

УДК 621.31

**ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
FEATURES OF COMPENSATION CONVERTERS**

Е.А. Шетик, С.П. Клопов

Научный руководитель – В.Н. Калечиц, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Viachaslaukn@gmail.com

E. Shetik, S. Klopov

Supervisor – V.Kalechyts, Senior Lecturer

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Аннотация: данная статья посвящена анализу принципиальных схем компенсационных преобразователей.

Abstract: in this article the attention is drawn to analysis of the schematic diagrams of compensation converters.

Ключевые слова: двенадцатифазный преобразователь, преобразователь с двойной частотой, мостовой преобразователь, реактивная мощность, уравнительный реактор.

Keywords: twelve-phase converter, double frequency converter, bridge converter, reactive power, equalizing reactor.

Введение

Передача по линиям больших значений реактивной мощности Q приводит к возрастанию потерь мощности в энергосистемах и снижению напряжения на приемной стороне линий электропередачи. Из-за большой реактивной мощности может наблюдаться уменьшение пропускной способности.

Источниками реактивной мощности помимо конденсаторов, синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей, тиристорных источников в сочетании с реактивными элементами (реакторами или конденсаторными батареями) могут быть компенсационные преобразователи. Компенсационные преобразователи могут работать в сочетании с компенсационными выпрямителями. Выбор типа устройства и мощность производится по техническим и экономическим соображениям.

Основная часть

Компенсационные преобразователи целесообразно использовать в электрических сетях с преобладанием потребителей электроэнергии, имеющих резко-переменный характер нагрузки. Основными элементами компенсационных преобразователей являются управляемые тиристоры в сочетании с реакторами и батареями конденсаторов. Регулируемый диапазон реактивной мощности определяется схемными решениями таких источников реактивной мощности (применительно к конкретному типу потребителей электроэнергии). В зависимости от схемных решений компенсационные преобразователи могут не только выдавать реактивную мощность, но и потреблять ее.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема компенсационного преобразователя с двойной частотой («схема КПИ»). В данной схеме со стороны катодов вентилях имеется уравнивательный реактор, к которому подключаются соединённый в треугольник конденсаторы.

При разряде и заряде этих конденсаторов происходит переход тока на очередную фазу, что воспринимается сетью как дополнительная выработка реактивной мощности [1].

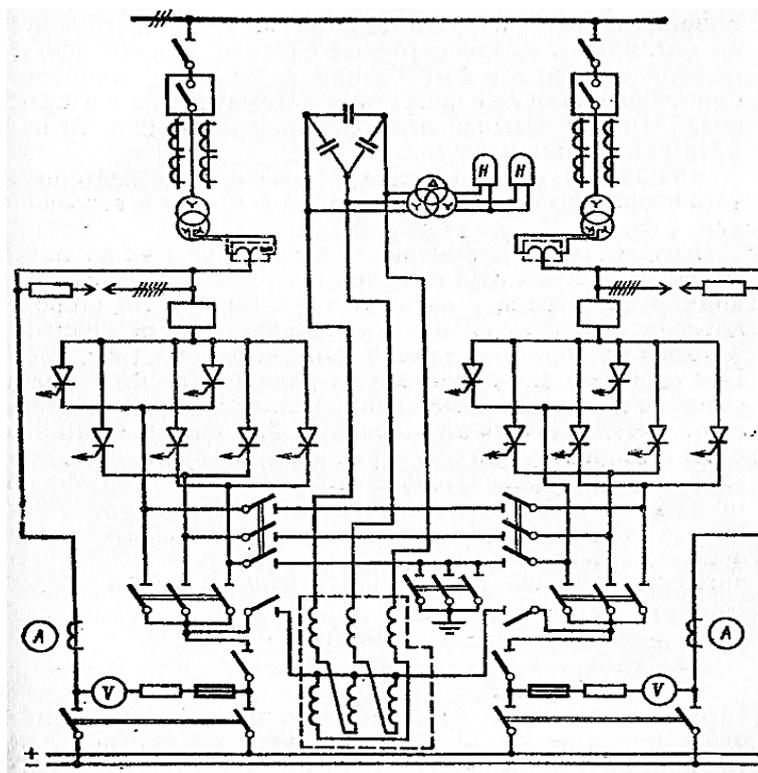


Рисунок 1 – Принципиальная схема компенсационного преобразователя с двойной частотой

