

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

Илюшин И. Э., Кожевников М. М.

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств, Могилевский государственный университет продовольствия

Могилев, Республика Беларусь

E-mail: CRUSH-wciiitft@yandex.ru, kmmk@mail.ru

Предложен новый подход к управлению сварочными роботами-манипуляторами на основе модифицированной статистической модели конфигурационного пространства. Данный метод, в отличие от известных, позволяет учесть геометрические характеристики звеньев манипуляторов, кинематические и пространственные ограничения, а также ограничения сварочной технологии. Разработан алгоритм управления. Эффективность предлагаемого алгоритма подтверждается результатами тестирования в экспериментальной среде моделирования роботов.

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая работа посвящена проблеме управления промышленными роботами-манипуляторами и роботизированными технологическими комплексами (РТК) в технологическом процессе точечной контактной сварки (ТКС). Необходимость применения роботов для ТКС обусловлена переходом мирового производителя на использование оцинкованного листового материала, расширением модельного ряда кузовов автомобилей, повышением точности сборки и сварки деталей кузова и снижением доли ручного труда на производстве [1]. Стоит отметить, что для управления роботами-манипуляторами (РМ) на данный момент на большинстве предприятий применяется так называемый метод ручного обучения [2]: в этом случае процесс записи необходимой траектории в память становится довольно длительным. Кроме того, качество данного процесса зависит непосредственно от навыков оператора, что повышает риск совершения ошибок, которые выявляются лишь на этапе наладки. На устранение ошибок и повторное перепрограммирование РТК уходит большое количество времени, что существенно увеличивает сроки освоения новых изделий. В связи с этим целесообразно производить моделирование РТК с последующей разработкой алгоритмов управления, что призвано сократить время программирования траекторий промышленных роботов-манипуляторов, а также увеличить надежность их работы.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Технологический процесс ТКС заключается в сжатии соединяемых деталей между двумя электродами, формирующими «точечный» шов. Технологический инструмент промышленного манипулятора для ТКС состоит из сварочных клещей, трансформатора и кабелей вторичной цепи. На практике размещают трансформатор на одном из звеньев робота либо используют

сварочные инструменты с подвесным трансформатором (рис. 1). Во втором случае в процессе работы кабель подвергается изгибу и скручиванию, что резко снижает его долговечность. Поэтому в процессе управления роботом необходимо предъявлять требования к минимизации деформации вторичного токоподводящего кабеля [3-6].

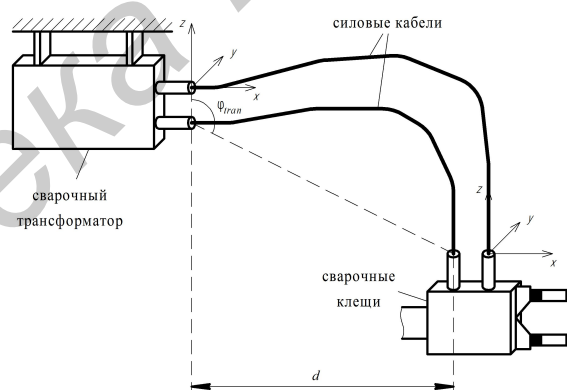


Рис. 1 – Расположение токоподводящих кабелей в пространстве в процессе ТКС с подвесным трансформатором

Величину изгиба кабеля можно косвенно оценить по длине кривой, соединяющей точки крепления и имеющей кривизну, не превышающую предельное значение:

$$L = 2 \cdot r \cdot \arcsin \frac{d}{2 \cdot r \cdot \sin \varphi_{tran}}, \quad (1)$$

где d – расстояние между точками крепления, r – допустимый радиус изгиба, φ_{tran} – угол между отрезком, соединяющим точку крепления и осью z соответствующего трансформатора фрейма. В качестве критерия определим максимально допустимую длину кривой L_{max} .

Величину скручивания оценим величиной φ и ψ углов поворота сварочных клещей вокруг осей x и y соответствующего клещам фрейма.

Этим углам зададим ограничения в виде максимально допустимых углов поворота φ_{max} и ψ_{max} . Тогда ограничения на деформацию кабеля имеют вид:

$$L \leq L_{max}, \varphi \leq \varphi_{max}, \psi \leq \psi_{max}. \quad (2)$$

Робот-манипулятор рассмотрим как кинематическую цепь из n звеньев поворотных сочленений, в его рабочей зоне расположено некоторое множество препятствий $\mathbf{B} = \{\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2, \dots, \mathbf{B}_m\}$. Конфигурацию этого робота зададим в виде вектора $\mathbf{q} = [q_i]^T$, гаждой конфигурации поставим в соответствие вектор скоростей $\dot{\mathbf{q}} = [\dot{q}_i]^T$, где q_i – величины углов в сочленениях, \dot{q}_i – величины угловых скоростей звеньев. Ввиду конструктивных особенностей РМ зададим следующие ограничения:

$$\mathbf{q}_{min} \leq \mathbf{q} \leq \mathbf{q}_{max}, \quad (3)$$

$$\|\dot{\mathbf{q}}\| \leq \dot{\mathbf{q}}_{max}, \quad (4)$$

где $\mathbf{q}_{min}, \mathbf{q}_{max}$ – векторы, определяющие нижнее и верхнее конструктивные ограничения на значения углов в сочленениях манипулятора, $\dot{\mathbf{q}}_{max}$ – вектор, определяющий ограничения на значения угловых скоростей движения звеньев робота-манипулятора.

II. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ

На основе вышесказанного разработан алгоритм управления. Исходной информацией для него является геометрическая модель РТК, а также координаты стартовой и целевой конфигураций. В соответствии с ограничениями (3) происходит генерация случайной конфигурации \mathbf{q}_i . Если она проходит тест на столкновение с препятствиями, а также удовлетворяет ограничениям (2), то данная конфигурация добавляется в множество свободных от столкновений, и в соответствии с (4) генерируется соответствующий ей вектор скоростей $\dot{\mathbf{q}}_i$, координаты которого также случайные величины. Поиск траектории РМ ведется среди свободных от столкновения конфигураций.

Исследование эффективности проводилось в экспериментальной среде моделирования РТК, предложенный алгоритм управления реализован на языке программирования C++ и интегрирован в систему моделирования РТК. В качестве объекта исследования использовалась роботизированная ячейка для ТКС металлической конструкции, на трехмерную модель которой нанесено 4 сварных шва. Ячейка включает робот-манипулятор KR125 со сварочными клещами (рис. 2).

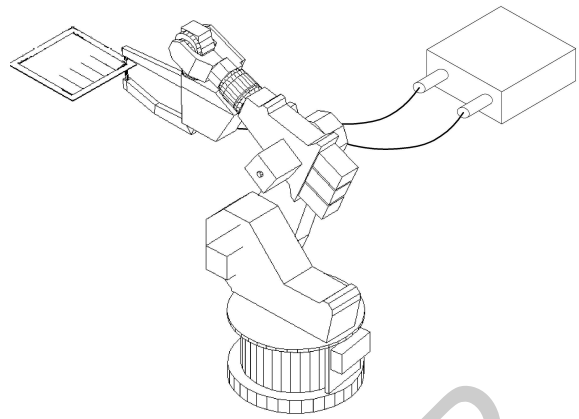


Рис. 2 – Роботизированная ячейка для ТКС

Предложенный алгоритм позволил обеспечить управление свободным от столкновений движением сварочных клещей вдоль каждого из 4 швов. Заданные траектории реализованы на основе технологического языка программирования роботов. Анализ результатов данных экспериментов позволяет сделать вывод о том, что предлагаемый подход эффективен при управлении сварочными роботами-манипуляторами в рабочей среде с препятствиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе предложен новый подход к управлению РМ для ТКС на основе статистической модели конфигурационного пространства. На основе предложенного подхода разработан алгоритм, который, в отличие от известных, позволяет эффективно учесть геометрические характеристики роботизированных комплексов, кинематические и пространственные ограничения, а также ограничения сварочной технологии, в частности минимизировать износ силового кабеля для сварочного РМ с подвесным трансформатором. Эффективность разработанного алгоритма подтверждается результатами тестирования в экспериментальной среде моделирования РТК.

1. Pires, J. N. Welding robots: technology, systems issues and applications / J. N. Pires, A. Loureiro, G. Bolmisjo. – Springer-Verlag London Limited, 2006. – 192 p.
2. Цыбульский, Г. А. Автоматизация процедур обучения роботов семейства «PUMA» / Г. А. Цыбульский // Автомат. сварка. – 2007. – № 6. – С. 49-50.
3. Пашкевич, А. П. Автоматизированное проектирование промышленных роботов и робототехнологических комплексов для сборочно-сварочных производств / А.П. Пашкевич. – Мн.: БГУИР, 1996. – 107 с.
4. Куркин, С. А. Сварные конструкции: Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве / С. А. Куркин, Г. А. Николаев. М.: Высшая школа, 1991. – 397 с.
5. Сварочные роботы / В. Геттерт [и др.]: ред. Г. Герден. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
6. Springer Handbook of Robotics / ed. B. Siciliano and O. Khatib. Springer-Verlag, 2016. – 2227 p.