

Теорія та практика сучасного прецизійного приладобудування

<p>В.М. Лукашенко, Ю.Г. Лега, А.Г. Лукашенко, Я.В. Корпань, М.Г. Лукашенко. Гармонічний аналізатор спектра. Предложена схема гармонического анализатора спектра для аппаратурной реализации прямого преобразования Фурье с высоким быстродействием и малой мощностью потребления.</p>	<p>V.M. Lukashenko, J.G. Lega, A.G. Lukashenko, Y.V. Korpan, M.G. Lukashenko The harmonious analyzer of a spectrum. The circuit of the harmonious analyzer of a spectrum for hardware realization of direct transformation Fur'e with high speed and low power of consumption is offered.</p>
--	--

Надійшла до редакції
19 квітня 2004 року

УДК 53.088.22

ПОХИБКА СКАНУВАННЯ ОБТЮРАТОРНИХ ПРИЛАДІВ

Майстренко В.М., Михаленок О.Д., Національний технічний інститут України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

Проведені дослідження інструментальної похибки обтюраторних приладів. Визначені джерела похибки, вплив форми сигналів. Наведені деякі рекомендації щодо зменшення похибки сканування

Вступ. Постановка завдання

В приладобудуванні, наприклад в газоаналітичній апаратурі, широко використовуються оптичні методи вимірювання. Ці методи засновані на вимірюваннях інтенсивності електромагнітного випромінювання, його послаблення або поглинання.

Комутація потоку випромінювання, направлено на об'єкт дослідження, дуже часто забезпечується за допомогою обтюратора з механічним приводом, хоч останнім часом здійснюються спроби його заміни немеханічним обтюратором. Ефективність такої заміни поки що є невисокою, тому обтюратор з механічним приводом викликає інтерес як одне з джерел інструментальної похибки приладів, в котрих він використовується.

Похибка сканування може суттєво збільшувати інструментальну похибку обтюраторних приладів. В той же час в роботах [1], [2] джерела виникнення похибки сканування не аналізуються, а тому і не розглянуті методи її зменшення.

Проблема підвищення точності вимірювальних приладів є надзвичайно актуальною, тому що від інструментальної похибки в значній мірі залежить похибка вимірювань. В той же час існує багато різних джерел інструментальних похибок, в тому числі й похибка сканування, яка притаманна саме обтюраторним приладам.

Виникнення і вплив похибки сканування

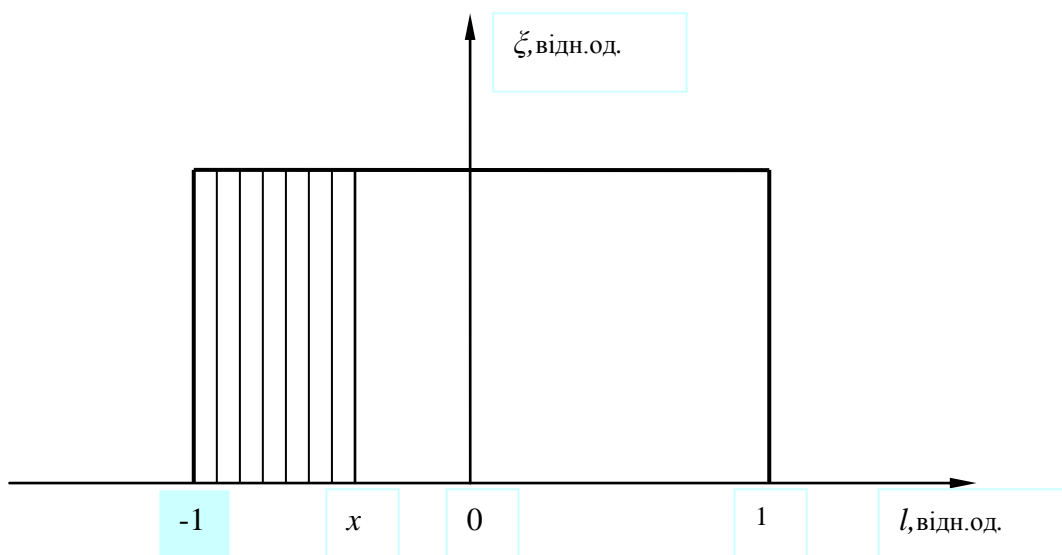
Оптична схема приладів, що реалізують немонохроматичні оптичні методи, складається з джерела інтегрального випромінювання, одного або декількох фільтрів для виділення аналітичної спектральної області, що відповідає смузі поглинання компонента, котрий аналізується, об'єкта дослідження, наприклад кювети з газовою сумішшю, що досліджується, та приймача випромінювання.

