



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63801 (13) U
(51) МПК
G01N 21/35 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗІВ

1

2

(21) u201102334

(22) 28.02.2011

(24) 25.10.2011

(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.

(72) ВОВНА ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ,
ЗОРИ АНАТОЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, КОРЕНСВ ВА-
ЛЕНТИН ДМИТРОВИЧ, ХЛАМОВ МИХАЙЛО ГЕО-
РГІЙОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІ-
ВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб вимірювання концентрації газів, який включає пропускання двох потоків інфрачервоного випромінювання від джерел випромінювання через дві кювети, вимірювання інтенсивностей оптичних випромінювань, які пройшли через обидві кювети, перетворення зміряних інтенсивностей в електричні сигнали та визначення концентрації газу у досліджуваній газовій суміші, який **відрізняється** тим, що довжина хвилі випромінювання кожного джерела повинна відповідати максимуму поглинання вимірюваного газу, при цьому у другій кюветі виконують очищення газу від частинок пилу за допомогою фільтра, та після перетворення зміряних інтенсивностей в електричні сигнали виконують віднімання сигналів другого та першого каналів, і якщо різниця сигналів не перевищує межі допустимої похибки вимірювань, то виконують розрахунок концентрації газу за результатами вимірювань у першому відкритому каналі, а при систематичному збільшенні різниці вихідних сигналів вимірювальних каналів виконують розрахунок ве-

личини струму, який забезпечує режим роботи джерела випромінювання першого відкритого оптичного каналу, за формулою:

$$I_1 = \frac{\Phi_{ВХ2}(I_2) + \Delta\Phi_{РВИХ1}(C_{П})}{S_{I_1 \rightarrow \Phi_{ВХ1}}},$$

де I_1 та I_2 - струми, які забезпечують режим роботи джерел випромінювання першого та другого каналів, мА; $\Phi_{ВХ2}(I_2)$ - вхідний потік оптичного випромінювання другого каналу, мкВт, величина якого залежить від струму I_2 ; $C_{П}$ - концентрація пилу у вимірювальному об'ємі та пилу, мг/м³, який осів на вікнах джерела випромінювання та фотодетектору першого відкритого каналу; $\Delta\Phi_{РВИХ1}(C_{П})$ - зміна вихідного потоку оптичного випромінювання, мкВт, величина якого пропорційна концентрації пилу $C_{П}$ у першому відкритому каналі; $S_{I_1 \rightarrow \Phi_{ВХ1}}$ - чутливість оптичного потоку джерела випромінювання до величини струму, мкВт/мА, який забезпечує режим роботи джерела випромінювання першого відкритого каналу, при цьому струм збільшують до тих пір, поки різниця вихідних сигналів вимірювальних каналів не стане менше межі допустимої похибки вимірювань, а визначення концентрації газу здійснюють шляхом обробки електричних сигналів вимірювальних каналів.

Корисна модель належить до області газового аналізу із використанням інфрачервоного оптико-абсорбційного методу контролю концентрації газів. Корисна модель може бути використана для визначення концентрації токсичних і вибухонебезпечних газів у повітрі, компонентів газових сумішей у технологічних процесах промислових підприємств та інших цілей.

Відомий спосіб вимірювання концентрації газів інфрачервоним методом (Саль А.О. Инфракрасные газоаналитические измерения: [погрешность и информационная способность инфракрасных га-

зоанализаторов] / А.О. Саль. М.: Издательство стандартов, 1971. - 100 с.) засновано на пропусканні інтенсивності інфрачервоного випромінювання із довжиною хвилі, яка відповідає довжині хвилі власного поглинання газу, вимірювання інтенсивностей випромінювання, які пройшли через одну або дві вимірювальні кювети, перетворення зміряних значень інтенсивностей в електричні сигнали, обробку електричних сигналів та визначення концентрації аналізованого газу.

Недоліком цього способу є те, що за наявності у досліджуваній газовій суміші пилу та інших домі-

(13) U

(11) 63801

(19) UA

шок збільшується похибка вимірювання концентрації аналізованого газу за рахунок неселективних втрат випромінювання. Ці втрати пов'язані із наявністю частинок пилу у аналізованому об'ємі газової суміші, а також забрудненням оптичних елементів під час вимірювання. Для забезпечення необхідних метрологічних характеристик та параметрів вимірювача концентрації газів використовується фільтр очищення аналізованої газової суміші від пилу та інших домішок. При використанні фільтрів у складі вимірювача значно знижується швидкодія, і тим самим збільшується динамічна похибка вимірювання концентрації газів. Величина цієї похибки залежить від постійної часу фільтру очищення, а також швидкості зміни вимірюваної величини. Тому цей спосіб не знайшов широкого розповсюдження при розробці швидкодіючих вимірювачів концентрації газів в умовах високої запиленості аналізованої газової суміші.

