ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.314.632

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСИРОВАННОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО НАПРЯЖЕНИЮ НА ОСНОВЕ АИН С ШИМ

Д.В. Гиззатуллин
г. Челябинск, ЮУрГУ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE COMPENSATED VOLTAGE FEEDBACK RECTIFIER ON THE BASES OF THE AUTONOMOUS VOLTAGE INVERTER WITH PWM

D.V. Gizzatullin
Chelyabinsk, South Ural State University

На лабораторном стенде был исследован компенсированный выпрямительный агрегат с пятой и седьмой гармониками напряжения на конденсаторах и обратной связью в виде АИН с синусоидальной ШИМ. Построены характеристики исследуемого комплекса.

Ключевые слова: *компенсированный выпрямитель, автономный инвертор напряжения, эксперимент.*

A laboratory bench was used for investigation of the compensated feedback rectifier with the fifth and seventh voltage harmonic on the capacitor and feedback in the autonomous voltage inverter form with sinusoidal PWM. The characteristics of the investigated complex were plotted.

Keywords: *compensated rectifier, autonomous voltage inverter, experiment.*

В работе [1] было предложено принципиально изменить стратегию построения выпрямительных агрегатов систем электроснабжения энергоемких потребителей постоянного тока. А именно, внутренней целесообразно сделать функцию компенсации реактивной мощности с помощью высокоэффективного и многофункционального компенсирующего устройства, а внешней – регулирующую функцию, осуществляемую с помощью индивидуального для каждого агрегата или группового регулирующего устройства. Таковым является устройство, реализующее перспективный принцип формирования плавно регулируемого по фазе и амплитуде вольтодобавочного напряжения, создаваемого путем синусоидальной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) постоянного напряжения.

С целью проверки принципов работы преобразователя и его компьютерной модели [2] было проведено экспериментальное исследование характеристик компенсированного двенадцатифазного выпрямительного агрегата с пятой и седьмой гармониками напряжения на конденсаторах и обратной связью (ОС) на основе автономного инвертора напряжения (АИН) с синусоидальной ШИМ. Эксперимент проводился на лабораторном стенде по силовой электронике кафедры «Системы электроснабжения», с использованием дополнительного оборудования, предоставленного ООО «Приводная техника». Схема комплекса приведена на рис. 1.

Физическая модель включала два выпрямительных блока *1, 2*, состоявших из преобразовательных трансформаторов *3, 4* и диодных мостов *5, 6*. Компенсирующее устройство *7* содержало однофазные реакторы *8* с выводом от средней точки и конденсаторные батареи *9* переменной емкости. В качестве нагрузки использовалась активно-индуктивная нагрузка *10* с изменяемым активным сопротивлением. Вход АИН *12* (трехфазный IGBT-мост с обратными диодами *13*, входной емкостью *14* и системой управления *15*) подключался к цепи постоянного тока выпрямителя, а выход – к согласующему трансформатору *11* через низкочастотный Г-образный фильтр *16*. Мощность установки – 10 кВт. Источником питания служила трехфазная сеть напряжением 380 В. Для измерения и снятия кривых токов и напряжений использовались цифровые и аналоговые приборы. Расположение измерительных датчиков показано на рис. 1.

