

УДК 621.314.6

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Д.Е.ЛЕХНЕР, студент гр. НЭБ-251 (КузГТУ)
Научный руководитель А.В. ГРИГОРЬЕВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

В данной работе представлен процесс разработки импульсного модульного источника питания, рассмотрены составляющие источника питания, расчет первичной и вторичной обмотки и конкурентный анализ, смотрим что готово на данный момент и дальнейшее развитие.

Введение

Поскольку электронным компонентам необходимо стабилизированное постоянное напряжение, источник питания (ИП) становится ключевым узлом любой схемы. Его характеристики определяют основные параметры всего изделия: габариты, стоимость, КПД, срок службы и электромагнитную совместимость.

Актуальность DC/DC преобразователей:

1. Телекоммуникации: Построение распределенных систем питания на платах.
2. Автомобильная электроника: Зарядка дополнительных АКБ и питание бортовых компьютеров.
3. Промышленная автоматизация: Питание датчиков и контроллеров от стандартных шин 24 В.
4. Космическая и военная техника: Использование радиационно-стойких и высоконадежных модулей питания.

Ключевые аспекты актуальности

1. Энергоэффективность и компактность: Современные импульсные DC/DC-преобразователи обладают высоким КПД (до 95% и выше), что критично для портативной электроники, так как минимизирует нагрев и продлевает работу от батарей.
2. Питание низковольтных нагрузок: С развитием микроэлектроники рабочие напряжения чипов снизились до уровня 0,5–3,3 В. Преобразователи позволяют формировать такие точные уровни из стандартных шин 5–14 В.
3. Гальваническая развязка: В промышленном и медицинском оборудовании DC/DC-модули обеспечивают электрическую изоляцию входных и выходных цепей, что необходимо для защиты чувствительных компонентов и безопасности персонала.

4. Автономный транспорт и робототехника: В электромобилях и БПЛА требуется преобразование высокого напряжения тяговых аккумуляторов в низкое напряжение для бортовых систем управления.

5. Стабилизация при колебаниях: Преобразователи типа SEPIC или Buck-Boost сохраняют стабильный выход даже при сильном проседании напряжения источника (например, при разряде аккумулятора).

Описание источника питания

Главной идеей разработки источника питания была понять принцип работы и его основные компоненты. За основу были взяты характеристики источника питания Traco Power TEN 20-2411WIR а конкретно:

1. Входное напряжение: 18-36 В
2. Выходное напряжение: 5 В
3. Выходной ток: 2А
4. Гальваническая развязка

Этапы разработки источника питания

1. Рассчитать первичную и вторичную обмотку.
2. На основе первичной обмотки подобрать компоненты
3. Разместить все компоненты на печатной плате.

Этап 1 - расчет первичной и вторичной обмотки

Для начало стоит рассчитать первичную и вторичную обмотку, нужно учитывать то что используется топология PUSH-PULL.

Вводные данные

1. $V_{max} = 36V$
2. $V_{min} = 18V$
3. КПД = 85%
4. $A_e = 31 * 10^{-6} M^2$
5. $l_e = 0.047 mm$
6. $B_{max} = 0.2 Tл$
7. $f = 375 кГц$
8. $D_{max} = 0.45$ - коэффициент заполнения
9. $P_{out} = 10 Вт$
10. V_{diod} (падение диодов mosfet) = 0.5V
11. $V_{out} = 6.5-8.5V$

Расчет сердечника

1) Расчет первичной обмотки

$$N_{input} = \frac{V_{max} * D_{max}}{2 * f * B_{max} * A_e} = \frac{36 * 0.45}{2 * 375000 * 0.2 * 31 * 10^{-6}} = 3.48 \text{ витка} = 4 \text{ витка}$$

4 витка - это расчет первичной полуобмотки, всего таких полуобмоток будет 2.

2) Проверка на перенасыщение сердечника

$$B_{perenas} = \frac{V_{max} * D_{max}}{2 * f * N_{primin} * A_e} = \frac{36 * 0.45}{2 * 375000 * 4 * 10^{-6}} = 0.174 Tл$$

$0.174 < 0.2 Tл$ значит перенасыщения сердечника не будет.

Рисунок 1 – Модуль шим для точного управления транзисторами

Данный модуль нужен для того чтобы управлять частоту открытия и закрытия транзисторов,здесь основную роль выполняет UCC38086 или другая микросхема из той же серии UCC38084.

2) Модуль питания ШИМ(Рис 2):

