

*Меньшенин Иван Сергеевич
студент 4 курса
мореходный факультет
Камчатский государственный технический университет
Россия, г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: i.menshenin@bk.ru*

*Труднев Сергей Юрьевич
студент 4 курса
мореходный факультет
Камчатский государственный технический университет
Россия, г. Петропавловск-Камчатский*

РЕЗОНАНСНЫЙ ИЗОЛИРОВАННЫЙ ИНВЕРТОР ДЛЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

***Аннотация:** В данной работе представлен проект резонансного изолированного силового инвертора для зарядных станций электротранспорта, особенностью которого являются повышенный КПД, высокая надежность и высокий коэффициент потребляемой мощности, а также оптимальный режим работы силовых ключей. Указанные особенности достигаются за счет внедрения в инверторную технику нескольких новых способов управления силовыми ключами и последовательным контуром, а именно благодаря совмещению модуляции плотности импульсов в полностью резонансной автогенераторной схеме с совместной работой активного корректора коэффициента мощности.*

Представленный резонансный преобразователь напряжения может функционировать на той же силовой установке, что и у аналогов по мощности, с большей эффективностью, и из-за особенностей конструкции, на короткий промежуток времени работать в импульсном кратковременном режиме для силовых ключей и с большей эффективностью работать на низкоимпедансную нагрузку.

Ключевые слова: зарядные станции, инверторы, модуляция плотности импульсов, резонансный контур, корректор коэффициента мощности.

*Menshenin Ivan Sergeevich
4th year student
nautical faculty
Kamchatka State Technical University
Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky
e-mail: i.menshenin@bk.ru*

Trudnev Sergey Yurievich
4th year student
nautical faculty
Kamchatka State Technical University
Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky

RESONANCE ISOLATED INVERTER FOR ELECTRIC TRANSPORT CHARGING STATIONS

Abstract: *This paper presents a project of a resonant isolated power inverter for charging stations of electric transport, which features increased efficiency, high reliability and a high power consumption factor, as well as the optimal operating mode of power switches. These features are achieved by introducing several new ways to control power switches and a series circuit into inverter technology, namely, by combining pulse density modulation in a fully resonant self-oscillating circuit with the joint operation of an active power factor corrector.*

The presented resonant voltage converter can operate on the same power plant as its analogs in terms of power, with greater efficiency, and due to the design features, for a short period of time work in a pulsed short-time mode for power switches and work more efficiently at a low-impedance load.

Key words: charging stations, inverters, pulse density modulation, resonant circuit, power factor corrector.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, из-за активно растущего количества электротранспорта, возникает потребность в быстром и качественном заряде аккумуляторных батарей устройством с максимальным КПД и минимальной ценой [1]. Сейчас зарядные станции создаются на базе множеств топологий инверторов одной из самых многообещающих является топология LLC DC-DC инвертора, которая наиболее близка к рассматриваемому преобразователю. Но и она не полностью решена недостатков сопутствующих не автогенераторным резонансным схемам. Это переключение силовых ключей не в нуле тока и напряжения, дополнительный нагрев из-за потерь при коммутации, выходной сигнал такого преобразователя не является близким к синусоиде, что создает потери на выходном трансформаторе и выпрямительных диодах.

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Поэтому предлагается создать полностью автогенераторный LLC DC-DC преобразователь, устраняющий все вышеприведенные недостатки путем внедрения нового типа управления силовыми ключами и совместной работы с активным корректором коэффициента мощности [2]. Используемая резонансная коммутация повышает электромагнитную совместимость преобразователя между питающей сетью и нагрузкой, что особенно важно в зарядных станциях, так как за счет их большой мощности они могут создавать значительные проблемы для остальных устройств на линии энергоснабжения.

Предлагаемое техническое решение позволит использовать данный тип инвертора как преобразователь для работы на высоких мощностях с повышенным КПД, высокой надежностью, а также коэффициентом входной мощности стремящимся к единице, в сравнении со стандартными импульсными блоками питания со значениями лежащими около 0.6-0.7, что создает значительным искажения потребляемого сетевого тока [3].