Схема мостового преобразователя на силовых транзисторах изображена на рисунке 2. Дополнительно данный преобразователь оснащен устройством, состоящим из маломощного неуправляемого выпрямителя на диодах, катодного и анодного фильтров, вспомогательных транзисторов и диодов. Для начала разряда конденсатора необходимо подать управляющий импульс на включение силового транзистора этой фазы и одновременно на вспомогательный транзистор VT7. Заряд конденсатора осуществляется путём одновременного отключения силового транзистора в этой фазе и вспомогательного транзистора VT7 [2].

На рисунке 3 представлен условно-двенадцатифазный каскадный компенсационный преобразователь. Ток первичной обмотки 1 трансформатора определяется суммой токов вторичных обмоток 2, 3, 4 и 5. Токи каждой вторичной обмотки замыкаются поочередно через управляемые вентили 6, двухфазные уравнивательные катушки 7 и 8 и через коммутирующие конденсаторы 9. Группа конденсаторов 9 обеспечивает коммутацию токов в вентилях компенсационной части преобразователя при опережающем угле регулирования (напряжение на аноде вступающего в работу вентиля меньше, чем на аноде вентиля, заверша-

ющего работу). В результате реактивная составляющая анодного тока опережает анодное напряжение [3].

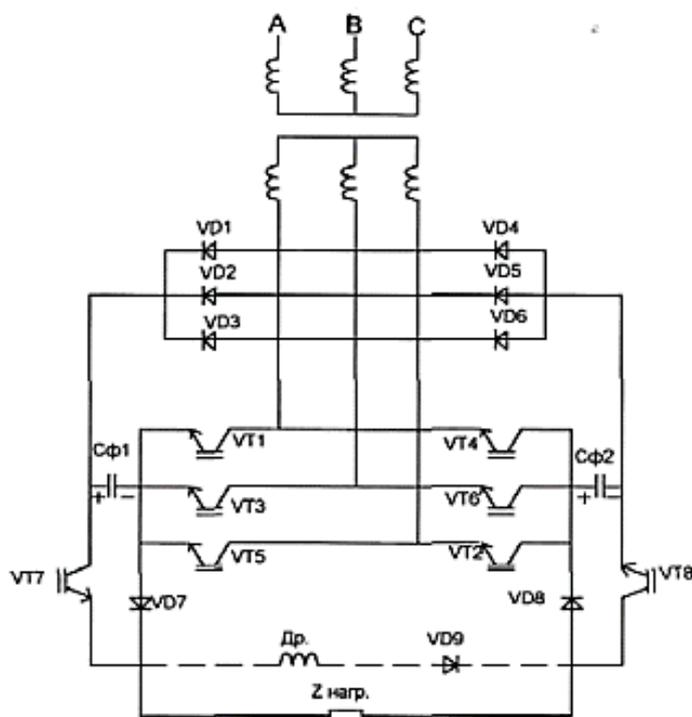


Рисунок 2 – Принципиальная схема мостового преобразователя на силовых транзисторах