Послаблення випромінювання відбувається при проходженні потоку випромінювання через середовище, котре аналізується, наприклад газову суміш, склад якої досліджується, або відбитті від об'єкта, що досліджується. При цьому в оптичних аналізаторах, в тому числі спектроабсорбційних, використовується весь спектр електромагнітних коливань: від інфрачервоної до ультрафіолетової областей.

Після проходження світлофільтрів випромінювання потрапляє на вимірювальний та порівняльний об'єкти. У вимірювальному об'єкті енергія поглинається компонентом, що визначається, а в порівняльному – не поглинається, і потік енергії випромінювання, котрий проходить через нього або відбивається від нього, використовується як опорний, потрапляючи на приймач випромінювання.

Комутація потоку випромінювання за допомогою обтюратора з механічним приводом здійснюється шляхом зміни його положення по відношенню до потоку випромінювання (сканування). Але в будь-якому випадку така зміна відбувається поступово, в результаті чого потік випромінювання спочатку збільшує свою енергію, а потім – зменшує. Причина цього полягає в тому, що обтюратор обертається з постійною швидкістю, тому вікно відкриває канал поступово, збільшуючи площу перерізу каналу до моменту збігу перерізу каналу з вікном, а потім вікно виходить з перерізу каналу і канал перекривається обтюратором. Таким чином, на виході приймача випромінювання формується електричний сигнал, котрий складається з двох імпульсів, що періодично повторюються (рис. 1).

Проаналізуємо форму цього сигналу.



x – координата краю вікна обтюратора, яке збігається з каналом і відкриває його; l – вісь ширини вікна обтюратора; ξ – вісь висоти вікна обтюратора
Рисунок 1 – Відносна зміна площі спільного вікна при квадратних перерізі каналу передачі випромінювання та вікна обтюратора

Спочатку будемо вважати, що канал передачі випромінювання має квадрат-

ний переріз. Будемо також вважати, що таку саму форму має вікно обтюратора.

Припустимо, що вікно обтюратора відкриває канал, рухаючись прямолінійно (реально по колу), що значно спростить аналіз, але не внесе великих похибок.

На рис. 1 зображена верхня половина перерізу каналу, яка відкривається вікном обтюратора. Взятий відносний розмір вікна 1×1 . Заштрихована частина пропускає випромінювання, а не заштрихована — його затримує.

Висота вікна, як наведено на рис. 1, описується рівнянням

$$\xi(l) = \begin{cases} 0 & \text{при } -1 > l \\ 1 & \text{при } -1 \leq l \leq 1 \\ 0 & \text{при } l > 1 \end{cases} \quad (1)$$

