

УДК 621.311.69

Схемотехническое моделирование импульсного источника питания

Кузнецов Вадим Вадимович

vadim.kuznetsov@bmstu.ru

Рогов Даниил Михайлович

rogovdm@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Объектом исследования являются импульсные источники питания (ИИП). Обсуждаются конструктивные особенности ИИП по системе «Евромеханика», обеспечивающей компактность и малый вес, что позволяет использовать их в авиации и космической отрасли. Также акцентируется внимание на новых полупроводниковых материалах, позволяющих ИИП работать на повышенных частотах переключения. Представлен блок питания для радиоэлектронной аппаратуры с защитой от перегрузок и перенапряжений.

Ключевые слова: qucs, схемотехническое моделирование, импульсные источники питания, импульс

Введение. Импульсные источники питания занимают значительное место в современной электронике, имея преимущества в показателях КПД по сравнению с линейными достигая до 95 %. Конструктивное исполнение импульсного источника питания может быть выполнено в системе «Евромеханика 19» [1], что позволяет достичь компактности и минимального веса, что открывает возможность использовать в более обширной области, такой как авиация и космическая отрасль.

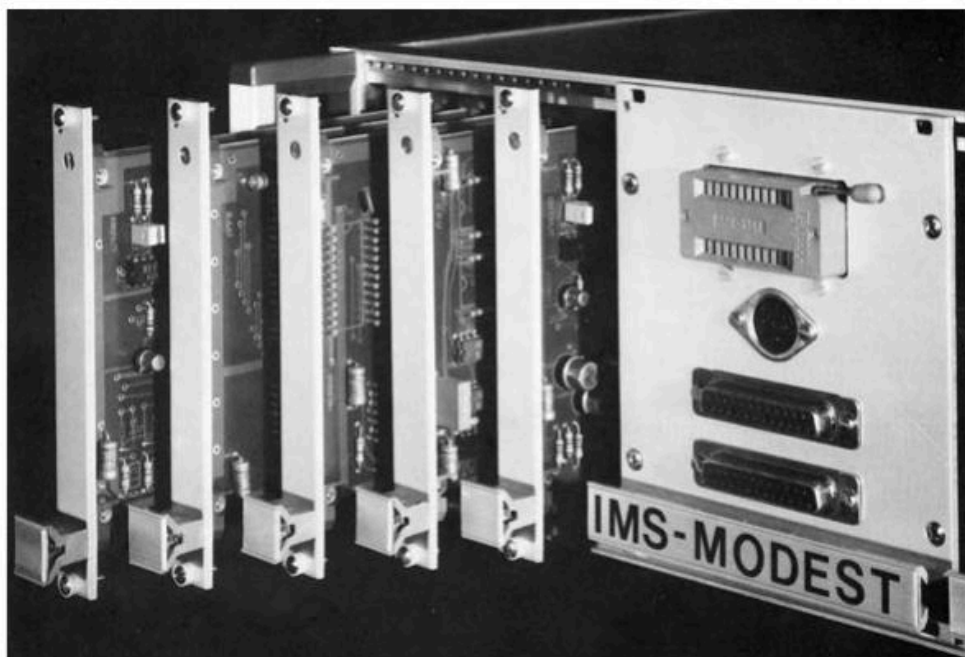


Рис. 1. Блок с печатными платами выполненными в системе «Евромеханика»

Импульсные источники питания работают за счет быстрого переключения между состояниями «включено» и «выключено» [2], используя транзисторы и высокочастотные модуляции, такие как широтно-импульсная (ШИМ) и частотная модуляция. Основные этапы работы включают:

- выпрямление и фильтрация входного напряжения: переменное напряжение преобразуется в постоянное, что упрощает последующие этапы преобразования;
- импульсное преобразование: высокочастотный транзисторный ключ переключает напряжение для подачи на трансформатор;
- гальваническая развязка: трансформатор обеспечивает изоляцию входной и выходной цепей, что увеличивает безопасность;
- обратная связь: система поддерживает стабильное выходное напряжение, регулируя длительность импульсов или частоту переключений на основе изменений нагрузки.