Найближчим за технічною суттю до способу, що заявляється, є спосіб вимірювання концентрації метану в рудниковій атмосфері (UA патент № 91795 C2, МПК G01N 21/35, опубл. 25.08.2010 р.). Суть прототипу полягає у наступному. Для вимірювання концентрації метану здійснюється пропускання двох потоків інфрачервоного випромінювання від джерел випромінювання через дві відкриті кювети. Інтенсивність випромінювання одного джерела відповідає максимуму інтенсивності поглинання випромінювання вимірюваного газу. Інтенсивність випромінювання іншого джерела знаходиться поза максимумом інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання вимірюваного газу. Виконують вимірювання інтенсивностей випромінювань, які пройшли обидві кювети, перетворення зміряних інтенсивностей в електричні сигнали. Визначення концентрації вимірюваного газу здійснюють шляхом обробки електричних сигналів для реалізації нелінійної мультиплікативної або лінійної адитивної компенсації впливу запиленості аналізованої газової суміші на результат вимірювання концентрації газу.

Загальними ознаками відомого способу вимірювання концентрації газу в аналізованій газовій суміші та способу, що заявляється, є: пропускання двох потоків інфрачервоного випромінювання від двох джерел через дві кювети; перетворення зміряних інтенсивностей в електричні сигнали; визначення концентрації газу в аналізованій газовій суміші.

При використанні відомого способу вимірювання концентрації газів досягається висока швидкодія вимірювачів при необхідних метрологічних характеристиках. Це можливо за рахунок використання відкритих оптичних каналів та компенсації впливу пилу на результат вимірювання концентрації газу. Проте при збільшенні запиленості аналізованої газової суміші частинки пилу осідають на вікнах оптико-електронних компонент, що призводить до систематичного зменшення рівня інформаційного сигналу. Так при зменшенні цього рівня до 90 % виявляється, що відношення сигнал/перешкода стає критичним для визначення концентрації газу із необхідними метрологічними характеристиками. Тому у процесі вимірювань

необхідно постійно виконувати градування інформаційного сигналу для забезпечення необхідних показників метрологічної надійності вимірювачів. Ще одним недоліком прототипу є необхідність використання двох різних джерел випромінювання, що істотно ускладнює схемні рішення. Так при аналізі декількох газових компонент необхідно використовувати апаратну надмірність, що призводить до додаткової похибки при перекритті спектральних характеристик різних джерел випромінювання. Все це вимагає додаткової алгоритмічної та апаратної обробки результатів вимірювань для отримання необхідних метрологічних характеристик при вимірюванні концентрації газів.

В основу запропонованої корисної моделі поставлена задача удосконалення способу вимірювання концентрації газів, в якому за рахунок введення нових технологічних операцій та виконання автоматичного градування забезпечуються необхідні показники метрологічної надійності вимірювача. Реалізація цього способу дозволить забезпечити необхідну швидкодію при вимірюванні концентрації газів, а також збільшити період безперервної роботи вимірювача переважно в умовах високої запиленості аналізованої газової суміші. Що дозволить своєчасно, у режимі реального часу виконувати необхідні вимірювання концентрації токсичних та вибухонебезпечних газів у робочій зоні і технологічних процесах промислових підприємств.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі вимірювання концентрації газів, який включає пропускання двох потоків інфрачервоного випромінювання від джерел випромінювання через дві кювети, вимірювання інтенсивностей оптичних випромінювань, які пройшли через обидві кювети, перетворення зміряних інтенсивностей в електричні сигнали та визначення концентрації газу у досліджуваній газовій суміші, згідно з корисною моделлю, що довжина хвилі випромінювання кожного джерела повинна відповідати максимуму поглинання вимірюваного газу, при цьому у другій кюветі виконують очищення газу від частинок пилу за допомогою фільтра, та після перетворення зміряних інтенсивностей в електричні сигнали виконують віднімання сигналів другого та першого каналів, і якщо різниця сигналів не перевищує межі допустимої похибки вимірювань, то виконують розрахунок концентрації газу за результатами вимірювань у першому відкритому каналі, а при систематичному збільшенні різниці вихідних сигналів вимірювальних каналів виконують розрахунок величини струму, який забезпечує режим роботи джерела випромінювання першого відкритого оптичного каналу, за формулою:

$$I_1 = \frac{\Phi_{BX2}(I_2) + \Delta\Phi_{РВХ1}(C_P)}{S_{I_1 \rightarrow \Phi_{BX1}}}$$

