DOI: 10.17117/na.2015.09.797

<http://ucom.ru/doc/na.2015.09.797.pdf>

Поступила (Received): 30.09.2015

Рогинская Л.Э., Горбунов А.С. Параметры потребляемого тока и выходного напряжения в управляемом выпрямителе с применением фазопреобразующего трансформатора

Roginskaya L.E., Gorbunov A.S.
Parameters of input current and output voltage in a controlled
rectifier using a phase-reformative transformer

Рассмотрены области применения ряда электротехнологических установок, требующих различные параметры электрической энергии. Дано описание и приведена принципиальная схема одного из разработанных фазопреобразующих трансформаторов для улучшения технико-экономических показателей электротехнологических установок, использующих выпрямленный постоянный ток. Рассмотрены и проанализированы основные параметры выпрямленного напряжения и потребляемого тока трехфазных и созданных многофазных выпрямителей с фазопреобразующими трансформаторами

Ключевые слова: выпрямитель, преобразование числа фаз, трансформаторный преобразователь числа фаз, коэффициент пульсаций, коэффициент гармоник

Рогинская Любовь Эммануиловна
Доктор технических наук, профессор
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

Горбунов Антон Сергеевич
Инженер
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

We considered fields of application of electrotechnological installations requiring different parameters of electric energy. The description and the schematic diagram of one of the developed phase-reformative transformers for improving of technical and economic parameters of the electrotechnological installations using a rectified direct current was provided. We showed and analyzed basic parameters of rectified voltage and input current of the three-phase and the created multiphase rectifiers with the phase-reformative transformers

Key words: rectifier, conversion of number of phases, transformer converter of number of phases, ripple factor, total harmonic distortion

Roginskaya Lyubov Emmanuilovna
Doctor of Engineering Sciences, Professor
Ufa state aviation technical university
Bashkortostan, Ufa, K. Marx st., 12

Gorbunov Anton Sergeevich
Engineer
Ufa state aviation technical university
Bashkortostan, Ufa, K. Marx st., 12

В настоящее время применяющиеся электротехнологические процессы требуют наличия источников питания с различными выходными параметрами. Это связано с тем, что разнообразные способы производства новых изде-

лий, их обработки могут осуществляться при параметрах потребляемой электроэнергии, отличающейся от параметров стандартного трехфазного тока электрической сети промышленной частоты. Например, можно отметить источники для установок, использующих постоянный ток для получения алюминия, высокочастотных индукционных нагревательных и плавильных комплексов, устройств для питания электрифицированных железных дорог и другие. Среди потребителей многофазного переменного тока особое место занимают установки, в которых используется многофазное выпрямление с целью улучшения показателей качества электрической энергии, таких как пульсации выпрямленного напряжения и гармонический состав кривой потребляемого из сети тока.

Известные решения в области преобразователей числа фаз в основном базируются на сложных устройствах [1] со значительными массогабаритными показателями. В связи с этим важной задачей является разработка новых источников питания многофазного переменного тока, которые бы обладали высокими технико-экономическими показателями. Для расширения области применения источников питания установок, потребляющих многофазный переменный ток, с возможностью регулирования выходных параметров и подключения к различным электротехнологическим устройствам предлагается использование управляемых многофазных выпрямителей.

Авторами был разработан ряд схемотехнических решений в области трансформаторных преобразователей числа фаз (ТПЧФ), защищенных патентами РФ [2, 3]. На рис. 1 показана принципиальная схема устройства, преобразующего входное трехфазное напряжение в выходное восемнадцатифазное [3].

Рис. 1. Принципиальная схема восемнадцатифазного ТПЧФ

Как известно [4], использование обычных трехфазных мостовых выпрямителей характеризуется потреблением несинусоидальных токов, содержащих

нечетные гармоники с первыми высшими номерами, равными 5 и 7. Выпрямленное напряжение таких устройств также отличается наличием кроме постоянной составляющей высших гармоник.

Одним из показателей качества выходного постоянного напряжения является коэффициент пульсаций [5]

$$K_{\Pi} = \frac{U_{1m}}{U_d}, \quad (1)$$

где U_{1m} – амплитуда пульсаций определенной (в основном первой) гармоники выпрямленного напряжения, В; U_d – среднее значение (постоянная составляющая) напряжения на выходе выпрямителя, В.

