

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.5:007.52

Каробчиц
Виктор Валерьевич

Система управления роботизированными комплексами технологического назначения

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра

по специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии»

Научный руководитель
Тонконогов Борис Александрович
кандидат технических наук, доцент

Минск 2022

ВВЕДЕНИЕ

В быстроразвивающемся мире с каждым годом увеличивается роль и влияние автоматизации во всех сферах жизни общества, в том числе на промышленных предприятиях, исследовательских институтах. К мероприятиям по разработке новых прогрессивных технологических процессов относится и автоматизация, на ее основе проектируется высокопроизводительное технологическое оборудование, осуществляющее рабочие и вспомогательные процессы без непосредственного участия человека. Повышение уровня автоматизации обеспечивает повышение эффективности производства.

Одна из основных закономерностей развития техники на современном этапе заключается в том, что автоматизация проникает во все отрасли техники, во все звенья производственного процесса, вызывая в них качественные изменения, раскрывая невиданные ранее возможности роста производительности труда, повышение качества и увеличение выпуска продукции, облегчение условий труда. Однако еще имеется ряд проблем, от решения которых зависит ускорение развития средств автоматизации.

Разработчики изделий и создатели оборудования не имеют единой методологии, не достаточно освещены методы анализа степени подготовленности изделий к автоматизированному производству, методы анализа линий, их оснащенности средствами контроля и автоматического управления. Развитие автоматизации на современном этапе характерно смещением центра тяжести разработок массового на серийное производство, составляющее основную часть машиностроительной отрасли. Другая характерная особенность современной автоматизации – расширение арсенала технических средств и, как следствие, многовариантность решения задач автоматизации производственных процессов.

В большинстве случаев в качестве модернизации и оптимизации производственных процессов и исследований используют современные информационные технологии и робототехнику. Уровень роботизации промышленности растет изо дня в день. Автоматизация процессов происходит за счет использования роботизированных комплексов, позволяющих оптимизировать трудовые, материальные и временные затраты.

В данной работе будет разработан проект системы управления роботизированными комплексами технологического назначения, а также будут проверены ее функциональные характеристики.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования.

Целью магистерской диссертации является разработка проекта системы управления роботизированными комплексами технологического назначения, а также исследование ее функциональных характеристик.

Задачи исследования: 1) сформулировать, описать и реализовать основные конструктивные (структурная схема) и программные особенности роботизированных комплексов технологического назначения, исходя из возможных вариантов их применения; 2) провести исследование, позволяющее рассчитать время перемещения узлов роботизированного комплекса (декартового робота) в требуемые позиции при разных алгоритмах его работы и сделать вывод об особенностях использования разных алгоритмов для возможных технических условий.

Объект исследования – программные алгоритмы работы роботизированного комплекса, позволяющие автоматизировать управление технологическими процессами на производстве и обладающие адаптивностью к оборудованию и возможностью модификации своей функциональности.

Предмет исследования – система управления роботизированным комплексом, реализующая технологические процессы и поддерживающая гибкие методики программной реализации для оптимизации трудовых, материальных и временных затрат на производстве.

Новизна полученных результатов

Системы управления роботизированными комплексами технологического назначения позволяют снизить потребность в работе квалифицированного персонала и используемого им специализированного оборудования, повысить производительность и эффективность использования материалов и инструментов, а также улучшить качество технологических операций и производимой продукции и понизить ее стоимость. Функциональная гибкость указанных систем состоит в возможности изменения (адаптации) существующих инженерных программно-аппаратных решений (алгоритмов работы и состава программных модулей, структур и содержания баз данных, возможностей и характеристик микроконтроллерных плат, датчиков, исполнительных устройств, средств визуализации и так далее) к новым требованиям при реализации технологических процессов.

Положения, выносимые на защиту

1. Три программных алгоритма работы роботизированного комплекса. Первый алгоритм осуществляет выход декартового робота в требуемую позицию с помощью последовательного перемещения каретки сначала по оси ОХ, затем по оси ОУ. Достоинство – простота реализации и дешевизна

разработки. Вторым алгоритмом осуществляется выход декартового робота в требуемую позицию с помощью перемещения каретки декартового робота по диагонали за счет параллельной работы двух шаговых двигателей. Достоинство – оптимальное время выхода в нужную координату. Третий алгоритм работы осуществляет перемещение каретки декартового робота с помощью переменной работы двух шаговых двигателей – траектория движения каретки будет совмещать поочередно диагональное, а также вертикальное или горизонтальное перемещение в зависимости от требуемой координаты. Достоинство такого алгоритма – увеличение срока эксплуатации работающих изделий и узлов за счет их более оптимального применения.

2. Система управления роботизированным комплексом «Координатный стол» на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 4B, осуществляющая работу комплекса на скорости до 500 мм/с и позволяющая исследовать работу алгоритмов перемещения узлов комплекса при различных условиях с целью определения оптимальных параметров его функционирования.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований были представлены на 57-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, а также на 58-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

Опубликованность результатов исследования

Результаты исследования были опубликованы в материалах «Электронные системы и технологии: сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР», а также в книге «Электронные системы и технологии: сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР» (в печати).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрена актуальность и перспективы развития автоматизации и оптимизации производственных процессов. Описаны основные критерии для дальнейшего развития роботизированных производств. Рассмотрено предназначение и основные направления использования проектируемого роботизированного комплекса.

