



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104099** (13) **C2**  
(51) МПК (2013.01)  
**G01K 1/00**  
**G01K 7/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

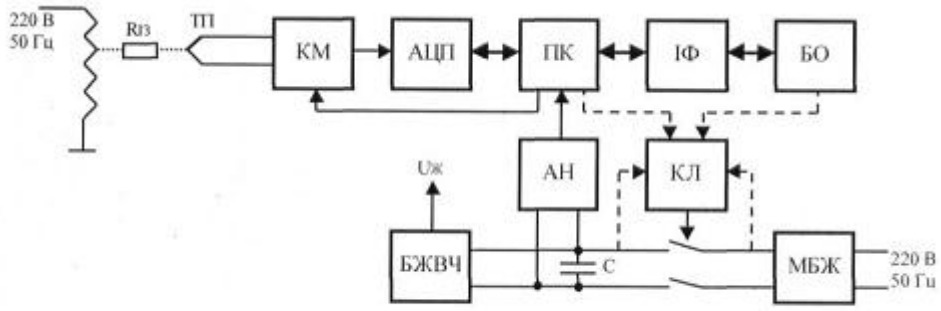
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2012 14323</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>14.12.2012</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.12.2013</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>27.08.2013, Бюл.№ 16</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.12.2013, Бюл.№ 24</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Кочан Орест Володимирович (UA), Кочан Роман Володимирович (UA), Кочан Володимир Володимирович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>Кочан Орест Володимирович, вул. Львівська, 7/3, м. Тернопіль, 46009 (UA), Кочан Роман Володимирович, вул. Яворницького, 14/21, м. Львів, 29000 (UA), Кочан Володимир Володимирович, вул. Львівська, 7/3, м. Тернопіль, 46009 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 50457 A; 15.10.2002 UA 45848 A; 15.04.2002 SU 1446489 A1; 23.12.1988 RU 106007 U1; 27.06.2001 GB 823844 A; 18.11.1959 Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook CRCnetBase 1999 . - 2617 с. - С. 2151</p>
--	--

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЕЛЕКТРОПЕЧАХ ОПОРУ**

**(57) Реферат:**

Пристрій для вимірювання температури можна використати для виміру температури в електропечах, де обмежений опір ізоляції давачів (термопар) створює завади загального виду. Пристрій включає вимірювальний канал (термопару, комутатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), пристрій керування, інтерфейс з гальванічною розв'язкою і блок обробки результатів), блок живлення вимірювальної частини (БЖВЧ) і мережевий блок живлення (МБЖ). Керуючий вхід комутатора підключено до виходу пристрою керування. В пристрій введено аналізатор напруги на вході БЖВЧ, ключ і двоконтактне реле, яке підключає вихід МБЖ до входу БЖВЧ. Вихід аналізатора напруги на вході БЖВЧ підключено до додаткового входу пристрою керування, а вихід ключа керує двоконтактним реле. Модифікації пристрою: 1) живлення ключа підключено до входу БЖВЧ, а вхід керування - до виходу пристрою керування; 2) живлення ключа підключено до виходу МБЖ, а вхід керування - до виходу пристрою керування через пристрій гальванічної розв'язки; 3) живлення ключа підключено до виходу МБЖ, а вхід керування - до додаткового виходу блока обробки результатів АЦП.

UA 104099 C2



Фиг. 1

Пристрій належить до вимірювальної техніки і метрології, зокрема, він може бути використаний для вимірювання температури в електродіагностичних опорах, в яких обмежений опір ізоляції давачів (первинних вимірювальних перетворювачів, сенсорів), наприклад, термопар, створює значний рівень завад загального виду.

5 При вимірюванні температури в електродіагностичних опорах виникають завади різного виду, причиною яких є струм, що проходить через нагрівач. Ці завади зазвичай ділять на два види [1, 2]: (i) нормального виду (або паралельні), викликані (наведені) електромагнітним полем, яке створює струм нагрівача (при цьому замкнене вимірювальне коло, куди входять давач, лінія зв'язку та вхід вимірювального приладу, можна представити як виток вторинної обмотки трансформатора, пронизаний електромагнітним полем нагрівача); (ii) загального виду (або послідовні), викликані обмеженими опорами ізоляції нагрівача і давача при високій температурі (наприклад, опір ізоляції шамоту, який часто використовується в електродіагностичних опорах, не перевищує 3...10 кОм при 1000 °С). Рівень завад обох видів суттєво обмежує точність вимірювання температури. Наприклад, за даними [1, 3], рівень завад в гартувальних печах СУОЛ для термопар типу хромель-алюмель (типове промислове обладнання) становить: (i) для завад нормального виду - до 3 мВ завади частотою 50 Гц, що відповідає максимальній похибці вимірювання температури 75 °С; (ii) для завад загального виду - до 190 В завади частотою 50 Гц (при вимірюванні тестером з вхідним опором на змінному струмі 3,3 кОм/В).

