

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Шегидевич А.А., Карбовский А.С.

Научный руководитель – МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

Механические устройства управления обладают низкой надежностью и высокой стоимостью по сравнению с электронными блоками управления. Электронные аналоговые устройства требуют постоянной регулировки в процессе эксплуатации, что увеличивает стоимость их эксплуатации. Поэтому такие устройства к настоящему времени почти не используются. Наиболее распространенными на сегодняшний день схемами управления являются схемы, построенные на основе цифровых микросхем.

Термин контроллер образовался от английского слова to control – управлять. Эти устройства могут основываться на различных принципах работы от механических или оптических устройств до электронных аналоговых или цифровых устройств.

Контроллеры требуются не только для больших систем, но и для малогабаритных устройств, таких как радиоприемники, радиостанции, магнитофоны или сотовые аппараты. В таких устройствах к контроллерам предъявляются жесткие требования по стоимости, габаритам и температурному диапазону работы. Этим требованиям не могут удовлетворить даже промышленные варианты универсального компьютера. Приходится вести разработку контроллеров на основе однокристальных ЭВМ, которые в свою очередь получили название микроконтроллеры [1].

В последнее время на рынке появилась элементная база, которая позволяет создавать недорогие системы управления электроприводами, удовлетворяющие современным требованиям. Одной из первых новую элементную базу для построения систем управления электроприводом предложила фирма Analog Devices, которая является крупнейшим поставщиком высокопроизводительных микроконтроллеров со встроенными средствами управления двигателями. Фирма Analog Devices предложила потребителям семейство DSP-микроконтроллеров ADMCxxx, предназначенное для эффективного управления современными электроприводами.

Сохранение электрической энергии становится важной частью общей тенденции по защите окружающей среды. Электродвигатели, приводящие в действие системы в быту и на производстве, потребляют значительную часть производимой энергии. Большинство этих двигателей работают в нерегулируемом режиме и, следовательно, с низкой эффективностью.

Недавний прогресс в полупроводниковой индустрии, особенно в силовой электронике и микроконтроллерах, сделали приводы с регулированием скорости более практичными и значительно менее дорогими. Сегодня приводы с регулировкой скорости требуются не только в высокопрофессиональных и мощных промышленных применениях, таких как обрабатывающие машины или подъемные краны, но все больше и больше в бытовой технике, например, в стиральных машинах, компрессорах, небольших насосах, кондиционерах воздуха и т. п. Эти приводы, управляемые по развитым алгоритмам с помощью микроконтроллеров, имеют ряд преимуществ:

– увеличение энергетической эффективности: системы регулирования скорости снижают потери мощности в двигателях;

– упрощение электромеханического преобразования энергии: регулируемые приводы позволяют устранить необходимость в трансмиссиях, коробках передач, редукторах;

– усовершенствование функционирования: цифровое управление может добавить такие свойства, как интеллектуальные замкнутые контуры, изменение частотных свойств, широкий диапазон контролируемых неисправностей и способность к взаимодействию с другими системами;

– простота обновления программного обеспечения: системы на базе микроконтроллеров с флэш-памятью могут быстро изменять при необходимости свой алгоритм и регулируемые переменные [1].

С выполнением приводов регулируемым сложность системы часто увеличивается. Основным условием их использования является сохранение общей стоимости системы в обоснованных границах. Для ряда систем, особенно в быту, общая стоимость должна быть эквивалентна стоимости нерегулируемого варианта.

В [1] представлены микроконтроллеры MC68HC908MR24 и MC68HC(7)05JJ6/7, разработанные фирмой MOTOROLA для дешевых применений в электроприводе. Здесь также предложены практические решения для дешевых приводов с трехфазным асинхронным двигателем, трехфазным бесколлекторным двигателем постоянного тока (БДПТ) и универсальным коллекторным двигателем переменного тока.

Микросхема IR2131 представляет собой драйвер для 6-ти ключей (IGBT или MOSFET), имеющий три выхода для управления нижними ключами моста и три выхода для ключей с плавающим потенциалом управления. В ней предусмотрена защита по току, которая выключает все ключи и выдает сигнал ошибки FAULT, когда сигнал на выводе ITRIP превышает 0,5 В. Это удобно для разработчика, поскольку организация такой защиты требует от него лишь правильного определения величины резистора датчика тока. Входы драйвера согласуются с ТТЛ логикой, что позволяет управлять им с помощью микроконтроллеров с 5 В питанием без дополнительных преобразователей уровня. Кроме этого, у IR2131 есть отдельный вход выключения всех ключей и вход сброса сигнала ошибки, а у IR2130 вместо них имеется встроенный усилитель тока нагрузки, и сброс триггера ошибки осуществляется при подаче на все входы управления неактивного уровня. Допустимое напряжение на инверторе, с которым работает микросхема, составляет 600 В. В настоящее время фирмой INTERNATIONAL RECTIFIER производятся аналогичные драйверы с рабочим напряжением 1200 В [2].

