

Преобразовательная техника

УДК 621.314.632

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕТЫРЕХФАЗНОМ КОМПЕНСИРОВАННОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ С ДВОЙНОЙ ЧАСТОТОЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА КОНДЕНСАТОРАХ

Е.Г. Ашамо*, А.В. Беляев**

* Эфиопия, г. Арбаминч, АМУ; ** г. Челябинск, ЮУрГУ

Представлена и описана физическая модель преобразователя. Сняты осциллограммы кривых токов и напряжений преобразователя при различных режимах его работы. Проведено сравнение экспериментальных результатов с результатами, полученными аналитическим путем и с помощью моделирования в пакете Matlab/Simulink.

Теоретическое исследование электромагнитных процессов, происходящих в четырехфазном компенсированном преобразователе (КП), было рассмотрено в работах [1–3]. Также в пакете Matlab/Simulink разработана модель и осуществлено моделирование четырехфазного КП.

В данной работе ставится задача экспериментального подтверждения теоретических исследований и результатов математического моделирования.

Для достижения поставленной цели, была построена физическая модель четырехфазного КП на базе учебного лабораторного комплекса (УЛК) «Силовая электроника» с использованием виртуального программного обеспечения. Внешний вид УЛК представлен на рис. 1.

Для построения модели (рис. 1) использовались следующие блоки УЛК:

- трехфазный источник питания переменного напряжения (400 В, 16 А);
- два преобразовательных трансформатора

(первичная обмотка, соединенная в звезду с нулевым выводом – 380 В/320 В·А; две вторичные полуобмотки: 0,5 А каждая / номинальные фазные напряжения 42, 73, 127 В);

- два блока диодов (2 А / 800 В, по 6 диодов);
- уравнильный реактор ($2 \times 0,5$ А);
- блок конденсаторов ($2 \times 0...6,1$ мкФ/400 В);
- блок мультиметров;
- реостат (0...200 Ом / 0,8 А);
- индуктивная нагрузка (220/380 В; 50 Гц; $3 \times 0...40$ Вар);

• блок датчиков тока и напряжения (три измерительных преобразователя «ток-напряжение» 3 А/3 В; три измерительных преобразователя «напряжение-напряжение» 600 В/3 В);

• коннектор (восемь аналоговых дифференциальных входов; восемь цифровых входов/выходов);

• персональный компьютер с прикладным программным обеспечением и платой NATIONAL INSTRUMENTS 777743-01.

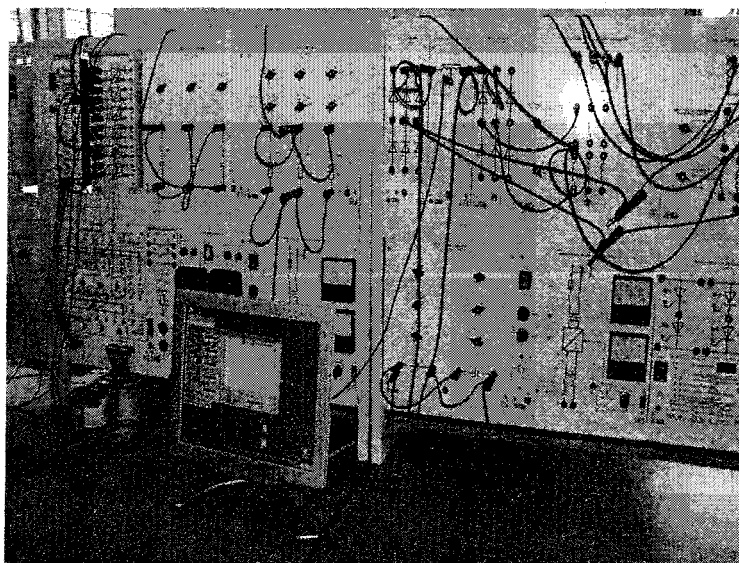


Рис. 1. Схема четырехфазного КП, собранная на базе УЛК «Силовая электроника»

Так как четырехфазная преобразовательная схема является нетрадиционной, то для преобразования трехфазной системы в четырехфазную были использованы два преобразовательных трансформатора, соединенных по схеме с использованием деления обмотки одного стержня пополам и других фаз в равносторонний зигзаг [1]. Используя данную схему, можно получить четырехфазную систему ЭДС с номинальным напряжением 127 В на каждой фазе.

