

БЕЗВЕРХИЙ Є.Ю.

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ,
Україна, nogowind@mail.ru

Вступ. В даний час у вітчизняній промисловості встановлено і працює значна кількість роботів і автоматичних маніпуляторів. Однак, більшість з них внаслідок недосконалості систем управління вимагають істотного впорядкування робочого середовища, в якій вони функціонують, що веде до великих додаткових витрат і ускладнює їх широке застосування [1].

Для розширення функціональних можливостей роботи необхідно оснастити пристроями, здатними сприймати зовнішню обстановку.

Для мобільних роботів (транспортних візків, порталних і тельферних роботів) одним з таких пристроїв є датчик виявлення перешкоди на шляху руху робота. Відсутність подібного пристрою може призвести до аварії, в результаті якої може вийти з ладу як сам мобільний робот, так і обслуговуюче їм технічне обладнання.

Ультразвук - це коливання пружного середовища з частотою понад 20 000 Гц. Ультразвуковий діапазон частот поділяється на низькочастотні коливання (від 20кГц до 100 кГц), що розповсюджуються повітряним і контактним шляхом, та високочастотні коливання (від 100 кГц до 1 ГГц), що розповсюджуються тільки контактним шляхом. Ультразвук, як і звук, характеризується ультразвуковим тиском (Па), рівнем звукового тиску (дБ), інтенсивністю (Вт/м²) та частотою коливань (Гц). При розповсюдженні в різних середовищах ультразвукові хвилі поглинаються тим швидше, чим вища їх частота. Поглинання ультразвуку супроводжується нагріванням середовища. Ступінь його біологічного впливу (в основному контактного) при контакті з рідким середовищем, в якому поширюються ультразвукові коливання, залежить від часу контакту, інтенсивності, частоти і характеру ультразвукових коливань. У людей, що працюють з ультразвуковими установками нерідко спостерігаються функціональні порушення нервової, серцево-судинної систем, зміна кров'яного тиску, складу і властивостей крові, головний біль, швидка втомлюваність.

Постановка задачі. Дослідження факторів, що впливають на похибку вимірювань відстані в повітрі, і розробка на основі цих досліджень апаратних засобів, що забезпечують високу точність і перешкодозахищеність датчиків.

Результати досліджень та розробки. Швидкий розвиток акустичних методів і засобів контролю відстані обумовлено збільшенням потреб багатьох галузей народного господарства в нових засобах вимірювання взаємного просторового положення елементів машин, розмірів продуктів виробництва, рівень заповнення бункерів, контролю за профілем поверхні деформованої конструкції, так і істотно збільшеними можливостями електроніки, що дозволяють створювати контактні, надійні і економічні пристрої перетворення і обробки сигналів [2].

Необхідність точного і швидкого вимірювання відстаней в діапазоні 0,1- 10 м диктується багатьма завданнями практики. Хоча для їх вирішення можуть бути застосовані радіолокаційні та оптичні методи, звукова ехолокація, основана на використанні акустичних хвиль переважно ультразвукового діапазону частот, має в цьому випадку ряд переваг.

Безконтактні датчики виявлення перешкод можуть бути виконані на основі методів вимірювання відстані, що використовують електромагнітні або ультразвукові хвилі. Дана класифікація приведена на рисунку 1.

Застосування радіаційних методів вимірювання вимагає установки спеціального захисту обслуговуючого персоналу від випромінювання, що пов'язано з додатковими витратами і ускладнює доступ до обладнання. До недоліків оптичного методу слід віднести неможливість роботи в сильно запилених і задимлених приміщеннях, а також виявлення оптично прозорих перешкод. Дослідження часових вимірів в радіохвильовому діапазоні важко через малість часу проходження електромагнітних коливань від датчика до перешкоди і назад. Методи, засновані на використанні низькочастотних електромагнітних коливань, не забезпечують необхідного діапазону виявлення.

