

РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ О ПОЛОЖЕНИЯХ МЕХАТРОННОГО ПРОФИЛОГРАФА

Федорова А.А., Васильев С.А.

Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова, Чебоксары

Ключевые слова: мехатронный профилограф, прямая задача о положениях, обратная задача о положениях, обобщенная координата.

Аннотация. В настоящей работе решены прямая и обратная задачи о положениях спроектированного мехатронного профилографа для оценки качества поверхностей в различных отраслях. Были определены соотношения между координатами датчика сканирования и положениями звеньев устройства, что позволяет решить задачу автоматического позиционирования.

SOLUTION OF THE DIRECT AND INVERSE PROBLEM ON THE POSITIONS OF THE MECHATRONIC PROFILER

Fedorova A.A., Vasiliev S.A.

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary

Keywords: mechatronic profiler, direct position problem, inverse position problem, generalized coordinate.

Abstract. In this work, the direct and inverse problems on the positions of the designed mechatronic profiler for assessing the quality of surfaces in various industries are solved. Relationships between the coordinates of the scanning sensor and the positions of the device links were determined, which makes it possible to solve the problem of automatic positioning.

Мехатронный профилограф предназначен для оценки качества поверхностей в различных отраслях [1, 2]. Точное положение датчика сканирования профилографа позволяет улучшить качество измерения и решить задачу автоматического позиционирования.

Положение датчика определяется кинематической схемой, приведённой на рисунке 1, и регулируется двумя приводами. Для точного позиционирования датчика необходимо решить прямую и обратную задачу о положениях, связав положения звеньев устройства с координатами положения датчика (т. $M(x,y,z)$).

Профилограф работает в полярной плоской системе координат и имеет два основных перемещения: линейное перемещение датчика сканирования l , обеспечиваемого перемещением каретки 4 и вращательное перемещение φ , обеспечиваемое вращением водила (2-2').

Область рабочей зоны профилографа показана на рисунке 2 и ограничивается максимальным и минимальным радиусами сканирования:

$$\begin{cases} l \in (r_{\min}, r_{\max}) \\ \varphi \in (0, 2\pi) \end{cases} \quad (1)$$

В свою очередь основные координаты перемещений профилографа зависят от угловых координат приводов φ_1 и φ_2 в соответствии с [3] приведены в следующих формулах:

$$l = \frac{2\pi}{S_{\text{винт}}} \cdot \varphi_1, \quad (2)$$

$$\varphi = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \varphi_2, \quad (3)$$

где $S_{\text{винт}}$ – шаг ходового винта водила,

Z_1 – количество зубьев сателлита 1,

Z_2 – количество зубьев опорного колеса 2.

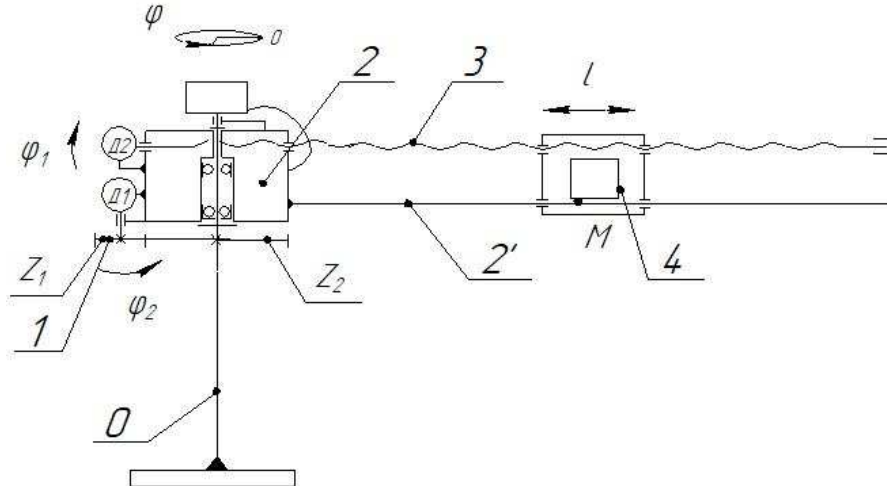


Рис. 1. Кинематическая схема мехатронного профилографа:
0 – стойка, 1 – сателлит, 2-2' – водило, 3 – винт, 4 – каретка

