УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 131131** **(13) C2**

(51) МПК
G01D 5/14 (2006.01)
G01P 3/481 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2024 04665**
(22) Дата подання заявки: **30.03.2023**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **13.08.2026**
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **22166892.4**
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **06.04.2022**
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: **EP**
(41) Публікація відомостей про заявку: **04.12.2024, Бюл.№ 49**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **12.08.2026, Бюл.№ 32**
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору PCT: **PCT/IB2023/053187, 30.03.2023**

(72) Винахідник(и):
Варга Растіслав (SK)
(73) Володілець (володільці):
РВМАГНЕТІКС, А.С.,
Němcovej 30, 042 18 Košice, Slovakia (SK)
(74) Представник:
Кістерський Кирило Арсенійович, реєстр. №207

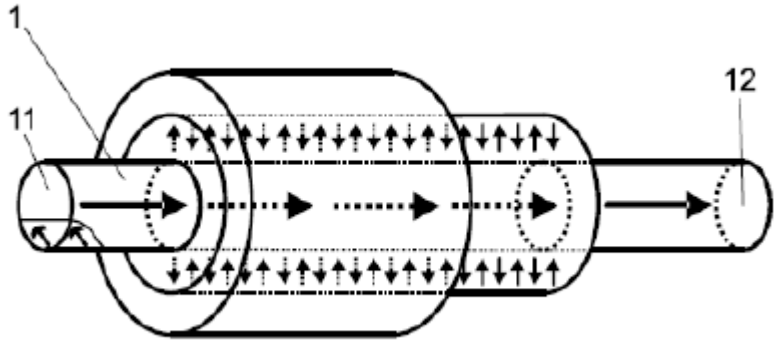
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
GB 2071336 A, 16.09.1981
US 6084400 A, 04.07.2000
GB 2073428 A, 14.10.1981

UA 131131 C2

(54) СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ ТА/АБО ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МАГНІТНОГО ПРОВІДНИКА З ДВОМА СТІЙКИМИ СТАНАМИ, СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ

(57) Реферат:

Система для вимірювання фізичних величин та/або для вимірювання положення з магнітним провідником (1) з двома стійкими станами, яка містить збуджувальний елемент (2) для створення магнітного поля та чутливий елемент (3). У межах дії магнітного поля збуджувального елемента (2) розташований магнітний провідник (1) з двома стійкими станами, що має перший кінець (11) і розташований протилежно другий кінець (12). Магнітний провідник (1) з двома стійкими станами розрахований на намагнічування одним стрибком Баркгаузена з першого кінця (11) до другого кінця (12) або навпаки, при цьому збуджувальний елемент (2) і магнітний провідник (1) з двома стійкими станами розташовані в такому взаємному положенні, у якому магнітне поле є асиметричним для магнітного провідника (1) з двома стійкими станами, причому амплітуда магнітного поля, збуджуваного збуджувальним елементом (2) на першому кінці (11), відрізняється від амплітуди магнітного поля, збуджуваного збуджувальним елементом (2) на другому кінці (12). Асиметрія магнітного поля створена за рахунок взаємного асиметричного розташування збуджувального елемента (2) та магнітного провідника (1) з двома стійкими станами та/або за рахунок асиметричної конструкції збуджувального елемента (2).



Фіг. 1

Галузь техніки

Цей винахід стосується композиції збуджувального елемента і магнітного провідника з двома стійкими станами, причому зазначена композиція підготовлена для вимірювання різних фізичних величин та/або вимірювання положення магнітного провідника з двома стійкими станами. Новизна зазначеної системи та способу полягає, головним чином, у спеціальному асиметричному положенні магнітного поля збуджувального елемента та власне магнітного провідника з двома стійкими станами, завдяки чому значно покращена цінність інтерпретації виміряних вихідних даних.

Рівень техніки

Магнітні елементи з двома стійкими станами застосовують для вимірювання різних фізичних величин і положення, причому зазначений магнітний елемент з двома стійкими станами утворений пасивним елементом, який своїм намагнічування реагує на зміну положення в магнітному полі або на зміну фізичної величини.

Сплав, магнітні властивості якого мають два стійкі стани, і мікропровідник з цього сплаву описані, наприклад, у документі GB2374084A. Вказаний мікропровідник здатний реагувати на різні фізичні величини, але оцінка реакції є проблемною, оскільки відомі з попереднього рівня техніки магнітні елементи з двома стійкими станами можуть мати складні магнітні впливи, коли намагнічування відбувається в декількох доменах всередині одного мікропровідника, а не одним стрибком. Відомі також застосування магнітних провідників з двома стійкими станами для вимірювання положення, вимірювання кутів та вимірювання обертання.

Збудження магнітного провідника з двома стійкими станами, намотаного на осердя, роз'яснене в документі US4484090A. Це технічне рішення не дозволяє оцінювати фізичні величини. Деякі магнітні дії магнітного елемента з двома стійкими станами описані в документі JPH03252577A, що, однак, не вирішує проблеми з інтерпретацією вимірюваних нелінійних значень.

У документах DE2817169A1, DE3427582A1, SU1753425A1 описані системи з провідником Віганда, що має певний рівень двох стійких магнітних станів, причому ці системи служать для визначення наближення магнітного елемента з двома стійкими станами до датчика. Через таке компонування неможливо вимірювати значення фізичних величин у безпосередній близькості від магнітного елемента з двома стійкими станами.

Згідно з документом EP0484716A1 в датчику положення або датчику обертання застосовують провідник Віганда, до якого наближаються постійні магніти, що обертаються. Датчик реагує лише на зміни магнітного поля, він не забезпечує оцінку розміру фізичних величин.

