

Опубликовано в сборнике трудов IV Всероссийской научной конференции «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». Астрахань: Softline. 2009, с. 523–527.

УДК 62-504

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Ю. Ю. Янкин

ФГУП «НПО «АВРОРА», Санкт-Петербург,

e-mail: jarakka@mail.wplus.net

Автоматизированный электропривод является неотъемлемой частью систем управления техническими средствами (СУ ТС) кораблей и судов. Системы управления электроприводами, выполненные как аналоговые, цифровые или комбинированные, входят в качестве локальных систем в общую иерархическую структуру автоматизированной СУ ТС (рис. 1) [1–3].

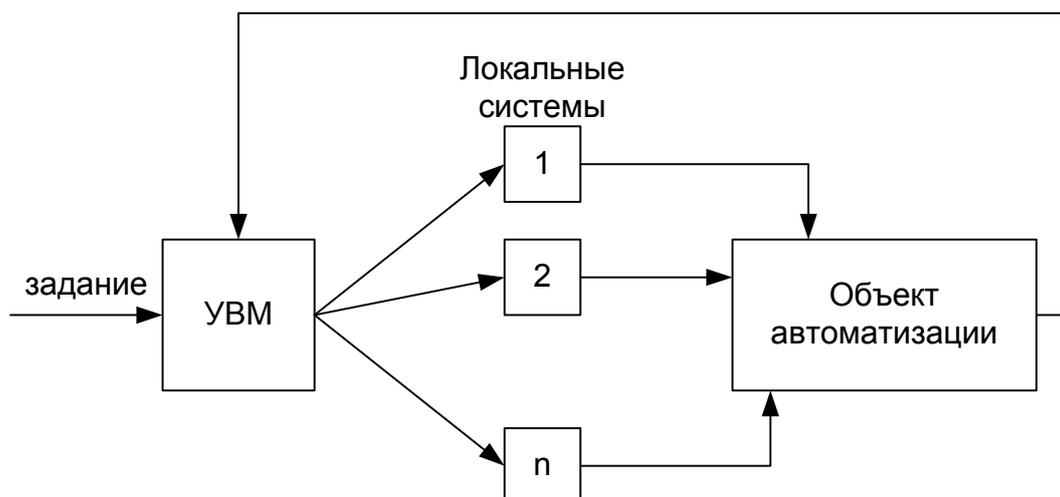


Рис. 1. Структура автоматизированной СУ ТС

Характерной особенностью цифровых систем автоматического управления электроприводом является иерархия решаемых задач [4], в которой можно выделить три уровня.

1. Задачи нижнего уровня, например непосредственное цифровое управление ключами силового преобразователя, должны решаться за время 50...100 мкс, равное периоду коммутации.

2. Задачи среднего уровня, например формирование требуемых кривых разгона-торможения, могут решаться со значительно большим периодом.

3. Задачи верхнего уровня, например интерфейс с системой управления более высокого уровня ещё менее требовательны к частоте обновления информации.

Рассмотрим метод решения задач среднего уровня с использованием аппаратной реализации управляющих конечных автоматов в разомкнутой системе управления электроприводом на основе шагового двигателя (далее – ШД) (рис.2).