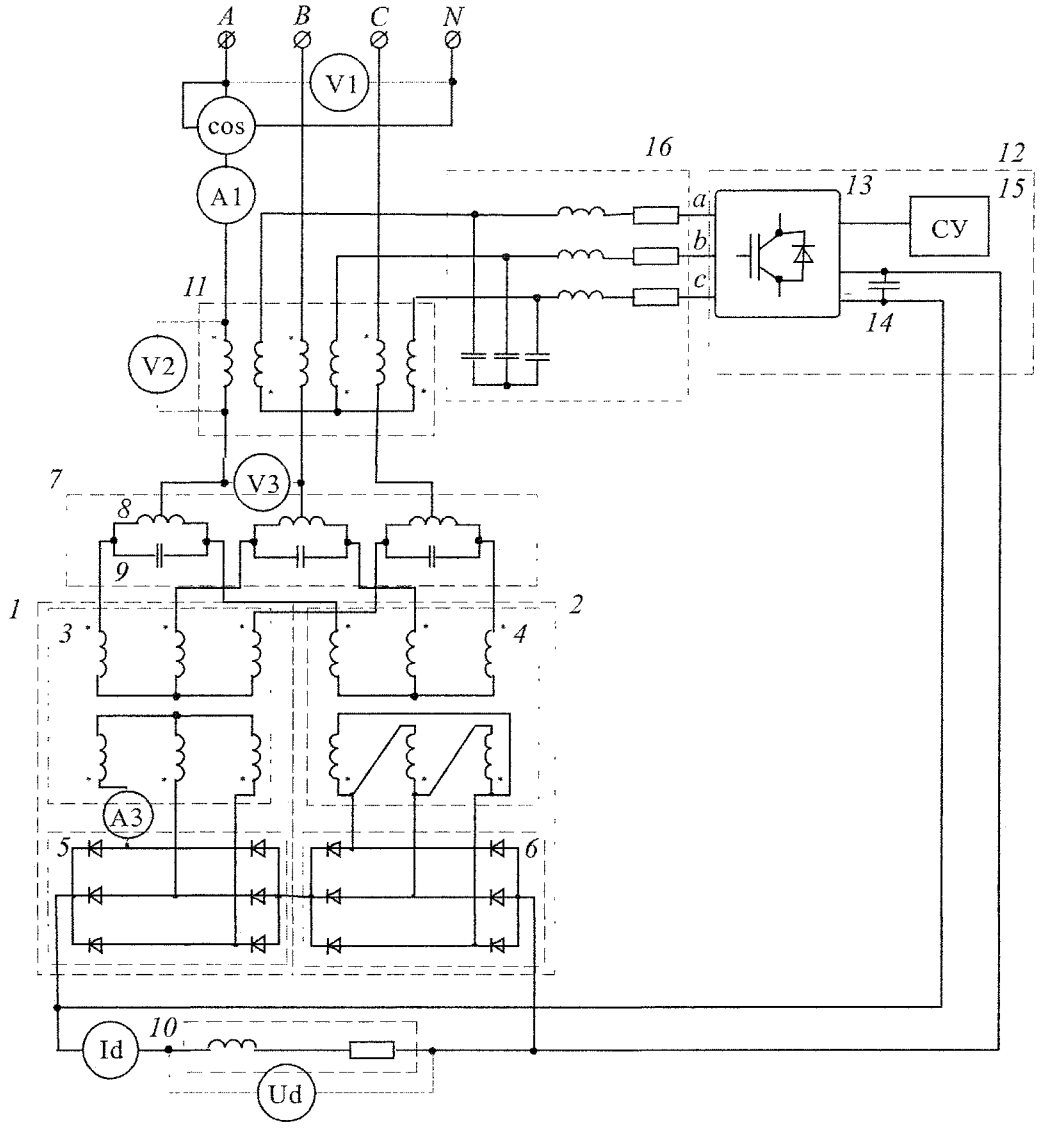

Рис. 1. Схема компенсированного выпрямителя с ОС на основе АИН

В результате экспериментального исследования получены характеристики компенсированного выпрямителя с ОС на основе АИН.

На рис. 2 и 3 представлены регулировочные характеристики выпрямителя при постоянстве нагрузки: при работе выпрямителя на холостом ходу; при работе на нагрузку в 82 Ом; при работе на нагрузку в 52 Ом. Напряжение на выходе согласующего трансформатора находилось в фазе с сетевым напряжением.

На рис. 4 и 5 представлены внешние характеристики исследуемого агрегата. Из них следует, что регулирование выходных параметров компенсированного выпрямителя может осуществляться как за счет амплитудного (рис. 4), так и фазового (рис. 5) регулирования, а также совместного регулирования.

В ходе эксперимента установлено, что угол сдвига фаз первых гармоник сетевого напряжения и тока изменяется мало (в пределах 3°). Это говорит о том, что при регулировании полностью компенсированный выпрямитель продолжает работать в режиме компенсации. Об этом также говорят осциллограммы, представленные на рис. 6–8 при $U_{АИН}$=300 В. В комплексе практически устанавливается режим, отвечающий работе компенсированного выпрямителя вблизи границы с повторной проводимостью вентилей (см. кривую напряжения на вентиле, рис. 6). Выпрямитель работает почти без потребления реактивной мощности, поскольку сетевой ток i_A по существу синфазен с ЭДС сети (рис. 7). Напряжение на конденсаторе имеет классическую форму для компенсированных выпрямителей с 5 и 7 гармониками (рис. 8).

Эксперимент показал, что применение внешнего регулирующего устройства не снижает энергетических показателей компенсированного выпрямителя даже при глубоком регулировании и изменении нагрузки.

