



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 95712

(13) C2

(51) МПК (2011.01)

G01N 22/00

A62B 15/00

E21F 17/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ЗМІН ІНТЕГРАЛЬНОГО СКЛАДУ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

1

2

(21) а201003124

(22) 18.03.2010

(24) 25.08.2011

(46) 25.08.2011, Бюл.№ 16, 2011 р.

(72) ШИРОКОВ ІГОР БОРИСОВИЧ, СЕРДЮК ІГОР
ВОЛОДИМИРОВИЧ, КОВАЛЬ НАТАЛІЯ ВАСИЛІВ-
НА

(73) ШИРОКОВ ІГОР БОРИСОВИЧ

(56) UA 58814 A; 15.08.2003

UA 83525 C2; 25.07.2008

RU 2011971 C1; 30.04.1994

RU2092814 C1; 10.10.1997

SU 1589166 A1; 30.08.1990

WO 03069318 A2; 21.08.2003

US 20040229376 A1; 18.11.2004

(57) Спосіб контролю змін інтегрального складу газового середовища, що включає випромінювання й прийом безперервних мікрохвильових коливань, який **відрізняється** тим, що спочатку генерують безперервні мікрохвильові коливання із частотою f_1 в генераторі мікрохвильових коливань, які модулюють за амплітудою низькочастотними коливаннями із частотою F_1 , отримані шляхом розподілу частоти сигналу з виходу високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора, причому ці коливання подають на перший вивід першого мікрохвильового Y-циркулятора, із другого виводу якого мікрохвильовий сигнал подають на мікрохвильову антену первинного випромінювання й вторинного прийому, яка первинно випромінює ці мікрохвильові коливання в напрямку мікрохвильової антени первинного прийому й вторинного випромінювання, при цьому первинно прийняті мікрохвильові коливання подають на перший вивід другого мікрохвильового Y-циркулятора, із другого виводу якого мікрохвильові коливання подають на смуговий фільтр, а після нього на мікрохвильовий підсилювач, при цьому посилений мікрохвильовий сигнал подають одночасно на сигнальний вхід керованого мікрохвильового фазообертача й на амплітудний детектор, при цьому низькочастотні коливання із частотою

F_1 з виходу амплітудного детектора подають на перший вхід частотно-фазового детектора, сигнал з виходу якого подають на високочастотний високочастотний кварцовий опорний генератор керований напругою, сигнал з виходу якого при цьому подають на два дільники частоти для формування низькочастотних сигналів із частотами F_1 й F_2 , при цьому сигнал із частотою F_1 надходить на другий вхід частотно-фазового детектора, а сигнал із частотою F_2 надходить на керуючий вхід керованого мікрохвильового фазообертача, у якому здійснюється зрушення частоти мікрохвильового сигналу із частотою f_1 на величину, рівну частоті F_2 , при цьому трансформовані по частоті мікрохвильові коливання подають на третій вивід другого мікрохвильового Y-циркулятора, а з його першого виводу мікрохвильові коливання подають на мікрохвильову антену первинного прийому й вторинного випромінювання й випромінюють їх у напрямку мікрохвильової антени первинного випромінювання й вторинного прийому, далі мікрохвильові коливання із частотою $f_1 = f_1 + F_2$ приймають і подають на другий вивід першого мікрохвильового Y-циркулятора, із третього виводу якого мікрохвильові коливання подають на перший вхід змішувача, при цьому на другий вхід змішувача подають вихідні мікрохвильові коливання із частотою f_1 , після гомодинного перетворення частоти в змішувачі перетворений по частоті низькочастотний сигнал із частотою $F_2 = f_2 - f_1$ обмежують за амплітудою у вибірному підсилювачі-обмежнику й подають на перший вхід фазового детектора, при цьому на другий вхід фазового детектора подається низькочастотний опорний сигнал із частотою F_2 , сформований шляхом розподілу частоти високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора; таким чином, на виході фазового детектора одержують сигнал, пропорційний набігу фази мікрохвильового сигналу, при його дворазовому проходженні вимірювальної траси, по зміні якого контролюють зміну інтегрального складу повітря в шахтах.

(13) C2

(11) 95712

(19) UA

Винахід належить до теплонасосних установок та може бути використаний для гарячого водопостачання опалення та кондиціонування житлових будинків та споруд різного типу з застосуванням теплової енергії вентиляційного повітря, що видаляється з будинку.

