



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94169 (13) C2  
(51) МПК  
G01R 29/24 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) АЕРОІОННИЙ МІКРОКУЛОНОМЕТР

1

2

(21) а200912870

(22) 11.12.2009

(24) 11.04.2011

(46) 11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.

(72) МАНОЙЛОВ В'ЯЧЕСЛАВ ПИЛИПОВИЧ, МАРТИНЧУК ПЕТРО ПЕТРОВИЧ, КОРЕНІВСЬКА ОКСАНА ЛЕОНІДІВНА

(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) SU 1053032 A, G01T1/18, публ. 07.11.1983.

SU 1700455 A1, G01N27/00, публ. 23.12.1991.

US 4740862 A, H05F3/06, публ. 26.04.1988.

US 5920199 A, G01R29/12, 29/26, публ. 06.07.1999.

(57) Аероіонний мікрокулонометр, що містить прецизійний операційний підсилювач з інвертувальним та неінвертувальним входами, інтегруючий блок, блок вхідного опору, блок установки нуля, блок вибору діапазонів, блок індикації і блок живлення, який **відрізняється** тим, що до резистора блока вхідного опору приєднані датчик та вхідний конденсатор, інший вивід якого з'єднаний з "землею", при цьому інший вивід резистора блока вхідного опору через перший додатковий резистор з'єднаний з інвертувальним входом прецизійного операційного підсилювача, а його неінвертуваль-

ний вхід через другий додатковий резистор приєднаний до "землі", при цьому до виводів установки нуля прецизійного операційного підсилювача приєднаний змінний резистор блока установки нуля, причому конденсатор інтегруючого блока має паралельно включені контакти перемикача ручного чи автоматичного скидання показань та приєднаний одним виводом в точку з'єднання першого додаткового резистора і резистора блока вхідного опору, а іншим виводом приєднаний до виходу прецизійного операційного підсилювача, який через вихідний резистор з'єднаний з резистором блока вибору діапазону, до точки з'єднання яких підключений неінвертувальний вхід другого операційного підсилювача, між виходом якого і точкою з'єднання приєданого до "землі" резистора та третього додаткового резистора, що з'єднаний з інвертувальним входом другого операційного підсилювача, включений магнітоелектричний вимірювальний механізм блока індикації, а виводи живлення операційних підсилювачів приєднані до відповідних полюсів двох електрохімічних джерел блока живлення, спільна точка яких з'єднана з "землею".

Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний в метеорології, охороні здоров'я для вимірювання концентрації електричних зарядів аероіонів у повітряному просторі навколишнього середовища та для контролю повітря на відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Відомий аспіраційний лічильник для вимірювання концентрації електричних зарядів аероіонів[1].

Спільною суттєвою ознакою відомого пристрою та пристрою, що пропонується є наявність блока живлення.

Але на відміну від пристрою, що пропонується, відомий пристрій містить аспіраційну камеру в якості давача, вентилятор зі сталими оборотами для засмоктування повітря в аспіраційну камеру, вимірювальні електроди у вигляді циліндричного конденсатора, на які, в залежності від полярності на-

пруги живлення, осідають аероіони протилежної полярності та реєструються лічильником, що має цифровий відлік, або електрометром.

Відомий пристрій має такі недоліки:

1. Примусове засмоктування повітря, залежність осідання електричних зарядів аероіонів від напруги на електродах та об'єму аспіраційної камери відомого пристрою впливають на точність вимірювання концентрації аероіонів повітряного простору. Похибка вимірювання сягає 30%.

2. Неможливе, внаслідок примусового руху повітря, визначення концентрації електричних зарядів аероіонів в конкретній точці простору, пристрій визначає лише середнє число аероіонів в приміщенні та вимагає багато часу на проведення вимірювання.

3. Має живлення лише від електромережі, що обмежує його використання.