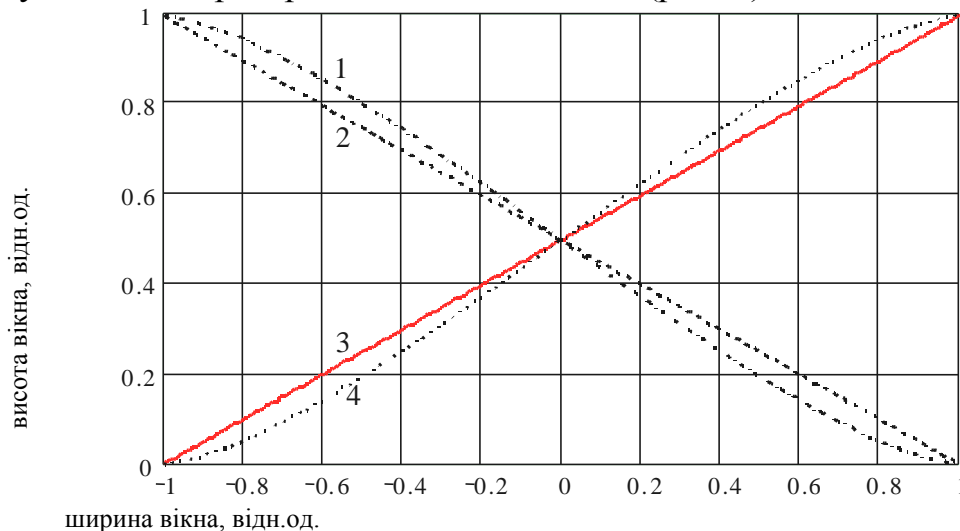
Тоді відносна площа відкритого для проходження випромінювання вікна каналу $y(x)$ в межах від -1 до 0

$$y = 2 \int_{-1}^x dl = 2(x+1), \quad (2)$$

і в межах від 0 до 1

$$y = 2(1-x). \quad (3)$$

Отже площа відкритого вікна каналу при квадратному перерізі каналу і квадратному вікні обтюратора змінюється лінійно (рис. 2)



А – переріз каналу і вікно обтюратора квадратні: 3 – вікно знаходить на канал; 2 – вікно виходить з каналу; Б – переріз каналу і вікно обтюратора круглі: 4 – вікно знаходить на канал; 1 – вікно виходить з каналу

Рисунок 2 – Зміна площі перерізу вікна каналу (криві відносні)

Нарешті на виході приймача випромінювання створюється трикутний сигнал, який описується рівняннями:

$$f_1(t) = 1 + 2t \quad \text{— передній фронт;} \quad (4)$$

$$f_2(t) = 1 - 2t \quad \text{— задній фронт.} \quad (5)$$

В цьому випадку сигнал на виході приймача випромінювання буде мати

трикутну форму (рис. 3., крива 1).

Якщо переріз каналу передачі випромінювання і вікно обтюратора буде мати форму кола, яка частіше за все і використовується, то рівняння кривої, що описує площу вікна, як видно з рис. 4, буде $\xi = \sqrt{1-l^2}$ (6)

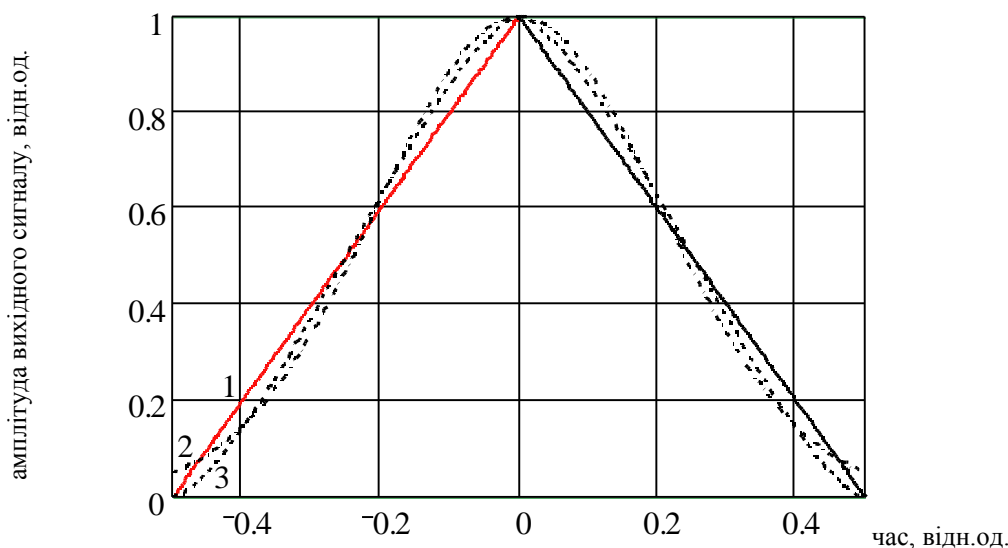
Тоді відносна площа сумарного вікна при зміні величини x від -1 до x буде

$$y = 2 \int_{-1}^x \sqrt{1-l^2} dl = \pi - \arccos x + x\sqrt{1-x^2}, \quad (7)$$

