

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Отделение кафедры ЮНЕСКО "Новые материалы и технологии"

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий ОКЮ


Ю.М. Осипов

" _____ " _____ 2013

Методические указания

к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине
"Исследование кинематики электромехатронных систем движения" для
магистрантов направления 221000.68 "Мехатроника и робототехника"
магистерской программы "Компьютерное моделирование электромехатронных
систем движения"

Томск 2013

УДК 621.865.8
ББК 34

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине "Исследование кинематики электромехатронных систем движения" для магистрантов направления 221000.68 "Мехатроника и робототехника" магистерской программы "Компьютерное моделирование электромехатронных систем движения". – Томск: Изд-во ТУСУР, 2010. -

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на методическом семинаре отделения кафедры ЮНЕСКО "Новые материалы и технологии" " _____ "



Составитель к.т.н., доц.

_____ С.В. Щербинин

Зав. кафедрой ЮКЮ
докт. техн. наук,
докт. экон. наук,
профессор



_____ Ю.М. Осипов

Рецензент

Введение

Имитационное моделирование, при котором изучаемая система заменяется моделью с достаточной степенью точности, описывающей реальную систему, в настоящее время применяется достаточно часто, так как позволяет проводить экспериментальные исследования объектов без их физических прототипов, которые могут быть в данный момент недоступны. Разработано достаточно много программных средств имитационного моделирования, имеющих свои достоинства и недостатки. Одной из универсальных систем моделирования является пакет Simulink математической системы Matlab. Особенно удобен Simulink при моделировании мультикоординатных электромехатронных систем (ММС), так как предоставляет возможность моделировать и механическую и электронную части системы [1, 2].

1. Цель и задачи практических занятий

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний о основных кинематических соотношениях в мультикоординатных электромехатронных системах движения.

Задачами дисциплины являются:

- 1) выработка знаний и умений по определению положения и ориентации звеньев мультикоординатной электромехатронной системы;
- 2) изучение методик расчета скоростей и ускорений звеньев манипулятора;
- 3) изучение методов кинематического управления электромехатронной системы движения.

2. Методические указания

Для математического моделирования механических систем движения предназначен пакет расширения системы имитационного моделирования Simulink – SimMechanics Blockset.

В блок-схеме SimMechanics отдельные блоки следует рассматривать как модели, имитирующие механическое движение одной части моделируемого механизма относительно другой. Входы и выходы блока фактически таковыми не являются, а имитируют «посадочное место» соответствующей части механизма. Линии соединения «входов» и «выходов» блоков имитируют жесткие соединения выходной части одного механизма с входной частью другого [3].

Можно утверждать, что это соединение моделирует передачу силового воздействия между частями разных механизмов. Но поскольку в соответствии с третьим законом Ньютона сила действия равна силе противодействия, такую передачу силы нельзя рассматривать как однонаправленное воздействие.

Для того чтобы передать сборку из Autodesk Inventor в Matlab, со всеми массовыми, инерционными характеристиками. Также передадутся все привязки, соединения всех типов и даже ограничения.

Для создания модели в SimMechanics запускаем Matlab и прописываем «mch_import» в открывшемся диалоге указываем на созданный ранее файл с разрешением «(*.xml)».

По завершению обработки будет получена готовая модель в SimMechanics.

Рассмотрим пример кинематического анализа трех координатной электромехатронной системы движения, кинематическая схема которой показана на р. 1. Данная система движения имеет три электромехатронных привода, два дуговых на базе дуговых моделей движения, 2 линейный.

Упрощенная 3D модель системы движения показана на р. 2. Из модели сборки удалены все мелкие незначительные детали, наличие которых в модели может усложнить процесс имитации. Для компенсации массоинерционных па-

раметров модели внесены соответствующие изменения в геометрическую форму в оставшиеся детали.

Моделирование механических систем и устройств осуществляется на основе законов геометрии, физики и механики. Основной целью моделирования является выявление характера движения различных звеньев МЭСД (как в плоскости, так и в пространстве) относительно друг друга в той или иной системе координат. При этом учитываются связи между отдельными объектами и различные их движения в соответствии с теми или иными ограничениями.

В результате подготовки имитационной модели получаем блок-схему модели механической части МЭСД.