Згідно з документом DE4107847C1 датчик Віганда дозволяє безконтактно передавати інформацію про замикання перемикача, який може реагувати на зміну фізичної величини, такої як температура, тиск, прискорення, але для цього необхідний відповідний датчик, за допомогою якого будуть здійснювати управління перемикачем, тобто фізичну величину не вимірюють за допомогою власне магнітного елемента із двома стійкими станами.

Потрібно нове невідоме технічне рішення, яке, при простоті своєї конструкції, поліпшить можливість інтерпретації при вимірюванні різних фізичних величин, причому забезпечить усунення завад і вплив вторинних явищ. Сам магнітний елемент з двома стійкими станами має реагувати на зміни фізичної величини, що підлягає вимірюванню, а також формувати відгук, який безконтактним способом передають на приймальний елемент.

Сутність винаходу

Згадані недоліки значною мірою усунуті системою для вимірювання фізичної величини та/або для вимірювання положення, яка має у своєму складі магнітний провідник з двома стійкими станами, причому зазначена система містить збуджувальний елемент для створення магнітного поля, в межах якого розташований магнітний провідник з двома стійкими станами. Магнітний провідник з двома стійкими станами має перший кінець і розташований протилежно другий кінець, тобто він не намотаний у вигляді спіралі або котушки, при цьому зазначений магнітний провідник з двома стійкими станами розрахований на намагнічування одним фронтом стрибка Баркгаузена від першого кінця до другого кінця або навпаки, відповідно до даного винаходу, сутність якого полягає в тому, що збуджувальний елемент і магнітний провідник з двома стійкими станами розташовані в такому взаємному положенні, при якому величина магнітного поля, збудженого збуджувальним елементом на першому кінці, відрізняється від величини магнітного поля, збудженого збуджувальним елементом на другому кінці. Магнітне поле на першому кінці і на другому кінці відрізняється в кожний момент часу при ненульовому збудженні, відповідно, у будь-який заданий момент збудження є динамічним за часом. Система

також містить приймальний елемент для отримання відгуку від магнітного провідника з двома стійкими станами.

Терміни перший і другий у цьому документі застосовують для роздільного позначення двох кінців, і вони є взаємозамінними, тому терміни перший і другий не виражають першість або важливість відповідного кінця магнітного провідника з двома стійкими станами.

Магнітне поле, що відрізняється на кінцях в заданий момент часу, при збудженні призводить до асиметричного магнітного поля, яке, спільно з намагнічуванням одним стрибком Баркгаузена, забезпечує можливість відтворюваної інтерпретації результатів вимірювань. Для вимірювальних пристроїв, які застосовують на практиці, важливо, щоб на поведінку магнітного провідника з двома стійкими станами в основному впливали вимірювана величина або вимірюване положення, і щоб інші фактори, включаючи впливи більш складних магнітних властивостей магнітного провідника з двома стійкими станами, були незначними або, щонайменше могли бути ідентифіковані таким чином, який дозволить вносити поправки під час оцінки початкових даних.

Для забезпечення асиметрії взаємного положення поля збудження та магнітного провідника з двома стійкими станами у величинах магнітного поля на першому кінці та на другому кінці достатньо відмінності в 5 %, переважно 10 %, особливо переважно більше 25 %. Це сприяє тому, що намагнічування відбувається за один стрибок у межах усього провідника від одного кінця до іншого. Якби намагнічування відбувалося в межах низки окремих доменів по довжині провідника, то виміряний відгук міг би включати низку окремих впливів, що істотно погіршує можливість інтерпретації вимірювання. Надалі неможливо виявити залежність виміряних даних, що скорочує можливості застосування магнітного провідника із двома стійкими станами. Метою цього винаходу є досягнення ефективного, а значить повного, реального намагнічування з двома стійкими станами, причому доменна структура магнітного провідника з двома стійкими станами не складається з безлічі доменів, що в іншому випадку могло б призводити до намагнічування за рахунок переміщення безлічі доменів в межах одного провідника. Вимірювання магнітного провідника з двома стійкими станами з декількома доменами за його довжиною можна порівняти з вимірюванням декількох окремих магнітних провідників з двома стійкими станами в одному полі збудження, що призводить до того, що результат вимірювання являє собою суму окремих відгуків, які неможливо надійно ідентифікувати, і тому сумарний вектор відгуку непридатний для використання на практиці.

Для створення асиметричного магнітного поля можуть бути застосовані кілька технічних рішень, причому правильний вибір відповідної конструкції також залежатиме від конкретної величини, що підлягає вимірюванню, або від положення. В принципі, за допомогою системи за цим винаходом можна вимірювати температуру, тиск/натягування, магнітне поле. На підставі цих базових величин можна побічно вимірювати цілу низку інших фізичних величин, а також різні позиційні співвідношення, можна визначати наявність магнітних провідників з двома стійкими станами та їх взаємне положення, параметри електричного струму можуть бути виміряні шляхом вимірювання магнітного поля на провіднику, а положення і лінійна подача в магнітному полі Землі, або вигин і напруга кручення, або потік рідини чи газу можуть бути виміряні на підставі вимірювання подовження у відповідному напрямку.

Вимірювання змін магнітного поля дозволяє виявляти зміну положення, зміну при обертанні магнітного провідника з двома стійкими станами або носія, на якому встановлений магнітний провідник з двома стійкими станами, а також дозволяє вимірювати відносне положення щодо іншого об'єкта, який несе на собі збуджувальний елемент. На цій основі можна сконструювати датчики положення, датчики повороту, кінцеві датчики, датчики наближення магнітного об'єкта або носія з магнітним об'єктом, датчики абсолютного положення щодо магнітного поля Землі тощо.

Для вимірювання відгуку може бути застосована антена збуджувального елемента, або, що краще, система містить окремий приймальний елемент, наприклад, у вигляді котушки. У цьому випадку збуджувальним елементом може бути первинна обмотка, а приймальний елемент буде утворений вторинною обмоткою. Зазначена вторинна обмотка може бути підключена до підсилювача та обчислювального блоку. Приймальний елемент може бути розташований співвісно з положенням магнітного провідника з двома стійкими станами або вони можуть перебувати в іншому взаємному розташуванні так, щоб забезпечувати досяжність для прийому відгуку.

