

УДК 621.314(0.75.8)

О. Н. Юрченко, докт. техн. наук, Н. Н. Юрченко, докт. техн. наук,
Ин-т электродинамики НАН Украины, пр. Победы 56, Киев-57,03680, Украина
В. И. Сенько, докт. техн. наук, А. Э. Гречко, бакалавр
Нац. техн. ун-т Украины «КПИ», пр. Победы, 37, Киев-56, 03056, Украина

РЕЗОНАНСНЫЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Описаны схемные построения широтно-импульсных преобразователей (ШИП) с управляемым обменом энергии между реактивными элементами, а именно ШИП типа понижающе - повышающие выходное напряжение. Для случая построения преобразователя с индуктивным накопительным элементом, ШИП содержит вдвое меньшее число реактивных элементов. В дальнейшем в среде Simuling программы Matlab для указанного ШИП создана компьютерная модель. С её помощью построена и проанализирована регулировочная характеристика. По данным измерений, представленных на экранах блоков Display, определены величины токов и напряжений на элементах ШИП, а также все необходимые энергетические показатели на входных и выходных зажимах преобразователя.

Ключевые слова: резонансные широтно - импульсные преобразователи, компьютерное моделирование

Описані схемні побудови широко-імпульсних перетворювачів (ШИП) з керуванням обміном енергії між реактивними елементами, а саме ШИП типу поніжжюче - що підвищують вихідну напругу. Для випадку побудови перетворювача з індуктивним накопичувальним елементом, ШИП містить удвічі менше число реактивних елементів. Надалі в середовищі Simuling програми Matlab для вказаного ШИП створена комп'ютерна модель. З її допомогою побудована і проаналізована регульовальна характеристика. За даними вимірів, представлених на екранах блоків Display, визначені величини струмів і напруги на елементах ШИП, а також всі необхідні енергетичні показники на вхідних і вихідних затисках перетворювача.

Ключові слова: резонансні широтно - імпульсні перетворювачі, комп'ютерне моделювання

Введение

Известны широтно-импульсные преобразователи (ШИП) (англ.: преобразователи DC/DC), которые используются в системах автономного электроснабжения для проведения согласования уровней постоянных напряжений между различными источниками энергии постоянного тока. К примеру, между электромашинными генераторами постоянного напряжения, аккумуляторами, солнечными батареями, выпрямленным напряжением промышленной сети и др.

Построение резонансных ШИП с управляемым обменом энергии между реактивными элементами рассмотрено в [1-3], два из основных схемных решений которых приведено на Рис.1,а, б. Это ШИП со свойствами как понижающими, так и повышающими выходное напряжение (англ.: buck – boost converter). Разница между ними состоит с том, что в качестве накопительного элемента осуществляющим циклический обмен энергией между входными и выходными зажимами преобразователя в случае Рис.1,а выступает дроссель, а во втором случае (см. Рис.1,б) – конденсатор. В дальнейшем для каждого из них будем использовать сокращенное название, как преобразователи типа bb1 и bb2.

Так как преобразователь bb2 содержит вдвое большее число реактивных элементов, чем преобразователь типа bb1, то в работе основное внимание уделено преобразователю типа bb1. Целью настоящей работы является анализ регулировочных характеристик и энергетических показателей

резонансного ШИП типа bb1, используя компьютерное моделирование в среде Simuling программы Matlab.

Концепция управления преобразователем типа bb1 связана с формированием интервала времени для накопления энергии в дросселе L [2], а также с формированием интервала времени передачи этой энергии к конденсатору в выходной цепи преобразователя. Регулирование параметров передаваемой электрической энергии реализуется путем изменения соотношений между длительностями этих двух временных интервалов. Из вышеизложенного видно, что выходное напряжение U_{wy} рассматриваемого преобразователя имеет противоположную полярность напряжения по сравнению с входным напряжением преобразователя U_{we} и средняя величина этого напряжения может быть как меньшей, так и большей величины U_{we} .

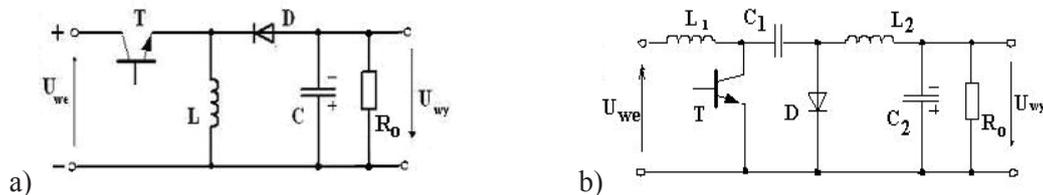


Рис. 1

Пренебрегая переменной составляющей в кривой выходного напряжения, для среднего значения напряжения на нагрузке можно записать

$$U_{wy,0} = -t_1 U_{we} / (T_i - 1) = -\gamma U_{we} / (1 - \gamma), \tag{1}$$

откуда не составляет трудности определить коэффициент передачи инвертора по напряжению.