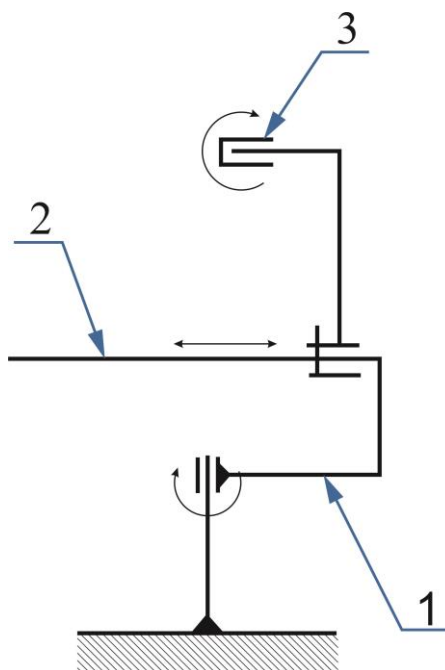


Рис. 1. Кинематическая схема трех координатной электромехатронной системы движения

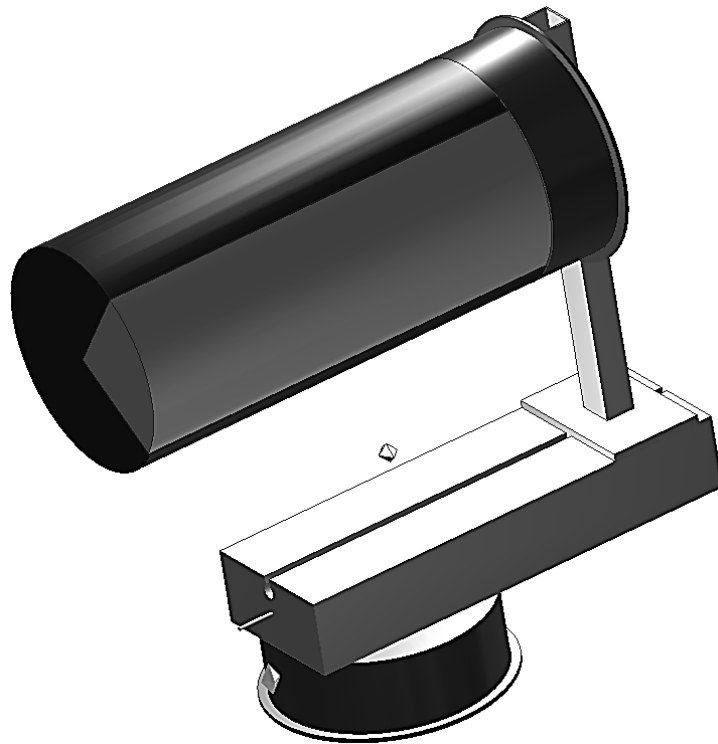


Рис. 2.Трехмерная модель трех координатной системы движения. Проект разработан в ООО "Электромехатронные системы"

