

УДК 681.527.7

О.Ю. Осипов, М.Г. Шепеленко, С.В. Всемогущий

Технология конструирования, сборки и регулировки высокоточной многокоординатной электромехатронной системы позиционирования

Описана технология конструирования, сборки и регулировки многокоординатной высокоточной электромехатронной системы позиционирования рентгеновского микротомографа.

Ключевые слова: многокоординатная электромехатронная система позиционирования, технология, конструирование, сборка, регулировка.

Постановка задачи. Важной частью рентгеновского микротомографа (РМТ) (рис. 1) является высокоточная электромехатронная система позиционирования (ЭМСП) датчиков и приемника рентгеновского излучения. Именно ЭМСП отвечает за точность, скорость и динамику перемещений. Поэтому при выборе схемотехнических решений на неё обращено повышенное внимание. В настоящей статье мы попытались выделить ключевые критерии, по которым следует конструировать ЭМСП, обеспечивая ее правильную сборку и регулировку.

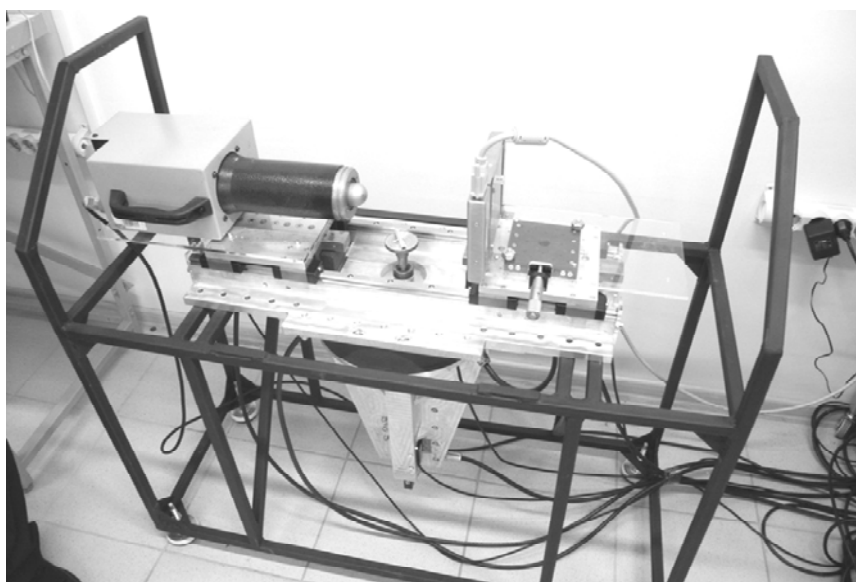
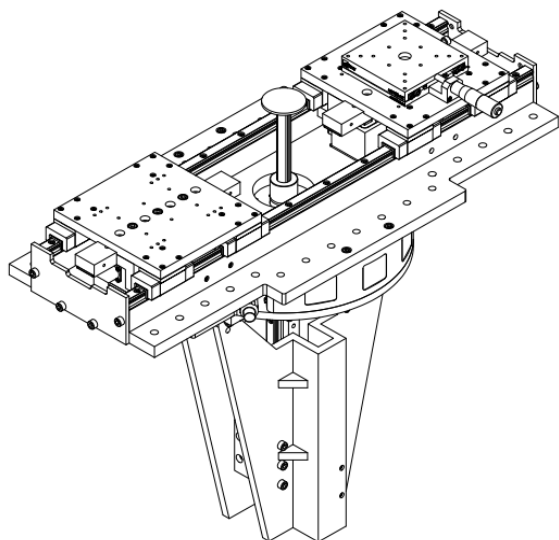


Рис. 1. Электромехатронная система позиционирования РМТ

Конструирование ЭМСП. Рассмотрим технологию конструирования с позиций критериев «цена качество», «компактность и интегрированность ЭМСП» и т.п. [1].

ЭМСП (рис. 2) состоит из нескольких связанных между собой отдельных модулей с жёстким определенным положением относительно координатной системы установки. При конструировании необходимо учитывать общие габариты, занимаемые всеми модулями РМТ. Необходимо запрашивать у поставщика модулей РМТ габаритные размеры и план (либо требования) их размещения.

