

по выражениям (21), (20), (18), (14) несложно рассчитать предельные значения момента при частотном управлении АД с $\psi_R = \text{const}$ (табл. 1).

Анализ данных табл. 1 показывает, что максимальное значение момента при управлении с $\psi_R = \text{const}$ существенно (в два и более раза) превосходит паспортное значение опрокидывающего момента.

Таким образом, сформулированы условия, ограничивающие увеличение момента нагрузки АД, и получены соотношения, позволяющие определить наибольшее значение максимального момента АД при частотном регулировании с постоянством потокосцепления ротора и заданных ограничениях по управлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров В.Г. Частотное управление крановым электроприводом со стабилизацией потокосцепления ротора асинхронного двигателя. — В кн.: Тез. докл. республиканского науч.-техн. совещания "Применение систем автоматизированного электропривода на промышленных предприятиях Белоруссии". Минск: БелНИИНТИ, 1982, с. 24—27.
2. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока. — Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 743 с.
3. Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. — М.: Энергия, 1974. — 327 с.
4. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А.Э.Кравчик, Н.М.Шлаф, В.И.Афонин, Е.А.Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.

УДК 62—83:621.314

И.В.БУРДЫКИН, К.И.КОЗЛОВСКИЙ, канд.техн.наук,
Ю.Н.ПЕТРЕНКО, канд.техн.наук (БПИ)

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С микроЭВМ

Широкое применение регулируемого электропривода с двигателями переменного тока сдерживается сложностью законов частотного управления двигателем и, как следствие, сложной аппаратной реализацией этих законов. Очевидные преимущества асинхронных двигателей (АД) — простота конструкции, дешевизна, отсутствие механических контактов — не используются в полной мере. Одним из путей, позволяющих устранить существующее противоречие между конструктивной сложностью системы управления и простой АД с короткозамкнутым ротором, является применение управляющего специализированного вычислительного устройства [1]. Это устройство может быть выполнено на базе микропроцессорного набора или микроЭВМ. В этом случае существенно упрощается конструкция системы управления, уменьшаются ее габариты, повышается надежность системы управления и электропривода в целом. Использование системы управления, выполненной на базе микроЭВМ, позволяет реализовать сложные законы частотного

управления АД, одновременно поручить вычислительной машине функции регуляторов, задающего устройства, формирование сигналов управления силовыми ключами, диагностику и т.д.

Структурная схема частотно-регулируемого электропривода с транзисторным инвертором напряжения (ТИН) и системой управления, реализованной на базе микроЭВМ, представлена на рис. 1. МикроЭВМ выполняет функции задатчика скорости (ЗС), регулятора скорости (РС), функционального преобразователя (ФП) и ограничивает выходной сигнал РС и относительную частоту инвертора α . В качестве закона частотного управления АД используется управление с постоянным магнитным потоком статора при одновременном ограничении абсолютного скольжения β на критическом уровне β_k , соответствующем максимальному вращающему моменту. Абсолютное скольжение, зависящее от вращающего момента, формируется в функции рассогласования в контуре регулирования скорости. Выходной сигнал регулятора скорости суммируется с частотой вращения ротора, в результате чего формируется частота инвертора α . Управляющее воздействие РС ограничивается уровнем критического скольжения β_k в динамических режимах, т.е. электропривод ускоряется или тормозится с ограничением абсолютного скольжения. Относительная частота инвертора α ограничивается уровнем максимально возможного входного сигнала системы управления инвертором (СУИН).

Пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор скорости программно реализован в соответствии с разностным уравнением

$$\beta_n = \beta_{n-1} + k_0 \Delta\omega_n + k_1 \Delta\omega_{n-1};$$

$$k_0 = K + T/T_{\text{и}}, k_1 = -K,$$
(1)

где K — статический коэффициент усиления РС; $T_{\text{и}}$ — постоянная интегрирования; T — период повторения. С целью сокращения машинного времени, необходимого для вычисления управляющего воздействия РС, операции умножения на коэффициенты k_0, k_1 в уравнении (1) выполняются таблично.

