

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА НА ОСНОВЕ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Буряк А.Д., магистрант; Ставицкий В.Н., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Задача регулирования механических параметров тягового привода шахтного электровоза в настоящее время решается посредством применения в качестве приводного - двигателя постоянного тока последовательного возбуждения [1]. Однако, сложность конструкции обуславливает относительно невысокую надежность тягового двигателя и повышенные требования к его обслуживанию.

В связи с этим актуальна задача разработки альтернативного тягового привода, лишённого недостатков привода постоянного тока. Одним из возможных вариантов является применение для этой цели бесколлекторных двигателей переменного тока. В этом отношении лучшими показателями обладают двигатели переменного тока, а также вентильные двигатели.

Эффективным решением задачи разработки альтернативного тягового привода является применение для этой цели бесколлекторного двигателя переменного тока, в качестве которого может быть использован вентильный двигатель (ВД) с возбуждением от высокоэнергетических постоянных магнитов на роторе.

ВД обладают целым рядом конструктивных и технико-эксплуатационных преимуществ, по отношению к существующим типам электрических машин: отсутствие узлов, требующих техобслуживания – бесколлекторная машина; обеспечение взрывобезопасности; большая перегрузочная способность по моменту, что обеспечивает возможность применения в тяговом приводе; высокое быстродействие, возможность оптимизации режимов работы по скорости и нагрузке; наивысшие энергетические показатели (КПД более 90% и $\cos\varphi$ более 0,95); высокая надежность и повышенный ресурс работы; низкий перегрев электродвигателя, при работе в режимах с возможными перегрузками.

Преимущества ВД с электронными системами управления объединяют в себе лучшие качества бесконтактных двигателей и двигателей постоянного тока, а часто и превосходят их.

Рассмотрим принципы управления и особенности построения электропривода на основе использования ВД.

В ВД щеточный аппарат заменен полупроводниковым коммутатором, якорь находится на статоре, а ротор представляет собой постоянный магнит [2]. Упрощенная схема трехфазного вентильного двигателя с двухполюсным ротором представлена на рис. 1.

Важным элементом ВД является датчик положения ротора (ДПР). Наиболее целесообразно использовать двигатель с фотоэлектрическим датчиком, так как он практически безинерционен. Двоичный код, получаемый с ДПР, фиксирует шесть различных положений ротора. ДПР генерирует периодические сигналы, по которым происходит управление силовыми ключами коммутатора

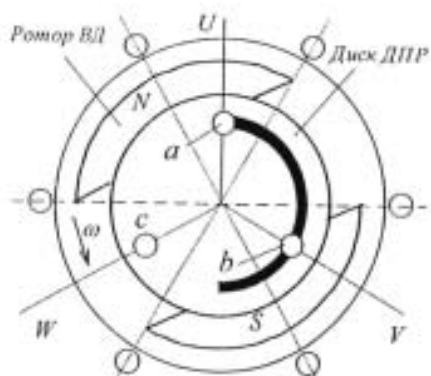


Рисунок 1 – Схема вентиляционного двигателя

ротора VT1-VT6, подключая к сети соответствующие обмотки статора, так, что в каждый такт (фазу) работы ВД включены два ключа и к сети подключены последовательно две из трех обмоток якоря. Обмотки якоря U, V, W расположены на статоре со сдвигом на 120° . Временная диаграмма работы ВД представлена на рис. 2, где i и e – фазные токи и значения ЭДС; a, b, c – логические сигналы от ДПР; VT1-VT6 – временные интервалы работы соответствующих

силовых ключей.

Одному циклу работы коммутатора соответствует один оборот ротора. Цикл делится на шесть тактов (временных фаз), которым соответствует пространственный угол $\alpha=60$ град. Коммутация производится так, что поток возбуждения ротора – Φ_r поддерживается постоянным относительно потока якоря. В результате взаимодействия потока якоря и возбуждения создается вращающий момент M , который стремится развернуть ротор так, чтобы потоки якоря и возбуждения совпали, но при повороте ротора под действием ДПР происходит переключение обмоток и поток якоря поворачивается на следующий шаг.