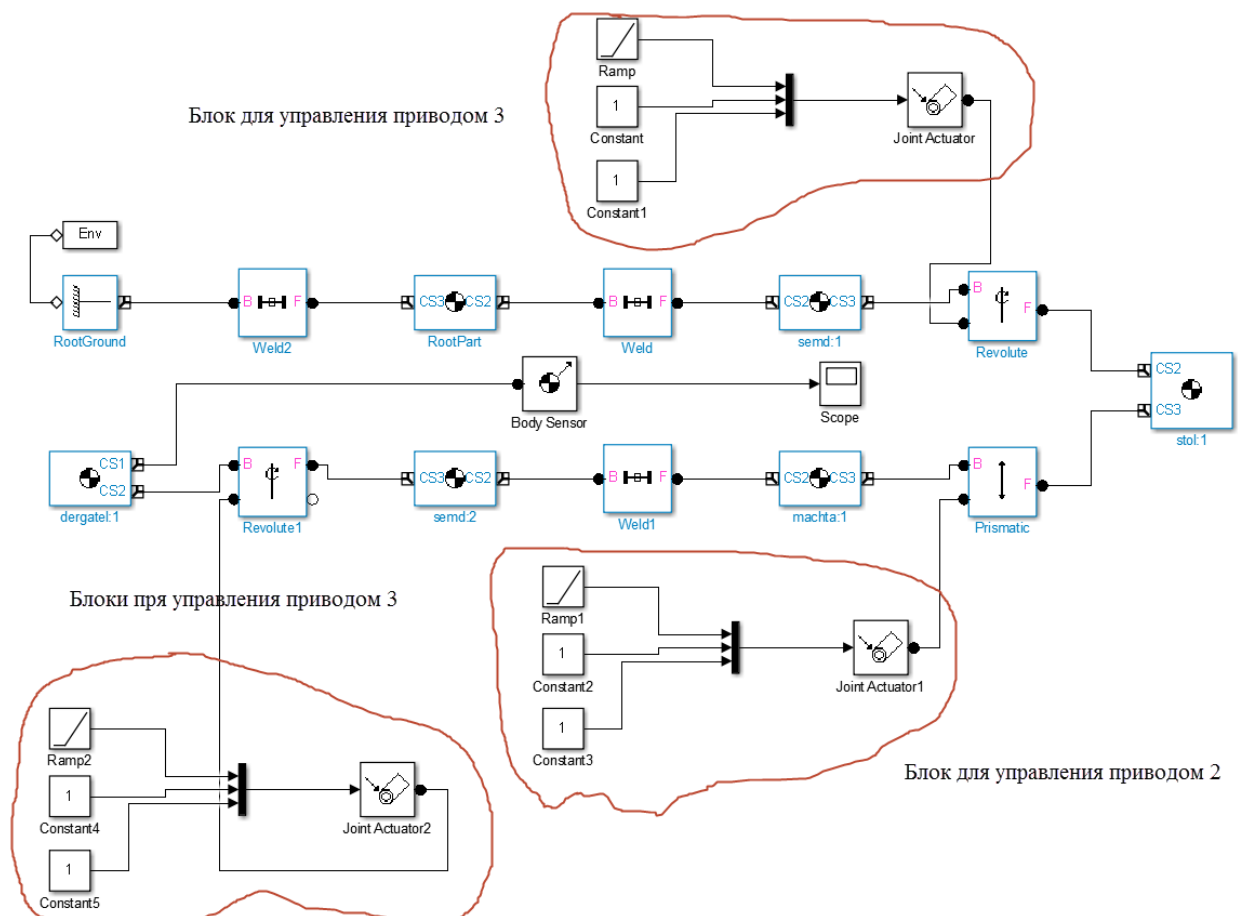


Рис. 3. Блок-схема имитационной модели трех координатной электромехатронной системы движения

При запуске имитационной модели в окно визуализации (р. 4) выводится анимационная модель электромехатронной системы движения.

При присоединении к соответствующим элементам блок-схемы имитационной модели блоков Sensors для измерения относительного перемещения тел можно провести кинематическое исследование МЭСД. При использовании блоков Joint Atiction Actuator учитываются силы и моменты сил вязкого и сухого трения и имитируются явления жесткого сцепления частей кинематической пары при наличии сухого трения.