де I_1 та I_2 - струми, які забезпечують режим роботи джерел випромінювання першого та другого каналів, мА; $\Phi_{BX2}(I_2)$ - вхідний потік оптичного випромінювання другого каналу, мкВт, величина якого залежить від струму I_2 ; C_P - концентрація пилу у вимірювальному об'ємі та пилу, мг/м³, який осів на вікнах джерела випромінювання та фото-

детектору першого відкритого каналу; $\Delta\Phi_{P\text{ Вих1}}(C_p)$ - зміна вихідного потоку оптичного випромінювання, мкВт, величина якого пропорційна концентрації

пилу C_p у першому відкритому каналі; $S_{I_1 \rightarrow \Phi_{\text{Вих1}}}$ - чутливість оптичного потоку джерела випромінювання до величини струму, мкВт/мА, який забезпечує режим роботи джерела випромінювання першого відкритого каналу, при цьому струм збільшують до тих пір, поки різниця вихідних сигналів вимірювальних каналів не стане менше межі допустимої похибки вимірювань, а визначення концентрації газу здійснюють шляхом обробки електричних сигналів вимірювальних каналів.

В основу запропонованого способу поставлено наступну ідею: вихідний сигнал першого відкритого оптичного каналу періодично порівнюють із вихідним сигналом другого оптичного каналу, при систематичному збільшенні різниці вихідних сигналів вимірювальних каналів вводять корекцію у вхідний сигнал першого відкритого оптичного каналу. Друга оптична кювета включає фільтр очищення, який практично не пропускає у вимірювальний канал частинки пилу. Тому у вихідному сигналі другого каналу практично відсутня складова, яку обумовлено наявністю пилу у вимірюваній газовій суміші. У вихідному сигналі першого каналу має місце систематична складова похибки, яку обумовлено наявністю частинок пилу у зовнішньому середовищі і, отже, у вимірювальному каналі є тенденція зростання її у часі. При періодичному порівнянні вихідних сигналів першого та другого каналів виконують аналіз одержаних результатів вимірювань концентрації газів. Якщо різниця вихідних сигналів вимірювальних каналів систематично зростає та виходить за межі допустимої похибки вимірювань, то виконують розрахунок управляючої дії на джерело випромінювання першого відкритого каналу. В оптико-абсорбційних вимірювачах концентрації газів, які в якості джерел випромінювання використовують світловипромінюючі діоди, управляючу дію формують у вигляді збільшення амплітуди струму, який живить джерело випромінювання. При цьому величина струму пропорційна різниці вихідних сигналів вимірювальних каналів.

Використання першої відкритої оптичної кювети дозволяє забезпечити необхідну швидкодію при вимірюванні концентрації газів, а другої кювети із фільтром, який очищує досліджувану газову суміш від пилу, для забезпечення необхідних показників метрологічної надійності та збільшення періоду безперервної роботи вимірювача. Використання двох однакових джерел випромінювання спрощує як схемотехнічну, так і конструктивну реалізацію вимірювача концентрації газів. При розробці вимірювача на основі запропонованого способу, який дозволяє вимірювати концентрацію декількох газів у багатокомпонентній газовій суміші, істотно спрощується вибір оптико-електронних компонент вимірювача.

На фіг. 1 наведено залежності вихідного сигналу напруги $U_{\text{Вих}}$ першого та другого каналу при зміні концентрації газу C у діапазоні від 0 до $4^{06}\%$,

концентрація пилу у першій оптичній кюветі складає $C_p=10$ мг/м³.

На фіг. 2 наведено залежність величини струму $I_1(\Delta U_{\text{Вих}})$, який протікає через джерело випромінювання першого відкритого каналу, від величини різниці вихідних напруг другого та першого каналів $\Delta U_{\text{Вих}}=U_{\text{Вих2}}-U_{\text{Вих1}}$.

Приклад реалізації способу вимірювання концентрації газів.

