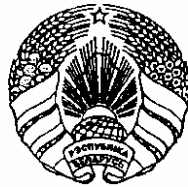


ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 7005

(13) С1

(46) 2005.06.30

(51)⁷ G 05B 19/00,
H 02P 8/00

(54)

СПОСОБ МИКРОШАГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20000470

(22) 2000.05.17

(43) 2001.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Карпович Святослав Евгеньевич; Ковалев Сергей Владимирович; Павлюковский Игорь Анатольевич; Межинский Юрий Сергеевич; Дайняк Игорь Викторович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) US 3813592, 1974.

US 4489260, 1984.

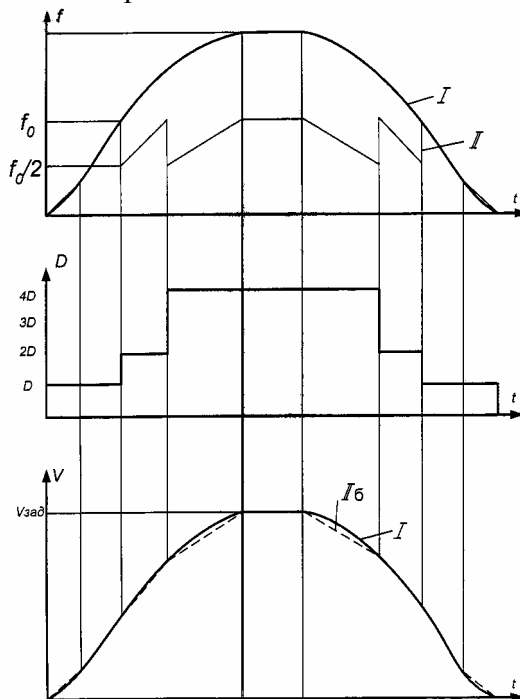
US 4443746, 1984.

SU 1365342 A1, 1988.

Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. -М.: Энергоиздат, 1987. - С. 16-24.

(57)

1. Способ микрошагового управления шаговым двигателем путем изменения скорости шагового двигателя, которое производят, изменяя частоту управляющих импульсов, отличающийся тем, что одновременно с изменением частоты управляющих импульсов модулируют величину дискретности перемещения двигателя.



Фиг. 1

ВУ 7005 С1 2005.06.30

ВУ 7005 С1 2005.06.30

2. Устройство микрошагового управления шаговым двигателем, содержащее микропроцессор и цифро-аналоговый преобразователь, **отличающийся** тем, что содержит реверсивный счетчик с переменной разрядностью и программно-управляемый генератор частоты входной последовательности управляющих импульсов, информационные входы которых подключены к соответствующим выходам микропроцессора, при этом выход реверсивного счетчика с переменной разрядностью подключен ко входу цифро-аналогового преобразователя, а его счетный вход – к первому выходу программного управляемого генератора частоты входной последовательности управляющих импульсов, второй выход которого соединен со входом микропроцессора.

Изобретение относится к автоматизированному электроприводу и может быть использовано для управления шаговыми электродвигателями в приборостроении.

Известен способ управления шаговыми двигателями, который реализуется посредством подачи на входы коммутатора, переключающего обмотки электродвигателя, двух последовательностей импульсных команд [1].

Скорость двигателя при этом определяется разностью частот импульсных команд.

Устройство для осуществления этого способа содержит коммутатор, распределитель импульсов и делитель мощности [2].

Недостатком этих технических решений является узкий динамический диапазон работы двигателя, обусловлено это сложностью расчета и формирования заданной траектории движения, т.к. она находится в интегральной зависимости от разности входных частот.

Известен способ управления шаговым двигателем, по которому скорость движения изменяют пропорционально частоте входной последовательности управляющих импульсов [3]. Для формирования требуемой траектории движения шагового двигателя со скоростью, превышающей скорость приемистости, используют участки равноускоренного и равнозамедленного движения.

Устройство управления, реализующее данный способ, содержит микропроцессорное устройство, реверсивный счетчик и драйвер шагового двигателя [4].