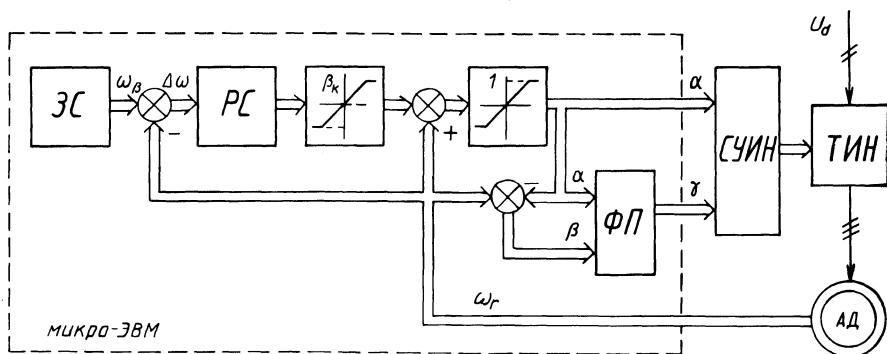


Рис. 1. Структурная схема частотно-регулируемого электропривода с микроЭВМ.

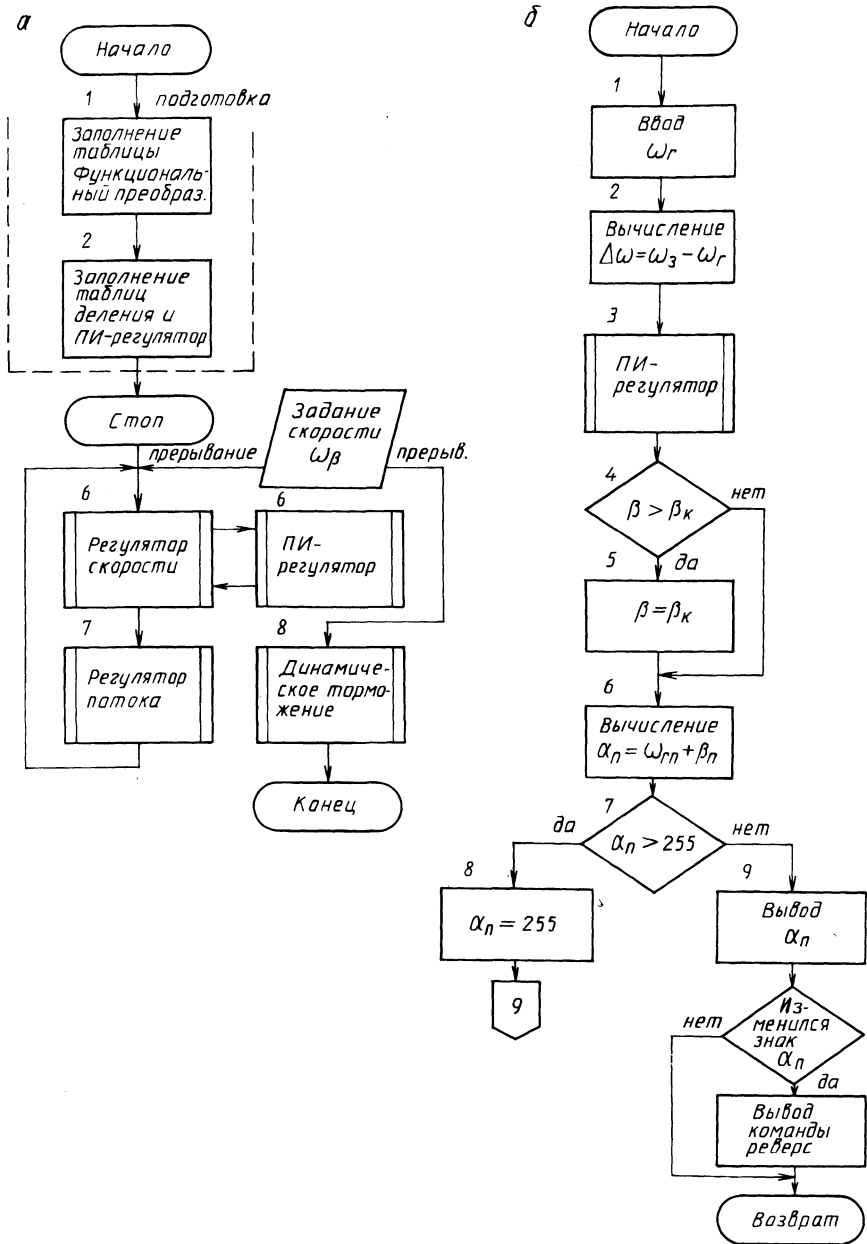


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления:
 а — блок-схема общего алгоритма управления; б — блок-схема алгоритма регулятора скорости.

Стабилизация магнитного потока статора осуществляется путем формирования относительной амплитуды питающего напряжения γ ТИН в зависимости от относительной частоты статора α и абсолютного скольжения β . Аналитически указанная зависимость выражается следующим уравнением:

$$\gamma = k \sqrt{\frac{(b^2 + c^2 \alpha^2) \beta^2 + 2r_1 r_2' \alpha \beta + (d^2 + e^2 \alpha^2) r_2'^2}{r_2'^2 + x_2'^2 \beta^2}}, \quad (2)$$

где b, c, d, e, k — постоянные коэффициенты, определение которых через параметры схемы замещения АД приведено в [2].

Программная реализация функциональной зависимости (2), содержащей операции умножения, деления, извлечения квадратного корня, требует значительных затрат машинного времени, что в конечном итоге сказывается на быстродействии и качестве регулирования системы управления в целом. С целью увеличения быстродействия производится определение значений функции γ по таблице, т.е. значение кода относительного напряжения инвертора выбирается из оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) микроЭВМ в зависимости от двух текущих координат γ_n, β_n .

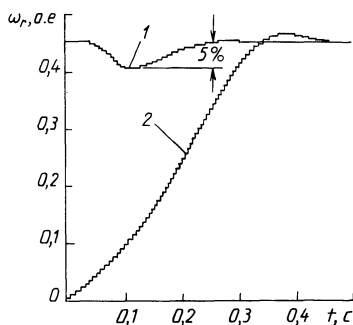
