

УДК 621.314.58

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗОНАНСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТОПОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Г.В.Павлов, докт. техн. наук, Т.В.Щербинин,
 Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова,
 пр. Героев Сталинграда, 9, Николаев, 54025, Украина.

С помощью имитационных моделей исследованы электромагнитные процессы в силовой части резонансных преобразователей с трехэлементными контурами. Получены экспериментальные регулировочные характеристики пяти основных топологий резонансных преобразователей с трехэлементными контурами. Проведен анализ осциллограмм резонансных токов. Библ. 2, рис. 3.

Ключевые слова: резонансный преобразователь, регулировочные характеристики, имитационная модель.

Статические и динамические характеристики резонансных преобразователей (РП) определяются топологией резонансного контура и способом регулирования. Применение резонансных контуров различных топологий позволяет придать преобразователю дополнительные свойства – повышение выходного напряжения, стабильность регулирования на ХХ и т.п. Многоэлементные резонансные контуры позволяют комбинировать эти свойства.

В [2] показано, что из 36 возможных топологий трехэлементных резонансных контуров (РК) возможно выделить 15, в которых все элементы влияют на характер энергообмена при регулировании с изменением коммутационной частоты (частотный, широтно-частотный и фазовый способы). Эти топологии можно разделить на тройки с практически идентичными регулировочными характеристиками. Выбирая из каждой тройки по одной топологии, наиболее удобной для реализации, получим пять топологий резонансных контуров, приведенных на рис. 1, а-д. Назовем их LCC-РП, LLC-РП, LCL-РП, L-LC-РП и LC-L-РП.

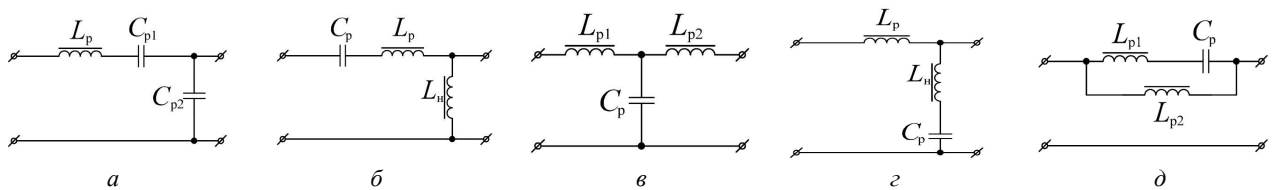


Рис. 1

Имитационные модели РП с данными контурами были построены аналогично описанному в [1]. Для каждого из контуров были получены семейства регулировочных характеристик при различных соотношениях сопротивления нагрузки и волнового сопротивления контура, а также осциллограммы резонансных токов. Семейства регулировочных характеристик для пяти контуров показаны на рис. 2, а-в соответственно.

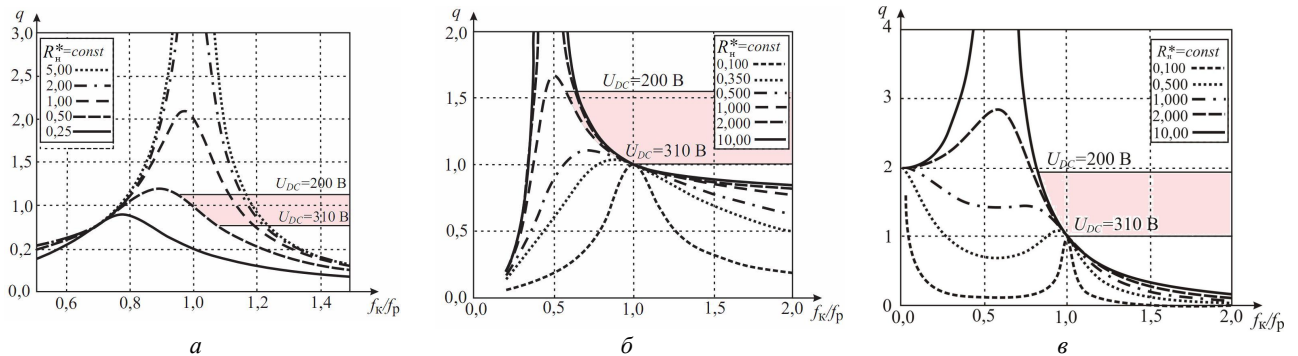


Рис. 2

Как видно, топологии, изображенные на рис. 1, а-г, позволяют повышать выходное напряжение относительно входного. Они также сохраняют возможность регулирования выходного напряжения в режиме ХХ. LCC-РП и L-LC-РП позволяют регулировать выходное напряжение в широком диапазоне. Максимальное приращение коммутационной частоты при этом составляет 0,5 от собственной резонансной частоты контура (рис. 2, а). LLC-РП является наиболее экономичным при работе в широком диапазоне питающих напряжений [2], но диапазон регулирования выходного напряжения существенно сужен (рис. 2, б). Для понижения выходного напряжения вдвое необходимо увеличение коммутационной частоты в 6 раз по отношению к резонансной. Регулировочная характеристика LCL-РП является промежуточным вариантом между характеристиками LCC-РП и LLC-РП (рис. 2, в). Единственным достоинством LC-L-РП является практически линейная регулировочная характеристика при равенстве сопротивления нагрузки и волнового сопротивления контура. Каждый из рассмотренных резонансных контуров имеет две резонансные частоты. Включение силовых вентилях при нуле

напряження забезпечується для LCC-РП при роботі з комутаційною частотою вище більшої резонансної, для LLC-РП, LCL-РП і LC-L-РП – при роботі з комутаційною частотою вище меншої резонансної, для L-LC-РП – між двома резонансними частотами. Осцилограми токів і напруг, сняті в цих режимах, показані на рис. 3, а-в.

