

Принципы проектирования минироторов

Кужир П.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время минироторы применяются во многих областях науки, космической техники, радиотехники и приборостроения. Актуальной является задача повышения частоты вращения ротора при одновременном снижении уровня вибраций, вызываемых дисбалансом вращающейся массы. Важнейшей деталью минироторов является опорный подшипник. Традиционные шариковые подшипники качения могут быть использованы при частотах вращения до 6000 об/мин. При частотах более 6000 об/мин рекомендуется использовать гидродинамические подшипники, позволяющие значительно снизить уровень вибраций. В качестве смазки в таких подшипниках используется магнитная жидкость – коллоидный раствор магнитных наночастиц, размеры которых на 3-4 порядка меньше зазоров подшипника. Эти частицы не абразивны, не оседают под действием силы тяжести и не агрегируются под действием магнитного поля. Внешнее магнитное поле управляет поведением магнитной жидкости, удерживая ее в рабочем зазоре.

Геометрические размеры подшипника (зазор, параметры канавок) определяются исходя из расчетов статических (радиальная нагрузка, момент сил трения) и динамических (собственные частоты и неустойчивый режим биений) характеристик миниротора. Рассчитывается зависимость внешней радиальной силы от эксцентриситета подшипника при различных зазорах и для различной геометрии канавок в условиях внешней стационарной нагрузки. Для этого уравнения Рейнольдса для распределения давления в смазочном слое численно решается методом конечных элементов. Расчет компонент внешней радиальной силы определяется путем интегрирования распределения давления по площади поверхности вала, а момент сил трения – интегрированием вязких касательных напряжений. Также рассчитываются величины радиального биения вала, собственных частот подшипника и критической частоты наступления неустойчивых биений вала при различных зазорах и для различной геометрии канавок. С использованием данной методики был спроектирован миниротор (размером $\varnothing 54 \times 50$ мм, вращающийся с частотой до 15000 об/мин) с гидродинамическим подшипником, выдерживающим статическую нагрузку до 5 Н, с максимальным радиальным биением 10 мкм при резонансной частоте вращения 9000 об/мин.