

Оптимизация параметров редуктора

Марцинкевич В.С.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим одноступенчатый редуктор. Он состоит из двух косозубых шевронных колес в подшипниках скольжения. Модель имеет 6 степеней свободы. Обобщенные координаты x_1, x_4 – углы поворота колес I и II; x_2, x_5 – перемещение колес I и II в направлении зацепления; x_3, x_6 – перемещение подшипников колес I и II в направлении линии зацепления. Источником возмущающих сил считается накопленная погрешность Δ колеса I.

Колебательные процессы в редукторе описываются системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c_5 r_1 y + k_5 r_1 \dot{y} = -c_5 r_1 \Delta, \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_1 (x_2 - x_3) + c_5 y + k_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_5 \dot{y} = -c_5 \Delta, \\ m_3 \ddot{x}_3 - c_1 (x_2 - x_3) + c_3 x_3 - k_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_3 \dot{x}_3 = 0, \\ m_4 \ddot{x}_4 + c_5 r_2 y - k_5 r_2 \dot{y} = c_5 r_2 \Delta, \\ m_5 \ddot{x}_5 + c_2 (x_5 - x_6) - c_5 y + k_2 (\dot{x}_5 - \dot{x}_6) - k_5 \dot{y} = c_5 \Delta, \\ m_6 \ddot{x}_6 - c_2 (x_5 - x_6) + c_4 x_6 - k_2 (\dot{x}_5 - \dot{x}_6) + k_4 \dot{x}_6 = 0. \end{cases}$$

Здесь r_1, r_2 – радиусы основных окружностей колес I и II; m_1, m_4 – их моменты инерции; m_2, m_5 – их массы; m_3, m_6 – массы подшипников колес I и II; c_1, c_2 – жесткости колес I и II; c_3, c_4 – жесткости стула подшипников колес I и II; c_5 – жесткость зацепления; $y = r_1 x_1 + x_2 - r_2 x_4 - x_5$; k_i – коэффициенты демпфирования в соответствующей жесткости. Накопленная погрешность Δ представляется в виде $\Delta = \Delta_0 \sin 2\pi f t$, где f – частота вращения колеса I – меняется в рабочем диапазоне $f_{нач} \leq f \leq f_{кон}$. При каждом фиксированном f установившееся решение системы ищется в виде $x_i = a_i \sin(2\pi f t + t_i)$. Оптимальные параметры редуктора определяются методом исследования пространства параметров.

Вычисляются амплитудно-частотные характеристики $a_i(f)$ при $1 \leq i \leq 6$, ускорения $u_i(f)$ при $1 \leq i \leq 6$ и динамические усилия $P_i(f)$ в жесткостях c_i при $1 \leq i \leq 5$. Вычисляются также собственные частоты системы (1) при $\Delta = 0$ и $k_i = 0$.

В качестве варьируемых рассматривается 11 параметров: $(\alpha_1, \dots, \alpha_{11}) = (m_1, \dots, m_6, c_1, \dots, c_5)$. Редуктор предназначен для снижения виброактивности по различным выходным характеристикам, в различных точках механизма, на различных частотах. Естественно, что задача эта является многокритериальной.