

КОНТРОЛЛЕР ЗАРЯДА НА БАЗЕ ДВУХФАЗНОГО ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Харуцкий Иван Юрьевич

студент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, РФ,
г. Томск

Хан Олег Денисович

студент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, РФ,
г. Томск

В современном мире, где растет спрос на эффективные и компактные решения для управления зарядкой аккумуляторов, двухфазные повышающие преобразователи становятся все более популярными. Они находят применение в различных устройствах, от портативной электроники до электромобилей. В этой статье мы подробно рассмотрим, как работает контроллер заряда на основе двухфазного повышающего преобразователя, его преимущества и ключевые аспекты проектирования.

Что такое двухфазный повышающий преобразователь?

Двухфазный повышающий преобразователь (boost converter) — это схема преобразования постоянного тока (DC-DC), которая увеличивает входное напряжение до более высокого уровня на выходе. В отличие от однофазных схем, двухфазный подход использует две параллельные цепи с чередующимися фазами работы. Это позволяет распределить нагрузку между двумя фазами, что снижает пульсации тока и улучшает общую эффективность системы.

Основные элементы такого преобразователя включают:

1. Индуктивности (катушки индуктивности) — для накопления энергии.
2. Выключатели (MOSFET или GaN-транзисторы) — для управления током через индуктивность.
3. Диоды или синхронные выпрямители — для предотвращения обратного тока.
4. Конденсаторы — для сглаживания выходного напряжения.

Принцип работы контроллера заряда

Контроллер заряда на базе двухфазного повышающего преобразователя управляет процессом зарядки аккумулятора путем регулирования выходного напряжения и тока. Его работа основана на следующих этапах:

1. Накопление энергии в индуктивностях:
 - Когда транзистор одной из фаз включается, ток начинает протекать через индуктивность, создавая магнитное поле и запасая энергию.
 - Вторая фаза в этот момент находится в состоянии размыкания (выключена), что позволяет снизить пульсации входного тока.
2. Передача энергии на выход:

- Когда транзистор выключается, энергия из индуктивности передается через диод или синхронный выпрямитель к нагрузке (аккумулятору).
- Две фазы работают с временным сдвигом 180° , что обеспечивает постоянную передачу энергии и минимизирует пульсации выходного напряжения.

3. Регулирование параметров зарядки:

- Контроллер измеряет параметры аккумулятора (напряжение, ток) и динамически регулирует ширину импульсов (PWM) для поддержания оптимального режима зарядки.
- Например, при достижении максимального напряжения аккумулятора контроллер может переключиться в режим ограничения тока или полностью прекратить зарядку.

Преимущества двухфазной архитектуры

Использование двухфазной схемы дает множество преимуществ по сравнению с традиционными однофазными решениями:

1. Снижение пульсаций тока:

- Благодаря чередованию фаз суммарный ток на входе и выходе становится более плавным.
- Это уменьшает нагрузку на входные конденсаторы и снижает электромагнитные помехи (EMI).

2. Увеличение эффективности:

- Распределение нагрузки между двумя фазами снижает тепловые потери в компонентах.
- Современные компоненты, такие как GaN-транзисторы, еще больше повышают эффективность за счет меньших потерь при переключении.

3. Компактность конструкции:

- За счет снижения требований к отдельным компонентам (например, меньшие размеры катушек индуктивности) можно уменьшить общий размер устройства.

4. Гибкость масштабирования мощности:

- Двухфазная архитектура легко масштабируется для работы с более высокими мощностями путем добавления дополнительных фаз.

Ключевые аспекты проектирования

При разработке контроллера заряда на основе двухфазного повышающего преобразователя необходимо учитывать следующие моменты:

1. Выбор компонентов: Индуктивности должны быть рассчитаны таким образом, чтобы выдерживать максимальный ток без насыщения. Транзисторы должны иметь низкое сопротивление открытого канала ($R_{ds(on)}$) для минимизации тепловых потерь.
2. Синхронизация фаз: Для обеспечения равномерной работы обеих фаз требуется точная синхронизация сигналов управления транзисторами.
3. Тепловое управление: Распределение тепла между компонентами важно для предотвращения перегрева системы. Использование радиаторов или активного охлаждения может быть необходимым при работе с высокими мощностями.
4. Алгоритмы управления зарядкой: Контроллер должен поддерживать различные режимы зарядки аккумуляторов (например, CC/CV — постоянный ток/постоянное напряжение). Необходимо учитывать специфику используемых аккумуляторов (литий-ионные, свинцово-кислотные и др.).
5. Электромагнитная совместимость (ЕМС): Минимизация EMI достигается правильным выбором частоты переключения и использованием фильтров.

Такие контроллеры находят применение во многих областях: зарядка литий-ионных батарей в портативной электронике, электромобили и гибридные транспортные средства, системы резервного питания (UPS), промышленные источники питания высокой мощности.

Заключение

Контроллеры заряда на базе двухфазных повышающих преобразователей представляют собой современное решение для эффективной зарядки аккумуляторов различных типов. Их преимущества включают снижение пульсаций тока, повышение эффективности системы и возможность масштабирования мощности при сохранении компактных размеров устройства. Однако успешное внедрение таких систем требует тщательного выбора компонентов и продуманной схемотехники.

Список литературы:

1. "Микроконтроллеры и их применение" - учебное пособие, описывающее основы работы с микроконтроллерами, включая NE555 (Print) - [Электронный ресурс] - Режим доступа. -URL: https://fido.ganjanetwork.ru/pub/fileecho/957SHEMA/REJ24_D_.PDF (Дата обращения 13.12.2024).
2. Analog Devices повышающие регуляторы - [Электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: <https://www.analog.com/en/product-category/step-up-boost-regulators.html> (Дата обращения 13.12.2024).
3. Двухфазный повышающий конвертер как звено системы автоматического управления - [Электронный ресурс] - Режим доступа. -URL: https://power-e.ru/power_supply/dvuhfaznye-konvertery/ (Дата обращения 14.12.2024).