

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ С УЧЕТОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

После изобретения первых полупроводниковых элементов – транзисторов, в мире стали разрабатываться различные схемы питания маломощных двигателей. Радикальные изменения в схемотехнике произошли с изобретением мощного полууправляемого ключа – тиристора, созданного в 1955 году усилиями Д. Молла, М. Танненбаума, Д. Голдея и Н. Голоныяка, что позволило создавать системы управления двигателями переменного тока. С развитием микропроцессорной техники стало возможным практическое использование дискретных систем управления [1,2].

В настоящее время наиболее распространенная структура автоматизированного электропривода состоит из асинхронной электрической машины с короткозамкнутым ротором, преобразователя частоты (ПЧ) со звеном постоянного тока, со скалярным или векторным управлением, и управляющего контроллера.

Однако, в последнее время, с развитием полупроводниковой силовой элементной базы и появлением двунаправленных управляемых ключей IGBT появился отдельный класс ПЧ с преобразованием параметров источника переменного тока (амплитуды, частоты) в напряжение, необходимое для питания нагрузки – матричный преобразователь (МП), представленный на рисунке 1 [3].

Использование оптимизированных алгоритмов управления на основе широтно-импульсной модуляции делает МП наиболее конкурентоспособным и наиболее перспективным направлением развития преобразовательной техники по сравнению с преобразователями со звеном постоянного тока и автономным инвертором напряжения (АИН) [4].

МП имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционной моделью ПЧ: обеспечивает синусоидальную форму входного и выходного сигнала с минимальным коэффициентом высших гармоник; обладает способностью двунаправленного обмена энергией; полный контроль входного коэффициента мощности; минимальное накопление энергии, что позволяет избавиться от применения громоздких недолговечных конденсаторов.

Следует отметить, что при нагрузке индуктивного характера коммутация ключей вызывает возникновение импульсных перенапряжений. Для снижения выбросов напряжения может быть использована демпфирующая схема, состоящая из трехфазных диодных мостов, подключенных к входу и выходу преобразователя, и общей емкости. Накапливаемая при коммутации ключей энергия в емкости сбрасывается в балластный резистор или рекупируется в сеть с помощью специального блока сброса или рекуперации энергии (БСРЭ). Для контроля напряжения на демпфирующем конденсаторе предусмотрен блок выключения преобразователя, если напряжение превысит установленное значение. Этот блок также используется для контроля работы IGBT - транзисторов и их драйверов. Защита ключей по току реализуется на программном и аппаратном уровнях. Информация о нагрузке ключей поступает с быстродействующих датчиков тока, установленных в каждой входной и выходной фазах преобразователя. Входной L-С фильтр обеспечивает ЭМС преобразователя с первичным источником питания.

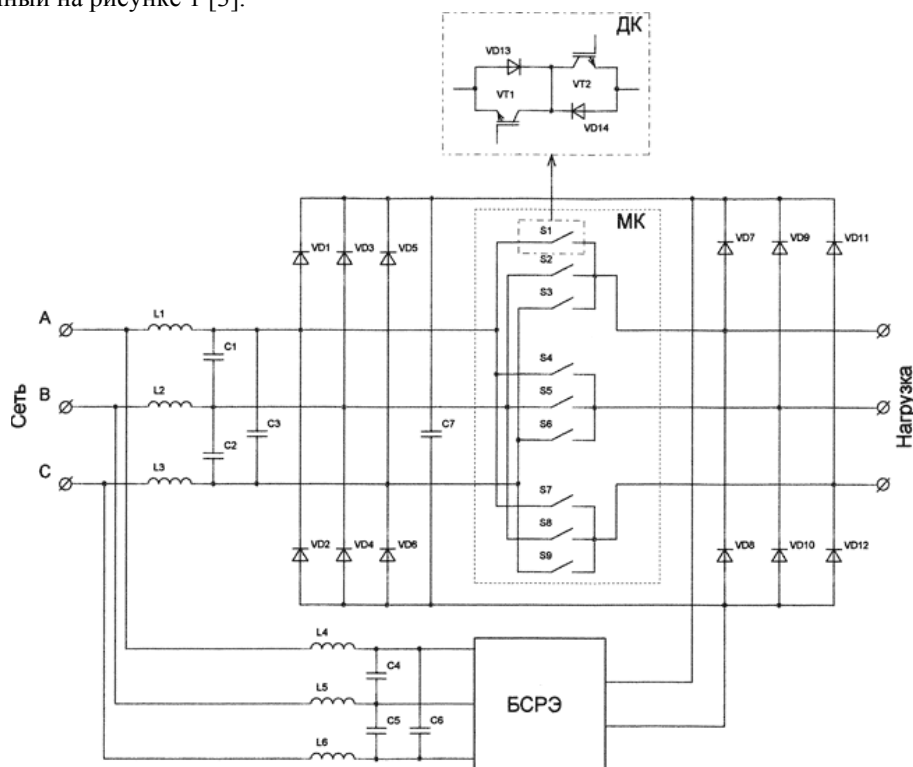


Рисунок 1 – Электрическая схема матричного преобразователя

В программной среде MatLab Simulink были разработаны две имитационные модели асинхронных приводов. На рисунке 2 представлены для сравнения графики выходного напряжения МП и традиционного преобразователя со звеном постоянного тока. Выходное напряжение АИН может принимать только два дискретных значения, подключаясь к положительному либо отрицательному выводу источника постоянного тока. Алгоритм коммутации ключей в МП основывается на стратегии формирования желаемого выходного напряжения из частей периодических функций трехфазного входного напряжения. (Авторами ведутся разработки эффективных алгоритмов коммутации ключей в МП и схемотехники этих устройств).

