

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ СВЯЗИ МЕЖДУ АВТОНОМНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ И ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТЬЮ

Е.И.Сокол, Ю.П.Гончаров, А.В.Ересько, В.В.Замаруев, В.В.Ивахно, С.Ю.Кривошеев, Н.Ю.Родин, Е.А.Маляренко, А.В.Лобко,

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина.

Рассматривается структура преобразователя мощностью порядка единиц киловатт для связи между промышленной сетью 220/380В и автономным генератором с изменяющимися параметрами напряжения и тока. Предлагается система зонного управления, обеспечивающая согласование параметров генератора и сети при минимальных размерах фильтрового оборудования и повышенной помехозащищенности цепи обратной связи по напряжению сети. Библ.5.

Ключевые слова: автономный генератор, промышленная сеть, зонное управление, регулятор тока, регулятор напряжения, электромагнитная совместимость.

В рамках программы «Smart Grid» существенная роль отводится объектам распределенной генерации электроэнергии [4], и, следовательно, существует необходимость разработки полупроводниковых преобразователей для связи между этими объектами и традиционной распределительной сетью переменного тока.

Возможны различные схмотехнические решения указанных преобразователей [5]. Для объектов распределенной генерации небольшой мощности (до 10 кВт) целесообразно подключение к сети 220/380В, 50Гц. По причине дефицита цветных металлов эффективны структуры, в которых отсутствуют силовые трансформаторы на низкой частоте и минимизировано фильтровое оборудование. Относительно автономного генератора следует исходить из того, что его электрические параметры по току и напряжению изменяются в широких пределах и при этом должна быть максимизирована отдаваемая энергия. Целесообразна гальваническая развязка электрической цепи автономного генератора и распределительной сети, что повышает безопасность системы. Указанные основные требования могут быть достаточно просто выполнены в двухкаскадной преобразовательной структуре со звеном постоянного напряжения. В простейшем случае входной согласующий каскад может быть выполнен по схеме обратного преобразователя. При использовании автономного генератора переменного тока схема дополняется входным выпрямителем, который может быть как неуправляемым, так и выполненным по схеме выпрямителя тока с синусоидальной ШИМ. Выходной каскад (инвертор) преобразует стабильное напряжение постоянного тока в источник синусоидального тока, совпадающего по фазе с напряжением сети – однофазной 220 В либо трехфазной 380 В. Достоинство связи с однофазной сетью состоит в том, что однофазный ввод в отличие от трехфазного имеется у каждого пользователя; недостатком однофазного решения является повышение установленной мощности фильтровых конденсаторов в звене постоянного тока. В общем случае целесообразно использовать m последовательных емкостных секций в звене постоянного напряжения в сочетании с m -зонным управлением в коммутаторе инвертора, т.е. применить многозонную импульсную модуляцию (МИМ) [2]. Такое решение позволяет использовать в коммутаторе низковольтные быстродействующие MOSFET и сократить массу выходного фильтра. Входной согласующий каскад реализуется по одной из схем источников вторичного электропитания с однофазным высокочастотным инвертором, разделительным трансформатором и, в общем случае, с несколькими отдельными выпрямителями на вторичной стороне трансформатора. Он выполняет следующие функции: согласование автономного генератора со звеном постоянного тока инвертора по уровню напряжения и максимизацию отдаваемой энергии; гальваническую развязку на высокой частоте; выравнивание напряжений на конденсаторах последовательных секций на входе инвертора.

В докладе рассмотрены вопросы управления каскадом согласования с промышленной сетью. Целесообразно использование зонного управления при постоянной частоте модуляции, что позволяет сократить массу силовых фильтров. В канал обратной связи по напряжению сети рационально ввести интегратор с последующим дискретным дифференцированием сигнала. Использование интеграла от напряжения сети в качестве промежуточной величины позволяет повысить защищенность от коротких импульсных и высокочастотных помех [3]. Выход дискретного дифференциатора непосредственно стыкуется с последующей цифровой частью системы управления, состоящей из регуляторов тока и напряжения. Регулятор тока целесообразно построить по принципу однопозиционного слежения за заданием тока путем вычислительного прогноза требуемого напряжения задания на такте модуляции, обеспечивающего в конце такта равенство мгновенных значений фактического тока и тока задания [1]. При связи с трехфазной сетью это условие выполняется для мгновенных значений результирующего вектора тока трехфазной системы на комплексной плоскости. Необходимый для однопозиционного слежения вычислительный прогноз реализуется по первой производной сигнала задания в однофазных схемах или путем сдвига результирующего вектора задания на один такт модуляции вперед в трехфазных. Далее вычисленный сигнал задания по напряжению воспроизводится МИМ-контроллером путем сравнения задания с векторным опорным сигналом, состоящим из m смещенных опорных «пил». Лучшие характеристики даст опорный сигнал, симметричный относительно середины периода модуляции. Регулятор напряжения формирует сигнал задания тока таким, чтобы обеспечить стабильное напряжение в звене постоянного тока инвертора с

учетом изменения мощности автономного генератора. Если последний действует как источник тока, то разомкнутая структура этого регулятора неустойчива. В рамках ограничения по субгармоническим автоколебаниям можно добиться ее стабилизации пропорциональным звеном традиционного ПИ-регулятора напряжения.