Прийнятним є варіант здійснення, в якому магнітний провідник з двома стійкими станами має форму мікропровідника діаметром менше 50 мкм, переважно менше 25 мкм, особливо переважно менше 15 мкм. Саме при діаметрах осердя менше 15 мкм та при відповідному складі аморфного металевого сплаву зникає радіальна магнітна структура, що пов'язано з процесом

волочіння дроту з одночасним швидким, як правило, водяним охолодженням. Завдяки цьому магнітний провідник з двома стійкими станами поводиться як такий, що має два повністю стійкі стани, тобто фактично має два стійкі стани по всій довжині провідника, а стінка домену при намагнічуванні продовжується від першого кінця до другого кінця, а не є окремою в межах декількох окремих зон за довжиною провідника. Також було виявлено, що потрібно, щоб довжина магнітного провідника з двома стійкими станами щонайменше у 100 разів, переважно щонайменше у 10 000 разів перевищувала діаметр магнітного провідника з двома стійкими станами, з чого випливає, що це буде провідник малого діаметра, який ми також можемо називати мікропровідником.

Типова конструкція магнітного провідника з двома стійкими станами включає в себе аморфне металеве осердя і оболонку, наприклад скляну оболонку, зовнішній діаметр якої перевищує діаметр металевого осердя не більше ніж в три рази. Товщина скляної оболонки може становити від 1 до 20 мкм. Скляна оболонка, поверхневий шар скла, захищає металеве осердя від електричного контакту з навколишнім середовищем, від агресивного хімічного середовища, завдяки чому магнітний провідник з двома стійкими станами має дуже універсальні можливості застосування, наприклад, безпосередньо в обмотках електродвигуна або всередині будівельних матеріалів, всередині людського тіла тощо. В принципі, також є можливим використання магнітного провідника з двома стійкими станами без навколишньої оболонки, або також є можливим застосування оболонки з іншого матеріалу, що відрізняється від скла.

Була підтверджена прийнятність магнітного збудження трикутним сигналом, зазвичай симетричним трикутним сигналом, що спрощує оцінку вимірюваного сигналу, як описано у попередніх публікаціях авторів даного винаходу. З цією метою система за цим винаходом розрахована на підключення до елемента живлення, елемента управління і обчислювального елемента. Згідно з командою від елемента управління, елемент живлення подає енергію на збуджувальний елемент, налаштований на отримання трикутного сигналу збудження. Обчислювальний елемент запитує та аналізує дані відгуку, отриманого від магнітного провідника з двома стійкими станами.

Асиметрія поля збудження може бути досягнута за рахунок того, що елемент збудження, який наводить практично симетричне поле, розташований асиметрично відносно магнітного провідника з двома стійкими станами. Як показано на Фіг. 3, асиметрія положення гарантує, що перший кінець магнітного провідника з двома стійкими станами перебуває в сильнішому магнітному полі, ніж другий кінець, і тому магнітний провідник з двома стійкими станами завжди буде намагнічений зі зміщенням однієї стінки домену, яка перебуває в більш сильному полі. Асиметрія положення може бути досягнута шляхом завдання відносного просторового розташування. У той же час котушка збуджувального елемента і магнітний провідник з двома стійкими станами можуть бути розташовані співвісно, тобто з поздовжніми осями, що збігаються або є орієнтованими паралельно.

Асиметрія магнітного поля, що збуджується, може бути забезпечена конструкцією збуджувального елемента з нерівномірним намотуванням котушки, наприклад, з різним кроком або з різною кількістю витків на першому кінці або на другому кінці. В результаті така конструкція збуджувального елемента забезпечує різну величину магнітного поля на кінцях збуджувального елемента або на певній відстані від цих кінців. У такому разі взаємне розташування збуджувального елемента та магнітного провідника з двома стійкими станами може бути просторово симетричним, але перший кінець і другий кінець магнітного провідника з двома стійкими станами будуть перебувати у магнітному полі різної величини.

Визначення, що описує взаємне положення збуджувального елемента і магнітного провідника з двома стійкими станами згідно з першим пунктом формули винаходу, також включає в себе симетричне взаємне положення, якщо зазначений збуджувальний елемент формує асиметричне магнітне поле. Визначення за першим пунктом формули винаходу виражає взаємне розташування, яке може бути досягнуто декількома способами або за допомогою різних поєднань технічних засобів та відносного просторового розташування. Під асиметрією магнітного поля, яка є важливою для досягнення ефектів за цим винаходом, завжди мають на увазі співвідношення величини магнітного поля на першому кінці і на другому кінці. Асиметрію магнітного поля, що збуджується, можна також забезпечити, додавши елемент, що екранує, або додавши до первинної обмотки збуджувального елемента ще одну, вторинну обмотку. У такому випадку взаємне положення збуджувального елемента і магнітного провідника з двома стійкими станами також може виглядати просторово симетричним, але необхідна асиметрія магнітного поля на першому кінці і на другому кінці буде присутня.

У всіх варіантах асиметрії магнітного поля збуджувальний елемент може бути розташований співвісно з магнітним провідником з двома стійкими станами або може бути розташований поруч із магнітним провідником з двома стійкими станами. У більшості застосувань передбачено, що поздовжня вісь магнітного поля, створюваного збуджувальним елементом, буде практично паралельна поздовжній осі магнітного провідника з двома стійкими станами, але, в принципі, можливе й інше кутове положення, наприклад, коли поздовжня вісь збуджувального елемента відхилена від поздовжньої осі магнітного провідника із двома стійкими станами в межах 30 градусів.