В **первой главе** дается обзор существующих специализированных роботизированных программно-аппаратных комплексов для управления технологическими процессами (анализ области применения, использование при реализации различных технологических процессов и описание программно-аппаратных платформ). Рассматриваются возможные типы роботизированных комплексов, а также особенности их использования и применения. Делаются выводы о типе разрабатываемого робота, о плюсах и минусах его возможных конструктивных особенностей. По итогу рассмотренных вариантов конструкции ставится задача и формулируются основные конструктивные и программные особенности роботизированного комплекса.

Во **второй главе** по полученным данным, а также исходя из установленных вариантов применения роботизированного комплекса были сформулированы основные конструктивные особенности. Была разработана структурная схема роботизированного комплекса, представленного в виде декартового робота и компьютерного модуля для управления его работой, а также спроектирована архитектура и определена функциональность его модулей. Был выполнен обзор и определение аппаратных средств для разработки роботизированного комплекса (микроконтроллерного оборудования (плат, датчиков, исполнительных устройств и так далее)). Дана полная характеристика механизма перемещения робота и описание конструкции его блока управления.

В **третьей главе** приводится описание разработки программного обеспечения для спроектированной аппаратной части системы управления, а также приводится внешний вид графического интерфейса, реализованного в виде окон на дисплее блока управления.

В **четвертой главе** проведен расчет конструктивных параметров полученного робота, таких как максимальная скорость работы комплекса и точность его позиционирования. Был описан способ моделирования работы декартового робота для расчета времени выхода в требуемые позиции при максимальной скорости его перемещения и разных алгоритмах его работы. С помощью специализированного программного обеспечения выполнено моделирование работы спроектированного комплекса.

В **пятой главе** происходит сравнение данных, полученных в результате моделирования работы декартового робота, с данными, полученными в ходе практических испытаний, для определения степени адекватности результатов экспериментов.

В **заключении** сделаны краткие выводы по результатам каждой главы магистерской диссертации, в том числе о возможных вариантах использования того или иного алгоритма в зависимости от требований, предъявляемых заказчиком подобного роботизированного комплекса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исходя из возможных вариантов применения роботизированного комплекса сформулированы и реализованы его основные конструктивные (структурная схема) и программные особенности. Дано описание принципов работы работа, также разработан специальный модуль – блок управления, отвечающий за его перемещение и безопасную работу.

2. Для контроля и управления всеми этапами различных технологических процессов роботизированного комплекса в интегрированной среде разработки Thonny на языке программирования Python написано новое специализированное программное обеспечение, включающее в себя графический пользовательский интерфейс, состоящий из нескольких окон, благодаря которым можно настраивать скорость вращения вала двигателя, а соответственно и скорость перемещения по координатам, управлять роботизированным комплексом как в ручном режим с помощью кнопок, так и записывать и загружать самостоятельно разработанные и уникальные алгоритмы работы.

3. В ходе исследования, используя специализированное программное обеспечение CoppeliaSim Pro, выполнено моделирование перемещения каретки полученного роботизированного комплекса на скорости 500 мм/с при работе по отдельности каждого двигателя, а также на скорости 707 мм/с при одновременной работе двигателей на диагональных участках траектории перемещения. Произведен расчет времени выхода разработанного комплекса (декартового робота) в требуемые позиции при разных алгоритмах его работы, точность его позиционирования составляет 0,2 шаг/мм. За основу исследования взято три возможных алгоритма работы: при последовательном включении двигателей для перемещения сначала по горизонтали, а потом по вертикали координатной плоскости до необходимой точки; при одновременной работе двух шаговых двигателей с перемещением по диагонали в требуемую координату, а также при чередовании первых двух способов в одном алгоритме.

4. Сравнение данных, полученных при моделировании работы декартового робота с данными, полученными в ходе экспериментов по перемещению каретки робота в аналогичные координаты показало, что по времени самым эффективным по времени работы является второй алгоритм, при этом третий алгоритм предлагает более рациональное использование ресурсов шагового двигателя. Это позволяет при слабой износостойкости шаговых двигателей увеличить время наработки на отказ благодаря чему шаговый двигатель послужит дольше, за счет возможности меньшего количества раз его использования для перемещения.

5. Таким образом, разработанные программные алгоритмы в составе системы управления роботизированными комплексами позволяют автоматизировать управление технологическими процессами на производстве и обладают адаптивностью к оборудованию и возможностью модификации своей функциональности, что обеспечивает оптимизацию трудовых, материальных и временных затрат на производстве.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Каробчиц В. В., Тонконогов Б. А. Программно-аппаратный модуль для управления электродвигателями и сервоприводами / Электронные системы и технологии: сборник материалов 57-й научной конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, 19 - 23 апреля 2021 г. / редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск: БГУИР, 2021. – 679 с.; ил. С. 184 - 186.

2. Каробчиц В. В., Тонконогов Б.А. Классификация роботизированных систем / Электронные системы и технологии: сборник материалов 57-й научной конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, 19 - 23 апреля 2021 г. / редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск: БГУИР, 2021. – 679 с.; ил. С. 187 - 189.

3. Каробчиц В.В., Тонконогов Б.А. Анализ скорости перемещения декартового роботизированного комплекса «Координатный стол» / Электронные системы и технологии: сборник материалов 58-й научной конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск, 18 – 22 апреля 2022 г. // редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск: БГУИР, 2022 (в печати).