

Кинематика тел качения в замкнутых виброрезонансных системах

Савченко А.Л., Минченя Н.Т., Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Движение шарика в подшипнике качения определяется геометрией контактирующих поверхностей. В общем случае в сферическом движении шарика можно выделить три составляющих:

$$\overline{\omega} = \overline{\omega}_k + \overline{\omega}_v + \overline{\omega}_{кр},$$

где ω_k – угловая скорость качения, вектор которой направлен перпендикулярно плоскости контакта;

ω_v – угловая скорость вращения, вектор которой находится в плоскости контакта;

$\omega_{кр}$ – угловая скорость кручения, вектор которой также находится в плоскости контакта.

Для радиально-упорного подшипника, работающего с предварительным осевым натягом, соотношение угловых скоростей шарика $\omega_k : \omega_v : \omega_{кр} = 1 : 0,18 : 0$, что приводит к неравномерному износу шариков. При $\omega_{кр} \neq 0$ можно обеспечить равномерный износ шарика, что может быть использовано для повышения точностной долговечности подшипника.

В случае управления угловой скоростью качения ω_k поворот шарика на угол φ_k можно использовать для принудительного поворота внутреннего кольца подшипника вместе с ротором на угол φ_v для его точного позиционирования.

Соответствующий угол поворота внутреннего кольца

$$\varphi_v = \varphi_k \frac{D_w}{d_b}.$$

Такой способ позиционирования представляется наиболее эффективным в сочетании с датчиками угла поворота, которые в настоящее время широко используются в мехатронных подшипниках.

Управление величинами $\omega_{кр}$ и ω_k может осуществляться посредством миниатюрных виброрезонансных приводов, встроенных непосредственно в подшипник и работающих на одной из резонансных частот подшипника. Работа на резонансных частотах позволяет обеспечить вращение шариков с малыми затратами энергии. При этом в процессе работы из-за колебаний нагрузки на подшипники их резонансные частоты могут «плавать» в некоторых пределах, поэтому система управления приводами должна включать контур автоматического поддержания резонанса.