

СИЛОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ПИТАНИЯ ФАЗНЫХ ОБМОТОК ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Миускин Ю.В.

Донецкий государственный технический университет

Yuri@mn.dc.donetsk.ua

A different types of the power convertor for electric drive with Switched Reluctance Motor at microprocessor control are described in the article. The principle scheme of the advanced power convertor, more simple and less expensive, than used usually, without deterioration of the characteristics is offered.

Важнейшей частью электропривода с вентильно-реактивным двигателем (ВРД) является силовой преобразователь (СП), обеспечивающий возможность формирования тока в фазах обмотки двигателя по законам, заложенным в программу микропроцессорного устройства управления. Этот узел в значительной степени определяет энергетические и экономические показатели привода. В настоящее время наиболее известны и применяются две схемы СП, которые формируют однополярные импульсы тока и отрабатывают три режима коммутации фаз обмотки – это схема асимметричного полумоста и схема Миллера [1], [2].

Вариант СП по схеме асимметричного полумоста является наиболее универсальным по функциональным возможностям (рис.1) и позволяет запитывать фазы ВРД независимо друг от друга в любых комбинациях. В установившемся режиме работы мощность, рассеиваемая каждым транзистором и каждым диодом, одинакова; поэтому применяются однотипные полупроводниковые приборы. Двигатель подключен к СП с помощью восьми силовых проводников. Частота коммутации фаз двигателя с таким СП ограничена частотными свойствами полупроводниковых приборов. Сдерживающим фактором для широкого применения такого СП является большое количество полупроводниковых приборов, а следовательно, и высокая стоимость, что особенно заметно в случае мощного электропривода.

Недостаток схемы – низкое использование по току полупроводниковых приборов (для четырехфазного ВРД менее 25 %).

