



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76222 (13) C2

(51) МПК (2006)

G01H 1/00

G01H 11/00

G01L 1/00

G01N 3/40

G01N 3/32

G01N 22/00

G01N 29/024 (2006.01)

G01N 29/04

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 11/16 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ

1

(21) 20040503592

(22) 13.05.2004

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Дупак Максим Михайлович, Кострицький Валерій Всеволодович

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДИЗАЙНУ

(56) SU 781599, 23.11.1980

SU 1000899, 28.02.1983

SU 1288589, 07.02.1987

RU 2224249, 20.02.2004

UA 53238, 11.04.2002

(57) Пристрій для вимірювання фізико-механічних властивостей матеріалів, що містить частотомір для підрахунку кількості імпульсів, з'єднаний з формувачем імпульсу запуску, який відрізняється тим, що додатково містить послідовно з'єднані генератор гармонічних коливань, перший підсилювач коливань, п'єзовипромінювач, п'єзоприймач, другий підсилювач коливань та фільтр смуги, перший компаратор, з'єднаний з генератором гармонічних коливань, другий компаратор, з'єднаний з

2

фільтром смуги, D-тригер, генератор калібруючих імпульсів, чотири елементи ТА і елемент АБО, перший та другий компаратори з'єднані виходами з прямими входами першого елемента ТА, з інверсними входами елемента АБО та з інверсними входами другого елемента ТА, прямий вихід першого елемента ТА з'єднано з інформаційним D-входом D-тригера та з прямим входом третього елемента ТА, прямий вихід D-тригера з'єднано з інверсним входом третього елемента ТА, прямий вихід третього елемента ТА з'єднано з синхронним C-входом D-тригера, прямі входи четвертого елемента ТА з'єднані з прямими входами елемента АБО, D-тригера, та генератором каліброваних імпульсів, прямий вихід четвертого елемента ТА з'єднано з частотоміром для підрахунку кількості імпульсів, прямий вхід другого елемента ТА з'єднано з прямим виходом D-тригера, вхід частотоміру для підрахунку кількості імпульсів з'єднано з прямим виходом другого елемента ТА, синхронний C-вхід D-тригера з'єднано із формувачем імпульсу запуску.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки, а саме до пристроїв для вимірювання фізико-механічних властивостей матеріалів.

Відомий пристрій для виміру демпфуючих властивостей матеріалів при вільних обертових коливаннях [авт. свід. СССР №2599628/28 кл. G01H 1/10 1978р.], що містить частотомір для підрахунку кількості імпульсів, блок керування,

освітлювач складений з оптично зв'язаного джерела світла та дзеркала, яке закріплене на об'єкті дослідження, блок зчитування, який містить три фотоелектричних приймача встановлених у фіксованих точках відносно положення рівноваги та оптично зв'язаних з дзеркалом, блок керування підключений до виходів фотоелектричних приймачів.

(13) C2

(11) 76222

(19) UA

Даний пристрій працює таким чином, що для визначення періоду та декременту згасань коливань необхідна ручна обробка даних, отриманих при вимірюванні, що потребує значних затрат часу та обмежує точність вимірювань.

Відомий також пристрій для вимірювання фізико-механічних властивостей матеріалів [авт. свід. СССР №781599 кл. G01H 1/10 1980р.], що містить частотомір для підрахунку кількості імпульсів та формувач імпульсу запуску. Відомий пристрій дозволяє вимірювати демпфуючі властивості матеріалів при вільних обертових коливаннях і додатково містить елемент, що оптично зв'язаний з елементом (датчиком амплітуди), у якому присутні вимірювальна лінійка та фотодатчики запуску, також блок вимірювань декримента згасання та періоду коливань, керуючий блок, та послідовно підключену до нього схему запуску з трьома виходами, формувач імпульсів виміру періоду коливань, підключеного виходами відповідно до трьох фотоелектричних приймачів, симетричний трьох входний тригер, першим входом з'єднаний з виходом формувача декременту згасань, другим входом з виходом блоку вимірювань коливань, та третім входом з першим виходом формувача імпульсів запуску, схеми вимірювань декременту згасань та підрахункову декаду, що підключено відповідно до першого та другого виходів трьох входного тригера, до входів керування електронно-підрахункового частотоміру подано виходи схеми вимірювань декримента згасань, підрахункової декади, другий та третій виходи схеми запуску.

