

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Перевод с английского С.Ф. КОНЯХИНА

Под редакцией В.С. МОИНА
МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
1990

Рецензент А. Поликарпов

P.P.K. Ghetty. Switch-mode power supply design. TAB Books Inc., 1986

Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания: Пер. с англ. — Москва, издательство Энергоатомиздат, 1990. — 240 с.

Последовательно изложены вопросы проектирования мощных ключевых источников электропитания. В книгу вошли главы, посвященные моделям, анализу, проектированию (включая машинное проектирование), примерам практических проектов мощных источников питания, вопросам надежности, проектированию и разработке импульсных источников питания. В основу проектирования таких источников положен метод инжекционного тока, предложенный автором и доведенный до практического применения.

Для инженерно-технических работников, занятых в области проектирования мощных полупроводниковых источников питания.

Компания "Тороид" производит импульсные источники питания DC/DC или AC/DC с различными параметрами по выходному напряжению, степени защиты корпуса (и в бескорпусном исполнении). Также делаем источники питания с выходом на разъемы по Вашим требованиям.

ОГЛАВЛЕНИЕ книги Проектирование ключевых источников электропитания

Предисловие

Введение

Глава 1. Основные особенности источников электропитания ключевого типа

1.1. Источники электропитания ключевого типа

1.1.1. Введение

1.1.2. Определения

1.1.3. Классификация систем электропитания

Глава 2. Моделирование и анализ

2.1. Применение метода эквивалентной схемы с инъекцией тока для моделирования ключевых источников питания постоянного напряжения

2.1.1. Введение

2.1.2. Метод эквивалентной схемы с инъекцией тока (МЭСИТ)

2.1.3. Моделирование повышающего преобразователя

2.1.4. Моделирование преобразователей понижающего и инвертирующего типов

2.1.5. Сравнение

2.1.6. Заключение

Список литературы

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.2. Метод эквивалентной схемы с инъекцией тока для моделирования ключевых преобразователей постоянного напряжения в режиме прерывистого тока дросселя

2.2.1. Введение

2.2.2. Метод эквивалентной схемы с инъекцией тока (МЭСИТ)

2.2.3. Моделирование повышающего преобразователя

2.2.4. Моделирование понижающего и инвертирующего преобразователей

2.2.5. Заключение

Приложение

Список литературы

2.3. Метод эквивалентной схемы с инъекцией тока для моделирования ключевых преобразователей постоянного напряжения с заданным током

2.3.1. Введение

2.3.2. Метод эквивалентной схемы с инъекцией тока (МЭСИТ)

2.3.3. Нестабильность преобразователей с заданным током

2.3.4. Моделирование повышающего преобразователя

2.3.5. Понижающий и инвертирующий преобразователи

2.3.6. Моделирование стабилизированного повышающего преобразователя с заданным током

2.3.7. Физическое объяснение

2.3.8. Моделирование стабилизированных понижающего и инвертирующего преобразователей с заданным током

2.3.9. Заключение

Список литературы

2.4. Метод эквивалентной схемы с инъекцией тока для моделирования и анализа ключевых преобразователей постоянного напряжения с заданным током, работающих в режиме прерывистого тока дросселя

2.4.1. Введение

2.4.2. Описание метода

2.4.3. Моделирование повышающего преобразователя

2.4.4. Повышающий и инвертирующий преобразователи

2.4.5. Заключение

Список литературы

2.5. Моделирование и анализ преобразователя Кука методом эквивалентной схемы с инъекцией тока

2.5.1. Введение

2.5.2. Описание метода

2.5.3. Моделирование преобразователя Кука

Список литературы

Глава 3. Расчет и измерения

3.1. Моделирование и расчет ключевых стабилизаторов

3.1.1. Введение

3.1.2. Ключевые стабилизаторы

3.1.3. Моделирование

3.1.4. Критерии стабильности

Список литературы

3.2. Метод замкнутого контура как способ испытания ключевых преобразователей

3.2.1. Три топологии преобразователей

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.2.2. Метод разомкнутого контура

3.2.3. Спектральный анализатор

3.2.4. Магнитная инъекция

3.2.5. Экономия времени

Приложение. Моделирование источников электропитания, работающих в ключевом режиме

Список литературы

3.3. Измерение амплитудно-частотных характеристик и коэффициента усиления по петле обратной связи ключевых стабилизаторов

3.3.1. Введение

3.3.2. Моделирование ключевых преобразователей постоянного напряжения

3.3.3. Моделирование понижающего, повышающего и инвертирующего преобразователей

3.3.4. Экспериментальное определение амплитудно-частотных характеристик

3.3.5. Необходимость в узкополосном следящем вольтметре

3.3.6. Определение амплитудно-частотной характеристики методом разомкнутого контура

