УДК 681.5.001:57.621

А.Н. Горитов

Программирование промышленных роботов без остановки производственного цикла*

Рассматриваются вопросы программирования промышленных роботов, задействованных в производственном цикле.
Ключевые слова: промышленный робот, управление, программирование.

Введение

Несмотря на очевидные недостатки промышленных роботов (ПР) первого поколения [1], они находят широкое применение в промышленности многих стран и интегрируются в различные робототехнические комплексы (РТК) и гибкие производственные системы (ГПС) [2]. Одной из проблем эксплуатации ПР первого поколения является необходимость жесткого программирования функционирования каждого из этих устройств. Для программирования этих устройств используются методы ручного программирования или метод обучения. Эти операции достаточно трудоемки и требуют высокой квалификации операторов, обслуживающих данное оборудование. Кроме того, изготовители ПР самостоятельно разрабатывают языки программирования для своих роботов [3]. Это привело к тому, что языки не соответствуют друг другу и не стандартизированы. В такой ситуации использование разнообразного парка ПР приводит к значительному усложнению и удорожанию обслуживания такого производства. Таким образом, задача управления ПР в произвольных внешних средах является одной из ключевых задач робототехники.

В настоящее время развиваются методы программирования ПР и РТК в режиме Off_Line. Особенностью этого метода программирования является отработка всех операций, обеспечивающих выполнение технологического процесса, на моделях этих устройств, после чего выполняется непосредственно программирование ПР и РТК. Этот метод программирования обладает существенными преимуществами перед ранее перечисленными методами программирования, а именно:

– изменение технологического процесса или подготовка выпуска нового оборудования выполняется без остановки основного оборудования;
– программное обеспечение, используемое при моделировании ПР, РТК и ГПС, позволяет «проигрывать» различные схемы компоновки, последовательности выполнения операций, использование различного оборудования;
– есть возможность оптимизировать по заданным критериям функционирование как отдельного устройства, так и всего производственного модуля.

Постановка задачи

ПР – это многомерный, нелинейный и нестационарный объект. Функционирование этого объекта выполняется на основе некоторого допустимого управления, удовлетворяющего физическим, геометрическим, кинематическим, сенсорным и информационным ограничениям.

Информационные ограничения – полное или частичное отсутствие информации о внешней среде. Предполагается, что внешняя среда может быть без препятствий, с частично известным расположением препятствий и с неизвестным расположением препятствий.

Декомпозируя рассматриваемую задачу, можно выделить основные подзадачи:

1) построение плана траектории перемещения рабочего инструмента ПР в условиях неполной информации о внешней среде;

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 09-07-99029-р_офи).

2) синтез функций управления приводами, которые обеспечат прохождение рабочего органа ПР по построенному плану траектории;
3) проверка синтезированных функций управления с учетом сил и моментов, возникающих в управляемом механизме, и их влияние на качество управления;
4) синтез последовательности команд, с помощью которой можно запрограммировать автономное выполнение сложной механической системой заданной технологической операции.

Подзадача 1. Движение манипулятора к намеченной цели выполняется путем последовательной смены состояний манипулятора. Последовательность смены состояний ПР определяет эффективность построенного плана траектории и, в конечном итоге, эффективность траектории перемещения рабочего органа манипулятора.

Планирование траектории выполняется с целью определения ключевых точек пространства внешней среды ПР, через которые должна проходить траектория перемещения рабочего органа ПР [4–7]. Планирование траектории можно выполнять как в кинематическом режиме, так и в динамическом режиме. В динамическом режиме план траектории строится с учетом динамических характеристик исполнительного механизма ПР. В кинематическом способе план траектории строится с учетом того, что коррекция будет выполняться программно на этапе управления [8].

Подзадача 2. Результатом работы алгоритмов построения плана траектории является таблица значений обобщенных переменных моделируемого ПР при выполнении заданной технологической операции. Эта таблица служит основой для построения функций управления.

Прямое использование этих данных для построения непрерывных функций управления приводит к значительным колебаниям рабочего инструмента при выполнении запланированной технологической операции. Это приводит к повышенному износу механизмов ПР, увеличению расхода энергоресурсов и снижению точности выполнения операции.

