

лансов D1x и D2x (табл.1) по 4-м вариантам показал, что они существенно, в пределах 7...22 процента, отличаются от результатов исследования [1].

Учитывая значительное отличие результатов на основе всех 4-х исходных вариантов от результатов исследования [1] и вышеприведенные сведения о существенной погрешности измерения амплитуд отклонения, последние были скорректированы градиентным методом [2] в вышеотмеченных пределах погрешности измерения, что позволило свести погрешность определения корректировочных грузов относительно основополагающих результатов исследования [1] до нуля; отметим, что при этом существенно уменьшилась погрешность определения и фазовых углов корректировочных грузов.

Вывод: метод '1+2*n' может быть использован при оценке погрешности измерений в ПИ балансировочных станков и приборов.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Фойлз, Бентли. Одноплоскостная и многоплоскостная балансировки с использованием одних лишь фаз колебаний / Trans. ASME: Современное машиностроение. – 1989 – №1.-С. 116 - 123. 2. Шул Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: Практическое руководство. Пер. с англ.-М.: Мир, 1982.- 238с.

УДК 621.9.048:681.7.064:621.313.04

Ю.Ф. Ляшук, С.А.Русецкий, А.В. Безлюдов, Е.Н. Гвоздь

ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС "TURBOPLANE"

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь*

Основой любого современного производства являются комплекты оборудования, которые объединяются в производственные комплексы [1].

В области микроэлектроники эта тенденция проявляется наиболее ярко, поскольку ряд технологических сборочных операций при производстве изделий электронной техники требует выполнения их в определенной последовательности над одной заготовкой. Например, операции зондового контроля, скрайбирования, посадки в корпус и разварки проволочных выводов можно выполнять последовательно в общем рабочем пространстве. В этом случае наиболее целесообразно использовать гибкие производственные комплексы, оснащенные различными устройствами позиционирования, инструментами и вспомогательным оборудованием [2].

Именно для таких целей и предназначен гибкий производственный комплекс "TurboPlane" (рис.1), который особенно эффективен в задачах параллельного выпол-

нения технологических операций и позволяет снизить временные и стоимостные затраты.

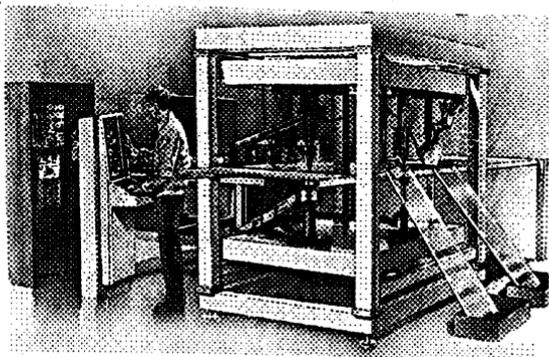


Рис.1. Общий вид комплекса "TurboPlane"

Комплекс "TurboPlane" содержит 2 параллельных статора размером $0,8 \times 1,5$ м каждый. Статоры расположены один над другим на расстоянии 1,2 м и позволяют разместить на верхнем статоре четыре (три) двухкоординатных позиционера и один (два) на нижнем статоре. Это обусловлено тем, что для большинства технологических операций в микроэлектронике требуется не один позиционер, а несколько. Например, в простейшем случае их нужно два: один позиционер перемещает заготовку, а второй – инструмент. В более сложном случае используется несколько позиционеров: один из них используется для транспортировки материала заготовки и сбора готовых деталей, а остальные перемещают различные инструменты.

В существующем на настоящий момент варианте комплекса используется 4 позиционера сверху и 1 снизу. Верхние двухкоординатные позиционеры используются для монтажа на них следующего технологического оборудования: пятикоординатного робота, манипулятора, CO_2 - лазера, YAG - лазера (плоттера). Нижний позиционер используется для транспортировки материала заготовки и сбора готовых деталей.

Технологический инструментарий "TurboPlane" одновременно включает также такие единицы оборудования, как струйные головки, лазеры, плазменные факелы, механические инструменты, устройства маркировки и нанесения покрытий, адгезивные распределители, экстракторы эмиссии, средства для сбора отходов и небольших деталей, манипуляторы для транспортировки материалов и сборки и, даже перемещения обычных роботов вдоль достаточно широких областей. В измерительных и тестирующих машинах "TurboPlane" перемещает датчики, камеры и измерительные

инструменты. Все виды оборудования могут использоваться как последовательно, так и параллельно.