СХЕМОТЕХНИКА КОНСТРУКЦИИ

Значительным отличием предложенного резонансного блока питания является использование вдвое меньшего числа силовых ключей для создания полной амплитуды питающего напряжения на входе выходного трансформатора, что существенно снижает потери в силовой части, а также значительно уменьшает как себестоимость инвертора, так и вероятность выхода из строя. Осуществляется это включением в стандартную полумостовую схему резонансного делителя напряжения, вместо полномостового включения транзисторов, то есть конденсаторы в таком делителе являются резонансными, то есть являются частью последовательного контура с первичной обмоткой выходного трансформатора и силового дросселя [4].

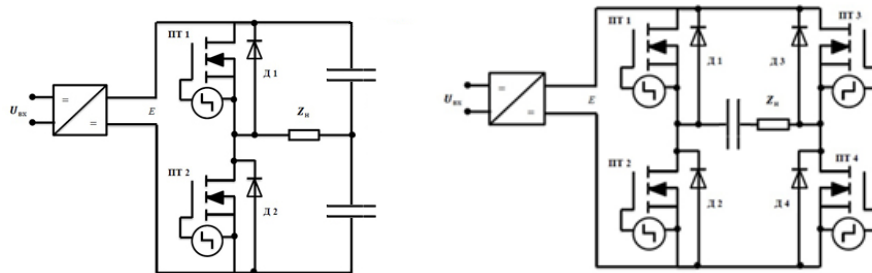


Рис.1. Принципиальная электрическая схема:

а) полумостового включения; б) полномостового включения

Главное отличие управления силовыми ключами от стандартных схем LLC типа это заключается в том, что для поддержания необходимых параметров контура будет использоваться коррекция выходного напряжения активного корректора коэффициента мощности, а также пропуск отдельных периодов накачки силового контура [5]. Поэтому данный преобразователь постоянно будет находиться в режиме автогенерации, переключая транзисторы в нуле тока и напряжения с минимальными тепловыми потерями на последних. Помимо прочего, данный резонансный блок питания не боится кратковременных перегрузок на выходе, так как силовые транзисторы в нем могут работать в импульсном кратковременном режиме, позволяющем использовать все возможности силовых транзисторов, в отличие от стандартных схем. Использование обратной связи как по нагрузке так и по параметрам силового контура позволяет свести вероятность выхода из строя близко к нулю. Из этого следует, что данный инвертор также является отличной зарядной станцией для силовых батарей суперконденсаторов, которые имеют начальное сопротивление близкое к нулевому.

ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В итоге получится резонансный LLC инвертор, развивающий на вдвое меньшей силовой установке, что и у других преобразователей, идентичную мощность, но с большим КПД как по входу так и по выходу, и с возможностью частых кратковременных перегрузок. С учетом специфики зарядных станций для

электротранспорта, мощность которых измеряется десятками киловатт, даже не столь большое повышение как входного, так и выходного КПД значительно уменьшает габариты устройства, увеличивает продолжительность работы, а также качество сетевого тока [7, 8].

Помимо прочего, данную конструкцию возможно применить в таких устройствах, как понижающие или повышающие инверторы для заряда больших батарей конденсаторов, аварийные системы питания, преобразователи для питания электромоторов постоянного тока повышенной мощности.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

После того как основные узлы будущей управляющей электроники прошли проверку на работоспособность в симуляторе и были рассчитаны компоненты, был построен силовой резонансный, автогенераторный преобразователь - как испытательный макет, работающий по принципу-LLC-преобразователя с импульсным кратковременным рабочим режимом. Силовая установка преобразователя была рассчитана на непрерывную работу от однофазной сети и максимальной потребляемой мощности до 7.5кВт [6]. Частота работы инвертора составляла 120кГц, что более чем в два раза превышает стандартные частоты преобразователей. Максимальный поддерживаемый ток в резонансном контуре, на тот момент еще полного моста, составлял 240А. Импульсный кратковременный ток, при наибольшей длительности импульса, доходил до 540А.