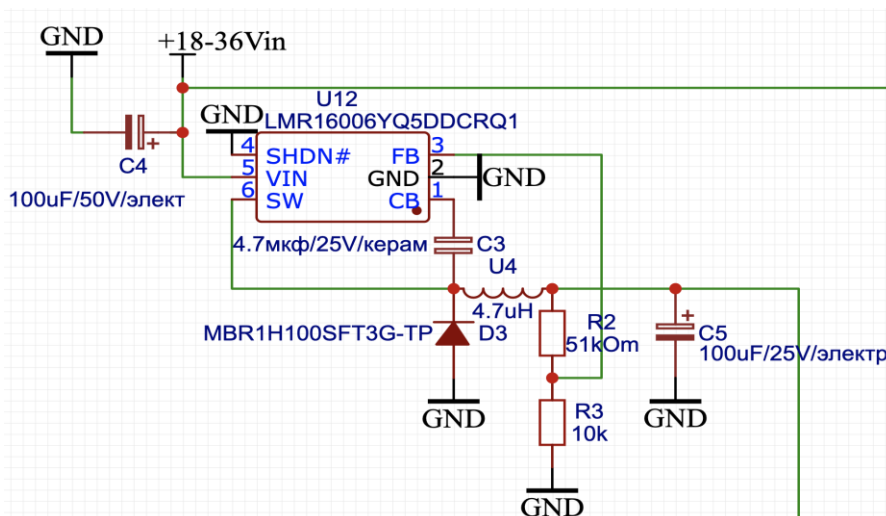


Рисунок 2 – Модуль питания ШИМ

Так как у нас на входе идет не постоянное напряжение а напряжение в диапазоне 18-36 В а ШИМ требует до 5 вольт то в качестве питания был выбран другой источник питания импульсный и основан он на LMR16006 с характеристиками на входе 4-60 вольт что позволяет питать ШИМ без опасение перегрева микросхемы или пробоя.

3) Модуль обратной связи(Рис 3):

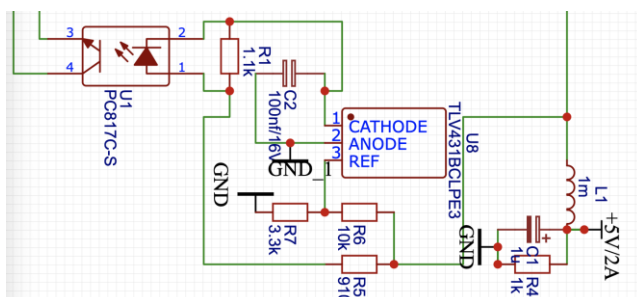


Рисунок 3 – Модуль обратной связи

Модуль обратной связи - нужен для корректной работы модуля шим и того чтобы при скачках напряжения не происходили изменения на выходе,основным компонентом в этом модуле является - TLV431, в целях сохранения изолированности цепей информацию на UCC38086 подается через оптопару.

4)Трансформатор и силовые детальки(Рис 4):

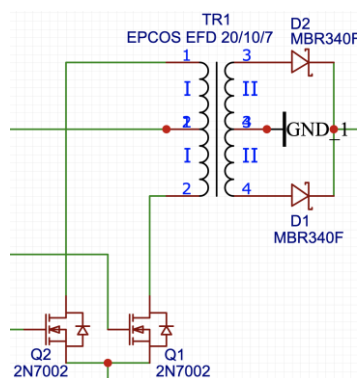


Рисунок 4 – Трансформатор

Данная секция - силовая часть всего преобразователя, именно здесь происходит основная трансформация тока, объединяется 2 изолированные цепи. Было решено разделить обмотки на 2 равные между собой части так как того требует топология.

Конкурентный анализ

1) VDRI10B052 - Универсальные изолированные импульсные DC/DC преобразователи повышенной надежности с увеличенным ресурсом эксплуатации для использования в аппаратуре промышленного назначения.

Ключевые характеристики VDRI10B052:

1. Защита от КЗ и перенапряжения
2. Дистанционное ВКЛ/ВЫКЛ
3. Выходное КПД 92%(при $U_{\text{вых}} = 12 \text{ В}$)

2) МДМ30-1Е09ТУБ - Унифицированные DC/DC преобразователи мощностью 30 Вт с ультра широким диапазоном входной сети 8-80 В для постоянной работы и улучшенными массогабаритными показателями. Предназначены для эксплуатации в бортовой аппаратуре.

Ключевые характеристики МДМ30-1Е09ТУБ:

1. Диапазон рабочих температур: от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$
2. Диапазон входного напряжения: 8-80 В
3. Единый стандарт и формфактор

3) TEN 20-2411WIR - высокопроизводительный изолированный DC/DC преобразователь мощностью 20 Вт от компании Traco Power, специально разработанный для применения в железнодорожной отрасли и транспортных системах

Ключевые характеристики МДМ30-1Е09ТУБ:

1. Включает защиту от короткого замыкания (SCP), перенапряжения (OVP), перегрузки (OPP) и блокировку при недостаточном входном напряжении (UVLO)
2. Выходное КПД 88%
3. Является эталонным DC/DC источником питания

Результаты работы:

На данный момент готовы расчеты для модуля, модули которые были описаны пока что только схематично но , готово объединение этих модулей в один полноценный источник питания.

Дальнейшее развитие проекта:

1. Доделать источник питания и подготовить промышленный образец
2. Внедрить дистанционное управление
3. Внедрить диммирование
4. Создать документацию и запатентовать

Список литературы:

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с URL: https://www.elec.ru/files/2019/08/30/Силовая_электроника_от_простого_к_сложному.PDF (дата обращения: 01.03.2026)
2. Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – 272 с URL; <https://www.elec.ru/library/nauchnaya-i-tehnicheskaya-literatura/impulsnye-istochniki-pitaniya.PDF> (дата обращения: 01.03.2026).
3. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование.: Пер. с англ. – К.: "МК-Пресс", 2007. – 288 с.

Информация об авторах:

Лехнер Даниил Евгеньевич, студент гр. НЭб-251, КузГТУ, г. Кемерово, 650000, ул. Весенняя, д. 28, lekhnerd2000@gmail.com

Григорьев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, gav.eav@kuzstu.ru