

УДК 621.86-182.7, 62-112.5

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЖЁСТКОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ПРИ ПОМОЩИ УСТРОЙСТВ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

М.т.н. Ласков Д.С., к.т.н., доц. Путеев Н.В.

Витебский государственный технологический университет

В современном производственном оборудовании жёсткость является важнейшим технологическим фактором, определяющим точность выполняемой операции. Поэтому необходимо предать некое свойство производственному оборудованию, что бы оно за счет своих функциональных свойств компенсировало потерю координат под нагрузкой. В качестве объекта исследования выбран промышленный робот, т.к. именно у этого класса механизмов недостаточная жёсткость является препятствием при расширении области применения в качестве универсального металлообрабатывающего оборудования.

Целью исследования является создание проекта промышленного робота с адаптивной системой управления жёсткостью и компенсацией смещения координат под нагрузкой.

Достижение цели позволит реализовать основное преимущество робототехнических комплексов – гибкость применения и возможность использования в практически неограниченном количестве процессов. Использование роботов достаточно эффективно на вредных производствах, оказывающих отрицательное воздействие на людей, машина будет эффективно уменьшать расходы на оплату специалистов. Грамотно укомплектованная ячейка на основе промышленного робота является очень компактной и пригодна использования на предприятиях с малыми производственными площадями.

Из недостатков промышленных роботов, в сравнении со станками, можно отметить довольно высокую стоимость оборудования и стоимость ремонта, в связи со сложным программным управлением, что сужает их специализацию.

Анализ роботизированных систем с незамкнутой и замкнутой кинематическими цепями показал, что замкнутая структура обладает более высокой точностью и позволяет использовать манипулятор для выполнения высокоточных операций (измерительные работы, лазерная обработка). Манипуляторы данного типа имеют малую массу, потому способны работать на высоких скоростях [4]. В то время как в промышленных роботах с незамкнутой кинематической цепью параметры грузоподъёмности, точности и скорости позиционирования пропорционально зависят от массы несущей системы. Поэтому к современным промышленным роботам предъявляются комплекс различных и во многом противоречивых требований. Требуются высокое быстродействие при заданной плавности движения, высокая точность отработки программных движений, минимальные масса и габаритные размеры исполнительных механизмов. Утяжеление конструкции роботов приводит к ухудшению их характеристик и в результате это снижает производительность операций. Тяжелые механические конструкции требуют также применения мощных приводных механизмов, которые во многих случаях дополнительно нагружают предшествующие звенья, тем самым еще больше увеличивают общий вес системы. Так как динамические и статические ошибки возникают при воздействии сил инерции (и тяжести), прямой метод повышения жёсткости является недостаточно эффективным. Из всего этого следует, что недостатками компоновки промышленного робота с незамкнутой кинематической цепью являются: недостаточная жёсткость и сложность контроля угловой координаты рабочих звеньев [1, 2, 3].

При проектировании универсального промышленного робота, следует ориентироваться на простые структуры, имеющие наименьшее количество элементов, поскольку сокращение количества элементов является существенной мерой повышения надежности.

Основной принцип работы разрабатываемого промышленного робота показан на примере перемещения груза 8 кН (рисунок 1), который создаёт деформации изгиба и скручивания элементов несущей системы.

В ненагруженном состоянии рабочий орган имеет нулевую координату ($X_0; Y_0$) – исходное положение (начальное положение робота). Эта точка определена относительно конструктивных элементов робота. Относительно нулевой точки промышленного робота в управляющей программе задают абсолютные размеры перемещений рабочих органов, если начало отсчета перемещений не смещено с помощью плавающего нуля. Плавающий нуль – свойство УЧПУ помещать начало отсчета перемещений рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки промышленного робота. На рисунке 1 (а) показан робот в ненагруженном состоянии (звено 2 находится в нулевой точке).

При нагружении звена 2, $P=8$ кН, рабочий орган смещается от нулевой координаты ($\Delta X; \Delta Y$), как показано на рисунке 1 (б). Для корректного выполнения операции требуется вывести

рабочий орган обратно в нуль и сформировать новую координату с учётом приложенной нагрузки. Шарико-винтовой привод *Б* отвечает за устранение смещения ΔY , а шарико-винтовой привод *А* за устранение смещения ΔX .

