

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Капитонов А. В., к.т.н., доц., Дроздов В. С., студ.

*Белорусско-Российский университет,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Реферат. В статье представлен метод повышения точности планетарных передач с промежуточными телами качения на основе спектрального анализа значений кинематических погрешностей, полученных при экспериментальной оценке. Разработанный метод позволяет повышать точность передач путем уменьшения погрешностей изготовления только наиболее ответственных деталей передачи, уменьшая при этом затраты на изготовление.

Ключевые слова: планетарные передачи, кинематическая погрешность, спектральный анализ, точность изготовления.

К планетарным передачам предъявляются высокие требования точности изготовления, так как точность значительно влияет на работоспособность, надежность и ресурс работы планетарной передачи или планетарного механизма, а также на возможность сборки его деталей зацепления. В планетарных передачах и редукторах с промежуточными телами качения вращение передают сателлиты – шарики или ролики, последние могут быть цельными и сборными [1–3].

Эти передачи используются в приспособлениях для металлорежущих станков, в подъемно-транспортных механизмах, механизмах автоматизированного производства. Часто они бывают более эффективны, чем зубчатые передачи, так как при возможных больших передаточных отношениях имеют более технологичную конструкцию и меньшую стоимость.

Повышение точности изготовления является наиболее важной проблемой для этих передач. При этом рационально повышать точность только тех деталей, которые в наибольшей степени определяют кинематическую точность, плавность работы и полноту контакта передачи.

Для определения наиболее значимых точностных параметров исследуемых передач предложен метод, основанный на спектральном анализе, который заключается в получении экспериментальных графиков и амплитудно-частотных спектров кинематических погрешностей и определении наиболее значимых гармонических составляющих спектров с целью установления причинно-следственных связей между гармоническими составляющими с наибольшими амплитудами и точностью изготовления деталей передачи.

В качестве примера представлены результаты экспериментальных исследований, полученные на специализированном стенде [1–3], кинематических характеристик планетарного роликового редуктора с передаточным отношением $i = 11$, изготовленного с точностью размеров наиболее ответственных деталей по 7 и 8 качеству и с точностью формы и расположения поверхностей, соответствующей 7 степени, без контроля зазоров и точности соединений при сборке.

На рисунке 1 показан график кинематической погрешности редуктора $F_{к.п.}$ при числе измерений N за оборот выходного вала, а на рисунке 2 амплитудно-частотный спектр, рассчитанный и построенный по значениям графика на рисунке 1, на котором представлены амплитуды A гармонических составляющих (гармоник) k .

На графике (рис. 1) размах между наибольшим и наименьшим значением определяет наибольшую кинематическую погрешность редуктора, которая характеризует его кинематическую точность. На этом графике также выделяется одиннадцать волн, их число равно передаточному отношению, характеризующих циклическую погрешность передачи и ее плавность работы. Кинематическую погрешность передачи $F(\varphi)$ можно представить через гармонические составляющие ряда Фурье [1–3]:

$$F(\varphi) = \frac{c_0}{2} + \sum_{k=1}^n c_k (\cos k\varphi + \varphi_k); \quad (1)$$

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

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(\varphi) \cos k\varphi d\varphi; \quad (3)$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(\varphi) \sin k\varphi d\varphi. \quad (4)$$

где c_0 – нулевой член и $c_0/2$ равно среднему значению функции за период $T = 2\pi$; c_k – амплитуда гармонической составляющей; a_k , b_k – коэффициенты ряда Фурье; k – порядковый номер гармонической составляющей; φ – угловая координата точки профиля детали; φ_k – начальный фазовый угол.

