

Рис.6. Залежність різниці коефіцієнтів корисної дії удосконаленого та стандартного ВЗ від частоти

1. Вацшишак С.П., Чеховський С.А., Піндус Н.М. Аналіз впливу теплових характеристик з'єднаних низькочастотних гучномовців на їх якісні параметри // *Методи та прилади контролю якості*. 1999. - №4.-С. 76-79. 2. Алдошина И. А. *Электроакустические громкоговорители*. - М.: Радио и связь, 1989. - 272с. 3. Носов В. М. *Новый подход к проектированию звуковых систем*. - Сборник трудов X сессии Российского акустического общества. т.2.

- М.: ГЕОС, 2000.- 422с. 4. Chuman Zhou, John S. Popodics. *Point load wave excitation in multi-layered solids: Experiments and modul verification* // *The Journal of the Acoustical Society of America*.- 2001.- 109, № 5.-P.11-16. 5. Dmitri Gridin. *The radiating near field of a circular normal transducer of arbitrary apodization on an elastic half-space* // *The Journal of the Acoustical Society of America*.- 1999.- 106, № 3.- P.231-238.

УДК 531.7

ЛАЗЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ

© Квасніков В.П., 2003
Академія менеджменту, м. Черкаси

У зв'язку із зростанням вимог до точності вимірювання виробів машинобудування інтерференційні методи вимірювання отримують все більш широке розповсюдження не тільки в метрології, але й безпосередньо в промисловості для контролю розмірів деталей та їх переміщень. Із загального числа параметрів, що підлягають контролю в машинобудуванні та приладобудуванні, найбільша частка належить геометричним розмірам деталей, відхиленню від форми, розташування поверхонь та параметрам механічних коливань. Питанням вимірювання геометричних розмірів деталей присвячено ряд робіт [1,2,3].

Всі оптичні пристрої, які засновані на вимірюванні інтерференційної картини у відбитому від поверхні випромінюванні, можуть виявляти дефекти поверхні розмірами менш, ніж 100 нм [3].

Недоліком вимірювання параметрів шорсткості по розсіяному світлу, як і інтерференційним методом, є труднощі інтерпретації даних. Крім того, вимірювання забирають багато часу і в значній мірі залежать від умов їхнього проведення.

Тому актуальними є дослідження і розроблення лазерної вимірювальної системи геометричних параметрів складних просторових поверхонь з високою точністю та завадостійкістю на прикладі

лопатки гідравлічної турбіни.

Для дослідження залежності інтенсивності відбитого від складної просторової поверхні вимірювання лопатки гідравлічної турбіни лазерного випромінювання від кута падіння для різної поляризації розроблений макет трикоординатної інформаційно-виміральної системи (ІВС) з лазерною виміральною підсистемою, що представлений на рис. 1.

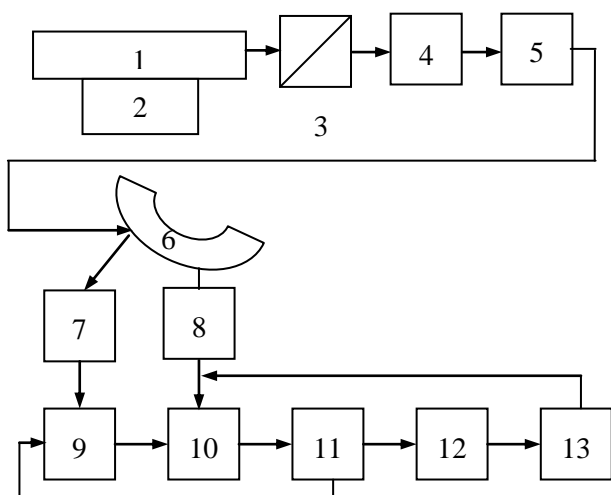


Рис. 1. Макет трикоординатної ІВС механічних величин з вбудованою лазерною виміральною підсистемою