Частота вращения ротора ВД пропорциональна частоте вращения поля. Основным отличием его от синхронного является самосинхронизация с помощью ДПР, в результате чего у ВД, наоборот, частота вращения поля пропорциональна частоте вращения ротора, а частота вращения ротора зависит от напряжения питания.

Для управления характеристиками ВД целесообразно использовать микропроцессорную систему управления (МСУ). На рис. 3 представлена предлагаемая структурная схема привода.

Питание двигателя осуществляется от аккумуляторной батареи (АБ), через коммутирующее устройство (КУ), фильтр (Ф) и силовой полупроводниковый преобразователь (СПП). В качестве элементов СПП целесообразно использовать силовой IGBT модуль транзисторов с полной управляемостью. Сигнал от ДПР поступает на счетчик импульсов (СИ), который производит их подсчет для определения текущей скорости.

Для программного управления ВД необходима цифровая обработка аналоговых сигналов (от датчика тока) и дискретных (угловое положение ротора θ и скорость ω) входных сигналов и сигналов обратных связей.

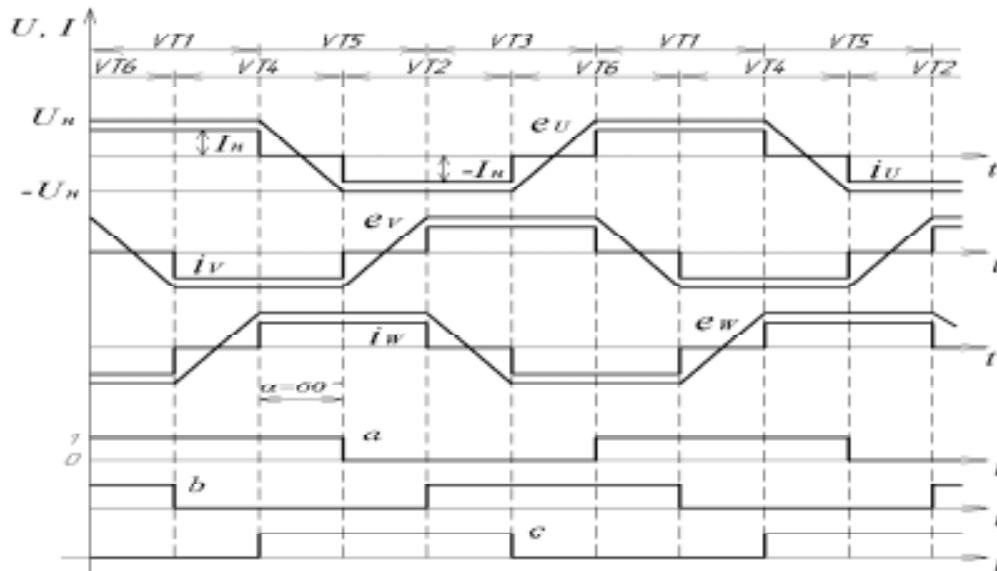


Рисунок 2 – Временные диаграммы бесщеточного двигателя

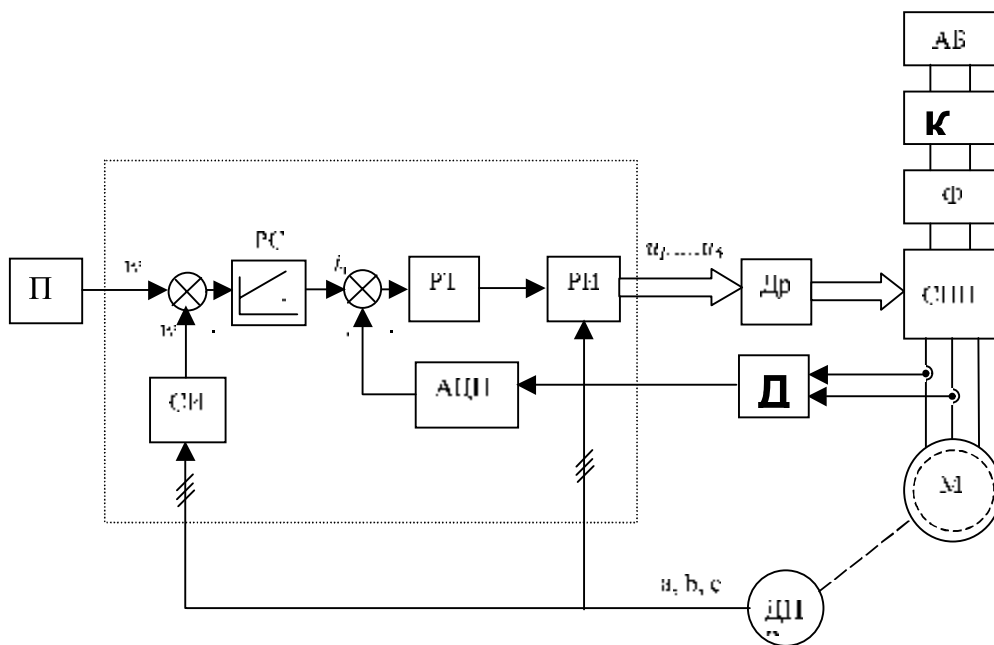


Рисунок 3 – Структурная схема привода

Регулирование тока двигателя осуществляется с помощью широтно-импульсного регулирования напряжения, подводимого к статору.

Распределитель импульсов (РИ) получает широтно-модулированный сигнал от регулятора тока РТ и в зависимости от положения ротора включает ту или иную пару силовых ключей по следующим логическим зависимостям:

$$VT1 = a \cdot \bar{c}; VT3 = b \cdot \bar{a}; VT5 = c \cdot \bar{b};$$

$$VT2 = c \cdot \bar{a}; VT4 = a \cdot \bar{b}; VT6 = b \cdot \bar{c}.$$

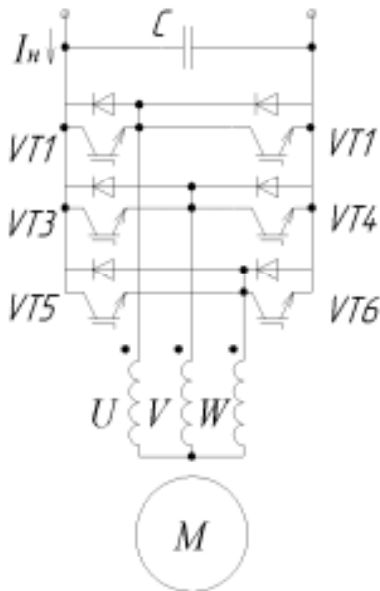


Рисунок 4 – Схематическая схема подключения инвертера