Визначення демпфуючих властивостей матеріалів за допомогою відомого пристрою - аналогу основане на вимірюванні декременту згасань через підрахунок повних періодів вільних коливань за час згасання на задану величину, відповідно до формули:

$$\Delta = \frac{1}{N} \ln \frac{A_n}{A_{n+N}} \quad (1)$$

де Δ - декремент згасань; N - кількість повних коливань, за час коли співвідношення амплі-

туд $\frac{A_n}{A_{n+N}}$ складає $e \approx 2.71$ (основу натурального логарифму).

Даний пристрій дає можливість автоматично визначити декремент згасань та період коливань, це дає змогу значно скоротити час затрачений на вимірювання, але при цьому точність вимірювань із збільшенням декременту згасань зменшується. При реалізації вимірювань за формулою (1), точність визначення значень декременту згасань залежить від точності фіксування кількості коливань N . При $N < 10$ точність у визначенні числа коливань (приблизно $(0.5-1) N$) призводить до похибки значення декременту згасань у 10-15%, що ускладнює використання відомого пристрою у дослідженнях матеріалів, демпфуючі властивості яких відрізняються один від одного у 10-100 разів, в залежності від зовнішніх умов, наприклад, у дослідженнях рідин, що мають великі значення декременту згасань, або у дослідженнях полімерів, у яких в області певних температур відбуваються

структурні переходи.

Задачею винаходу є створення такого пристрою для вимірювання фізико-механічних властивостей матеріалів, в якому шляхом введення нових елементів та їх зв'язків, забезпечилось би підвищення точності вимірювань та розширення функціональних можливостей.

Поставлена задача досягається тим, що пристрій для вимірювання фізико-механічних властивостей матеріалів, що містить частотомір для підрахунку кількості імпульсів з'єднаний з формувачем імпульсу запуску, згідно з винаходом, додатково містить послідовно з'єднані генератор гармонічних коливань, перший підсилювач коливань, п'єзовипромінювач, п'єзоприймач, другий підсилювач коливань та фільтр смуги, перший компаратор з'єднаний з генератором гармонічних коливань, другий компаратор з'єднаний з фільтром смуги, D-тригер, генератор калібруючих імпульсів, чотири елементи ТА і елемент АБО, перший та другий компаратори з'єднані виходами з прямими входами першого елементу ТА, з інверсними входами елементу АБО та з інверсними входами другого елементу ТА, прямий вихід першого елементу ТА з'єднано з інформаційним D-входом D-тригера та з прямим входом третього елементу ТА, прямий вихід D-тригера з'єднано з інверсним входом третього елементу ТА, прямий вихід третього елементу ТА з'єднано з синхронним C-входом D-тригера, прямі входи четвертого елементу ТА з'єднані з прямими виходами елементу АБО, D-тригера, та генератором каліброваних імпульсів, прямий вихід четвертого елементу ТА з'єднано з частотоміром для підрахунку кількості імпульсів, прямий вхід другого елементу ТА з'єднано з прямим виходом D-тригера, вхід частотоміру для підрахунку кількості імпульсів з'єднано з прямим виходом другого елементу ТА, синхронний C-вихід D-тригера з'єднано із формувачем імпульсу запуску.

Введення генератору гармонічних коливань, послідовно з'єданого з першим підсилювачем коливань, п'єзовипромінювачем, п'єзоприймачем, другим підсилювачем коливань та фільтром смуги, першого компаратора та другого компаратора, D-тригера, генератора калібруючих імпульсів, чотирьох елементів ТА і елементу АБО, та їх зв'язків дозволяє здійснити пряме, безпосереднє визначення тангенсу кута механічних втрат з наперед заданою точністю, придатне для роботи у широкому частотному діапазоні з визначенням довільних значень кутів механічних втрат, що забезпечує підвищення точності вимірювань та розширення функціональних можливостей пристрою.

