

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Дудник М.З., д.т.н., Васильев Л.А., к.т.н.,
Демченко Г.В., асп., Мнускин Ю.В., студ.*

Реактивные вентильные двигатели средней и большой мощности относятся к новым разработкам в области электрических машин. Простота конструкции, высокая надежность, хорошие удельные показатели обуславливают перспективность использования реактивных вентильных двигателей для самых различных систем электропривода, режимов эксплуатации и условий работы.

Вентильный двигатель, как известно, представляет собой электромеханический преобразователь, снабженный электронной системой управления. Конструкции электромеханического преобразователя и схемное решение системы управления отличаются разнообразием и привязываются к конкретным условиям эксплуатации.

На кафедре электрических машин ДонГТУ разработана конструкция вентильного двигателя реактивного типа для привода рудничного электровоза. Электромеханический преобразователь двигателя выполнен из восьмиполусного статора с сосредоточенными якорными обмотками на полюсах и шестиполусного ротора из магнитомягкой стали без обмотки. Катушки якорных обмоток противоположных полюсов статора соединены последовательно и образуют четыре фазы. При поочередном включении фаз за счет сил магнитного притяжения между возбужденными полюсами статора и полюсными выступами ротора последний приводится во вращение. Регулирование частоты вращения ротора основано на широтно-импульсной модуляции тока статорной обмотки. Сущность этого метода регулирования заключается в том, что путем изменения времени обтекания током фаз обмотки изменяется среднее значение тока фазы и, в итоге, вращающий момент двигателя.

Очередность включения фазных обмоток и длительность их возбужденного состояния задается системой управления. Система управления состоит из блока датчиков положения ротора (ДПР), силового тиристорного преобразователя (ТП) и сервисной схемы управления (СУ).

Силовой тиристорный преобразователь может быть выполнен на незапираемых тиристорах с применением узла принудительной коммутации. Анализ схем такого тиристорного преобразователя дан в работе [1]. Более перспективной представляется схема с использованием запираемого тиристора. Запираемый тиристор VS0 включается в общую часть схемы (рис.1), а последовательно с фазными обмотками включены незапираемые тиристоры VS1-VS4. При одновременном открывании общего тиристора VS0 с одним из фазных тиристоров обмотка соответствующей фазы подключается к источнику питания. Отключение рабо-

тающей фазы происходит при подаче запирающего импульса на тиристор VS0, при этом открытый фазный тиристор запирается естественным путем.