Спецификой данного способа управления является то, что ШИР по очереди выполняют ключи инвертора двух фаз, включенных в данный момент времени к источнику питания. Это позволяет использовать классическую схему построения силового инвертора, рисунок 4.

АЦП преобразует аналоговый сигнал от датчиков тока (ДТ) в цифровой, для согласования в микропроцессорной системе управления. Драйверы силовых ключей (Др) формируют управляющие импульсы для силовых ключей инвертора, и выполняют функцию их защиты.

Система управления реализуется как двухконтурная подчиненного регулирования, при которой в каждом контуре ведется компенсация одной постоянной времени.

Первый контур (внутренний) регулирования тока статора двигателя содержит релейный (двухпозиционный) регулятор тока (РТ), задающим сигналом для первого контура является сигнал с выхода регулятора скорости. Таким образом, РТ стабилизирует ток на заданном уровне путем периодического включения и отключения одного или обоих ключей силового инвертора. Вторым (внешним), по отношению к контуру тока, является контур регулирования скорости. Он содержит регулятор скорости (РС) и осуществляет обратную связь по скорости. Сигнал задания скорости поступает с пульта управления (ПУ) машиниста электровоза.

Таким образом, одним из решений проблемы может быть применение в качестве приводных - вентильных двигателей. Будучи оснащенными силовым инвертором и системой управления с использованием микроконтроллера, такие электродвигатели в принципе позволили бы решить задачу совершенствования электропривода шахтного электровоза.

Перечень ссылок

1. Синчук О.Н., Беридзе Т.М., Гузов Э.С. Системы управления рудничным электровозным транспортом, - М.: Недра, 1993. - 255 с.
2. Казачковський М.М. Комплектні електроприводи: Навч. посібник - Дніпропетровськ.: НГУ, 2003, - 226с.
3. Дебелый В.Л. Современные подходы к модернизации шахтного транспорта // Уголь Украины, декабрь, 2002 г.