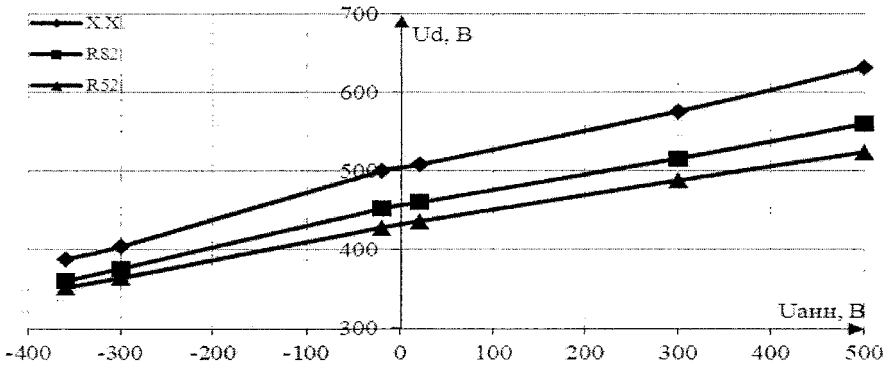

Рис. 2. Зависимость выпрямленного напряжения от амплитуды напряжения на выходе АИН

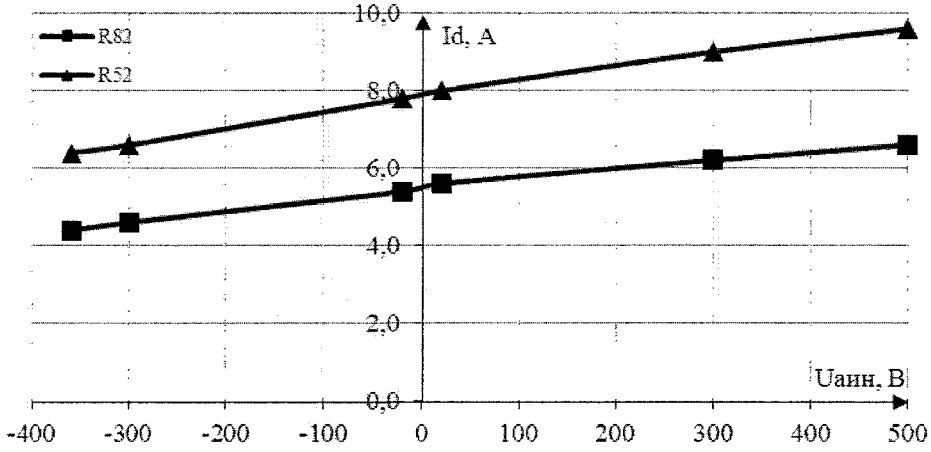

Рис. 3. Зависимость тока нагрузки от амплитуды напряжения на выходе АИН

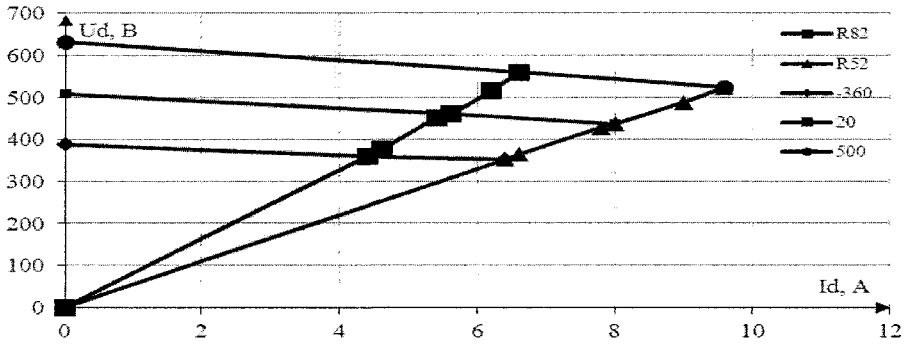

Рис. 4. Характеристика компенсированного выпрямителя при амплитудном регулировании (напряжения сети и добавочное находятся в фазе)

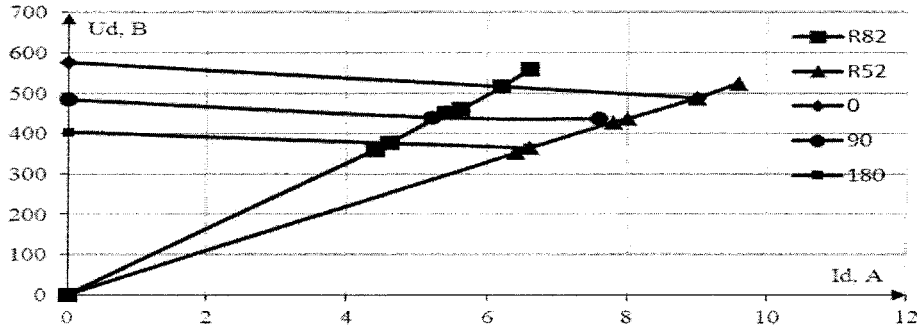

Рис. 5. Характеристика компенсированного выпрямителя при фазовом регулировании (амплитудное напряжение АИН UАИН=300 В)