Відомо, що декремент згасання коливань при дослідженнях методом вільних коливань можна легко зв'язати з величиною тангенсу кута механічних втрат за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta / \pi \quad (2)$$

де $\operatorname{tg} \alpha$ - тангенс кута механічних втрат. За умов використання винаходу можна компенсувати можливу похибку при непрямому визначенні кута втрат, яка стає суттєвою при малих кутах і як наслідок, виникає гостра потреба у визначенні $\operatorname{tg} \alpha$ з великою точністю.

Винахід використовує пряме визначення кута

втрат матеріалу з допомогою підрахунку кількості послідовних еталонних імпульсів, формованих імпульсів визначеної тривалості, які можуть бути визначені з достатньо високою точністю.

$$\alpha = N t_{\text{кал}} \quad (3)$$

де N - кількість імпульсів нарахованих частотоміром, $t_{\text{кал}}$ - тривалість каліброваних імпульсів. В свою чергу пристрій придатний для роботи у широкій смузі частот та у діапазоні кутів механічних втрат ($0 - 2\pi$) що дозволяє проводити дослідження широкого спектру матеріалів легкої промисловості.

На Фіг.1 зображено структурну електричну схему пристрою; Фіг.2 - форма опорного сигналу та зміщеного за фазою гармонічного сигналу відносно опорного, часова діаграма роботи пристрою у випадку відставання сигналу на виході з об'єкту контролю відносно сигналу генератора гармонічних коливань.

Пристрій включає послідовно з'єднані генератор гармонічних коливань - 1, перший підсилювач коливань - 2, п'єзовипромінювач - 3, п'єзоприймач - 4, другий підсилювач коливань - 5, фільтр смуги - 6, другий компаратор - 7 з'єднаний з фільтром смуги, перший компаратор - 8 з'єднаний з генератором гармонічних коливань, перший елемент ТА - 9, третій елемент ТА - 10, D-тригер - 11, елемент АБО - 12, генератор калібруючих імпульсів - 13, четвертий елемент ТА - 14, частотомір для підрахунку кількості каліброваних імпульсів - 15, другий елемент ТА - 16, формувач імпульсу запуску - 17 з'єднаний з частотоміром для підрахунку кількості каліброваних імпульсів, матеріал, що досліджується - 18, перший та другий компаратори з'єднані виходами з прямими входами першого елементу ТА, з інверсними входами елементу АБО та з інверсними входами другого елементу ТА, прямий вихід першого елементу ТА з'єднано з інформаційним D-входом D-тригера та з прямим входом третього елементу ТА, прямий вихід D-тригера з'єднано з інверсним входом третього елементу ТА, прямий вихід третього елементу ТА з'єднано з синхронним C-входом D-тригера, прямі входи четвертого елементу ТА з'єднані з прямими входами елементу АБО, D-тригера, та генератором каліброваних імпульсів, прямий вихід четвертого елементу ТА з'єднано з частотоміром для підрахунку кількості імпульсів, прямий вхід другого елементу ТА з'єднано з прямим виходом D-тригера, вхід частотоміру для підрахунку кількості імпульсів з'єднано з прямим виходом другого елементу ТА, синхронний C-вхід D-тригера з'єднано із формувачем імпульсу запуску.

Прилад працює таким чином.

На початковому етапі роботи приладу формувачем імпульсу запуску 17 короткочасно подають сигнал логічної "1" на синхронний вхід D-тригера 11, та встановлюють частотомір 15 у положення початку відліку, подаючи імпульс на вхід "Сброс". Синхронний вхід D-тригера 11 є прямим, тобто D-тригер працює за першим фронтом синхроімпульсу. Оскільки на початковому етапі роботи схеми на інформаційному D-вході тригера присутній сигнал логічного "0", на виході D-тригера

11 встановлено сигнал логічного "0".

