

УДК 378.162, 004.896, 681.51

ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС⁸

А.А. Бобцов, С.А. Колюбин, А.А. Пыркин

Рассматривается использование программно-аппаратных комплексов на базе манипуляционных роботов в учебном процессе при проведении практических работ по современным технологиям робототехники и теории автоматического управления.

Ключевые слова: манипуляционный робот, система управления, образовательные приложения.

В настоящее время манипуляционные роботы широко используются в различных отраслях промышленности, включая производство автомобилей, теплового оборудования, микроэлектронной техники и даже лесозаготовку. Благодаря интеллектуализации систем управления промышленными манипуляторами достигается полная автоматизация различных операций, начиная с перемещения грузов, упаковки и сортировки и заканчивая сваркой, покраской, обработкой поверхностей и сборкой сложных технологических узлов. На фоне снижения потребности в персонале, занятом физическим трудом, спрос на специалистов, способных настраивать и обслуживать сложные робототехнические линии, со стороны компаний неуклонно растет. Очевидно, что одним из важнейших условий успешного внедрения передовых технологий является своевременная подготовка кадров соответствующей квалификации. Задача ведущих университетов здесь состоит в разработке и адаптации новых образовательных программ, и залогом достижения этой цели является наличие современного оборудования.

Благодаря программе развития НИУ ИТМО кафедры систем управления и информатики (СУиИ) была укомплектована двумя комплексами промышленных манипуляционных роботов. Один из них включает шестиосевой манипулятор Kawasaki FS06N с контроллером D77, переносным пультом управления с сенсорным дисплеем и дополнительно установленным электромеханическим параллельным двухпальчиковым захватом Schunk EGN-100. Второй комплекс представляет собой робототехническую ячейку с интегрированной системой технического зрения немецкой компании FESTO на базе компактного манипулятора Mitsubishi RV-3SDB с двухпальчиковым пневматическим схватом. Системы имеют богатый интерфейс, включая возможность подключения Ethernet, что облегчает сопряжение с имеющимся компьютерным оборудованием и внедрение в образовательный процесс. Кроме того, за счет интеграции с дополнительными внешними сенсорами, в том числе многокомпонентными датчиками сил и моментов и системами технического зрения на базе нескольких камер, функционал комплексов может быть существенно расширен.

Эти комплексы могут использоваться как в образовательном процессе при выполнении студентами лабораторных работ, например, в рамках магистерских курсов «Динамика робототехнических систем»,

⁸ Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (государственный контракт № 11.519.11.4007).

«Управление неполноприводными роботами» и «Современная теория систем управления», разрабатываемых кафедрой СУиИ, так и в полноценных научных исследованиях. Промышленные приложения, которые можно имитировать с помощью данных комплексов, включают сварку сложных профилей, сортировку деталей, пакетирование и сборочные операции с одновременным автоматическим визуальным контролем.

Внедрение подобного оборудования в учебный процесс способствует формированию у студентов таких ключевых профессиональных компетенций, как, например, способность применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки, и способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

Важной составляющей использования подобных лабораторных комплексов в учебных целях является специализированное программное обеспечение.

Системы управления промышленных роботов, как правило, поддерживают модульное программирование. В этом случае от студента требуется разбить задачу на элементарные составляющие, записать последовательность соответствующих инструкций, включая циклы и ветвления, на поддерживаемом высокоуровневом языке и загрузить получившуюся программу в память контроллера робота. Сделать это можно непосредственно с пульта удаленного управления робота, не прибегая к подключению к внешнему компьютеру. Это позволяет студенту быстро и легко освоить основы интерфейса управления промышленными роботами, однако такой метод приемлем только для достаточно простых задач.

Следующим уровнем обучения является освоение специализированных интегрированных средств, реализующих визуальное программирование робота. Для описываемых комплексов на базе манипуляторов Kawasaki и Mitsubishi используются программы PC-ROSET и CIROS Automation Suite соответственно. Преимущество подобного программного обеспечения заключается в том, что студент может самостоятельно создать виртуальную графическую модель робота и его окружения и предварительно проверить работоспособность своей программы в симуляторе без риска повредить дорогостоящее оборудование.

Расширение возможностей использования таких робототехнических комплексов в учебных целях и прикладных исследованиях связано с внедрением открытых программных архитектур. Важно отметить, что навстречу разработчикам в этом направлении сейчас движутся крупнейшие производители [1, 2].

Типовые планы лабораторных занятий с использованием комплексов на базе роботоманипуляторов могут быть следующими.

1. Прямое программирование робота (обучение) с использованием пульта

- Задать движение робота в ручном режиме:
 - независимое управление приводами сочленений;
 - линейное и дуговое перемещение и вращение по осям декартовых координат в системах отсчета относительно базы робота и центральной инструментальной точки;
 - выставление робота в исходную позицию для калибровки кинестетических сенсоров.
- Разработать программу перемещения по фиксированной траектории при свободном рабочем пространстве:
 - от начальной точки к конечной;
 - циклическое перемещение по замкнутым контурам, соответствующим геометрическим примитивам, арабским цифрам или печатным буквам.
- Оценить точность отработки заданной траектории при вариации скорости перемещения.

2. Программирование робота в визуальной среде

- Создать виртуальную модель рабочей зоны манипулятора с учетом имеющихся ограничений.
- Разработать программу управления манипулятором для следующих сценариев:
 - перемещение объектов с одной стороны препятствия на другую с оптимизацией траекторий подхода и переноса;
 - имитация сварочных операций – проход контрольным щупом по заданному контуру объемной детали с сохранением контакта;
 - сортировка деталей одинаковой формы по цветам с использованием внешней камеры;
 - сборка механических узлов в заданной последовательности из нескольких деталей разной формы, в том числе упругих;
 - поиск с помощью технического зрения и сбор по рабочему пространству за минимальное время деталей заданной геометрической формы и (или) цвета, изначально расположенных в неизвестных позициях.

- Провести моделирование программы в графическом симуляторе, включая проверку возможных столкновений и достижимость последовательности конфигураций манипулятора.
- Провести апробацию программы на робототехническом комплексе.

Массогабаритные параметры и эксплуатационные характеристики подобного оборудования позволяют проводить его установку в помещениях без специальной подготовки. В то же время до начала работы студенты должны быть ознакомлены с правилами работы и техникой безопасности, включая возможные риски, связанные с поражением электрическим током и травмами от подвижных элементов робота.

Таким образом, использование в курсах лабораторных работ современных комплексов на базе промышленных роботов позволяет, во-первых, формировать у студентов знания и умения, которые будут востребованы в дальнейшем на практике, а во-вторых, делает сам процесс обучения более интересным и плодотворным.

Литература

1. Schreiber G., Stemmer A., Bischoff R. The Fast Research Interface for the KUKA Lightweight Robot // Proc. of ICRA 2010 Workshop on Innovative Robot Control Architectures for Demanding (Research) Applications. – Anchorage, 2010. – P. 15–21.
2. Blomdell A., Dressler I., Nilsson K., Robertsson A. Flexible Application Development and High-Performance Motion Control Based on External Sensing and Reconfiguration of ABB Industrial Robot Controllers // Proc. of ICRA 2010 Workshop on Innovative Robot Control Architectures for Demanding (Research) Applications. – Anchorage, 2010. – P. 62–66.

- Бобцов Алексей Алексеевич** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, bobtsov@mail.ifmo.ru
- Колубин Сергей Алексеевич** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, s.kolyubin@gmail.com
- Пыркин Антон Александрович** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, a.pyrkin@gmail.com