

МИСЮРА С.Ю., МАРТЫНЕНКО Г.Ю., канд. техн. наук

РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ РОТОРА НА МАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ИНЖЕНЕРНОГО КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА

Работа посвящена исследованию динамики ротора на комбинированном магнитно-электромагнитном подвесе [1]. Схема последнего представлена на рис. 1а, где 1 – ротор из немагнитного материала, 2 – кольца радиальных магнитных подшипников на постоянных кольцевых магнитах (МППКМ), 3 – неподвижные кольца радиальных МППКМ, 4 – ферромагнитный диск осевого активного магнитного подшипника (АМП), 5 и 6 – статоры осевого АМП, 7 – обмотки осевого АМП, 8 и 9 – диск и датчик измерительной системы.

В работе ставилась и решалась задача численного определения критических скоростей вращения, разработке адекватной расчетной модели и проверке возможности замены сил магнитного взаимодействия между отдельными частями магнитных подшипников упругими конечными элементами с их распределением в окружном направлении.

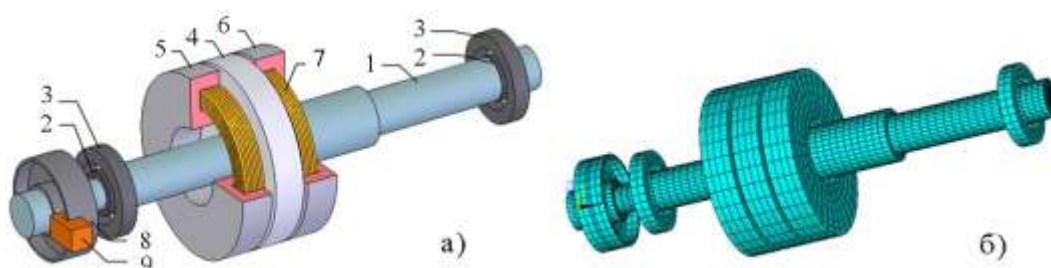


Рис. 1. Схема комбинированного магнитного подвеса ротора:
а) геометрическая модель; б) конечно-элементная модель

Анализ проводился в многоцелевом конечно-элементном программном комплексе [2] с использованием командного режима работы. Для аппроксимации ротора с навесными элементами использовались квадратичные гексаэдральные 20-ти узловые конечные элементы (рис. 1б). Силы магнитного взаимодействия между кольцевыми магнитами радиальных МППКМ, а также статорами и диском осевого АМП моделировались упругими элементами с постоянной жесткостью [3], равномерно

распределенными по поверхности и соединяющими подвижные и неподвижные части. Корректность такой замены была проверена по значению смещения при статическом приложении единичной нагрузки в соответствующем направлении. С помощью решения задачи о собственных колебаниях определялся нижний спектр частот, соответствующие этим частотам формы колебаний и, собственно, критические скорости ротора. Данные исследования позволили оценить степень адекватности предложенной расчетной модели путем сравнения с экспериментальными значениями критических скоростей и собственных частот (табл.1).

Таблица 1

Критические скорости ротора на магнитном подвесе

<i>Вид форм колебаний</i>	<i>Значения частот и критических скоростей</i>			
	<i>расчетные</i>		<i>экспериментальные</i>	
	<i>Гц</i>	<i>об/мин</i>	<i>Гц</i>	<i>об/мин</i>
Форма продольных колебаний	13,2	795	9,5	570
Форма поперечных колебаний	11,7	705	10,4	624
Форма угловых колебаний	28,4	1704	28,5	1710

Заключение. В результате проведенных исследований с использованием предложенной расчетной схемы было выявлено, что расчетные значения критических скоростей, соответствующих угловым формам колебаний ротора, практически совпадают с экспериментальными. В то же время обнаружено различие в значениях критических скоростей, соответствующих формам продольных и поперечных колебаний (39 и 12%). Последнее можно объяснить тем, что при использовании данной расчетной модели, упругие элементы между магнитами МППКМ при смещении ротора в осевом направлении также вносят вклад в общую жесткость в том же направлении, а упругие элементы между диском и статорами осевого АМП – в радиальном направлении, что не соответствует действительности. Для повышения степени адекватности расчетной модели необходимо применить другой подход, например, уравнения связи специального типа, заменяющие упругие элементы.

Список литературы: 1. Ульянов Ю.М., Мартиненко Г.Ю., Смирнов М.М. Система управління рухом ротора на комбінованому магнітному підвісі з пасивними радіальними і активним осевим підшипниками // Зб. наук. праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 97. – С. 107-118. 2. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с. 3.

Мартиненко Г.Ю. Визначення критичних швидкостей обертання ротора експериментальної моделі на комбінованому магнітному підвісі // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: Праці 1-ї міжнародної науково-технічної конференції. – Львів: Кінпатрі Лтд., 2008. – С. 119-121.