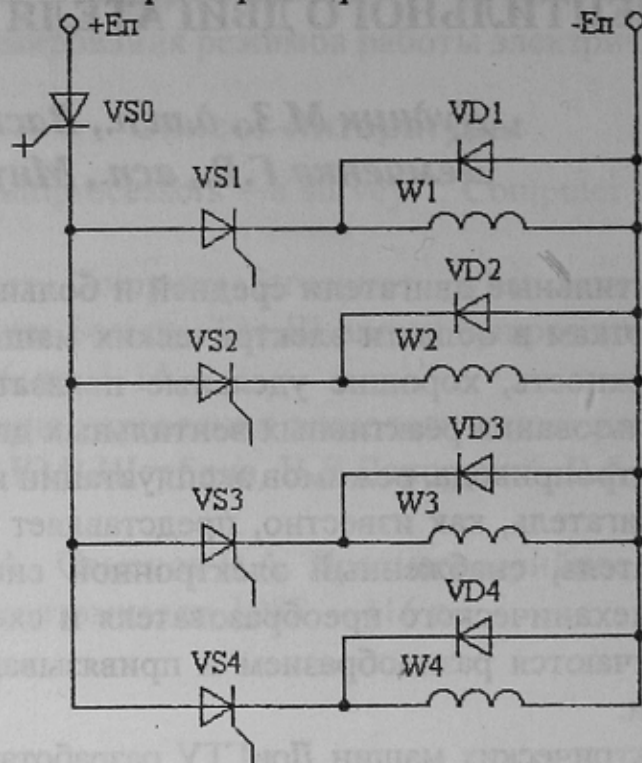


Рисунок 1 – Схема силового тиристорного преобразователя

Использование запираемого тиристора позволяет исключить наиболее ненадежный узел тиристорного преобразователя – узел принудительной коммутации с конденсатором достаточно больших габаритов. Следует отметить, что более простое на первый взгляд решение – использовать запираемые тиристоры в фазах обмотки и исключить общий тиристор VS0, не является целесообразным, поскольку приводит к неоправданному удорожанию преобразователя и к существенному усложнению схемы. Усложнение схемы управления вызвано тем обстоятельством, что для запираания тиристоров необходимо в цепях управления ими создать импульсы запирающего тока, составляющие 17...25 % от прямого тока фазы.

В первоначальном варианте разработанного двигателя были применены индуктивные датчики положения ротора трансформаторного типа. Проведенные исследования показали неэффективность таких датчиков вследствие недостаточной крутизны передаточной характеристики и чрезмерно широкой зоны срабатывания. Из-за малых расстояний между датчиками устойчивой работы двигателя с индуктивными ДПР добиться не удалось.

Положительные результаты получены при использовании датчиков положения на основе магнитоуправляемых интегральных микросхем K1116КП2. Такие датчики имеют очень узкую гистерезисную характеристику с унифицированным выходным сигналом, то есть по существу являются датчиками цифрового типа. Это

позволило исключить аналоговые и промежуточные узлы из схемы управления (операционные усилители сигналов индуктивных ДПР, формирователи импульсов).

Сервисная схема управления, состоящая только из логических и цифровых устройств, имеет значительно большую надежность, помехозащищенность и температурную стабильность. Последнее качество особенно важно, так как по условиям эксплуатации система управления помещается в герметичную взрывозащищенную оболочку и вследствие ухудшенных условий охлаждения перепад температур при работе двигателя может быть значительным.

Наиболее ответственным узлом схемы управления является звено регулирования частоты вращения двигателя – широтно-импульсный модулятор (ШИМ). Ввиду отсутствия схем цифровых ШИМ, приемлемых для применения в системе управления вентильного двигателя рудничного электровоза, потребовалось разработка широтно-импульсного модулятора, формирующего линейную характеристику управления.

Сложность решения поставленной задачи связана с тем, что частота запускающих ШИМ импульсов пропорциональна частоте вращения ротора электродвигателя. Поэтому для обеспечения максимально возможной зоны чувствительности регулятора необходимо в соответствии с частотой вращения осуществлять автоматическое переключение длительности выходных импульсов, формируемых устройством ШИМ. В данном устройстве эта задача решается с помощью введения в схему функционального узла, осуществляющего непрерывный контроль частоты вращения ротора электродвигателя и в соответствии с ее значением изменяющего крайние значения формируемых временных интервалов. Этот узел обеспечивает 32 дискретных поддиапазона, внутри каждого из которых возможно плавное регулирование длительности формируемого импульса в пределах от $T_{n\min}$ до $T_{n\max}$ (где n – номер поддиапазона), причем диапазон регулирования $T_{n\max}/T_{n\min} = 100$ и ограничен лишь возможностями примененного задающего генератора импульсов. Переключение поддиапазонов осуществляется автоматически. Имеется возможность произвольного задания интервалов $T_{n\min}$ и $T_{n\max}$ для каждого поддиапазона из существующего их набора, равного 32. Устройство полностью собрано на элементах цифровой техники, что обеспечивает высокие эксплуатационные параметры: надежность, простоту настройки, малую зависимость формируемых временных интервалов от температуры, простое сопряжение с остальными блоками и не требует биполярного источника питания. Это выгодно отличает разработанное устройство от аналогичных по функциям ШИМ, конструируемых часто на базе ОУ с использованием формирователя линейно-изменяющегося напряжения и компаратора.

Функциональная схема цифрового ШИМ показана на рис. 2.