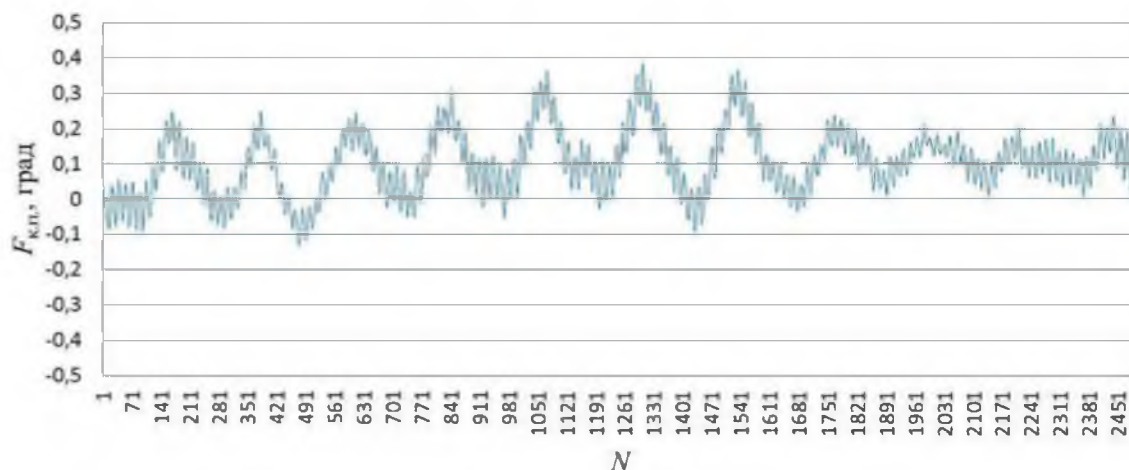


Рисунок 1 – Кинематическая погрешность планетарного роликового

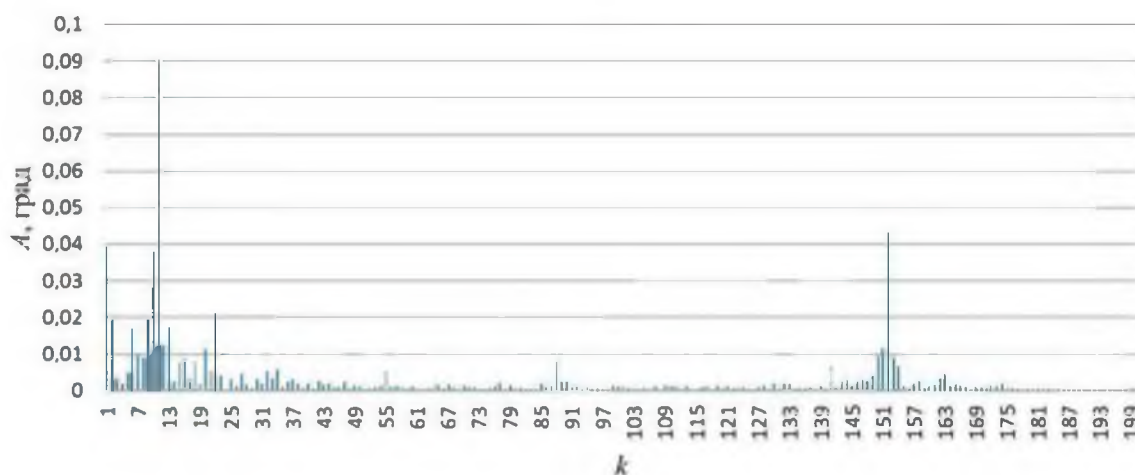


Рисунок 2 – Амплитудно-частотный спектр кинематической погрешности редуктора, представленной на рисунке 1

По математическим зависимостям (1)...(4) можно найти амплитуды c_k гармонических составляющих и построить амплитудно-частотный спектр.

Анализ амплитудно-частотных спектров, построенных по результатам многократной экспериментальной оценки кинематических погрешностей передач, изготовленных с разной точностью деталей, позволил установить причинно-следственные связи между наиболее значимыми гармониками и погрешностями изготовления, которые проявляются в амплитудах

этих гармоник.

Для планетарного роликового редуктора с передаточным отношением $i = 11$ в спектре (рис. 2) наибольшие амплитуды имеют гармонические составляющие с номерами 1, 2, 9, 10, 11, 152. Амплитуды гармоник с первыми номерами и номерами 9 и 10 имеют технологические причины, связанные с радиальным смещением беговой многопериодной дорожки относительно ее оси и с погрешностью шага ее периодов (волн) при изготовлении, так как число периодов дорожки равно 10. Амплитуда гармоники с номером 11 связана с погрешностями изготовления деталей ведущего звена: погрешностью эксцентриситета ведущего эксцентрика, установленного на входном валу; смещением оси ведущего вала относительно оси многопериодной дорожки при его изготовлении и сборке. Амплитуды гармоник 9, 10 и 152 связаны с зазорами в зацеплении, зависящими от точности изготовления сателлитов-роликов, беговых дорожек и пазов дисков-сепараторов и, приводящими при больших зазорах к жесткому контакту при вхождении сателлитов в зацепление.

Чтобы повысить точность исследуемого редуктора разработанным методом, можно уменьшать погрешности при проектировании и изготовлении, повышая точность по более высоким качествам и степеням точности только тех деталей, которые связаны с гармониками, имеющими наибольшие амплитуды в амплитудно-частотном спектре кинематической погрешности передачи, а также повышать точность сборки деталей и обеспечивать зазоры в зацеплении, близкие к минимальным расчетным. При этом также будут уменьшаться затраты на проектирование и изготовление этих передач.

Список использованных источников

1. Капитонов, А. В. Кинематические и массогабаритные характеристики ресурсоэффективных механических передач. Компьютерное моделирование, экспериментальная оценка: монография / А. В. Капитонов, В. М. Пашкевич. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 248 с.
2. Капитонов, А. В. Методы экспериментальных исследований кинематической точности планетарных передач с промежуточными телами качения и контроля профиля беговых дорожек / А. В. Капитонов, С. Г. Черняков, К. В. Сасковец, А. И. Касьянов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2016. – № 2 (51). – С. 41–50.
3. Капитонов, А. В. Исследование кинематической точности планетарных роликовых передач методами гармонического анализа и контроля в сборе / А. В. Капитонов, С. Г. Черняков // Вестник Белорус.-Рос. ун-та. – Могилев, 2011. – № 4 – С. 40–50.

УДК 533.9.082, 533.922, 533.924, 535.243.2

УПРАВЛЕНИЕ ПЛОТНОСТЬЮ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТАРНОГО АНАЛИЗА ПОКРЫТИЙ И ТОНКИХ СЛОЕВ МЕТАЛЛА

*Щерба У. К., студ., Ермалицкая К. Ф., доц.
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Лазерная атомно – эмиссионная спектроскопия (LIBS) – это метод определения состава посредством излучения эмиссионных спектров, полученных при лазерной абляции. Этот подход имеет большую популярность в современной науке из-за своей быстроты, простоты и отсутствия пробоподготовки. При работе с LIBS используют множество методов для корректировки полученных результатов. Одним из таких методов является метод управления мощностью плотности излучения, которая пропорциональна площади лазерного пятна на образце, и при увеличении расстояния между выходным отверстием лазерного излучения и предметным столиком (расфокусировке) площадь лазерного пятна увеличивается, а плотность мощности излучения уменьшается.

Наблюдаемый провал в центре спектральной линии высокой интенсивности связан с явлением самопоглощения из-за значительной концентрации в образце, и как следствие, в абляционной плазме основного компонента, испущенные фотоны, относящиеся к резонансным линиям (переход между основным и ближайшими возбужденными линиями) с большей