і в границях від x до 1

$$y = \arccos x - x\sqrt{1-x^2}. \quad (8)$$

Графіки цих функцій зображені на рис. 2 криві 1 та 4. Сигнал на виході приймача випромінювання також буде мати майже трикутну форму (рис.3, крива 3).



1 – переріз каналу і вікно обтюратора квадратні; 2 – форма сигналу спочатку після проходження через електронний тракт; 3 – переріз каналу і вікно обтюратора круглі

Рисунок 3 – Форми сигналів на виході приймача випромінювання (к в відносному масштабі)

При проходженні через електронний тракт після приймача випромінювання сигнал трикутної форми дещо спотворюється і його форма починає наближатися до дзвонової, що описується виразом

$$y(t) = \exp(-\beta^2 t^2). \quad (9)$$

Для порівняння відповідний дзвоновий сигнал, приведений на рис. 3, крива 2, в однаковому відносному масштабі ($\beta^2 = 10$).

Спектральні функції сигналів, котрі відповідають за вимірювальну інформацію (рис. 3), можуть бути знайдені за допомогою прямого перетворення Фур'є і описуються наступними виразами (у відносних координатах):

– для трикутного імпульсу

$$\Phi_1(\omega) = \frac{8 \left[1 - \cos\left(\frac{\omega}{2}\right) \right]}{\omega^2}; \quad (10)$$

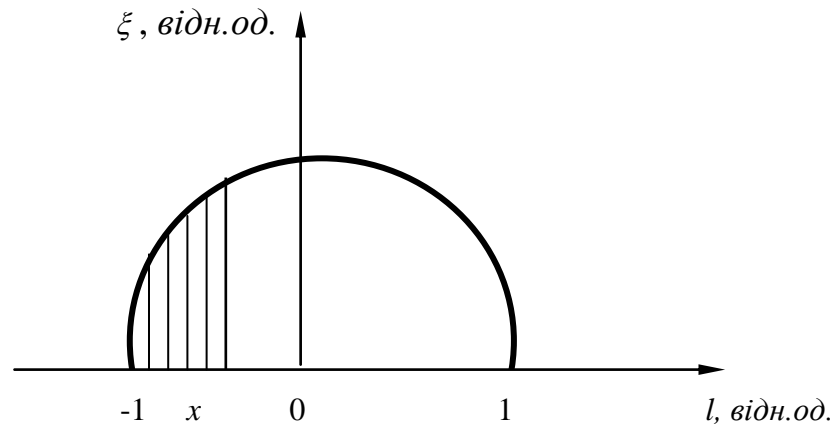


Рисунок 4 – Відносна зміна площі спільного вікна при круглих перерізах каналу передачі випромінювання та вікна обтюратора

– для сигналу при круглому перерізі каналу випромінювання та вікна обтюратора

$$\begin{aligned} \Phi_2(\omega) = & \frac{1}{25 \cdot \omega^6} \cdot \{ 261703,78692 \cdot [\cos\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1] + 67682,013872 \cdot \sin\left(\frac{\omega}{2}\right) \cdot \omega + [11731,5420778 - \\ & - 12859,582634 \cdot \cos\left(\frac{\omega}{2}\right)] \cdot \omega^2 - 1781,932 \cdot \sin\left(\frac{\omega}{2}\right) \cdot \omega^3 + [82,40043 - 77,36 \cdot \cos\left(\frac{\omega}{2}\right)] \cdot \omega^4 - \\ & - 0,423 \cdot \sin\left(\frac{\omega}{2}\right) \cdot \omega^5 \}. \end{aligned} \quad (11)$$