Недостатком этих технических решений является то, что при малой величине дискретности перемещения для достижения высокой скорости требуемая частота входной последовательности управляющих импульсов принимает значения, при которых микропроцессорное устройство, выполненное на современной элементарной базе, не обеспечивает требуемого быстродействия, необходимого для решения задачи формирования заданной траектории движения. Это объясняется тем, что интервал времени, между соседними импульсами входной последовательности, рассчитывается микропроцессором на каждом шаге шагового двигателя и, при сложной форме траектории, это требует значительного машинного времени. Так, при требуемой точности позиционирования $D = 1$ мкм и скорости движения $V = 1$ м/сек расчетная частота импульсов управления равна:

$$f = V/D = 1/10^{-6} = 1 \text{ МГц.}$$

Времени в 1 мкс микропроцессору может оказаться недостаточно для расчета траектории движения, включающей участки разгона и торможения. Следовательно, при данном способе управления максимальная скорость при заданной дискретности перемещения или минимальная величина дискретности при заданной скорости ограничены.

Ограничения становятся еще более жесткими в том случае, когда за время расчета интервала между импульсами управления необходимо обрабатывать информацию с датчиков ускорения, конечных и всевозможных технологических датчиков.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ микрошагового управления шаговым двигателем, при котором изменение скорости перемещения осуществляют в функциональной зависимости от числа управляющих импульсов [5].

ВУ 7005 С1 2005.06.30

Устройство управления, реализующее данный способ, содержит микропроцессорное устройство и цифро-аналоговый преобразователь для шагового двигателя [5].

Недостатком этих технических решений является узкий динамический диапазон двигателя при малой величине дискретности перемещения. Обусловлено это тем, что для систем управления, реализующих широкий диапазон перемещений, скоростей и ускорений, т.е. имеющих широкий динамический диапазон по всем параметрам траектории движения, требуется значительный объем постоянной машинной памяти, что приводит к значительному увеличению стоимости и сложности устройства. К недостаткам этих технических решений относится также то, что на проведение анализа количества управляющих импульсов, расчета интервалов между соседними управляющими импульсами, а также выборки табличных значений требуется значительное количество машинных команд и при высокой скорости движения шагового двигателя современные микропроцессорные устройства могут не обеспечивать требуемого быстродействия работы.

Задачей изобретения является расширения динамического диапазона работы двигателя при малой величине дискретности перемещения.

Поставленная задача достигается тем, что в известном способе микрошагового управления шаговым двигателем, при котором изменение скорости шагового двигателя осуществляют в зависимости от частоты управляющих импульсов, одновременно изменяют скорость шагового двигателя, модулируя величину дискретности перемещения.

Поставленная задача достигается также тем, что в устройство микрошагового управления шаговым двигателем, содержащее микропроцессор и цифро-аналоговый преобразователь, введены реверсивный счетчик с переменной разрядностью и программно-управляемый генератор частоты входной последовательности управляющих импульсов, информационные входы которых подключены к соответствующим выходам микропроцессора, при этом выход реверсивного счетчика с переменной разрядностью подключен ко входу цифро-аналогового преобразователя, а его счетный вход - к первому выходу программно-управляемого генератора частоты входной последовательности управляющих импульсов, второй выход которого соединен со входом микропроцессора.

Предлагаемый способ отличается от известного способа микрошагового управления шаговым двигателем тем, что для управления скоростью двигателя используют как число управляющих импульсов, так и величину дискретности перемещения.

Отличие заявляемого устройства заключается в том, что в него дополнительно введены программно-управляемый генератор частоты управляющих импульсов и реверсивный счетчик с переменной разрядностью, посредством которых возможно управление частотой входной последовательности импульсов и величиной дискретности перемещения в процессе движения шагового двигателя по командам с микропроцессора.

Сущность предложенного изобретения раскрывается посредством фигур, на которых представлено:

на фиг. 1 - графическая интерпретация предложенного способа управления посредством временных зависимостей $f(t)$, $D(t)$, $V(t)$; (кривая I - прототип, кривая II - заявляемый способ), где f - частота управляющих импульсов,

D - дискретность перемещения двигателя;

V - скорость перемещения двигателя;

на фиг. 2 - функциональная схема устройства, реализующего предложенный способ микрошагового управления;

на фиг. 3 - принципиальная схема устройства, реализующего предложенный способ микрошагового управления;

на фиг. 4 - форма выходного напряжения цифро-аналогового преобразователя шагового двигателя при различной дискретности перемещения.

