



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112812** (13) **C2**  
(51) МПК (2016.01)  
**G01R 29/12** (2006.01)  
**G01R 21/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

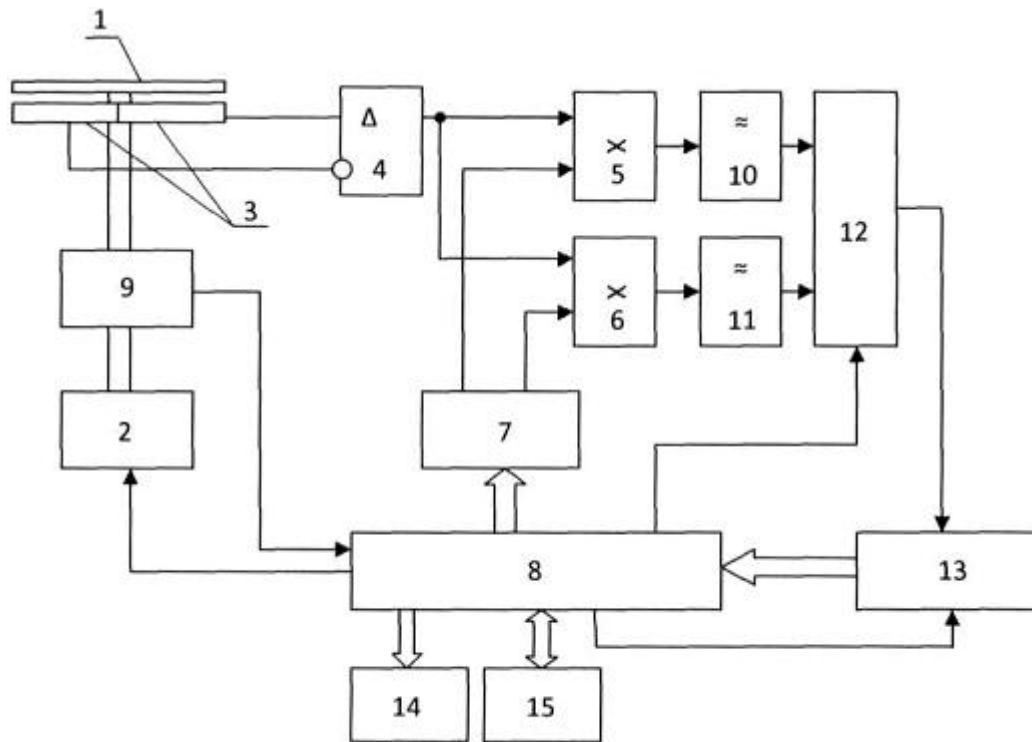
(21) Номер заявки: <b>а 2015 03093</b>	(72) Винахідник(и): <b>Баженов Віктор Григорович (UA), Баженов Володимир Вікторович (UA), Грузін Сергій Валерійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>03.04.2015</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.10.2016</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 105423 C2, 12.05.2014 UA 98564 C2, 25.05.2012 US 2004263149 A1, 30.12.2004 CN 101576590 A, 11.11.2009 RU 2379717 16 20.01.2010 RU 2414717 C1, 20.03.2011 RU 2199761 C2, 27.02.2003 SU 1288629 A1, 07.02.1987 SU 1818599 A1, 30.05.1993 Баженов В.Г., Якимчук Н.А., Грузин С.В., Пидлісна І.С. Метод и аппаратура для измерения напряженности электрических полей при геолого-геофизических исследованиях. Зб. наук. праць "Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики", 2014. - С. 1-13, УДК 621.317.32
(41) Публікація відомостей про заявку: <b>10.10.2016, Бюл.№ 19</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.10.2016, Бюл.№ 20</b>	

## (54) ЦИФРОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ТА ІОННИХ СТРУМІВ

### (57) Реферат:

Винахід належить до галузі геофізичного приладобудування і може бути використаний для вимірювання напруженості електричного поля та іонної провідності атмосфери в геофізиці при пошуках корисних копалин, в промисловості для екологічних вимірювань. Цифровий спосіб вимірювання напруженості електричного поля та іонної провідності полягає в тому, що результати вимірювання отримують за два етапи, причому на першому підготовчому етапі вимірюють кожну постійну складову після перемноження, а на другому етапі змінюють частоту експонування і контролюють зміну результатів вимірювань відносно вимірювань на першому етапі, якщо результати обох складових змінюються, змінюють початкову фазу ортогональних опорних сигналів доти, поки буде змінюватися тільки одна складова при зміні частоти експонування, причому та складова, яка буде залишатися незмінною при зміні частоти експонування, буде пропорційна значенню іонних струмів, а та частина, яка змінюється зі зміною частоти експонування, буде пропорційна індукційному струму, після цього обробляють результати вимірювань і розраховують значення напруженості електричного поля та іонної провідності. Технічним результатом, що досягається даним винаходом, є підвищення завадостійкості вимірювання напруженості електричного поля та іонної провідності.

