

УДК 621.314.572

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ЗВЕНОМ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Д.В.Коробков, Д.В.Макаров, А.Н.Решетников, В.В.Машинский,
Новосибирский государственный технический университет,
пр. К. Маркса, 20, Новосибирск, 630064, Россия.

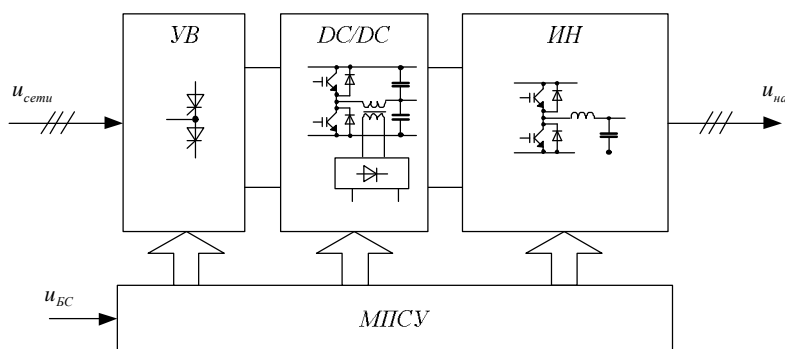
Излагаются принципы построения преобразователя частоты с промежуточным звеном высокой частоты для автономной системы электроснабжения. Отличительная особенность принятых решений состоит в модульном принципе построения высокочастотных узлов силовой схемы с рабочими частотами не ниже 100кГц и применении высокопроизводительных микроконтроллеров и ПЛИС. Работа выполнена по государственному контракту № 13.G36.31.0010 от 22.10.2010г. Библ. 1, рис. 1.

Ключевые слова: инвертор напряжения, высокая частота, DC/DC преобразователь.

Преобразователь для автономной системы электроснабжения переменного тока номинальной мощностью 30 кВА предназначен для преобразования электроэнергии 3-х фазного напряжения 380 В с диапазоном $\pm 20\%$, частотой 50 Гц с диапазоном ± 8 Гц в электроэнергию 3-х фазного напряжения 220 В $\pm 2\%$, частотой 400 Гц $\pm 1\%$ и используется в качестве источника электроснабжения автономных объектов. Коэффициент мощности нагрузки – 0,8–1,0 (индуктивный). Виды нагрузки в пределах номинальной мощности (с максимальными токами перегрузки): активно-индуктивная; выпрямительная на LC-фильтры; двигательная (вентиляторы, насосы). Первичным источником электрической энергии может быть дизель-генератор или промышленная сеть 0.4 кВ.

Обязательными требованиями при синтезе схемы преобразователя и законов управления являются: обеспечение гальванической развязки цепи нагрузки с электрической цепью первичного источника электропитания; удельная масса преобразователя должна удовлетворять неравенству $G = M / P \leq 2$ кг/кВт; охлаждение – воздушное принудительное; температура окружающей среды: $[-55; +60]$ (°C) – хранение, $[-40; +60]$ (°C) – рабочая; наличие перегрузки: 150% длительностью не более 5 мин; 200% длительностью не более 5 сек; коэффициент гармоник выходного напряжения не более 4%; параллельная работа до 6-ти преобразователей при расположении преобразователей на расстоянии до 20 метров.

В результате анализа технических требований предложена структурная схема преобразователя, показанная на рисунке. Здесь УВ – управляемый выпрямитель, выполняющий функции выпрямления, включения, выключения и защиты; DC/DC – преобразователь постоянного напряжения обеспечивает стабилизацию напряжения и гальваническую развязку на высокой частоте; ИН – инвертор напряжения преобразует постоянное напряжение в переменное с частотой 400Гц и обеспечивает заданное качество выходной электрической



энергии; МПСУ – микропроцессорная система управления узлами преобразователя частоты.

Отличительной особенностью схемы преобразователя является использование модульного принципа построения DC/DC преобразователя и инвертора напряжения ИН с фазовым сдвигом опорных напряжений ШИМ регуляторов модулей. Такое решение позволило существенно поднять частоту DC/DC преобразователя и широтно-импульсной модуляции, которая была

принята для каждого из каналов равной 100кГц. Модульный принцип построения позволяет не только поднять частоту преобразования, но имеет и синергетический эффект, т.к. в этом случае происходит увеличение эквивалентных частот токов и напряжений и уменьшение амплитуд высокочастотных гармоник в конденсаторах фильтров схемы преобразователя [1]. Существенное уменьшение токов конденсаторов DC/DC приводит к уменьшению массогабаритных показателей емкостных батарей звена постоянного тока, что особенно актуально при применении многозвенной структуры преобразования.

МПСУ в составе преобразователя выполняет совокупность разнообразных функций.

- При появлении напряжения питания осуществляется встроенный предпусковой контроль исправности узлов и защит преобразователя.
- Управление УВ в режиме предварительного заряда конденсатора выходного LC фильтра УВ, формирование $\alpha = \alpha_B$ в заданном диапазоне входного напряжения, защита цепей преобразователя от аварийных режимов в первичном источнике.