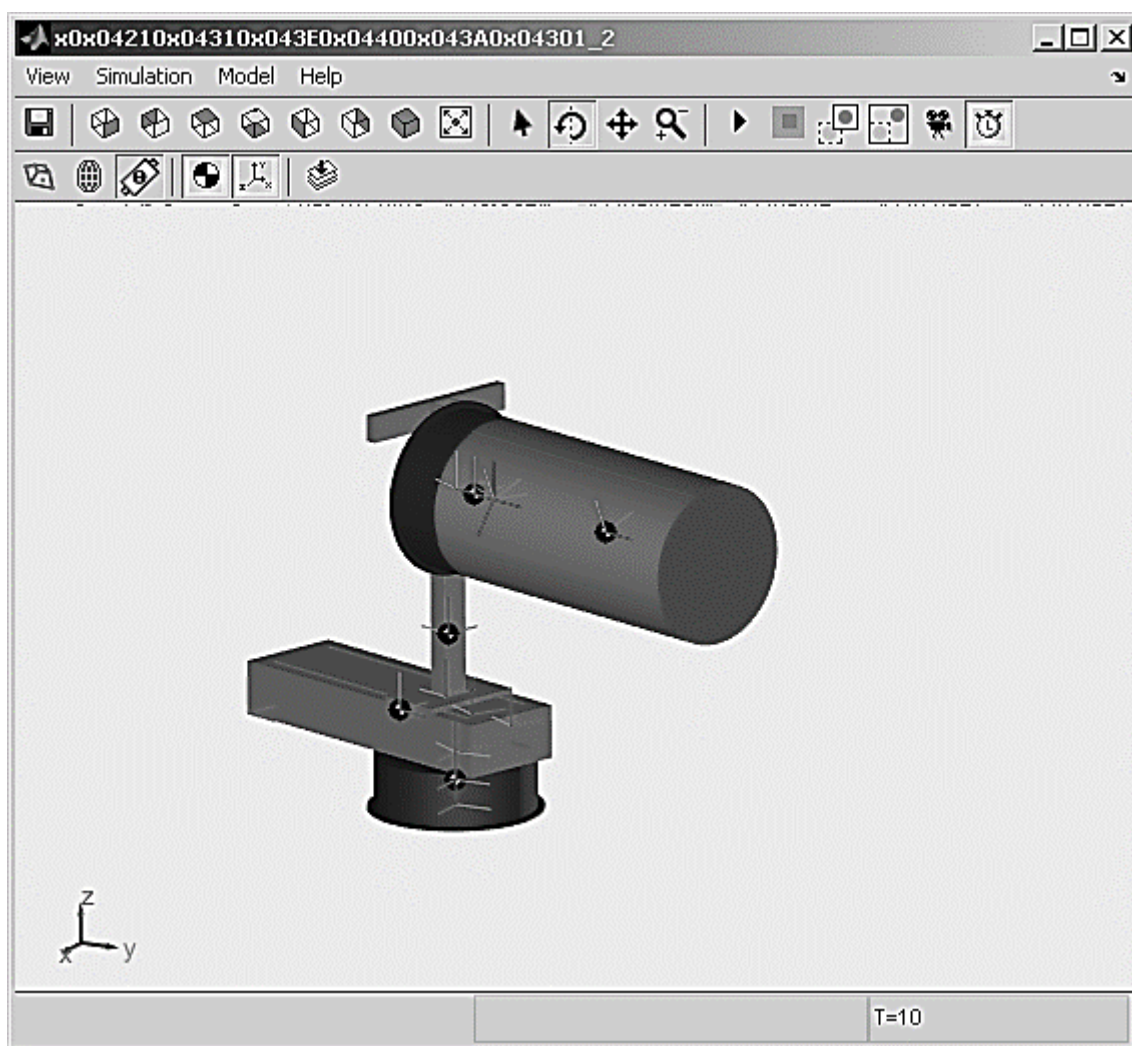


Рис. 4. Окно визуализации анимационной модели

При кинематическом исследовании механической системы движения требуется определить вектор скорости любого звена как твердого тела. Элементами такого вектора являются три скорости поступательного перемещения по

трем взаимно перпендикулярным направлениям и три мгновенные угловые скорости относительно этих направлений.

$$\mathbf{V} = [\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \dot{\theta}_x, \dot{\theta}_y, \dot{\theta}_z]^T \quad (1)$$

Элементы вектора \mathbf{V} являются функциями обобщенных координат и скоростей подлежащих определению. Эти элементы вектора можно найти методом дифференцирования матриц преобразования координат.

С помощью построенной имитационной модели это сделать значительно проще и быстрее. Для этого к нужной точке звена МЭСД подсоединяем сенсорный блок р. 5.

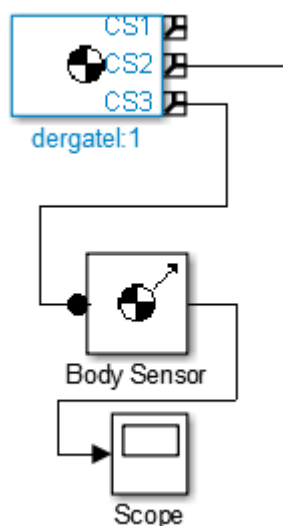


Рис. 5. Сенсорный блок

При визуализации блока осциллографа в окне появляются графики перемещений, скоростей и ускорений как функций от времени.

На рис. 6-8 показаны графики функций скоростей и ускорений для точек различных звеньев МЭСД.