(13) C2

(11) 94169

(19) UA

Відомий пристрій не має ознак, подібних суттєвим ознакам винаходу, крім спільного призначення.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до винаходу і вибраним як прототип є мікрокулонометр [2]. Він застосовується для вимірювання :

- 1) кількості електростатичної електрики,
- 2) кількості електрики, що переноситься струмом у провіднику,
- 3) кількості електрики, накопиченої на конденсаторі

та призначений для використання при виконанні лабораторних та практичних робіт у навчальному процесі. Вимірювання електричних зарядів у прототипі здійснюється шляхом подачі кількості електрики у вигляді імпульсу струму довільної форми на вхід мікрокулонометра - на блок вхідного опору безпосередньо або через зарядознімач, що являє собою гостру металеву пластину

Прототип, як і пристрій що пропонується, містить прецизійний операційний підсилювач з інвертувальним та неінвертувальним входами, інтегруючий блок, блок вхідного опору, блок установки нуля, блок вибору діапазонів, блок індикації і блок живлення.

Але на відміну від винаходу, прототип не передбачає вимірювання кількості електрики у вигляді концентрації електричних зарядів аероіонів внаслідок відсутності в конструкції пронормованого за розмірами та об'ємом датчика.

Метою винаходу, що заявляється, є розширення функціональних можливостей прототипу для вимірювання кількості електрики у вигляді концентрації електричних зарядів аероіонів в конкретній точці повітряного простору навколишнього середовища незалежно від їх стану, густини та швидкості переміщення в польових та інших умовах без використання електромережі.

Поставлена мета досягається шляхом того, що до резистора блока вхідного опору приєднані датчик та вхідний конденсатор, інший вивід якого з'єднаний з «землею». При цьому інший вивід резистора блока вхідного опору через перший додатковий резистор з'єднаний з інвертувальним входом прецизійного операційного підсилювача, а його неінвертувальний вхід через другий додатковий резистор приєднаний до «землі». До виводів установки нуля прецизійного операційного підсилювача приєднаний змінний резистор блока установки нуля. Конденсатор інтегруючого блока має паралельно включені контакти перемикача ручного чи автоматичного скидання показів та приєднаний одним виводом в точку з'єднання першого додаткового резистора і резистора блока вхідного опору, а іншим виводом - до виходу прецизійного операційного підсилювача. Його вихід через вихідний резистор з'єднаний з резистором блока вибору діапазону (що включені як подільник відповідно до діапазону вимірювання), до точки з'єднання яких підключений неінвертувальний вхід другого операційного підсилювача. Між виходом другого операційного підсилювача та точкою з'єднання приєднаного до «землі» резистора та третього додаткового резистора, що з'єднаний з інвертувальним входом другого операційного підсилювача,

включений магнітоелектричний вимірювальний механізм блока індикації з нулем в середині шкали. Виводи живлення операційних підсилювачів приєднані до відповідних полюсів двох електрохімічних джерел блока живлення, спільна точка яких з'єднана з «землею».

Датчик, виконаний у формі об'єму певного розміру (куба або кулі), разом з вхідним конденсатором призначені для накопичення концентрації зарядів аероіонів в конкретній точці повітряного простору навколишнього середовища незалежно від їх стану, густини, швидкості переміщення та подачі на вхід інтегруючого блока через блок вхідного опору.

Перший та другий додаткові резистори на входах прецизійного операційного підсилювача використовуються для компенсації струмів зсуву та забезпечують кращу стабільність роботи операційного підсилювача, зменшують похибку виміру, покращують параметри чутливості та налагоджуваності приладу, що дозволяє спростити блок установлення нуля і застосовувати його з одним змінним резистором.

Перемикач ручного чи автоматичного скидання показів має ручне чи автоматичне скидання через заданий інтервал часу, що робить пристрій більш функціональним.

Блок вибору діапазонів виконаний на другому операційному підсилювачі і подільнику, підключеному на вихід інтегруючого блока, що забезпечує зниження навантаження інтегратора для підвищення швидкодії, кращої динаміки показів, чутливості і температурної стабільності. Другий операційний підсилювач також має третій додатковий резистор в інвертувальному вході для компенсації струмів зсуву, що забезпечує кращу стабільність та точність виміру. Використання другого операційного підсилювача з подільником на резисторах дозволяє розширити діапазон вимірювання заряду аероіонів незалежно від застосованого магнітоелектричного вимірювального механізму.

З метою зменшення температурної залежності на точність виміру магнітоелектричний вимірювальний механізм блока індикації включений в зворотне коло другого операційного підсилювача та призначений для індикації позитивного чи від'ємного заряду аероіонів без перемикачання його полярності за рахунок шкали з нулем в середині.

