

Как видно из рис. 3, импульсы управления транзистором начинают выдаваться микросхемой и выходное напряжение начинает расти только со второго периода после того, пилообразное напряжение начнёт правильным образом формироваться.

В установившемся режиме (рис. 4) выходное напряжение равно 5 В. Процесс нарастания напряжения на выходном конденсаторе во время переходного процесса имеет экспоненциальный характер.

Список литературы

1. Чумаров, С.Г. Моделирование импульсных усилителей тока в среде Altium Designer // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы 13-й всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. – 2019. – С. 439-441.

2. Серебрянников, А.В. Моделирование двухтактного импульсного преобразователя на базе микросхемы UC1526 в среде Simulink // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике (ИТЭЭ-2014): материалы IX всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. – С. 174-179.

3. Серебрянников, А.В. Моделирование инвертирующих импульсных преобразователей в программе LTspice/ А.В. Серебрянников, И.Н. Агеев // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Ч.1. – Брянск: БГТУ, 2018. – С. 78-82.

4. Серебрянников, А.В. Расчет резонансных процессов в простейшей RLC-цепи в различных программах моделирования / А.В. Серебрянников, И.Н. Агеев, В.Н. Серебрянникова // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. I межд. науч.-практ. конф. / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 5-9.

5. Белов, Г.А. Импульсные преобразователи с системами управления на серийных микросхемах. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. – 330 с.

Материал поступил в редколлегию 14.10.19.

DOI: 10.30987/conferencearticle_5e028214777bc1.12650780
УДК 621.314.1

П.С. Татуйко, Г.А. Федяева, А.И. Беззубенко
(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)
P.S. Tatyuko, G.A. Fedyaeva, A.I. Bezzubenko
(Bryansk, Bryansk State Technical University)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC VEHICLES

Рассмотрены преимущества гибридных и полностью электрических транспортных средств, представлена функциональная схема системы электроснабжения автономного транспортного средства, рассмотрены пути повышения энергоэффективности электромобиля, приведены

результаты моделирования энергетических показателей полумостового резонансного LLC преобразователя с последовательным резонансным контуром.

Advantages of hybrid and fully electric vehicles is a functional block diagram of the power supply system of an Autonomous vehicle, considered ways to improve the energy efficiency of electric vehicles, the results of modeling the energy performance of the half-bridge LLC resonant Converter with serial resonant circuit.

Ключевые слова: автономное электротранспортное средство, энергоэффективность, преобразователь напряжения, моделирование.

Keywords: autonomous electric vehicle, energy efficiency, voltage converter, simulation.

Численность парка электрических транспортных средств стремительно растёт. Только за 2018 год было продано свыше 2 млн. таких машин [1]. Важнейшим фактором, стимулирующим столь существенный рост парков «электрического» транспорта, является развитие электроэнергетических комплексов и технологий электродвижения, которые позволяют применить новые компоновочные и аэродинамические решения при существенном снижении стоимости производства и заметном совершенствовании эксплуатационных показателей.

Ввиду жёстких условий эксплуатации транспорта и высоких нагрузок, вопросы энергоэффективности электрооборудования, используемого в транспортных средствах с полностью электрическими и гибридными двигателями, являются первостепенными. Повышение КПД преобразователей напряжения позволяет добиваться приемлемых тепловых режимов работы наиболее нагруженных силовых компонентов, а также имеет положительный экономический эффект ввиду рационального использования электроэнергии [2].

Для перспективных и существующих на данный момент гибридных и полностью электрических двигателей величина напряжения электропитания транспортного средства составляет 100...800 В. Повышение напряжения бортовой сети обусловлено рядом факторов, среди которых:

- снижение величины тока, протекающего по силовым шинам электромобиля, и, как следствие, снижение материалоемкости проводников, улучшение тепловых характеристик ввиду снижения статических потерь на проводимость, улучшение массогабаритных показателей системы электроснабжения;

- возможность осуществления быстрой зарядки постоянным током аккумуляторной батареи.

Функциональная схема системы электроснабжения полностью электрического транспортного средства приведена на рисунке 1. Основные потери электрической энергии происходят при осуществлении заряда аккумуляторной батареи, преобразовании напряжения высокого уровня в

напряжение низкого уровня, при работе инвертора напряжения – обеспечении движения электрического транспортного средства. В перспективных электромобилях с полностью электрическим двигателем зарядные устройства являются внешним функциональным узлом и не устанавливаются непосредственно на транспортное средство.

