

УДК 621.313.84

А. В. Липин, Г. А. Липина, И. Ю. Семькина

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ «МУЛЬТИКООРДИНАТНЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ»

Данная статья посвящена разработке алгоритмов управления устройством «Мультикоординатный электромеханический преобразователь», далее МЭМП. представляет собой специализированный двигатель для манипуляторов и исполнительных органов роботизированных механизмов. Согласно принципу его работы, пространственная ориентация ротора определяется конфигурацией магнитного поля статора, что при отсутствии ограничивающих механических связей между ними обуславливает наличие нескольких степеней свободы[2].

Конструкция двигателя представляет собой две сферы с электромагнитами на внешней (статоре), и постоянными магнитами на внутренней (роторе). Схематичный вид двигателя представлен на рис.1. Система управления, коммутируя ключи в определенной последовательности, подает на полюса статора напряжение, создавая магнитное поле. Для формирования требуемой конфигурации поля, число полюсов статора должно существенно превышать число полюсов ротора.

В ходе работы было сформулировано два различных подхода к формированию сигналов управ-



Рис.1. Схематичный вид двигателя

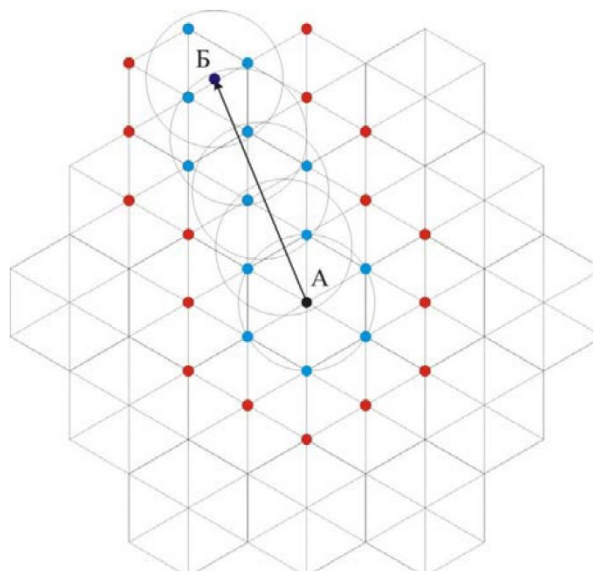


Рис.2 Векторный алгоритм

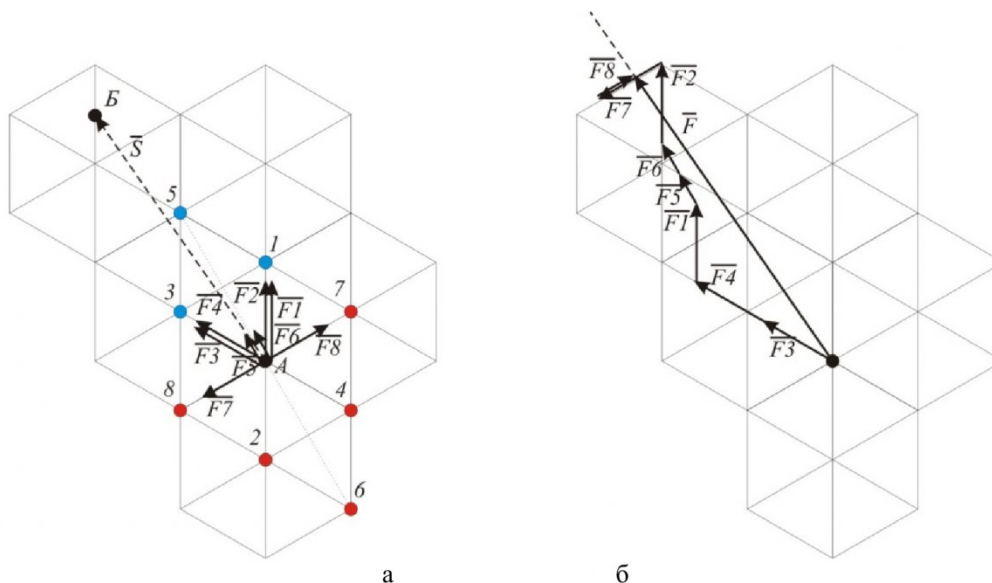


Рис.3. Векторный алгоритм

ления, названных дискретным и векторным алгоритмом.