Для решения этой проблемы выполняется сглаживание таблицы обобщенных переменных. В основу этого метода сглаживания положена модификация метода наименьших квадратов, заключающаяся во введении дополнительных условий: начальная и конечная точки сглаженной траектории должны совпадать с начальным и конечном положением рабочего органа [9]. Затем, используя любой метод аппроксимации, строятся непрерывные функции изменения обобщенной переменной в каждом приводе ПР. В дальнейшем эти функции изменения обобщенных переменных будут преобразованы в функции управления приводами ПР.

Подзадача 3. Проверка синтезированных функций управления выполняется путем моделирования функционирования ПР совместно с объектами внешней среды. Для этого используется система автоматизированного моделирования, позволяющая проводить оценку пространственного расположения всех объектов внешней среды в процессе функционирования, оценивать кинематические и динамические характеристики подвижных объектов, оценивать точность прохождения траектории по синтезированным функциям управления, синхронизировать перемещения ПР и объектов внешней среды.

Оценка пространственного расположения ПР, РТК и всех объектов внешней среды во время функционирования позволяет оценить траектории движения всех подвижных объектов и определить возможное соударение объектов внешней среды.

На основе информации о пространственном расположении моделируемых объектов средства визуализации позволяют построить графический образ ПР, РТК и всей внешней среды.

В случае, если планирование траектории проводятся в кинематическом режиме, возможно отклонение реальной траектории перемещения рабочего органа ПР от запланированной. Использование динамической модели ПР позволяет синтезировать корректирующую функцию, такую, что совместное использование основной и корректирующей функций обеспечит прохождение рабочего органа ПР по запланированной траектории.

Подзадача 4. Различные типы ПР, как правило, имеют различные системы команд. В связи с этим для каждого ПР необходимо разработать отдельную программу, переводящую синтезированные функции управления в систему команд конкретного ПР.

Реализация

Рассмотрим реализацию предложенной методики в рамках системы автоматизированного моделирования РАУМС [12]. В рамках этой системы построена модель ПР РБ-241. Для моделирования технологической операции формируется модель внешней среды. Основой для построения моделей внешней среды являются модели технологического оборудования:

$$VS = \bigcup_{i=1}^{n} T_i,$$

где T_i – объекты технологического оборудования, n – число объектов технологического оборудования, задействованного в технологической операции. В данном случае предполагается, что оборудование, задействованное в других технологических операциях, не попадает в зону функционирования оборудования, выполняющего рассматриваемую технологическую операцию. В противном случае это оборудование также необходимо включить в модель внешней среды (например, элементы конструкции цеха).

На рисунке 1 изображена модель ПР РБ-241 и модель его внешней среды, построенной в рамках системы РАУСМ. ПР РБ-241 в составе РТК выполняет технологическую операцию переноса заготовки от транспортного робота (объект слева) к обрабатывающему станку, и затем, после обработки, заготовка перемещается роботом в приемный бункер.