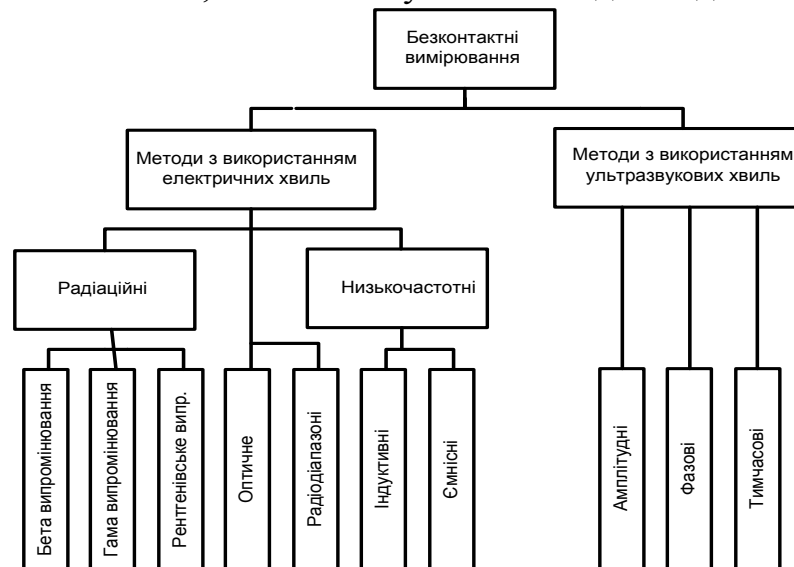


Рис.1 Класифікація методів безконтактного виду вимірювання.

Ультразвуковий метод вільний від перерахованих недоліків. Таким чином, розробка безконтактних ультразвукових датчиків виявлення перешкод є актуальним завданням.

Одним з основних параметрів ультразвукового вимірювального пристрою є його точність, яка залежить від багатьох факторів: властивостей середовища, в якій поширюється акустична хвиля, геометричних і фізичних властивостей об'єкта контролю, характеристик приймально-випромінюючого тракту, способу обробки сигналів, наявності шумів і т.д.

Вплив багатьох з них на точності характеристики ультразвукових пристроїв детально вивчено. Однак до теперішнього часу не досліджені можливості підвищення точності вимірювання в умовах впливу на ультразвуковий пристрій

значного шуму. При використанні пристрою в промислових умовах це завдання набуває особливого значення.

Залежно від джерел виробничий шум підрозділяють на : механічний, обумовлений коливаннями деталей машин і їх взаємним переміщенням (шум зубчасті передач, викликаних коливаннями коліс і елементів конструкцій, поєднане з ними; шум кулачкових механізмів, пов'язаний з наявністю змінних сил в зоні контакту пари кулочок-ролик про галас підшипників кочення; шум вібраційних машин і машин ударної дії); шум електричних машин, що включає і так магнітний шум; шум двигунів внутрішнього згоряння (шум вихлопу , всмоктування, процесу згоряння палива); аеродинамічний шум струмостворюючих і струмопровідних машин і пристроїв (вентилятор, трубопроводів, форсунок, пневматичного інструменту). Дослідження перерахованих шумів показали, що найбільш широким спектром володіє аеродинамічний шум.

Як відомо, для підвищення завадостійкості і точності вимірювань необхідно збільшувати відношення сигнал / шум на вході приймача. Цього можна досягти шляхом використання імпульсного способу вимірювання, при якому випромінювання акустичних хвиль проводиться короткочасними періодичними посылками тривалістю набагато меншою періоду повторення. При такому способі модуляції зонду чого сигналу кожна з посилок має відносно високий енергетичний рівень при невеликій середній потужності, що витрачається на випромінювання акустичних хвиль. Однак, при цьому виникає похибка, обумовлена дискретністю отримання відліків і залежить від частоти проходження зондувальних імпульсів і параметри руху об'єкта контролю.