– для дзвонового імпульсу

$$\Phi_3(\omega) = \sqrt{\frac{\pi}{3,18}} \exp\left(-\frac{\omega^2}{40}\right) \quad (12)$$

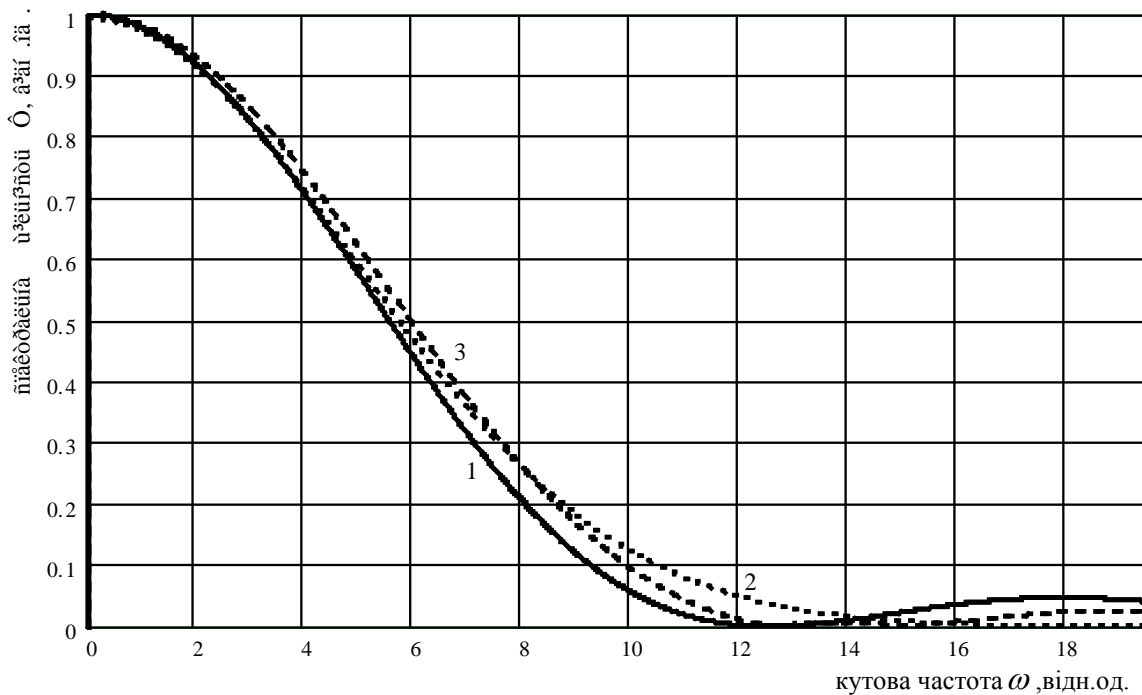
Спектральні функції цих сигналів приведені на рис. 5.

Як видно з рис. 5 робоча ширина амплітудно-частотних характеристик сигналів практично не залежить від форми перерізу каналу випромінювання і частотних спотворень в електронному тракті.

Таким чином, комутація потоку випромінювання та його проходження різними шляхами з однаковою або різними довжинами хвиль в кінцевому результаті приводить до того, що сигнал на виході приймача випромінювання, котрий сприймає потоки випромінювання всіх довжин хвиль і всіх шляхів, має вигляд імпульсів. Форма цих імпульсів залежить від форми перерізу каналу передачі випромінювання і форми вікон обтюратора і для квадратної їх форми, як впливає з (4) і (5)

$$u(t) = \begin{cases} U_0(1+t) & \text{при } -1 \leq t \leq 0 \\ U_0(1-t) & \text{при } 0 \leq t \leq 1, \end{cases} \quad (13)$$

де U_0 – висота імпульсу, t – час,



1 – трикутний імпульс; 2 – дзвоновий сигнал; 3 – сигнал при круглому перерізі каналу випромінювання та вікна обтюратора.