Одночасно пропускають потоки інфрачервоного випромінювання від двох однакових джерел випромінювання. Через вимірюваний об'єм газової суміші першої відкритої кювети пропускають потік інфрачервоного випромінювання із центральної довжиною хвилі, яка відповідає максимуму інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання вимірюваного газу. У вимірюваному об'ємі першої кювети, окрім безпосередньо вимірюваного газу знаходяться також як частинки пилу, так і пил, який осів на вікнах оптико-електронних компонент, що знижує рівень вихідного сигналу першого каналу. Наприклад, концентрація пилу у першій оптичній кюветі складає величину $C_p=10$ мг/м³. Через вимірюваний об'єм газової суміші другої кювети пропускають потік інфрачервоного випромінювання із центральної довжиною хвилі, яка також відповідає максимуму інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання вимірюваного газу. Друга кювета включає фільтр очищення, який практично не пропускає у другий канал частинки пилу, що обумовлює його високу інерційність, тобто низьку швидкодію. Постійна часу цього типу фільтрів складає не менше $(3\div 5)$ с, тому рівень вихідного сигналу другого каналу практично не зменшується при наявності пилу у вимірюваній газовій суміші. Потоки інфрачервоного випромінювання одночасно поступають на фотодетектори кожного із каналів. Фотодетектори перетворюють вихідні потоки інфрачервоного випромінювання каналів в електричні сигнали. Після цього виконують перетворення та нормалізацію вихідних сигналів фотодетекторів. На фіг. 1 наведено залежності: 1 - вихідного сигналу напруги $U_{\text{Вих2}}$ другого каналу, 2 - вихідного сигналу напруги $U_{\text{Вих1}}$ першого каналу при концентрації пилу у ньому $C_p=10$ мг/м³. Визначення концентрації вимірюваного газу здійснюють шляхом обробки електричних сигналів із компенсацією зміни вихідного сигналу першого каналу, величина якого обумовлена наявністю в оптичній кюветі частинок пилу і пилу, який осів на вікнах оптико-електронних компонент. Обробку електричних сигналів здійснюють у наступному порядку: спочатку визначають різницю сигналів другого та першого каналів, якщо різниця сигналів не перевищує межі допустимої похибки вимірювань, то виконують розрахунок концентрації газу за результатами вимірювань першого відкритого каналу. Інакше, при систематичному збільшенні різниці вихідних сигналів вимірювальних каналів здійснюється розрахунок величини впливу на джерело випромінювання першого відкритого каналу. На фіг. 2 наведено залежність величини струму, який протікає через джерело випромінювання першого відкритого каналу, від величини різниці вихідних напруг другого та першого каналу

$\Delta U_{\text{вих}} = U_{\text{вих2}} - U_{\text{вих1}}$. Розраховується напруга, величина якої пропорційна струму I_1 , що живить джерело випромінювання першого відкритого каналу. Величина струму I_1 збільшується до тих пір, поки різниця вихідних сигналів $\Delta U_{\text{вих}}$ вимірювальних каналів не стане менше ніж межа допустимої похибки вимірювань, в ідеальному випадку це значення буде дорівнювати нулю. Якщо величина струму, який протікає через обидва джерела випромінювання, складає $I_1 = I_2 = 100$ мА, то для того, щоб різниця вихідних напруг першого та другого каналів дорівнювала нулю, необхідно збільшити струм джерела випромінювання першого відкритого каналу до величини $I_1 = 100,8$ мА. Залежності 1 та 3 на фіг. 1 при реалізації запропонованого способу практично співпадають із точністю, величина якої не перевищує межу допустимої похибки вимірювань, що підтверджує ефективність використання розробленого способу в умовах високої запиленості промислових підприємств. З результатів, які наведено на фіг. 1 витікає, що запропонований спосіб дозволяє компенсувати та усунути складову вихідного сигналу, величину якої обумовлено наявністю частинок пилу у вимірювальному об'єкті та пилу, що осів на вікнах оптико-

електронних компонент у першій відкритій оптичній кюветі. Це дозволить виконувати вимірювання у режимі реального часу та збільшити як період безперервної роботи, так і період технічного обслуговування цього типу вимірювачів.

Якщо набуте значення струму джерела випромінювання першого відкритого каналу перевищує граничнодопустиме значення конкретного типу джерела випромінювання, формується сигнал про проведення технічного обслуговування вимірювача. Інформацію про концентрацію вимірюваного газу із сигналами про проведення технічного обслуговування вимірювача виводять на індикатор та по цифровому каналу зв'язку передають до системи газового контролю промислових підприємств.

Запропонований спосіб дозволяє підвищити показники метрологічної надійності вимірювача концентрації газів при необхідних значеннях швидкодії та метрологічних характеристиках. Застосування цього способу дозволить безперервно контролювати концентрацію небезпечних газів у атмосфері робочої зони підприємств в умовах підвищеної токсичності та вибухонебезпечності газових компонент.