Для того что бы вывести нагруженный рабочий орган в нуль потребуется совершить угловое перемещение звеньев *1* и *2* при помощи линейных перемещений ШВП *А* и *Б* показанных на рисунке 1 (в).

Для измерений деформаций звеньев робота (получение численных данных для решения задач корректировки), предложено использовать датчики и сенсоры, смонтированные на максимально подверженные напряжениям участки несущей системы робота.

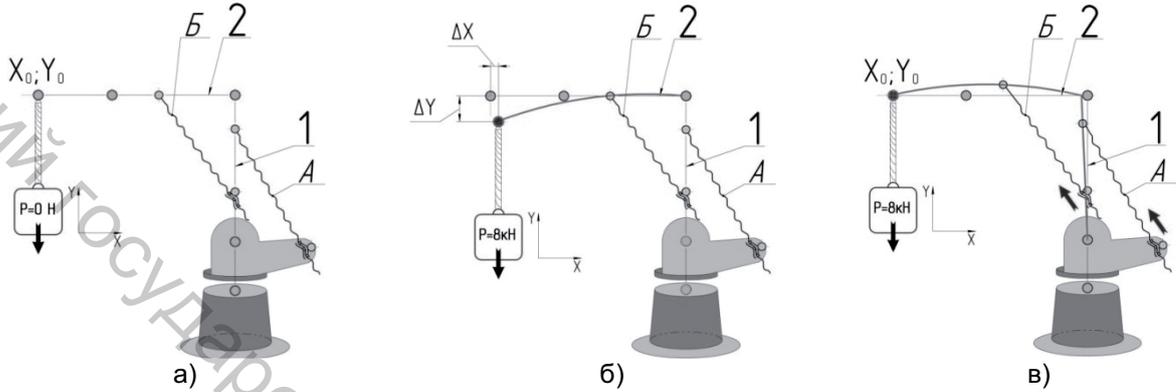


Рисунок 1 — Принцип адаптивного управления жёсткостью промышленного робота при помощи устройств с обратной связью

После корректировки положения рабочего органа, управляющая программа будет совершать отсчет от нулевой точки, с новым угловым положением звеньев.

Система позволит считывать условия, в которых находится несущая система робота, подавать сигналы и изменять траекторию перемещения робота. То есть, с помощью измерения напряжений, данная система получила адаптивность и позволит устранить ошибку (посредством корректировки положения рабочего органа), которая способна повредить деталь.

Синхронизированные данные по позиционированию можно сохранить в виде данных журнала событий и отобразить на графике с использованием конкретного компьютерного программного обеспечения, что особенно полезно при проведении анализа ошибок.

Впоследствии такие данные могут использоваться для контроля точности производимых операций.

С помощью пакетов твердотельного моделирования Autodesk Inventor исследовалось поведение конструкции универсального промышленного робота, в условиях напряжённо-деформированного состояния методом конечных элементов [5, 6, 7].

Проведён статический анализ смещений рабочего органа, под разными нагрузками, с незамкнутой и замкнутой структурой несущей системы робота. Из анализа смещения рабочего органа промышленного робота с замкнутой системой методом конечных элементов, (рисунок 2) видно, что смещение по оси *Y* составляет 0,2089 мм. Смещение рабочего органа промышленного робота с незамкнутой системой составляет 1,798 мм. При статическом анализе нам удалось достичь желаемых результатов и получить результат смещения рабочего органа робота с замкнутой системой по оси *Y* в восемь раз меньше смещения рабочего органа с незамкнутой системой.

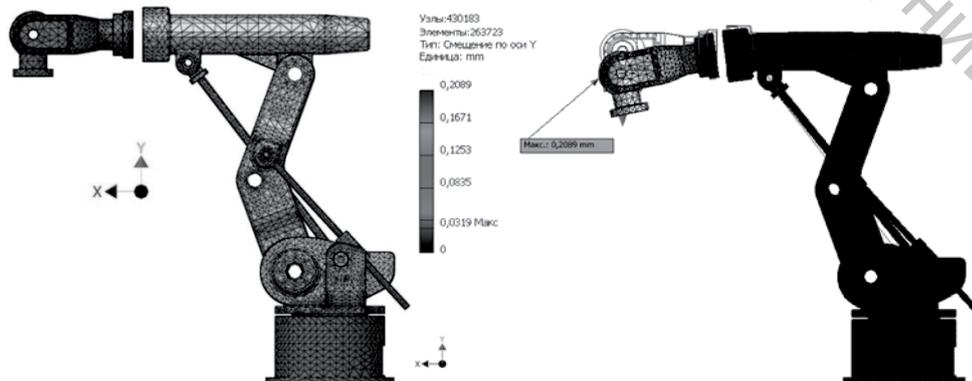


Рисунок 2 — Анализ смещения рабочего органа промышленного робота с замкнутой системой