Таким чином дослідженню підлягають питання підвищення точності вимірювання відстані ультразвуковим імпульсним способом в умовах впливу значних шумів, а також залежності похибки, викликані дискретністю отримання відліків, від параметрів руху об'єкта контролю.

Висновки. Проведені дослідження показали, що найбільш перспективним датчиком безконтактного виявлення перешкод являється ультразвуковий датчик.

Проведено аналіз джерел похибки вимірювання відстані в повітряному середовищі ультразвуковим методом, в результаті якого встановлено, що найменш вивченими є зміна форми сигналу при відбитті від неплоских об'єктів і поширення в середовищі з квадратичною залежністю коефіцієнта загасання від частоти, а також рух об'єкта.

Література

1. Д.Е. Охоциский, Ю.А. Кондратьев, В.Н.Кольцов и др. Разработка акустической сенсорной системы для мобильного робота – М.: ИПМ им, М.В.Кельдыша АН СССР, 1984, препринт №4.-28с.
2. Горбатов А.А., Рудашевский Г.Е. Акустические методы измерения расстояния и управления.- М.: Энергоиздат; 1981.-208 с.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ КАНАЛУ МОНІТОРИНГУ КОЛИВАНЬ РОТОРА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ,
Україна, ¹bmfy@mail.ru, ²shantyr.sv@gmail.com

Вступ. На теперішній час міжнародними стандартами визначено методи контролю стану механізмів та машин за результатами вимірювань вібрацій на їх нерухомих та рухомих частинах. Це забезпечує вирішення проблеми єдності та достовірності вимірювань в цій галузі в певній мірі, але вважати проблему вирішеною не можна [1]. Так, вимоги стандартів важко порівнювати на практиці, по кільком причинам: параметри, наведені в різних стандартах характеризують одні й тіж самі властивості об'єкта, але подані різними величинами і в різних режимах роботи; величини зв'язані відповідними функціональними залежностями і не підлягають порівнянню, а вибір того чи іншого варіанта проводиться у відповідності до конкретної задачі; з метою підвищення достовірності визначення стану об'єкта, виконується перехід від інтегрального параметру до вектору параметрів та ін. Наприклад, за американським стандартом API оцінка відносних коливань валів ґрунтується на подвійній амплітуді коливань, а відповідно стандартів VDI та ISO - за амплітудою вектора коливання. Застосування методу імітаційного моделювання дозволяє виконати дослідження алгоритмів обробки вимірювальної інформації, складність яких унеможливило аналітичне дослідження.

Постановка задачі. Розробка імітаційної моделі каналу моніторингу коливань вала ротора.

Стандарти захисного моніторингу рухомих частин роторних машин. Вібрація ротора в будь якому його поперечному перерізі визначається траєкторією центра цього перерізу, як показано на рис. 1 [2]. На рис. 1 позначено: XOY - система координат, зв'язана з підшипником; X_{cp} , Y_{cp} - координати середнього положення центру перерізу вала ротора; K , M та O_{cp} - миттєве та середнє положення центра O_p перерізу вала ротора, відповідно; S_K та S_{max} - миттєве та максимальне вібропереміщення центра перерізу вала ротора від середнього положення O_{cp} , відповідно; S_K^A , S_K^B та S_A^P , S_B^P - поточне та розмах вібропереміщення центра перерізу вала ротора в напрямку вимірювань датчиків A і B . Траєкторію центра перерізу вала ротора визначають вимірюванням його вібропереміщень двома датчиками (A і B), які встановлені в площині перерізу під кутом $(90 \pm 5)^\circ$ відносно один одного.

