

УДК 621.314.632

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОФАЗНЫХ КОМПЕНСИРОВАННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЧЕТЫРЕХФАЗНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ

Н.Ю. Аверина, И.П. Титов

В статье проведен анализ характеристик и исследование схем четырехфазных компенсированных преобразованных блоков. На их основе предложено построение нового вида компенсированных преобразовательных систем электроснабжения.

Ключевые слова: многофазная компенсированная система электроснабжения, четырехфазный преобразовательный блок, компенсирующее устройство, реактивная мощность, гармонический состав тока.

Большое внимание на сегодняшний день уделяется четырехфазным системам передачи электрической энергии. Так в работе [1] рассматривается вопрос, связанный с необходимостью постоянного увеличения пропускной способности линий для передачи энергии и, также, повышением их надежности. Для решения поставленных задач предлагается использовать четырехфазные линии электропередачи. Трансформаторы для преобразования трехфазной в четырехфазную систему и обратно предложено выполнить на основе схемы Скотта.

Целью выполняемой работы является рассмотрение возможности создания многофазных систем на основе предлагаемых в работе [2] вариантов четырехфазных преобразовательных блоков, которые обеспечивают передачу и преобразование энергии переменного тока в энергию постоянного тока.

Предлагаемые в работе многофазные системы одновременно решают проблемы нормализации показателей электрической энергии в питающей сети. Перевод четырехфазных преобразовательных блоков в режим работы с одноступенчатой искусственной коммутацией вентилей позволяет осуществить компенсацию реактивной мощности [3].

При групповом использовании блоков в случаях последовательного, параллельного и комбинированного их включения успешно может быть решена проблема повышения качества электрической энергии путем образования многофазных режимов преобразования, что соответствует поставленной цели.

На рис. 1 приведена принципиальная схема трижды четырехфазного симметричного компенсированного выпрямителя с последовательным включением блоков по схеме на рис. 2.

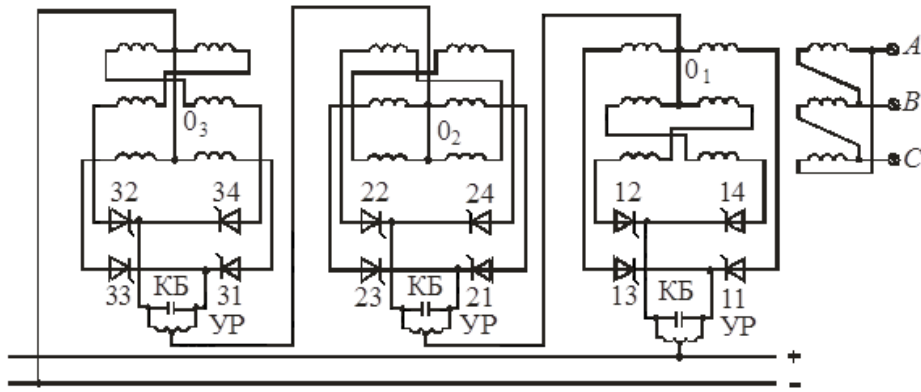


Рис. 1. Принципиальная схема трижды четырехфазного СКВ

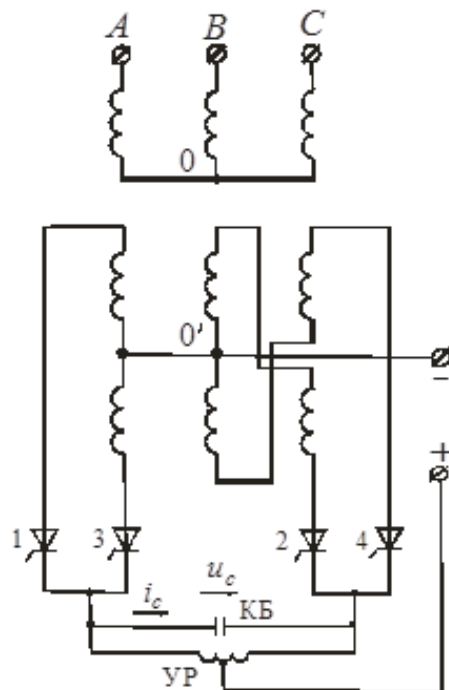


Рис. 2. Принципиальная схема четырехфазного компенсированного блока на основе трехфазного трансформатора с делением одной вентильной обмотки пополам