Недоліки, властиві попередньому рівню техніки, усунені в способі вимірювання фізичної величини та/або вимірювання положення за допомогою магнітного провідника з двома стійкими станами, в якому збуджувальний елемент формує змінне магнітне поле, при цьому в зону дії магнітного поля, що збуджується, поміщають щонайменше один магнітний провідник з двома стійкими станами, який при зміні магнітного поля намагнічується одним фронтом стрибка Баркгаузена від першого кінця до другого кінця або навпаки, і в якому далі відгук магнітного провідника з двома стійкими станами сприймає чутливий елемент за цим винаходом, сутність якого полягає в тому, що збуджувальний елемент і магнітний провідник з двома стійкими станами перебувають у такому взаємному розташуванні, при якому величина магнітного поля, збудженого збуджувальним елементом, на першому кінці відрізняється від величини магнітного поля, збудженого збуджувальним елементом, на другому кінці. Визначення відмінності величини магнітного поля на кінцях може бути пояснено тим фактом, що цю відмінність застосовують у статичному стані, коли не фіксують зміну положення магнітного провідника з двома стійкими станами, навіть якщо зазначений магнітний провідник з двома стійкими станами може переміщатися щодо збуджувального елемента (наприклад, при вимірюванні тиску в шині, що обертається). Це означає, що на момент намагнічування кінці магнітного провідника з двома стійкими станами перебувають у магнітному полі різної величини. У разі вимірювання зміни положення магнітного провідника з двома стійкими станами, наприклад, під час вимірювання лінійного положення, у момент намагнічування кінці магнітного провідника з двома стійкими станами перебувають в магнітному полі різної величини, і в той же час існує відмінність магнітних полів, зумовлена переміщенням, яке і є предметом вимірювання.

При цьому бажано, щоб магнітне поле мало трикутну форму, особливо переважно - симетричну трикутну форму, й була здійснена оцінка часу локального максимуму та часу локального мінімуму відгуку магнітного провідника з двома стійкими станами, які, по суті, є значеннями часу намагнічування магнітного провідника з двома стійкими станами. Сума цих часів є параметром, який виражає залежність виміряної величини або положення, причому інші фактори, що не підлягають вимірюванню, і шум є пригніченими. Це покращує можливість інтерпретації виміряних даних, а також прискорює їхню оцінку. Також доцільним є обчислення різниці між цими періодами часу, і цей параметр виражатиме паразитне магнітне поле, яке створює завади під час вимірювання за допомогою звичайних магнітних датчиків. Процес за цим винаходом забезпечує пригнічення ефектів паразитного магнітного поля.

Важливою ознакою як системи, так і способу за цим винаходом є той факт, що під час оцінки сигналу відгуку виділяють локальні максимуми і мінімуми, а після їх розпізнавання ми працюємо зі значеннями часу T1, T2, при яких були виміряні ці максимуми і мінімуми. Крім того, цей спосіб діє не на основі величин виміряних амплітуд, як це було прийнято в попередньому рівні техніки, а оперує значеннями часу, які є параметрами, що можна легко і чітко ідентифікувати в прийнятих сигналах. Завдяки цьому забезпечено швидку, точну та нечутливу до різних вторинних ефектів оцінку. Наприклад, не є важливими точне положення, форма та розмір збуджувальних та чутливих елементів.

Під час розробки предмета винаходу було показано, що магнітний провідник з двома стійкими станами має різну реактивність на величину, що підлягає вимірюванню, яка залежить від частоти поля збудження. Тому, у кращому варіанті здійснення, спосіб за цим винаходом включає в себе етап збудження магнітного поля з різною або змінною частотою в залежності від типу вимірюваної величини або положення. Універсальний генератор збудження, а також збуджувальний елемент необов'язково можуть бути адаптовані до цього або у різних застосуваннях слід використовувати різні збуджувальні елементи. Завдяки цьому рішенню магнітний провідник з двома стійкими станами однієї конструкції може бути застосований на різних частотах. Стабільне значення частоти для однієї установки може відрізнятись від стабільної частоти, що застосовується в іншій установці, або ці частоти можуть бути змінними в діапазоні, який відрізняється для конкретного типу вимірювання.

Значною перевагою цього винаходу є відтворювана точність вимірювань, що пов'язано з підвищенням рівня інтерпретації отриманих вихідних даних. Також було продемонстровано

швидку реакцію на зміну вимірюваної фізичної величини. Завдяки малим розмірам магнітного провідника з двома стійкими станами, низької вартості та його енергетичної пасивності, система за цим винаходом може бути використана в широкому спектрі технічних застосувань.

Опис графічних матеріалів

Докладніше цей винахід роз'яснений за допомогою графічних матеріалів Фіг. 1 - Фіг. 10. Конкретні розміри провідника, показаного збуджувального елемента, а також показані значення вимірюваних величин є прикладами, які не слід тлумачити як звуження необхідного обсягу захисту винаходу.

На Фіг. 1 показано структурну схему конструкції магнітного провідника з двома стійкими станами.

На Фіг. 2 показані результати вимірювання напруження під час згинання сталевого кронштейна, де зліва наведені результати вимірювань, здійснених за допомогою магнітного провідника з двома стійкими станами, відомого з попереднього рівня техніки, а праворуч - результати вимірювань, здійснених за допомогою магнітного провідника з двома стійкими станами за цим винаходом. Фіг. 2 пояснює вирішену технічну проблему, що мала місце у рішеннях попереднього рівня техніки.

На Фіг. 3 схематично показана асиметрія положення збуджувального елемента по відношенню до магнітного провідника з двома стійкими станами.

На Фіг. 4 схематично показана котушка збуджувального елемента з асиметричним намотуванням.

На Фіг. 5 показано систему для вимірювання розтягування зразку для випробування на розрив.

На Фіг. 6 схематично показано систему вимірювання температури на поверхні елемента живлення. Далі на Фіг. 7 показано залежність температури від суми часів T1 + T2.