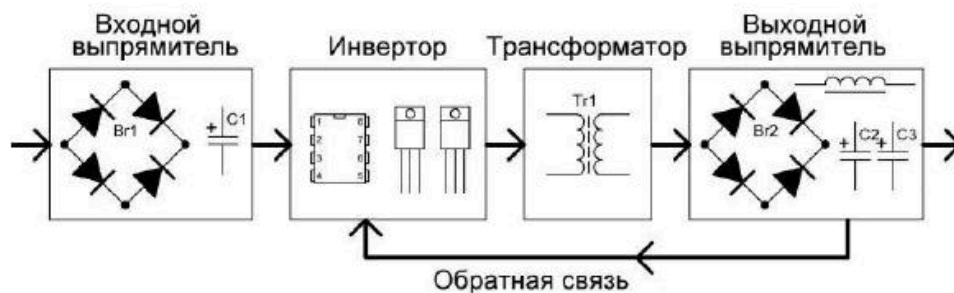


Рис. 2. Структурная схема работы импульсного источника питания

Недавние разработки включают использование полупроводниковых материалов [3] с широкими запрещенными зонами. Эти материалы позволяют повысить частоту переключения, уменьшить потери и обеспечить дальнейшее снижение размеров. Также растет потребность в энергоэффективных импульсных источниках питания в контексте Интернета вещей (IoT), так как подключаемые устройства требуют стабильного и эффективного питания.

Описание выбранного блока. Был выбран блок питания, предназначенный для питания радиоэлектронной аппаратуры постоянным стабилизированным напряжением установленного уровня и реализации различных систем вторичного электропитания. Используется исполнение «Евромеханика 19» блок будет принудительно воздушно охлаждаться в составе шкафа.

Блок обеспечивает защиту от перегрузок по току и КЗ. Диапазон срабатывания от перегрузки по току соответственно:

- первый канал — (27,5–30,0) А,
- второй канал — (36–39) А.

Блок обеспечивает защиту от превышения выходного напряжения. Диапазон срабатывания схемы защиты от перенапряжения по выходу соответственно:

- первый канал — (5,4–5,5) В;
- второй канал — (3,5–3,6) В.

При этом выходное напряжение снижается, блок переходит в прерывный режим работы.

В прерывном режиме работы импульсного блока питания энергия передается импульсами, и катушка индуктивности полностью разряжается между циклами. В результате катушка отключается в каждый период, то есть ток через нее снижается до нуля перед тем, как начинается новый цикл зарядки.

Блок обеспечивает защиту от снижения напряжения питающей сети. При снижении напряжения до уровня 153–163 В блок отключается и выдает на панель сигнал в виде запираания n - p - n -транзистора с открытым коллектором.

При повышении напряжения питающей сети до минимального уровня питания 164 В, блок автоматически включается и снимается сигнал в виде отпираания n - p - n транзистора с открытым коллектором.

Блок обеспечивает защиту от перегрева. При повышении температуры в месте установки температурного датчика до уровня $+(88-92)^\circ\text{C}$ блок отключается. После снижения температуры до уровня не более чем $+55^\circ\text{C}$ блок автоматически включается.

Постановка задач. После рассмотрения данного блока питания были выдвинуты следующие задачи:

- выполнить схемотехническое моделирование в программе Qucs-S [4];
- выполнить замеры пульсаций и сравнить их с результатами, полученными при регулировке реального изделия;
- измерить помехи, выдаваемые в сеть;
- оценить целесообразность внедрения фильтра.

Заключение. Было проведено ознакомление с импульсными блоками питания, и дальнейшими перспективами их развития. Поставлены задачи и выбраны способы их решения. Импульсные источники питания продолжают совершенствоваться, становясь все более универсальными, экономичными и безопасными. Благодаря этим характеристикам, ИИП обеспечивают питание множества современных электронных устройств — от бытовой электроники до медицинских и промышленных приложений, где надежность и эффективность имеют ключевое значение.

Литература

- [1] Бердичевский М. Конструктивы Евромеханики во встраиваемых системах. *Современные технологии автоматизации*, 2002, № 4, с. 52–59.
- [2] Мураховский В.И. *Импульсные источники питания: теория и практика*. Москва, Радио и связь, 2016.
- [3] Смирнов Ю.А. *Импульсные источники питания: от простого к сложному*. Москва, ДМК Пресс, 2020.
- [4] Кузнецов В.В. Симулятор электронных схем с открытым исходным кодом Qucs: основные возможности и основы моделирования. *Компоненты и технологии*, 2015, № 3(164), с. 114–120.

Circuit simulation of a switched - mode power supply

Kuznetsov V.V. vadim.kuznetsov@bmstu.ru

Rogov D.M. rogovdm@student.bmstu.ru

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

The research objective is to compare measurements of ripple and noise from a switched-mode power supply (SMPS) with data collected from an actual product. These measurements were conducted through circuit simulation using the Qucs-S software.

Keywords: qucs, circuit simulation, switched-mode power supply, pulse