При работе МП входные токи имеют лучший гармонический состав по сравнению с преобразователями с диодным мостовым выпрямителем, чей гармонический спектр содержит большое количество низкочастотных гармоник (рисунк 3).

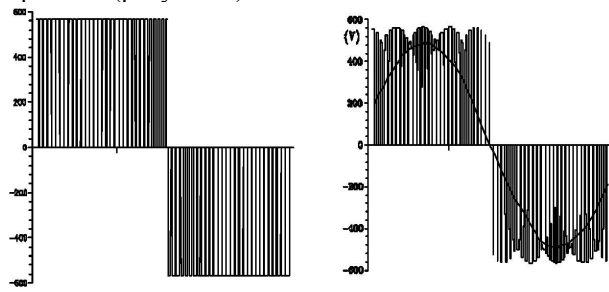


Рисунок 2 – Графики выходного напряжения преобразователя со звеном постоянного тока и МП

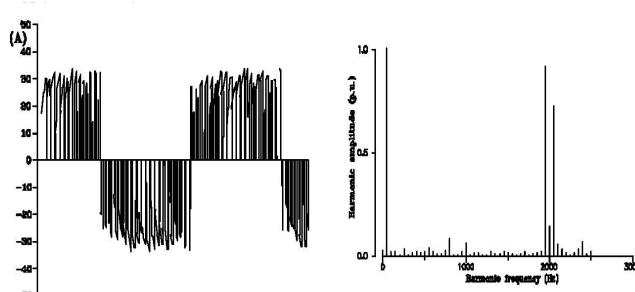
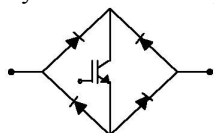


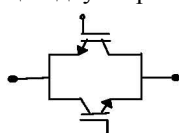
Рисунок 3 – График входного тока матричного преобразователя и его гармонический спектр

Анализируя основные особенности МП, удивительным является тот факт, что такая топология преобразователя до сих пор не нашла широкого применения. Проблемы использования МП связаны с практической реализацией двунаправленных ключей, однако эта проблема постепенно находит свое решение.

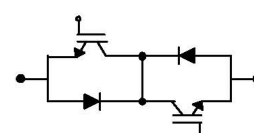
На рисунке 4 показаны различные конфигурации двунаправленных ключей.



а) Диодный мост с одним IGBT транзистором



б) Два встречно включенные IGBT транзистора с последовательно включенными диодами



в) Два встречно включенные p-n IGBT транзистора с обратными блокирующими диодами

Рисунок 4 – Возможные дискретные исполнения двунаправленных ключей

Компании Fuji Electric, Semelab, Mitsubishi, International Rectifier разрабатывают силовые модули на IGBT транзисторах. В настоящее время разработаны модули, содержащие три двунаправленных ключа в одном корпусе, рассчитанные на напряжение 600 В и ток 300 А. Функции управления матричной структурой авторами реализуются с помощью DSP-микроконтроллера фирмы Texas Instrument TMS320F2812 и программируемой логической матрицы ПЛМ [5].

Структура МП позволяет обеспечить как повышение, так и понижение частоты выходного напряжения по отношению к частоте первичного источника. Кроме этого применение матричной структуры повышает надежность системы. При отказе одной из фаз первичного источника алгоритм управления может быть адаптирован к работе с оставшимися фазами входного напряжения, обеспечивая выходное напряжение более низкого качества, но достаточное для работы электропривода.

МП особо перспективны для построения высоконадежных электроприводов средней и большой мощности, сервоприводов, которые характеризуются лучшими энергетическими и массогабаритными показателями.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Чехет Э.М., Соболев В.Н., Михальский В.М., Шаповал И.А., Полищук С.И. Тенденции развития матричных преобразователей для асинхронного электропривода // Вісник НТУ "ХП" Тематичний випуск, Проблеми автоматизованого електропривода. – Харків: НТУ "ХП", 2005, № 45.-544 с.
- 2 Непосредственные преобразователи частоты для электроприводов / Чехет Э.М., Мордач В.П., Соболев В.Н. – Киев: Наук. думка. 1988 – 224 с.
- 3 Шавьолкін О.О., Наливайко О.М. Перетворювальна техніка: навчальний посібник / Під загальною редакцією канд. техн. наук, доц. О.О. Шавьолкіна. – Донецьк-Краматорськ: ДДМА, 2003. – 330 с.
- 4 Mahesh Swamy, Tsuneo Kume Present state and a futuristic vision of motor drive technology
- 5 P.W. Wheeler, P. Kearns, K.J. Bradley, L. de Lillo, P. Robson, C. Whitley, J.C. Clare, L. Empringham, S. Pickering, D. Lampard, G. Towers Электромеханический привод с преобразователем матричного типа и электрической машиной с постоянным магнитом в приводе руля направления самолета.