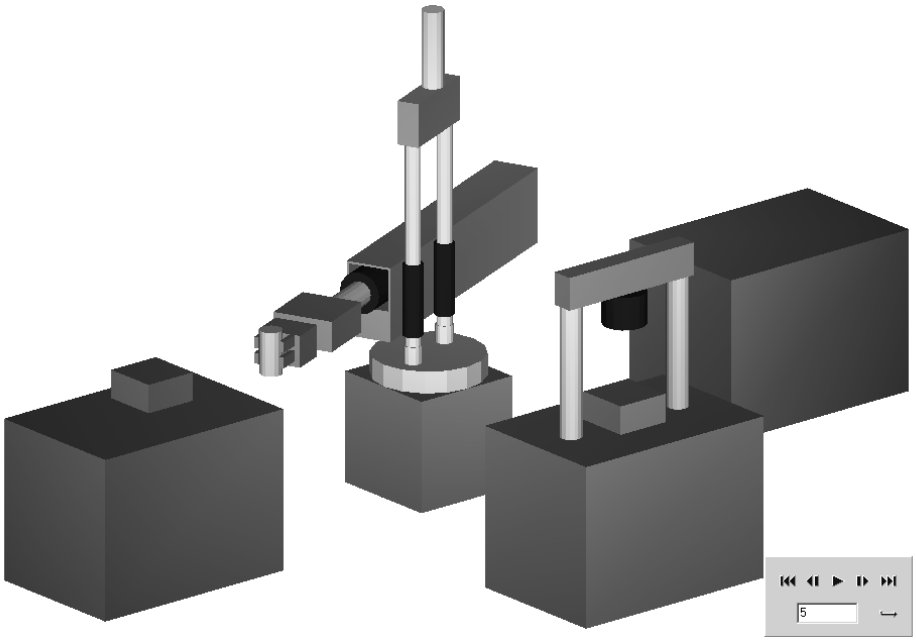

Рис. 1. ПР РБ-241 в составе РТК

Кадр	Гр. скор	Z(мм)	Q(гр)	R(мм)	α	схват.
1	3	0	0	1000	0	0
2	0	0	0	0	0	сжать
3	3	0	0	-1000	0	0
4	3	0	-90	0	0	0
5	3	200	0	0	0	0
6	3	0	0	1000	0	0
7	0	0	0	0	0	разжать
8	3	0	0	-1000	0	0
9	3	-200	0	0	0	0
10	3	0	90	0	0	0

Рис. 2. Фрагмент текста программы, сгенерированный системой моделирования

Сформированная модель ПР и внешней среды позволяет выполнить моделирование функционирования оборудования при выполнении заданной технологической операции.

Модуль, реализованный в системе РАУМС, позволяет конвертировать функции управления приводами ПР в систему команд этого ПР. На рисунке 2 приведен фрагмент текста синтезированной управляющей программы для ПР РБ-241. Ввод синтезированной программы в управляющий блок робота выполняется с пульта оператора.

Заключение

Применение средств автоматизированного моделирования позволяет оценить различные характеристики функционирования ПР еще на этапе проектирования технологических операций, опробовать различные варианты размещения технологического оборудования, оценивать взаимодействие всех объектов ГПС. Рассмотренный метод программирования на основе математической модели промышленного робота и его внешней среды приводит к значительному сокращению простоя оборудования при модернизации производства.

Литература

1. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. – Л. : Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988. – 332 с.

2. Промышленные роботы: Внедрение и эффективность / К. Асан, С. Кигами, Т. Кодзима и др. – М. : Мир, 1987. – 384 с.

3. Скотт П. Промышленные роботы – переворот в производстве. – М. : Экономика, 1987. – 304 с.

4. Кобринский А.А. К построению движений манипуляционных систем / А.А. Кобринский, А.Е. Кобринский // Доклады АН СССР. – 1975. – 224, №6. – С. 1030–1033.

5. Верещагин А.Ф. Планирование траектории исполнительного органа манипуляционного робота / А.Ф. Верещагин, В.Л. Генерозов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1978. – №2. – С. 76–87.

6. Аксенов Г.С. Построение программных движений манипулятора при помощи ЭВМ / Г.С. Аксенов, Д.К. Воронецкая, В.Н. Фомин // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1978. – №4. – С. 50–55.

7. Малышев В.А. Алгоритмы построения программных движений манипуляторов с учетом конструктивных ограничений и препятствий / В.А. Малышев, А.В. Тимофеев // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1978. – №6. – С. 64–72.

8. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001. – 168 с.

9. Горитов А.Н. Сглаживание траектории перемещения рабочего инструмента робота-манипулятора / А.Н. Горитов, С.М. Алферов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309, №8. – С. 176–179.

10. Горитов А.Н. Моделирование адаптивных мехатронных систем / А.Н. Горитов, А.М. Кориков. – Томск : В-Спектр, 2007. – 350 с.

Горитов Александр Николаевич
Доктор техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления ТУСУРа
Тел.: (3822) 70-15-36
E-mail: ang@asu.tusur.ru

A.N. Goritov

Production cycle interruptless industrial robots programming

This paper describes questions of industrial robots involved in a production cycle programming.

Keywords: industrial robot, management, programming.