Технічний результат винаходу - удосконалення теплового насоса за рахунок зменшення викидів тепла витяжним повітрям, та зменшення потужності компресора.

Вказаний технічний результат досягається тим, що в схему додатково встановлено приточно-витяжний блок, з розташованими в ньому випарувачем і конденсатором, які паралельно з'єднані з випарувачем і конденсатором основного контуру.

Така схема основного контуру теплового насоса з додатково встановленим приточно-витяжним блоком дозволяє зменшити теплові втрати за рахунок викидів тепла витяжним повітрям, приблизити коефіцієнт перетворення тепла в тепловому насосі до теоретичного.

Винахід належить до області електричних вимірів і може бути використаний для контролю інтегрального складу газового середовища.

Відомі різні способи контролю складу газового середовища й змісту в ньому різного пилу, вологи, пари, органічних речовин (вугільний пил, дерев'яний пил, торф, пари розчинників) та інших компонентів, наприклад: оптичні, масово-вагові й ультразвукові способи, (див., наприклад, Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин, Б.Э. Аршанский, И.А. Зограф и др. / Под общей ред. П.В. Новицкого. - М. - Л.: Энергия, 1966. - 690 с.). Перераховані способи мають ряд недоліків при використанні їх в обмежених, замкнених просторах, з періодично працюючою вентиляцією, наприклад у шахтах, тунелях, закритих приміщеннях. Існуючі стаціонарні, мобільні й переносні датчики контролю атмосфери мають ряд недоліків. До їхніх недоліків належать: слабка захищеність датчиків від пилу, вологи, пари, тривалий час виміру й можливість проведення тільки локального контролю газового середовища. Так, наприклад, домішки газів і пилу у вугільних шахтах нерівномірно розподілені за обсягом, тому перераховані датчики можуть вчасно не виявити викид підземних газів або перевищення гранично припустимої концентрації пилу навіть на відстані декількох метрів від датчика. Це негативно позначається на стані здоров'я людей, що працюють у цих зонах або перебувають у безпосередній близькості від них, а також може призвести до вибуху пилу або газу. Це поширюється й на інші види людської діяльності й виробництва з токсичним і шкідливим середовищем, а також на пожежонебезпечні й вибухонебезпечні виробництва.

На відмінність від перерахованих способів виміру, мікрохвильові фазометричні способи контролю складу газового середовища дають можливість здійснювати моніторинг складу газового середовища на протяжних трасах і навіть у великих обсягах простору. Тому вони становлять особливий інтерес при здійсненні моніторингу

складу повітря в замкнених просторах, у шахтах і тунелях, для екологічного моніторингу, а також при вивченні поширення мікрохвиль в атмосферних каналах зв'язку.

Найбільш близьким по технічній суті до винаходу, що заявляється, є спосіб виміру флуктуацій набігу фази й кутів приходу радіохвиль (Патент України № 58814 А оп. в Бюл. № 8 15.08.2003 G01R 29/08).

За цим способом, визначення кутів приходу радіохвиль (мікрохвиль), у двох незалежних каналах генерують безперервні високочастотні (мікрохвильові) коливання із двома різними, що мало відрізняються одна від одної, частотами f_1 й f_2 . Через дві антени ці мікрохвильові коливання випромінюють у напрямку ретранслятора. При цьому, у місці розташування антен первинного випромінювання, генерують окремі опорні коливання з низькою частотою F . Ці низькочастотні коливання подають на модулятор радіопередавача й через антену радіопередавача модульований радіосигнал випромінюють у напрямку ретранслятора на радіочастоті f_3 . У ретрансляторі, через антену радіоприймача модульований радіосигнал із частотою f_3 приймають і демодують, одержуючи тим самим місцеві опорні низькочастотні коливання із частотою F . У мікрохвильові коливання із частотами f_1 й f_2 , прийняті антеною ретранслятора, вводять монотонно наростаюче фазове зрушення. У ретрансляторі період зміни фази мікрохвильових коливань синхронізують опорними низькочастотними коливаннями із частотою F . Трансформовані за частотою мікрохвильові коливання із частотами $f_1' = f_1 + F$ й $f_2' = f_2 + F$ перевипромінюють у напрямку первинного випромінювання, де обидва ці коливання вдруге приймають, подають на змішувач разом з вихідними мікрохвильовими коливаннями й у відповідних каналах виділяють комбінаційні низькочастотні складові з однаковими частотами $f_1' = f_1 + F$ й $f_2' = f_2$. Після чого вимірюють різниці фаз, між місцевими опорними низькочастотними коливаннями із частотою F й комбінаційними низькочастотними коливаннями із цією ж частотою F , у цих каналах окремо, оцінюючи тим самим флуктуації набігу фази в обох каналах вимірника. Додатково обчислюють при цьому кут приходу мікрохвиль.