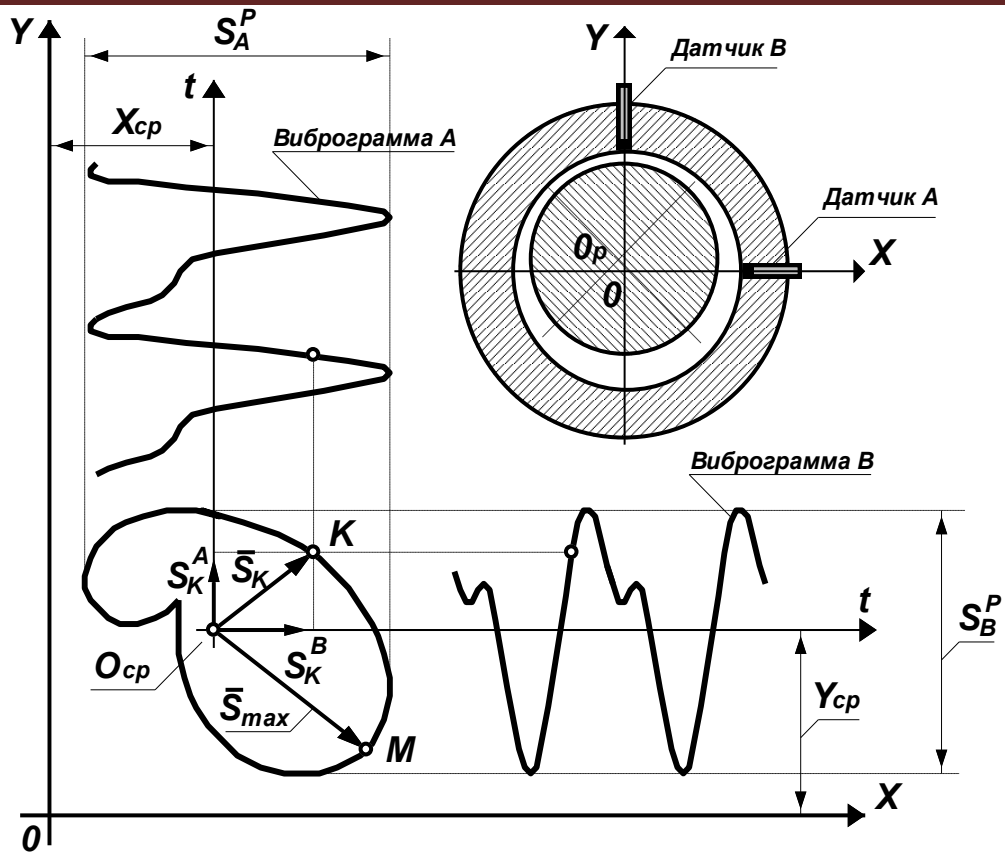


Рис. 1. Динамічна траєкторія ротора

В деяку мить часу центр перерізу вала ротора знаходиться в точці K траєкторії. Переміщення від середнього положення O_{cp} дорівнює S_K . Миттєві значення вібропереміщення від середнього положення центра перерізу вала ротора O_{cp} дорівнюють S_K^A та S_K^B відповідно. Тоді можна обчислити:

миттєві значення $(S_K)^2 = (S_K^A)^2 + (S_K^B)^2$, або в залежності від часу

$$[S_K(t)]^2 = [S_K^A(t)]^2 + [S_K^B(t)]^2, |S_{\max}| = [S_K(t)]_{\max} = \max\{[S_K^A(t)]^2 + [S_K^B(t)]^2\}^{1/2},$$

$$X_{cp} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} x(t) dt, Y_{cp} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} y(t) dt,$$

де $x(t)$ та $y(t)$ - поточні значення положення центра перерізу вала ротора в часі; $(t_2 - t_1)$ - інтервал часу, набагато більший періоду складової найнижчої частоти в спектрі вібрації.

Імітаційна модель каналу моніторингу коливань ротора. Імітаційна модель складається з блоків (рис. 2): модель обертання вала ротора, модель вимірювального каналу системи моніторингу, блоку визначення вектору параметрів, блоку оцінки значень параметрів, блоку фільтрації, блоку захисного моніторингу, блоку прогнозування, блоку метрології.