UA 112812 C2



Фиг.1

Винахід належить до галузі геофізичного приладобудування і може бути використаний для вимірювання напруженості електричного поля та іонної провідності атмосфери в геофізиці при пошуках корисних копалин, в промисловості для екологічних вимірювань.

Відомий є "ротаційний" або динамічний спосіб вимірювання напруженості електричного поля [див. Имянитов И.М. Приборы и методы для измерения электричества атмосферы. ГИТТЛ. - М., 1957. - с. 193-200], заснований на перетворенні потоку електростатичної індукції в змінний струм, внаслідок того, що вимірювальні пластини періодично експонують і екранують в електричному полі, протифазні сигнали з пластин підсилюють, а потім демодулюють в диференційному підсилювачі завдяки сигналу датчика положення екрануючої пластини.

Недоліком цього способу є те, що отриманий змінний струм після підсилення знову випрямляють (де-модулюють), причому отриманий в результаті сигнал, як показано [див. Имянитов И.М. "Приборы и методы для измерения электричества атмосферы". ГИТТЛ. М., 1957, с. 193-200] має складну форму, що потребує складної фільтрації, і що ускладнює реалізацію такого способу вимірювання, зменшує чутливість і точність вимірювань і збільшує час вимірювань.

Найбільш близьким аналогом є "Цифровий спосіб вимірювання напруженості електричного поля" [див. патент України на винахід № 105423C2 від 12.05.2014 МПК G01R29/12] заснований на перетворенні потоку електростатичної індукції в змінний струм, внаслідок того, що вимірювальні пластини періодично експонують і екранують в електричному полі, протифазні сигнали з пластин підсилюють в диференційному підсилювачі, а по сигналу датчика положення екрануючої пластини визначають полярність електричного поля.

Недоліком цього способу є те, що він має малу завадостійкість від сигналів-завад змінного струму, Крім того відомий спосіб не дозволяє визначати значення іонної провідності атмосфери.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення завадостійкості вимірювання напруженості електричного поля, а також вимірювання іонної провідності.

Поставлена задача вирішується тим, що вимірювальні пластини періодично експонують та екранують в електричному полі, протифазні сигнали пластин підсилюють в диференційному підсилювачі, а по синхросигналу датчика положення екрануючої пластини визначають полярність.

Новим є те що, по синхросигналу датчика положення екрануючої пластини синхронізують роботу генератора опорних ортогональних сигналів так, щоб частота цих сигналів дорівнювала частоті вимірювального сигналу з вимірювальних пластин, одночасно перемножують вимірювальний сигнал з двома складовими ортогонального опорного ( $\sin \omega t, \cos \omega t$ ) сигналу. Результати вимірювання отримують за два етапи, причому на першому підготовчому етапі вимірюють кожну постійну складову після перемноження, а на другому етапі змінюють частоту експонування і контролюють зміну результатів вимірювань відносно вимірювань на першому етапі, якщо результати обох складових змінюються, змінюють початкову фазу ортогональних опорних сигналів доти, поки буде змінюватися тільки одна складова при зміні частоти експонування, причому та складова, яка буде залишатися незмінною при зміні частоти експонування, буде пропорційна значенню іонних струмів, а та частина, яка змінюється зі зміною частоти експонування, буде пропорційна індукційному струму, після цього обробляють результати вимірювань і розраховують значення напруженості електричного поля та іонної провідності.

Спосіб може бути реалізований за допомогою пристрою, який показаний на фіг. 1, фіг. 2а, фіг. 2б.