Выходная часть схемы управления асинхронным двигателем (АД) может состоять из трехфазного моста на транзисторах IRF740, которым управляет драйвер на микросхеме IR2131. Для генерации сигналов управления мостом можно использовать недорогой микроконтроллер фирмы Microchip PIC16C62 (если необходимо дополнительно обрабатывать аналоговый сигнал, то рекомендуется PIC16C73).

При небольшой номинальной мощности электропривод можно питать от сети переменного тока 220 В. Рекомендуется использовать в трехфазном мосте транзисторы IRF740. при управлении мощностью АД до 5 кВт. При больших мощностях надо переходить на питание от трёхфазной сети 380 В и использовать IGBT транзисторы. Опыт работы показывает целесообразность шунтирования затворных резисторов обратными диодами. Это позволяет значительно снизить динамические потери при выключении. Сформированное напряжение подаётся на двигатель. Если ёмкость фильтра после выпрямителя велика и нет элемента, ограничивающего ток заряда этой ёмкости, то при каждом включении будут постепенно разрушаться диоды моста. Для предотвращения броска тока через выпрямитель необходимо включение терморезистора. При работе от однофазной сети 220 В может возникнуть необходимость введения модуля коррекции потребляемого тока (это особенно актуально при больших мощностях привода). Для некоторых разработок, где 100 Гц пульсации момента на валу двигателя не приводят к нежелательным последствиям, можно вообще отказаться от использования конденсатора фильтра.

Напряжение питания IR2131 выбирается в зависимости от желаемой степени насыщения силового транзистора. Рекомендуемая величина – 15–20 В. Уменьшение питающего напряжения какого-нибудь из каналов ниже 8 В вызывает немедленное записание ключа. Величина резистивного датчика тока R выбирается в зависимости от номинальной мощности электропривода и допустимой перегрузки по току $I_{\text{доп}}$

($R = \frac{0,5 \text{ В}}{I_{\text{доп}}}$). Наличие интегрирующего звена предотвращает ложное срабатывание то-

ковой защиты в моменты коммутаций, достаточная величина постоянной времени – 0,5 мкс. При превышении сигналом на входе ITRIP уровня 0,5 В все ключи запираются и выдаётся сигнал ошибки FAULT (выход с открытым коллектором).

Обработкой сигнала ошибки и общим управлением занимается микроконтроллер DD1. На это место удачно подходят PIC микроконтроллеры фирмы Microchip. Это RISC контроллеры с гарвардской архитектурой, они просты в изучении и имеют значительные преимущества перед другими контроллерами в подобных схемах. Диапазон рабочих напряжений питания PIC процессоров – 4–6 В, максимальный потребляемый ток при тактировании от RC генератора – 5 мА, ток в режиме пониженного энергопотребления – 20 мкА. Большое удобство создает повышенная нагрузочная способность портов – 25 мА, что позволяет напрямую управлять светодиодами (включая светодиоды оптрона). Наличие разнообразной периферии (АЦП, компараторы, последовательные порты, таймеры, модуль ШИМ и пр.) предоставляет разработчику широкие возможности для построения гибких и дешёвых систем управления. Все микроконтроллеры PIC16/17 имеют встроенную схему сброса, сторожевой таймер и защиту кода от считывания [3].

Микроконтроллер 68HC908MR24 – микроконтроллер семейства HC08. Разработан для применения в одно- или трехфазных электроприводах. Он следует за микроконтроллерами MC68HC(7)08, MP16/MQ16, MR24 включают в себя 24 Кбайт FLASH, 768 байт RAM, два 16-битовых таймера, SPI, SCI (UART), 13 выводов I/O общего назначения и модуль LVR. Конструктивное исполнение QFP корпус с 64 выводами.

Микросхема MR24 имеет специальные свойства, которые ориентируют его на применение в асинхронных электроприводах: 6-канальный 12-битовый модуль PWM (ШИМ), порт вывода с высокой нагрузочной способностью по току и 10-канальный, 10-битовый АЦП.

