

## 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  $\Delta$  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  $\Delta$  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.