Однак, наведений спосіб виміру флуктуацій набігу фази й кутів приходу мікрохвиль вимагає трьох радіоканалів для забезпечення його роботи. Крім того, наведений спосіб виміру флуктуацій набігу фази й кутів приходу мікрохвиль не дозволяє досягти високої точності виміру. Це пов'язано з тим, що опорний канал синхронізації є відкритим радіоканалом, тому зміни його комплексного коефіцієнта передачі приводять до флуктуацій амплітуди й повної фази переданого радіосигналу. Появу цих флуктуацій викликано наступними головними причинами: адитивними шумами в опорному каналі зв'язку й багатопроменевим поширенням радіохвиль. Навіть наявність високочастотних фільтрів на виході радіоприймача не дозволяє придушити фазові

шуми в низькочастотному опорному сигналі, тому що їхній спектр зосереджений в області частоти опорного сигналу. У результаті, у ретрансляторі при зрушенні частоти мікрохвильового вимірювального сигналу, у нього також вносяться флуктуації початкової фази, обумовлені фазовими шумами низькочастотного опорного сигналу. Ці флуктуації початкової фази низькочастотного опорного сигналу не можуть бути скомпенсовані в прототипі, при вимірі набігу фази мікрохвильового сигналу, що негативно впливає на точність вимірів.

В основу винаходу поставлена задача мінімізувати кількість радіоканалів, необхідних для роботи пристрою. Поставлена задача досягається шляхом того, що спочатку генерують безперервні мікрохвильові коливання із частотою f_1 , які модулюють за амплітудою низькочастотними коливаннями із частотою F_1 , отримані шляхом розподілу частоти сигналу з виходу високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора, причому ці коливання через перший мікрохвильовий Y-циркулятор подають на мікрохвильову антену первинного випромінювання й вторинного прийому, яка первинно випромінює ці мікрохвильові коливання в напрямку мікрохвильової антени первинного прийому й вторинного випромінювання, при цьому первинно прийняті мікрохвильові коливання через другий мікрохвильовий Y-циркулятор подають на смуговий фільтр, а потім на мікрохвильовий підсилювач, посилений мікрохвильовий сигнал подають одночасно на сигнальний вхід керування мікрохвильового фазообертача й на амплітудний детектор, при цьому низькочастотні коливання із частотою F_1 з виходу амплітудного детектора подають на перший вхід частотнофазового детектора, сигнал з виходу якого подають на високочастотний високочастотний кварцовий опорний генератор, керований напругою, сигнал з виходу якого подають на два дільники частоти для формування низькочастотних сигналів із частотами F_1 й F_2 , при цьому сигнал із частотою F_2 надходить на другий вхід частотно-фазового детектора, а сигнал із частотою F_1 , надходить на керуючий вхід керованого мікрохвильового фазообертача, у якому здійснюється зрушення частоти мікрохвильового сигналу із частотою f_1 на величину рівну частоті F_2 , при цьому трансформовані по частоті мікрохвильові коливання подають через другий мікрохвильовий Y-циркулятор на мікрохвильову антену первинного прийому й вторинного випромінювання й випромінюють їх у напрямку мікрохвильової антени первинного випромінювання й вторинного прийому, далі мікрохвильові коливання із частотою $f_2 = f_1 + F_2$ приймають і через перший мікрохвильовий Y-циркулятор подають на змішувач разом зі вихідними мікрохвильовими коливаннями із частотою f_1 , у якому здійснюють гомодинне перетворення частоти; перетворений з частотою низькочастотний сигнал із частотою F_2 обмежують за амплітудою у вибірному підсилювачі-обмежнику й подають на вхід фазового детектора, на опорний вхід якого подається низькочастотний опорний сигнал із частотою F_2 , сформований шляхом

розподілу частоти високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора; таким чином, на виході фазового детектора одержують сигнал, пропорційний набігу фази мікрохвильового сигналу, при його дворазовому проходженні вимірювальної траси, по зміні якого контролюють зміну інтегрального складу повітря в шахті.

