

# МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ВРАЩАЮЩИМСЯ СТАТОРОМ

А.Г. Ефромеев

## Аннотация

Представлена микропроцессорная система управления приводом стабилизации модуля коррекции вращающегося по крену объекта. В качестве исполнительного элемента системы управления использован вентильный электрический двигатель.

## Ключевые слова

микропроцессорная система управления; электропривод; бесконтактный моментный двигатель

Для привода стабилизации угла крена модуля коррекции необходимо иметь исполнительный элемент создающий момент, который компенсирует внешние возмущающие моменты и способный вращать стабилизируемую часть в противоположную вращению объекта сторону с требуемыми скоростями и ускорениями. В качестве такого исполнительного элемента предлагается использовать двухфазный бесконтактный моментный двигатель типа ДБМ с микропроцессорной системой управления (МПСУ).

Разрабатываемая система управления должна выполнять следующие основные задачи:

- формирование управляющих напряжений на обмотках исполнительного двигателя;
- обработка сигналов с датчика положения ротора;
- обработка сигналов с датчиков тока в обмотках двигателя;
- обмен данными с внешними блоками.

Исходя из перечисленных задач и требований к производительности вычислительного блока, в качестве основы для МПСУ был выбран микроконтроллер семейства STM32, который ориентирован на использование в качестве вычислительного устройства цифрового

электропривода с различными современными типами исполнительных двигателей и имеет специальные периферийные устройства (быстродействующее АЦП, интерфейс подключения квадратурного энкодера, интерфейс датчиков Холла, 3х-фазные ШИМ-таймеры с «мертвым временем» и возможностью совместной работы), а также оснащён всеми необходимыми интерфейсами связи.

Функциональная схема разработанной МПСУ представлена на рисунке 1.

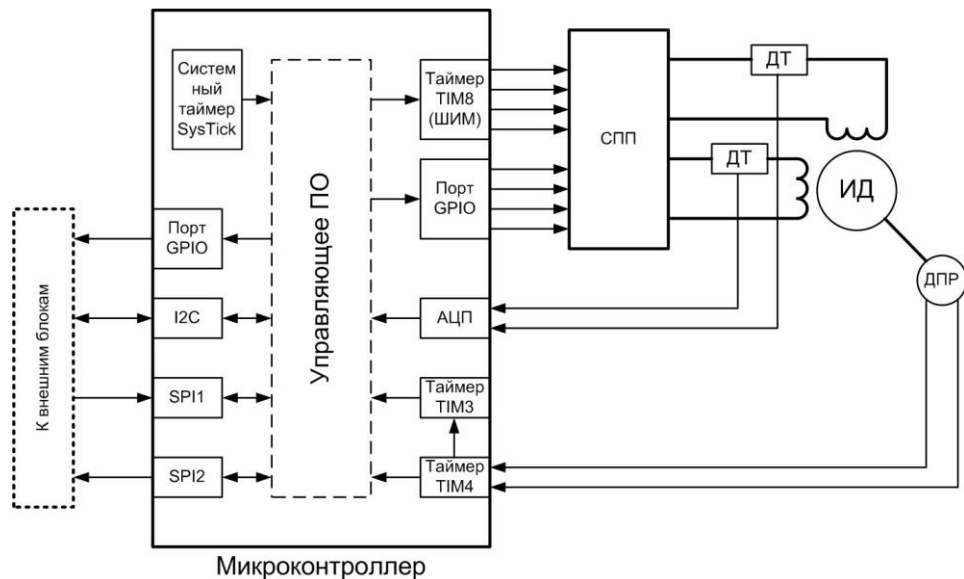


Рис.1 Функциональная схема МПСУ.

(СПП – силовой полупроводниковый преобразователь, ДТ – датчик тока, ИД – исполнительный двигатель, ДПР – датчик положения ротора)

Микроконтроллер формирует ШИМ сигналы в обмотках двигателя с помощью силового полупроводникового преобразователя (СПП), который состоит из двух одинаковых частей, каждая из которых управляет одной фазой двигателя и состоит из:

- опторазвязки для изоляции информационной и силовой частей схемы МПСУ;
- двух полумостовых драйверов для управления силовыми ключами;
- четырёх силовых ключей (MOSFET-транзисторов), объединенных в мостовую схему.

Таким образом, СПП позволяет сформировать напряжение любой полярности и скважности на обмотках исполнительного двигателя.

Особенность формирования ШИМ сигналов в рассматриваемом приводе заключается в том, что в процессе его работы не должно возникать такого состояния ключей, при котором обмотка двигателя закорочена, т.е. режима рекуперативного торможения, т.к. это приведёт к

возникновению дополнительного момента торможения между статором и ротором двигателя, а, следовательно, к дополнительным колебаниям стабилизируемой части.

Для формирования управляющего напряжения на обмотках двигателя используется датчик положения ротора, состоящий из диска (рис.2а) с 8 прорезями (по числу пар полюсов ротора двигателя) и двух инфракрасных оптопар, установленных друг относительно друга со смещением в 11,25 градуса (рис.2б).

