

УДК 621.313;621.396.001.66

**О возможности использования
универсального контроллера
исполнительных подсистем роботов
в технологическом процессе
при производстве изделий
фотоэлектроники**

А. С. Михалев, М. В. Михалевский

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Рассмотрен универсальный контроллер, предназначенный для управления различными типами электрических машин. Даны анализ различных типов электрических машин и физическое обоснование возможности создания единых управляющих аппаратных средств. Приведены структура и принцип действия контроллера. Предлагается использование универсального контроллера при производстве изделий фотоэлектроники.

Постоянно растущие требования по точности, надежности, массогабаритным показателям, предъявляемые к приводам технологического оборудования, используемого при производстве изделий электронной техники, ведут к широкому использованию микропроцессорного управления и единого информационного обеспечения. В отечественной и мировой практике накоплен значительный опыт в области управления приводами различных типов. Вместе с тем существующие технические решения ориентированы на специфику конкретных типов двигателей [1], что не позволяет использовать единые аппаратные средства для управления различными классами электрических машин.

В связи с этим весьма актуальной является задача создания унифицированных аппаратных средств, реализующих управление приводами различных типов с различным количеством фаз и пар полюсов.

Теоретическим обоснованием возможности создания единого контроллера для управления различными типами двигателей является то, что в основе принципа действия любого типа двигателя лежат одни и те же физические процессы (явления), вызванные силами Лоренца и описываемые законами Био-Саварра-Лапласа и электромагнитной индукции Фарадея-Максвелла. Какими бы разными на первый взгляд ни казались двигатели различных классов, сущность любого из них сводится к взаимодействию электрона с магнитным полем.

Предприняв попытку обобщения различных типов двигателей, мы можем убедиться, что техническая реализация любого из них определяется довольно ограниченным набором возможных вариантов. Этими вариантами являются: питание от постоянного или переменного токов; количество фаз от одной до трех; способ возбуждения — электромагнитный или от постоянных магнитов; обмотка возбуждения на статоре или на роторе; количество пар полюсов. Конкретное решение определяется принципом действия двигателя.

Как известно, электромагнитные процессы в электрических машинах определяются магнитными полями в воздушном зазоре, создаваемыми токами, текущими вдоль оси машины [2]. В свою очередь, распределение токов зависит от типа обмотки, а изменение их во времени — от характера подаваемого к обмоткам напряжения. Следовательно, физические процессы, происходящие в электрической машине, независимо от ее конструкции, основываются на нескольких основополагающих физических явлениях. В первую очередь это закон Био-Саварра, гласящий, что если множество малых электрически заряженных частиц непрерывно проходит через один и тот же участок траектории с постоянной скоростью, то суммарный эффект от отдельных движущихся магнитных полей каждой частицы сводится к образованию постоянного магнитного поля. Это поле называют полем Био-Саварра. В соответствии с принципом суперпозиции справедливо, что магнитная индукция системы отдельных индукций полей каждой из движущихся заряженных частиц равна геометрической сумме магнитных индукций полей каждой из движущихся заряженных частиц. Рассматривая вектор B магнитной индукции относительно произвольной поверхности S , мы можем говорить о магнитном потоке и физической величине, равной $\Phi_m = \int_B dS$.

(S)

Магнитный поток — важнейшая величина, характеризующая электрическую машину [2]. Магнитные потоки в обмотках электрических машин индуцирует ЭДС, которая состоит из двух составляющих: трансформаторной ЭДС, обусловленной собственным изменением магнитного потока во време-

ни, и ЭДС вращения от собственного перемещения обмотки относительно магнитного потока.

Первая составляющая — трансформаторная ЭДС — описывается законом Фарадея-Максвелла.

Согласно этому закону изменения магнитного потока, проходящего через катушку, наводят в ней напряжение, которое в соответствии с законом Фарадея выражается как $E_f = -\mathfrak{R}N(d\phi/dt)$, где ϕ — число силовых линий, сцепленных с катушкой; $(d\phi/dt)$ — скорость изменения во времени напряженности магнитного поля; N — число витков в катушке, \mathfrak{R} — const. Величину E_f называют ЭДС или напряжением Фарадея.

Вторая составляющая общей ЭДС — ЭДС вращения от собственного перемещения обмотки относительно магнитного потока, вызванная силами Лоренца.

Если отрезок проводника перемещается в магнитном поле, то между его концами появляется электрическое напряжение. Это напряжение, равное $E = LB(dx/dt)\sin\phi$, называют напряжением Лоренца, где (dx/dt) — скорость движения проводника, B — магнитная индукция, L — длина проводника (эффективная длина по перпендикуляру к направлению поля), ϕ — угол между направлением движения проводника и направлением магнитного поля.