Для выполнения задачи повышения качества электрической энергии в питающей сети путем перехода к многофазным режимам преобразования можно использовать два варианта решения. Первый вариант иллюстрируется на рис. 1 на примере образования двенадцатифазного режима работы симметричного компенсированного выпрямителя. Этот вариант осуществляется путем использования одного трехфазного трехстержневого трансформатора с общей трехфазной сетевой обмоткой. Второй вариант осуществляется путем подключения к питающей сети трех самостоятельных четырехфазных блоков по любой из схем [2] со сдвигом подключения к питающей сети в 120 электрических градусов, что составляет 1/3 периода напря-

жения сети. Оба варианта приводят к исключению в спектрах результирующих токов питающей сети неканонических для двенадцатифазного режима преобразования гармоник: 3, 5, 7 и т. д., остаются лишь 1, 11, 13 и т. д.

Для анализа электромагнитных процессов было проведено моделирование. Виртуальные модели преобразователей выполнены в пакете MATLAB, результаты моделирования представлены на рис. 3 и 4. Полученные в результате моделирования кривые тока и напряжения, изображенные на рис. 3, имеют типичную для двенадцатифазного режима форму. Опережение кривой тока одной из фаз по отношению к напряжению этой фазы говорит о генерации преобразователем в питающую сеть реактивной мощности.

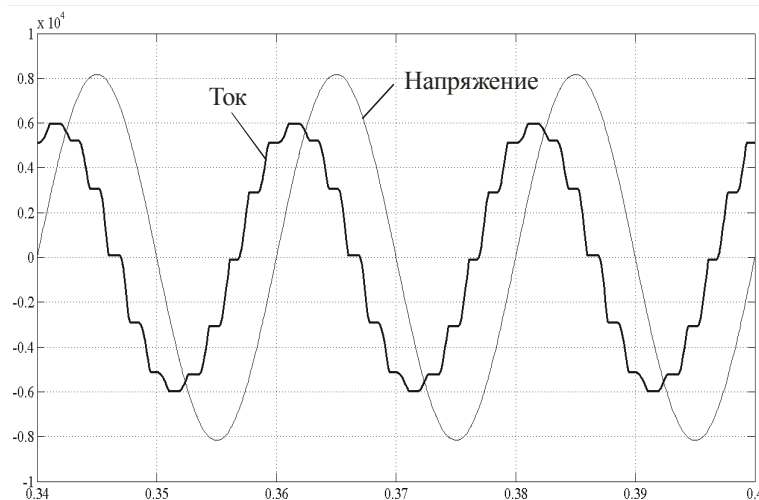


Рис. 3. Напряжение и ток фазы А питающей сети трижды четырехфазного симметричного компенсированного выпрямителя