20 Завада загального виду, при підключенні вимірювального приладу, викличе спад напруги на проводах сполучення та опорі інших елементів вимірювального кола. Якщо вимірювальний прилад заземлений, то струм завади при її напрузі 190 В та опорі ізоляції 10 кОм, згідно з законом Ома, буде становити 19 мА. При опорі вимірювального кола, наприклад, 20 Ом (типовий опір термопар і подовжувальних проводів), спад напруги на елементах вимірювального кола буде 380 мВ. Термо-е.р.с. термопар типу хромель-алюмель при 1000 °С становить приблизно 40 мВ. Звідси зрозуміло, що абсолютно необхідно суттєво зменшити вплив завади загального виду на результат вимірювання температури.

Відомий метод зменшення впливу завади загального виду на результат вимірювання шляхом симетрування вимірювальної схеми [1]. При цьому вхід вимірювального приладу відносно завади загального виду виявляється ввімкненим у вимірювальну діагональ симетричної мостової схеми, а завада загального виду - у діагональ живлення цієї мостової схеми. Якщо мостова схема добре збалансована, то завада загального виду на вхід вимірювального приладу не поступає та не спотворює результат вимірювання. Однак, схема мусить бути добре збалансована як для постійного струму, так і для змінного струму, що важко досягається. А розбалансування навіть на 1 % спричиняє заваду загального виду 3,8 мВ, що відповідає максимальній похибці 95 °С.

35 Кращий захист від впливу завад загального виду забезпечує гальванічна розв'язка [2...4]. Її найчастіше використовують цифрові вимірювальні прилади. При її реалізації аналогова (сама вимірювальна) частина приладу залишається незаземленою (вимоги техніки безпеки виконуються в даному випадку за рахунок такої конструкції приладу, яка не дає змоги користувачу потрапити під дію високої напруги). Цифрова частина приладу, яка реалізує обробку і видачу (представлення) результату вимірювання, виконується заземленою. Передача інформації між аналоговою та цифровою частиною здійснюється через неелектричні канали. Відомі прилади [4] використовують зв'язок через магнітне поле, з допомогою імпульсних трансформаторів, або через оптичний сигнал, з допомогою оптоелектронних пристроїв. Найчастіше використовують оптопари (оптрони) світлодіод-фотодіод або світлодіод-фототранзистор. В такому випадку шлях струму завади загального виду переривається - між потенціалом вимірювального кола та вимірювальної частини приладу появляється ізоляційний проміжок (ізоляція імпульсних трансформаторів або оптронів). Однак струм завади не зменшується до нуля. Він визначається опором ізоляції між аналоговою та заземленою частиною приладу, а також ємністю між ними (для завади змінного струму). Опір ізоляції зазвичай збільшують використовуючи фторопластові ізоляційні прокладки. Ємність між аналоговою та заземленою частиною в основному визначається прохідною ємністю трансформатора живлення, яка для звичайних силових трансформаторів досягає 400...700 пФ. Для її зменшення використовують екранування і розділення обмоток силового та імпульсних трансформаторів (що різко ускладнює їх конструкцію, див. [2, 4]), або живлення аналогової частини через високочастотний перетворювач (що збільшує рівень імпульсних завад в приладі). Таким чином, хоча спосіб гальванічної розв'язки дає хороші результати, його використання вимагає значних затрат на реалізацію.

60 Простішим в реалізації є спосіб (прототип), описаний в [5] (стор. 2151, фіг. 80.9), де використовується періодичний заряд підключеного до давача з допомогою пари ключів

конденсатора і його перемикання з допомогою іншої пари ключів до входу вимірювального приладу. Таким чином, конденсатор "літає" між давачем і входом приладу, а обидві пари ключів ніколи не є замкнуті одночасно, чим досягається гальванічна розв'язка.

