

Анализ факторов, влияющих на точность позиционирования промышленного робота и методы обеспечения заданной точности

Баланев Н. В.¹, Янов Р. А.²

¹Баланев Никита Владимирович / Balanев Nikita Vladimirovich – студент;

²Янов Роман Андреевич / Yanov Roman Andreevich – студент,

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (МГТУ им. Н. Э. Баумана), г. Москва

Аннотация: в статье рассмотрены конструктивные особенности промышленных роботов. В результате анализа выявлены основные показатели точности промышленных роботов, причины их возникновения. Также показаны методы обеспечения заданной точности путем устранения или компенсации наиболее значительных погрешностей.

Ключевые слова: робототехника, промышленный робот, точность.

Промышленные роботы, благодаря большому разнообразию моделей, доступной цене и широким техническим возможностям, успешно применяются для автоматизации сварки, резки, покраски и других операций.

Эволюция промышленных роботов постоянно увеличивает их точность и повторяемость. Но роботы не всегда обеспечивают требуемую жесткость и в настоящее время не способны обеспечивать микронную точность и сверхвысокое позиционирование.

Практика показывает, что в ряде случаев применение традиционных роботизированных комплексов оказывается малоэффективным для решения важных практических задач. К таким задачам можно отнести медицинские и космические технологии, а также технологические задачи обработки поверхностей сложной геометрии.

Конструктивные особенности промышленных роботов

Наиболее распространенные в настоящее время манипуляторы имеют антропоморфный вид и напоминают человеческую руку.

Низкая нагрузочная способность и невысокая точность обусловлены архитектурой существующих манипуляторов и, в частности, последовательным расположением их звеньев. Каждое из них несет на себе вес последующего сегмента в дополнение к полезной нагрузке, поэтому на них действуют большие изгибающие моменты, что повышает требования к жесткости и, следовательно, ведет к увеличению массы.

Существенным источником возникновения ошибок позиционирования является нарушение заданных геометрических соотношений между осями звеньев. Последовательное расположение звеньев вместе с требованием их жесткости подразумевает, что движущиеся части робота имеют значительную массу. Как следствие, при высокоскоростных перемещениях манипулятор испытывает влияние сил инерции, центробежных сил и сил Кориолиса, что усложняет управление роботом.

Точность промышленных роботов и её составляющие. Точность роботов определяется погрешностями позиционирования характеристической точки схвата и погрешностями угловой ориентации схвата. Погрешности позиционирования определяются технологическими отклонениями размеров звеньев манипулятора, зазорами в кинематических парах манипулятора и механизмов приводов, деформациями (упругими и температурными) звеньев, а также погрешностями системы управления и датчиков обратной связи.

Рассмотрим подробнее составляющие точности и соответствующие факторы, оказывающие наибольшее влияние на их величины.

Погрешность системы управления

Основным фактором, оказывающим влияние на эту погрешность, является точность используемых датчиков обратной связи. Также некоторая погрешность вызвана невозможностью системой управления роботов распознать различие в двух положениях, условное расстояние между которыми меньше разрядности робота.

Геометрические погрешности

Геометрическая погрешность возникает вследствие неточностей при сборке и обработке его основных узлов. Геометрическая погрешность изготовления станка вызывает отклонения значений размеров, формы и расположения обработанных поверхностей.

Эхманн К. Ф. произвел тщательный анализ влияния допусков на длины опор, не идеальности движения сферических шарниров. Он произвёл анализ ошибок первого и второго порядка и показал, что первого порядка вполне достаточно, хотя разница между ними и увеличивается с уменьшением размеров робота [1].

Можно сделать вывод, что нет возможности определить общие закономерности влияния геометрических ошибок, в каждом конкретном случае нужно производить отдельное исследование, так как влияние геометрических ошибок сильно зависит от архитектуры, габаритов и рабочего пространства робота.

Тепловые погрешности

Тепловые эффекты могут влиять на точность высокоточных роботов. Было показано, что для получения нанометрической точности перемещений необходимо поддержание температуры с точностью 0.01 °С. Способы компенсации тепловых деформаций в настоящее время хорошо изучены, что позволяет исключить их из факторов, влияющих на точность.

Погрешность, вызванная действием силы тяжести

Деформации микро-роботов, вызванные действием силы тяжести, могут быть значительны и вызывать в малом рабочем пространстве ошибки, близкие к геометрическим ошибкам. Притшоу [2] указывает, что сила тяжести меняет кинематику станков. Он также упоминает, что для последовательных машин этот эффект практически постоянен во всей рабочей области, но для параллельных роботов это не так.

Методы обеспечения точности роботов

Точность роботов может быть обеспечена следующими способами:

Уточнение решения прямой и обратной задач кинематики

Решение прямой задачи кинематики позволяет рассчитать погрешность позиционирования центра подвижной платформы. Для решения прямой задачи кинематики необходимо знать геометрические параметры робота (такие как: радиус основания и подвижной платформы, максимальные и минимальные вылеты штанг, высота робота), а для решения обратной достаточно знать траекторию движения платформы.