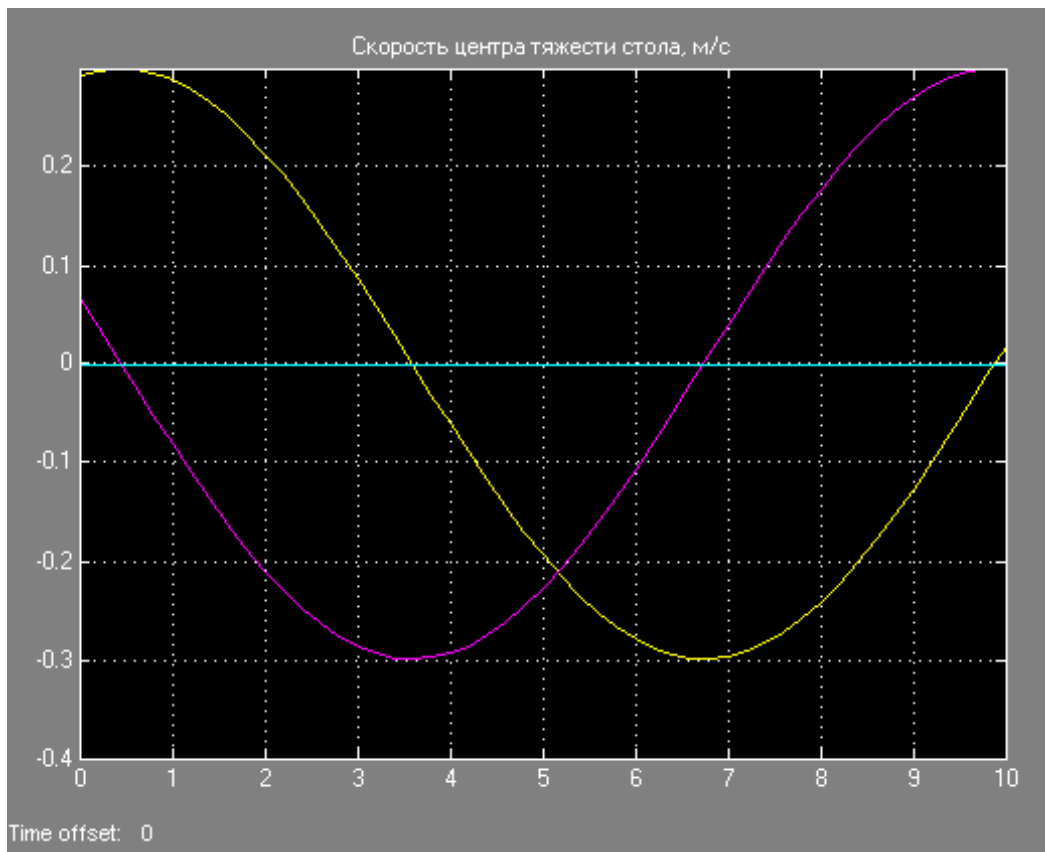


Рис. 6. Скорость центра тяжести стола

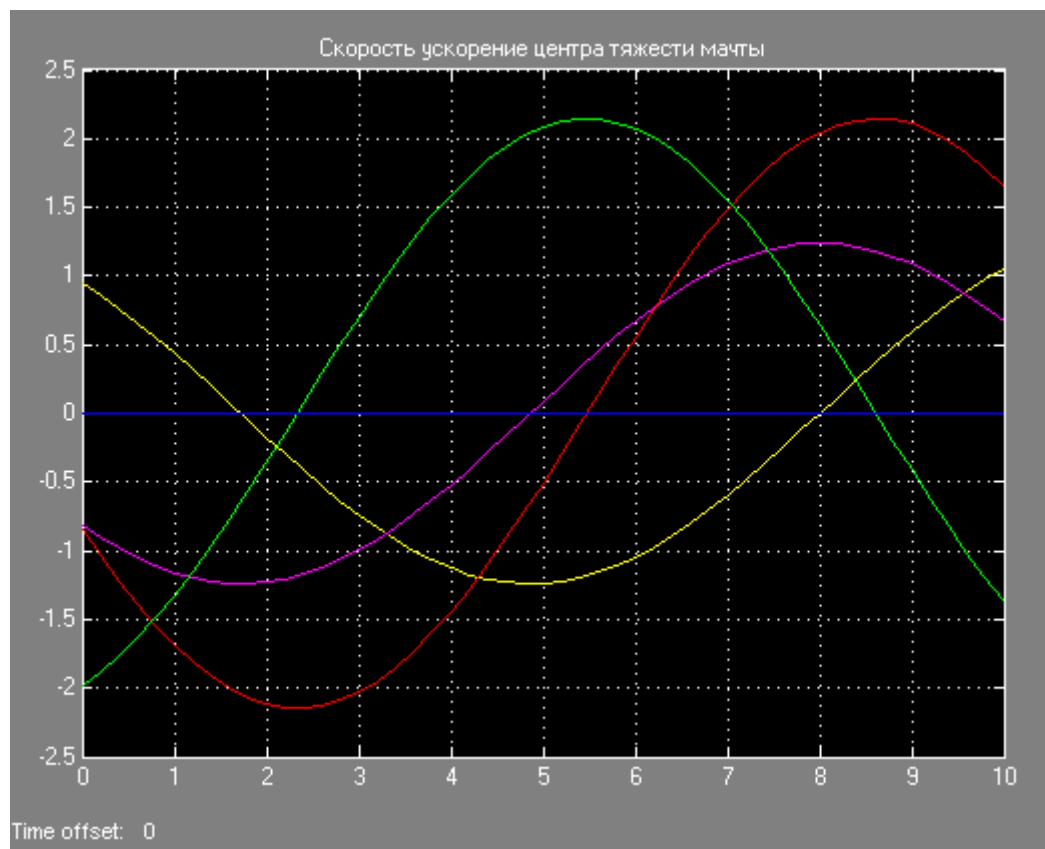


Рис. 7. Скорость и ускорение центра тяжести палочки

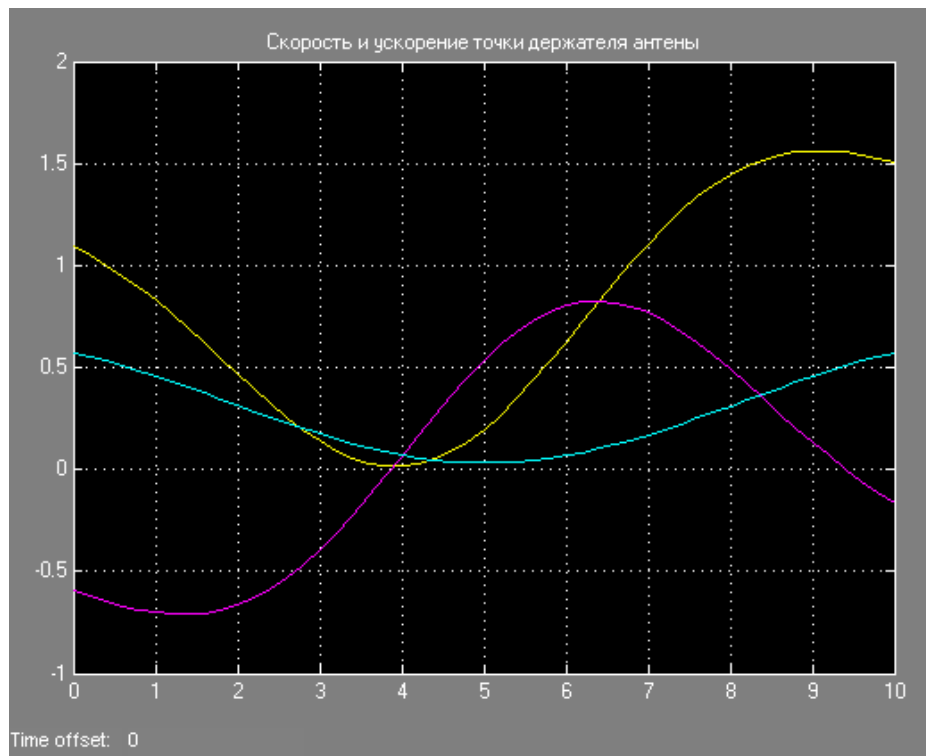


Рис. 8. Скорость и ускорения точки на поверхности цилиндра держателя антенны

На р. 9 представлена схема имитационной модели четырех координатного манипулятора. Основными элементами данной модели являются блоки Bodies (Тела), блоки раздела Joints (Сочленения), которые обеспечивают возможность относительных движений тел, представленных отдельными блоками Body, то есть необходимых степеней свободы и др.

С помощью блока Machine Environment можно визуализировать анимированную имитационную модель (р. 10).

С помощью блоков Body Actuator (Возбудитель движения тела) и Body Sensor (Измеритель движения тела) можно задавать или измерять абсолютное движение жестко связанной с телом системы координат, к которой они подсоединены. На рис. 6-8 представлены графики перемещений, скорости и ускорений центра системы координат связанной с центром масс рабочего стола манипулятора.

Применение имитационных моделей в исследовании работы ММС позволит сравнить теоретические результаты на моделях с результатами, полученными на реальных объектах.