Однак спосіб [5] мало розповсюджений через його очевидні недоліки. Значний рівень завад загального виду в електропечах (як було вказано, він досягає сотень вольтів) вимагає використання контактних ключів перемикання конденсатора, тобто електромагнітних реле. Тому частота перемикання не може перевищувати 100 Гц. Через це необхідно використати конденсатори великої ємності, інакше розряд конденсатора за час підключення до входу приладу приведе до великої похибки. Використати малогабаритні електролітичні конденсатори, через малий опір ізоляції, значні паразитні е.р.с. та абсорбційні явища, не можна. Тому габарити вимірювальної частини при реалізації цього способу будуть досить великими, а надійність - низька через наявність контактів реле, які перемикаються з високою (для реле) частотою. Однак головним недоліком способу є значний вплив завад нормального виду на результат вимірювання. Адже "літаючий" конденсатор є своєрідним пристроєм вибірки-запам'ятовування - на конденсаторі запам'ятовуються миттєві значення вихідної напруги давача, тому всі заходи, використані у вимірювальному приладі для придушення завад нормального виду (інтегрування, усереднення, аналогова та цифрова фільтрація тощо), виявляються неієздатними. Тому цей спосіб боротьби з впливом завад загального виду на результат вимірювання широко не застосовується.

Задачею даного винаходу є значне спрощення та здешевлення вузла гальванічної розв'язки, який забезпечує живлення вимірювальної частини приладу, при умові збереження великого опору ізоляції та малої прохідної ємності цього вузла, а також збереженні завадостійкості приладу щодо завад нормального виду.

Суть запропонованого винаходу полягає в тому, що в пристрій вимірювання температури в електропечах опору, що включає послідовно з'єднані термопару, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, пристрій керування, модуль передачі інформації (інтерфейсний модуль) з гальванічною розв'язкою (наприклад, на оптронах) і блок обробки результатів аналого-цифрового перетворення, а також блок живлення вимірювальної частини та мережевий блок живлення, вводять аналізатор напруги на вході блока живлення вимірювальної частини, ключ та двоконтактне реле. Блок живлення вимірювальної частини живиться від конденсатора великої ємності або акумулятора. Двоконтактне реле підключає вихід мережевого блока живлення до входу блока живлення вимірювальної частини. Вихід аналізатора напруги підключено до додаткового входу пристрою керування, а вихід ключа підключено до входу керування (обмотки) двоконтактного реле.

Пристрій може мати різні варіанти виконання, що відрізняються живленням обмотки реле. Обмотку реле можна живити від конденсатора або акумулятора на вході блока живлення вимірювальної частини, або від мережевого блока живлення. В першому випадку вхід керування ключа підключають до додаткового виходу пристрою керування. В другому випадку необхідно забезпечити гальванічну розв'язку входу керування ключа з допомогою спеціального оптрона (тоді цей вхід підключають до додаткового виходу пристрою керування), або передбачити спеціальні команди керування ключем для блока обробки результатів аналого-цифрового перетворення. В останньому випадку для керування ключем використовуються ті ж засоби гальванічної розв'язки, що і для передачі результатів аналого-цифрового перетворення. Однак тоді блок обробки результатів аналого-цифрового перетворення повинен розпізнати ці сигнали та видати відповідний сигнал керування на ключ.

Суть пропонованого винаходу пояснює структурна схема, представлена на кресленні. В неї входять нагрівач печі Н, що живиться від мережі, наприклад, 220 В, 50 Гц, термopара ТП, комутатор КМ, аналого-цифровий перетворювач АЦП, пристрій керування ПК, інтерфейсний модуль ІФ з гальванічною розв'язкою (наприклад, на оптронах) і блок обробки результатів аналого-цифрового перетворення БО, а також блок живлення вимірювальної частини БЖВЧ та мережевий блок живлення МБЖ. Крім того, в схему входять аналізатор напруги АН на вході БЖВЧ, ключ КЛ та двоконтактне реле. На схемі представлено також опір ізоляції  $R_{13}$  та конденсатор С (або акумулятор) на вході БЖВЧ.