Порівняння даного способу із уже відомими способами й прототипом показує, що заявлений спосіб виявляє нові технічні властивості, які полягають у можливості здійснювати моніторинг складу газового середовища на протяжних трасах й у великих обсягах простору, можливості досягнення фазової синхронізації опорних генераторів на обох кінцях вимірювальної траси з використанням єдиного каналу радіозв'язку, що використовується одночасно для виміру й синхронізації високочастотних високочастотних кварцових опорних генераторів, за рахунок вибору частот, що F_1 відрізняються, F_2 , і синхронізуючих й опорного сигналів, що дозволяє підвищити точність вимірів і знизити витрати на виробництво даного пристрою, а також оптимізувати радіотракт вимірювального устаткування. Ці властивості заявленого винаходу особливо важливі для застосування у вугільних шахтах, на виробництвах з токсичним і шкідливим середовищем, а також на пожежонебезпечних і вибухонебезпечних виробництвах, де пил, пари й газу нерівномірно розподілені в обсязі робочого простору.

Ці властивості винаходу, що заявляється, є новими, тому що в способі-прототипі є недоліки, які полягають у схильності перешкодам опорного низькочастотного сигналу, відсутності посилення досліджуваного мікрохвильового сигналу, рівності частот опорного й синхронізуючого сигналів - спричиняють можливість виміру набігу фаз досліджуваних мікрохвильових сигналів з низькою точністю і відповідно з низькою точністю виконують моніторинг зміни інтегрального складу повітря.

У пропонованому способі контролю змін інтегрального складу газового середовища спочатку генерують мікрохвильові коливання із частотою f_1 , які потім модулюють за амплітудою низькочастотним синхронізуючим сигналом із частотою F_1 . Низькочастотний синхронізуючий сигнал із частотою F_1 , а також низькочастотний опорний сигнал із частотою F_2 формують шляхом розподілу частоти високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора. Модульований за амплітудою мікрохвильовий сигнал із частотою f_1 через перший мікрохвильовий Y-циркулятор подають на мікрохвильову антену первинного випромінювання й вторинного прийому, що первинно випромінює ці мікрохвильові коливання в напрямку мікрохвильової антени первинного прийому й вторинного випромінювання в ретрансляторі. При цьому мікрохвильовий сигнал

здобуває набіг фази рівний $\Delta\varphi = 2\pi f_1 d \sqrt{\varepsilon} / c$, де d - довжина вимірювальної траси, ε - відносна діелектрична проникність досліджуваного газового середовища, c - швидкість світла у вакуумі. Далі прийняті мікрохвильові коливання через другий мікрохвильовий Y-циркулятор подають на смуго-

вий фільтр, а потім на мікрохвильовий підсилювач. Посилені мікрохвильові коливання із частотою f_1 демодулюють, за допомогою амплітудного детектора, отримані в такий спосіб низькочастотні коливання із частотою F_1 використовують для синхронізації високочастотного високодобротного кварцового опорного генератора керованого напругою. Далі низькочастотний опорний сигнал із частотою F_2 , отриманий шляхом розподілу частоти сигналу високочастотного високодобротного кварцового опорного генератора керованого напругою, подають на керуючий вхід керованого мікрохвильового фазообертача, на сигнальний вхід якого подають посилені мікрохвильові коливання із частотою f_1 . У керованому мікрохвильовому фазообертачі в мікрохвильові коливання із частотою f_1 вноситься періодичне монотонно наростаюче від 0 до 2π фазове зрушення. Таким чином, здійснюється зрушення частоти мікрохвильового сигналу із частотою f_1 на величину рівну частоті F_2 . Трансформований за частотою мікрохвильовий сигнал, із частотою $f_2 = f_1 + F_2$ через другий мікрохвильовий Y-циркулятор подають на мікрохвильову антену первинного прийому й вторинного випромінювання, що вдруже випромінює ці мікрохвильові коливання в напрямку мікрохвильової антени первинного випромінювання й вторинного прийому. При цьому мікрохвильовий сигнал здобуває набіг фази,