Макет містить у собі базову механічну та керуючу системи 2, лазерну вимірвальну систему 1 типу LMS-100 на базі гелій-неонового лазера потужністю 1.5 мВт на довжині хвилі $\lambda=632.8$ нм, світлоділильний кубик 3, що ділить когерентне випромінювання джерела на дві частини. Одна частина випромінювання після проходження електрооптичних перетворювачів, що складаються із чвертьхвильових пластин 4, електрооптичних кристалів 5 направляється на об'єкт вимірювання 6. Відбите від об'єкта випромінювання суміщається в просторі за допомогою додаткового світлоділильного кубика, проходить два оптичні фільтри 7 і направляється на фотоприймач 9 (фотодіод типу ФД-24К). Вихідний сигнал з фотоприймача реєструється цифровим вольтметром типу В7-42 і вводиться в персональний комп'ютер 12 типу IBM PC Pentium 1800 через аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 11. Для прив'язки координат точки вимірювання на поверхні об'єкта до номера вимірювання передбачений пристрій синхронізації, що представляє собою блок керування поворотним столом обертання об'єкта вимірювання та оптопарі, електричний імпульс з виходу якої синхронізує

процес вимірювання. Сигнал після відповідної обробки поступає на цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) 13. Вибір окремих елементів оптичної схеми був зроблений з умови максимального збору корисного розсіяного лазерного випромінювання на фотокатоді типу ФЭУ-79.

Еталоном для проведення калібрування прийнято алюмінієву лопатку турбіни із покриттям, коефіцієнт відбиття якої був прийнятий рівним 0.99. Випромінювання лазера направлялося на бічну поверхню об'єкта вимірювання під заданим кутом. Об'єкт вимірювання повертався навколо своєї осі на спеціальному координатному столі 8 типу АП-400. Для кожного випадку було обмірено не менш 220 точок, що потім статистично оброблялися. Відносна похибка вимірювань інтенсивності відбитого випромінювання не перевищувала 0.2%.

Вимірювання проводилось окремо з використанням двох каналів частотного розподілу: опорного та вимірального.

Перший канал представлений блоками у вигляді режекторного, налаштованого на частоту f_1 , вимірального налаштованого на частоту f_2 перетворювача середнього значення ПСЗ1 та АЦП1. Другий канал представлений послідовно з'єднаним фільтром ФК2, налаштованого на частоту f_2 , фільтру ФК1, налаштованого на частоту f_1 , перетворювача середнього значення ПЗС2 та АЦП2.

Вихідні сигнали каналів представлені цифровими кодами в ЦАП. Залежність вихідного сигналу ЦАП від параметрів фільтрів можна використати при формуванні загального скоригованого результату на виході системи вимірювання геометричних розмірів деталей. Для цього в системі разом з генераторами синусоїдальної напруги ГСН1, ГСН2 використовується генератор ГСН3, який разом з дільником напруги ДН формує коригуючий сигнал з частотою f_3 та керує фільтрами ФК3 та ІФК3 з частотою f_3 . Блоки ФК1, ФК2 керуються без посередньо генераторами напруги синусоїдальної форми ГСН1, ГСН2, а фільтри ІФК1, ІФК2 керуються блоком, сигнали якого зсунуті на $1/4$ періоду імпульсної напруги. Це дозволяє використовувати в запропонованій схемі вимірювання складних просторових поверхонь, що базується на методі заміщення, в результаті зближення частот f_i , $i = 1, 2$ двічі використовувати вимірвальний пристрій у тракці виділення сигналів корисної інформації. Наявність режекторних фільтрів підвищує завадостійкість частотно-селективних каналів, збільшуючи ефективність взаємного гасіння сигналів сусідніх частот f_i , $i = 1, 2$.

Інтенсивність світлових потоків при заданій довжині хвилі λ , що падає на об'єкт, можна представити у наступному вигляді:

$$\Phi = F(r)I\gamma K_i,$$

де $F(r)$ – функція, що враховує залежність рівня освітлення від відстані r до точки випромінювання; I – струм, що проходить через джерело світла; γ – коефіцієнт перетворення струму джерела світла; K – коефіцієнт пропускання оптичного фільтру, що забезпечує освітлення об'єкту ($i = 1, 2$).