Під час вимірювання (аналого-цифрового перетворення) сигналу давача всі блоки вимірювальної частини (КМ, АЦП, ПК, ІФ, АН) живляться від БЖВЧ, точніше, від конденсатора С (або акумулятора) на його вході. В результаті проходить його розряд, напруга на С падає, що фіксується АН на вході БЖВЧ. Якщо ця напруга живлення падає до нижньої допустимої межі, АН подає відповідний сигнал на ПК. Останній, після закінчення чергового циклу аналого-цифрового перетворення, подає команду ввімкнення реле (за допомогою ключа КЛ) для підзаряду конденсатора С (або акумулятора) від мережевого блока живлення МБЖ. При цьому

ПК одночасно відключає вхід АЦП від виходу термопари ТП, тому струм завади загального виду не іде.

Процес підзаряду С періодично повторюється і живлення вимірювальної частини не переривається. Співвідношення між часом заряду і часом розряду визначається співвідношенням між струмом заряду і струмом живлення вимірювальної частини, тобто це співвідношення визначає втрати часу вимірювання. При побудові вимірювальної частини на сучасній елементній базі її струм живлення в основному буде визначатися струмами реле комутатора і світлодіодів оптронів. Вимоги до реле комутатора визначаються допустимою напругою завади загального виду, тому можливе використання тільки електромагнітних реле. Через те, що напруга завади загального виду може перевищувати 100 В, виконання КМ на напівпровідникових елементах неможливе. Необхідність зменшення паразитних термо-е.р.с. в контактах реле до рівня декількох мікрвольт вимагає використання герконових реле з додатковими термовирівнювачами, наприклад, описаних в [4, 6...8]. При використанні реле РГК-15 [7], їх максимальний струм споживання складає 40 мА. Струм світлодіодів не перевищує 5 мА, тому сумарне споживання вимірювальної частини можна оцінювати на 60 мА. Тоді конденсатор С ємністю 1000 мкФ за час 40...60 мілісекунд (типовий час перетворення АЦП двохтактного інтегрування) розрядиться на 2,4...3,6 В, що цілком прийнятно. При заряді С струмом 0,4...0,6 А час заряду не буде перевищувати 10 % часу розряду, тобто втрата швидкодії пристрою вимірювання температури не буде перевищувати 10 %. При використанні прецизійних 24-розрядних сигма-дельта АЦП, час перетворення яких досягає однієї секунди, і реле РЭС-83 [7] (струм спрацювання 4 мА, сумарний струм споживання 10 мА), розряд конденсатора ємністю 4000 мкФ становитиме 2,5 В, що цілком прийнятно. В такому випадку струм заряду конденсатора не буде перевищувати 100 мА при 10 % втрати швидкодії.

При використанні як С акумулятора енергетичні співвідношення в схемі не змінюються. Перевагою такого варіанта є можливість проведення не одного, а цілої серії послідовних вимірювань, після чого заряду акумулятора протягом пропорційно більшого інтервалу часу, що дозволяє полегшити режим експлуатації реле і значно збільшити його строк служби.

Різні варіанти виконання пропонованого пристрою, що відрізняються живленням обмотки реле, мають свої переваги. Перший варіант (живлення реле від конденсатора С) простіший в реалізації, вимагає доробки тільки пристрою керування ПК. Однак після вмикання пристрою, необхідно живити обмотку реле для того, щоби вимірювальна частина почала працювати. Тому як С в першому варіанті необхідно використати акумулятор. Крім того, в ньому різко, на 30...60 мА, збільшується струм споживання вимірювальної частини, що вимагає відповідного збільшення ємності конденсатора С і, відповідно, струму або часу його заряду.

В другому варіанті ліквідовано недоліки першого варіанта за рахунок ускладнення кола керування ключем - в ньому необхідно використати елемент гальванічної розв'язки - оптрон. Найбільш перспективний третій варіант - він не має недоліків першого варіанта, але без необхідності використання додаткового оптрона. Особливо доцільно його реалізувати, якщо ПК і БО реалізовані на мікроконтролерах, тоді модернізація пристрою вимагає мінімальних затрат. Аналізатор можна реалізувати як додатковий канал комутатора, в такому разі постійні затрати визначаються тільки реле та ключем. Доробка програмного забезпечення визначає тільки разові затрати. А економічний ефект визначається суттєвим спрощенням мережевого блока живлення і можливістю його побудови на неекранованих серійних силових трансформаторах. При цьому ємність між контактами реле не перевищує декількох пікофарад, що забезпечує високий коефіцієнт подавлення завад загального виду, на рівні кращих зразків екранованих трансформаторів.