Модель обертання вала ротора використовує реальні реалізації отримані з датчиків роторної машини, або імітує коливання вала ротора в одиницях переміщення і є додатком регулярної складової, реалізованої, за рекурентними формулами, у вигляді полігармонічного коливання з k -гармонік $s_k(t)$ з

заданими параметрами та випадкової складової $n(t)$ на генераторі псевдовипадкової послідовності з заданим законом розподілу $S(t) = \sum_k s_k(t) + n(t)$.

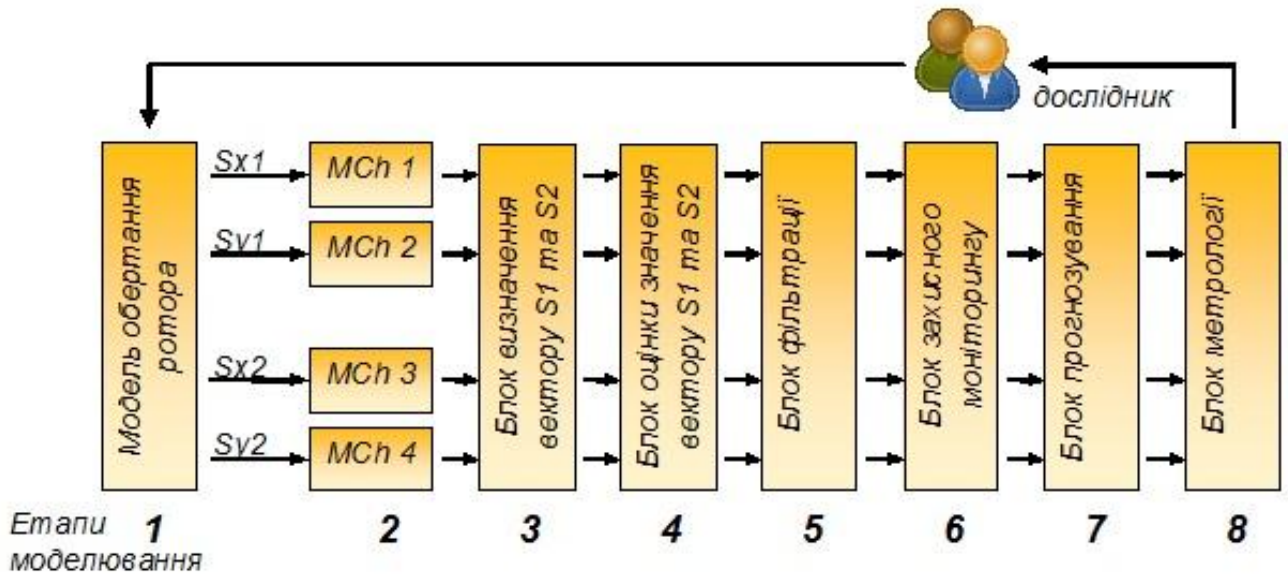


Рис. 2. Імітаційна модель каналу захисного моніторингу

Модель вимірювального каналу системи моніторингу MCh 4-канальна побудована відповідно до вимог стандарту [3], підтримує режим роботи з формуванням реалізації заданої тривалості (об'єму), або безперервний режим з можливістю переривання з продовженням (режим реального часу). Блоки обробки вимірювальної інформації побудовані відповідно до методів [2] контролю стану машин за результатами вимірювань вібрацій та системи вимірювань [3].

Висновки. В роботі виконано аналіз методів контролю стану машин за результатами вимірювань вібрацій на рухомих частинах. Розроблена імітаційна модель каналу захисного моніторингу коливань вала ротора, яка дозволяє досліджувати якісні показники алгоритмів оцінки стану роторної машини.

Література

1. У.Ольсен. Измерение, контроль, диагноз и устранение колебаний машин. CARL SCHENCK AG.
2. ГОСТ ИСО 7919-1:2002 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования.
3. ГОСТ ИСО 10817-1:2002 Вибрация. Системы измерений вибрации вращающихся валов. Часть 1. Устройства для снятия сигналов относительной и абсолютной вибрации.