Векторный алгоритм.

Вспользуемся двумерным представлением полюсного пространства статора МЭМП, показанным на рис. 2.

Пусть начальное положение точки, неразрывно связанной с ведущим полюсом ротора (полюсом, противоположным валу) – точка А. Заданием

мая. Точками отмечены полюса, участвующие в процессе движения. Из рисунка видно, что траектория перемещения проходит между полюсами. Для реализации такого перемещения необходимо сместить экстремум магнитного поля вдоль прямой, что невозможно при дискретном значении тока полюсов.

Обратимся к рис. 3.

На рис 3 а для примера показаны силы, дей-

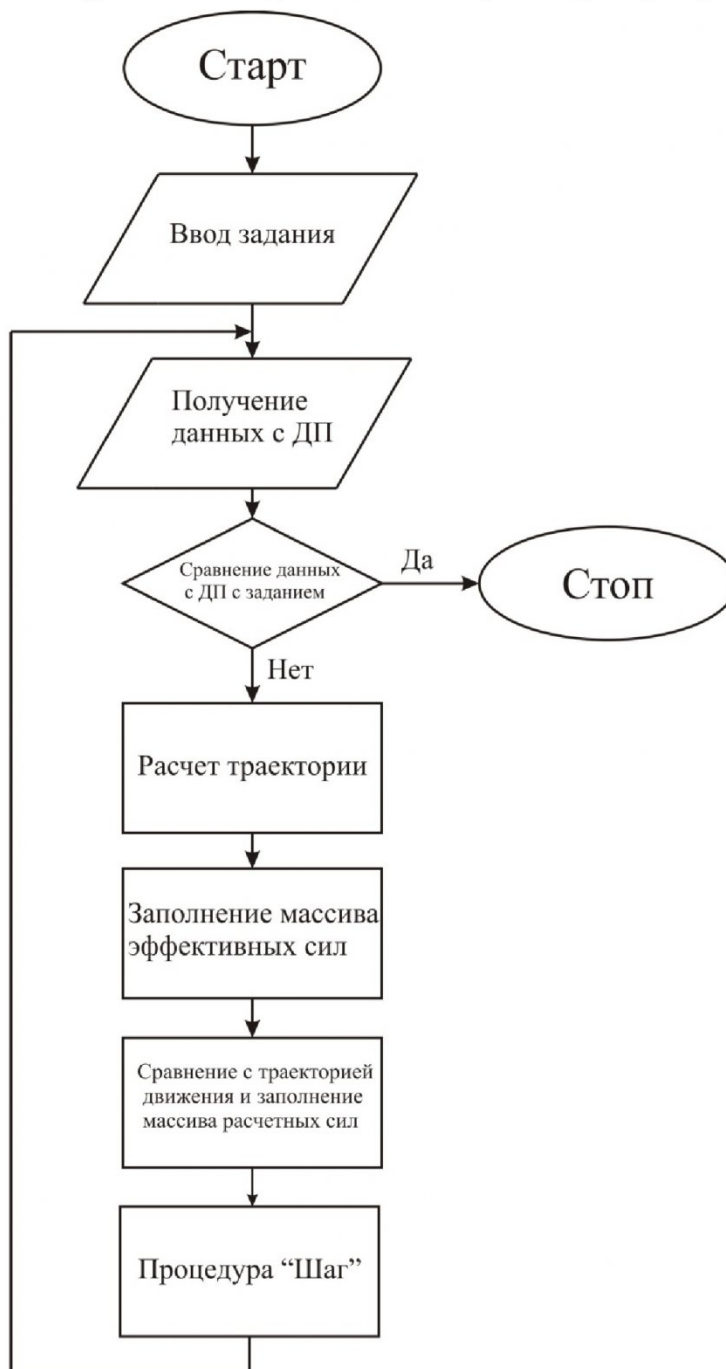


Рис.4. Упрощенный линейный алгоритм

для конечного положения будет точка Б. Для достижения этого положения возможно множество вариантов траектории, причем наиболее идеальной с точки зрения быстродействия является пря-

