

*Р.Г. Якубовский, студ.; рук. А.В. Капитонов, к.т.н., доц.
(Белорусско-Российский университет, г. Могилев)*

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Передачи с промежуточными телами качения применяются в различных областях машиностроительного производства [1, 2]. Они могут эффективно использоваться в мехатронных и автоматизированных системах в силу небольших габаритов, массы и больших передаваемых вращающих моментов.

Актуальной темой исследования является оценка кинематической точности этих передач в сборе. Предложены методы исследования параметров точности передач с промежуточными телами качения торцового типа, повышающие информативность их оценки и контроля.

Метод комплексной оценки на стенде заключается в измерении кинематической погрешности передачи путем снятия с преобразователя угловых перемещений импульсов, характеризующих неравномерность вращения ведомого вала. Кинематическая погрешность в угловых величинах рассчитывается с помощью разработанной программы в среде VBA.

Результаты расчетов экспериментальных данных со стенда представлены в виде графика кинематической погрешности $F_{к.п.}$.

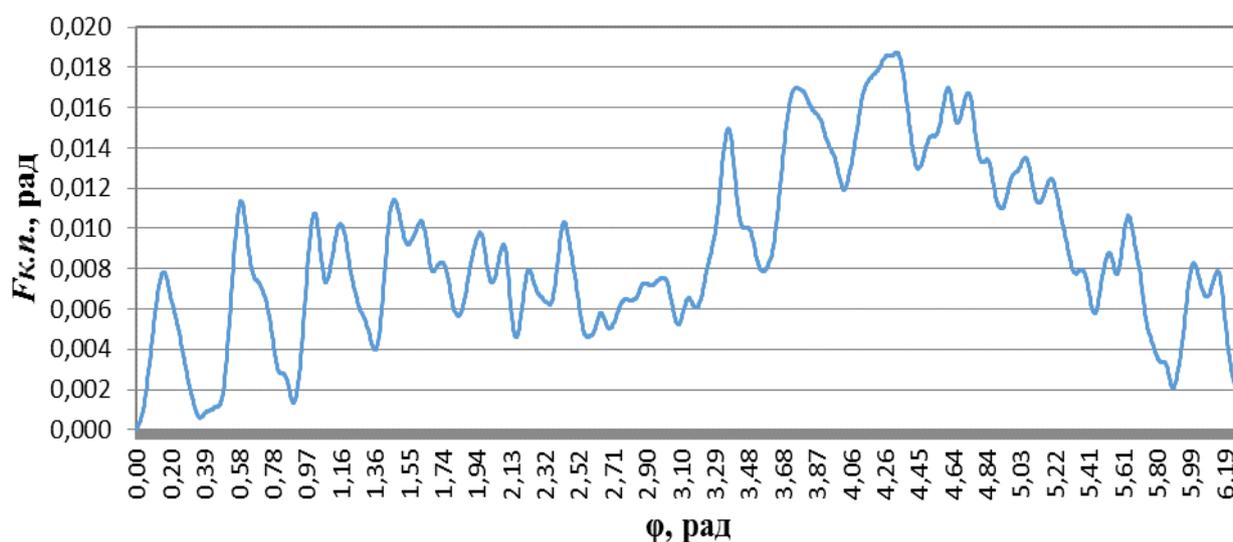


Рисунок 1 – График кинематической погрешности

На графике (см. рисунок 1) можно определить наибольшую кинематическую погрешность передачи. На графике видны значения в виде волн, их количество равно передаточному отношению передачи.

Комплексный метод позволяет исследовать и контролировать точность передачи включая конструктивные неточности и погрешности изготовления. Метод можно эффективно применять при средней точности изготовления данных планетарных механизмов. По аналогии с зубчатыми колесами этот метод можно использовать при контроле изготовления передач с 8-ой и 9-ой степенями точности. При этом многопериодные дорожки и пазы сепараторов для размещения сателлитов обрабатываются двукратным фрезерованием без отделочных операций. Многопериодные дорожки могут иметь упрощенную геометрическую форму, периодическая кривая заменяется прямыми линиями на боковом профиле и окружностями в вершинах и впадинах. Передача в этом случае является достаточно технологичной.

Метод с использованием спектрального анализа позволяет определить гармонические составляющие кинематической погрешности и установить причины их образования, а также увеличить количество параметров контроля.

