

УДК 621.314.58

DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e5ed3ce1a2.50808635

Д.А. Княгинин

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ Z-SOURCE CONVERTER

Представлено устройство импедансных преобразователей энергии и описаны методы их использования в составе DC-AC, AC-DC, AC-AC и DC-DC преобразователей. Показана уникальная схема подключения главной цепи преобразователя к источнику энергии, а также представлен функционал, нереализуемый традиционными преобразователями напряжения или тока. Для демонстрации новых функций приведены результаты моделирования и экспериментов.

This paper presents an impedance-source power converter and its control method for implementing DC-AC, AC-DC, AC-AC, and DC-DC power conversion. It shows a unique impedance network to couple the converter main circuit to the power source, and also presented unique features that cannot be obtained in the traditional voltage-source and current-source converters where a capacitor and inductor are used, respectively. The Z-source converter overcomes the conceptual and theoretical barriers and limitations of the traditional voltage-source converter and current-source converter. Simulation and experimental results will be presented to demonstrate the new features.

Ключевые слова: силовой преобразователь, инвертор тока, инвертор, инвертор напряжения, Z-инвертор.

Keywords: power converter, current-source inverter, inverter, voltage-source inverter, Z-Source inverter.

Существует два традиционных вида преобразователей: преобразователи напряжения и тока. На рис.1 показана структура классического трехфазного преобразователя напряжения. Постоянный источник напряжения с относительно большим конденсатором питает главную цепь преобразователя: трехфазный мост. Постоянным источником могут быть аккумуляторная батарея, топливный элемент, диодный выпрямитель и/или конденсатор. Данный тип преобразователей широко используется, но имеет ряд концептуальных и теоретических ограничений и барьеров:

– Выходное переменное напряжение ограничено, оно не может превышать напряжение постоянного тока на входе инвертора.

– Напряжение постоянного тока выпрямителя должно быть больше, чем переменное на входе.

– Следовательно, инвертор напряжения является понижающим DC-AC преобразователем, а AC-DC преобразователь – повышающим выпрямителем;

– В устройствах, где желательно превышение и допускается ограничение напряжения, для формирования желаемого переменного выходного сигнала, используется, например, дополнительный повышающий DC-DC преобразователь. Дополнительные преобразователи увеличивают потери и снижают эффективность системы.

– Верхнее и нижнее коммутирующее устройство в каждой фазе нельзя отключить одновременно. В противном случае устройство может быть выведено из строя.

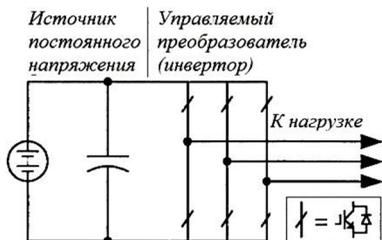


Рис. 1 Структура традиционного трехфазного преобразователя напряжения

Аналогичные недостатки касаются инверторов тока [1], в частности из них выходит, что инвертор тока является повышающим преобразователем для DC-AC преобразования и понижающим для AC-DC преобразования.

Существенным недостатком является тот факт, что главные ключи преобразователя тока должны блокировать обратное напряжение, что требует использования комбинаций диода и высокоскоростных и

высокопроизводительных транзисторов, таких, как IGBT. Это не дает напрямую использовать бюджетные и производительные IGBT модули и интеллектуальные силовые модули (IPM)

В дополнение приведем общие проблемы преобразователей тока и напряжения:

– Каждый может быть либо повышающим, либо понижающим преобразователем, но не одновременно. Это значит, что возможный выходной сигнал всегда ограничен и снизу и сверху значением входного напряжения.

– Их главные цепи не могут быть взаимозаменяемыми. Другими словами, ни основная цепь преобразователя напряжения не может быть использована для преобразователя тока, ни наоборот.

– Уязвимость к электромагнитному шуму.

Импедансные преобразователи

Для преодоления изложенных проблем традиционных преобразователей используются импедансные преобразователи, принцип работы и методы применения которых описаны в данной статье.

Рис. 2 показывает упрощенную структуру импедансного преобразователя. Здесь используется уникальная импедансная сеть (или цепь) для связи главной цепи преобразователя с источником энергии,

нагрузкой или другим преобразователем, с целью обеспечения уникальных возможностей недоступных для традиционных преобразователей тока и напряжения.