Немаловажным фактором, определяющим будущее удобство и безопасность работы с РМТ, является степень интеграции компонентов ЭМСП. Любой отдельно стоящий модуль будет связан с остальными компонентами установки, электронными блоками, электрическими кабелями и т.п. В ряде случаев интеграция компонентов в ЭМСП невозможна в принципе. При вынесенном расположении подобных блоков необходимо предусмотреть металлические кабельные лотки (или гофры), закрепленные к полу или приподнятые на стойках и надежно защищающие все коммуникации. Предпочтительно, чтобы все компоненты ЭМСП были интегрированы в единый «модуль». Чем меньше отдельно стоящих компонентов, тем выше надёжность ЭМСП и безопаснее работа с ним.



Станина ЭМСП создана из толстостенных конструктивов больших сечений с правильным распределением нагрузки на опоры и дополнительными элементами, обеспечивающими жёсткость, термически обработана («отпущена»), а точность установки направляющих должна обеспечиваться высокоточной фрезеровкой. Использована алюминиевая конструкция с креплением направляющих к ней на отфрезерованные посадочные места.

Рис. 2. Общий вид ЭМСП

Механические компоненты и приводы, обеспечивающие движения ЭМСП, – одна из наиболее критичных и важных частей РМТ. Основные моменты, на которые следует обратить внимание при схемно-конструкторском выборе ЭМСП:

1. Электропривод. Должен обеспечивать высокий крутящий момент (усилие), а следовательно, динамику движения (разгоны и торможения) и скорость перемещений. Это обеспечивается безредукторным электроприводом на основе синхронных электродвигателей с трехфазными индукторами и постоянными редкоземельными магнитами на роторе. Высокая динамика повышает производительность РМТ при обработке с частой сменой направления движения, а высокая максимальная скорость сокращает время позиционирования между рентгеновскими снимками.

2. Механические компоненты. Высокоточные направляющие прямолинейного движения, подшипники, муфты для двухкоординатного движения. Низкий люфт напрямую отражается на точности позиционирования, снижает ударные нагрузки в моменты смены направления движения.

3. Электроника МЭСД. Главным требованием к электронной «начинке» является высокая надёжность используемых компонентов. Надёжность электроники обеспечивается рядом мер, которые предпринимаются ещё на этапе проектирования плат и схем у субподрядчика:

- гальваническая изоляция плат от общих цепей питания;
- оптическая изоляция входов и выходов, использование дифференциальных сигналов для коммуникаций узлов между собой;
- наличие предохранителей в цепях питания;
- ремонтпригодность и заменяемость блоков;
- наличие внутренней информационной сети, сокращающей количество кабелей, повышающей надёжность системы и упрощающей ремонт и диагностику, обеспечивающей увеличение функциональных характеристик ЭМСП. Кроме того, при помощи сетевых интерфейсов передачи данных возможно организовать протоколирование состояния узлов и их диагностику.

4. Программное обеспечение ЭМСП. Программное обеспечение выполнено таким образом, чтобы обеспечить интеграцию интерфейсов управления узлами РМТ в одной программной оболочке. Все модули машины должны контролироваться с рабочего места оператора.

Разработана трехмерная модель ЭМСП в системе автоматизированного проектирования САПР Autodesk Inventor, которая позволяет спроектировать конструкторскую документацию в соответствии с ГОСТ ЕСКД.

Сборка ЭМСП. Все сборочно-наладочные, монтажные работы проводились, согласно точным требованиям в конструкторской документации на детали-конструктивы станины, изготовленные ОАО «ТЭТХ» (Россия), и методике сборки высокоточных элементов фирм-изготовителей Rol-lon (Германия) и ТНК (Япония).

Сборка основных частей ЭМСП производилась согласно сконструированной трехмерной модели с помощью видеокамеры. С помощью модели можно проследить последовательность сборки элементов ЭМСП, а также какие комплектующие используются в узлах системы позиционирования.

Удобно и практично при сборке винтовых соединений платформ, высокоточных направляющих, кареток и т.д.

Монтаж рельсов направляющих на платформу ЭМСП производился согласно инструкции фирмы-изготовителя. Моменты затяжки болтов проводились по методике сертифицированным, высокоточным динамометрическим ключом, соответствующим ГОСТ Р 51254–99, ГОСТ 24372–80, согласно инструкции о применении и мер предосторожностей данного прибора по таблице.

Регулировка ЭМСП. Регулировка точности позиционирования ЭМСП происходит путем настройки коэффициентов ПИД-регулятора системы управления (СУ). Для этой задачи был разработан модернизированный метод половинного шага.