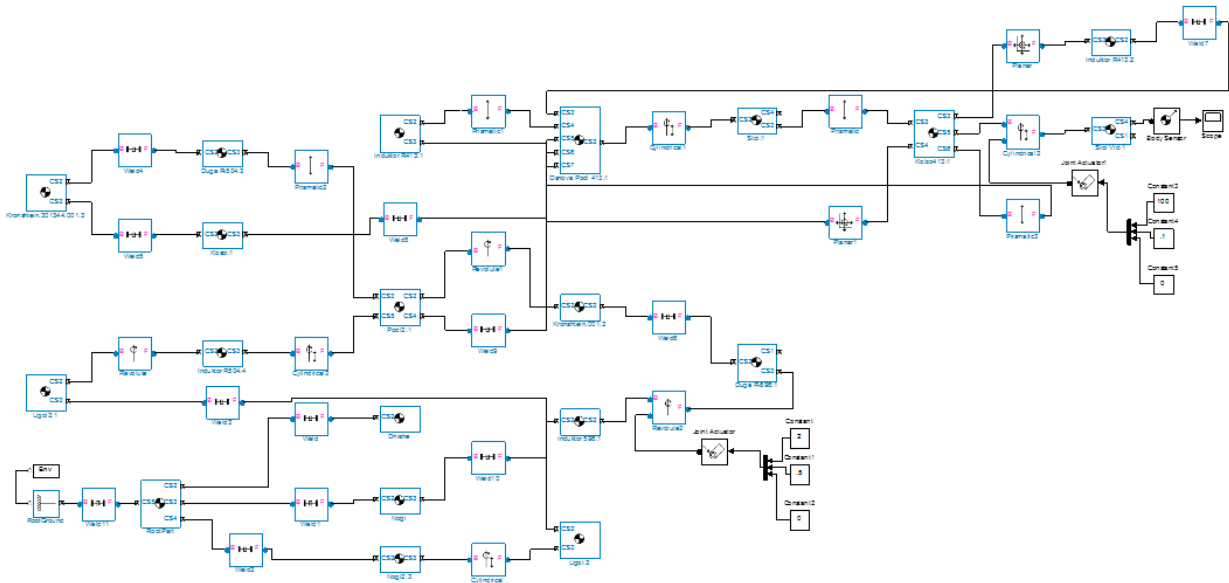


Рис. 9. Блок-схема имитационной модели четырехкоординатного манипулятора

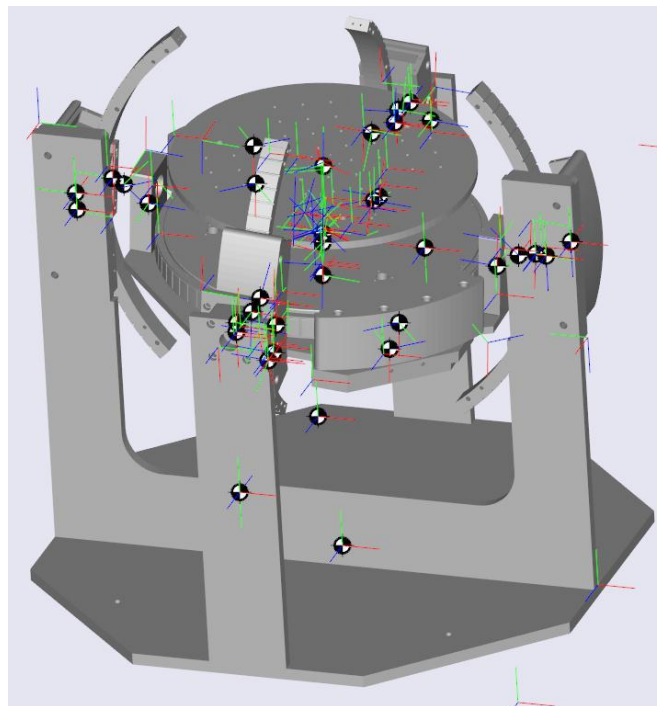


Рис. 10. Графическая имитационная модель

3. Структура самостоятельной работы

№ п/п	Виды самостоятельной работы (детализация)	Трудоемкость (час)	Контроль выполнения работы
1	Проработка лекционного материала (~0,5 часа на 2 часа лекции).	4	Опрос, тесты
2	Подготовка к практическим занятиям (~0,5-1 час на 2 часа занятий).	12	Проверка на практ. занятиях
3	Изучение тем (вопросов) теоретической части курса, отводимых на самостоятельную проработку.	38	
3.1	Планирование траекторий в пространстве обобщенных координат	8	Проверка конспектов самостоятельного изучения
3.2	Управление электромехатронной системой движения в пространстве координат схвата	8	Проверка конспектов самостоятельного изучения
3.3	Формирование программной траектории	8	Проверка конспектов самостоятельного изучения
3.4	Линеаризованный алгоритм управления	8	Проверка конспектов самостоятельного изучения
3.5	Управление по вектору скорости и вектору ускорения	6	Проверка конспектов самостоятельного изучения
ИТОГО		54	

Умение слушать лекцию и правильно её конспектировать, систематически, добросовестно и осознанно работать над конспектом с привлечением дополнительных источников - залог успешного усвоения учебного материала.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с имеющейся дополнительной литературой по теме занятия, провести поиск по базам данных кафедры и в Internet.

Методика работы по изучению теоретической части курса, отводимой на самостоятельную работу, приведена ниже.

4. Изучение тем теоретической части курса, отводимых на самостоятельную работу

4.1. Планирование траекторий в пространстве обобщенных координат

Под планированием траектории понимают процедуру получения программного движения звеньев манипулятора $q^*(t), t \in [t_0, t_1]$, либо схвата $s^*(t), t \in [t_0, t_1]$. Несмотря на то, что используемые при этом методы имеют много общего, тем не менее существующие различия заставляют рассмотреть эти методы отдельно.