На Фіг. 8 показаний екран осцилографа зі значеннями часу aT1 - T2 до cT1 - cT2 для піків під час вимірювання температури за допомогою трьох магнітних провідників з двома стійкими станами.

На Фіг. 9 показано співвісне положення магнітного провідника з двома стійкими станами відносно збуджувального елемента та чутливого елемента під час вимірювання лінійного положення поршня.

На Фіг. 10 показано намагнічування магнітного провідника з двома стійкими станами між двома станами у разі збудження трикутним сигналом.

Приклади варіантів здійснення

Приклад 1

У цьому прикладі згідно з Фіг. 3 і 5 магнітний провідник 1 з двома стійкими станами застосовують для вимірювання розтягування або стискання у сталевої деталі. Зразок для розриву має калібровану центральну зону та два кінці для затискачів. До поверхні в центральній зоні приклеєний мікропровідник з металевим осердям діаметром близько 15 мкм і скляною оболонкою загальним діаметром близько 45 мкм і довжиною близько 3 СМ. У цьому прикладі магнітний провідник 1 з двома стійкими станами орієнтований у напрямку сили розтягування, при цьому подовження матеріалу сталевого зразка перетворюється на деформацію магнітного провідника 1 з двома стійкими станами. Незначні відхилення у кутовому положенні, допущені під час монтажу, не суттєво впливають на точність вимірювання. Магнітний провідник 1 з двома стійкими станами при цьому є практично вирівняним по прямій, причому перший кінець 11 і другий кінець 12 перебувають у взаємно протилежному положенні, тобто магнітний провідник 1 з двома стійкими станами не намотаний на осердя, як відомо з попереднього рівня техніки.

Важливою ознакою цього прикладу є створення асиметрії магнітного поля, що збуджується, за допомогою асиметрії розташування. Збуджувальний елемент 2 розміщений поряд з магнітним провідником 1 з двома стійкими станами, поздовжня вісь збуджувального елемента 2 практично є паралельною поздовжній осі магнітного провідника 1 з двома стійкими станами, при цьому центр котушки збуджувального елемента 2 зміщений відносно центру магнітного провідника 1 з двома стійкими станами на значення X, зафіксоване на Фіг. 6. Щоб забезпечити невелику відстань між збуджувальним елементом 2 і магнітним провідником 1 з двома стійкими станами, поздовжня вісь збуджувального елемента 2 і поздовжня вісь магнітного провідника 1 з двома стійкими станами розташовані в такому положенні, що у разі перетинання їх однією загальною площиною ця загальна площина буде практично перпендикулярною поверхні сталевої деталі. Однак в принципі зазначена вимірювальна система є нечутливою до похибок розташування окремих елементів, істотно лише, щоб подовження матеріалу, яке підлягає вимірюванню, надійно передавалося на магнітний провідник 1 з двома стійкими станами.

Асиметрія положення збуджувального елемента 2 призводить до бажаної відмінності магнітного поля на першому кінці 11 і на другому кінці 12, що в сукупності з властивостями магнітного провідника 1 з двома стійкими станами призводить до намагнічування шляхом одного стрибка Баркгаузена від першого кінця 11 до другого кінця 12. Збуджувальний елемент 2 утворює магнітне поле з трикутним сигналом, а відгук магнітного провідника 1 з двома стійкими станами вловлює чутливий елемент 3, який підключений до блоку 4 управління, де відбувається оцінка відгуку.

Статичні та динамічні вимірювання проводили на машині для випробування на розрив. Сигнал, отриманий у чутливому елементі 3, є монотонним і має високу точність повторення.

Приклад 2

Для вимірювання температури циліндричного елемента живлення згідно з Фіг. 6 та 7 на поверхню зазначеного елемента поміщають термочутливий магнітний провідник 1 з двома стійкими станами. Система також містить плоску котушку збуджувального елемента 2 і меншу котушку чутливого елемента 3. Вимірювання здійснювали в діапазоні температур від -20 °С до +100 °С.

Аналоговий сигнал магнітного провідника 2 з двома стійкими станами у вигляді двох піків (мінімум та максимум) контролювали за допомогою осцилографа. Час TI (максимум) і T2 (мінімум) положення піків сигналу обробляли і перетворювали у цифровий сигнал у блоці керування 4 і згодом відображали на ПК. Виміряний та оцінений сигнал демонструє майже лінійну залежність між температурою та магнітним відгуком магнітного провідника 1 з двома стійкими станами, який визначений сумою значень TI + T2. Далі параметри виявленої залежності застосовували для налаштування параметрів програмного забезпечення, яке показує фактичну температуру. У разі монотонної залежності може бути визначений калібрувальний поліном, який буде використаний для зв'язку вихідних даних та фактичної температури. Частота вибірки складає 2 вибірки/секунду з чутливістю 0,4 °С (К), що відповідає 288 точкам змін в інтервалі 120 °С.

За допомогою одного збуджувального елемента 2 та одного чутливого елемента 3 можна створити систему для вимірювання температури кількох елементів живлення. Як видно з Фіг. 9, можна чітко розрізняти положення піків сигналу за часом для трьох магнітних провідників 1 з двома стійкими станами, які індивідуально розташовані на трьох циліндричних елементах живлення. Піки позначені як aT1 - aT2 і cT1 - cT2. Отриманий таким чином сигнал легко може бути виявлений, розкладений на складові та перетворений на температуру окремих елементів живлення.

Приклад 3

Один магнітний провідник 1 з двома стійкими станами, який з'єднаний з поршнем, що рухається, використаний для вимірювання лінійного положення з високою точністю. Магнітний провідник 1 з двома стійкими станами в цьому прикладі має склад Fe77.s S17 5 B15 і позитивну магнітострикцію, його довжина становить 30 мм, діаметр металевого осердя -39 мкм, а діаметр зі скляною оболонкою - 71 мкм.