- Управление модулями DC/DC конвертера с фазовым сдвигом опорных напряжений ШИМ модулей, кратным числу модулей. Стабилизация среднего значения входного напряжения инвертора на минимально необходимом уровне с целью минимизации коммутационных потерь в ключах инвертора. Независимая стабилизация среднего значения положительного и отрицательного относительно средней точки напряжений конденсаторов инвертора. Реализация закона управления DC/DC конвертером по качеству выходного напряжения с целью минимизации пульсационной составляющей.

- Управление модулями инвертора с фазовым сдвигом опорных напряжений ШИМ модулей, кратным числу модулей. Реализация векторных алгоритмов, обеспечивающих во вращающейся системе координат астатическое управление по фазе и амплитуде выходного напряжения преобразователя с применением резонансно-пропорциональных регуляторов с бесконечным коэффициентом усиления.

- Реализация режима параллельной работы с применением законов управления для распределения мощности нагрузки между параллельно работающими каналами пропорционально мощности каждого канала.

- Реализация взаимодействия с системой управления верхнего уровня как с помощью разовых команд, так и по пакетным протоколам.

Функциональная сложность МПСУ потребовала применения двухкомпонентной схемы. Первый компонент строится на высокопроизводительном микроконтроллере STM32F107VCT6 с наличием блока аппаратной ШИМ, многоканального высокочастотного АЦП, аппаратных блоков высокоскоростных интерфейсов обмена информацией. В этой части МПСУ реализованы функции управления УВ и DC/DC звеном, управление в режиме параллельной работы, взаимодействие с управлением верхнего уровня, анализ и индикация режимов работы всей системы в целом. Второй компонент строится на ПЛИС EP3C25E144I7N с тактовой частотой не ниже 240 МГц с применением высокоскоростных микросхем АЦП. В этой части МПСУ реализованы функции управления инвертором. Взаимодействие частей МПСУ осуществлено по высокоскоростному последовательному интерфейсу SPI со скоростью передачи данных до 2 Мбайт/с.

Совокупность технических решений, принятых при построении преобразователя частоты, лежит в русле современной мировой тенденции применения высоких рабочих частот силовой электроники при управлении на базе высокопроизводительных микроконтроллеров. Следует отметить, что модульный принцип построения узлов преобразователя открывает возможность применения российской элементной базы силовой электроники, поскольку в нише мощностей подобных систем эта база с каждым годом расширяется. Кроме того, в сфере высокопроизводительных микроконтроллеров и ПЛИС в России также наблюдаются несомненные успехи, что создает предпосылки перехода на российские компоненты и в этой части.

1. Харитонов С.А., Коробков Д.В., Маслов М.А. и др. Система генерирования электрической энергии типа «переменная скорость – постоянная частота» на базе синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов и инверторов напряжения // Электротехника. – 2008. – № 6. – С. 27–32.

УДК 621.314.572

ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ З ПРОМІЖНОЮ ЛАНКОЮ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ ДЛЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Д.В.Коробков, Д.В.Макаров, А.Н.Решетников, В.В.Машинський,
Новосибірський державний технічний університет,
Новосибірськ, пр. К. Маркса, 20, 630064, Росія.

Запропоновано принципи побудови перетворювача частоти з проміжною ланкою високої частоти для автономної системи електропостачання. Особливістю прийнятих рішень є модульний принцип побудови високо частотних вузлів силової схеми з робочими частотами не нижче 100 кГц і використання високопродуктивних мікроконтролерів та ПЛИС. Роботу виконано за державним контрактом № 13.G36.31.0010 від 22.10.2010р. Бібл. 1, рис. 1.

Ключові слова: інвертор напруги, висока частота, DC/DC перетворювач.

THE CONVERTER OF FREQUENCY WITH THE INTERMEDIATE LINK OF HIGH FREQUENCY FOR INDEPENDENT SYSTEM OF THE ELECTRICAL SUPPLY

D.V.Korobkov, D.V.Makarov, A.N.Reshetnikov, V.V.Mashinsky, Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk, K. Marx's avenue, 20, 630064, Russia.

The design principles of frequency converter with intermediate high frequency link for stand-alone power system are featured. The distinctive feature of made decisions consist of module aufbau principle of high frequency blocks of power circuit with working frequencies higher than 100 kHz and of high-performance microcontroller and EPLD application. Work is executed under the state contract № 13.G36.31.0010 from 22.10.2010. Reference 1, figure 1.

Keywords: power generation, inverter of voltages, high frequency, dc/dc converter.

1. Kharitonov S.A., Korobkov D.V., Maslov M.A. and oth. System of electric energy generation of “variable speed – direct frequency” type on basis of synchronous generator with permanent magnets’ and voltage inverters’ excitation.// Elektrotehnika. – 2008. – № 6. – Pp. 27–32.

Надійшла 15.12.2011

Received 15.12.2011