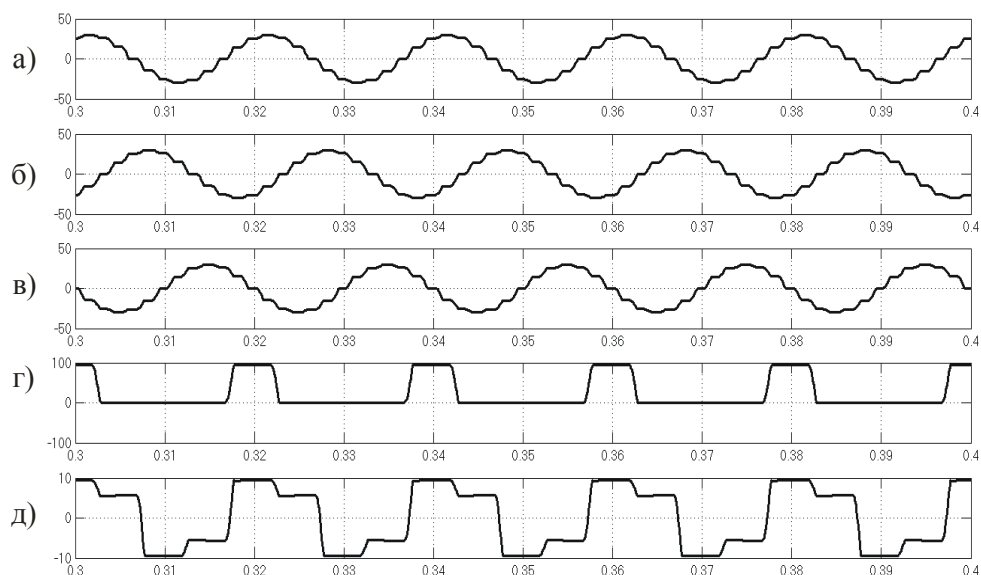


Рис. 4. Временные диаграммы токов в ветвях трижды четырехфазного СКВ: а, б, в – токи в фазах А, В и С питающей сети; г – ток вентиля; д – сетевой ток одного четырехфазного блока

Кривые на рис. 4 а, б, в демонстрируют полную симметрию фазных сетевых токов трижды четырехфазного симметричного компенсированного выпрямителя, а график на рис. 4 д подтверждает отсутствию в этих токах четных гармоник.

На рис. 5 представлен анализ гармонического состава тока питающей сети трижды четырехфазного компенсированного преобразователя. Как было уже сказано выше, увеличение фазности компенсированного выпрямителя приводит к исключению в спектрах нечетнократных трех гармоник: $12k \pm 1$ ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$).

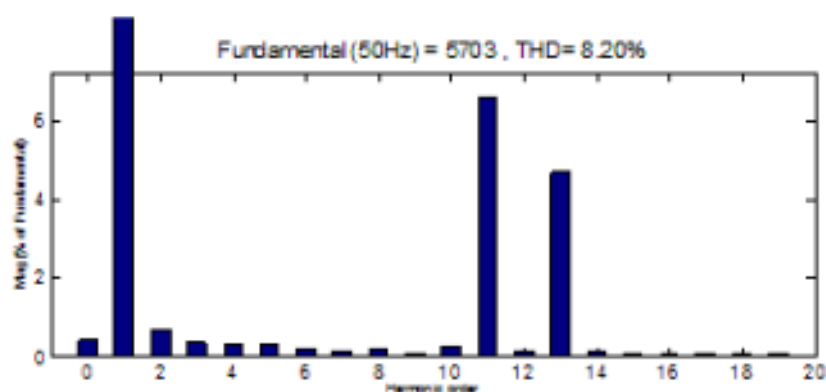


Рис. 5. Спектр тока питающей сети трижды четырехфазного СКВ

1. Анализ многофазных компенсированных преобразователей с различными схемами получения четырехфазных систем напряжения в блоках показал полное совпадение протекания электромагнитных процессов в них.

2. Проведение спектрального анализа доказало отсутствие в спектре токов трехфазной сети исследуемых вариантов двенадцати фазного компенсированного преобразователя симметричных составляющих токов гармоник, нечетнократных трех.

Библиографический список

1. Закарюкин, В.П. Моделирование нормальных и аварийных режимов четырехфазных линий электропередачи / В.П. Закарюкин, А.В. Крюков, Лэ Ван Тхао // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 20, № 12. – С. 136–145.

2. Применение трансформаторов Скотта на тяговых подстанциях электрических железных дорог / Г.Н. Ворфоломеев, С.А. Евдокимов, П.В. Морозов, В.И. Сопов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – № 6. – С. 273–276.

3. Хохлов, Ю.И. Режимы работы четырехфазного компенсированного преобразователя с двойной частотой напряжения на конденсаторах / Ю.И. Хохлов, А.В. Беляев, Е.Г. Ашамо // Вестник ЮУрГУ. Серия Энергетика. – 2004. – Вып. 5, № 4. – С. 83–89.

[К содержанию](#)