Виходячи з викладених переваг пропонованого технічного рішення, воно може знайти широке застосування як при побудові широко розповсюджених пристроїв і систем вимірювання, контролю і регулювання температури (слід відзначити, що температура служить однією з найчастіше вимірюваних фізичних величин), так і при побудові вимірювальних пристроїв і систем іншого призначення, де необхідна гальванічна розв'язка при дії завади загального виду. При цьому, незважаючи на меншу вартість, такі системи можуть забезпечити придушення завад загального виду на рівні кращих сучасних взірців.

Література:

1. Бурцев Ю.И., Полищук Я.А., Эдемский В.М. Помехи при измерении температуры в электропечах сопротивления. - М.: Энергия, 1969. - 56 с.
2. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства. Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Масляк Б.О. Підвищення завадостійкості засобів вимірювання температури в промислових умовах: Автореф. дис. канд. техн. наук. - К., 1994.

4. Швецкий Б.И. Электронные цифровые приборы. - 2-е изд. перераб. и доп. - К.: Техніка, 1991.

5. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook CRCnetBase 1999 - [електронний ресурс]. - режим доступу: <http://www.engnetbase.com>

6. А.с. 748564 СССР, МКИ Н01н 51/28. Реле на герконе / В.Ю. Мильченко, М.Г. Рылик, А.А. Саченко и др. (СССР). - N 2649832/24-07; Заявлено 27.07.78; Опубл. 1980, Бюл № 26.

7. Патент України № 82313, кл. МПК 7Н01Н51/00. Комутатор сигналів низького рівня / Кочан Р.В., Кочан В.В. Опубл. 10.04.2008 р. Бюл. № 7.

8. Патент України № 86967, кл. МПК 7Н01Н51/00. Комутатор сигналів низького рівня / Р.В. Кочан, О.В. Кочан, В.В. Кочан, Г.І. Барило. Опубл. бюл. № 11, 2009 р.

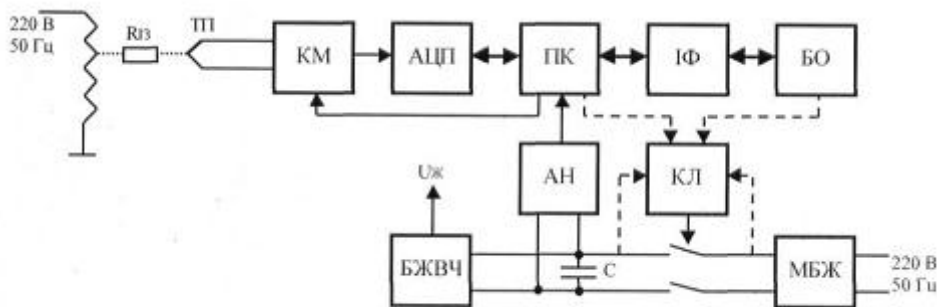
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Пристрій для вимірювання температури в електропечах опору, що включає послідовно з'єднані термоду, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, пристрій керування, інтерфейсний модуль з гальванічною розв'язкою і блок обробки результатів аналого-цифрового перетворення, а також блок живлення вимірювальної частини та мережевий блок живлення, причому керуючий вхід комутатора підключений до виходу пристрою керування, який **відрізняється** тим, що в його структуру введено аналізатор напруги на вході блока живлення вимірювальної частини, ключ та двоконтактне реле, що підключає вихід мережевого блока живлення до входу блока живлення вимірювальної частини, причому вихід аналізатора напруги підключено до додаткового входу пристрою керування, а вихід ключа підключено до входу керування двоконтактного реле.

2. Пристрій для вимірювання температури в електропечах опору за п. 1, який **відрізняється** тим, що вхід живлення ключа підключено до входу блока живлення вимірювальної частини, а додатковий вихід пристрою керування підключено до входу керування ключа.

3. Пристрій для вимірювання температури в електропечах опору за п. 1, який **відрізняється** тим, що вхід живлення ключа підключено до виходу мережевого блока живлення, а додатковий вихід пристрою керування підключено до входу керування ключа через пристрій гальванічної розв'язки.

4. Пристрій для вимірювання температури в електропечах опору за п. 1, який **відрізняється** тим, що вхід живлення ключа підключено до виходу мережевого блока живлення, а вхід його керування - до додаткового виходу блока обробки результатів аналого-цифрового перетворення.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601