Для зменшення впливу електромережових завад на покази аероіонного мікрокулонометра і його застосування в польових та інших умовах без використання електромережі живлення здійснюється від електрохімічного джерела струму з середньою точкою, з'єднаною з «землею».

Таким чином, запропонований пристрій забезпечує вимірювання кількості електрики у вигляді концентрації електричних зарядів аероіонів повітряного простору навколишнього середовища через давач з вхідним конденсатором незалежно від їх стану, густини та швидкості переміщення. Пристрій має також більшу точність, чутливість виміру та швидкодію, а також дозволяє проводити вимір в конкретній точці простору, там де розміщено давач, спостерігати та фіксувати інтенсивність концентрації електричних зарядів аероіонів.

Крім цього, запропонований аероіонний мікрокулонометр забезпечує також і такі наступні переваги:

- фіксація показів вимірювання як завгодно довго, до наступного скидання або через певний час при автоматичному скиданні;

- запропонований (згідно нижче наведених формул (6) та (7) на сторінці 8 опису) вибір параметрів об'ємного давача та шкали магнітоелектричного вимірювального механізму блока індикації дозволяє спростити відлік показів безпосередньо у кількості зарядів або аероіонів;

- використання магнітоелектричного вимірювального механізму зменшує залежність приладу від електромережових завад, до яких він нечутливий.

Суть запропонованого винаходу пояснюється кресленням, на якому представлена схема аероіонного мікрокулонометра.

Аероіонний мікрокулонометр містить прецизійний операційний підсилювач 15 з інвертувальним 14 та неінвертувальним 13 входами, інтегруючий блок 1, блок 2 вхідного опору, блок 3 установки нуля, блок 4 вибору діапазонів, блок 5 індикації і блок 6 живлення. До резистора 8 блока вхідного опору приєднані датчик (7) та вхідний конденсатор (9), інший вивід якого з'єднаний з «землею» (12). При цьому інший вивід резистора (8) блока вхідного опору через перший додатковий резистор (10) з'єднаний з інвертувальним входом (14) прецизійного операційного підсилювача, а його неінвертувальний вхід (13) через другий додатковий резистор (11) приєднаний до «землі» (12). До виводів (34),(35) установки нуля прецизійного операційного підсилювача (15) приєднаний змінний резистор (18) блока установки нуля. Конденсатор (16) інтегруючого блокує має паралельно включені контакти (19) перемикача (17) ручного чи автоматичного скидання показів та приєднаний одним виводом в точку з'єднання першого додаткового резистора (10) і резистора (8) блока вхідного опору, а іншим виводом - до виходу (22) прецизійного операційного підсилювача. Його вихід (22) через вихідний резистор (20) з'єднаний з резистором (21) блока вибору діапазону, до точки з'єднання яких підключений неінвертувальний вхід (26) другого операційного підсилювача. Між його виходом (29) та точкою з'єднання приєданого до «землі» (12) резистора (23) і третього додаткового резистора (24), що з'єднаний з інвертувальним входом (25) другого операційного підсилювача, включений магнітоелектричний вимірювальний механізм (27) блока індикації з нулем в середині шкали. Виводи живлення (30), (31) операційних підсилювачів приєднані до відповідних полюсів двох електрохімічних джерел (32), (33) блок/оживлення, спільна точка яких з'єднана з «землею» (12).

Аероіонний мікрокулонометр працює таким чином.

У робочий стан аероіонний мікрокулонометр приводиться приєднанням виводів живлення (30), (31) операційних підсилювачів схеми до відповідних полюсів двох електрохімічних джерел (32), (33) блока живлення. Датчик (7) електричного за-