Изложенное выше позволяет утверждать, что физические принципы действия любого двигателя не противоречат идее создания универсального аппаратного средства управления.

Идеология универсального контроллера заключается в том, что аппаратная часть минимальна и реализует лишь те функции, решение которых на программном уровне либо невозможно, либо требует значительной вычислительной мощности. Адаптация контроллера к типу и параметрам двигателя осуществляется путем модификации программного обеспечения и не требует изменения аппаратных средств.

Объектом управления в нашей задаче являются исполнительные подсистемы робототехники, но рассмотрение ограничено следующими типами электрических машин: синхронными, коллекторными и бесконтактными двигателями постоянного тока. Несмотря на введенное нами ограничение, не существует каких-либо препятствий для управления и другими типами электрических машин. Это возможно за счет введения датчиков обратной связи и структуры универсального контроллера.

При выборе компонентной базы для вычислительного блока мы стремились максимально упростить внедрение контроллера в существующие промышленные роботы, автоматизированные линии и станки с ЧПУ. Поэтому контроллер совместим как с использующимися до сих пор ЭВМ типа PDP-11, так и через блок сопряжения с управляющей IBM-совместимой ЭВМ. Это позволяет использовать более современную и широкораспространенную технику для управления и настройки контроллера на конкретную задачу.

Основные технические решения аппаратной части рассматриваемого здесь контроллера предложены в работах [3, 4].

Контроллер (рисунок) построен по схеме с общей системной магистралью, объединяющей вычислительный блок (ВБ), контроллер прямого доступа в память (КПДП), модуль сопряжения с управляющей ЭВМ (МС), модуль управления приводом (МУП) и коммутатор фазных напряжений двигателя, например, полумостовой коммутатор (ПМК).

В состав ВБ входят микропроцессор (МП), оперативное (ОЗУ) и постоянное запоминающие устройства (ПЗУ), а также программируемый таймер

(ПТ), предназначенный для организации работы ВБ в реальном масштабе времени.

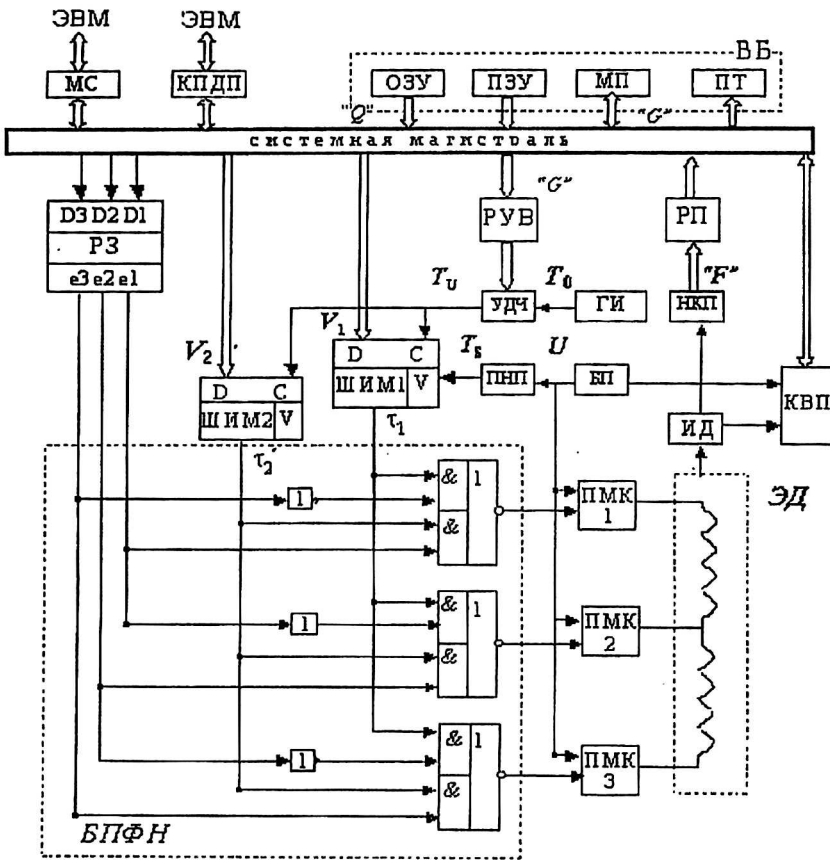


Схема универсального контроллера

Управление электродвигателем (ЭД) реализуется ВБ с помощью МУП, включающего в себя регистры положения (РП), управляющего воздействия (РУВ) и знаков (РЗ), а также контроллер векторных прерываний (КВП), блок переключения фазных напряжений (БПФН) и два широтно-импульсных модулятора (ШИМ1, ШИМ2), управляемый двигатель частоты (УДЧ), генератор импульсов (ГИ) и преобразователь (ПНП) напряжения блока питания (БП) в период следования импульсов.

