

Разработанные программы решения прямой и обратной задач кинематики позволяют проводить углубленное исследование на персональном компьютере любого механизма параллельной кинематики, получаемого из исходной структуры путём её реконфигурирования. При этом достаточно учесть отличительные признаки конкретного механизма на интерфейсном уровне, описав траекторию рабочей точки привода. Базовая программа является инвариантным расчётным модулем для всего рассматриваемого в работе семейства механизмов параллельной кинематики.

Список использованных источников:

1. Нестеренко, В.Н. Кинематический анализ механизма параллельной кинематики с шестью степенями свободы / В.Н. Нестеренко, И.В. Дайняк // Компьютерные системы и сети : материалы 49-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, Респ. Беларусь, 6–10 мая 2013 г. – Минск : БГУИР, 2013. – С. 85.
2. Прикладные задачи по высшей математике: Аналитическая геометрия : учеб.-метод. пособие / С.Е. Карпович, И.В. Дайняк, В.В. Жарский [и др.]. – Минск : БГУИР, 2013. – 64 с.

## БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СПЕЦТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Поляковский В. В., Бегун Д. Г., Нестеренко В. Н.*

*Дайняк И. В. – канд. техн. наук, доцент*

Представлен блочно-модульный принцип построения многокоординатных систем перемещений для спецтехнологического оборудования микроэлектроники на основе их компоновки из базовых однокоординатных и двухкоординатных модулей на дискретном приводе прямого действия. В результате достигается широкое варьирование параметров движения при выполнении технологических операций.

Наращивание функциональных возможностей автоматизированного оборудования осуществляется за счет числа и расположения типовых электромеханических модулей, унификации управления одновременно всеми координатами сложного движения [1, 2]. Элементной базой такого многокоординатного электропривода являются:

– электромеханические модули, обеспечивающие линейное и вращательное движения, а также сложные движения в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат, осуществляемые без кинематических преобразований;

– электронные модули (контроллеры), реализующие при микропроцессорном управлении любые требуемые движения с глубоким редуцированием и масштабированием движения.

Согласно модульному принципу, базовые конструкции координатных модулей поступательного, вращательного и планарного типов являются первичными элементами координатной системы. Их сочетания в общем исполнительном координатном устройстве, в свою очередь, образуют более сложные конструктивные модули с требуемым сложным движением.

Анализ существующего сборочного оборудования, используемого в производстве изделий электронной техники, с точки зрения реализации принципа блочного построения систем перемещений показал, что в широко применяемом в настоящее время автоматизированном оборудовании зондового контроля, разделения пластин на кристаллы, монтажа кристаллов, присоединения проволочных выводов и др. системы перемещений строятся из однотипных блоков путем их интеграции в одном или нескольких исполнительных механизмах по блочно-модульному принципу.

В сборочном оборудовании микроэлектроники, как правило, используются координатные модули с одной, двумя, тремя и четырьмя степенями свободы, полученные путем конструктивного взаимного встраивания отдельных модульных координатных приводов. Компоновкой этих  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – и  $\square$ –позиционеров в пространстве в различных сочетаниях можно создать многокоординатное манипуляционное устройство с независимыми рабочими характеристиками по каждой координате и с независимым по ним управлением. Так, например, четырехкоординатная система перемещений, широко используемая в сборочном оборудовании, компонуется из трех базовых модулей: однокоординатных  $z$ ,  $\square$  и планарного двухкоординатного  $x$ – $y$ . Это наиболее сложный случай интеграции базовых приводов в многокоординатный привод из используемых в сборочном оборудовании. В этом случае многокоординатная система управления обеспечивает реализацию сложных и точно согласованных перемещений, получаемых при одновременном сочетании четырех перемещений: трех линейных ортогональных  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и одного углового  $\square$ . Благодаря тому, что этот координатный модуль базируется на прямом дискретном приводе [3], достигается широкое варьирование параметров движения.

Получение более сложных систем в одном многокоординатном модуле с числом степеней свободы более четырех путем интеграции позиционеров возможно, но при этом теряются преимущества принципа ортогональной компоновки. Поэтому дальнейшее укрупнение многокоординатного модуля приводит к появлению зависимых и дублирующих подвижностей, не изменяющих степени свободы механизма, но

необходимых для повышения мобильности и обеспечения необходимой кинематической функциональности самой интегрированной системы перемещений в рабочем пространстве. К тому же при количестве подвижных элементов, большем трех, начинает существенно влиять неконсервативность левитационных аэростатических опор каждой из задействованных координат. Это приводит к значительному увеличению динамической ошибки на инструменте или заготовке, возбуждению колебаний в системе в широком частотном диапазоне, что, в свою очередь, способствует снижению основных параметров назначения таких систем – точности и быстродействия.

Список использованных источников:

1. Системы перемещений на основе привода прямого действия : моногр. / С.Е. Карпович, В.В. Жарский, И.В. Дайняк. – Минск : БГУИР, 2008. – 239 с.
2. Карпович, С.Е. Теория построения прецизионных механизмов оборудования производства электронной техники / С.Е. Карпович, А.М. Русецкий, Ю.Ф. Ляшук. – Минск : ГНПКТМ «Планар», 1999. – 261 с.
3. Жарский, В.В. Системы прямого привода «Рухсервомотор» / В.В. Жарский // Оборудование: рынок, предложение, цены : промышленный журнал. – 2006. – № 02(110). – С. 90–97.