В среде Simuling программы Matlab построена виртуальная модель ШИП типа bb1, для которой несущая частота модуляции выбрана равной $f_{imp}=10$ кГц. При этом отметим, что с увеличением несущей частоты модуляции растет скорость регулирования выходных параметров резонансного ШИП, а также уменьшаются габариты реактивных элементов. В состав силовой цепи преобразователя включены источник питания (напряжение питания выбрано равным величине пяти включенных последовательно солнечных батарей $U_{we} = 16,9 \times 5 = 84,5В$); транзистор MOSFET; дроссель $L = 5e-4Н$ (выполняющий роль накопительного элемента) с сопротивлением R_L , учитывающим его добротность $Q_L = \omega L / R_L$; диод D; сглаживающий конденсатор $C = 200e-6Ф$ и нагрузка $R_o = 20,3 Ом$.

Анализ результатов моделирования. Диаграмма временных значений напряжения на нагрузке $u_o(t)$ приведена на Рис. 2,а для режима пуска преобразователя при $\gamma = 0.7$ и нулевых начальных условиях. Она подтверждает правильность работы компьютерной модели преобразователя. Выходное напряжение преобразователя, как видно из Рис.2,а, устанавливается на нагрузке в течение 0.012с от момента пуска, т.е. по истечении 120 периодов несущей частоты модуляции. Кроме этого, можно отметить отсутствие каких – либо пульсаций в кривой выходного напряжения в установившемся режиме работы.

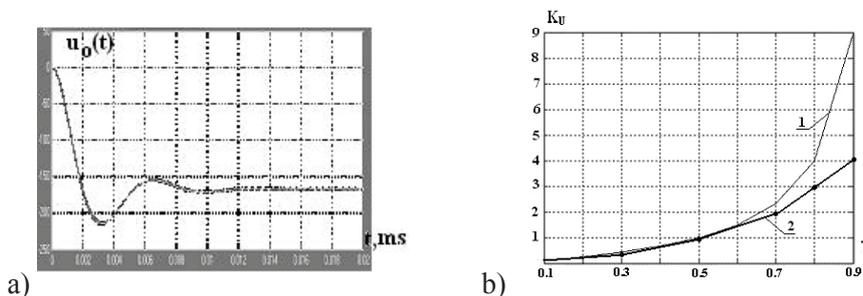


Рис.2

На экранах блоков Display компьютерной модели преобразователя считываются данные измерений. Это дает возможность определить все необходимые для проектирования значения токов и напряжений на силовых элементах, а также на входных и выходных зажимах преобразователя при $0.1 \leq \gamma \leq 0.9$. Исследуемый резонансный ШИП имеет незначительные искажения кривой выходного напряжения преобразователя, так как $K_p = 0.004 \%$; достаточно высокий коэффициент полезного действия устройства ($P_o / P_1 = 0.86$); а также обладает свойствами трансформации входного напряжения в повышенное выходное напряжение почти в два раза при $\gamma = 0.7$.

Исследована регулирующая характеристика преобразователя (зависимость $K_U = f(\gamma)$ при изменениях коэффициента $\gamma = 0.1 \div 0.9$), как в реальном преобразователе при учёте потерь в элементах преобразователя, так при допущении идеальности всех элементов преобразователя (ключевых, реактивных и источника питания). Для идеального преобразователя регулирующая характеристика представлена графически на рис.2,б (кривая 1), а для реального преобразователя - на рис.2,б (кривая 2).

Из рассмотрения рис.2,б видим, что: при величинах $\gamma < 0.5$ преобразователь типа bb1 понижает выходное напряжение, так как коэффициент $K_U < 1$, а при $\gamma = 0.5$ выходное напряжение преобразователя практически повторяет по величине входное напряжение, так как $K_U \approx 1$. При величинах $\gamma > 0.5$ преобразователь типа bb1 является повышающим, так как $K_U > 1$. Также можно отметить, что если в реальном преобразователе величина выходного напряжения $U_{wy.0}$ при $\gamma = 0.9$ возрастает до 4-кратной величины напряжения питания U_{we} , то в идеальном преобразователя она достигает 9-кратной величины. В заключение можно сделать вывод, что созданная в работе компьютерная модель резонансного преобразователя типа bb1 дает возможность на этапе исходного проектирования провести анализ регулирующей характеристики и энергетических показателей исследуемого преобразователя.

Список литературы

1. *Зиновьев Г. С.* Основы силовой электроники. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.– 664 с.
2. *Шидловский А. К., Козлов А. В., Комаров Н .С., Москаленко Г. А.* Транзисторные преобразователи с улучшенной электромагнитной совместимостью. К: Наукова думка, 1993.– 272 с.
3. *Nowak M., Barlik R.* Poradnik inżyniera energoelektronika. Warszawa: WNT, 1998. – 700 p.

RESONANT PULSE-WIDTH CONVERTERS

O.M. Yurchenko, D.Sc., M.M. Yurchenko, D.Sc.
Institute of Electrodynamics of National Academy of Sciences of Ukraine
V.I. Senyko, D.Sc., A.E. Grechko
National Technical University of Ukraine "KPI"

Circuit constructions of the DC-to-DC converter with an operated exchange of energy between reactive elements, namely the DC-to-DC converter of an output voltage step-up and step-down (buck-boost) type were described. In the case of the construction of the converter with an inductive storage element, DC-to-DC converter has half the number of reactive elements. Then in the environment of Simuling of the Matlab program a computer model for the specified DC-to-DC converter was created. With its help the operating characteristic was designed and analyzed. By measurements presented on screens of Display blocks, values of currents and voltages on the DC-to-DC converter elements and also all necessary power indicators on entrance and output clips of the converter were determined.

Key words: resonant pulse-width converters, computer simulation