П'єзовипромінювачем 3, що живиться від генератора гармонічних коливань 1 через перший підсилювач коливань 2, у матеріалі дослідження збуджують акустичні коливання (див. Фіг.1). Акустичні коливання об'єкту контролю приймаються п'єзоприймачем 4 та підсилюються другим підсилювачем коливань 5. Через фільтр смуги 6 гармонічний сигнал приходить на вхід другого компаратора 7. На вхід першого компаратора 8 подано гармонічний сигнал від генератора гармонічних коливань 1. Компаратори 7 та 8 налаштовано на роботу відносно нульового рівня інформаційного сигналу. Отже за умов миттєвого значення гармонічного сигналу на вході компараторів більших за нульове, стан виходу компараторів визначає логічну "1", при досягненні гармонічним сигналом миттєвого значення менше за нульове, стан виходу компараторів буде змінено на значення логічного "0". Поріг дискримінації компараторів 7 та 8 (ΔU_1 та ΔU_2) встановлюють опорами відповідно R_1 та R_2 (див. Фіг.2). За умов подання на вхід першого елементу ТА 9 сигналів виходу компараторів 7 та 8 рівних логічній "1", на прямому виході першого елементу ТА 9 встановлюється значення логічної "1", сигнал якої подано на D-вхід D-тригера 11 та на прямий вхід третього елементу ТА 10. Оскільки формувачем імпульсу запуску 17 стан прямого виходу D-тригера 11 встановлено значення логічного "0", на прямому виході третього елементу ТА 10 встановлене значення логічної "1", тобто на синхронний вхід D-тригера 11 подано сигнал запису. Сигнал логічної "1" надходить на D-вхід D-тригера 11 від першого елементу ТА 9. Стан прямого виходу D-тригера 11 змінюється на значення логічної "1". Прямий вихід D-тригера 11 значенням логічної "1" закриває третій елемент ТА 10 і "припиняє" надходження синхроімпульсу на синхронний C-вхід D-тригера 11. Таким чином у подальшому D-тригер 11 зберігає на прямому виході значення логічної "1" при будь-яких сигналах на інформаційному вході "D".

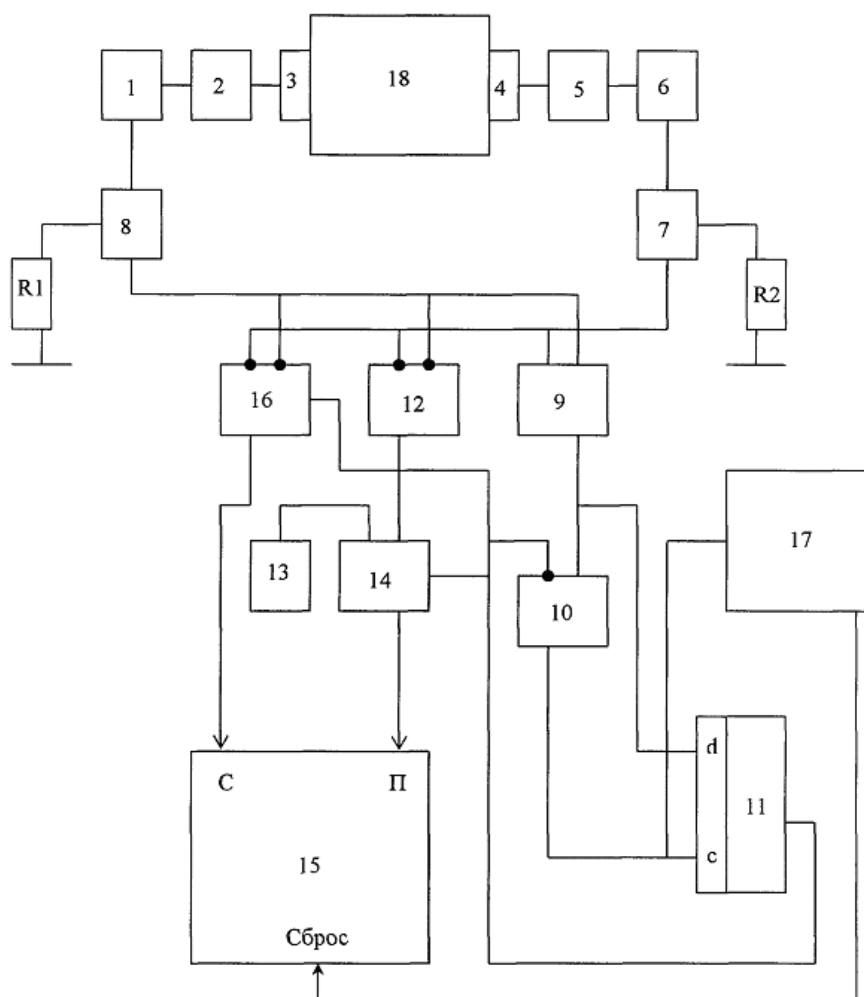
Зафіксовано момент часу, за яким сигнали компараторів 7 та 8 однаково рівні логічній "1". За умов фазового зсуву гармонічних сигналів, по чергово логічні "1" перетворюються на логічні "0". Отже час, що буде витрачений на таке перетворення і буде рівним фазовому зсуву. Момент, коли один з сигналів обертається на логічний "0" фіксує елемент АБО 12. Входи елементу АБО 12 інверсні, та коли один, або декілька сигналів від компараторів 7 та 8 відповідно будуть мати значення логічного "0", на виході елементу АБО 12 буде встановлено сигнал значенням логічної "1". Таким чином, якщо D-тригер 11 визначає на прямому виході логічну "1" та на прямий вхід четвертого елементу 14 подано калібровані імпульси від генератора каліброваних імпульсів 13, до частотоміру 15 подано калібровані імпульси, частотомір 15 знаходиться у режимі підрахунку кількості каліброваних імпульсів.