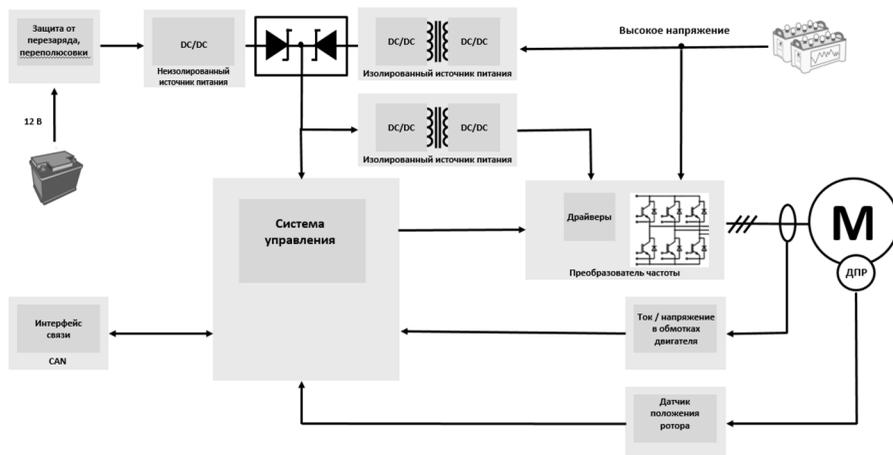


Рис. 1. Функциональная схема системы электроснабжения полностью электрического транспортного средства

Такой подход существенно улучшает массогабаритные показатели системы электроснабжения, является экономически более выгодным решением, т.к. одна зарядная станция способна обеспечить заряд аккумуляторных батарей нескольких транспортных средств через определённые интервалы времени, определяемые временем заряда аккумуляторов.

Установка индивидуального зарядного устройства на электромобиль с полностью электрическим двигателем является неэффективным решением ввиду того, что большую часть времени работы агрегата данный функциональный узел будет находиться в режиме простоя и снижает эффективную нагрузку на электромобиль. Однако в настоящий момент ввиду того, что инфраструктура для использования полностью электрических транспортных средств развита очень слабо, целесообразным будет применение электромобилей с гибридными силовыми установками, где для заряда аккумуляторной батареи используется мотор-генератор и реле-регулятор. Данное решение позволит осуществить плавный переход от традиционных транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания на транспортные средства с полностью электрическими двигателями, способствует развитию соответствующей инфраструктуры.

Наряду с применением экономичных бесколлекторных двигателей с постоянными магнитами (рисунок 1), одним из способов повышения эффективности работы электрического транспорта является замена преобразователей, работающих с «жёсткой» коммутацией силовых транзисторов, на резонансные преобразователи, реализующие принцип «мягкого» переключения полупроводниковых элементов [3;4]. Для иллюстрации выполнено моделирование полумостового резонансного LLC преобразователя в программе LTSpice, результаты моделирования показывают высокие энергетические показатели преобразователя (рисунок 2), коэффициент полезного действия составляет 96,45 %.

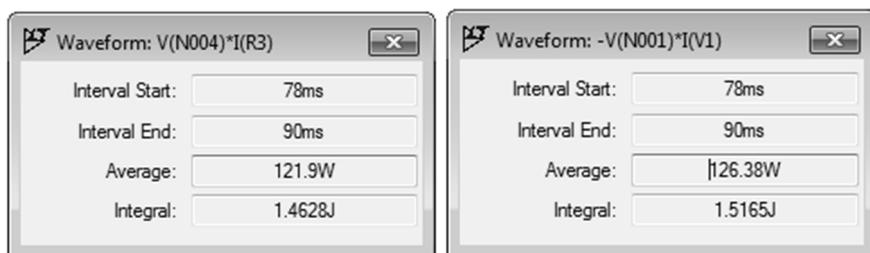


Рис. 2. Значения мощности на нагрузке и мощности, потребляемой из сети

Применение данных преобразователей позволяет существенно повысить эффективность использования электрической энергии, снизить габаритные размеры устройств, а также влечёт за собой дополнительный положительный экономический и экологический эффект.

Список литературы

1. Чистый и выгодный / ФГБУ «Редакция «Российской газеты» [Электронный ресурс] – URL: <https://rg.ru/2019/08/27/pochemu-elektromobili-stremitelno-vytesniaiut-obychnye-avto.html> (дата обращения 12.09.2019).
2. Татуйко, А.Г. Применение энергоэффективных преобразователей напряжения в системах электрооборудования транспорта/ А.Г. Татуйко, Г.А. Федяева //САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф.– Брянск, 2018. – С. 233-234.
3. 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.
4. 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 Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 37-40.

Материал поступил в редколлегию 14.10.19.