У цьому прикладі за Фіг. 9 збуджувальний елемент 2 і чутливий елемент 3 утворені котушками, які вільно оточують ковзний поршень. Поздовжні осі збуджувального елемента 2, чутливого елемента 3 і поршня збігаються. Магнітний провідник 1 з двома стійкими станами встановлений на поверхні поршня, тому він має лише приблизно співвісне положення з збуджувальним елементом 2 і чутливим елементом 3, що не впливає на точність вимірювання положення.

Асиметрія магнітного поля в цьому прикладі досягнута за рахунок асиметрії положення, при якій в кожному положенні поршня центр магнітного провідника 1 з двома стійкими станами розташований за межами центру збуджувального елемента 2. Більш того, цей приклад характеризується тим, що обидва кінці 11, 12 в кожному положенні перебувають за межами центру збуджувального елемента 2. Положення збуджувального елемента 2 вибрано таким чином, що в кінцевому положенні поршня один кінець магнітного провідника 1 з двома стійкими станами виступає всередину котушки збуджувального елемента 2, але не досягає центру збуджувального елемента 2. Далі поршень з магнітним провідником 1 з двома стійкими станами ще більше висувається із середини котушки збуджувального елемента 2.

На відміну від звичайних датчиків положення, у яких положення визначають за допомогою магнітної проникності та амплітуди сигналу на вимірювальній котушці, система за цим прикладом розпізнає намагнічування, пропорційне положенню магнітного провідника 1 з двома стійкими станами.

Для розпізнавання намагнічування використано надійний індукційний метод. Відповідно до Фіг. 10, поле збудження має трикутну форму, при цьому вимірюють час перемикання, де TI і T2

виражають час намагнічування (позитивне і негативне перемикання) між двома стійкими магнітними станами. Час перемикання відповідає моменту часу, коли наведено максимальну напругу. Максимум і мінімум прийнятого сигналу можуть бути чітко визначеними, а фон не впливає на можливості інтерпретації. Правильно посилений та відфільтрований вимірюваний сигнал передають на цифровий вхід однокристального комп'ютера з роздільною здатністю за часом в межах 10 не. Для досягнення дуже високої точності та швидкості вимірювання достатньо простої електроніки блоку управління 4. Цифровий блок мікроконтролера формує ШІМ-сигнал необхідної частоти, в цьому прикладі це 135 Гц. Після фільтрації отриманого сигналу та його перетворення значення часу TI + T2 підсумовується у таймері.

Перевагою системи за цим прикладом є гострий максимум сигналу, наведеного під час намагнічування, і висока чутливість на рівні 10 мкм. Система також не залежить від температури навколишнього середовища, похибка вимірювання через температурну чутливість становить менше 0,19 %.

Приклад 4

У цьому прикладі за Фіг. 4 котушка збуджувального елемента 2 намотана нерівномірно, тобто на одному кінці у неї збільшено кількість витків. При цьому магнітний провідник 1 з двома стійкими станами розташований так, що в заданий час ненульового збудження величина магнітного поля, збуджуваного збуджувальним елементом 2 на першому кінці 11, відрізняється не менш ніж на 5 % від величини магнітного поля, збуджуваного збуджувальним елементом 2 на другому кінці 12.

Промислове застосування

Застосовність у промисловості є очевидною. Згідно із цим винаходом, можливе промислове та відтворюване виготовлення та застосування просторово-конструктивного розташування збуджувального елемента та магнітного провідника з двома стійкими станами для вимірювання фізичної величини та/або для вимірювання положення, зокрема, для вимірювання температури, тиску, натягнення, магнітного поля, електричного струму, положення, магнітного поля Землі, кручення, лінійного або кутового положення.

Позначення позицій

1 - магнітний провідник із двома стійкими станами
11 - перший кінець
12 - другий кінець
2 - збуджувальний елемент
3 - чутливий елемент
4 - блок управління
T1 - час максимального сигналу відгуку
T2 - час мінімального сигналу відгуку

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Система для вимірювання фізичної величини та/або для вимірювання положення, що має у складі магнітний провідник з двома стійкими станами, яка містить магнітний провідник (1) з двома стійкими станами, збуджувальний елемент (2), виконаний з можливістю створення магнітного поля, в межах якого розташований магнітний провідник (1) з двома стійкими станами, який має перший кінець (11) і розташований протилежно другий кінець (12), при цьому зазначений магнітний провідник (1) з двома стійкими станами розрахований на намагнічування шляхом одного стрибка Баркгаузена від першого кінця (11) до другого кінця (12) або навпаки, і яка також містить чутливий елемент (3) для прийому відгуку від магнітного провідника (1) з двома стійкими станами, в якій
збуджувальний елемент (2) і магнітний провідник (1) з двома стійкими станами розташовані таким чином, що амплітуда магнітного поля, збудженого збуджувальним елементом (2) на першому кінці (11), відрізняється від амплітуди магнітного поля, збудженого збуджувальним елементом (2) на другому кінці (12).

2. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що різниця у амплітуді магнітного поля на першому кінці (11) та на другому кінці (12) становить не менше 5 %, переважно не менше ніж 10 %.

3. Система за п. 1 або п. 2, яка **відрізняється** тим, що вона пристосована для вимірювання температури та/або тиску, та/або натягнення, та/або магнітного поля, та/або лінійного положення.

4. Система за будь-яким з пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що котушка приймального елемента (3) відокремлена від котушки збуджувального елемента (2).

5. Система за будь-яким з пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що зазначений магнітний провідник

(1) з двома стійкими станами має діаметр менше 50 мкм, переважно менше 25 мкм, особливо переважно менше 15 мкм.

6. Система за будь-яким з пп. 1-5, яка **відрізняється** тим, що зазначений магнітний провідник (1) з двома стійкими станами покритий шаром ізоляційного матеріалу, переважно шаром скла.