Експериментально були отримані залежності інтенсивностей i відбитого випромінювання, коефіцієнтів відображення R і ступенів поляризації P від кута падіння променя на поверхню об'єкту для кожної поляризації лазерного випромінювання.

Інтенсивності всіх поляризацій для об'єкту вимірювання та зразкового дзеркала зменшуються із збільшенням кута падіння i [3,4], причому їхні максимальні значення для лопатки турбіни рівні відповідно 58.4 ± 0.9 і 17.8 ± 0.5 , а зразкового дзеркала 87.7 ± 0.7 .

Для проведення експериментів було обрано нормальне падіння лазерного променя. Це дозволило знизити вимоги до точності позиціонування досліджуваної поверхні уздовж напрямку лазерного променя. Розмір дефектів, що представляють інтерес для контролю поверхні, не перевищував 10 мкм, тому в даному випадку істотну роль відіграє відхилення відбитого променя від нормалі і поглинання лазерного променя в області дефекту. Обидва ці фактори приводять до зменшення інтенсивності відбитого променя в напрямку, перпендикулярному поверхні уздовж осі вхідної апертури світловода.

Механічне розгорнення дозволяло рівномірно обертати об'єкт виміру 6 навколо його осі з частотою до 35 об/хв і одночасно переміщати його уздовж утворюючої перпендикулярно лазерному променю.

Нормальне падіння лазерного променя дає можливість контролювати лопатки турбін різних конструкцій розмірами до 2500 мм без перебудови оптичної схеми. В процесі досліджень виявлені помилкові спрацювання системи у зв'язку з коливанням об'єкту вимірювання. В оптичну схему був доданий другий канал схеми для підвищення вірогідності реєстрації дефекту на поверхні об'єкту. Принцип дії оптичної схеми ґрунтується на тому, що випадкові коливання об'єкту проявляються в зміні інтенсивності відбитих променів в обох каналах, тоді як дефект на поверхні об'єкту викликає

послідовну зміну інтенсивності через час, рівний $\Delta t = S/\omega r$, де S – відстань між променями, ω – кутова швидкість обертання об'єкту, r – кривизна поверхні об'єкту вимірювання.

Робоча частота 32 кГц дозволила з урахуванням використання в ПЕОМ домогтися на ПК Pentium 1800 швидкості отримання даних до 10000 точок у секунду, формування цифрової інформації та збереження її в базі даних з наступною обробкою результатів вимірювання.

У табл.1. приведені статистичні характеристики відхилення вимірюваних точок від математичної моделі при контролі лопатки гідравлічної турбіни трикоординатною інформаційно-вимірювальною системою з вбудованою лазерною вимірювальною підсистемою.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики відхилення вимірюваних точок

№ вимірювання	Відхилення від математичної моделі, мм		
	δ_x	δ_y	δ_z
1	0.012	0.017	0.012
2	0.011	0.010	0.008
3	0.001	0.014	0.002
4	0.001	0.012	0.001

Таким чином розроблена і описана вище структурна схема трикоординатної інформаційно-вимірювальної системи з вбудованою лазерною вимірювальною підсистемою забезпечує на виході значення сигналів, пропорційних відношенню інтенсивностей відбитих від об'єкту світлових потоків різних частот. Зближення частот режекторних фільтрів дало можливість підвищити завадостійкість каналів, збільшити ефективність взаємного гасіння сигналів різних частот.

1. Застрогин Ю.Ф. Прецизионные измерения параметров движения с использованием лазера.-М.: Машиностроение, 1986.-272с.
2. Иванов В.А., Привалов В.Е. Применение лазеров в приборах точной механики.-СПб.: Политехника, 1993.-193 с.
3. Ленкова Г. А. Особенности интерферометров перемещения с обычными и лазерными источниками излучения.– Автометрия, 1972, №5, С.39-46.
4. Беннет Дж.М., Маттсон Л. Шероховатость поверхности и рассеяние.-М.: Оптическое общество им. Д.С. Рождественского, 1996.-254с.