Метод спектрального анализа предполагает построение спектра. Амплитудно-частотный спектр функции изменения угловых значений параметра можно получить, используя ряд Фурье

$$F(\varphi) = a_0/2 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi) \quad (1)$$

где $F(\varphi)$ – функция изменения угловых значений параметра; $a_0/2$ – нулевой член разложения; a_k, b_k – коэффициенты ряда Фурье; k – порядковый номер гармоники.

Формулу (1) не учитывая нулевой член разложения можно представить в виде

$$F(\varphi) = \sum_{k=1}^n c_k \sin(k\varphi + \varphi_k), \quad (2)$$

где c_k – амплитуда k -й гармоники; φ_k – угол фазового смещения k -ой гармоники; n – принятое число членов разложения функции $F(\varphi)$;

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad (3)$$

$$a_k = (2/n) \sum_{i=1}^n F(\varphi) \cos(k\varphi) \quad (4)$$

$$b_k = (2/n) \sum_{i=1}^n F(\varphi) \sin(k\varphi) \quad (5)$$

На рисунке 2 показан график амплитудно-частотного спектра кинематической погрешности планетарного роликового редуктора с передаточным отношением равным 14.

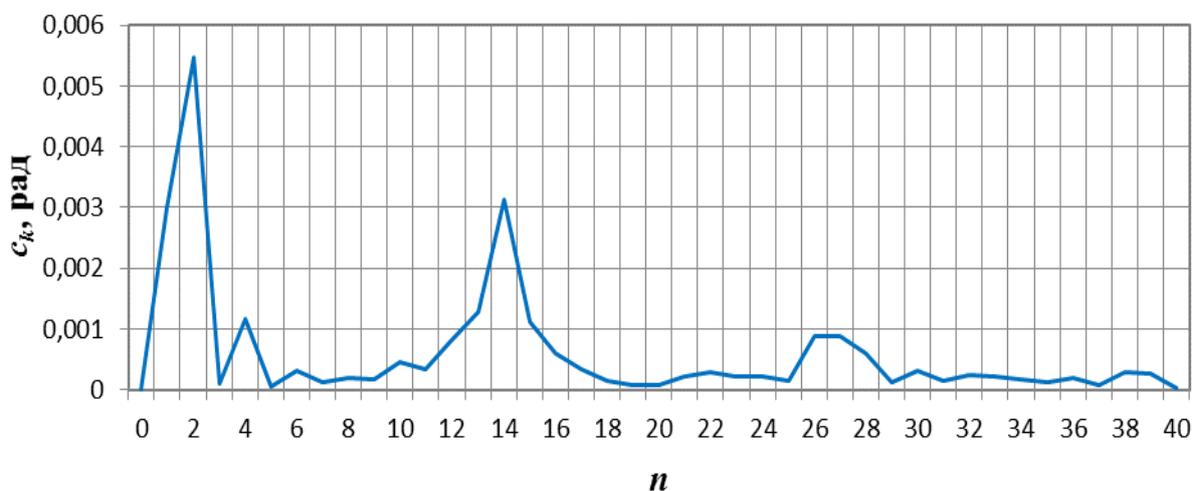


Рисунок 2 – График амплитудно-частотного спектра кинематической погрешности планетарного роликового редуктора

Наибольшие амплитуды гармоник c_k на графике (см. рисунок 2) характеризуют источники кинематической погрешности передачи. По номеру гармоники можно определить частоту изменения элементарной погрешности и установить к какой детали или узлу передачи эта погрешность относится. Из графика видны гармоники с наибольшими амплитудами, которые рассматривают при спектральном анализе.

Комбинированный метод предусматривает исследование и оценку точности планетарных передач с телами качения несколькими рассмотренными выше методами. Используя комбинированный метод, сначала проводится контроль и оценка точности передачи комплексным методом, в результате которого после измерений на стенде и расчета получают график кинематической погрешности редуктора. Затем на основе значений, представленных на графике, как функции кинематической погрешности, рассчитывается и строится амплитудно-частотный спектр, по которому можно установить и проанализировать гармонические составляющие, характеризующие погрешности передачи.

Литература

1. Сасковец К.В. Новые конструкции и методы оценки точности планетарных радиально-плунжерных передач / К.В. Сасковец, А.В. Капитонов, М.В. Лебедев // Вестн. Гомельского гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2019. – № 1 (76). С. 3-9.
2. Капитонов, А.В. Компьютерное 3D-моделирование конструкций и кинематических параметров планетарных малогабаритных передач / А.В. Капитонов, К.В. Сасковец, А.И. Касьянов // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. – 2016. – № 11. С. 34-40.