4.2. Управление электромехатронной системой движения в пространстве координат схвата

Методы планирования и управления в пространстве обобщенных координат хотя и позволяют строить эффективные алгоритмы, однако обладают тем недостатком, что их нельзя непосредственно использовать в приложениях, где задание манипуляционному роботу формулируется в терминах его рабочего пространства или в терминах координат схвата. Такой способ описания задания роботу широко используется, в частности, в проблемно-ориентированных языках программирования. Рассмотрим основные методы управления манипуляторами в пространстве координат схвата. Заметим, что эти методы управления почти всегда сопряжены с необходимостью решения обратных задач кинематики.

4.3. Формирование программной траектории

Задача формирования оптимальных траекторий движения мультикоординатной системы движения (МСД) всегда представляла как теоретический, так и практический интерес. Последнее важно, например, с точки зрения обеспечения возможности перемещения МСД в среде с препятствиями при одновременном достижении максимально возможной скорости выполнения операций при

наличии ограничений на управления или достижения минимальных затрат энергии при ограничении на время выполнения.

Эта задача обычно решается в два этапа. На первом этапе в пространстве обобщенных (суставных) координат строится так называемая оптимальная «геометрическая траектория» в виде простой кривой в смысле Жордана, принадлежащей n -мерному пространству.

В то же время эта траектория не определяет «темпа» движения манипулятора, т.е. закона изменения его суставных координат во времени, что является необходимым для полного определения движения манипулятора в пространстве. Чтобы это осуществить, реализуется второй этап задачи. В данном случае, очевидно, достаточно определить закон изменения во времени параметра.

Это закон целесообразно выбрать таким, чтобы минимизировать некоторые важные с эксплуатационной точки зрения критерии. Одним из распространенных критериев такого рода является время, затрачиваемое на перемещение по геометрической траектории от ее начальной точки к конечной.

4.4. Линеаризованный алгоритм управления

Построение программы движений ПР на основе скоростного и линеаризованного позиционного методов производится в процессе движения по заранее рассчитанным опорным точкам на заданной траектории рабочего органа $X_{np}(t)$. Эти методы моделируют процесс решения обратной задачи о положении и в принципе не требуют ее априорного решения (даже в опорных точках траектории рабочего органа).

Основной проблемой, от решения которой существенно зависит качество движений системы вблизи заданной траектории, является алгоритм формирования командного вектора скорости V или его аналога - командного вектора приращений положения схвата AS . Очевидно, что формировать командные векторы V или AS следует как функцию ошибки положения рабочего органа робота относительно текущего программного $X_{np}(f)$.

Идеология формирования командного вектора при скоростном и линеаризованном позиционном методах построения программ движения одна и та же. Однако имеется некоторое отличие в реализациях систем управления, построенных на этих принципах. Поэтому сначала подробно остановимся на скоростном методе.

4.5. Управление по вектору скорости и вектору ускорения

Этот метод управления особенно часто используют при управлении манипулятора от рукоятки. Рукоятка представляет собой многозвенный механизм; в его степенях подвижности установлены потенциометры, выходные сигналы с которых линейно зависят от перемещений в соответствующих шарнирах. (Заметим, что рукоятка в некотором смысле подобна манипулятору.) Сигналы, поступающие от рукоятки, интерпретируются системой управления робота как компоненты командного вектора скорости. Ясно, что при этом рукоятка должна иметь шесть степеней подвижности.

4.6. Список контрольных вопросов

1. Что такое кинематическое управление манипулятором? Что является моделью манипулятора как объекта управления?
2. Как выглядит алгоритм управления манипулятором при использовании специальной параметризации? Нарисуйте блок-схему алгоритма.
3. Исследуйте систему уравнений относительно неизвестных коэффициентов, получающуюся при использовании полиномиальной параметризации с полиномами 1 -4-й степеней.
4. Нарисуйте блок-схему алгоритма управления при использовании сплайн-интерполяции.
5. Напишите программу моделирования движения двухзвенного плоского манипулятора, управляемого по положению. В качестве метода управления используйте линеаризованный позиционный алгоритм. Задайте программную траекторию, например в форме окружности.

Литература

1. Дьяконов В.П. Simulink 5/5/7: Самоучитель / В.П. Дьяконов. – М.: LVR-Пресс, 2008. – 784 с.
2. Щербинин С.В. Имитационные модели мехатронных систем / С.В. Щербинин, Е.В. Шадрин // Материалы Международной научно-методической конференции "Современное образование: Проблемы и перспективы в условиях перехода к новой концепции образования". – Томск: ТУСУР. - 2010. – С. 208-209.
3. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс / Б. Лазарев. — СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2005. — 512 с.: ил.
4. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств / А.П. Лукинов. □ СПб.: Лань, 2012. – 608 с.