7. Система за п. 6, яка **відрізняється** тим, що товщина скла становить до 20 мкм.

8. Система за будь-яким з пп. 1-7, яка **відрізняється** тим, що довжина зазначеного магнітного провідника (1) з двома стійкими станами щонайменше у 1000 разів, переважно щонайменше у 10 000 разів більше діаметра металевого осердя магнітного провідника (1) з двома стійкими станами.

9. Система за будь-яким з пп. 1-8, яка **відрізняється** тим, що збуджувальний елемент (2) розташований асиметрично відносно положення магнітного провідника (1) з двома стійкими станами.

10. Система за будь-яким з пп. 1-9, яка **відрізняється** тим, що збуджувальний елемент (2) має асиметричну структуру з різною амплітудою магнітних полів на його кінцях.

11. Система за п. 10, яка **відрізняється** тим, що збуджувальний елемент (2) утворений котушкою з різною щільністю намотування на першому кінці (11) і другому кінці (12).

12. Система за будь-яким з пп. 1-11, яка **відрізняється** тим, що поздовжня вісь збуджувального елемента (2) збігається або паралельна поздовжній осі зазначеного магнітного провідника (1) з двома стійкими станами, або поздовжня вісь збуджувального елемента (2) відхилена від поздовжньої осі магнітного провідника (1) з двома стійкими станами в межах 30 градусів.

13. Спосіб вимірювання фізичних величин та/або вимірювання положення за допомогою зазначеного магнітного провідника з двома стійкими станами, де змінне магнітне поле сформоване збуджувальним елементом (2), в якому в область збудженого магнітного поля поміщений щонайменше один магнітний провідник (1) з двома стійкими станами, який намагнічується під час зміни магнітного поля одним стрибком Баркгаузена від першого кінця (11) до другого кінця (12) або навпаки, і в якому відгук магнітного провідника (1) з двома стійкими станами згодом сприймає чутливий елемент (3), причому збуджувальний елемент (2) і магнітний провідник (1) з двома стійкими станами розташовані таким чином, що амплітуда магнітного поля, збуджуваного збуджувальним елементом (2) на першому кінці (11), відрізняється від амплітуди магнітного поля, збуджуваного збуджувальним елементом (2) на другому кінці (12).

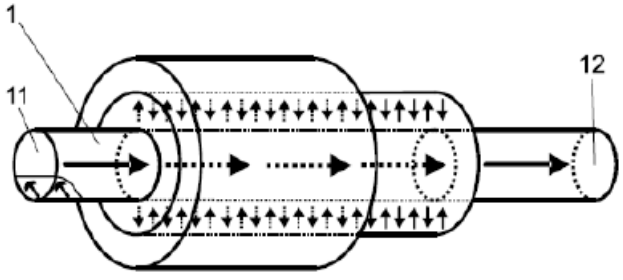
14. Спосіб за п. 13, який **відрізняється** тим, що збуджувальне магнітне поле має хвилеподібну амплітуду трикутної форми, переважно симетричної трикутної форми, і в якому оцінюють час T1 локального максимуму і час T2 локального мінімуму відгуку магнітного провідника (1) із двома стійкими станами.

15. Спосіб за п. 13 або п. 14, який **відрізняється** тим, що збуджувальне магнітне поле має частоту в діапазоні, в якому магнітний провідник (1) з двома стійкими станами має щонайменше один локальний максимум чутливості для певного типу вимірюваної величини або положення.

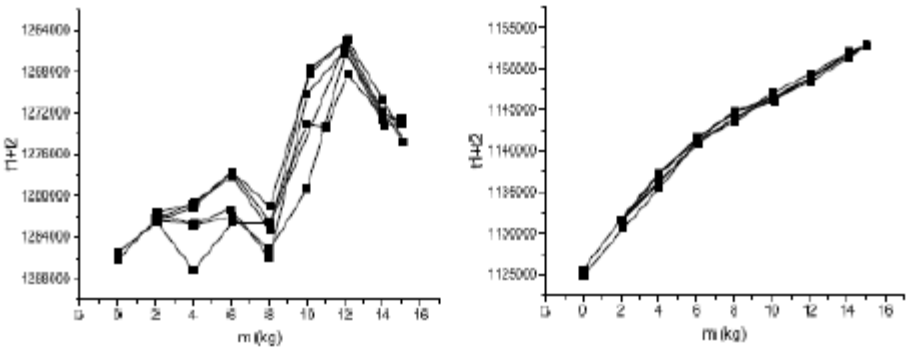
16. Спосіб за п. 14, який **відрізняється** тим, що під час оцінки сигналу, отриманого як відгук від магнітного провідника (1) з двома стійкими станами, оцінюють суму часу T1 локального максимуму та часу T2 локального мінімуму сигналу, переважно без урахування абсолютної амплітуди сигналу.

17. Спосіб за п. 16, який **відрізняється** тим, що під час оцінки сигналу, отриманого як відгук від магнітного провідника (1) з двома стійкими станами, враховують різницю часу (T2) локального мінімуму та часу (T1) локального максимуму сигналу.

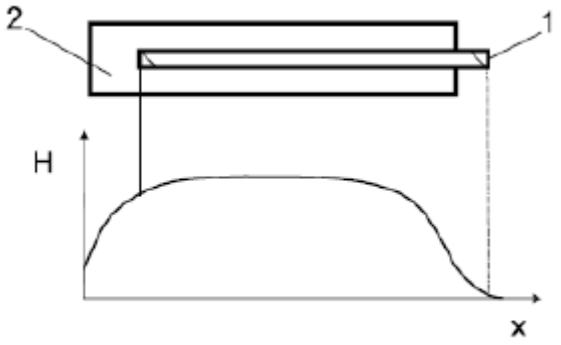
18. Спосіб за пп. 13-17, який **відрізняється** тим, що відгук магнітного провідника (1) з двома стійкими станами, прийнятий чутливим елементом (3), оцінюють у блоці управління (4).