Как известно точность позиционирования определяется величиной дискретности перемещения в квазистатическом режиме. В динамике в разомкнутой системе управления

ВУ 7005 С1 2005.06.30

допустимая ошибка рассогласования электрического и механического векторов положения якоря шагового двигателя может находиться в пределах $\pm\tau/4$, где τ - период нарезки индуктора или механический шаг двигателя. При этом максимальное значение динамической ошибки не зависит от величины дискретности перемещения [6]. Исходя из этого, во время движения якоря шагового двигателя, допустимо изменение дискретности перемещения, что приводит к соответствующему изменению скорости движения.

Способ реализован следующим образом (фиг. 1).

При разгоне двигателя увеличивают частоту управляющих импульсов до значения f_0 . Причем f_0 выбирают с учетом быстродействия микропроцессора, исходя из величины максимальной скорости двигателя V_{\max} , глубины модуляции величины дискретности перемещения N и величины механического шага двигателя τ по формуле:

$$f_0 = N \cdot V_{\max} / \tau.$$

При достижении значения f_0 частоты управляющих импульсов увеличивают дискретность перемещения в два раза с соответствующим уменьшением управляющей частоты до значения $f_0/2$ (кривой II на фиг. 1). При этом зависимость $V(t)$ не изменяется, так как:

$$V = f_0 \cdot D = (f_0/2) \cdot 2 \cdot D,$$

где D - дискретность перемещения.

Данный процесс увеличения дискретности и периодического линейного увеличения частоты управления от $f_0/2$ до f_0 с последующим уменьшением до $f_0/2$ продолжают до достижения скорости $V_{\text{зад}}$, заданной при разгоне двигателя.

При торможении осуществляют уменьшение дискретности перемещения с периодическим уменьшением частоты управляющих импульсов от f_0 до $f_0/2$.

При переключении величины дискретности перемещения выдают информацию о требуемой величине ускорения с микропроцессора на программно-управляемый генератор частоты управляющих импульсов, что позволяет проводить кусочно-линейную аппроксимацию заданной функции скорости от числа управляющих импульсов (кривая II б на фиг. 1). Количество участков аппроксимации выбирают таким, чтобы ошибка была минимальной.

Предложенный способ допускает, при достижении величины скорости определенного значения (f_0), дальнейшее изменение скорости производить путем изменения величины дискретности перемещения. При этом частота управляющих импульсов постоянна. Устройство, реализующее предложенный способ микрошагового управления (фиг. 2), состоит из микропроцессора (1), программно-управляемого генератора частоты управляющих импульсов (2), реверсивного счетчика (3) с переменной разрядностью и цифро-аналогового преобразователя (4).

Устройство работает следующим образом: с микропроцессора на информационный вход программно-управляемого генератора поступает информация о параметрах траектории по шине (5), а по шинам (6) и (7) подается соответственно направление перемещения и код разрядности для реверсивного счетчика с переменной разрядностью. Программно-управляемый генератор частоты управляющих импульсов на основании получаемой информации формирует унитарную последовательность импульсов, поступающую по шине (8) на счетный вход реверсивного счетчика и по шине (9) на вход микропроцессора.

Реверсивный счетчик преобразует последовательный унитарный код в параллельный, причем вес входного импульса в выходном параллельном коде зависит от установленной разрядности счетчика, что определяет, в конечном счете, величину дискретности перемещения. Далее параллельный код с реверсивного счетчика поступает по шине (10) на вход цифро-аналогового преобразователя, где происходит преобразование кода в квантованные синусоидальные сигналы по количеству фаз применяемого шагового двигателя, а также осуществляется требуемый фазовый сдвиг между выходными сигналами по шинам (11), (12) и усиление сигналов по мощности.

ВУ 7005 С1 2005.06.30

После того, как микропроцессором определяется начальная скорость, ускорение и дискретность перемещения, на выходе программно-управляемого генератора (шина 8) начинают вырабатываться импульсы с возрастающей по линейному закону частотой.