Разработанный метод основан на методе половинного шага, но изменение параметров происходит с ускорением шага для наиболее быстрого нахождения оптимального значения настроечного параметра.

Общая схема поиска значения настроечного параметра с заданной точностью заключается в запросе очередного значения от алгоритма поиска и использовании этого значения в СУ. Для оценки очередного значения используются показания из системы обратной связи по положению.

Усовершенствование градиентного метода в данном конкретном случае основано на включении в алгоритм данных о дисперсии положения при удержании заданной позиции (вибрации).

Дисперсия параметра позиции, определяемая обратной связью, рассчитывается по стандартной формуле

$$D_p = \frac{\sum_{i=0}^n (P_{avg} - P_i)^2}{N}, \quad (1)$$

где P_i – результат положения i -го замера; P_{avg} – среднее положение во всех замерах; N – количество отсчетов; i – порядковый номер замера.

Порядок настройки контура положения и скорости с ПИД-регулятором:

1. Поиск коэффициента дифференциальной составляющей.
2. Поиск коэффициента интегральной составляющей.
3. Поиск коэффициента пропорциональной составляющей.
4. Подбор коэффициента трения.
5. Подбор коэффициента коррекции скорости.
6. Подбор коэффициента коррекции ускорения.

Управление ЭМСП. Управление движущимися элементами ЭМСП осуществляется с использованием системы управления СУ по протоколу RS232. Регулировка, настройка, контроль положения и диагностика осуществляются с использованием специального интерпретационного языка команд. Для этих целей была разработана программа для программируемого контроллера (ПК), в которой происходит соединение ПК и СУ по протоколу RS232, программа осуществляет инициализацию СУ и управление положением координатных осей. Этапы инициализации СУ:

- определение значения текущего положения электромагнитного поля катушек с фазой 0 град относительно начала магнитных полюсов ротора;
- осуществление поиска индексных меток, физически расположенных на магнитной ленте для осуществления повторяемости начального положения каждой из координатных осей;
- выставка координатных осей в нулевое положение.

Далее в программе запускается сценарий перемещения по координатным осям. Весь процесс отслеживается в программе и может быть прерван с возвратом в исходное положение. Сценарий перемещений представлен в виде текстового файла, в котором находится список позиций для каждой из осей в виде интерпретационных команд для СУ.

Инициализация СУ в программе осуществляется при нажатии кнопки «Фиксировать», затем становятся доступными для использования кнопки «Старт» и «Стоп», количество повторений сценария перемещения по координатным осям задается в поле «Повтор».

Заключение. В результате правильного подбора критериев и методик технологии конструирования, сборки и регулировки многокоординатной высокоточной электромехатронной системы позиционирования рентгеновского микротомографа требования технического задания по государственному контракту № 16.523.11.3009 выполнены.

Литература

1. Осипов О.Ю. Мультикоординатные электромехатронные системы движения / О.Ю. Осипов, Ю.М. Осипов, С.В. Щербинин. – Томск: ТУСУР, 2010. – 320 с.
2. Осипов Ю.М. Автоматизированная система калибровки сервоконтроллера электромехатронного модуля движения / Ю.М. Осипов, С.В. Комзолов // Вестник НГТУ. – 2012. – № 2 (47). – С. 175–182.

Осипов Олег Юрьевич

Канд. техн. наук, доцент отделения каф. ЮНЕСКО
«Новые материалы и технологии» ТУСУРа
Тел.: (382-2) 42-87-40, 42-87-41, доб. 319
Эл. почта: ems2009@mail.ru

Шепеленко Михаил Григорьевич

Аспирант отделения каф. ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» ТУСУРа
Тел.: (382-2) 42-87-40, 42-87-41, доб. 319
Эл. почта: mixan_19@mail.ru

Всемогущий Сергей Владимирович

Аспирант отделения каф. ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» ТУСУРа
Тел.: (382-2) 42-87-40, 42-87-41, доб. 319
Эл. почта: truth-digger@sibmail.com

Osipov O.Yu., Shepelenko M.G., Vsemoguschiy S.V.

Technology of construction, setting and adjusting of a high-precision multi-coordinate, electro-mechatronic system of positioning

In the paper it is described a technology of construction, setting and adjusting of a high-precision multi-coordinate, electro-mechatronic system of a X-ray microtomograph positioning.

Keywords: multi-coordinate, electro-mechatronic system of positioning, technology, construction, setting, adjusting.