Электромагнитные процессы, протекающие в четырехфазном КП при различных режимах работы, были сняты с помощью виртуального осциллографа. Полученные осциллограммы токов и напряжений представлены на рис. 2–4. На осциллограммах приняты следующие обозначения: u_A, i_A – напряжение и ток фазы А питающей сети; u_V, i_V – напряжение и ток вентиля; u_d, i_d – выпрямленное напряжение и выпрямленный ток нагрузки; u_c, i_c – напряжение и ток коммутирующего конденсатора соответственно.

Для получения некомпенсированного режима работы, в четырехфазном КП был исключен компенсирующий контур, состоящий из уравнительного реактора и коммутирующего конденсатора. Поэтому, на рис. 2 отсутствуют кривые напряжения и тока коммутирующего конденсатора.

Так как физическая модель собрана на УЛК, имеющем малую мощность, то кривые токов и напряжений, полученные с помощью виртуального осциллографа, в большей степени совпадают с кривыми, полученными в результате теоретиче-

ских исследований четырехфазного КП при мгновенной коммутации вентилях. Кроме этого, при преобразовании трехфазной системы в четырехфазную на основании используемого УЛК, полученные напряжения на всех четырех фазах немного отличаются друг от друга, что видно по пульсациям на кривых выпрямленного напряжения. Это связано с невозможностью получения идеального соотношения витков используемых преобразовательных трансформаторов.

В свою очередь, кривые токов и напряжений, а также внешние и энергетические характеристики, снятые на установке с преобразовательным трансформатором мощностью 15 кВ·А, полностью подтверждают теоретические исследования, проведенные в работах [1–3], и на математической модели в среде Matlab/Simulink.

Приведенные на рис. 2–4 осциллограммы и результаты, полученные на установке с преобразовательным трансформатором мощностью 15 кВ·А, позволяют сделать следующие выводы:

1. Результаты исследования физической модели полностью совпадают с результатами, полученными аналитическим путем и с помощью моделирования в среде Matlab/Simulink.
2. Преобразователь может работать в трех режимах: потребления реактивной мощности (рис. 2), без потребления реактивной мощности (рис. 3) и генерирования реактивной мощности (рис. 4).
3. Повторная проводимость вентилях в неуправляемом (выполненном с помощью диодов) четырехфазном КП появляется при больших значениях