Пристрій, що реалізує спосіб, містить заземлений (з'єднаний з корпусом) екрануючий електрод 1, що знаходиться на валу двигуна 2 і разом з валом обертається перед двома парами ізольованих один від одного та від корпусу вимірювальних пластин 3, які підключено до двох входів диференціального підсилювача 4, вихід якого з'єднано через анталайзінговий фільтр 5 з верхніми входами синхронних детекторів (перемножувачів) 5 і 6, на другі опорні входи яких подають ортогональні опорні сигнали ( $\sin \omega t, \cos \omega t$ ) з синтезатора частоти 7, частота яких  $\omega$  дорівнює частоті вимірювального сигналу з пластин 3, причому цифровий вхід управління синтезатора частоти 7 підключено до одних із виходів мікроконтролера 8, а один із входів мікроконтролера 8 з'єднаний з виходом датчика синхросигналу 9. Крім того, виходи синхронних детекторів (примножувачів) 5 і 6 через фільтри нижніх частот 10 та 11 підключено до комутатора 12, вихід якого підключено до інформаційного входу аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 13, цифрові виходи якого підключені до мікроконтролера 7, один із виходів якого з'єднаний зі входом дискретизації аналого-цифрового перетворювача 13, а другий вихід з'єднаний зі входом управління комутатора 12. Крім того виходи мікроконтролера 8 з'єднані з цифровим відліковим пристроєм 14, або з комп'ютером 15.

Цифровий спосіб вимірювання напруженості електричного поля реалізують наступним чином.

При обертанні вала двигуна 2 з заземленою екрануючою пластиною 1 періодично екранують то одну пару вимірювальних пластин, то другу 3, і на виході диференційного підсилювача 4 отримують змінний симетричний вимірювальний сигнал (частота якого  $\omega$  буде визначатись швидкістю обертання вала двигуна), який складається з двох складових: Перша складова струму буде індукційною і визначатись згідно з виразом (див. Имянитов И.М. Приборы и методы для измерения электричества атмосферы. ГИТТЛ. - М., 1957. - с. 193-200):

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

10 буде пропорційна, а саме

$$I \equiv 4h\epsilon E \omega \sin \omega t, (1)$$

$$\text{де } Q \equiv 4h\epsilon E \cos \omega t;$$

$h$  - відстань між пластинами 1 і 3;

$\epsilon$  - діелектрична проникність середовища.

15 Друга складова струму буде визначатись іонною провідністю  $\gamma$  середовища

$$I_i \equiv \gamma E \cos \omega t = \frac{E}{R_{cp}} \cos \omega t, (2)$$

де провідність середовища (повітря)

$$\gamma = \frac{1}{R_{cp}}.$$

20 Як впливає з наведених виразів індукційної та іонної складових струму фазовий зсув між ними складає 90 градусів, причому індукційна складова залежить не тільки від електричної напруженості поля, а також від частоти обертання вала двигуна, яка визначає частоту  $\omega$  вимірювального сигналу. Вищезазначені ознаки покладені в основу пропонованого способу вимірювання напруженості електричного поля та електричної провідності середовища.

25 По синхросигналу датчика 9 положення екрануючої пластини 1, який надходить на один із входів мікроконтролера 8, за допомогою якого визначається не тільки полярність вимірюваної напруженості електричного поля, але і синхронізується частота ортогональних опорних сигналів синтезатора 7 з можливістю керування мікроконтролером початковою фазою цих сигналів. Ортогональні сигнали, частота яких дорівнює частоті вимірювального сигналу з виходів синтезатора 7 подають на відповідні опорні входи перемножувачів 5 і 6, на другі входи яких 30 подають вимірювальний сигнал з виходу диференційного підсилювача 4. В результаті перемноження вхідних сигналів перемножувачами 5 і 6 на їх виходах будуть присутні постійні складові, які будуть пропорційні значенням перемножуваних сигналів.

35 Сигнали змінної частоти відфільтровуються за допомогою фільтрів 10 і 11 і за допомогою комутатора 12, який управляється мікроконтролером 8, отримані постійні складові по чергово подають на аналоговий вхід аналого-цифрового перетворювача АЦП 13, вхід запуску якого також управляється мікроконтролером 8. Отримані цифрові коди значень цих складових з цифрового виходу АЦП 13 зчитують і обробляють мікроконтролером 8. Індикацію результатів вимірювання реалізують на цифровому відліковому пристрої 14, а реєстрацію і накопичення результатів вимірювання з метою подальшої обробки та оформлення протоколів вимірювань 40 виконують на комп'ютері 15, який зв'язаний з вимірювачем (мікроконтролером 8) за допомогою бездротового зв'язку і який може знаходитись стаціонарно на значній відстані при переміщенні, наприклад, самого вимірювача. Постійні складові, які ми отримуємо на виходах перемножувачів 5 і 6, пропорційні амплітудам вхідних перемножуваних сигналів, але вони також залежать і від фазових зсувів  $\beta$  (див Фіг. 2а) цих сигналів. Про те в фазових зсувах цих сигналів відсутня 45 вимірювальна інформація як про вимірювану електричну напруженість поля, так і про іонну складову середовища, крім того присутність цього фазового зсуву унеможливає виділення іонної складової, тому за допомогою мікроконтролера 8 змінюють початковий фазовий зсув ортогональних сигналів синтезатора частоти 7 так, щоб він повністю збігався  $\beta = 0$  (див Фіг. 2б) з ортогональними складовими вимірювального сигналу. Для реалізації вищезазначеного 50 виконують наступну процедуру в два етапи.

