

УДК 621.314.6

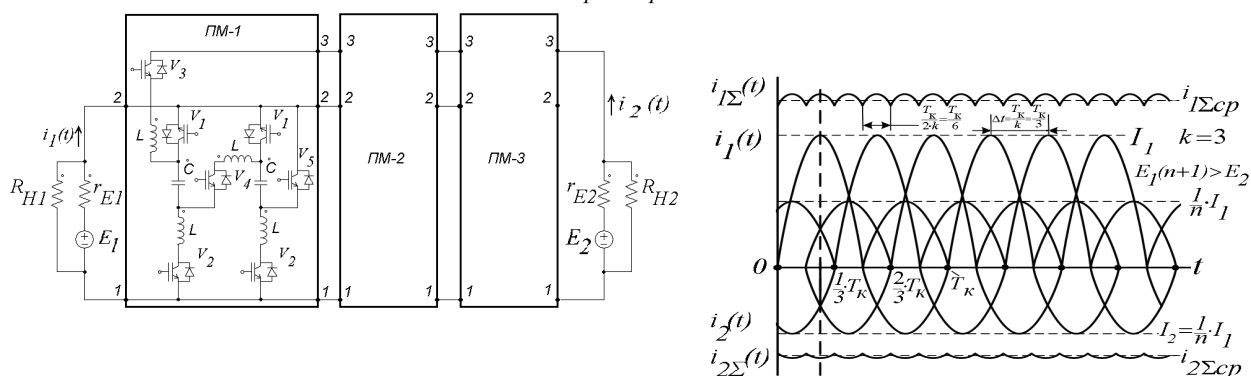
ДВУХУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
НА ОСНОВЕ СТРУКТУР С ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫМИ КОНДЕНСАТОРАМИ

Л.Г.Зотов,
Новосибирский государственный технический университет,
НГТУ, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, 630064, Россия.

Предложена схема двунаправленного многотактного резонансного DC-DC конвертора на основе структур с переключаемыми конденсаторами. Представлены результаты. Работа выполнена по государственному контракту № 13.G36.31.0010 от 22.10.2010г. Библи. 3, табл. 1, рис. 1.

Ключевые слова: система электроснабжения, двунаправленный, резонансный DC-DC конвертор на основе структуры с переключаемыми конденсаторами.

При создании систем электроснабжения (СЭ) современных автомобилей с повышенной комфортностью и увеличенным энергообеспечением салона, достигающим 6-10 кВт, и питаемых от аккумуляторных батарей (АБ) с различными уровнями напряжения необходимы универсальные двунаправленные преобразователи, способные работать в режимах повышения и понижения постоянного напряжения. СЭ составлена из двух АБ с напряжениями 14 и 42 В, взаимодействующих друг с другом через двунаправленный конденсаторный [1],[2] многотактный DC-DC конвертор (МДК), имеющий коэффициент преобразования, равный $K_{\Pi} = (n + 1)$, где n число конденсаторов в отдельном преобразовательном модуле (ПМ). На рисунке показаны принципиальная схема его силовой цепи и временные диаграммы, поясняющие ее работу. Двунаправленный режим работы обеспечивается применением в его силовой цепи, в общем случае, k ПМ из двунаправленных ключей на основе IGBT или MOSFET транзисторов – (V_1, V_2) и $(V_3 - V_5)$, соединенных последовательно через емкости C . Отдельный ПМ представляет собой двухуровневую систему обмена электрической энергией постоянного тока аккумуляторных батарей E_1 и E_2 . Если уровни напряжения батарей удовлетворяют условию $E_2 = E_1(n + 1)$, то обмен электрической энергией отсутствует. При изменении напряжений АБ баланс нарушается и возникает режим обмена электрической энергией, причем если $E_1(n+1) > E_2$, то батарея E_1 подзаряжает батарею E_2 , а если $E_1(n+1) < E_2$, то происходит обратный процесс. Временные диаграммы показывают различие форм входного $i_1(t)$ и выходного $i_2(t)$ токов ПМ. Ток $i_1(t)$ является прерывистым и представляет собой суперпозицию синусоидальных импульсов с амплитудами I_1 и $(1/n)I_1$, сдвинутых друг относительно друга на $(1/k)T_K$. Ток $i_2(t)$ представляет собой суперпозицию k синусоидальных импульсов длительностью $0,5T_K$ и амплитудой I_2 , сдвинутых друг относительно друга также на $(1/k)T_K$. Закон сохранения заряда дает строгие соотношения для средних и амплитудных значений токов в ПМ: $I_{1cp} / I_{2cp} = (n + 1)$, $I_1 / I_2 = n$.