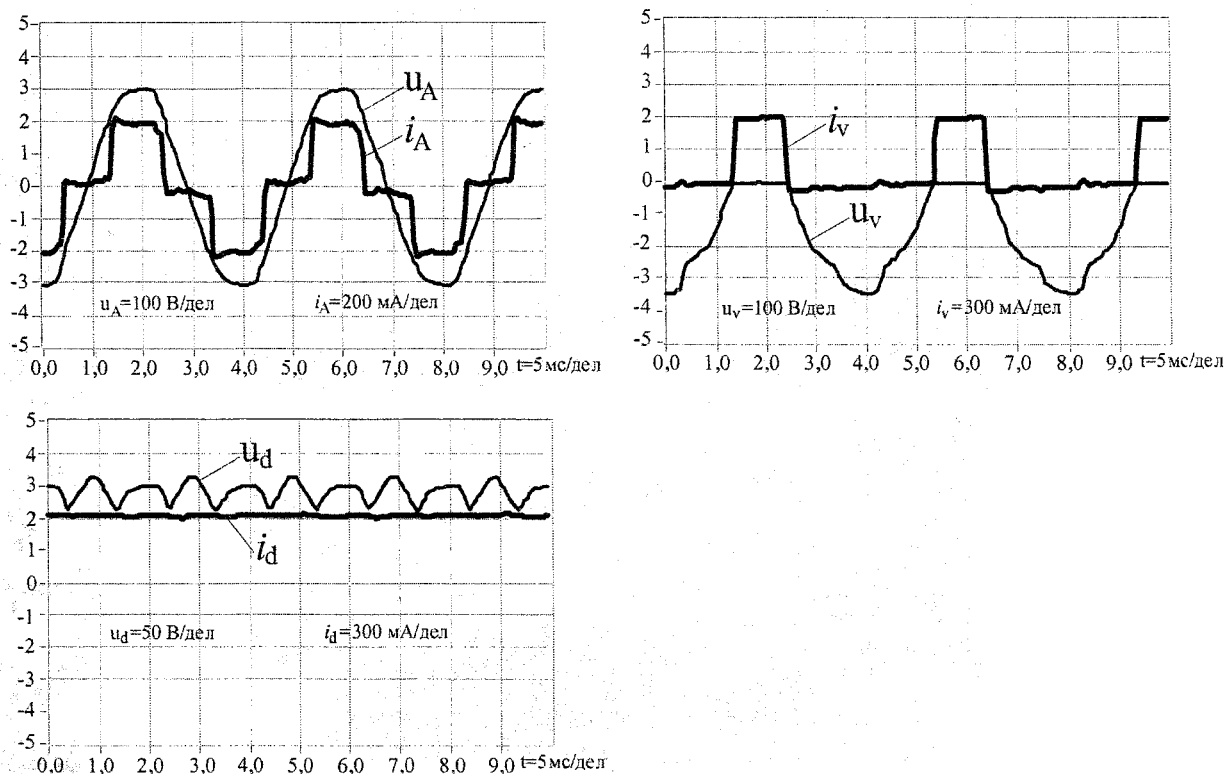


Рис. 2. Кривые токов и напряжений четырехфазного КП в некомпенсированном режиме

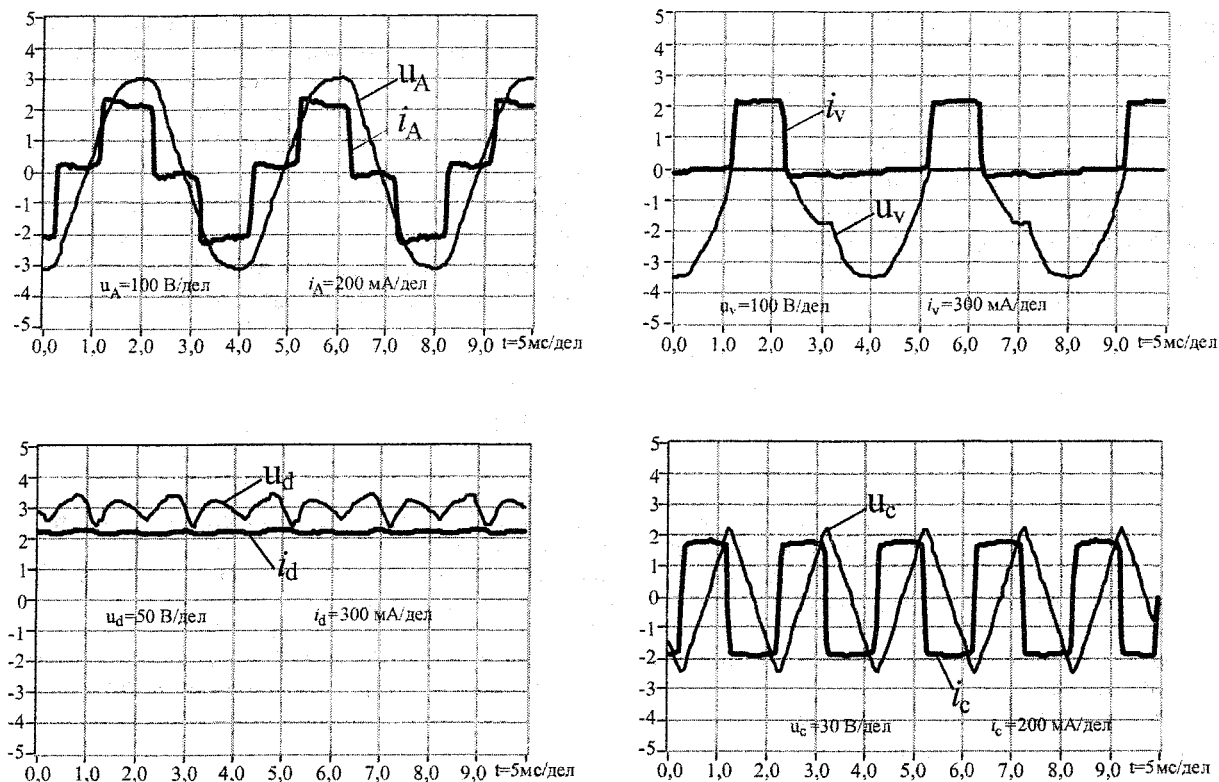


Рис. 3. Кривые токов и напряжений четырехфазного КП в компенсированном режиме

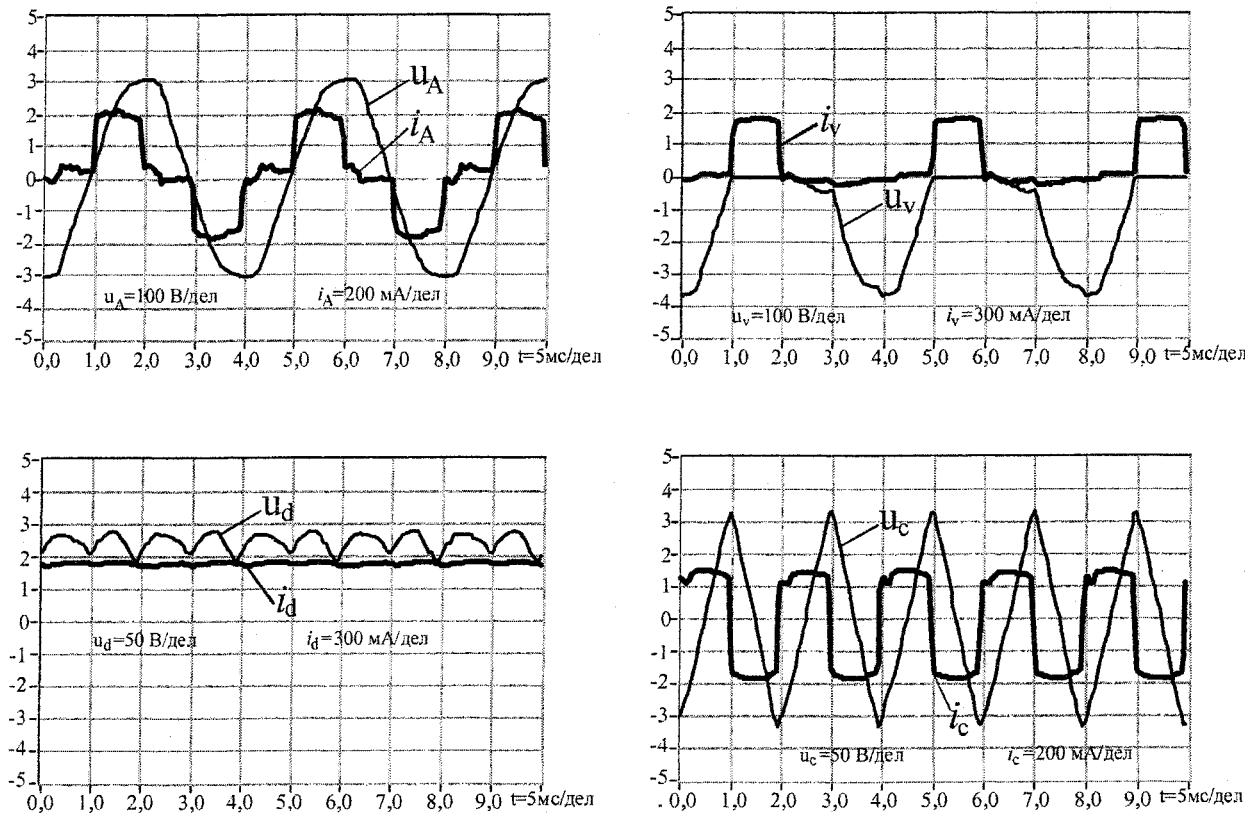


Рис. 4. Кривые токов и напряжений четырехфазного КП в режиме перекомпенсации

тока нагрузки, чем в других известных схемах преобразователей с той же частотой напряжения на конденсаторе.

Литература

1. Хохлов Ю.И., Ашамо Е.Г., Беляев А.В. Исследование электромагнитных процессов в четырехфазном компенсированном преобразователе при мгновенной коммутации вентилей// Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2004. – Вып. 5. – № 4(33). – С. 79–82.

2. Хохлов Ю.И., Ашамо Е.Г., Беляев А.В. Режимы работы четырехфазного компенсированного преобразователя с двойной частотой напряжения на конденсаторах// Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2004. – Вып. 5. – № 4(33). – С. 83–89.

3. Хохлов Ю.И., Ашамо Е.Г. Многофазные системы электроснабжения на основе четырехфазного компенсированного преобразователя// XXV Российская школа по проблемам науки и технологий, посвященная 60-летию Победы: Тезисы докладов. – Миасс: МСНТ, 2005. – С. 55.

Ашамо Еренго Габето в 1994 году окончил Донецкий Государственный Технический университет по специальности «Электроэнергетические системы и сети». Преподаватель кафедры электротехники Арбаминачского университета (Эфиопия). Аспирант кафедры «Системы электроснабжения» ЮУрГУ. Направление научной деятельности – силовая электроника.

Беляев Александр Владимирович в 2002 году окончил Южно-Уральский государственный университет. Ассистент кафедры «Системы электроснабжения» ЮУрГУ. Направление научной деятельности – силовая электроника.