Після отримання результатів вимірювання на першому етапі можемо мати два випадки (див Фіг. 2а і див Фіг. 2б), то на другому етапі змінюють частоту обертання вала двигуна (що відповідно змінює частоту вимірювальних сигналів і частоту синтезатора ортогональних

сигналів  $\omega$ ). Ця зміна частоти як впливає з наведеного виразу (1) змінює тільки значення індукційного струму, і якщо початкові фази ортогональних опорних сигналів синтезатора частоти і ортогональних складових вимірювального сигналу збігаються ( $\beta = 0$ ) див. Фіг. 2б, то в цьому випадку зміниться тільки одна постійна складова (сірий колір) на виході одного із перемножувачів і це буде означати, що ця складова обумовлена тільки індукційним струмом, тоді друга складова на виході другого перемножувача буде пропорційна іонному струму середовища. Якщо при виконанні другого етапу зі зміною частоти поміняли значення обидві постійні складові див. Фіг. 2а (сірий колір) на виходах синхронних детекторів, то в цьому випадку змінюють початкову фазу опорних ортогональних сигналів синтезатора частоти 7 за допомогою мікроконтролера 8 і повторюють цю процедуру, доки не буде зазначеного збігу фаз цих сигналів ( $\beta = 0$ ) див. Фіг. 2б.

Результат вимірювання напруженості визначають в мікроконтролері 8 за допомогою виразу:

$$E \equiv \sqrt{(I)^2 + (I_i)^2}.$$

Результат вимірювання провідності середовища визначають згідно з виразом (2) Спосіб, що пропонується, у порівнянні з аналогом має такі переваги:

По перше при вимірюванні напруженості електричного поля додатково визначаємо іонну провідність середовища без використання окремих дорогих громіздких приладів.

Крім того, значно підвищується точність вимірювання за рахунок використання ортогонального способу обробки сигналів, що дає змогу підвищити завадостійкість вимірювання від сигналів змінного струму (особливо сигналів з частотою мережі 50 Гц).

Використання цифрового способу вимірювання значно спрощує використання комп'ютерів для автоматизації накопичення та реєстрації результатів вимірювання, для побудови графіків змін електричної напруженості і т. д.

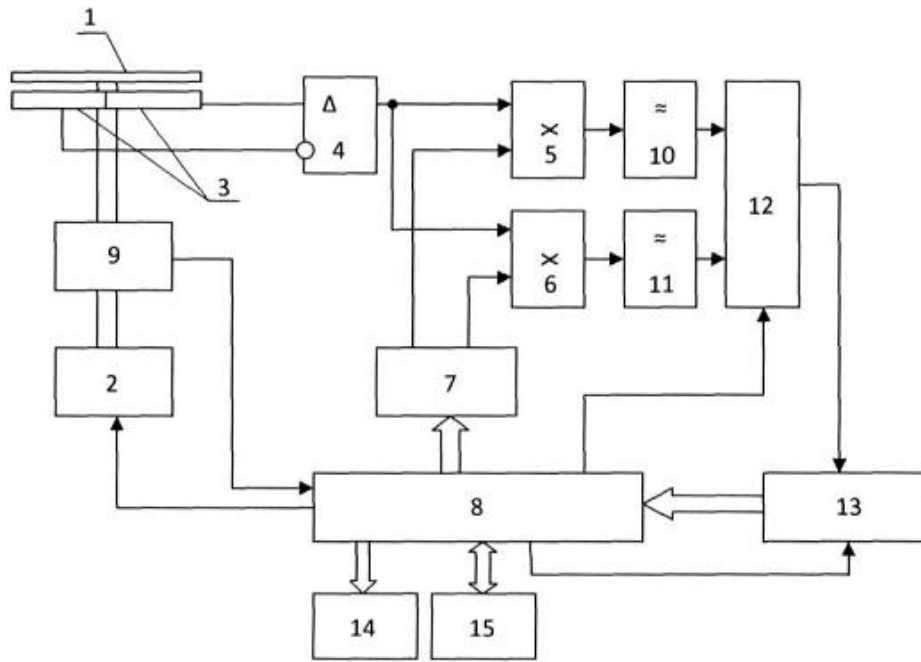
Дуже важливим фактором є також те, що пропонований спосіб вимірювання напруженості електричного поля передбачає використання сучасних мікроконтролерів, які, як відомо, можуть стикуватися з модулями бездротового зв'язку, що значно зменшує кошторис та габарити пристрою, і відкриває широкі можливості для зменшення порушень електричного поля в точці вимірювань і відповідно підвищення точності при його вимірюванні і бездротової дистанційної реєстрації на комп'ютері. Це дуже важливо, наприклад, для геофізиків при зйомках карт електричного поля місцевості.

