink (рис.3) наблюдаются незначительные различия в пределах 2%, что связано с различными типами численных методов, используемых в моделях и некоторыми допущениями.

Использование модели в Matlab дает преимущества поиске нелинейных явлений и анализе влияния тех или иных параметров на стабильную работу схемы, так как автоматизация параметрического итерационного процесса достигается быстро за счет использования скриптового языка Matlab.

В ходе анализа модели был получен график (рис.4) зависимости размаха выходного напряжения от величины индуктивности дросселя внешнего фильтра. При превышении рекомендуемой производителем индуктивности на 20% возникает процесс перехода системы в новое состояние, при котором коэффициент пульсаций резко возрастает, и схема не обеспечивает должного уровня стабилизации выходного напряжения.

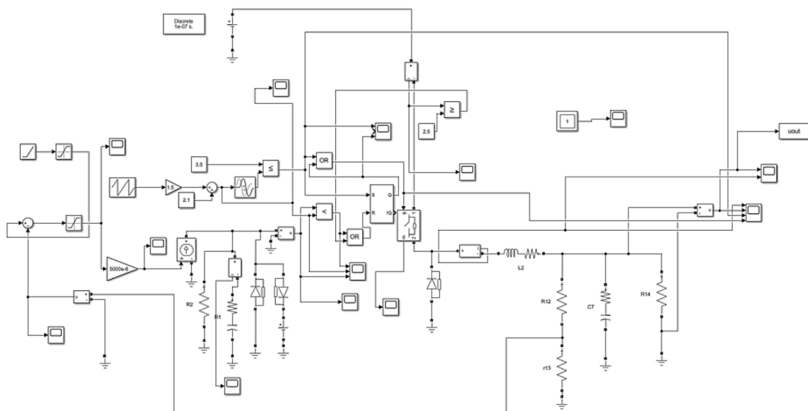


Рис. 1. Модель преобразователя LT1076 в Matlab Simulink

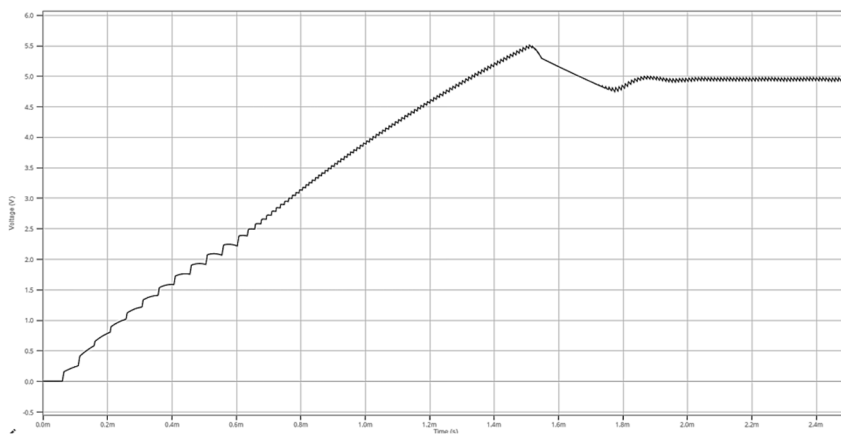


Рис.2. Осциллограмма выходного напряжения при запуске в Mentor Systemvision

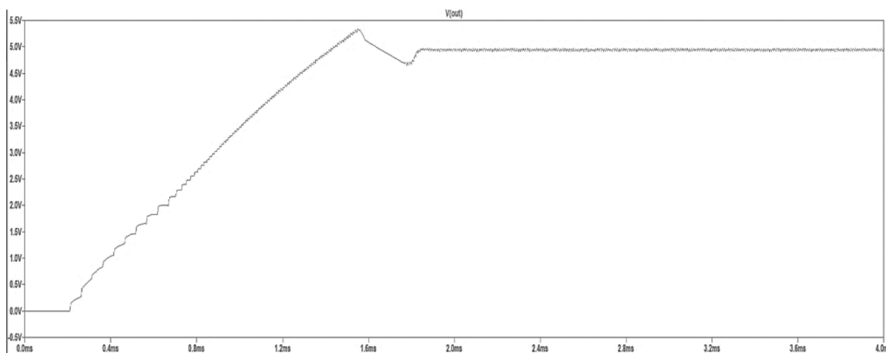


Рис.3. Осциллограмма выходного напряжения при запуске в Matlab Simulink

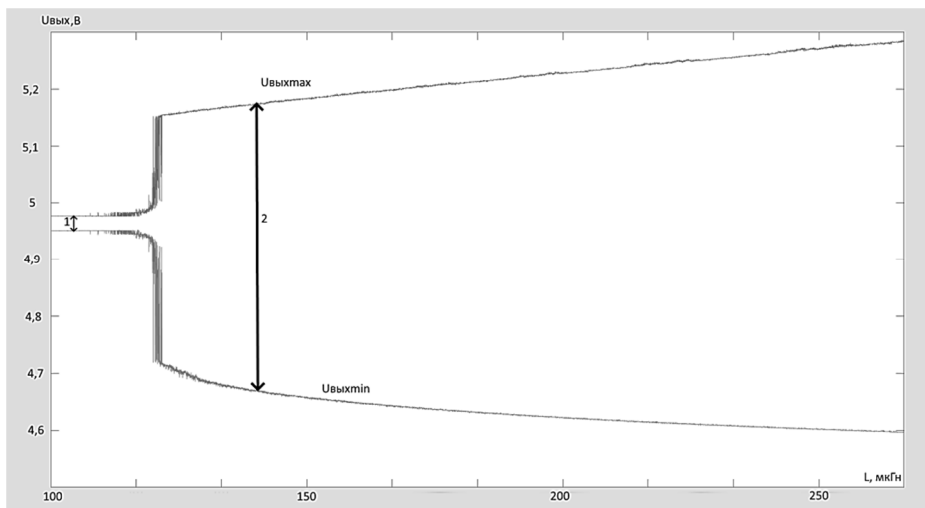


Рис.4. График зависимости размаха выходного напряжения от индуктивности фильтра

На рис.4 размах представлен линиями 1 и 2. В нормальном режиме высота линии 1 составляет 0,03 В, соответственно коэффициент пульсации равен 0,6 %. Для линии 2 высота равна 0,5 В и коэффициент пульсации уже равен 10 %. То есть ШИМ-контроллер не обеспечивает должный уровень пульсации, что критично для высокоточных устройств.

На разработанной модели в дальнейшем планируется проводить анализ границ областей устойчивости ШИМ-контроллера в области его рабочих параметров.

Список литературы

1. Княгинин, Д.А. Поведенческая модель ШИМ-контроллера на структурном уровне / Д.А. Княгинин, А.Н. Школин // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. I Междунар. науч.-практ. конф.(Брянск, 22–23 ноября 2017 г.) / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск, БГТУ – 2017г. – С.200-203.
2. LT1074/LT1076 Step-Down Switching Regulator [Electronic resource]. – URL: <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/1074fds.pdf>.

Материал поступил в редколлегию 21.10.19.