За умов обернення сигналів від компараторів 7 та 8 на значення логічного "0", та наявності сигналу логічної "1" на прямому виході D-тригера 11, другий елемент ТА 16 подає на частотомір 15 ім-

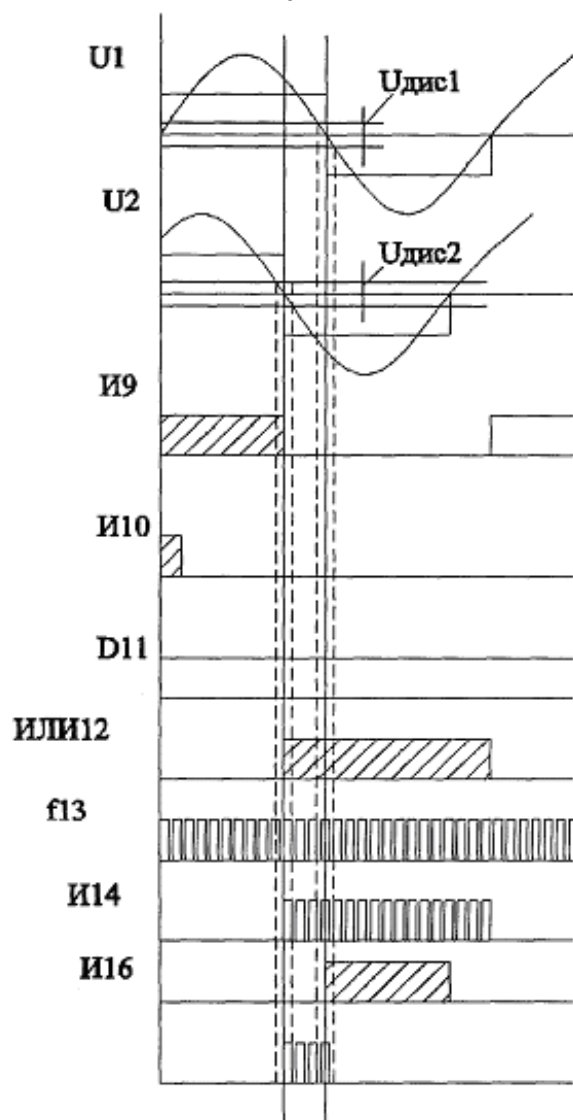
пульс зупинки підрахунку кількості каліброваних імпульсів генератору каліброваних імпульсів 13.

Принцип роботи пристрою пояснює діаграма

(див. Фіг.2). Змінюючи тривалість каліброваних імпульсів можна зменшувати, або збільшувати похибку вимірювань.



Фіг. 1. Структурна електрична схема пристрою



Фіг. 2. Часова діаграма роботи пристрою у випадку відставання сигналу на виході з об'єкту контролю відносно сигналу генератора гармонічних коливань