Интервалы времени, необходимые для увеличения частоты импульсов от f начальное до f_0 и от $f_0/2$ до f_0 рассчитывается микропроцессором перед началом движения, на основании известного ускорения и ожидаемой величины приращения скорости.

По истечении каждого интервала времени микропроцессор перезагружает программно-управляемый генератор и реверсивный счетчик соответственно увеличивая (уменьшая) частоту и уменьшая (увеличивая) дискретность перемещения.

Принципиальная схема устройства (фиг. 3), разработанная по выше приведенной функциональной схеме, включает микропроцессор ADSP-21065L (D1), программно-управляемый генератор (D2) частоты управляющих импульсов, реверсивный счетчик (D3) с переменной разрядностью, реализованные на базе PLD фирмы Altera, и функциональный цифро-аналоговый преобразователь (D4) для преобразования цифрового кода в аналоговый, управляющий перемещением шагового двигателя.

На фиг. 4 приведена форма выходного сигнала с одного выхода функционального преобразователя (4). Синусоида (а) соответствует частоте управляющих импульсов $f_0/2$, а синусоида (б) - частоте f_0 при дискретности D . Далее происходит переключение дискретности на $2*D$ и переход на синусоиду (в) с частотой управляющих импульсов $f_0/2$.

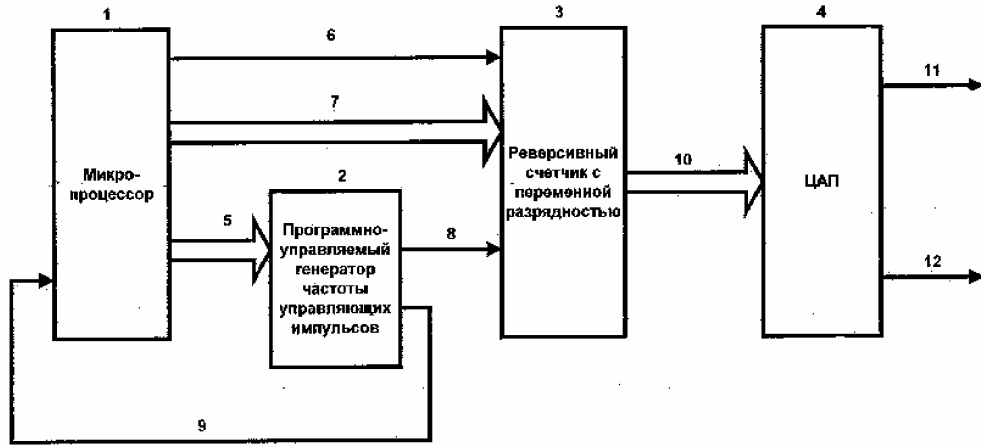
Аналогично осуществляются переходы к синусоидам (г) и (д). На последней временной зависимости (е) представлен случай вырожденного микрошагового управления в обычное управление с дискретностью перемещения, равной половине механического шага двигателя.

На фиг. 5 схематично показан счетчик с переключающейся разрядностью. Положение разрядов верхнего счетчика (А) соответствует синусоиде (а), счетчика (Б) - синусоиде (в) и счетчика (В) - синусоиде (д).

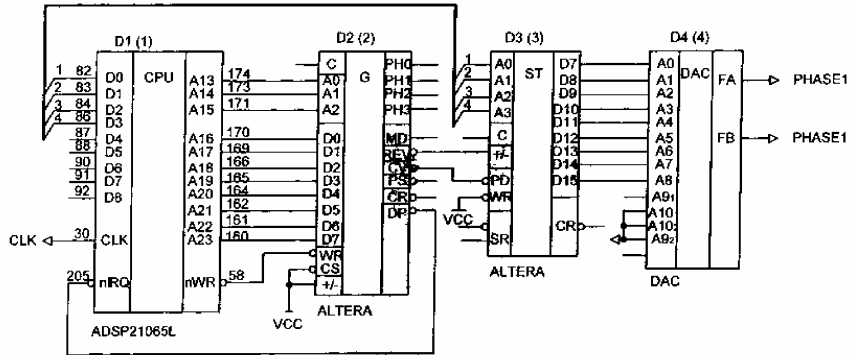
Использование предложенных способов и устройства микрошагового управления расширяет динамический диапазон работы системы управления шаговым приводом, позволяя работать практически на любой требуемой скорости и ускорении, что повышает производительность оборудования, включающего шаговый привод.