Рис.2. Исследовательский макет полумостовой установки

Исследовательский макет проходил испытания при длительности управляющего импульса до 175мкс, частота повторений данных импульсов симулирующих кратковременные перегрузки до 2кГц. При испытаниях на резонансную нагрузку контурный ток достигал 500А, а потребляемая мощность при этом составляла 4кВт. Осциллограммы переключений транзисторов и тока в контуре подтвердили, что их переключение происходит всегда в нуле тока, в независимости от изменений параметров нагрузки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Испытания силовая часть преобразователя прошла успешно. Была получена высокая выходная импульсная мощность на изменяющуюся резонансную нагрузку в оптимальном для силовых транзисторов режиме, со сравнительно небольшими потерями на нагрев.

Уже сейчас полностью составлена полная схема с точными наименованиями радиодеталей, произведены расчеты силового трансформатора, разработана схема контроля выходного напряжения и тока.

Удалось значительно уменьшить габариты, сравнительно макета, за счет использования специализированных деталей. Также благодаря переходу на четверную полумостовую с двумя резонансными конденсаторами, удалось

поднять максимально допустимый импульсный кратковременный ток, теперь он составляет 720А, для четырех транзисторов в каждом плече.

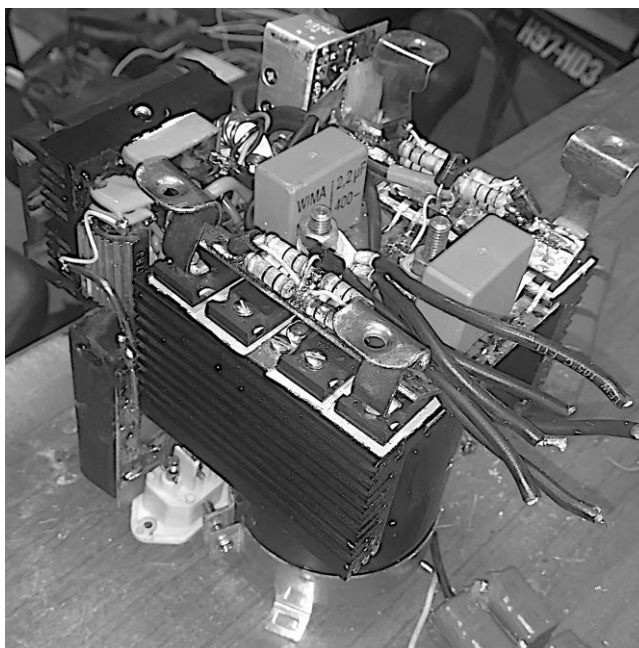


Рис.3. Вид инвертора на сегодняшний момент

На данный момент ведется тестирования новой управляющей электроники, изготовленной с целью максимального удешевления и теперь он отвечает всем требованиям, поставленным перед моим проектом инвертора, в отличии от ранее собранной системе на двух ПЛИС, параллельно ведется исследование всех режимов работы на разнообразную нагрузку.

Список литературы:

1. Володин В.Я. Создаем современные сварочные аппараты. М.: ДМК Пресс, 2011. 352 с.

2. Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоритические основы проектирования и руководство по практическому применению. М.: Изд-во «Додэка-XXXI», 2010. 272 с.

3. Кит Сукер Силовая электроника. Руководство разработчика. М.: Изд-во «Додэка-XXXI», 2010. 252 с.

4. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. М.: Техносфера, 2011. 584 с.
5. Стародубцев Ю.Н. Теория и расчет трансформаторов малой мощности. М.: ИП РадиоСофт, 2005. 320 с.
6. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. М.: Техносфера, 2007. 256 с.
7. Санджая Маниктала. Импульсные источники питания от А до Z. М.: Изд-во: Корона-Век, МК-Пресс, 2014. 256 с.
8. Пауль Хоровиц. Искусство схемотехники. М.: Изд-во: БИНОМ, 2014. 704 с.