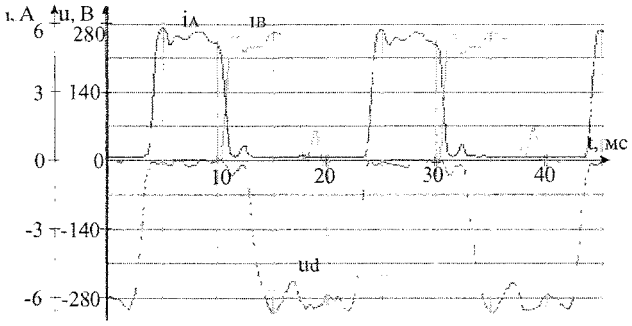

Рис. 6. Напряжение на диоде фазы А и ток диодов фазы А и В

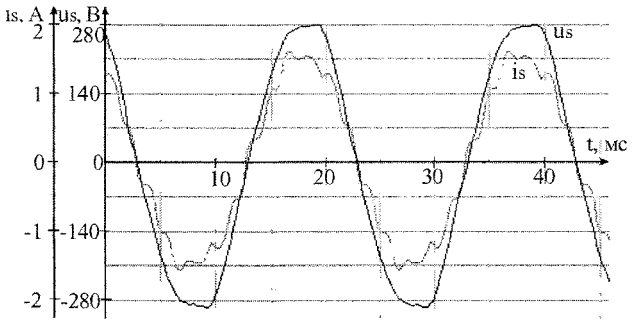

Рис. 7. Напряжение и ток сети

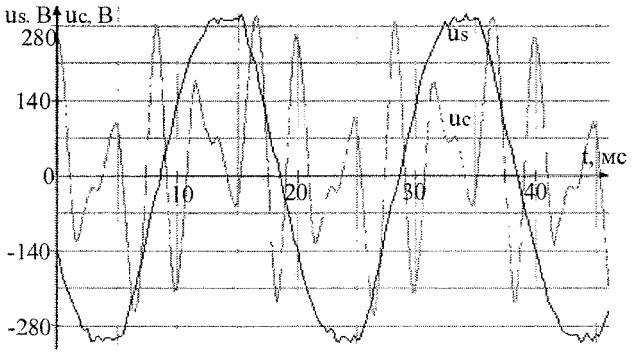

Рис. 8. Напряжение сети и напряжение на конденсаторе

Литература

1. Хохлов, Ю.И. Энерго- и ресурсосберегающие преобразовательные системы электроснабжения электролизного производства алюминиевой промышленности / Ю.И. Хохлов // Электрика. – 2007. – №3. – С. 3–9.

2. Хохлов, Ю.И. Моделирование электромагнитных процессов в компенсированном выпрямителе с обратной связью по напряжению на основе АИН с ШИМ / Ю.И. Хохлов, Д.В. Гиззатуллин, А.Г. Осипов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2008. – Вып. 9. – № 11. – С. 32–38.

3. Пат. 2333589 Российская Федерация. Способ управления многофазным выпрямительным агрегатом / Ю.И. Хохлов. – заявл. 19.03.2007; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25.

4. Пат. 2402143 Российская Федерация. Способ управления многофазным выпрямительным агрегатом / Ю.И. Хохлов, Д.В. Гиззатуллин, А.Г. Осипов. – заявл. 19.03.2009; опубл. 20.10.2010, Бюл. № 29.

5. Гиззатуллин, Д.В. Аналитическое исследование электромагнитных процессов в выпрямителе с обратной связью на основе АИН с ШИМ / Д.В. Гиззатуллин // Научный поиск: материалы первой научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – С. 239–242.

Поступила в редакцию 05.09.2010 г.

Гиззатуллин Данил Валиуллович. Аспирант кафедры «Системы электроснабжения», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. Область научных интересов – силовая электроника. Контактный телефон: 8 (351) 267-99-48.

Gizzatullin Danil Valiullovich is a post-graduate student of the Power-Supply Systems Department, South Ural State University, Chelyabinsk. Research interests: power electronics. Tel.: 8 (351) 267-99-48.