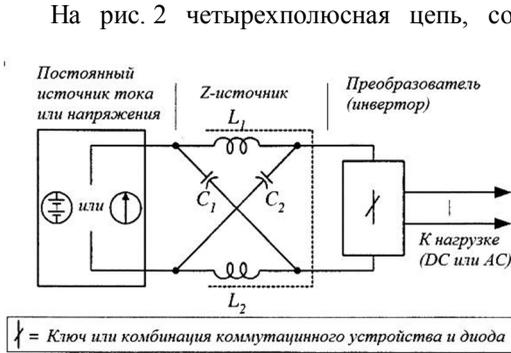


Рис. 2. Упрощенная схема Z-преобразователя

любой: аккумуляторная батарея, диодный выпрямитель, тиристорный преобразователь, топливный элемент, катушка индуктивности, конденсатор или их комбинация. Ключи могут быть комбинацией коммутационного устройства и диодов, как показано на рис. 1, последовательным соединением, как в случае с источником тока [1], и так далее.

Эквивалентная схема. Принцип действия и контроля

В качестве примера рассмотрим Z – инвертор. Уникальной функцией Z-инвертора является возможность получить любое значение переменного напряжения от нуля до бесконечности, независимо от напряжения топливного элемента. Таким образом, Z-инвертор является понижающим и повышающим преобразователем, что расширяет диапазон его использования.

Для описания принципа работы и контроля Z-инвертора, показанного на рис. 2, кратко рассмотрим его структуру. На рис. 2 трехфазный мост Z-инвертора имеет 9 допустимых состояний (векторов), в отличие от традиционного инвертора с 8-ю допустимыми состояниями. Традиционный инвертор напряжения имеет 6 активных состояний, в которых напряжение подается на нагрузку, и два нулевых вектора, когда ток через нагрузку отсутствует. Однако трехфазный Z-инвертор имеет еще одно дополнительное нулевое состояние (или вектор), в котором терминалы нагрузки подключены к верхнему и нижнему ключу одной фазы (т.е. оба ключа замкнуты), двух фаз или всех трех. Данное состояние является запрещенным для традиционного инвертора напряжения, так как приводит к короткому замыканию. Мы вызовем это третье нулевое состояние. Это можно сделать семью разными способами: закоротить одну фазу, комбинацию любых двух и все три фазы.

Цепь Z-преобразователя делает данное состояние доступным. Именно это короткозамкнутое состояние обеспечивает уникальную способность Z-инвертора к понижающему и повышающему преобразованию.

На основе моделей (см. рис. 3) проведем сравнение процессов происходящих в двух схемах преобразования (традиционной и с Z-источником) при замыкании нагрузки накоротко.

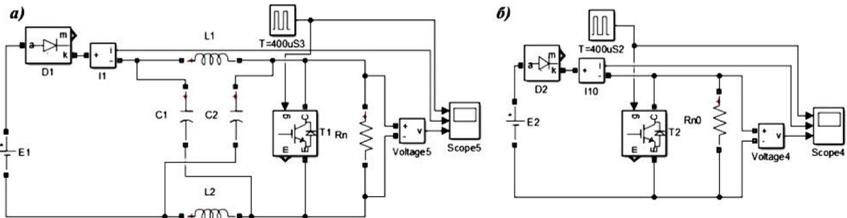


Рис. 3. Эквивалентная схема: а – Z-инвертора; б – традиционного преобразователя в 9-м состоянии

На основе графиков, представленных на рис. 4, сделаем следующие выводы:

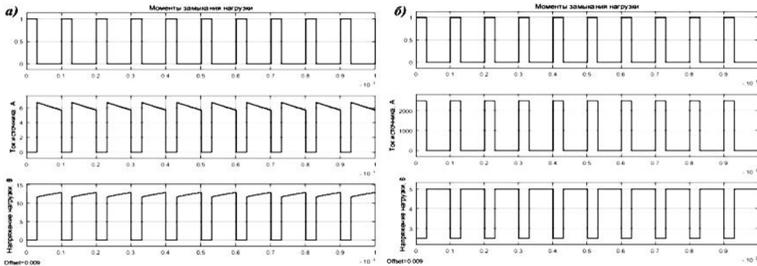


Рис. 4 Графики контрольных величин для эквивалентных схем: а – Z-инвертора; б – традиционного преобразователя

- Замыкание нагрузки не приводит к замыканию источника питания, то есть работа в данном состоянии является стабильной и не приводит к повреждениям;
- Амплитуда напряжения нагрузки превышает напряжение источника (5В) питания, что доказывает возможность построения инвертора, обеспечивающего повышение и понижение напряжения.

Список литературы

1. Yushan L. Impedance source power electronic converters / Haitham Abu-Rub, Baoming Ge – IEEE PRESS, 2016 – 419 с.

Материал поступил в редколлегию 21.10.18.