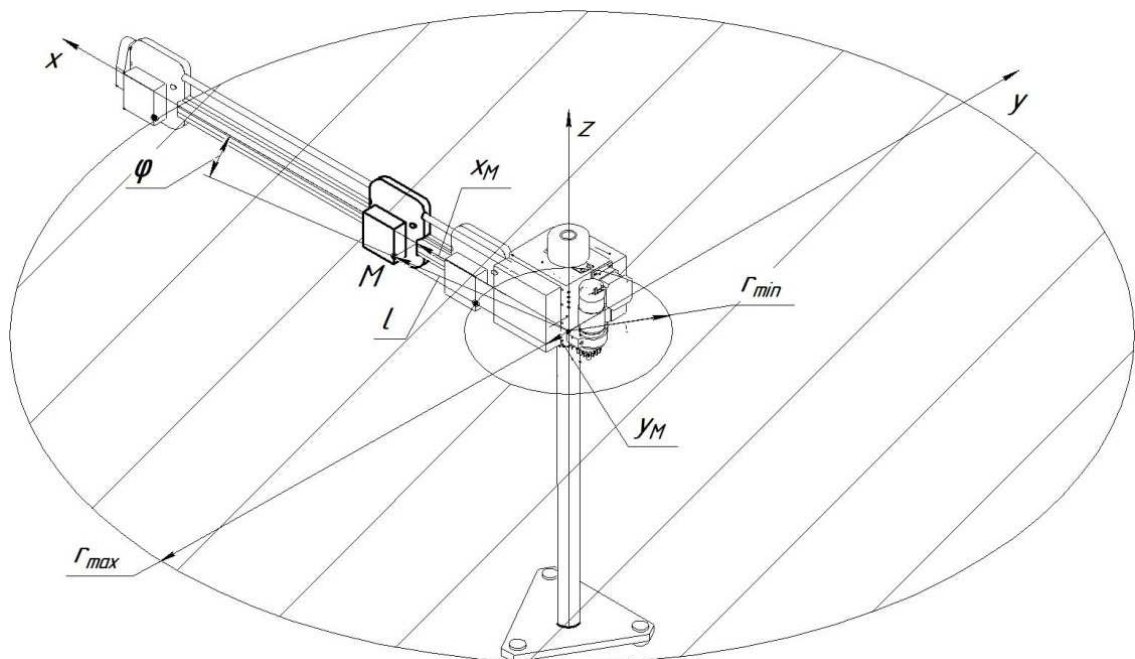


Рис. 2. Область рабочей зоны профилографа

Прямая задача о положениях мехатронного профилографа состоит в определении положения датчика (т. $M(x,y,z)$) по заданным обобщенным координатам l и φ . Согласно кинематической схеме координаты т. М определяются по следующим формулам:

$$\begin{cases} x_M = l \cdot \cos \varphi = \frac{2\pi}{S_{\text{винт}}} \cdot \varphi_1 \cdot \cos\left(\left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \varphi_2\right), \\ y_M = l \cdot \sin \varphi = \frac{2\pi}{S_{\text{винт}}} \cdot \varphi_1 \cdot \sin\left(\left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \varphi_2\right), \\ z_M = \text{const.} \end{cases} \quad (3)$$

Обратная задача о положениях мехатронного профилографа состоит в определении обобщенных координат φ_1 и φ_2 по заданному положению т. $M(x, y, z)$:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \frac{S_{\text{винт}}}{2\pi} \cdot l = \frac{S_{\text{винт}}}{2\pi} \cdot \sqrt{x^2 + y^2}, \\ \varphi_2 = \varphi / \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) = \text{arctg} \frac{y_M}{x_M} / \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right). \end{cases} \quad (4)$$

В итоге были решены прямая и обратная задачи о положениях. На основе решения обратной задачи найдены соотношения между координатами датчика сканирования и положениями звеньев профилографа, что позволяет решить задачу автоматического позиционирования.

Список литературы

1. Патент №2724386 РФ. Мехатронный профилограф / С.А. Васильев, Р.И. Александров, А.А. Федорова и др. – Заявка №2020107081 от 14.02.2020; опубл. 23.06.2020.
2. Патент №2770800 РФ. Полевой мехатронный профилограф / С.А. Васильев, Р.И. Александров, А.А. Федорова и др. – Заявка №2021113237 от 06.05.2021; опубл. 21.04.2022.
3. Федорова А.А. Кинематический анализ мехатронного профилографа // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2022. – № 10. – С. 11-13. – DOI: 10.26160/2541-8637-2022-10-11-13.

Сведения об авторах:

Федорова Алена Анатольевна – ассистент кафедры технологии машиностроения;

Васильев Сергей Анатольевич – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой прикладной механики и графики.