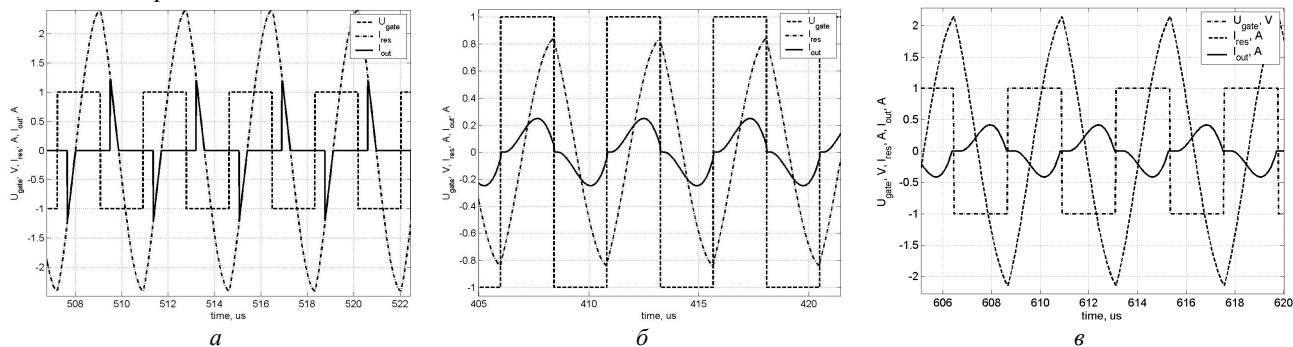


Рис. 3

В преобразователях с повышающими свойствами выключение силовых вентилях происходит при больших значениях резонансного тока. Наименьший размах колебаний резонансного тока наблюдается у LLC-РП (0,8 А, рис. 3, б), наибольший – у L-LC-РП (5,7 А). В LCC-РП и LCL-РП коммутируемые токи составляют соответственно 2,4 А и 2,2 А (рис. 3, а, в). При этом в LCC-РП практически синусоидальная форма тока, протекающего через ключи инвертора и резонансную индуктивность, и существенно несинусоидальная форма тока, протекающего через выпрямитель. В LCL-РП ближе к синусоидальному выходной ток, ток в ключах инвертора пилообразный. В LC-L-РП ток в параллельном резонансном контуре синусоидальный. На выходе контура в момент включения силовых вентилях наблюдаются всплески тока, достигающие амплитуды 100 А.

Таким образом, из описанных топологий ни одна не является универсальной. Наиболее эффективен при работе в широком диапазоне питающих напряжений LLC-РП [2]. В системах, где требуется регулирование выходного напряжения от 0 до 100% в широком диапазоне нагрузок, наиболее удобен LCC-РП, поскольку его характеристика в рабочей области имеет один выраженный максимум.

1. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Никитина Е.В., Щербинин Т.В. Сравнение характеристик резонансных преобразователей при различных способах регулирования с использованием имитационных моделей // Техн. електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність» – 2010. – Ч.1. – С. 97–102.

2. Bo Yang. Topology Investigation for Front End DC/DC Power Conversion for Distributed Power System. – Dissertation for the degree of Philosophy Doctor in Electrical Engineering. – Blacksburg, Virginia, 2003. – 316 p.

УДК 621.314.58

ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗОНАНСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ РІЗНИХ ТОПОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Г.В. Павлов, докт.техн.наук, Т.В. Щербинін,
 Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова,
 пр. Героїв Сталінграду, 9, Миколаїв-25, 54025, Україна.

За допомогою імітаційних моделей досліджено електромагнітні процеси в силовій частині резонансних перетворювачів з триелементними контурами. Отримано експериментальні регульовальні характеристики п'яти основних топологій резонансних перетворювачів з триелементними контурами. Проведено аналіз осцилограм резонансних струмів. Бібл. 2, рис. 3.

Ключові слова: резонансний перетворювач, регульовальні характеристики, імітаційна модель.

COMPARISON OF THE CHARACTERISTICS OF RESONANT CONVERTERS OF DIFFERENT TOPOLOGIES USING SIMULATION

G.V. Pavlov, T.V. Shcherbynin,
 National University of Shipbuilding aft. admiral Makarov,
 Geroiv Stalingradu av, 9, Mykolaiv-25, 54025, Ukraine.

Electromagnetic processes in power parts of resonant converters with three-element contours were investigated using simulation. Experimental DC characteristics of five basic topologies of resonant converters with three-element contours were obtained. The oscillograms of resonant currents were analyzed. References 2, figures 3.

Key words: resonant converter, DC characteristics, simulator.

1. Pavlov G.V., Obrubov A.V., Nikitina E.V., Shcherbinin T.V. Comparison of characteristics of resonant converters with different regulation algorithms using simulation // Tekhnichna elektrodynamika. Tematichnyi vypusk «Sylova elektronika ta energoefektyvnist». – 2010. – Vol.1.– Pp. 97–102. (Rus)

2. Bo Yang. Topology Investigation for Front End DC/DC Power Conversion for Distributed Power System. – Dissertation for the degree of Philosophy Doctor in Electrical Engineering. – Blacksburg, Virginia, 2003. – 316 p.

Надійшла 23.12.2011

Received 23.12.2011