Рисунок 5 – Амплітудно-частотні характеристики сигналів

а для круглої форми перерізу каналу і вікон обтюратора, як впливає з (7) і (8)

$$u(t) = \begin{cases} U_0 \left(\pi - \arccos t + t\sqrt{1-t^2} \right) & \text{при } -1 \leq t \leq 0 \\ U_0 \left(\arccos t - t\sqrt{1-t^2} \right) & \text{при } 0 \leq t \leq 1. \end{cases} \quad (14)$$

На рис. 6 зображено форму імпульсів напруги сигналу на виході приймача випромінювання, що описуються рівняннями (13).

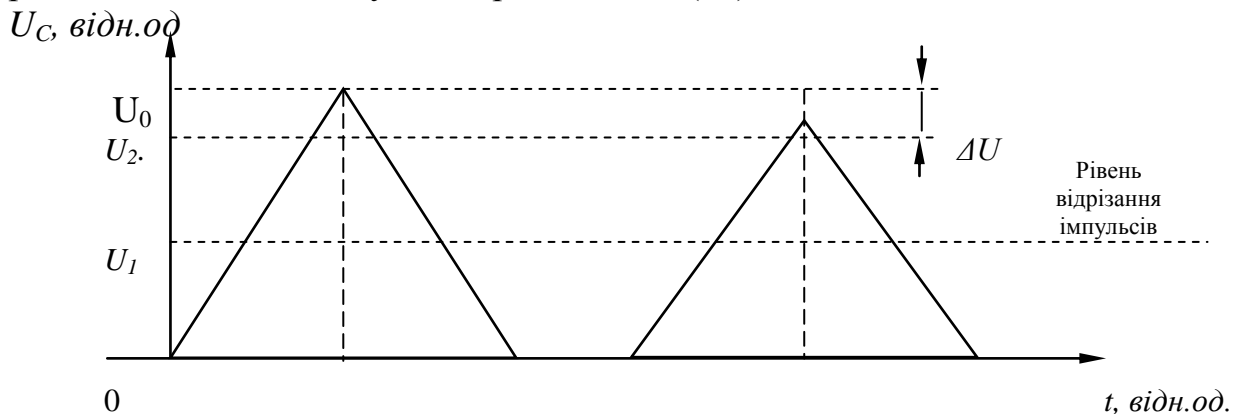


Рисунок 6 – Форма імпульсів на виході приймача випромінювання, котрі формуються вимірювальним і опорним каналами

В реальних приладах з урахуванням впливу кривизни руху вікон обтюратора форма сигналу дещо змінюється в бік згладжування різних переходів. Крім

того, гострі піки та різкі переходи згладжуються через обмеженість частотної характеристики електронного тракту приладу. Тому реальна форма імпульсів прагне до дзвонової форми. Але тим не менше ці імпульси мають дуже коротку вершину і за формою більше наближаються до трикутника, ніж до прямокутника. Спотворення їх форми за рахунок обмеження частотної характеристики сплющує вершину, але тим самим змінює висоту імпульсу і тому вносить похибку в результат вимірювання, отже є небажаним.

Висота імпульсів пропорційна відповідній енергії випромінювання, котра залежить від довжини хвилі та шляху проходження, а різниця між висотами імпульсів несе інформацію про об'єкт, що аналізується.

В залежності від схеми обробки сигналів висоти імпульсів порівнюються різними способами і таким чином виділяється вимірювальна інформація. Але, якою б не була схема обробки інформації, в будь-якому випадку необхідно вимірювати висоти імпульсів. При цьому необхідно врахувати, що вимірювання не може проводитися безпосередньо на виході приймача випромінювання через малий рівень вихідного сигналу. Підсилення ж всього імпульсу недоцільно через те, що вимірювальна інформація зосереджена в різниці висот опорного та вимірювального імпульсів ΔU , котра може складати лише частку або одиниці відсотку висоти імпульсу. Тому нижня частина імпульсів в чутливих приладах повинна бути відрізаною на однаковому рівні U_1 (див. рис. 6) і підсилюється тільки частина імпульсів, котра знаходиться вище рівня U_1 (на рис. 6 заштрихована). Інакше просто неможливо отримати високе підсилення сигналу через обмеженості динамічного діапазону каналу підсилення.