Главным достоинством СЭ из одного ПМ является простота его силовой цепи, а недостатком – высокий уровень коэффициентов гармоник входного $i_1(t)$ и выходного $i_2(t)$ токов. Если количество ПМ равно k , то уменьшение коэффициента гармоник токов на входе и выходе двунаправленного конвертора достигается равномерным распределением их импульсов по периоду T_K , со сдвигом во времени друг относительно друга на величину $\Delta t = (T_K/k)$, как показано на рисунке.

Суммарные входной $i_{1\Sigma}(t)$ и выходной $i_{2\Sigma}(t)$ токи определяются суммой токов отдельных ПМ

$$i_{1\Sigma}(t) = I_I \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \left\{ \left| \sin \omega_K (t - iT_K / k) \right| + 1/n \left| \sin \omega_K [t - iT_K / k - (2i+1)T_K / 2] \right| \right\},$$

$$i_{2\Sigma}(t) = I_I \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \left| \sin \omega_K [t - iT_K / k - (2i+1)T_K / 2] \right|.$$

При этом коэффициенты гармоник суммарных входного $i_{1\Sigma}(t)$ и выходного $i_{2\Sigma}(t)$ токов определяются из таб-

k	$K_{\Gamma 1} = K_{\Gamma 2} = K_{\Gamma} = \frac{i_{1\Sigma \delta \sim}}{i_{1\Sigma \text{cp}}} = \frac{i_{2\Sigma \delta \sim}}{i_{2\Sigma \text{cp}}}$	k
2	0.483455	1
4	0.097759	3
6	0.042200	5
8	0.023451	7

лицы, из которой следует, что их снижение для нечетных k происходит более быстрыми темпами и на существенно пониженном уровне. Отсюда следует вывод о целесообразности построения двунаправленных DC-DC конверторов, состоящих только из нечетного количества ПМ.

Параметры элементов L и C для многотактного DC-DC конвертора СЭ определяются выражениями [3]

$$C = \frac{1+nd}{\omega_K E_2} \cdot \frac{1}{k} \cdot I_{2max}, \quad L = \frac{1}{\omega_K^2 C},$$

где $d = \exp(-RT_K / 4L)$ – параметр затухания зарядной и разрядной цепи, R – сопротивление цепей заряда и разряда в ПМ.

1. Зотов Л.Г. Патент RU №2394345. Регулируемый повышающий преобразователь постоянного напряжения // БИ. – 2010. – №19.

2. Зотов Л.Г., Зиновьев Г.С. Патент RU №2415506. Регулируемый понижающий преобразователь постоянного напряжения // БИ. – 2011. – №9.

3. Зотов Л.Г. Двухуровневая система обмена электрической энергией постоянного тока на основе структур с переключаемыми конденсаторами для автономных энергосистем // Электротехника. – 2011. – № 7. – С. 52–57.

УДК 621.314.6

ДВОРИВНЕВА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ СТРУКТУР З КОНДЕНСАТОРАМИ, ЩО ПЕРЕРИКАЮТЬСЯ

Л.Г.Зотов, Новосибірський державний технічний університет, Новосибірськ, пр. К. Маркса, 20, 630064, Росія.

Запропоновано схему двонаправленого багатотактного резонансного DC-DC конвертора на основі структур з конденсаторами, що перемикаються. Представлено результати. Роботу виконано за державним контрактом № 13.G36.31.0010 від 22.10.2010 р. Бібл. 3, табл. 1, рис. 1.

Ключові слова: система електропостачання, двонаправлений резонансний DC-DC конвертор на основі структури з конденсаторами, що перемикаються.

TWO-LEVEL SYSTEM OF ELECTROSUPPLY OF MODERN CARS ON BASIS OF STRUCTURES WITH SWITCHED CAPACITORS

L.G.Zotov, Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, K.Marx's avenue, 20, 630064, Russia.

The scheme bidirectional multi-step resonant DC-DC the converter on the basis of structures with switched capacitors is offered. Presented Work is executed under the state contract № 13.G36.31.0010 from 22.10.2010г. References 3, table 1, figure 1.

Keywords: electrosupply System, bidirectional converter, multi-step converter, resonant DC-DC converter, structure with switched condensers.

1. Zotov L.G. Patent RU №2394345. Regulated upconverter of direct voltage. // Biuletен izobretenii. – 2010. – №19.

2. Zotov L.G., Zinoviev G.S. Patent RU №2415506. Regulated downconverter of direct voltage. // Biuletен izobretenii. – 2011. – №9.

3. Zotov L.G. Two-level direct current power exchange system on basis of the structures with switched condensers for isolated utilities. // Elektrotehnika. – 2011. – №7. – Pp. 52–57.

Надійшла 15.12.2011

Received 15.12.2011