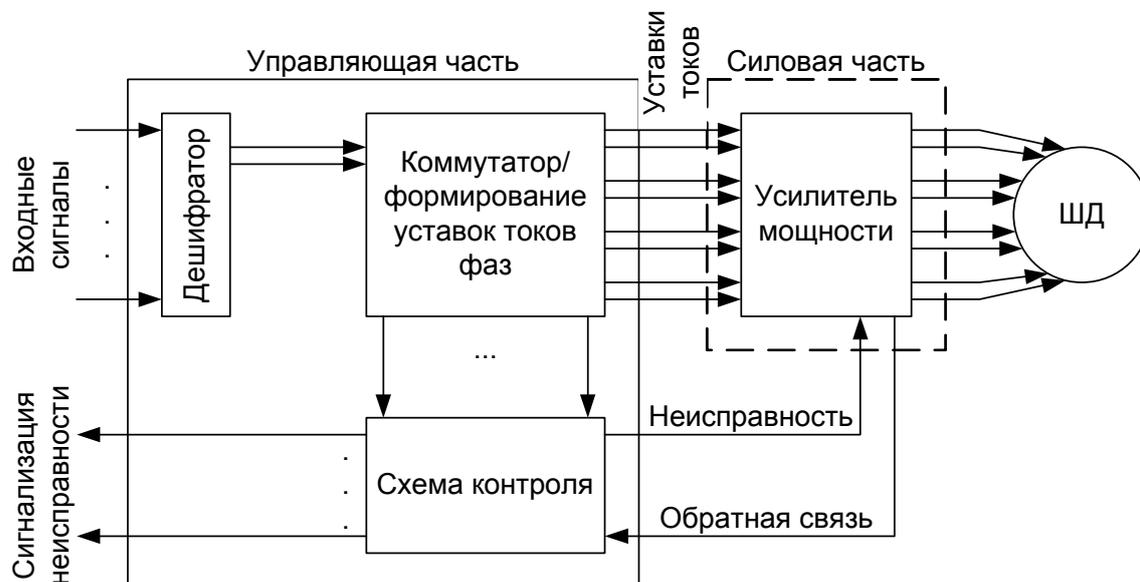


Рис. 2. Структурная схема разомкнутой системы управления ШД

По сигналам из системы верхнего уровня дешифратор выбирает направление движения, коммутатор формирует последовательность переключения фаз ШД и уставки токов сложной формы, усилитель мощности (далее УМ) предназначен для усиления токовых сигналов, схема контроля сравнивает состояние УМ и выходных сигналов коммутатора, обеспечивает сигнализацию о неисправности в систему управления верхнего уровня.

Управляющая часть реализуется на базе ПЛИС в связи с повышенными требованиями к надежности системы управления электроприводом. Здесь к устройствам, решающим задачи среднего уровня, относятся коммутатор и схема контроля.

Коммутатор обеспечивает формирование требуемой последовательности включения фаз в зависимости от направления движения и предыдущего значения его выходных сигналов, также коммутатор обеспечивает формирование уставок тока в соответствии с законом представленным на рис. 3. Допустим, в момент времени t_0 ШД находится в состоянии покоя (удержания положения), величина токов в фазах 1 и 4 равна 3 А. В момент времени t_1 поступает команда движения по часовой стрелке, ток фазы 1 начинает нарастать до величины 5 А, ток фазы 4 за то же время должен уменьшиться до нуля. В момент времени t_2 ток фазы 1 должен выйти на уровень тока удержания. Первый шаг завершен, происходит проверка наличия команды на движение, так как присутствует команда на движение по часовой стрелке, начинается второй шаг. В случае если команда будет отсутствовать, величина тока фазы 1 должна оставаться равной 3 А, а величина тока фазы 2 должна будет нарасти до величины 3 А. После этого ШД перейдет в режим удержания (момент времени t_3). В момент времени t_4 поступает команда на движение по часовой стрелке, коммутатор должен сформировать ещё два шага, после чего (момент времени t_6) двигатель переходит в режим удержания.