Слід також визнати що, на перший вигляд, складна процедура початкового налаштування приладу (процедура з двох етапів з перестройкою початкової фази синтезатора частоти) може виконуватись один раз на початку експлуатації приладу, або в випадках переатестації або ремонту, так як встановлена в результаті налаштування приладу початкова фаза генератора опорних ортогональних сигналів не залежить від вимірювального середовища - може залежати від параметрів диференційного підсилювача та синхронних детекторів які, як відомо, дуже стабільні, а також механічного пошкодження пластин і двигуна.

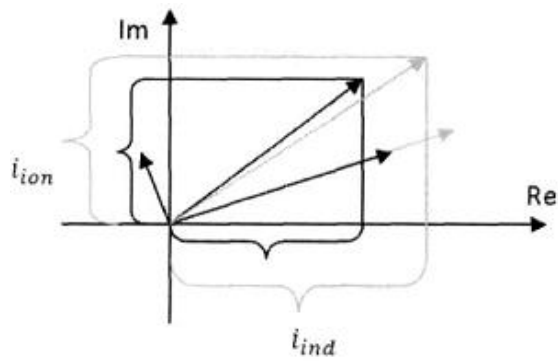
Спосіб, що пропонується, може бути реалізований на мікроконтролерах, наприклад, типу ATxmega32. Як синтезатор частоти можуть бути використані мікросхеми DDS синтезаторів, наприклад, AD9958.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

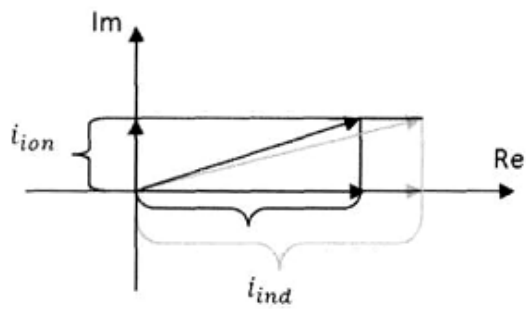
Цифровий спосіб вимірювання напруженості електричного поля та іонної провідності, в якому, вимірювальні пластини періодично експонують та екранують в електричному полі, протифазні вимірювальні сигнали пластин підсилюють в диференційному підсилювачі, по синхросигналу датчика положення екрануючої пластини визначають полярність, який **відрізняється** тим, що по синхросигналу датчика положення екрануючої пластини синхронізують роботу генератора опорних ортогональних сигналів так, щоб частота цих сигналів дорівнювала частоті вимірювального сигналу, одночасно перемножують вимірювальний сигнал з двома складовими ортогонального опорного сигналу, а результати вимірювання отримують за два етапи, причому на першому підготовчому етапі вимірюють кожну постійну складову після перемноження, а на другому змінюють частоту експонування і контролюють зміну результатів вимірювань відносно вимірювань на першому етапі, якщо результати обох складових змінюються, змінюють початкову фазу ортогональних опорних сигналів доти, поки буде змінюватися тільки одна складова при зміні частоти експонування, причому та складова, яка буде залишатися незмінною при зміні частоти експонування, буде пропорційна значенню іонної провідності, а та частина, яка змінюється зі зміною частоти експонування, буде пропорційна індукційному струму.



Фиг. 1



Фиг. 2а



Фиг. 2б

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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