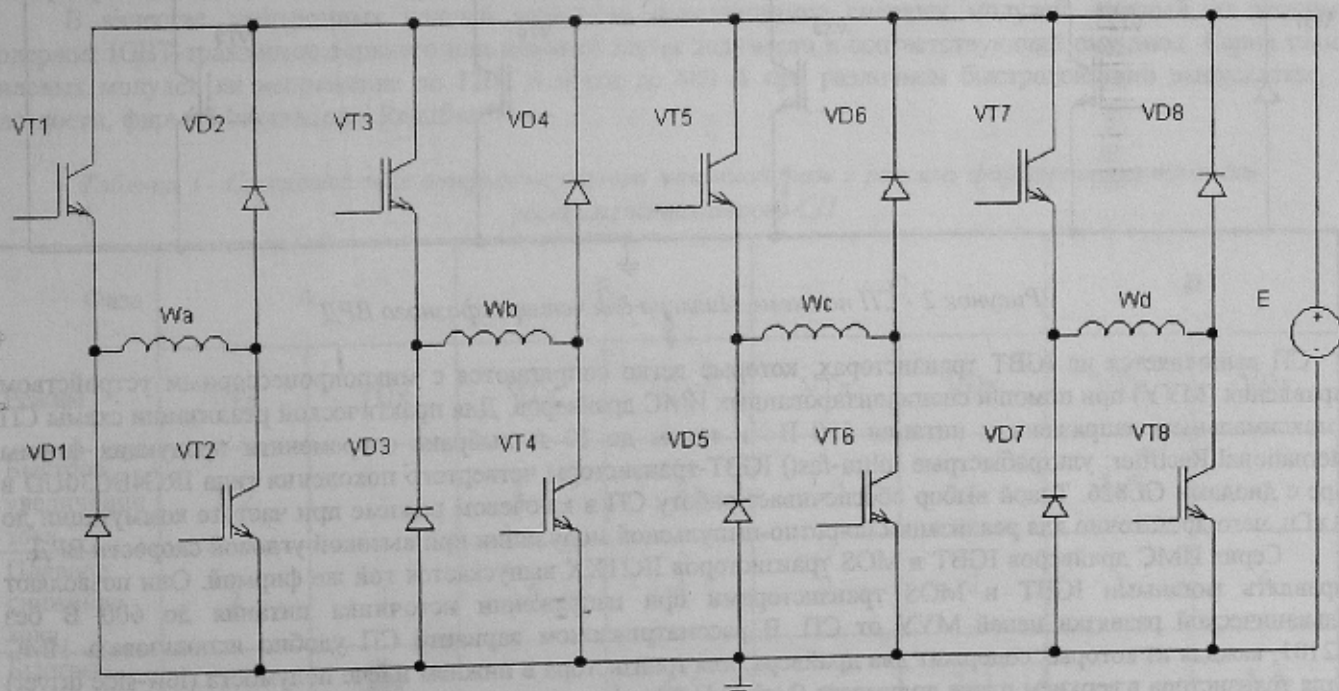


Рисунок 1 - Схема СП четырехфазного ВРД на основе асимметричного полумоста

Схема Миллера является значительным упрощением предыдущей (рис.2). В ней асимметричный полумост для каждой фазы образуется из «общего» для всех четырех фаз транзистора VT1 и диода VD1, а также «собственного» транзистора VT2-VT5 и диода VD2-VD5 для фаз A-D соответственно. СП по такой схеме не позволяет использовать одновременную коммутацию нескольких фаз, поскольку при попытке выключить одну из фаз, никакая другая не сможет получать энергию от источника питания до полного прекращения тока в этой фазе, т.е. пока не закроется «общий» диод VD1. Только после этого можно включить транзистор VT1 и один из транзисторов VT2-VT5. Как следует из алгоритма работы такого СП, мощность «общего» транзистора VT1 и диода VD1 должна превышать в четыре раза мощность «фазных» транзисторов VT2-VT5 и диодов VD2-VD5.

Обмотка двигателя соединена в «звезду» и для четырехфазного двигателя подключена к СП пятью проводниками, а сама схема содержит минимальное количество элементов, что делает выгодным применение в маломощном приводе при относительно низкой угловой скорости ротора двигателя.

Компромиссным вариантом между широкими функциональными возможностями и полной использованием полупроводниковых приборов схемы асимметричного полумоста и простой, недорогой схемой Миллера является усовершенствованная схема СП, представленная на рис. 3.

Она отличается от традиционных схем полнотой функциональных возможностей при минимальном числе силовых электронных компонентов, более полным использованием электронных ключей по току.

В ней используется по одному «общему» транзистору и диоду на каждую пару фаз – VT2, VD2 для питания А и С, и VT5, VD5 для В и D. Транзисторы VT2, VT5 и диоды VD2, VD5 работают каждый по два раза за период и рассеивают мощность в два раза больше остальных. Такой СП содержит шесть транзисторов и шесть диодов и подключается к четырехфазному ВРД шестью проводниками.

Схема реализует возможность независимой отработки любого из трех режимов формирования тока: быстрое увеличение тока, плавное снижение тока, быстрое снижение тока для любых двух фаз, расположенных в порядке следования. Соответствие открытых ключей активной фазе и режиму формирования тока для усовершенствованного СП представлены в табл. 1.

Особо следует отметить удобство установки четырех транзисторов VT1, VT3, VT4, VT6 на одном теплоотводящем радиаторе без изолирующих прокладок.