Таким чином похибка, яка виникає при виділенні вимірювальної інформації, а саме визначенні ΔU , великою мірою спричинена похибкою сканування.

Висновки

Джерелом похибки сканування є поступова зміна положення вікна обтюратора до перерізу оптичного каналу, що призводить до створення форми імпульсу, котрий несе інформацію про розмір фізичної величини, котра вимірюється.

Можуть бути запропоновані різні шляхи вирішення цієї проблеми, наприклад вибір оптимальної форми перерізу каналу передачі випромінювання та вікон обтюратора, зміна коефіцієнта передачі вимірювального тракту в залежності від положення обтюратора, обробка вимірювального сигналу за спеціальними алгоритмами тощо.

Подальший розгляд проблеми зменшення похибки сканування передбачає вивчення величин відносної, абсолютної похибок, середнього та амплітудного значення при отриманні вимірювальної інформації, а також розгляду динаміки вище згаданих похибок при різних формах вимірювальних сигналів.

Література

1. Р.Т. Франко, Б.Г. Кадук, А.А. Кравченко. Газоаналитические приборы и системы. – М.:

- Машиностроение, 1983.
2. А.А. Харкевич. Спектры и анализ. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.
 3. И.С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Советское радио, 1977.
 4. С.И. Баскаков. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2002.

<p>Майстренко В.Н., Михаленок А.Д. Погрешность сканирования obturatorных приборов.</p> <p>Проведены исследования инструментальной погрешности obturatorных приборов (погрешности сканирования), которая обусловлена изменением конфигурации измерительного оптического канала, связанным с наличием obturatorа, постоянно и постепенно изменяющего положение окна, пропускающего оптический информативный параметр. Определены источники погрешности, влияние формы сигналов. Даны некоторые рекомендации по уменьшению погрешности сканирования.</p>	<p>Maystrenko V.N., Mihalenok A.D. Fault of scanning of obturator devises.</p> <p>Studies have been conducted on the fault of obturator devises (fault of scanning), which has been preconditioned by configuration changes of measuring optical channel. The channel has been connected with obturator, which constantly is changing the position of the opening. The opening passing the optical informative parameter. The sources of the fault and the influence have been of the forms of signals detected. Certain recommendation on decrease of the scan fault has been provided.</p>
--	---

Надійшло до редакції
21 червня 2003 року

УДК 534.232.4

ПРОСТОРОВА ЕНЕРГОСИЛОВА СТРУКТУРА П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Мусієнко М.П., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

У статті описана просторова енергосилова структура п'єзокерамічних перетворювачів, яка враховує взаємне розташування трьох векторів – вектора поляризації, прикладеної сили та напруженості електричного поля вихідного сигналу

Вступ. Постановка проблеми в загальному вигляді

Для виміру фізичних величин широке застосування знайшли п'єзокерамічні перетворювачі (ПП). Їх використовують для виміру сили, динамічного та статичного тиску, лінійних та вібраційних прискорень, в'язкості та ін. ПП мають високу чутливість та твердістю (незначна деформація при навантаженні), малі габарити та масу, високу заводо захищеність, малий рівень власних шумів, підвищену радіаційну стійкість, технологічність виготовлення тощо. Вони застосовуються в автоматиці, системах керування, приладах контролю технологічних процесів та навколишнього середовища, в ядерних, теплових та хімічних установках, в літальних апаратах та морських об'єктах та ін. [1,2].

П'єзоелемент є системою з розподіленими параметрами з яскраво вираженою анізотропією, тому його аналіз є складною задачею. Існує декілька методів