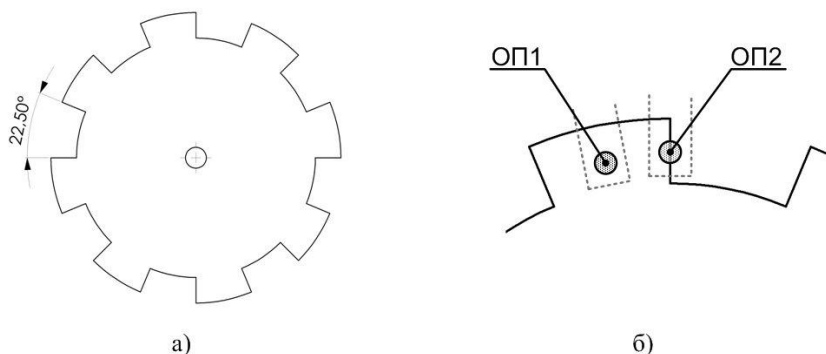


Рис.2. Фотоимпульсный датчик положения ротора (ОП – оптопара).

Т.е. ДПР представляет собой двухрядный абсолютный энкодер, позволяющий формировать на обмотках напряжения прямоугольной формы (рис.3а).

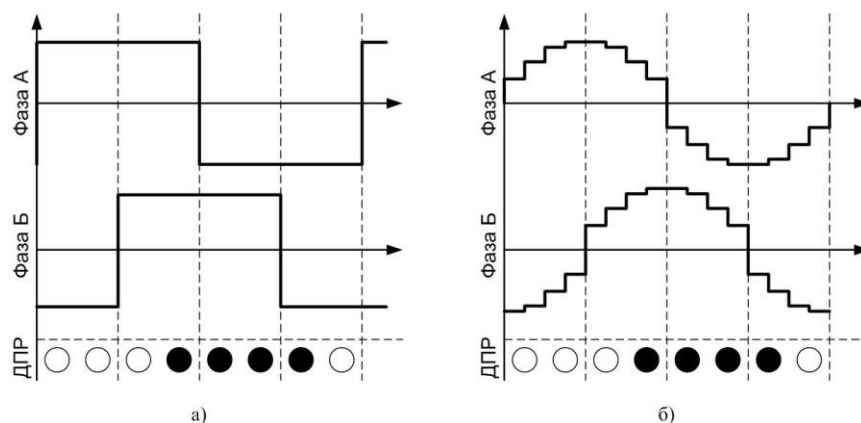


Рис.3. Форма напряжений на обмотках двигателя.

Однако питание напряжениями прямоугольной формы приводит к значительным пульсациям тока, а, следовательно, момента, на средних и высоких частотах вращения. В идеальном случае, чтобы избежать таких пульсаций, напряжения на обмотках должны иметь синусоидальную форму. В реальной же цифровой системе синусоидальный сигнал обычно задаётся ступенчатой функцией с фиксированным числом значений на период. Дискретность

описанного выше датчика позволяет получить только четыре значения на период, поэтому в системе применён алгоритм, задействующий дополнительный таймер, который, используя измеренную текущую скорость вращения и состояние ДПР, формирует промежуточные значения напряжения на обмотках, доводя, таким образом, число значений функции синуса до 16 на период (рис. 3б).

Как видно из графиков (рис. 4), полученных в результате моделирования в системе Matlab, питание фаз двигателя напряжением синусоидальной формы с 16 значениями на период (рис. 4б) позволяет существенно снизить колебания момента по сравнению с прямоугольной формой питающих напряжений (рис. 4а).

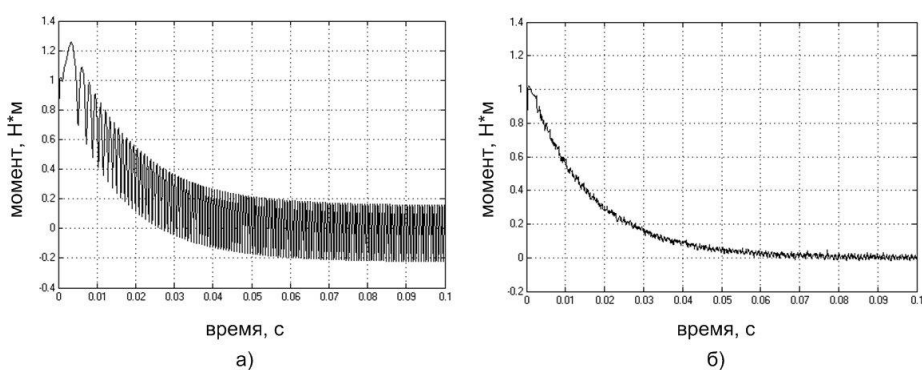


Рис.4. Переходный процесс по моменту при питании фаз двигателя прямоугольными (а) и синусоидальными (б) напряжениями.

Т.к. в реальной системе значение скорости получается за счёт измерения интервалов времени между событиями в ДПР, то данный метод формирования синусоидальных напряжений нельзя использовать при пуске двигателя, а также при малых скоростях вращения из-за ограниченной разрядности измеряющего таймера. Поэтому в разработанном приводе был применён комбинированный способ формирования напряжений на обмотках двигателя, который заключается в использовании прямоугольной формы напряжения при пуске и начальном разгоне двигателя и переходе на синусоидальные напряжения при достижении определённой частоты вращения.

Таким образом, разработана микропроцессорная система управления приводом стабилизации модуля коррекции вращающегося по крену объекта, использующая достаточно простые и надёжные датчики и способная выполнять поставленные задачи.

### **Библиографический список**

1. Фираго Б.И., Павляк Л.Б. Регулируемые электроприводы переменного тока. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

### **Сведения об авторах**

ЕФРОМЕЕВ Андрей Геннадьевич, аспирант Тульского государственного университета.  
ТулГУ, пр. Ленина, 95, г. Тула, 300012;  
тел.: (4872)35-38-35; e-mail: age47@mail.ru