

Влияние статических нагрузок на устойчивость работы магнитожидкостных мини-роторов

Кужир П.Г., Гульков Г.И., Руденя А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшей задачей, обеспечивающей устойчивость и надежность работы мини-роторов, является совершенствование гидродинамических подшипников. Для таких устройств важно снизить биения, исключить вибрации, повысить жесткость подшипника с целью смещения резонансных частот в область больших скоростей вращения вала.

В качестве смазки подшипника применяется ферромагнитная жидкость. На торцах подшипника в обечайке закреплены постоянные кольцевые магниты. Они удерживают феррожидкость внутри зазора подшипника и предотвращают утечки, вызванные гидродинамическим давлением в смазочном слое. В торцевых областях обечайки подшипника зазор, как правило, в десятки раз превышает зазор в центральной части, и поэтому торцевые области практически не влияют на несущую способность подшипника, которая обеспечивается гидродинамическим давлением в центральной части подшипника. Магнитное поле, сконцентрированное в торцевых областях подшипника, практически не проникает в центральную часть, а следовательно, не влияет на несущую способность, жесткость и демпфирование подшипника.

Нами разработана методика вычисления резонансных частот и порога гидродинамической неустойчивости подшипника в рамках линейного анализа малых биений ротора. Из решения уравнения Рейнольдса рассчитаны резонансные частоты вращения ротора, исследована неустойчивость вращения, приводящая к хаотическим биениям. Проведен линейный анализ биений с малой амплитудой колебаний вала, возникающих под воздействием периодической нагрузки, такой как статический дисбаланс, вызванный смещением центра тяжести ротора по отношению к его геометрическому центру. При наличии статического дисбаланса записаны уравнения перемещения вала, в которые входят силы реакции смазочного слоя. Эти силы выражаются через коэффициенты динамической жесткости и демпфирования, силы реакции на статическую нагрузку. Из решений уравнений следует, что биения вала устойчивы, если масса ротора меньше критической. Найден порог устойчивости, определяемый соотношением

$$\eta R^4(L/D)/\omega c^3 \frac{m_{кр}}{m} = 1.$$

η – вязкость смазки, D – $2R$, R – радиус вала, L – длина вала, c – радиальный зазор подшипника, m – масса ротора.