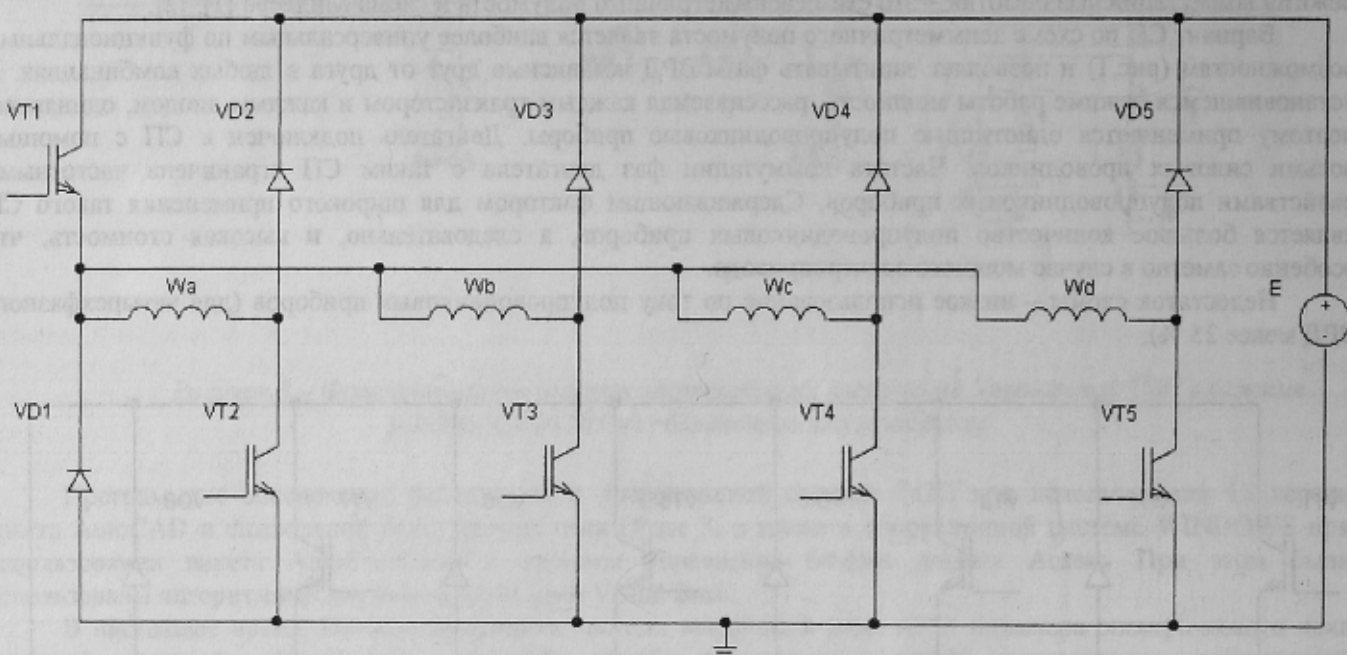


Рисунок 2 - СП по схеме Миллера для четырехфазного ВРД

СП выполняется на IGBT транзисторах, которые легко сопрягаются с микропроцессорным устройством управления (МУУ) при помощи специализированных ИМС драйверов. Для практической реализации схемы СП с максимальным напряжением питания 550 В и током до 10 А выбрана современная продукция фирмы International Rectifier: ультрабыстрые (ultra-fast) IGBT-транзисторы четвертого поколения типа IRG4BC30UD в паре с диодами GL826. Такой выбор обеспечивает работу СП в ключевом режиме при частоте коммутации до 40 кГц, чего достаточно для реализации широтно-импульсной модуляции при высокой угловой скорости ВРД.

Серия ИМС драйверов IGBT и MOS транзисторов IR21XX выпускается той же фирмой. Они позволяют управлять мощными IGBT и MOS транзисторами при напряжении источника питания до 600 В без гальванической развязки цепей МУУ от СП. В рассматриваемом варианте СП удобно использовать ИМС IR2101, каждая из которых содержит два драйвера: для транзистора в нижнем плече полумоста (low-side driver) и для транзистора в верхнем плече полумоста (high-side driver).

Для эффективного управления ВРД необходимо непрерывно контролировать и формировать определенным образом токи в активных фазах, для чего следует обеспечить их измерение и преобразование в цифровую форму для ввода и обработки в МУУ с последующей их коррекцией.

Датчики тока фаз могут быть включены в эмиттерные цепи «общих» для фаз А, С и В, D транзисторов VT2 и VT5 соответственно и могут быть выполнены в виде шунтов. При этом токи фаз должны всё активное время работы соответствующих фаз протекать через эти транзисторы. Следовательно, модуляция тока должна осуществляться управлением «верхними» транзисторами VT1, VT3, VT4, VT6 для фаз А, С, В и D соответственно.

Для сопряжения СП с МУУ необходимо минимум четыре линии портов вывода, управляющих транзисторами VT1, VT3, VT4, VT6, а управление VT2 и VT5 может выделяться из этих сигналов по логике

«ИЛИ». Такая минимизация дает существенную выгоду при необходимости гальванической развязки МУУ от цепей СП.

