

УДК 621. 314.1

DOI: 10.30987/conferencearticle\_5c19e6254a6692.24542378

П.С. Татуйко (г. Санкт-Петербург, ОАО «Авангард»)  
Г.А. Федяева (г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТА

*Приведены преимущества резонансных преобразователей напряжения, изложен принцип действия полумостового резонансного LLC преобразователя с последовательным резонансным контуром, а также указаны перспективы применения данного типа преобразователей в системах электрооборудования транспорта.*

*The article presents the advantages of resonant voltage converters, describes the principle of operation of a half-bridge resonant LLC converter with a series resonant circuit, and also indicates the prospects for using this type of converter in electrical transport systems.*

*Ключевые слова: преобразователь напряжения, резонансный контур, переключение при нулевом напряжении, электрооборудование транспорта*

*Keywords: voltage converter, resonant circuit, switching at zero voltage, electrical transport equipment*

Развитие современных электротехнических систем напрямую связано с улучшением качества электрической энергии и повышением эффективности её использования. Повышение КПД преобразователей напряжения позволяет добиваться приемлемых тепловых режимов работы наиболее нагруженных силовых компонентов, а также имеет положительный экономический эффект ввиду рационального использования электроэнергии.

Одним из способов повышения эффективности работы преобразователей напряжения является замена преобразователей, работающих с «жесткой» коммутацией силовых транзисторов, на резонансные преобразователи, реализующие

принцип «мягкого» переключения полупроводниковых элементов [1].

Наибольшее распространение при проектировании импульсных преобразователей напряжения малой и средней мощности получил полумостовой резонансный LLC преобразователь с последовательным резонансным контуром, представленный на рис. 1. Особенностью данной

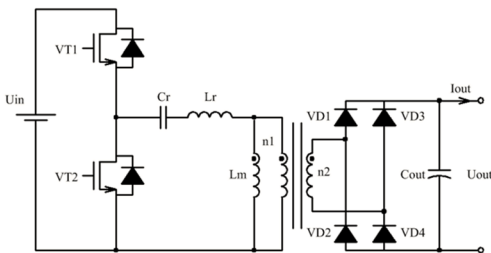


Рис. 1. Схема полумостового резонансного LLC преобразователя с последовательным резонансным контуром

топологии является резонансный принцип переключения транзисторов, при котором включение транзистора происходит при нулевом напряжении сток-исток, а выключение - при нулевом токе стока. Переключение при нулевом напряжении и нулевом токе способствует снижению динамических потерь, выделяемых на силовых ключах. Резонансный дроссель  $L_r$  и резонансный конденсатор  $C_r$  образуют последовательный резонансный контур, последовательно соединённый с нагрузкой. Резонансный контур и нагрузка работают как делитель напряжения. При коммутации силовых транзисторов импеданс резонансного контура меняется. Входное напряжение  $U_{in}$  делится между сопротивлением резонансного контура и сопротивлением нагрузки. При переключении транзисторов на частоте, равной резонансной частоте колебательного контура, значение импеданса последнего будет очень мало. Всё входное напряжение переходит в нагрузку. Таким образом, в преобразователе с последовательным резонансным контуром максимальное усиление происходит на резонансной частоте и, как следствие, наблюдается максимальная эффективность работы. Результаты компьютерного моделирования подтверждают высокую эффективность работы полумостовых резонансных LLC преобразователей с последовательным резонансным контуром [2].

В настоящее время во всём мире наблюдается повышенный интерес к развитию электромобилей [3] и совершенствованию системы бортового питания электрического городского общественного транспорта. Так, в троллейбусах для питания цепей управления применяется батарея аккумуляторов [4]. Для её заряда используется мотор-генератор и реле-регулятор. В качестве зарядного устройства для батареи аккумуляторов возможно применение источника питания с функцией стабилизации выходного тока, преобразующего входное напряжение (550 В) в напряжение, необходимое для заряда аккумуляторов. Также в настоящее время большое развитие получают электромобили, для заряда аккумуляторных батарей которых и осуществления питания бортовой сети необходим источник питания. Применение резонансных преобразователей позволит существенно повысить эффективность использования электрической энергии, снизить габаритные размеры зарядных устройств, а также влечёт за собой дополнительный положительный экономический и экологический эффект.

### Список литературы

1. *Татуйко, П.С.* Перспективы применения резонансных LLC-преобразователей при проектировании импульсных источников постоянного напряжения / П.С. Татуйко, А.И. Власов // Сборник докладов X и XI Научно-технических конференций молодых специалистов по радиоэлектронике. ОАО «Авангард» - СПб.: Изд. ООО «ЮПИ», 2018 – С.12-16.
2. *Татуйко, П.С.* Моделирование переходных процессов полумостового резонансного LLC преобразователя в Matlab Simulink / П.С. Татуйко, А.И. Власов // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. I Международной научно-практической конференции / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С.37–40.
3. *Карамян, О.Ю.* Электромобиль и перспективы его развития/ О.Ю. Карамян, К.А. Чебанов, Ж.А. Соловьёва // Фундаментальные исследования. – 2015. - № 12-4. – с. 693-696.
4. Силовая цепь и цепь управления троллейбуса «ЗИУ-9Б» / Электрооборудование троллейбуса [Электронный ресурс] – URL: <http://zav.ansya.ru/health/elektrooborudovanie-trolleybusa/pg-3.html> (дата обращения 12.10.2018 г.).

*Материал поступил в редколлегию 21.10.18.*