Блок-схема алгоритма управления АД приведена на рис. 2, а. Алгоритм управления состоит из двух частей: расчета и заполнения таблицы функционального преобразователя и ПИ-регулятора; непосредственно алгоритма стабилизации скорости и потока. При заполнении таблицы ФП, вычисленное по формуле (2) значение относительного напряжения γ_{ij} для соответствующих α_i и β_j пересылается в ячейку ОЗУ с адресом

$$A_{ij} = 32\alpha_i + \beta_j + D, \quad (3)$$

где D — конечный адрес области ОЗУ, отведенной для десятичных ячеек.

Относительная частота α в машинном коде принимает значение от 0 до 63, абсолютное скольжение β от 0 до 31. Таблица ФП занимает область ОЗУ объемом 2 Кбайт. Кроме заполнения таблицы ФП (блок 1), на подготовительном этапе осуществляется заполнение таблицы деления на четыре целых чисел от 1 до 255 и заполнение таблицы ПИ-регулятора (блок 2). Вычисления на подготовительном этапе выполняются в десятичной системе счисления с последующим переводом в шестнадцатиричную систему. Программа, написанная на языке АССЕМБЛЕР, занимает 522 шага. После окончания подготовительных вычислений микроЭВМ переходит в режим ожидания до прихода команды выдачи задающего воздействия ω_3 . С приходом задания по частоте вращения ω_3 запускается подпрограмма РС, блок-схема которой приведена на рис. 2, б. Значение частоты вращения ротора ω_r (8 бит) через интерфейс ввода помещается в рабочий регистр микроЭВМ (блок 1). После ввода ω_r вычисляется рассогласование $\Delta\omega$, которое является входным сигналом

Рис. 3. Временные диаграммы угловой частоты вращения ротора:
 1 — наброс номинальной нагрузки; 2 — пуск при линейном задании частоты.