Контроллер работает следующим образом. Инкрементальный датчик (ИД), механически связанный с ротором ЭД, совместно с накапливающим кодирующим преобразователем (НКП) формирует код F положения ротора ЭД, считываемый МП с помощью РП. МП под управлением программы регулятора сравнивает коды Q задания по углу либо скорости двигателя, занесенные в ОЗУ внешней управляющей ЭВМ с помощью КПДП, рассчитывает код G управляющего воздействия и заносит его в РУВ, определяя тем самым период выходных импульсов УДЧ как $T_U = GT_0$, где T_0 — период импульсов ГИ.

Программа драйвера двигателя, обслуживающая прерывания ПТ, на основе кода F рассчитывает код W скорости как $W(n) = F(n) - F(n-1)$, где $F(n)$ и $F(n-1)$ — считанные МП-коды F угла, соответственно, при n -м и $(n-1)$ -м прерываниях МП. Также программно формируются коды V_1, V_2 , определяющие длительность выходных импульсов τ ШИМ1, ШИМ2 и тем самым дли-

тельность пребывания вектора магнитного поля статора в соседних ориентациях. Коды V_1 , V_2 поступают на цифровые D -входы ШИМ1, ШИМ2.

$$\begin{aligned}\tau_1 &= T_U V_1 = T_0 G V_1; \\ \tau_2 &= T_U V_2 = T_0 G V_2.\end{aligned}\quad (1)$$

Период T_S следования импульсов ШИМ определяется ПНП и составляет

$$T_S = KU, \quad (2)$$

где U — напряжение БП;

K — коэффициент передачи ПНП.

Выходные сигналы ШИМ1, ШИМ2 с помощью коммутаторов ПМК1 — ПМК3 подключают обмотки ЭД к полюсам БП, задаваемым кодами $e_1 - e_3$, заносимыми МП в РЗ в зависимости от требуемого угла поворота ψ изображающего вектора напряжения (ИВН) статора электродвигателя.

Изменение входных кодов V_1 , V_2 ШИМ позволяет получить любую требуемую ориентацию ИВН, что достигается изменением этих кодов, формируемых вычислительным блоком, в функции положения F и скорости W ротора ЭД.

С учетом (1)—(2) среднее значение напряжения на выходе i -го ПМК будет

$$U_i = U(\tau_1 e_{i1} + \tau_2 e_{i2}) / T_S = T_0 G(V_1 e_{i1} + V_2 e_{i2}) / K, \quad (3)$$

где U — напряжение БП;

e_{i1} , e_{i2} — коды знаков напряжений ПМК в текущем и последующем секторах, образуемых векторами ИВН, формируемыми ПМК.

Анализ выражения (3) подтверждает инвариантность среднего значения U_i напряжения на выходах ПМК к пульсациям и дрейфу напряжения U БП, что достигается изменением периода T_S импульсов ШИМ пропорционально напряжению U БП. Это обеспечивает уменьшение пульсаций момента вращения, обусловленных непостоянством напряжения питания.

Принцип универсальности контроллера достигается за счет некоторой избыточности аппаратной части при работе с электрическими машинами, имеющими меньшее число фаз или пар полюсов, чем максимально возможно. Эта избыточность компенсируется такими преимуществами, как более простое управление исполнительными подсистемами и, следовательно, самим роботом, а также сокращение и унификация аппаратной части управляющей системы. Преимущества описанного универсального контроллера исполнительных подсистем позволяют широко использовать его при проектировании и модификации сложных технологических линий по производству изделий фотоэлектроники.

Л и т е р а т у р а

1. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. — М.: Энергоиздат, 1981. — 576 с.
2. Хрущев В. В. Электрические микромашины автоматических устройств. Учебное пособие для вузов. — Л.: Энергия, 1976. — 384 с.
3. А. с. 1582291 СССР. Вентильный электропривод с цифровым управлением/Л. И. Матюхина, А. С. Михалев, С. Н. Сидорук, И. М. Чушенков и А. В. Кваша; Оpubл. в БИ, 1990. № 28.
4. А. с. 420668 СССР. Преобразователь перемещения в код/А. С. Михалев, С. Н. Сидорук и И. М. Чушенков; Оpubл. в БИ, 1988. № 32.

About possibility of using universal controller for electromechanical executive subsystems of robotics in the manufacture of photoelectronics products

A. S. Mikhalev, M. V. Mikhalevsky

Belorussian State University, Minsk, Belarus

We have considered universal controller for controlling different types of electrical machines. The analysis was done of different types of electrical machines and physical grounds of possibility of creating integrated apparatus means. The structure and principle of action of controller are described. The using of universal controller is proposed for production of photoelectronics.