рівний $\Delta\varphi' = 2\pi f_2 d\sqrt{\varepsilon}/c$. Тому що частота F_2 низькочастотного опорного сигналу багато менше частоти f_1 мікрохвильового вимірювального сигналу, те $f_2 \approx f_1$ й, отже, набіг фази $\Delta\varphi' \approx \Delta\varphi$. Далі прийняті мікрохвильові коливання через перший мікрохвильовий Y-циркулятор подають на змішувач, разом з вихідними мікрохвильовими коливаннями із частотою f_1 , у якому здійснюють гомодинне перетворення частоти. Перетворений за частотою низькочастотний сигнал із частотою F_2 обмежують по амплітуді у вибірному підсилювачі-обмежнику й подають на вхід фазового детектора, на опорний вхід якого подається опорний сигнал із частотою F_2 , отриманий шляхом розподілу частоти високочастотного високодобротного кварцового опорного генератора; таким чином, на виході фазового детектора одержують сигнал, пропорційний набігу фази мікрохвильового сигналу, при його дворазовому проходженні вимірювальної траси. Знаючи довжину вимірювальної траси, контролюють зміни відносної діелектричної проникності ε досліджуваного газового середовища, а отже і зміни його інтегрального складу.

Зазначений спосіб контролю змін інтегрального складу газового середовища можна реалізувати за допомогою пристрою, наведеного на рисунку.

Пристрій для визначення інтегрального складу газового середовища містить генератор мікрохвильових коливань 1, високочастотний високодобротний кварцовий опорний генератор 2, амплітудний модулятор 3, дільники частоти 4, 5, 19 й 20, мікрохвильові Y-циркулятори 6 й 12,

мікрохвильову антену первинного випромінювання й вторинного прийому 7, змішувач 8, вибірний підсилювач-обмежник 9, фазовий детектор 10, мікрохвильову антену первинного прийому й вторинного випромінювання 11, смуговий фільтр 13, мікрохвильовий підсилювач 14, керований мікрохвильовий фазообертач 15, амплітудний детектор 16, частотно-фазовий детектор 17, високочастотний високодобротний кварцовий опорний генератор керований напругою 18.

Вихід високочастотного високодобротного кварцового опорного генератора 2 з'єднаний із входами дільників частоти 4 й 5, причому вихід дільника частоти 4 з'єднаний з модуляційним входом амплітудного модулятора 3, мікрохвильовий вхід якого з'єднаний з виходом генератора мікрохвильових коливань 1, при цьому вихід амплітудного модулятора 3 з'єднаний з першим виводом мікрохвильового Y-циркулятора 6, другий вивід якого з'єднаний з мікрохвильовою антенною первинного випромінювання й вторинного прийому 7, а третій вивід мікрохвильового Y-циркулятора 6 з'єднаний з першим входом змішувача 8, другий вхід якого з'єднаний з виходом генератора мікрохвильових коливань 1, при цьому вихід змішувача 8 з'єднаний із входом вибірного підсилювача-обмежника 9, вихід якого з'єднаний з першим входом фазового детектора 10, другий вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 5; при цьому вихід мікрохвильової антени первинного прийому й вторинного випромінювання 11 з'єднаний з першим виводом мікрохвильового Y-циркулятора 12, другий вивід якого з'єднаний зі смуговим фільтром 13, вихід якого з'єднаний із входом мікрохвильового підсилювача 14, вихід якого з'єднаний із сигнальним входом керованого мікрохвильового фазообертача 15, а також із входом амплітудного детектора 16, вихід якого з'єднаний з першим входом частотно-фазового детектора 17, другий вхід якого з'єднаний з дільником частоти 19, при цьому вихід частотно-фазового детектора 17 з'єднаний із входом високочастотного високодобротного кварцового опорного генератора керованого напругою 18, вихід якого з'єднаний із входами дільників частоти 19 й 20, при цьому вихід дільника частоти 20 з'єднаний з керуючим входом керованого мікрохвильового фазообертача 15, вихід якого з'єднаний із третім виводом мікрохвильового Y-циркулятора 12.

Працює пристрій, що реалізує спосіб контролю змін інтегрального складу газового середовища, у такий спосіб. Мікрохвильові коливання з початковою амплітудою U_{01} , частотою f_1 й початковою

фазою φ_1 , описані наступним виразом

$$u_1(t) = U_{01} \cos(2\pi f_1 t + \varphi_1),$$

із виходу генератора мікрохвильових коливань 1 подають на мікрохвильовий вхід амплітудного модулятора 3. При цьому, на модуляційний вхід амплітудного модулятора подають низькочастотний синхронізуючий сигнал із частотою F_1 , сформований шляхом розподілу частоти сигналу високочастотного високодобротного кварцового опорного генератора 2

$$u_c(t) = U_c \cos(2\pi F_1 t + \varphi_{01}/n),$$

де n - коефіцієнт розподілу дільника частоти 4;

U_N - амплітуда синхронізуючого сигналу; φ_{ii} - початкова фаза сигналу високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора 2.