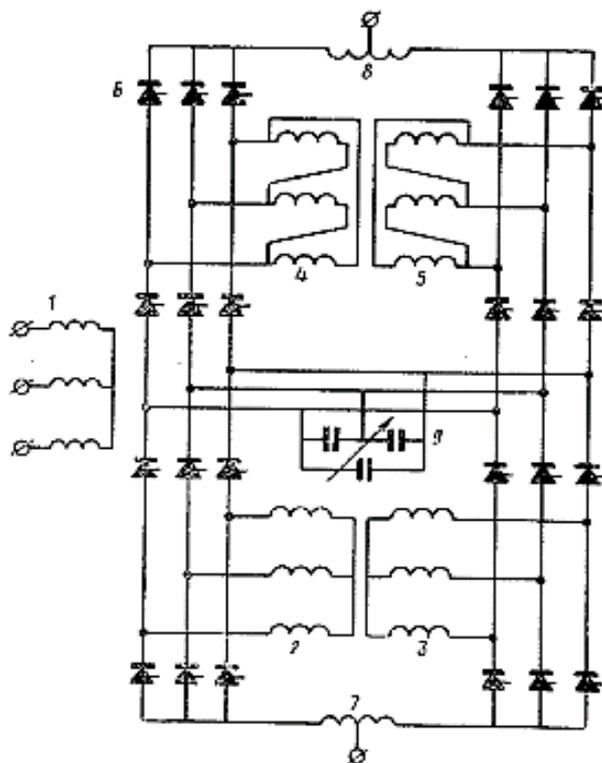


Рисунок 3 – Упрощенная принципиальная схема условно-двенадцатифазного каскадного компенсационного преобразователя

Рассмотрев принципиальные схемы компенсационных преобразователей, представленных на рисунках 1-3, был осуществлен сравнительный анализ, результаты которого сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнение схем компенсационных преобразователей

	Особенности	Достоинства	Недостатки	Применение
Компенсационный преобразователь с двойной частотой	Наличие уравнивающего реактора, который увеличивает установленную мощность на 25-30%. Большое количество вентилях, трансформаторов и прочих элементов	Схема даёт компенсирующую мощность, в 2,5-3 раза превышающую номинальную мощность конденсаторов	Генерирование высших гармоник тока в сеть; Необходима повышенная изоляция вентилях от рамы, трехфазный уравнивающий реактор и другое оборудование, требующее для размещения дополнительные площади	Крановые двигатели, вентиляционные системы, транспортное оборудование (лифты, конвейеры) и т.д.
Мостовой преобразователь на силовых транзисторах	Небольшое число элементов по сравнению с двумя другими схемами, отсутствие уравнивающего реактора	Небольшой размер трансформатора и меньшие пульсации; высокая скорость нарастания напряжения на транзисторах	Низкая способность генерации реактивной мощности; невысокое быстродействие; высокие коммутационные потери	Асинхронные двигатели, трансформаторы, сварочные установки, реакторы и т.д.
Условно-двенадцатифазный каскадный компенсационный преобразователь	Отсутствие уравнивающего реактора, из-за чего установленная мощность меньше, чем у компенсационного преобразователя с двойной частотой. Большое кол-во вентилях, наличие уравнивающих катушек	Высокая отдача регулируемой реактивной мощности по отношению к полной; преобразует энергию переменного тока в энергию постоянного или наоборот	Сложность конструкции; низкая отдача регулируемой реактивной мощности по отношению к полной; перегрузка коммутирующих конденсаторов	Цветная металлургия, электрофицированный транспорт, химическая промышленность, устройства для передачи энергии на постоянном токе

Заключение

Рассмотренные три схемы имеют хорошие технические характеристики на сегодняшний день. Однако не следует забывать о том, что каждая из этих схем имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому поиск наилучшего ре-

шения, максимально соответствующего поставленному техническому заданию, будет оставаться задачей разработчика.

Можно выделить принципиальную схему компенсационного преобразователя с двойной частотой. Наличие уравнивающего реактора позволяет увеличить установленную мощность преобразователя до 30%. Несмотря на наличие большого числа коммутационных элементов, экономических затрат и затрудненностью обслуживания по сравнению с другими двумя схемами, принципиальная схема компенсационного преобразователя с двойной частотой не теряет своей актуальности на сегодняшний день.

Литература

1. Мукосеев, Ю. Л. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов по специальности "Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства" / Ю. Л. Мукосеев. – Москва: Энергия 1973. – 583 с.

2. Энергосберегающая технология преобразования переменного тока в постоянный ток [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ispu.ru/files/2007-02-19.pdf>. – Дата доступа: 26.04.2023

3. Условно-двенадцатифазный каскадный компенсационный преобразователь: пат. SU 410523 / Рябчий В. П., Чижено И. М. – Опубл. 05.01.1974.