3.3.7. Определение амплитудно-частотных характеристик методом замкнутого контура

3.3.8. Выбор точки "инъекции"

3.3.9. Определение коэффициента усиления и угла сдвига фазы по петле обратной связи

3.3.10. Измерительная установка 1

3.3.11. Измерительная установка 2

3.3.12. Определение передаточных функций

Список литературы

Глава 4. Автоматизированное проектирование

4.1. Пакет прикладных программ SPICE-2 для автоматизированного проектирования ключевых стабилизаторов

4.1.1. Введение

4.1.2. Моделирование

4.1.3. Результаты

Список литературы

Глава 5. Примеры практических разработок

5.1. Автономный ключевой стабилизатор мощностью 2,8 кВт с двухтактным ШИМ-преобразователем постоянного напряжения

5.1.1. Введение

5.1.2. Описание стабилизатора

5.1.3. Расчет автономного ключевого стабилизатора

5.1.4. Выбор элементов

5.1.5. Коррекция

Список литературы

5.2. Стабилизатор параллельного типа с микропроцессорным управлением

5.2.1. Введение

5.2.2. Цифровой стабилизатор параллельного типа (ЦПС)

5.2.3. Имитатор солнечной батареи

5.2.4. Линейный параллельный стабилизатор

5.2.5. Компараторы тока

5.2.6. Синхронизация

5.2.7. Микропроцессорный контроллер

5.2.8. Система в целом

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.2.9. Экспериментальные данные

5.2.10. Расширение системы

Список литературы

5.3. Многофазная работа самовозбуждающихся ключевых стабилизаторов

5.3.1. Принцип работы

5.3.2. Фазосдвигающая цепь

5.3.3. Пример практической реализации

5.3.4. Результаты исследований

Список литературы

5.4. Преобразователи постоянного напряжения с высоким КПД

5.4.1. Введение

5.4.2. Преобразователь

5.4.3. Анализ схемы преобразователя

5.4.4. Практическая реализация

5.4.5. Результаты исследований

5.4.6. Пропорциональное управление силовым транзистором

Список литературы

5.5. Источники электропитания линейного типа

5.5.1. Введение

5.5.2. Описание управляющей микросхемы

5.5.3. Пример практической реализации

Список литературы

5.6. Совершенствование источников электропитания

5.6.1. Введение

5.6.2. Практический пример 1

5.6.3. Практический пример 2

Список литературы

Глава 6. Интегральные микросхемы в ключевых источниках электропитания

6.1. Микросхемы управления ключевыми источниками электропитания

6.1.1. Введение

6.1.2. Управляющие микросхемы

6.1.3. Микросхемы управления силовыми транзисторами

6.1.4. Микросхемы для защиты, контроля и др

Список литературы

6.2. Применение интегральных таймеров для управления источниками электропитания ключевого типа

6.2.1. Введение

6.2.2. Описание интегрального таймера

6.2.3. Таймер как контроллер ключевого стабилизатора

6.2.4. Пример 1

6.2.5. Пример 2

6.2.6. Пример 3

Глава 7. Системы электроснабжения космических летательных аппаратов

7.1. Системы электроснабжения космических летательных аппаратов

7.1.1. Введение

7.1.2. Источники энергии

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

7.1.3. Системы управления и преобразования энергии

7.1.4. Вопросы разработки

Список литературы

7.2. Усовершенствованный блок преобразования мощности для систем электроснабжения со стабилизированной шиной

7.2.1. Введение

7.2.2. Работа усовершенствованного блока преобразования мощности

7.2.3. Система в целом

7.2.4. Схема контроля потока мощности

7.2.5. Расчетные параметры

Список литературы

Глава 8. Надежность

8.1. Обеспечение надежности

8.1.1. Введение

8.1.2. Обеспечение надежности схем

8.1.3. Надежность разработки

8.1.4. Надежность элементов

8.1.5. Надежность производства

Список литературы

8.2. Надежность и резервирование

8.2.1. Введение

8.2.2. Методы резервирования

8.2.3. Оптимизация

8.2.4. Детектор отказа

Список литературы

8.3. Надежность и анализ отказов и аварийных режимов

8.3.1. Введение

8.3.2. Система электроснабжения космического летательного аппарата

8.3.3. Расчет надежности регулятора заряда

8.3.4. Анализ отказов и аварийных режимов (АОАР)

Список литературы

Предметный указатель

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 1960 г. появились высоконадежные эффективные и легкие системы электроснабжения космических аппаратов. В условиях жесткого ограничения потребления энергии на борту космического аппарата были разработаны новые методы преобразования электроэнергии. Это открыло эру современной силовой электроники. Сегодня ограничения по мощности потребления становятся основным условием в обычном проектировании электротехнических устройств.