У результаті модульовані за амплітудою мікрохвильові коливання можна описати за допомогою наступного виразу:

$$u_2(t) = U_{01}(1 + M \cos(2\pi F_1 t + \phi_{OP}/n)) \cos(2\pi f_1 t + \phi_1),$$

де $M = U_C/U_{01}$ - коефіцієнт амплітудної модуляції.

Модульований за амплітудою мікрохвильовий сигнал із частотою f_1 через мікрохвильовий Y-циркулятор 6 подають на мікрохвильову антену первинного випромінювання й вторинного прийому 7, що первинно випромінює ці мікрохвильові коливання в напрямку мікрохвильової антени первинного прийому й вторинного випромінювання 11. При цьому мікрохвильовий сигнал здобуває набір фази $\Delta\phi$, рівний

$$\Delta\phi = \frac{2\pi f_1 d \sqrt{\epsilon}}{c},$$

де d - довжина вимірювальної траси, ϵ - відносна діелектрична проникність досліджуваного газового середовища, c - швидкість світла у вакуумі.

Таким чином, прийняті мікрохвильові коливання мають такий вигляд:

$$u_3(t) = U_{02}(1 + M \cos(2\pi F_1 t + \phi_{OP}/n)) \cos(2\pi f_1 t + \phi_1 + \Delta\phi).$$

де U_{02} - амплітуда прийнятих мікрохвильових коливань.

Далі прийняті мікрохвильові коливання через мікрохвильовий Y-циркулятор 12 подають на смуговий фільтр 13, настроєний на частоту f_1 , а потім на мікрохвильовий підсилювач 14. Посилені мікрохвильові коливання із частотою f_1 демодулюють, за допомогою амплітудного детектора 16, отримані в такий спосіб низькочастотний сигнал має вигляд

$$u_C(t) = U_C \cos(2\pi F_1 t + \phi_{OP}/n).$$

Цей сигнал із частотою F_1 подають на систему фазового автопідстроювання частоти, що складається із частотно-фазового детектора 17, високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора керованого напругою 18 і дільника частоти 19.

Далі низькочастотний опорний сигнал із частотою F_2 , отриманий шляхом розподілу частоти сигналу високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора керованого напругою 18 за допомогою дільника частоти 20, описується виразом

$$u_{OP2}(t) = U_{OP2} \cos(2\pi F_2 t + \phi_{OP}/m),$$

де m - коефіцієнт розподілу дільника частоти 20, U_{OP2} - амплітуда опорного сигналу.

Цей сигнал подають на керуючий вхід керованого мікрохвильового фазообертача 15, на сигнальний вхід якого подають посилені мікрохвильові коливання із частотою f_1 з мікрохвильового підсилювача 14. У керованому

мікрохвильовому фазообертачі 15 у мікрохвильові коливання із частотою f_1 вноситься періодичне монотонно наростаюче від 0 до 2π фазове зрушення, з періодом, рівним $T=1/F_2$. При цьому можна говорити про зрушення спектра мікрохвильових коливань на так названу частоту Допплера

$$F_2 = \frac{1}{T}.$$

Таким чином, здійснюється зрушення частоти мікрохвильового сигналу із частотою f_1 на величину, рівну частоті F_2 . Трансформований по частоті мікрохвильовий сигнал, із частотою $f_2 = f_1 + F_2$, має такий вигляд

$$u_4(t) = U_{04}(1 + M \cos(2\pi F_1 t)) \cos(2\pi f_2 t + \phi_1 + \Delta\phi + \phi_{OP}/m),$$

де U_{04} - амплітуда мікрохвильового сигналу.