Источники информации:

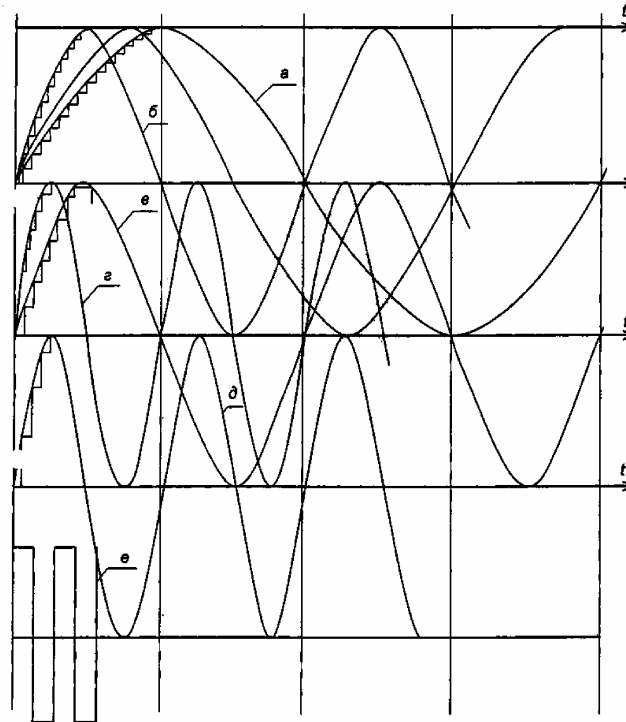
1. А.с. СССР 513461, МПК Н 02Р 8/00, 1975.
2. А.с. СССР 474893, МПК Н 02Р 7/62, 1975.
3. Патент США 3.813.592, НКИ 318-696, МПК С 05В, 1974.
4. Патент США 4.443.746, МПК Н 02Р 29/02, 1984.
5. Патент США 4.489.260, МПК Н 02Р 29/02, 1984.
6. Кенио Т. Шаговые электродвигатели и их микропроцессорные системы управления. -М.: Энергоиздат, 1987.



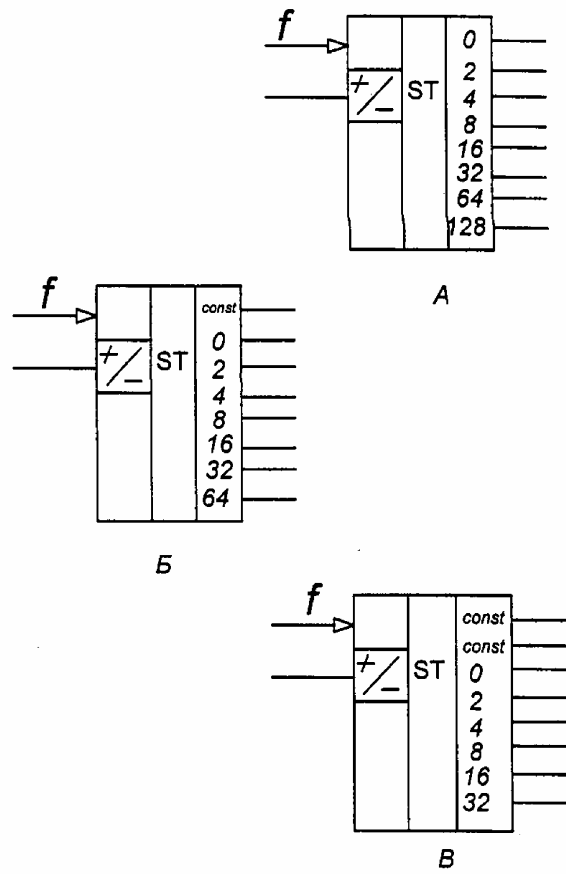
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5