Силовая электроника базируется на ключевых режимах преобразования энергии и связана с современными проблемами анализа проектирования и синтеза электронных цепей, обеспечивающих эффективное преобразование, управление и регулирование электрической энергии.

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Одним из направлений силовой электроники является проектирование и оптимизация преобразователей постоянного напряжения, которые должны обладать высоким КПД, малыми размерами, массой и другими высокими показателями.

Эти преобразователи постоянного напряжения с разделительными трансформаторами могут иметь несколько выходов с напряжениями различных уровней и полярностей. Стабилизированный источник питания такого типа широко применяется, особенно в вычислительных системах, для которых требуется низковольтный и сильноточный источник с малыми пульсациями выходного напряжения и хорошим качеством переходных процессов. Кроме того, такие преобразователи, соединенные особым образом, позволяют получить мощные ключевые усилители переменного тока с достаточно широкой полосой частот и высоким КПД.

Примерами источников электропитания ключевого типа являются коммутаторы линий электроснабжения, одноканальные и многоканальные источники питания на основе преобразователей постоянного напряжения, обратимые преобразователи (для заряда и разряда батарей), инверторы, агрегаты бесперебойного электропитания переменного тока, мощное сервоуправление, роботы, ключевые усилители низкой частоты и т.д.

Ключевые источники электропитания получили широкое распространение в последнее десятилетие. Существенной особенностью эффективного преобразования энергии является применение полупроводниковых приборов в ключевом режиме (для достижения малых потерь) с использованием для передачи энергии от источника к нагрузке широтно-импульсной модуляции или резонансной техники. Для сглаживания процессов передачи энергии при малых потерях мощности в ключевых преобразователях используются индуктивные и емкостные элементы.

При повышении частоты коммутации размеры магнитных и емкостных элементов уменьшаются прямо пропорционально возрастанию частоты коммутации. Благодаря лучшим показателям (высокому КПД, малым размерам и массе, относительно небольшой стоимости) ключевые источники электропитания вытесняют обычные источники электропитания линейного типа.

Моделирование, анализ и расчет этих ключевых преобразователей постоянного напряжения широко известны, и существует мнение, что точный расчет позволяет в промышленности использовать простейшую из возможных топологий построения преобразователей постоянного напряжения. Быстрое развитие техники сохранения энергии в промышленности способствует резкому уменьшению габаритов и массы оборудования. Поэтому потребительское и промышленное применение ключевых источников быстро расширяется.

Среди различных методов, развивающих моделирование и анализ ключевых преобразователей постоянного напряжения, следует выделить метод эквивалентной схемы с инъекцией тока и метод установившихся средних значений, которые используются для создания линеаризованной модели, корректно отражающей нелинейные свойства преобразователя как в статике, так и в динамике для малого сигнала низкой частоты и важнейшие параметры передаточных характеристик между входом и выходом.

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Данные модели позволяют выбрать лучший преобразователь для конкретной задачи и оптимизировать контур обратной связи стабилизатора, содержащего такой преобразователь.

Кроме того, эти модели позволяют спроектировать ключевой стабилизатор, устойчиво работающий в широкой полосе частот с высоким быстродействием и хорошей стабильностью за счет того, что при проектировании могут использоваться стандартные методы анализа цепей с применением теории линейных систем автоматического регулирования для расчета систем управления с обратной связью. Однако практически эти модели и расчеты могут быть получены только путем измерения частотной характеристики системы для точного определения коэффициента усиления и отставания по фазе цепи обратной связи. Таким образом, в расчете систем с обратной связью необходимо либо измерять коэффициент усиления обратной связи в функции частоты, чтобы в соответствии с аналитическим расчетом гарантировать работу системы, либо корректировать аналитические предположения путем измерения реальной цепи обратной связи.

Таким образом, ключевым источникам питания уделено большое внимание вследствие их высоких показателей, и я намерен изложить все мои работы по силовой электронике (часть из которых опубликована в трудах конференций и журналах), с тем чтобы специалисты могли оценить результаты моих трудов.

Итак, эта книга посвящена детальному рассмотрению силовой электроники.

П. Четти

[Скачать книгу](#) Четти П. **Проектирование ключевых источников электропитания.**
Москва, Издательство Энергоатомиздат, 1990