В работе приведены результаты компьютерного моделирования выходного каскада с предлагаемой системой управления, подтверждающие ее работоспособность и ожидаемые свойства. Показано, что использованный принцип однопозиционного слежения за током при постоянной частоте модуляции свободен от недостатка традиционной структуры однопозиционного слежения, заключающегося в возможности возникновения автоколебаний на половинной частоте модуляции и требующего применения специальных средств стабилизации.

1. Гончаров Ю.П., Хворост Н.В., Родин Н.Ю. Характеристики системы «инвертор напряжения–двигатель» при прогнозом управлении по результирующему вектору тока // Техн. електродинаміка. Тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність». – 2006. – Ч.4. – С. 45–50.

2. Кобзев А.В. Многозонная импульсная модуляция. – Новосибирск: Наука, 1979. – 304 с.

3. Родин Н.Ю. Керування напівпровідниковим перетворювачем частоти асинхронного електропривода при перемицанні двигуна на мережу та навпаки // Автореф. дис. канд.техн.наук: спец.05.09.12 «Напівпровідникові перетворювачі електроенергії» – НТУ «ХПІ». – Харків, 2010.

4. Стогній Б.С. Сталий розвиток енергетики та інтелектуальні енергетичні системи // Праці ІЕД НАН України. Спецвипуск. – 2010. – С. 6–9.

5. Rashid M. Power electronics handbook. – San Diego: Academic Press, 2007. – 1153 p.

УДК 621.314.58

НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ АВТОНОМНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ТА ПРОМИСЛОВОЮ МЕРЕЖЕЮ

Є.І.Сокол, Ю.П.Гончаров, А.В.Єресько, В.В.Замаруєв, В.В.Івахно, С.Ю.Кривошеєв, Н.Ю.Родін, Є.А.Малиаренко, А.В.Лобко,

**Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
вул. Фрунзе, 21, Харків, 61002, Україна.**

Розглядається структура перетворювача потужністю порядку одиниць кіловат для зв'язку між промисловою мережею 220/380В і автономним генератором зі змінними параметрами напруги та струму. Пропонується система зонного керування, що забезпечує узгодження параметрів генератора та мережі при мінімальних розмірах фільтрового обладнання і підвищеній перешкодозахищеності кола зворотного зв'язку по напрузі мережі. Бібл. 5.

Ключові слова: автономний генератор, промислова мережа, зонне керування, регулятор струму, регулятор напруги електромагнітне узгодження.

SEMICONDUCTOR CONVERTERS FOR CONNECTION BETWEEN AUTONOMOUS GENERATOR AND INDUSTRIAL GRID

E.I.Sokol, Yu.P.Goncharov, A.V.Eresko, V.V.Zamaruev, V.V.Ivakhno, S.Yu.Krivosheev, N.Yu.Rodin, E.A.Maliarenko, A.V.Lobko,

**National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»,
Frunze str., 21, Kharkiv, 61002, Ukraine.**

The structure of the converter output order of a few kilowatts to connection between the industrial grid 220/380V and autonomous generator with variable voltage and current parameters are considered. The system of band management, which provides coordination of generator parameters and network with minimum size filter equipment and high noise immunity circuit voltage feedback network are proposed. References 5.

Key words: autonomous generator, industrial grid, band control, current regulator, voltage regulator, electromagnetic compatibility.

1. Goncharov Yu.P., Khvorost N.V., Rodin N.Yu. Characteristics of system «voltage inverter–motor» by prognostic control by resultant current phasor // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk “Sylova elektronika ta energoefektyvnist”. – 2006. – Vol.4. – Pp. 45–50. (Rus)

2. Kobzev A.V. Multizone pulse modulation. – Novosibirsk: Nauka, 1979. – 304 p. (Rus)

3. Rodin N.Yu. The control of semiconductor frequency converter of asynchronous electric drive while transferring to supply and back // Avtoref. dis. kand.tekhn.nauk: spec.05.09.12 «Napiivprovidnykovi peretvoriuvachi elektroenergii». – Kharkiv, 2010. (Ukr)

4. Stognii B.S. Sustainable development energetics and intellectual power systems // Pratsi IED NAN Ukrainy. Spetsialnyi vypusk. – 2010. – Pp. 6–9. (Ukr)

5. Rashid M. Power electronics handbook. – San Diego: Academic Press, 2007. – 1153 p.

Надійшла 03.01.2012

Received 03.01.2012