ряду розміщується в точці вимірювання електричного поля навколишнього середовища. Перемикач (17) ручного чи автоматичного скидання показів встановлений в положення ручного скидання, при якому контакти (19) замкнені. Ручкою змінного резистора (18) блока установки нуля стрілку магнітоелектричного вимірювального механізму (27) блока індикації встановлюють на нуль шкали. Після цього перемикач (17) скидання показів встановлюється в режим вимірювання. Заряд аероіонів, що накопичився на вхідному конденсаторі (9) з датчика (7), надходить через резистор (8) блока вхідного опору та подається на конденсатор (16) інтегруючого блока, що приєднаний одним виводом в точку з'єднання першого додаткового резистора (10) і резистора (8) блока вхідного опору, а іншим з виходу (22) прецизійного операційного підсилювача в зворотне коло. Конденсатор (16) інтегруючого блока заряджається до напруги  $U_{\text{вих}} = -Q_{\text{вх}}/C$ , яка з виходу (22) прецизійного операційного підсилювача поступає через вихідний резистор (20) та резистор (21) блока вибору діапазону на неінвертувальний вхід (26) другого операційного підсилювача. Працює аероіонний мікрокулонометр як перетворювач кількості електрики в напругу, оскільки є інтегральним підсилювачем струму. В залежності від кількості електрики у вигляді концентрації зарядів аероіонів, що накопичились на датчику (7), покази магнітоелектричного вимірювального механізму (27) блока індикації пропорційні їхній кількості позитивного чи від'ємного знаку зарядів аероіонів відносно нуля шкали. В автоматичному положенні перемикача (17) ручного чи автоматичного скидання показів покази магнітоелектричного вимірювального механізму (27) блока індикації через заданий час скидаються. В ручному положенні час скидання вибирається довільно.

При розміщенні датчика (7) в повітряному або газовому середовищі електричного поля на ньому згідно рівняння електростатичного поля або теореми Гауса [3] електричні заряди того чи іншого знаку в об'ємі  $dV$  датчика (7) навколо точки  $g$ , обмежені його замкнутою поверхнею  $S$ , і дорівнюють

$$Q \text{ (всередині } S) = \int p \, r \, dV, \quad (1)$$

де  $p(r)$  - об'ємна густина електричних зарядів в об'ємі  $dV$  датчика (7),

$$p(r) = \int dQ/dV. \quad (2)$$

Заряд аероіонів, що накопичився на конденсаторі (9) через датчик (7), надходить через резистор (8) блока вхідного опору та подається на конденсатор (16) інтегруючого блока що включений одним виводом в точку з'єднання першого додаткового резистора (10) і резистора (8) блока вхідного опору, а іншим виводом - до виходу (22) прецизійного операційного підсилювача у вигляді імпульсу струму чи безперервної величини струму

$$Q_{\text{вх}} = \int idt \quad (3)$$

Конденсатор (16) інтегруючого блока заряджається до напруги

$$U_{\text{вих}} = -Q_{\text{вх}}/C \quad (4)$$

де  $C$  - ємність інтегруючого конденсатора (16). Знак «-» означає, що використання інвертувального входу (14) прецизійного операційного підсилювача обумовлює зміну полярності вхідного сигналу. Напруга  $U_{\text{вих}}$  з виходу прецизійного опе-

раційного підсилювача (15) поступає через вихідний резистор (20) і резистор (21) блока вибору діапазону (що включені як подільник відповідно до діапазону вимірювання) на неінвертувальний вхід (26) другого операційного підсилювача та відображається, у відповідності до знаку, на шкалі відносно нуля показчиком (стрілкою) магнітоелектричного вимірювального механізму (27) блока індикації пропорційно переданій кількості електрики

$$Q_{\text{вх}} = C \cdot U_{\text{вих}} \quad (5)$$

Відповідно концентрація аероіонів визначається за формулою

$$N = Q/V \cdot e, \quad (6)$$

де  $Q$  - заряд, отриманий датчиком (7), в мікроКулонах;

$V$  - об'єм датчика (7), в  $\text{см}^3$ ;

$e$  - заряд електрона,  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

Об'єм  $V$  датчика (7) вибраний з умови, що

$$N = 1/e \cdot V = 1; 2; 5 \times 10^k \text{ 1/см}^3 \quad (7)$$

де  $k = 0; \pm 1, \pm 2, \dots$

В такому випадку відлік концентрації зарядів аероіонів  $N$  здійснюється безпосередньо в одиницях шкали відповідно до діапазону вимірювання.

Джерела інформації:

1. Лічильник аероіонів «Сапфир - 3К». Інструкція по експлуатації.

2. Мікрокулометр. Патент на корисну модель UA № 5224 (20040806587) U 7 G 01 R 29/24. Целінко М. Г., Прокопенко М.М., Целінко О.Г.

3. Кнойбль Ф.К. Пособие для повторения физики: Пер. с нем. - М.; Энергоиздат, 1981, - 256 с.