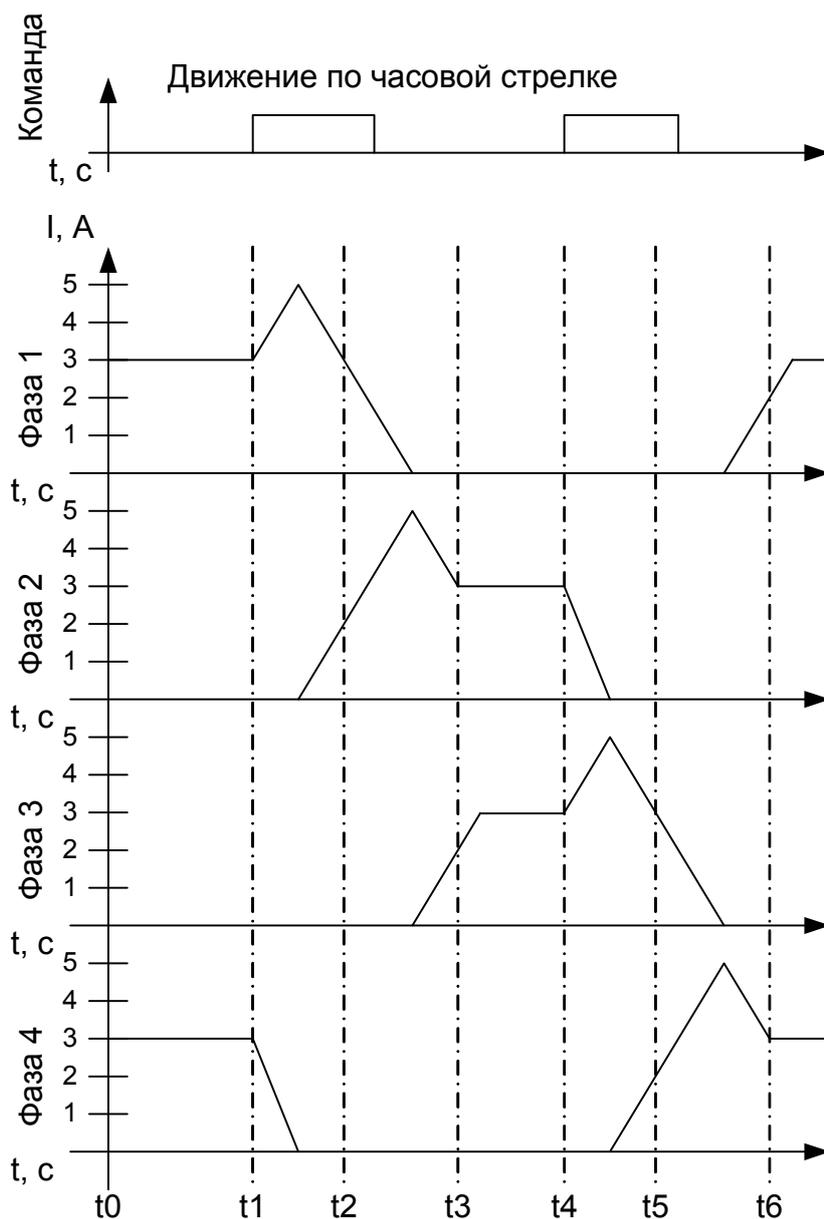


Рис. 3. Форма токов при вращении по часовой стрелке

Автомат, реализующий такой закон формирования уставок токов фаз удобно реализовывать методом, изложенным в работах [5, 6] для программной реализации, расширив область его применения на аппаратную (на базе ПЛИС) реализацию требуемых функций [4]. Для синтеза и отладки графа переходов автомата воспользуемся средствами *Simulink* и *Stateflow*, входящими в пакет *MATLAB*. Пример одного из автоматов, реализующего описанный выше закон, приведен на рис. 4. Результаты моделирования приведены на рис. 5.

Для перехода от модели проекта, выполненной в *Simulink* к описанию конфигурации микросхемы программируемой логики на языках описания аппаратуры, например, *HDL*, воспользуемся средством *Simulink HDL Coder*, который также входит в пакет *MATLAB*. Полученное описание непосредственно включается в проект конфигурации ПЛИС, в САПР любого производителя микросхем программируемой логики, поддерживающего разработку конфигурации на языках описания аппаратуры (*VHDL, Verilog*), например *Altera, Xilinx, Actel* и т.д.