Для трехфазных мостовых выпрямителей коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения при угле регулирования 0 градусов составляет 0,057 [5]. При регулировании выходных параметров выпрямителя с ростом угла управления коэффициент пульсаций существенно возрастает.

Показателем качества энергии потребляемого переменного тока является коэффициент гармоник [5]

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_{(k)}^2}}{I_1}, \quad (2)$$

где I_k – действующие значения высших гармонических составляющих потребляемого преобразователем тока, А; I_1 – действующее значение первой гармоники потребляемого тока, А.

Как было выяснено из исследований [6], при использовании ТПЧФ для преобразования трехфазного напряжения в многофазное, например, девятифазное или двенадцатифазное, удастся значительно улучшить качество выпрямленного напряжения и потребляемого ТПЧФ тока.

На рис. 2, а приведена осциллограмма выпрямленного напряжения девятифазного выпрямителя, а на рис. 2, б показана осциллограмма тока, потребляемого девятифазным ТПЧФ, при угле управления 0 градусов [6].

а) выпрямленное напряжение; б) ток, потребляемый ТПЧФ

Рис. 2. Осциллограммы девятифазного преобразователя, полученные в ходе расчетов, при угле управления 0 градусов

При использовании девятифазного управляемого выпрямителя при 0 градусов коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения составил 0,0062, а первые высшие гармоники в кривой потребляемого установкой тока имели номера 17 и 19, а их амплитуды – не более 5-6% от основной гармоники [6]. То есть выпрямленное напряжение имеет гораздо меньшие пульсации (рис. 2, а), а форма кривой потребляемого тока (рис. 2, б) гораздо ближе к синусоидальной, по сравнению с трехфазными выпрямителями. С ростом угла регулирования коэффициент пульсаций возрастал, однако он был намного меньше, по сравнению с рассмотренным ранее трехфазным преобразователем.

Таким образом, при помощи ТПЧФ могут быть значительно улучшены показатели качества электрической энергии в установках, использующих выпрямленный ток, за счет многократного уменьшения пульсаций, исключения или уменьшения высших гармоник потребляемого тока, по сравнению с известными схемами трехфазных выпрямителей. Регулирование выходных параметров в управляемых выпрямителях с предлагаемыми ТПЧФ позволит расширить область применения источников питания с ТПЧФ и возможность их подключения к различным видам электротехнологических установок, в том числе с учетом изменения параметров нагрузки при работе устройства.

Список используемых источников:

1. Ворфоломеев Г.Н., Мятаж С.В., Щуров Н.И. Обзор схемных решений преобразователей числа фаз на трансформаторах // Совершенствование технических средств электрического транспорта. Вып. 2. Новосибирск, 2001. С. 78–96.
2. Рогинская Л.Э., Ялалова З.И. Патент РФ 126232, МПК H02M7/10. Многофазный преобразователь на базе фазопреобразующего трансформатора; заявл. 01.10.2012; опубл. 20.03.2013, Бюл. № 8. 2 с.
3. Рахманова Ю.В., Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Шилов П.В. Патент РФ 143244, МПК H02M5/14 Многофазный трансформаторный преобразователь числа фаз; заявл. 04.03.2014, опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20. 2 с.
4. Основы современной энергетики. Т. 2. М. 2008.
5. Зиновьев Г.С. Силовая электроника. М., 2015. 667 с.
6. Рогинская Л.Э., Горбунов А.С., Ялалова З.И. Улучшение электромагнитной совместимости преобразовательных устройств с сетью и нагрузкой с помощью многофазных трансформаторов // Электротехнические и информационные комплексы и системы, УГУЭС. 2014. № 3. Т. 10. С. 21–30.

© 2015, Рогинская Л.Э., Горбунов А.С.
Параметры потребляемого тока и выходного напряжения в управляемом выпрямителе с применением фазопреобразующего трансформатора

© 2015, Roginskaya L.E., Gorbunov A.S.
Parameters of input current and output voltage in a controlled rectifier using a phase-reformative transformer