ствующую на полюс со стороны восьми наиболее характерных полюсов. Для перемещения вдоль траектории А-Б необходимо получить результирующую силу, действующую вдоль нее в каждый

момент времени. Оперировать необходимо векторами сил, изменение которых повлияет на полезную составляющую в меньшей степени, например, для данного случая, достаточно уменьшить силу F8 (рис.3 б). Таким образом, система управления формирует требуемый вектор из доступных векторов сил. Перемещение вала ротора при помощи алгоритма расчетной траектории носит плавный характер, что немаловажно для ряда механических систем. Однако, данный алгоритм требует наличие датчика положения для расчета текущих значений векторов сил действующих на полюс ротора [1]. Так же, вследствие снижения количества эффективно действующих полюсов, задействованных в движении, уменьшается развиваемый момент.

На рис. 4 представлен упрощенный линейный алгоритм. Заполнение массива эффективных сил предполагает расчет сил взаимодействия между каждым полюсом статора и полюсом ротора по формулам, полученным во второй главе, после чего отбор наиболее значительных из них (рис.3а). Заполнение массива расчетных сил предполагает расчет требуемых сил из массива отобранных эффективных в соответствии равнодействующей силой, направленной вдоль траектории движения.

Дискретный алгоритм

Существуют механизмы, для которых важным показателем является развиваемый момент, и применение алгоритма расчетной траектории негативным образом сказывается на возможности применения в них МЭМП.

Одним из способов, позволяющих добиться большего момента, является применение дискретного алгоритма. Данный алгоритм имеет много общего с принципом работы шагового двигателя. Чем больше полюсов при номинальном токе задействовано в совершении элементарного шага, тем больший момент достигается. В совершении шага задействованы полюса, создающие наибольшую силу при перемещении, без искус-

ственного ограничения тока для управления ее вектором.

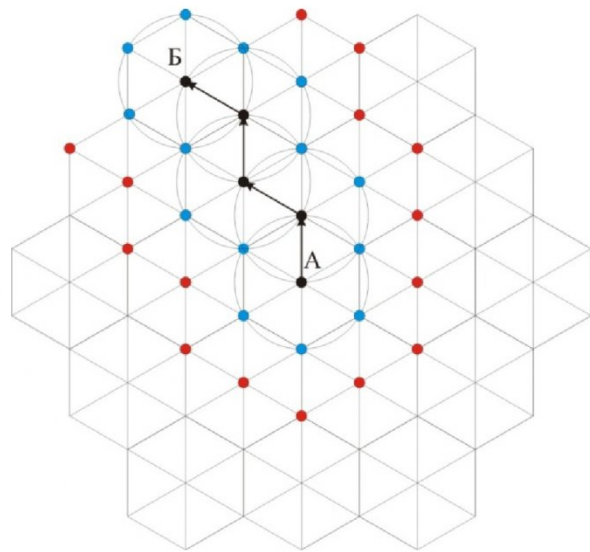
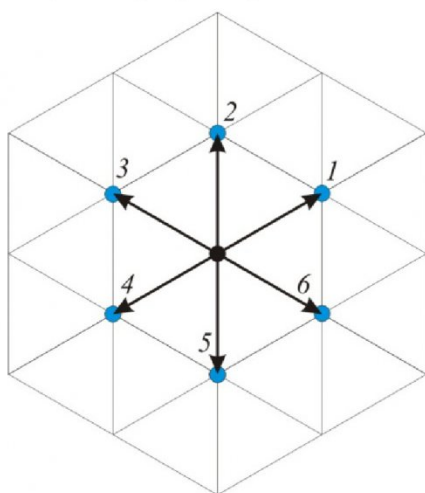
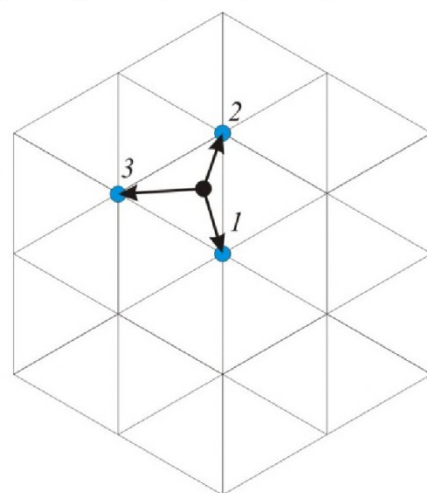