лом РС (блок 2). Подпрограмма РС (блок 3) содержит 126 шагов. Время выполнения подпрограммы — 0,5 мс. После выхода из подпрограммы РС проверяется условие ограничения абсолютного скольжения на критическом уровне (блок 4) и вычисляется относительная частота инвертора $\alpha_n = \omega_{rn} + \beta_n$ (блок 6). Блоком 7 ограничивается уровень относительной частоты преобразователя α . В конце подпрограммы РС через интерфейс вывода (блок 9) выводится значение частоты преобразователя (6 бит) и команда на реверсирование ТИН (блок 11), если задающее воздействие изменило знак. Подпрограмма РС состоит из 39 шагов, время выполнения — 0,6 мс.

Подпрограмма ФП состоит из 85 шагов и длится 0,75 мс. В подпрограмме производится вычисление адреса ячейки ОЗУ по текущим значениям α_n и β_n и выборка значения относительного напряжения из таблицы. Операция деления на четыре, используемая в подпрограмме, также осуществляется таблично. Завершается подпрограмма выводом значения относительного напряжения γ . После возврата из подпрограммы ФП программа передает управление подпрограмме РС. При вводе нового значения ω_3 стартует прерывающая программа, которая останавливает выполнение основной программы, после записи ω_3 микроЭВМ переходит к выполнению подпрограммы РС. При поступлении команды остановка привода запускается прерывающая подпрограмма, в соответствии с которой в преобразователь частоты вводится код команды на динамическое торможение.

Программа, реализующая описанный алгоритм, составлена применительно к специализированному управляющему устройству "Электроника D 3-28". Возможности данной микроЭВМ позволили с небольшими затратами отладить программу и сформулировать требования к системе управления на основе 8-разрядного микропроцессора, например К580. Объем ОЗУ должен составлять 4 Кбайт, объем ПЗУ, предназначенного для хранения программы и констант, — 2 Кбайт. Интерфейс ввода-вывода должен содержать два канала вывода 8-разрядных слов и один канал управляющих сигналов (4 бита), а также два канала ввода. Выполнение операций умножения необходимо производить в арифметическом расшири-

теле (выполненном на БИС или дискретных элементах). Микропроцессорная система управления должна иметь канал прямого доступа к памяти (ПДП).

Экспериментальная проверка алгоритма производилась на комплексе, состоящем из микроЭВМ "Электроника Дз-28", преобразователя частоты на базе транзисторного инвертора напряжения с релейной модуляцией мощностью 1 кВА и асинхронного двигателя серии 4А с цифровым датчиком скорости. На рис. 3 приведены осциллограммы угловой частоты вращения ротора при набросе нагрузки [1] и при пуске с линейным заданием частоты [2] системы со стабилизацией частоты вращения ротора, магнитного потока статора и ограничением абсолютного скольжения.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности использования описанного алгоритма управления для частотно-регулируемого электропривода с АД и возможности реализации алгоритма средствами микропроцессорной техники в реальном масштабе времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б е л я е в В.П., И л ь и н О.П., П е т р е н к о Ю.Н. Синтез цифровой системы управления инвертором с ШИМ на основе микропроцессора. — В кн.: Проблемы преобразовательной техники, Киев: ИЭД УССР, 1979, с. 71—74.
2. С а н д л е р С.А., С а р б а т о в Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. — М.: Энергия, 1974. — 328 с.

УДК 621.798

В.Я.МАКСИМОВ (БТИ)

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМИРОВАННЫХ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Поведение многих электромеханических систем может быть описано системой линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами вида

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (1)$$

где x — n -мерный вектор переменных состояния системы; A — $n \times n$ мерная матрица; B^T — матрица вида $[0, 0, 0, \dots, b]$; u — управляющее воздействие.

Примем управляющее воздействие в виде линейной комбинации с постоянными коэффициентами составляющих вектора состояния системы (1).

Выберем в качестве переменных состояния системы переменные, доступные наблюдению.

Для системы (1) существует единственная матрица коэффициентов обратной связи $k = [k_1, k_2, \dots, k_n]$, соответствующая жела-