Комплекс "TurboPlane" отличается жесткостью, компактностью и отказоустойчивостью. Особые конструктивные решения позволили существенно уменьшить габариты комплекса "TurboPlane", который целиком может быть размещен в контейнере для перевозок и, следовательно, легко транспортирован. Привод на воздушной подвеске практически не подвержен износу и не требует обслуживания.

Все комплексы "TurboPlane" komponуются по модульному принципу. Различные модули – рабочая плоскость, индукторы, несущие инструменты или манипуляторы – выбираются так, чтобы удовлетворить требованиям конкретных технологических задач. В результате разнообразии инструментов, функций и их координация позволяют действительно неограниченную свободу конфигурирования рабочего пространства, размещения конструктивных блоков, формирования технологического процесса и определения групп производства.

Благодаря тому, что гибкий производственный модуль доступен как минимум с трех сторон, он может свободно загружаться, и поток материалов может изменяться без переконфигурирования комплекса. В случае линейного потока материалов загрузка и выгрузка могут проводиться с обеих сторон, или, при перемещении в одном направлении с одной стороны одновременно. Выбор соответствующей конфигурации позволяет использовать поперечные конструкции либо с подходящим внешним транспортным оборудованием, либо с транспортом, прикрепленным к индуктору ЛШД.

Таким образом, транспортные средства обрабатываемых деталей могут циркулировать в малых и больших циклах и интегрироваться с другими производственными линиями. Загрузка и выгрузка возможна в ряде различных положений.

Элементной базой для комплекса являются электромеханические модули – координатные позиционеры на основе линейных шаговых двигателей (ЛШД), которые обеспечивают необходимые программируемые движения по двум координатам без кинематических связей и механических преобразователей. Каждый ЛШД управляется отдельно через гибкие кабели и может быть оборудован набором инструментальных средств. Различные виды обработки, такие как резка с применением лазерных или струйных режущих головок или плазменных токов, возможны одновременно, но независимо друг от друга. Детали могут обрабатываться одновременно с разных сторон – сверху, снизу, сбоку. Верхние или нижние индукторы, соответствующие друг другу, могут быть синхронизированы, позволяя позиционировать систему сбора и транспортирования точно под режущей головкой для отсоса газов, удаления отходов, небольших деталей, жидкостей. Это уменьшает мощность вентиляторов при увели-

чении объема удаляемых опасных газов. Поддоны для загрязненной воды становятся вещью прошлого.

Позиционеры могут развивать усилия до 300 Н в движении и до 500 Н стационарно, перемещать груз до нескольких сотен килограмм под прямым углом к эксплуатационной плоскости на скоростях до 1 м/с. Индукторы ЛШД могут быть оборудованы датчиками или инструментами для оптических и механических измерений. Индукторы ЛШД, оборудованные роботами или захватными устройствами, транспортируют детали внутрь комплекса и устанавливают их точно для дальнейших операций, например, сварки или наклеивания. Так как гибкий производственный комплекс доступен со всех сторон, поток материалов может быть достаточно гибким. Расстояние между пластинами статоров может быть изменено и адаптировано к габаритам обрабатываемых деталей. Не представляет проблемы и трехмерная обработка.

Рассмотрим аппаратную основу системы управления [3] комплекса "TurboPlane". Исходя из структуры комплекса, определим уровни управления.

Уровень управления отдельным инструментом - управление отдельным координатным позиционером (двухкоординатной системой) как функционально законченным устройством.

Уровень управления комплексом в целом - координация работы нескольких двухкоординатных систем в едином рабочем пространстве.

Уровень взаимодействия комплекса с ПЭВМ оператора - отображение текущего состояния комплекса, ввод новых заданий на специальном языке описания технологического процесса.

В соответствии с уровнями управления можно выделить отдельные блоки, составляющие систему. Уровень управления отдельным инструментом реализован в виде отдельного контроллера, управляющего координатным позиционером.

Контроллер отдельного инструмента – SoftStep controller – является функционально законченным устройством, состоящим из транспьютера T425 фирмы SGS-Thomson и процессор цифровой обработки сигналов ADSP-2100 фирмы Analog Devices. Исходной информацией для контроллера являются инструкции управления на языке HPGL (Hewlett Packard Graphic Language), являющемся стандартом "де-факто" для устройств типа плоттера.

Транспьютер декодирует поступающие инструкции HPGL, рассчитывает траекторию движения в виде кубических сплайнов и посылает коэффициенты сплайнов в DSP, который непосредственно управляет позиционером через ЦАП и АЦП в режиме реального времени.