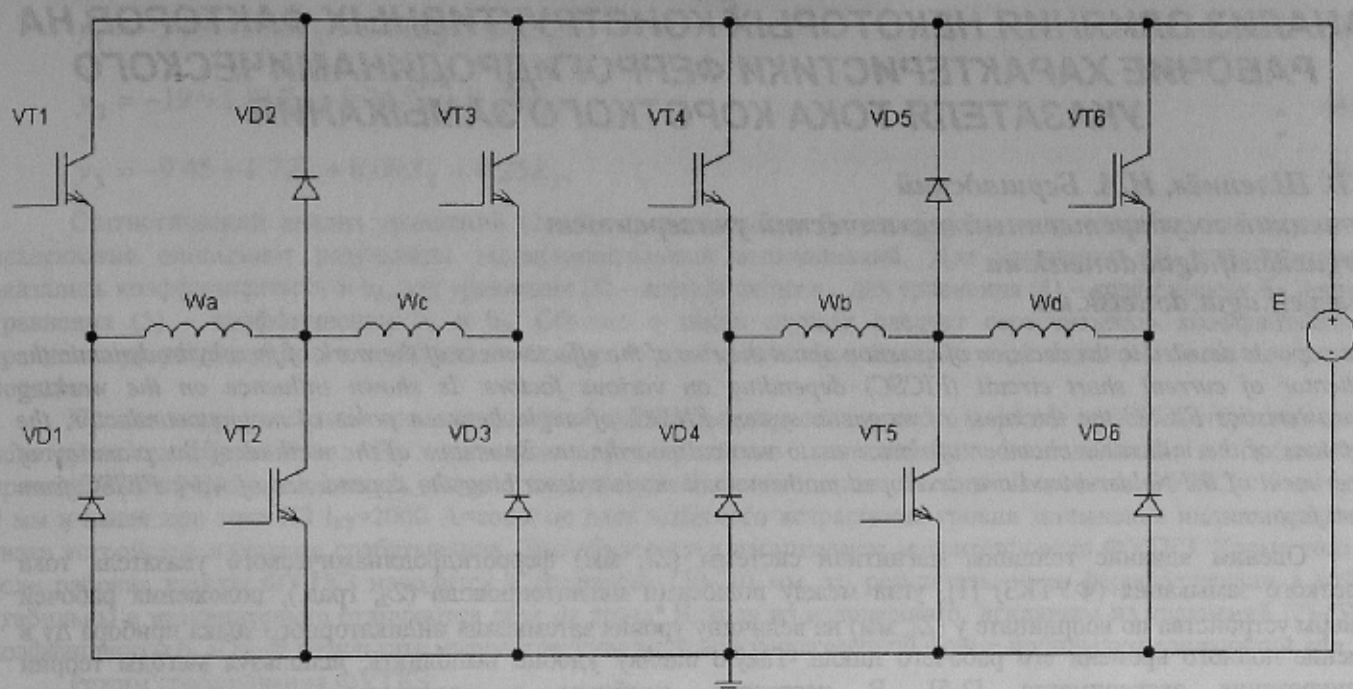


Рисунок 3 - Усовершенствованная схема СП для четырехфазного ВРД

Испытан СП по усовершенствованной схеме совместно с макетом четырехфазного ВРД мощностью 130 Вт. Получено подтверждение работоспособности усовершенствованной схемы СП во всех требуемых режимах работы электропривода. Планируется применение предложенной схемы СП в опытном экземпляре электропривода с ВРД мощностью 16 кВт для рудничного электровоза.

В качестве электронных ключей возможно использование силовых модулей, каждый из которых содержит IGBT-транзистор верхнего или нижнего плеча полумоста и соответствующий ему диод. Серия таких силовых модулей на напряжение до 1200 В и ток до 400 А при различном быстродействии выпускается, в частности, фирмой International Rectifier.

Таблица 1 - Соответствие открытых ключей активной фазе и режиму формирования тока для усовершенствованного СП

Фаза	А		В		С		D	
	VTx	VDx	VTx	VDx	VTx	VDx	VTx	VDx
Быстрое увеличение тока	1, 2	-	4, 5	-	2, 3	-	5, 6	-
Плавное снижение тока	2	1	5	4	2	3	5	6
Быстрое снижение тока	-	1, 2	-	4, 5	-	2, 3	-	5, 6

ЛИТЕРАТУРА

1. Бычков М.Г. Элементы теории вентильно-индукторного электропривода. //Электричество, 1997, №6, с.35-44.
2. Texas Instruments Europe. Digital signal processing solutions for the switched reluctance motor. July 1997.