

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

51

Профилограф представляет собой устройство, состоящий из планетарного механизма со стойкой 0, сателлитом 1, водилом-направляющей 2-2' и винтового механизма с винтом 3, кареткой 4.

Абсолютная скорость датчика V_i складывается из двух составляющих: относительной радиальной $V_{рад}$ и относительной окружной $V_{окр}$:

$$\overline{V}_i = \overline{V}_{рад} + \overline{V}_{окр} \quad (1)$$

На рисунке 2 схематично показаны кинематические характеристики датчика и обобщенных координат.

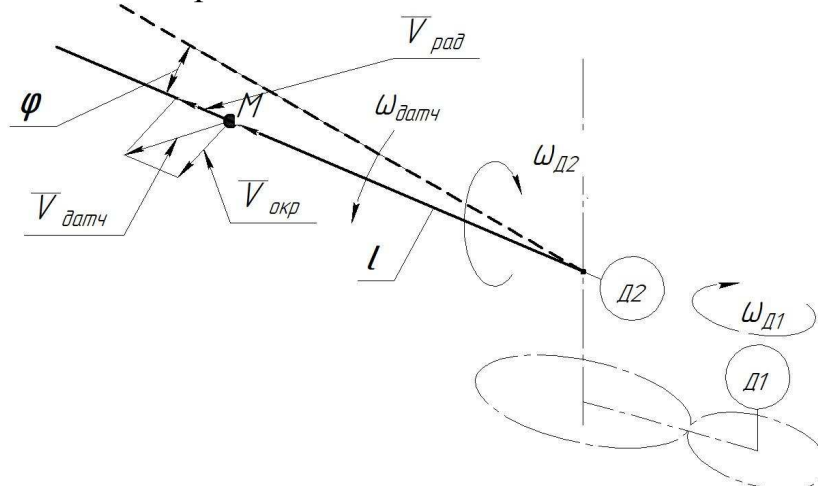


Рис. 2. Кинематические характеристики мехатронного профилографа

В свою очередь составляющие скорости определяются по формулам:

$$\begin{cases} V_{рад} = i_{43} \cdot \omega_{Д2}, \\ V_{окр} = R_i \cdot \omega_i, \end{cases} \quad (2)$$

где R_i – радиус точки M в i -том положении, $\omega_{Д2}$ – частота вращения двигателя $Д2$, i_{43} – передаточное отношение от каретки 4 к винту 3, ω_i – угловая скорость датчика, равная угловой скорости водила, зависимой от скорости двигателя 1:

$$\omega_i = i_{21}^0 \cdot \omega_{Д1} \quad (3)$$

где $\omega_{Д1}$ – частота вращения двигателя $Д1$, i_{43} – передаточное отношение от водила 2 к сателлиту 1.

С учетом [3] были получены зависимости кинематических характеристик датчика от характеристик двигателей (прямая задача о скоростях):

$$V_i = \sqrt{V_{рад}^2 + V_{окр}^2} = \sqrt{\left(\frac{S_{винт}}{2\pi} \cdot \omega_{Д2}\right)^2 + \left(R_i \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \omega_{Д1}\right)^2}, \quad (4)$$

$$\omega_i = \omega_{Д1} / \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right). \quad (5)$$

где $S_{винт}$ – шаг ходового винта водила, мм, Z_1 – количество зубьев сателлита 1, Z_2 – количество зубьев опорного колеса 2.

На основе проведенного расчета возможен подбор оптимальных параметров винта и зубчатых колес для обеспечения необходимых скоростных характеристик и оптимальных габаритов конструкции профилографа.

Обратная задача о скоростях заключается в определении кинематических характеристик двигателей через скорости выходного звена – датчика.

Из формулы (3):

$$\omega_{Д1} = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \omega_i, \quad (6)$$

$$\omega_{Д2} = V_{рад} / \frac{S_{винт}}{2\pi}. \quad (7)$$

При известной зависимости координат согласно может быть получена зависимость радиальной скорости датчика от угловой путем дифференцирования:

$$\frac{dl}{dt} = f\left(\frac{d\phi}{dt}\right), \quad (8)$$

где f – задаваемая функция траектории движения датчика.

С учетом (4) окончательно определяется абсолютная скорость датчика:

$$V_i = \sqrt{V_{рад}^2 + V_{окр}^2} = \sqrt{(R_i \cdot \omega_i)^2 + (f \cdot \omega_i)^2} = \omega_i^2 \sqrt{R_i^2 + f^2}. \quad (9)$$

Таким образом, решение прямой задачи о скоростях позволяет выбрать параметры конструкции мехатронного устройства для обеспечения скорости по заданной траектории, а обратной задачи позволяет запрограммировать двигателей для движения измерительного датчика по этой траектории.

Список литературы

1. Патент №2724386 РФ. Мехатронный профилограф / С.А. Васильев, Р.И. Александров, А.А. Федорова, М.В. Васильев, С.А. Мишин, С.Е. Лимонов. – 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, М.В. Васильев, С.А. Мишин, С.Е. Лимонов, В.В. Алексеев, И.Н. Иванов. – Заявка №2021113237 от 06.05.2021; опубл. 21.04.2022.
3. Федорова А.А., Васильев С.А. Решение прямой и обратной задачи о положениях мехатронного профилографа // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – № 11. – С. 72-74. – DOI: 10.26160/2541-8637-2023-11-72-74.

Сведения об авторах:

Федорова Алена Анатольевна – старший преподаватель;

Марков Сергей Витальевич – студент;

Орлов Данила Сергеевич – студент;

Периуткин Никита Викторович – студент.