Контроллер SoftStep – базовый управляющий блок комплекса – обеспечивает позиционное и контурное движения с точностью до нескольких микрон при разомкнутом управлении. При его использовании не нужны даже датчики концевых поло-

жений. Потребление энергии относительно невелико вследствие небольшой перемещаемой массы. Один контроллер SoftStep, управляющий одновременно четырьмя координатами, использует рабочие поверхности статоров для внутренней системы измерений без внешних датчиков и сигналов. Измерительный и корректирующий модуль контроллера обрабатывает отслеживаемые значения и осуществляет управление с коррекцией погрешности перемещения в режиме реального времени. Автоматическая самокалибровка вызывает постоянное изменение параметров управления на периоде магнитной структуры. Программируемое разрешение системы – 0,001 шага. Контроллер позволяет получить практически равномерное движение индуктора без пропуска шагов, при этом значительно снижаются вибрации и резонансные явления. Выходные усилители контроллера могут быть синхронизированы или работать независимо. Модуль анализа скорости гарантирует распределение мощности инструмента по траектории (например, мощности лазера).

Для реализации функций управления комплексом в целом необходимо дополнительное аппаратное обеспечение. Для управления комплексом используется функционально законченный контроллер фирмы Bachmann Electronics. В своем полном варианте он включает в себя 8 транспьютеров с 2 Мб динамического ОЗУ у каждого, последовательный и параллельный интерфейсы. Однако для реализации необходимых в комплексе "TurboPlane" функций эта аппаратура избыточна, поэтому определим необходимый объем аппаратуры для реализации функций управления комплексом.

Каждый транспьютер имеет 4 канала связи с внешним миром. Для взаимодействия с 5 контроллерами SoftStep необходимо 5 каналов связи. Для связи с управляющей ПЭВМ необходим еще 1 канал. Таким образом, необходимо более одного транспьютера. Если учесть, что транспьютеры для связи внутри контроллера Bachmann должны выделить по 2 канала связи (по одному с каждой стороны), то двух транспьютеров оказывается достаточно. В результате все 8 каналов связи оказываются задействованными, и отпадает необходимость с параллельным либо последовательным интерфейсах, которые, к тому же, гораздо медленнее стандартных каналов связи со стандартизированной скоростью обмена, равной 10 Мбит/с. По этим причинам в комплексе используется упрощенный вариант контроллера, состоящий только из двух транспьютеров с 4 Мб динамического ОЗУ.

На уровне взаимодействия с ПЭВМ оператора требуется визуальное отображение состояния комплекса, визуальное управление. Все это реализуется программой Control Server, с помощью которой пользователь может запускать на выполнение программы для транспьютерной сети, написанные на языке комплекса, осуществлять непосредственное управление отдельными инструментами (перемещать их) с помощью мыши, а также видеть положение инструментов комплекса на экране.

Таким образом, главными достоинствами комплекса "TurboPlane" являются следующие:

- возможность работы координатного позиционера при любой ориентации в пространстве за счет равновесия между воздушной опорой и силами магнитного притяжения;
- возможность обеспечения высокой точности позиционирования (до 5 мкм);
- программное согласование в единой системе координат всех производственных и транспортных движений, осуществляемых центральным контроллером;
- удобный интерфейс с пользователем и возможность управления комплексом с персонального компьютера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпович С.Е. Современное состояние развития мехатроники. Мехатроника и современная механика: Сборник научных статей / Под ред. С.Е.Карповича. – Мн.: БГУИР, 2001. – С. 6-15.
2. Построение автоматизированного сборочного оборудования производства изделий электронной техники / А.М.Русецкий, С.Е. Карпович, М.Чех и др. // Наука и технологии на рубеже XXI века: Материалы Международной научно-технической конференции / Под ред. И.П. Филонова, Е.П. Сапелкина, Г.Я. Беляева. – Мн.: УП "Технопринт", 2000. – С. 161 - 172.
3. Mezhsinsky Y., Stepanov D. Development Of Control System With DSP For Flexible Robotic Complex. Proceedings of 9th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE-2001), Graz, Austria, August 27-29, 2001.

УДК 621.620.195

Ж.А. Мрочек, В.И. Арбузов, В.Л. Хартон

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕСНЫХ ТОРМОЗНЫХ ЦИЛИНДРОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Действующие стандарты ГОСТ 22895-77 «Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Общие технические требования» и СТБ 972-94 ЕСЗКС «Разработка и постановка продукции на производство» требуют, чтобы вновь осваиваемые тормозные цилиндры автоматически подвергались испытаниям по важнейшим параметрам технических требований. В число этих параметров входит циклическая долговечность и герметичность элементов тормозного цилиндра при воздействии давлением не менее 20 МПа.