

2. Зайченко Т. П. Основы дистанционного обучения: теоретико-практический базис: Учебное пособие. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. — 167 с.

И.В.ДАЙНЯК

АЛГОРИТМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКОВ ФАЗ ТРЕХФАЗНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в качестве электроприводов в разных отраслях техники применяются синхронные двигатели, содержащие П-образные магнитопроводы модульной структуры, формирующие вектор переменного магнитного поля под действием переменных токов фаз, формируемых системой управления [1]. Для обеспечения качества движения был разработан алгоритм регулирования токов фаз трехфазного синхронного двигателя, включающий следующие шаги:

- 1) измерение токов I_a , I_b в двух фазах А, В трехфазного двигателя и расчет тока I_c третьей фазы С, исходя из векторного равенства суммы трех токов нулю;
- 2) прямое преобразование Кларка трехфазной системы токов I_a , I_b , I_c в двухфазную систему токов I_{α} , I_{β} , связанную со статором [2];
- 3) прямое преобразование Парка двухфазной системы токов I_{α} , I_{β} , связанной со статором, в двухфазную систему токов I_d , I_q , связанную с продольной и поперечной осями ротора двигателя [2];
- 4) независимое регулирование ПИ-регуляторами продольного и поперечного компонентов тока в проекциях ротора;
- 5) обратное преобразование Парка сформированного ПИ-регуляторами тока вектора напряжения из двухфазной системы координат ротора в двухфазную систему координат статора;
- 6) обратное преобразование Кларка в трехфазную систему статора;
- 7) преобразование трехфазных напряжений в коэффициенты заполнения широтно-импульсных модуляторов ШИМ инвертора.

В качестве алгоритма ШИМ был использован симметричный пилообразный, обеспечивающий два переключения тока за один период ШИМ, и, как следствие, удвоение частоты пульсаций тока и снижение их амплитуды вдвое [3]. Общая схема регулирования управляющих токов фаз показана на рисунке 1.

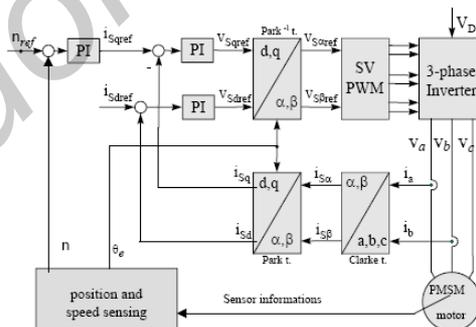


Рисунок 1 – Общая схема регулирования токов фаз синхронного двигателя

При реализации алгоритма было учтено следующее.

Поскольку коэффициенты заполнения ШИМ ограничены нулем и единицей, во избежание переполнений и ошибок регулирования во время переходных процессов необходимо ограничивать как амплитуду вектора тока, сформированного ПИ-регуляторами, так и сами коэффициенты заполнения ШИМ.

Если длина рассчитанного на шаге 5 вектора напряжения превышает максимально допустимую величину, то его компоненты V_d и V_q должны быть пропорционально уменьшены таким образом, чтобы длина вектора была максимальной с сохранением его угловой ориентации. Значения интеграторов ПИ-регуляторов токов I_d , I_q также должны быть ограничены на уровне V_d и V_q для

уменьшения длительности переходного процесса. Соответствующий расчет является оптимальным, но, к сожалению, требует двух операций умножения, операции вычисления квадратного корня (при нахождении длины вектора напряжения) и двух операций деления в каждом цикле регулятора, что может оказаться неприемлемым ввиду ограниченного быстродействия процессора. В этом случае можно применять любой упрощенный алгоритм ограничения каждого из трехфазных выходных напряжений после обратных преобразований Парка и Кларка.

Преобразование трехфазных напряжений в коэффициенты заполнения широтно-импульсных модуляторов на шаге 7 может выполняться многими способами, поскольку одновременное изменение всех трех коэффициентов заполнения ШИМ не влияет на фазные напряжения двигателя. Возможные варианты отличаются одновременным позиционно зависимым сдвигом всех трех коэффициентов заполнения для обеспечения максимально возможного фазного напряжения. Также при превышении максимально допустимых значений необходимо осуществить предварительный сдвиг всех коэффициентов заполнения вверх либо вниз.

Верификация разработанного алгоритма проводилась на модели двигателя с учетом индуктивности, сопротивления и противо-ЭДС с целью проверки работоспособности. Используемая модель была реализована в разностных уравнениях, в ней выполняется расчет токов фаз двигателя с учетом коэффициентов заполнения ШИМ, напряжения промежуточного контура постоянного тока, индуктивности и сопротивления фазной обмотки двигателя.

Моделирование алгоритма проводилось при следующих исходных данных:

- частота ШИМ – 8 кГц;
- индуктивность фазы – 5 мГн;
- сопротивление фазы – 0,6 Ом;
- напряжение промежуточного контура – 60 В;
- задание по току I_d – 5 А.

Частота вращения двигателя составляла 1 угловой градус за 0,125 мс, т.е. 8000 град/сек или 1333 об/мин.

В результате моделирования получено, что время насыщения составляет порядка 10 мс, переходный процесс и выход на режим – порядка 3 мс. Таким образом, разработанный алгоритм регулирования токов фаз обеспечивает высокую точность и полосу пропускания токового регулятора, отсутствие установившейся ошибки, а также компенсацию погрешностей регулирования, вызываемых противо-ЭДС двигателя.

Разработанный алгоритм векторного регулирования токов фаз был реализован в контроллере привода в виде программы-обработчика прерываний с циклом работы, составляющим 125 мкс, при частоте ШИМ, равной 8 кГц. Таким образом, программа токового регулирования обеспечивает в реальном времени формирование фазных токов трехфазного синхронного двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарский, В.В. Моделирование электромагнитного модуля движения для координатного привода прямого действия / В.В. Жарский, С.Е. Карпович, И.В. Дайняк // Весн. Гродзенскага дзярж. ун-та ім. Я. Купалы. Сер. 6. Тэхніка. – 2014. – № 1(169). – С. 103–107.
2. Clarke & Park Transforms on the TMS320C2xx. Application Report Literature Number: BPR048. Texas Instruments, 1997.
3. Implementation of a Speed Field Oriented Control of 3-phase PMSM Motor using TMS320F240. Erwan Simon Digital Control Systems. Application Report. SPRA588 Texas Instruments, 1999.

Д.А.БОЙЧУК

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Система контроля версий представляет собой программное обеспечение, которое помогает командам разработчиков работать вместе и отслеживать всю историю их совместной работы.

Системы контроля версий преследуют следующие идеи: