

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА В ПРОЦЕССЕ ИНКРЕМЕНТАЛЬНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Сазонникова Н.А., Илюхин В.Н, Сурудин С.В., Свиначев Н.Н.
Самарский университет, г. Самара, nasazonnikova@yandex.ru

Ключевые слова: промышленный робот, лазерный трекер, точность позиционирования, измерительная система.

Промышленные роботы находят в настоящее время широкое применение в технологических процессах сборки, шлифования, фрезерования, сварки и многих других [1]. Одним из перспективных технологических процессов является инкрементальное формообразование.

Ключевой проблемой при использовании роботов-манипуляторов в тех приложениях, где рассматривается сложная траектория перемещения, является точность позиционирования. Роботы характеризуются высокой повторяемостью перемещений, однако, имеющаяся точность позиционирования затрудняет их использование

Один из наиболее перспективных методов для повышения точности перемещений роботов – включение в состав автоматизированной технологической установки лазерного трекера, который позволяет проводить оценку перемещений инструментального центра робота в реальном масштабе времени с целью компенсации ошибок. Автоматизированный технологический комплекс для инкрементального формообразования включает в свой состав робот-манипулятор KUKA KR 160 R1570, лазерный трекер API RADIAN R–20, оптические элементы измерительной системы – отражатели и компьютер с программой управления.

Конфигурация местоположения элементов измерительной системы оказывает влияние на точность измерения с помощью лазерного трекера. В данной работе в качестве средства контроля перемещений промышленного робота выбран лазерный трекер API RADIAN R–20. Его погрешность измерения в режиме интерферометра составляет $\Delta r = 0,1 \pm 0,5$ мкм/м, а в режиме абсолютного дальномера – $\Delta r = \pm 10 + 0,5$ мкм/м. Таким образом, погрешность измерений лазерного трекера возрастает с увеличением расстояния до отражателя, поэтому целесообразно размещать измерительный прибор как можно ближе к объекту контроля. С другой стороны, объект контроля должен находиться в пределах угла зрения лазерного трекера $\pm 20^\circ$, где погрешность измерений будет минимальной. Эти требования должны быть выполнены при выборе конфигурации измерительной системы для оценки перемещений инструментального центра робота.

Для оценки неопределенности измерения координат инструментального центра робота целесообразно использовать стандартный метод Монте-Карло [2].

Координаты точки, измеряемой лазерным трекером, можно определить по формуле:

$$\begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_m * \cos \alpha_m * \sin \beta_m \\ l_m * \sin \alpha_m * \sin \beta_m \\ l_m * \cos \beta_m \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где l_m, α_m, β_m – координаты точки, определенные трекером в полярной системе координат; X_m, Y_m, Z_m – трансформированные координаты в декартовой системе координат.

Расстояние, с учетом погрешности измерений длины и углов лазерным трекером l_m, α_m, β_m , можно выразить:

$$\begin{bmatrix} l_m \\ \alpha_m \\ \beta_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_l \\ \varepsilon_\alpha \\ \varepsilon_\beta \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_l, \varepsilon_\alpha, \varepsilon_\beta$ – погрешности измерения длины и углов лазерным трекером.

Численное моделирование с использованием метода Монте-Карло позволяет провести оценку неопределенности измерения координат инструментального центра робота с учетом характеристик используемого лазерного трекера и его расположения относительно обрабатываемой заготовки. При этом оптимальной будет та конфигурация измерительной системы, для которой суммарная неопределенность оценки координат отражателя на инструментальном центре робота будет минимальной.

Список литературы

1. Zhu, Jian-Min Qi, Bei-Chuan, Li, Fu-Cai, Shen, Zheng-Qiang, and Li, Xiao-Ru, "Measurement of and Reverse Compensation for Spatial Position Error of Industrial Robots". Journal of Testing and Evaluation. Vol. 43. No. 5. 2015. Pp. 1–9.

2. JCGM 100: 2008. Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. JCGM, 2008. 120 p.

Сведения об авторах

Сазонникова Надежда Александровна, д-р техн. наук, профессор. Область научных интересов: лазерные информационно-измерительные системы.

Илюхин Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: автоматизация технологических процессов.

Сурудин С.В., канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: технология инкрементального формообразования.

Свинарев Н.Н., магистрант. Область научных интересов: автоматизация технологических процессов.

ESTIMATION OF MEASUREMENT SYSTEM CHARACTERISTICS INFLUENCE ON THE INDUSTRIAL ROBOT DISPLACEMENT ASSESSMENT IN INCREMENTAL FORMING PROCESS

Sazonnikova N.A., Ilyuhin V.N. Surudin S.V., Svinaryov N.N.

Samara National Research University, Samara, Russia, nasazonnikova@yandex.ru

Keywords: industrial robot, laser tracker, positioning accuracy, measurement system.

The laser tracker is included in the automated technological system to improve the robot manipulator positioning accuracy at the incremental forming the process. The Monte-Carlo method is used to evaluate the measurement uncertainty of robot tool center coordinates. Through simulation, the optimal configuration station of laser tracker, in which measurement uncertainty is minimal, can be obtained. Through simulation, the optimal configuration station of laser tracker, in which measurement uncertainty is minimal, can be obtained.

Zhu, Jian-Min Qi, Bei-Chuan, Li, Fu-Cai, Shen, Zheng-Qiang, and Li, Xiao-Ru, "Measurement of and Reverse Compensation for Spatial Position Error of Industrial Robots", Journal of Testing and Evaluation. Vol. 43. No. 5. 2015. Pp. 1–9.