

МЕТОД ВИПАДКОВО-СПРЯМОВАНОГО ПОШУКУ ЗБАЛАНСОВАНОГО СТАНУ РОТОРА МАШИНИ

Ткачук В.П.¹, Кручинін І.М.², Драч І. В.³

¹ Хмельницький національний університет, tkachuk.v.p@gmail.com

² Хмельницький національний університет, kossu4@gmail.com

³ Хмельницький національний університет, cogitare410@gmail.com

Метод автоматичного балансування рідиною може бути ефективно застосований лише для машин із пружно-деформівним ротором або ротором на пружних опорах [1]. Тому для машин із змінним дисбалансом, які мають жорсткий ротор, встановлений в жорстких опорах, пропонується метод випадково-спрямованого пошуку збалансованого стану ротора машини.

Суть методу полягає в тому, що при виході машини із дисбалансом, що змінюється від пуску до пуску, на робочий режим (наприклад віджим у пральних машинах) контролюються вібрації і при перевищенні ними допустимого рівня машина відключається і повертається в режим полоскання. Процедура виходу повторюється до тих пір, поки не настане випадок оптимального розподілу мас (розкладки білизни) і вібрації ввійдуть в межі норми, заданої технічними умовами. У цьому випадку машині “дозволяється” виконувати технологічну операцію, тобто працювати на робочих обертах віджиму [2].

Експериментальна перевірка методу проводилась на пральній машині (ПМ) “Айша”. Для здійснення балансування барабана методом випадково-спрямованого пошуку була розроблена спеціальна система керування (СК) електродвигуном рис. 1. СК є окремим блоком, розміщеним всередині ПМ, який доповнює існуючий командний апарат, розширюючи його можливості.

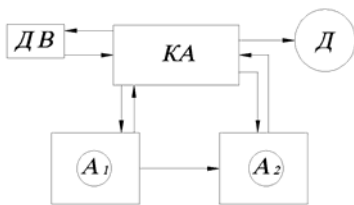


Рис. 1. Структурна схема СУ електродвигуном:
КА – командний апарат;
А₁ – таймер паузи; А₂ – таймер полоскання; ДВ – датчик вібрацій;
Д – електродвигун

Система керування працює так: коли за командою командного апарата (КА) включається режим “віджим”, виконується визначення рівня вібрацій датчиком вібрацій (ДВ) під час розгону ротора. Якщо рівень вібрацій перевищує наперед задану межу (поріг), то відбувається відключення двигуна Д і віджим припиняється на час t_1 ($t_1 = 5$ с), що визначається таймером А₁. За час t_1 виконується

перерозподіл білизни в бакові пральної машини в режимі «полоскання».

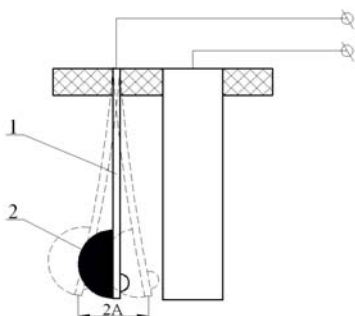


Рис. 2. Датчик вібрацій:
1 – консольна пластина; 2 – вантаж

Вібродатчик (жорстко закріплений на бакові машини) є парою контактів, один із яких виконаний у вигляді консольної пластини з вантажем на вільному кінці (рис. 2). При вібраціях машини коливається балка-контакт з амплітудою, що пропорційна рівню вібрацій. При перевищенні амплітудою коливань заданої норми (поріг спрацьовування), відбувається замикання контактів, запускається таймер A_1 і вимикається живлення KA .

З метою перевірки можливостей застосування розробленої СК без датчика вібрацій було проведено дослідження можливості ідентифікувати виникнення дисбалансу, а, отже, і вібрацій за змінною потужності, що споживається електродвигуном установки. За результатами досліджень (табл. 1) було встановлено, що, контролюючи потужність, яка споживається електродвигуном, принципово можливо досягти того ж результату, що і при застосуванні датчика вібрацій.

