

УДК 621.314

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Снежинская Е.С., студент гр. ЭМЖм-1-23, I курс
Научный руководитель: Литвиненко Р.С., к.т.н., доцент
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань

В условиях динамичного развития электротехники постоянное стремление к эффективности, портативности и экономичности способствует развитию силовой электроники. С развитием полупроводниковой промышленности высокочастотная составляющая стала основным направлением применения современной силовой электроники. Однако этот прогресс сопряжен с проблемами, в частности с возросшей нагрузкой на коммутационные устройства и повышенными потерями при переключении из-за уменьшения размеров пассивных элементов электрической цепи, таких как катушки индуктивности и конденсаторы. В этой статье рассматривается принцип работы резонансных преобразователей, и их роль в решении проблем высокочастотной силовой электроники.

В основе резонансных преобразователей лежит использование явления резонанса в LC-цепях. В этих преобразователях используется переключатель или мост, подключенный последовательно к источнику питания постоянного тока, что позволяет осуществлять управляемое включение-выключение на желаемых частотах для генерации прямоугольных сигналов на входе в LC-цепь (рис. 1). Результирующий синусоидальный выходной сигнал подвергается преобразованию в зависимости от величины напряжения, выпрямления и фильтрации перед подачей на нагрузку [1]. Эта отличительная операционная модель позволяет снизить потери при переключении за счет применения методов плавного переключения, таких как переключение по нулевому напряжению и переключение по нулевому току. Синхронизируя работу переключателя с пересечением нуля по напряжению или току, резонансные преобразователи минимизируют нагрузку на элементы, тем самым повышая эффективность и надежность [2].

Резонансные преобразователи используют явление резонанса для достижения конкретных эксплуатационных целей. Эти преобразователи работают на основе механического или акустического резонанса, аналогичного электрическому резонансу, наблюдаемому в LC-цепях. Фундаментальный принцип основан на способности определенных материалов или конструкций вибрировать на определенных частотах с максимальной амплитудой, известной как резонансная частота. Пьезоэлектрические материалы, такие как кварц или цирконат-титанат свинца, обладают способностью преобразовывать электрическую энергию в механические колебания и наоборот [3]. При

воздействии переменного электрического сигнала на резонансной частоте или вблизи нее эти материалы подвергаются механической деформации, приводящей к генерации акустических волн или вибраций. И наоборот, механические колебания, воздействующие на пьезоэлектрический материал, индуцируют электрический сигнал благодаря пьезоэлектрическому эффекту. При работе преобразователя на его резонансной частоте может быть достигнута максимальная эффективность передачи энергии, что приводит к оптимальной производительности [4].

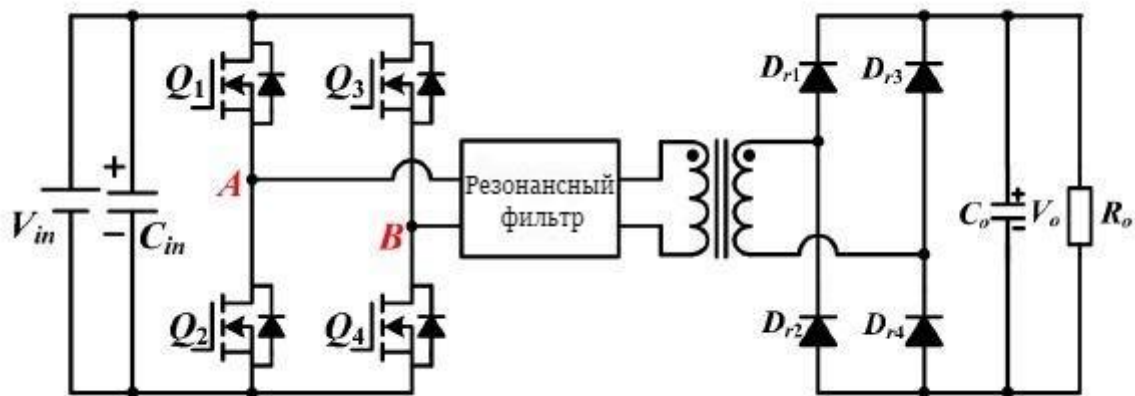


Рис. 1. Схема резонансного преобразователя постоянного тока

Резонансные преобразователи обладают множеством преимуществ, которые делают их незаменимыми в современной силовой электронике:

1. Благодаря внедрению методов плавного переключения резонансные преобразователи значительно снижают потери при переключении, что приводит к повышению эффективности по сравнению с традиционными преобразователями.

2. Использование высокочастотного режима работы позволяет уменьшить размеры пассивных компонентов, таких как катушки индуктивности и конденсаторы, в результате чего получаются компактные и занимающие мало места конструкции преобразователей.

3. Уменьшенный размер элементов приводит к снижению материальных затрат, что способствует общей доступности систем резонансных преобразователей.

4. Обработка синусоидального сигнала, присущая резонансным преобразователям, приводит к минимальным гармоническим искажениям, уменьшая проблемы с радиочастотными помехами и электромагнитной совместимостью.

Несмотря на свои многочисленные преимущества, резонансные преобразователи сталкиваются с ограничениями, особенно с точки зрения номинальной мощности. Однако продолжающиеся исследования и разработки направлены на изучение новых подходов для преодоления этих ограничений,

включая передовые технологии в разработке конденсаторов и инновационные конструкции емкостных фильтров. Кроме того, интеграция резонансных преобразователей с новыми технологиями, такими как полупроводники с широкой запрещенной зоной, предполагает дальнейшее повышение производительности и расширение их применения в различных областях.

В области силовой электроники резонансные преобразователи являются решением проблем, связанных с работой на высоких частотах. Их принцип работы в сочетании с множеством преимуществ, делают их незаменимыми в широком спектре применений, начиная от импульсных источников питания и заканчивая системами возобновляемых источников энергии.

Список литературы:

1. Вавилов О. А., Юркевич В. Д., Коробков Д. В. Методика синтеза резонансного регулятора на основе метода разделения движений для инвертора напряжения //Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2023. – №. 63. – С. 4-15.
2. Методика определения интегрального показателя надежности разрабатываемой электротехнической системы / Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев, Б. И. Сафиуллин и др. // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 1(50). – С. 50-57.
3. Татуйко П. С., Федяева Г. А., Беззубенко А. И. Исследование резонансных преобразователей напряжения //САПР и моделирование в современной электронике. – 2020. – С. 196-199.
4. Баран С. А., Сметанкин Г. П. Полномостовой преобразователь с мягкой коммутацией во всем диапазоне нагрузки //Глобальная ядерная безопасность. – 2020. – №. 1 (34). – С. 56-61.