В перспективе можно обеспечить условия, при которых смещение рабочего органа будет максимально приближено к нулевому значению, но это возможно только при развитии систем адаптивного управления жёсткостью промышленного робота.

Вид управления универсальным промышленным роботом будет соответствовать контурному типу методом обучения. На начальном этапе, разработаны: блок-схема адаптивного управления универсальным роботом с самообучением, и блок-схема программы корректировки смещения рабочего органа в пространстве.

Список использованных источников

1. KUKA [Электронный ресурс] / KUKA Roboter GmbH — Режим доступа: <http://www.kuka-robotics.com/ru> — Дата доступа: 14.11.2013 г.
2. ABB [Электронный ресурс] / 2014 ABB — Режим доступа: <http://www.abb.com> — Дата доступа: 14.11.2013 г.
3. FANUC [Электронный ресурс] / FANUC Robotics — Режим доступа: <http://www.fanucrobotics.ru> — Дата доступа: 14.11.2013 г.
4. Машиностроение [Электронный ресурс]: Механизмы параллельной структуры в металлорежущих станках / Щелкунов Е. Б., Виноградов С. В. — Режим доступа: <http://www.uzknastu.ru/files/pdf/2012-12-1/52-61.pdf> — Дата доступа: 19.09.2013 г.
5. Полозов, Д. С. Расчет методом конечных элементов звена промышленного робота / Д. С. Полозов, Н. В. Путеев // Вестник Витебского государственного технологического университета. — 2013. — № 24. — С. 70.
6. Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич. — Москва: Мир, 1986. — 387 с.
7. Алямовский, А. А. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский — Москва: ДМК Пресс, 2004. — 432 с.

УДК 621.92

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ В ТВЕРДОСПЛАВНОМ РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ ПРИ ЗАТАЧИВАНИИ

К.т.н., доц. Реченко Д.С., маг. Ильин Е.В.

Омский государственный технический университет

Режущие элементы твердосплавного инструмента имеют сложную трехмерную геометрическую конфигурацию. Из ранее проведенных исследований [1, 2, 4, 5, 7] известно, что разрушение материала режущих элементов, как правило, происходит вдоль режущего лезвия на расстояниях, не превышающих 0,3 мм.

Для моделирования процесса затачивания твердосплавного режущего элемента принята схема обработки и действующие при этом динамические составляющие процесса, соответствующие торцевому шлифованию. Затачиваемый режущий элемент, имеющий форму пластины, с углом заострения β закреплен неподвижно в специальной оснастке. Шлифовальный круг (в данном случае чашечный конический) вращается вокруг своей оси с постоянной скоростью V м/с. Кроме того, шлифовальный круг поступательно движется в сторону затачиваемого режущего элемента с постоянной скоростью, равной величине продольной подачи $S_{пр}$ м/мин. В процессе затачивания с поверхности режущего элемента снимается слой материала равной величине поперечной подачи $S_{поп}$ мм/дв.ход.

Примем некоторые допущения для оценки напряженно-деформированного состояния режущей кромки: материал режущего элемента считается однородный сплошной и анизотропный и в процессе обработки он испытывает незначительные деформации; разрушение материала считается хрупким, т.е. при превышении предела прочности происходит отслаивание материала; технологические силы, действующие на режущий элемент со стороны шлифовального инструмента, распределены равномерно по поверхности затачивания; предполагается, что режущая кромка является абсолютно острой (радиус округления равен нулю); все зерна шлифовального круга имеют одинаковый размер и обеспечивают равномерное распределение сил.

Процесс шлифования представляет собой распределенные по объему зерна, размеры которых находятся в узком диапазоне отклонений и сами зерна геометрически отличаются друг от друга. В результате каждое зерно круга снимает малую часть материала, существенное