Рис.5 Дискретный алгоритм

Как видно из рис. 5, при диаметре полюса ротора в три раза превышающем диаметр полюса статора, семь полюсов статора попадают в зону, где значение магнитной индукции поля ротора достигает максимальных значений. Они создают некий экстремум магнитного поля статора, перемещая который можно добиться смещения полюса ротора. Есть шесть равно эффективных вариантов перемещения из точки, координаты которой совпадают с координатами полюса статора (рис.6 а), и три, если не совпадают (рис.6 б). Дискретный алгоритм предполагает выбор из этих вариантов одного, наиболее совпадающего по направлению с траекторией кратчайшего расстояния. После каждого шага происходит оценивание новых эффективных вариантов и выбор нужного для следующего шага. Так как при данном алгоритме каждый шаг ротора получает привязку к координатам по-



а



б

Рис.6 Варианты эффективных перемещений



Рис.7. Упрощенный линейный алгоритм

люсов статора, не требуется обратная связь по положению, что бы с уверенностью определить его текущее состояние. Однако траектория пере-

мещения становится ломаной, а быстродействие снижается из-за необходимости проведения расчетов перед каждым шагом. Так же минусом данного алгоритма является то, что промежуточные координаты, не совпадающие с координатами полюсов статора, становятся недостижимыми.

Данный алгоритм не подходит и для организации вращательного движения ротора МЭМП, из-за своей непрямолинейной траектории движения. Целесообразно совмещать дискретный алгоритм с векторным для достижения большей эффективности и расширения возможностей МЭМП.

Одним из недостатков дискретного алгоритма является его пониженное быстродействие. Избавиться от него можно посредством определения траектории пути заранее, как в алгоритме расчетной траектории, но с учетом эффективных шагов. В таком случае необходимо подробнее рассмотреть способ определения кратчайшей траектории. Существуют несколько поисковых алгоритмов, таких как перебор с возвратом, волновой метод, муравьиный алгоритм [3].

Таким образом, в статье описано два принципиально разных алгоритма управления мультикоординатным электроприводом. Векторный алгоритм позволяет добиться прямолинейной траектории движения и полной управляемости ротора, подходит для применения в таких устройствах как рабочие органы промышленных роботов, сенсорные системы и системы видеонаблюдения. При применении дискретного алгоритма развивается больший момент, что способствует его применению в манипуляторах и силовых узлах. Так же немаловажной особенностью является то, что применение дискретного алгоритма возможно без датчика положения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липин А.В. Разработка математической модели взаимодействия постоянного магнита и электромагнита. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. - №1. – С. 65-68
2. Липин А.В. Актуальность и основные положения устройства «Многокоординатный электродвигатель». // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. - №1. – С. 68-69
3. Томас Х. Кормен, Чарльз И.Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн Алгоритмы: построение и анализ, 3-е издание Introduction to Algorithms, Third Edition. — «Вильямс», 2013. — 1328 с

Авторы статьи

Липин Артем Вадимович,

аспирант каф электропривода и автоматизации КузГТУ Email: lipiav@mail.ru

Липина Галина Александровна

старший преподаватель каф. математики КузГТУ Email: lipiav@mail.ru

Семькина Ирина Юрьевна,

канд. техн наук, доцент каф. «Электропривода и автоматизации» КуГТУ . E-mail: siyu.eav@kuzstu.ru

Поступило в редакцию 20.12.2014