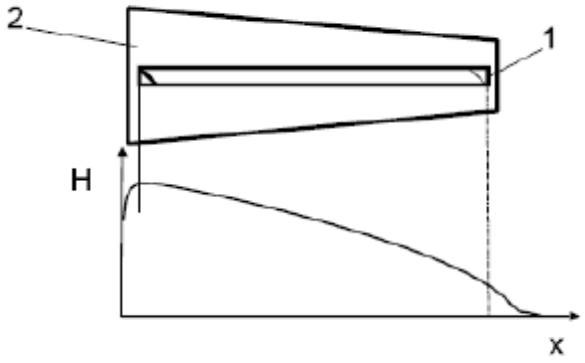
Фіг. 1



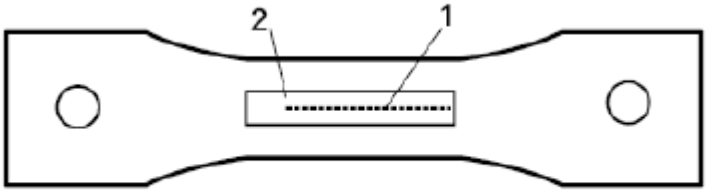
Фіг. 2



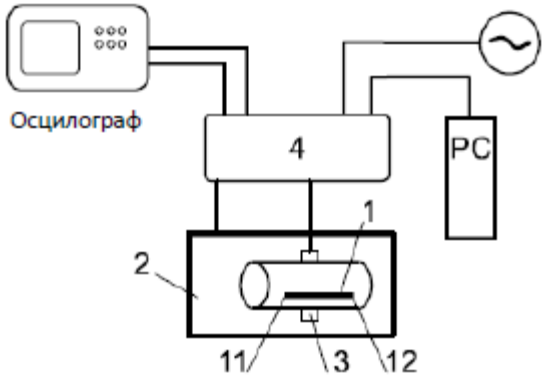
Фіг. 3



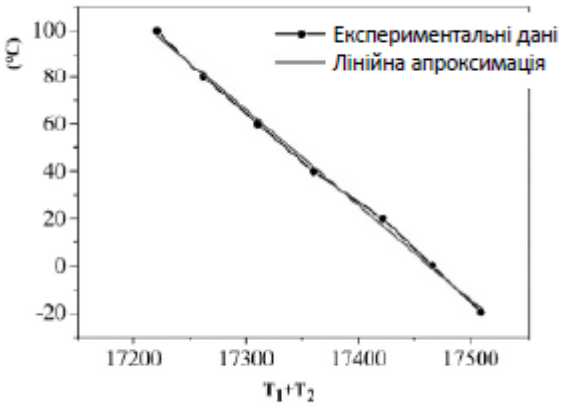
Фіг. 4



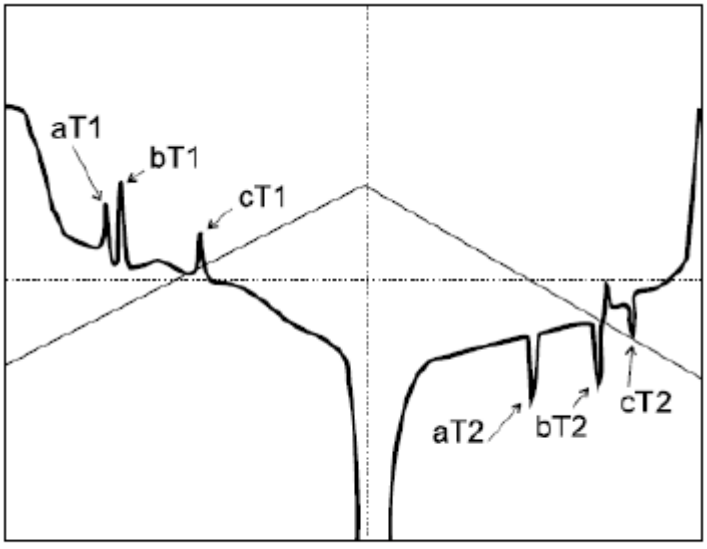
Фіг. 5



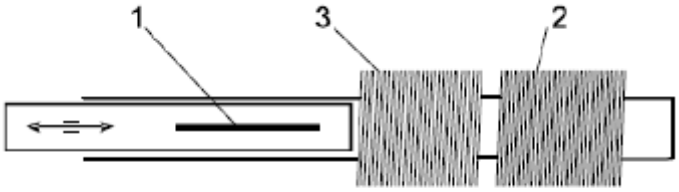
Фіг. 6



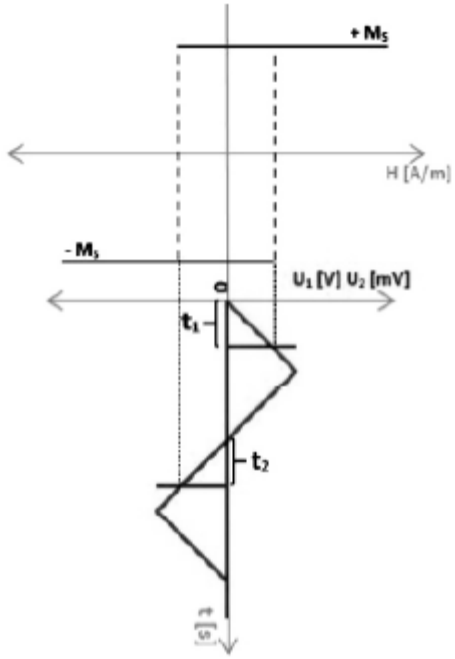
Фіг. 7



Фіг. 8



Фіг. 9



Фіг. 10

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601