Структурный синтез

Под структурным синтезом понимается определение наилучшей структуры робота с параллельной или последовательной кинематикой, отвечающей заданным условиям. Структура механизма в свою очередь определяется взаимным расположением, типом (в некоторых случаях количеством) раздвижных штанг, шарниров, приводов [3].

Параметрический синтез

Под параметрическим синтезом понимается выбор оптимальных параметров робота, отвечающих заданным условиям. Параметрический синтез роботов представляет собой более широкую область исследований и имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать. Методология параметрического синтеза должна обеспечить не только одно единственное решение, но и, если возможно, все возможные решения для расчета или, по крайней мере, достаточное множество всех решений для последующего проектирования [4].

Компенсация тепловых деформаций

Можно использовать для устранения этих эффектов датчики температуры, определение местоположения таких датчиков является одной из задач проектирования. Однако было показано, что более эффективной мерой является охлаждение, так как тепловая модель робота достаточно сложна.

Применение более совершенных двигателей

Наиболее подходящими для параллельных роботов являются два типа двигателей – двигатели постоянного тока и шаговые двигатели.

Асинхронные двигатели плохо функционируют в условиях работы с переменными скоростями или реверсирования вращения вала, так как движущий момент зависит не только от тока в статоре, но и от скорости вращения вала, а ток, индуцированный в роторе, регулировать трудно.

Недостаток двигателей постоянного тока — их большая масса. Мощность и вращающий момент таких двигателей на единицу массы очень малы. Массу нельзя существенно снизить, т. к. она определяется большей частью несущей конструкцией. Также существуют проблемы, связанные с потерями и нагреванием (необходим принудительный отвод тепла).

До последнего времени синхронные двигатели применялись редко. В режиме автоматической коммутации обмоток они могли бы заменить двигатели постоянного тока. Питание фаз в них зависит от положения ротора, а рабочие характеристики очень близки к характеристикам двигателей постоянного тока.

Эти двигатели обладают рядом достоинств: магниты располагаются в роторе, а обмотки в статоре; вместо системы коллектор-щетка используется надежное электронное устройство коммутации, в котором облегчен отвод тепла.

Недостаток этих двигателей состоит в том, что их движущий момент сильно меняется, так как число фаз невелико.

Шаговые двигатели по конструкции являются синхронными и имеют все их достоинства и недостатки, но эти двигатели открывают широкие возможности для их установки, если речь идет о

малых перемещениях. Шаговые двигатели позволяют с высокой точностью преобразовывать цифровой электрический сигнал непосредственно в дискретные угловые 45 перемещения (шаги) ротора. По сравнению с другими приборами, которые могут выполнять эти же или подобные функции, система управления, используемая в шаговых двигателях, обладает следующими существенными преимуществами:

- отсутствие обратной связи, обычно необходимой для управления положением или частотой вращения;
- не накапливается ошибка положения;
- шаговые двигатели совместимы с современными цифровыми устройствами.

Сейчас, с развитием микропроцессорной технологии, применение шаговых двигателей с каждым годом становится все более разнообразным и популярным. Это связано с тем, что шаговые двигатели обладают рядом особенностей, отличающих их от других типов двигателей:

1. Двигатель поворачивается за каждый импульс управления на определенный фиксированный угол. Чем меньше шаг, тем большая частота вращения может быть достигнута. Шаговые двигатели могут обеспечить маленький шаг (до 1000 шагов за один оборот).

2. Шаговые двигатели могут обеспечить высокую точность частоты вращения. Двигатели конструируют так, чтобы в ответ на входной импульс они поворачивались на определенный угол и останавливались в определенном положении.

3. Отношение электромагнитного момента к моменту инерции для шаговых двигателей выше, чем для обычного электрического двигателя. Дело в том, что шаговые двигатели в ответ на поступление входного импульса или последовательности импульсов должны двигаться с максимальным ускорением и быстро останавливаться при прерывании последовательности импульсов.

Вывод

Точность позиционирования промышленных роботов является одной из важнейших проблем в робототехнике.

Уже сейчас роботы широко распространены в различных областях. Например, в автомобилестроении, горнодобывающей, металлургической, нефтяной и других областях промышленности. Их используют в медицине, при исследовании океанов и т. д.

Распространение промышленных роботов позволит повысить качество продукции, уменьшить затраты на производство, уменьшить время производственного цикла, отдалить человека от тяжелых и опасных условий.

Литература

1. Patel A. J. Volumetric error analysis of a Stewart platform based machine tool / A. J. Patel, K. F. Ehmann // Annals of the CIRP. – 1997. - 46/1/1997. – P. 287–290.
2. Pritschow G. Influence of the dynamic stiffness on the accuracy of PKM / G. Pritschow, C. Eppler, T. Garber // In 3rd Chemnitzer Parallelkinematik Seminar, Chemnitz, April, 23-25, 2002. – P. 313–333.
3. Артоболевский И. И. Синтез плоских механизмов / И. И. Артоболевский, Н. И. Левитский, С. А. Черкудинов. – Москва: Физматгиз, 1959. - 1084 с.
4. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов / И. И. Артоболевский. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Наука, 1988. - 540 с.