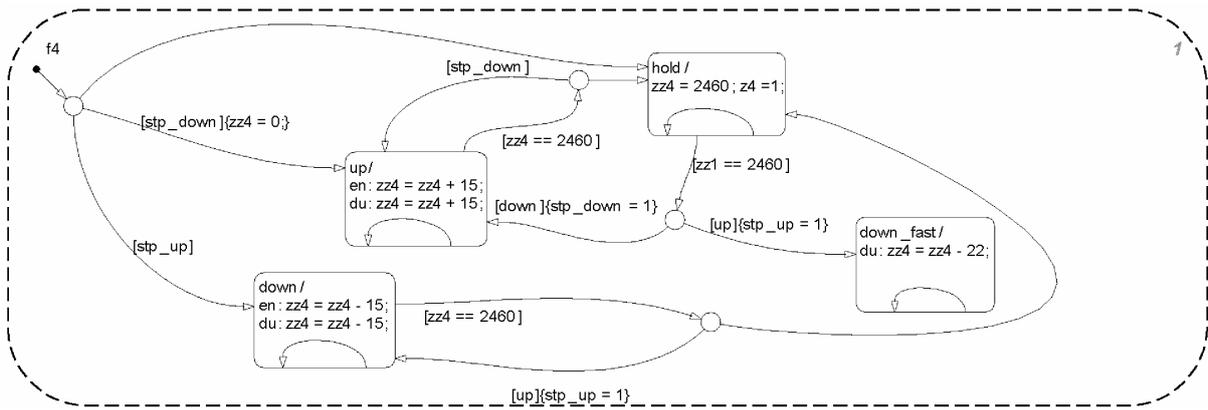


Рис. 4. Граф переходов автомата в пакете *Stateflow*

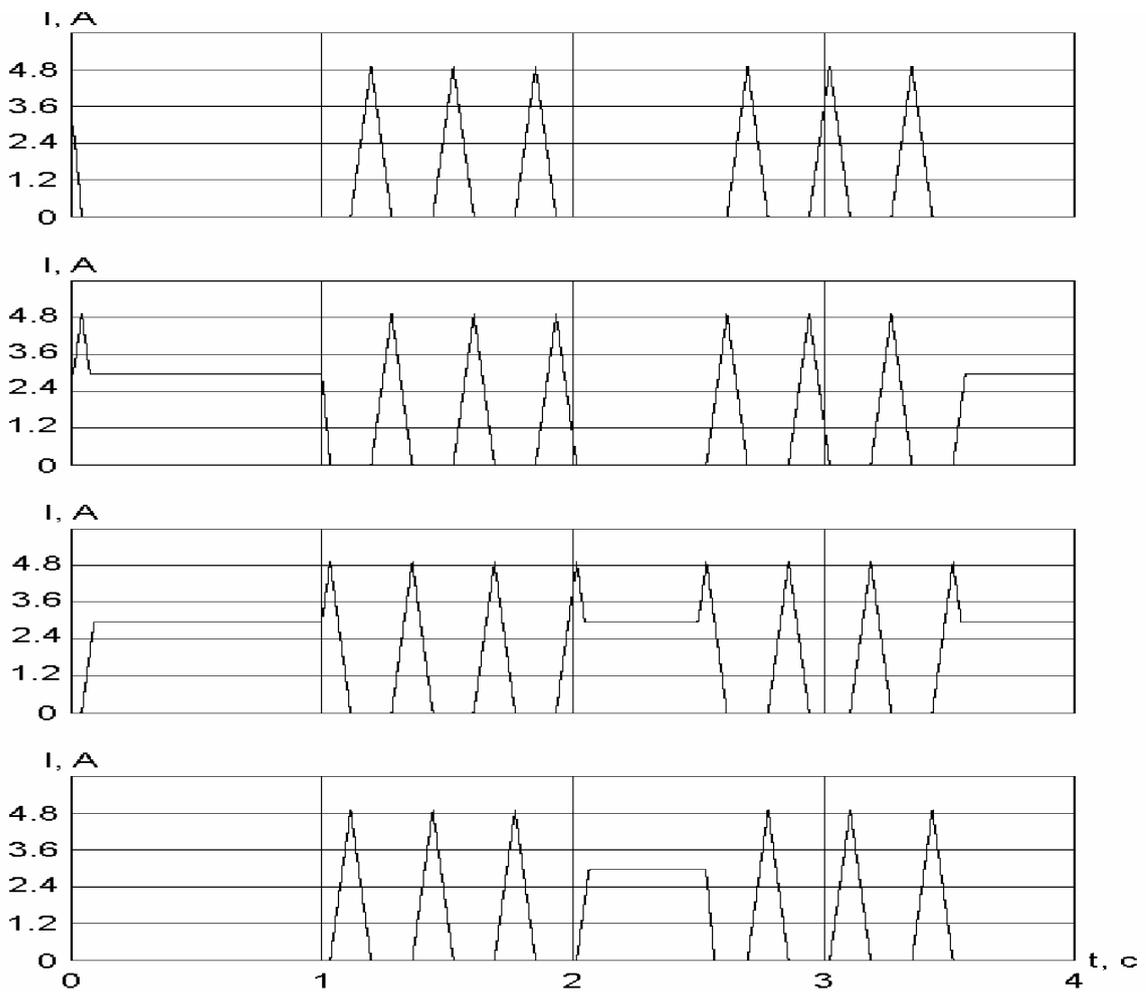


Рис. 5. Результаты моделирования

Также возможна автоматическая генерация *ANSI / ISO-C* кода для программной реализации разработанного автомата с использованием *Real-Time Workshop* [3].

Таким образом, пакет *MATLAB* предлагает единую среду моделирования и разработки управляющих конечных автоматов в системах управления исполнительным электроприводом с автоматической генерацией описания аппаратуры на языках *VHDL*, *Verilog* или *C*-кода для программной реализации. Это существенно снижает трудоёмкость разработки таких систем и снижает риск возникновения ошибки.

Литература

1. Балакин А. В., Гафуров Т. Х. Типы электромеханических приводов для регулирования технологическими параметрами // Системы управления и обработки информации. 2007. Вып. 14.
2. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов. Л.: Энергоиздат, 1982.
3. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода. М. Энергоатомиздат, 1981.
4. Деменков Н. П. Модельно-ориентированное проектирование систем управления // Промышленные АСУ и контроллеры. 2008. № 11.
5. Козаченко В. Ф. Эффективный метод программной реализации дискретных управляющих автоматов во встроенных системах управления.
http://www.motorcontrol.ru/publications/state_mashine.pdf, <http://is.ifmo.ru/aboutus/1/>
6. Шалыто А. А., Антипов В. В. Алгоритмизация и программирование задач логического управления техническими средствами. СПб.: МОРИНТЕХ, 1996.