Цей сигнал через мікрохвильовий Y-циркулятор 12 подають на мікрохвильову антену первинного прийому й вторинного випромінювання 11, що вдруге випромінює ці мікрохвильові коливання в напрямку мікрохвильової антени первинного випромінювання й вторинного прийому 7. При цьому мікрохвильовий сигнал здобуває набір фази, рівний

$$\Delta\phi' = \frac{2\pi f_2 d \sqrt{\epsilon}}{c}.$$

Тому що частота F_2 низькочастотного опорного сигналу багато менше частоти f_1 мікрохвильового вимірювального сигналу, то

$$F_2 = f_1 + F_2 \approx f_1.$$

Отже, набір фази мікрохвильового сигналу із частотою f_2 приблизно дорівнює

$$\Delta\phi' \approx \frac{2\pi f_1 d \sqrt{\epsilon}}{c} = \Delta\phi.$$

Далі прийняті мікрохвильові коливання через мікрохвильовий Y-циркулятор 6 подають на змішувач 8, разом з вихідними мікрохвильовими коливаннями із частотою f_1 , у якому здійснюють гомодинне перетворення частоти. Перетворений за частотою низькочастотний сигнал описується наступним виразом

$$u_5(t) = U_{05}(1 + M \cos(2\pi F_1 t)) \cos(2\pi F_2 t + 2\Delta\phi + \phi_{OP}/m),$$

де U_{05} - амплітуда низькочастотного сигналу.

Цей сигнал обмежують за амплітудою у вибірному підсилювачі-обмежнику 9 після чого він приймає вид

$$u_6(t) = U_{06} \cos(2\pi F_2 t + 2\Delta\phi + \phi_{OP}/m),$$

де U_{06} - амплітуда посиленого й обмеженого низькочастотного сигналу.

Цей сигнал подають на вхід фазового детектора 10, на опорний вхід якого подається опорний сигнал із частотою F_2 , отриманий шляхом розподілу частоти високочастотного високочастотного кварцового опорного генератора 2. Опорний сигнал описується наступним виразом:

$$u_{OP1}(t) = U_{OP1} \cos(2\pi F_2 t + \phi_{OP}/m),$$

де m - коефіцієнт розподілу дільника частоти 5.

Таким чином, на виході фазового детектора 10 одержують сигнал, пропорційний набігу фази мікрохвильового сигналу, при його дворазовому

проходженні вимірювальної траси. Знаючи довжину вимірювальної траси, контролюють зміни відносної діелектричної проникності є досліджуваного газового середовища, а отже і зміни його інтегрального складу.

Народногосподарський ефект від використання заявленого винаходу пов'язаний зі створенням системи, що дає можливість аналізувати властивості середовища поширення мікрохвиль за результатами вимірів флуктуацій набігу фази мікрохвильових коливань, що має підвищену точність визначення змін інтегрального складу газового середовища. Перевага даного вимірника, у порівнянні із прототипом, полягає в досягненні фазової синхронізації опорних генераторів на обох кінцях вимірювальної траси, що дозволяє підвищити точність вимірів. Додаткова перевага даного вимірника полягає в тому, що ретранслятор підсилює перевипромінюваний вимірювальний сигнал, що дозволяє збільшити довжину вимірювальної траси. Збільшення довжини вимірювальної траси дозволяє підвищити точність виміру за рахунок зниження відносної погрішності виміру різниці фаз досліджуваного мікрохвильового сигналу. Можливість незалежного вибору частот F_1 синхронізуючих й F_2 опорного сигналів, дозволяє вибирати частотне зрушення, внесені мікрохвильовим керованим фазообертачем у мікрохвильові вимірювальні сигнали, а також дозволяє використати той самий канал зв'язку як

для виміру набігу фази, так і для синхронізації опорних генераторів, що дозволяє знизити витрати на проектування й виробництво даного пристрою, а також оптимізувати радіотракт вимірювальної системи.

Перевага даного вимірника, у порівнянні з іншими способами виміру полягає в захищеності датчиків від пилу, вологи, пари, малому часу виміру й можливості проведення контролю зміни складу газового середовища на протяжних трасах й у великих обсягах робочих просторів. Ці властивості винаходу, що заявляється, особливо важливі для застосування у вугільних шахтах, на виробництвах з токсичним і шкідливим середовищем, а також на пожежонебезпечних і вибухонебезпечних виробництвах де газ, пил і пари нерівномірно розподілені в обсязі робочого простору. Крім того даний вимірник може бути реалізований у компактному виконанні, невеликої ваги, з малим енергоспоживанням.

Інший аспект підвищення ефективності застосування винаходу, що заявляється, пов'язаний з можливістю його використання в складі аналітико-вимірювальних комплексів безперервного контролю за параметрами атмосфери в замкнутих просторах, у шахтах і тунелях, а також у системах безперервного екологічного моніторингу, метеорології й системах автоматичного керування технологічними процесами.