Главные свойства 6-канального PWM-модуля: режим формирования центрированных или выровненных по фронту ШИМ-сигналов; режим, в котором шесть выходов конфигурируются в три комплементарные пары с когерентным обновлением информации; регистр генерации «мертвого времени» для предотвращения сквозных токов в инверторе; входы для распознавания полярности токов в фазах двигателя с целью коррекции искажений от наличия «мертвого времени» при переключении силовых ключей инвертора; входы детектирования неисправности для быстрого отключения выходов PWM. Имеющиеся в PWM-модуле аппаратные средства устраняют необходимость использования нескольких внешних компонентов (таких как логика распознавания токов, генерация «мертвого времени» и обработка сигналов отказов).

Микроконтроллер MC68HC05JJ6 (далее JJ6) – микроконтроллер семейства HC05, разработанный для простых применений с низкой стоимостью. Основные свойства MR24 включают в себя 6,1 Кбайт ROM, 224 байта RAM; 16-битовый таймер, имеющий свойства захвата по входу и сравнения по выходу; 14 выводов (I/O) общего назначения и простой порт последовательного ввода/вывода (SIOP); корпус SOIC или DIP с 20 выводами. В дополнение микросхема JJ6 имеет специальные элементы, включая два компаратора, которые могут быть скомбинированы с 16-битовым программируемым тай-

мером для создания 4-х канального single slope АЦП, а также порт ввода/вывода с высокой нагрузкой по току и встроенный в кристалл диод для измерения температуры [4].

Высокая нагрузочная способность по току очень важна для простых применений, так как позволяет сократить общее число элементов схемы. J16 имеет 6 выводов с нагрузочной способностью до 10 мА. Микросхема MC68HC705J17 имеет те же свойства, но ROM заменена на 6,1 Кбайт EPROM, что предпочтительно для этапа разработки программ.

Microchip свободно распространяет ассемблер MPASM, симулятор MPSIM и интегрированную систему отладки для Windows MPLAB. Имеющиеся для этих контроллеров Си-компиляторы (например, компилятор фирмы HI-TECH) ускоряют процесс написания и отладки программ. При несложных задачах управления электроприводом можно тактировать микроконтроллер от RC генератора. Максимально допустимая частота при этом – 4 МГц. Поскольку почти все команды выполняются процессором за один такт (в данном случае за 1 мкс), то этого оказывается достаточно даже для выдачи на двигатель синусоидально-центрированной ШИМ с частотой несущей 3 кГц [4].

В заключение отметим перспективность построения микропроцессорных систем управления электроприводом, даже в случае, когда определяющим фактором при разработке является цена. Стоимость микроконтроллеров уменьшается, а возможности, которые они предоставляют, делают систему гибкой и легко модернизируемой без изменения электрической схемы. Применение специализированных микросхем, как было показано на примере драйвера IR2131, избавляет разработчика от лишних затрат на проектирование, а изготовителя – от лишних затрат на сборку и настройку. Данная схема имеет высокую надёжность из-за минимального количества электронных компонентов. В результате симбиоза этих двух микросхем получается недорогой электропривод с удобным и качественным управлением.

Литература

1. Козаченко В. Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателями и требования к контроллерам // CHIP NEWS. – 1999. – № 1. – С. 2–9.
2. PIC16/17 MICROCONTROLLER DATA BOOK. – 1997.
3. Однокристалльные микроконтроллеры Microchip: PIC16C8X. Пер. с англ. / Под ред. А.Н. Владимира. – Рига: ORMIX, 1996. – 120 с.
4. Radim Visinka, Leos Chalupa, Ivan Skalka. Системы управления электродвигателями на микроконтроллерах фирмы MOTOROLA // CHIP NEWS. – 1999. – № 1. – С. 14–16.

УДК 621.3

СПОСОБЫ БОРЬБЫ СО СКИН-ЭФФЕКТОМ В ПРОВОДНИКАХ

Адамцевич В.А., Гуца Т.Г.

Научный руководитель – СЧАСТНАЯ Е.С.

Провод литцендрат.

Возможно это наиболее очевидный ответ, который приходит инженеру, однако исследование потерь в проводниках показывают, что литцендрат не является универсальным против высокочастотных потерь в проводниках.

Провод литцендрат изготавливается сплетением изолированных жил так, что бы каждая жила находилась на поверхности и в любом месте поперечного разреза на всем протяжении провода, что усредняет импеданс каждой жилы провода, чего не происходит в скрученных пучках проводов.