

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАНСНОГО
LLC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Кружков К.К. (Государственный Университет «Дубна»)

Научный руководитель – кандидат технических наук Третьяков А.В.

(Государственный Университет «Дубна»)

Введение. В работе рассматривается актуальная задача разработки методики расчета резонансного контура LLC-преобразователя, который широко применяется в современных источниках питания благодаря своей высокой эффективности и способности обеспечивать мягкую коммутацию ключевых элементов. Преобразователь состоит из двух индуктивностей (LL) и емкости (C). Основное внимание уделено вопросам развития методики проектирования резонансного контура, включая выбор параметров индуктивностей и емкости, а также анализ их влияния на частотные характеристики преобразователя. Особое внимание уделено практическим аспектам проектирования, включая минимизацию потерь в магнитопроводах индуктивных элементов, обеспечение стабильности работы при изменении нагрузки и методов управления.

Основная часть. Предлагаемая методика представляет собой комплексный подход к проектированию и оптимизации резонансного DC-DC преобразователя и состоит из перечисленных ниже основных компонентов.

- 1) *Расчёт и проектирование резонансных цепей*, с использованием автоматизированной модели.
- 2) *Моделирование и анализ работы преобразователя.* Осуществляется моделирование входного трёхфазного выпрямителя и резонансного преобразователя в номинальных и предельных режимах работы. Это позволяет получать точные значения входного напряжения, частоты переключения транзисторов и токов в резонансных индуктивностях, оценивать поведение преобразователя в экстремальных условиях.
- 3) *Оптимизация параметров резонансного контура.* Компонент предусматривает итерационный подход к выбору резонансной частоты и других параметров резонансного контура. Это позволяет получить самые оптимальные параметры.
- 4) *Расчёт и минимизация потерь.* Осуществляется анализ мощности потерь в магнитопроводах и силовых элементах преобразователя. Это позволяет оценить КПД преобразователя и определить вклад каждого типа элементов в общие потери.
- 5) *Выбор элементов и материалов.* Компонент предоставляет основные параметры контура, на основе которых осуществляется выбор силовых элементов и материалов магнитопроводов на основе расчётов и моделирования. Это обеспечивает оптимальное сочетание характеристик и надёжности преобразователя.
- 6) *Сравнение и анализ результатов.* Сравнение КПД и потерь по классической методике и по результатам моделирования. Это позволяет сделать выводы об эффективности предложенного подхода и его преимуществах.

Выводы. Предложенная методика позволяет оптимизировать работу LLC-преобразователя в широком диапазоне нагрузок, а также входного и выходного напряжений, что особенно важно для устройств с переменными режимами эксплуатации. Сочетает в себе теоретические расчёты, моделирование и практическую оптимизацию, что позволяет создавать высокоэффективные и надёжные устройства. Ключевые преимущества методики — итерационный подход, учёт потерь, возможность сравнения с классическими методами и учёт предельных режимов работы.

Методика может быть использована при создании энергоэффективных и компактных источников питания для различных отраслей, включая промышленную автоматизацию, телекоммуникационные системы и возобновляемую энергетику.

Список использованных источников:

1. Методы исследования резонансных преобразователей / Г.А. Белов, Г.В. Малинин // Вестник чувашского университета. - 2024, №4, с. 14–35.
2. Осипов А.В. Энергетически эффективные регулируемые резонансные преобразователи последовательных и последовательно-параллельных топологий. Диссертация, Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2022. - 328 с.
3. Разработка резонансного полумостового LLC-преобразователя / Хонг Хуанг // Электронный ресурс / URL: valvolodin.narod.ru/articles/slup263_ru.pdf / Дата обращения 08.02.2025.
4. Methodologies for the design of LCC voltage-output resonant converters / M. Foster, H.I. Sewell, C. Bingham, D.A. Stone // IEE Proceedings - Electric Power Applications, August 06: 153(4), p. 559 – 567.
5. Performance Measure of LCC Resonant Converter for High Voltage Power Supply / Bhuvanewari C, Samuel Rajesh Babu. R // International Journal of Recent Technology and Engineering, Volume-8 Issue-3, September 2019. p. 8897- 8900.