Таблиця 1

Амплітуда вібрацій і потужність, що споживається електродвигуном при проходженні розбалансованим ротором резонансу

Дисбаланс ротора, г·см	Амплітуда вібрацій $2A$, мм	Потужність без АБП, Вт	Амплітуда вібрацій $2A$, мм	Потужність із АБП, Вт
0	13	86	9	73
500	22	102	15	87
1000	29	119	22	101
1500	42	150	28	114
2000	51	179	34	129
2500	Не пройшов резонанс		39	141

Під час проведення експериментів зі встановлення залежності потужності, що споживається електродвигуном, від зміни дисбалансу і вібрацій були виявлені випадки, коли при великому дисбалансі ротора потужності електродвигуна не вистачало для проходження резонансу. Тому було досліджено залежність споживаної двигуном потужності при проходженні розбалансованого ротора машини через резонанс з рідинним автобалансиром і без нього та встановлено, що при

застосуванні автобалансира крім зниження вібрацій знизилась витрати електроенергії до 30 % при виході ротора на робочі оберти, що дозволяє застосовувати електродвигуни меншої потужності. Отже, балансування роторів є ресурсо- та енергозберігаючою технологією.

У [3] досліджено шляхи підвищення ефективності методу випадково-спрямованого пошуку збалансованого стану ротора машини.

Під час спостережень за вібраціями серійного варіанту ПМ “Айша”, було помічено її галопування, відрив від підлоги із дуже великими вібраціями, які ніяк не гасились компенсаційними вантажами загальною вагою в 20 кг. Експериментальними дослідженнями, було встановлено, що причина такого стану лежить в нерівномірності реакцій опор машини через значне відхилення центра мас машини від осі її симетрії, нерівномірність жорсткості конструктивних елементів і мас баластних вантажів. Все це породжувало велику зв’язність коливаль і наявність згинаючих та крутих моментів, в цілому ж, – велику віброактивність машини. Після усунення недоліків конструкції віброактивність машини настільки зменшилась, що масу баластних вантажів стало можливо зменшити з 20 до 6 кг.

На цьому покращеному екземплярі машини перевірили ефективність методу випадково-спрямованого пошуку і результати цієї перевірки показали, що ефективність застосування методу підвищилась на 25–30 % порівняно із серійною машиною. У [3] подано результати теоретичного дослідження залежності зв’язності коливаль і віброактивності машин в цілому від розподілу масових, інерційних, жорсткісних та демпферних характеристик. Проведений аналіз системи диференціальних рівнянь руху ротора дозволив виробити такі основні вимоги до конструкцій роторних машин для зниження їх віброактивності при роботі: центр мас ротора має лежати на осі обертання і збігатися з центром мас всієї машини; вісь обертання має бути головною центральною віссю інерції; центр жорсткості системи пружних опор – збігатися з центром мас ротора, а головні осі жорсткості – з головними центральними осями інерції ротора; головні осі постійних в'язкого тертя співпадати з головними центральними осями інерції ротора. Навіть часткове покращення експериментальної установки відповідно до розроблених рекомендацій дозволило зменшити вібрації машини і суттєво збільшити ефективність методу випадково-спрямованого пошуку.

Література

1. V. Rozman System Analysis of Automatic Balancing (Self-Balancing) Machine Rotors with Liquid Working Bodies / V. Rozman, A. Bubulis, I. Drach // Solid State Phenomena – 2009, Vols. 147-149, pp 374-379.

2. Ткачук В.П.Зниження вібрацій машин з горизонтальною віссю обертання і змінним дисбалансом ротора [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 / Ткачук Віталій Павлович ; Хмельниц. нац. ун-т. - Хмельницький, 2011. - 20 с.
3. Tkachuk V. P. Theoretical research of horizontal rotor machine dynamics / V. P. Tkachuk, Y. V. Savytskyi // Проблеми трибології. - 2016. - № 4. - С. 74-81.