



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **84074** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
F26B 3/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 04303	(72) Винахідник(и): Горобець Володимир Миколайович (UA), Ківва Фелікс Васильович (UA), Зотов Сергій Михайлович (UA), Головко Михайло Іванович (UA), Коворотний Олексій Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки: 05.04.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2013, Бюл.№ 19	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ІМ. О.Я. УСИКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085 (UA)

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ СУШІННЯ СИПУЧИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів, що містить генератор високої частоти, випромінювач короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру, яка обладнана системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, а також плоским теплоелектронагрівачем, закріпленим на зовнішній поверхні сушильної камери, з встановленим на ньому теплоізолятором, який з'єднаний з відбивальним екраном таким чином, що відбивальна поверхня останнього направлена в бік сушильної камери, крім того, сушильна камера забезпечена з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить закріплений на ньому узгоджувальний пристрій з органом настройки. Вона додатково обладнана системою автоматичного регулювання рівнем потужності відбитої хвилі, яка містить послідовно з'єднані вимірювач коефіцієнта стоячої хвилі, блок обробки інформації і керування та виконавчий пристрій.

UA 84074 U

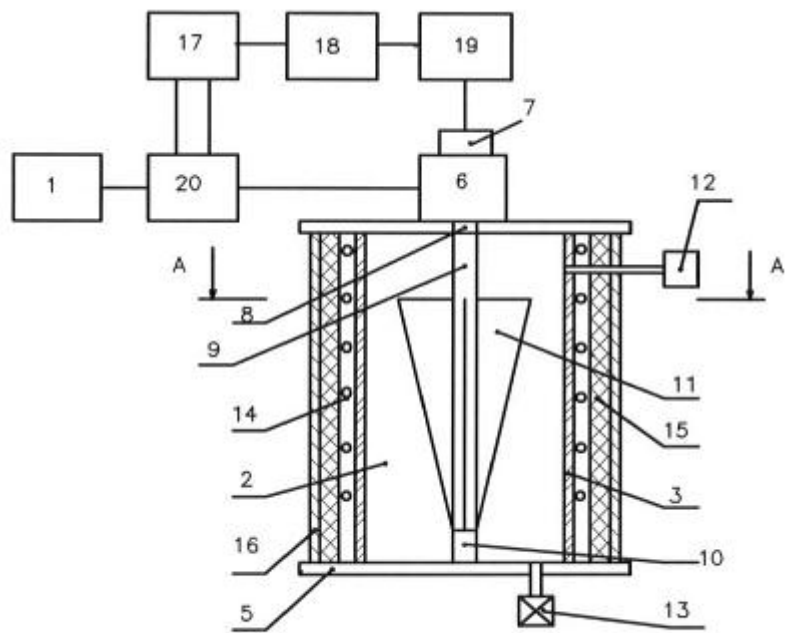


Fig. 1

Корисна модель належить до техніки сушіння сипучих дисперсних матеріалів і може бути використана в електроенергетиці, харчовій, легкій, хімічній та інших галузях промисловості і народного господарства для глибокого сушіння термочутливих матеріалів і речовин, наприклад, сорбентів, цеолітів, силікагелів та інших, за допомогою теплового поля та електромагнітного поля високої частоти.

Відома установка для сушіння сипучих матеріалів (патент РФ № 2036398, МПК⁶ F26B3/347, 1995), яка містить генератор НВЧ діапазону, випромінювач якого виконаний у вигляді стрижня довжиною $L = \lambda_{\text{в}} / 4$, що розташований в центральному отворі фланця (плити) електропровідної сушильної камери; випромінювач пов'язаний з генератором НВЧ діапазону через узгоджувальний пристрій, а сушильна камера забезпечена контейнером для сипучих матеріалів, системою вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату. Систему вакуумування сушильної камери виконано у вигляді приводної кришки, поєднаної вертикальними лопатками з нижнім кільцем по її периметру.

Недоліком установки є її велика енергоємність. Так, наприклад, для регенерації 100 кг сорбенту потрібно витратити 1200 МДж енергії, час обробки сорбенту перевищує 10 годин.

Недоліком установки є також втрати теплової енергії через те, що стінки сушильної камери не є монолітними, а також різниця температур з обох сторін електропровідних стінок камери сприяє конвекційному перенесенню теплової енергії з середини сушильної камери у відкритий простір, що призводить до додаткових витрат електроенергії.

Недоліком установки є також її низька надійність. В процесі висушування сипучих матеріалів змінюються їх електричні параметри, що призводить до зростання рівня потужності відбитої хвилі і перегріву елементів вихідного каскаду генератора НВЧ.

Відома установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів (патент України № 75206 А, МПК⁷ F26B3/347, 2006), що містить генератор високої частоти з випромінювачем короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру з системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, забезпечену з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить центральний отвір для зв'язку генератора високої частоти через закріплений на цьому фланці узгоджувальний пристрій з одним з країв випромінювача. Узгоджувальний пристрій містить в собі орган ручної настройки для регулювання рівнем потужності відбитої хвилі, яка змінюється в процесі випарювання і видалення вологи з висушуваного матеріалу. Випромінювач забезпечений щонайменше трьома продовжними ребрами у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора високої частоти. Другий край випромінювача закріплений у термотривкій керамічній втулці, встановленій на другому фланці, при цьому, довжина випромінювача в сушильній камері менша від довжини сушильної камери на висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр сушильної камери і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушувальному матеріалі.

Недоліком даної установки є значні втрати енергії, які пов'язані з конвекційними процесами перенесення теплової енергії з сушильної камери у відкритий простір, і, як наслідок, додаткові витрати електроенергії. При висушуванні сипучих матеріалів температура всередині сушильної камери дорівнює приблизно 100-120 °С, а температура зовнішнього середовища може коливатися від 0 °С до 30 °С. Через те, що стінки сушильної камери виготовлені переважно із сталі, електро- та теплопровідного матеріалу, вони передають теплову енергію з сушильної камери у зовнішнє середовище. Відомо, що втрати теплової енергії пропорційні ΔT , а на випромінювання $(\Delta T)^4$, де ΔT - різниця температур всередині і зовні сушильної камери (дивись Х.Кухлінг. Справочник по физике. Москва, Мир, 1983, с. 205-210).

Недоліком цієї установки є також її низька надійність. При ручному регулюванні рівнем потужності відбитої хвилі, на яке в значній мірі впливає людський фактор, не можна забезпечити постійний нагляд та підстроювання за допомогою органу ручного регулювання заданого рівня потужності відбитої хвилі. А це призводить до перевантажень вихідного каскаду генератора високої частоти, а також до перегріву, а часом і пробою елементів узгоджувального пристрою.

Найбільш близькою по суті до запропонованої є установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів (патент України № 56705 У, МПК⁹ F26B3/00, 2011), що містить генератор високої частоти, випромінювач короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру, яка обладнана системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, а також плоским теплоелектронагрівачем, закріпленим на зовнішній поверхні сушильної камери, з встановленим на ньому теплоізолятором, який з'єднаний з відбивальним екраном таким чином, що відбивальна

поверхня останнього направлена в бік сушильної камери, крім того, сушильна камера забезпечена з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить закріплений на ньому узгоджувальний пристрій з органом настройки та центральний отвір зв'язку з одним з країв випромінювача, забезпеченого щонайменше трьома подовжніми ребрами у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора високої частоти, другий край якого закріплений в термотривкій керамічній втулці, встановленій на другому фланці, при цьому довжина випромінювача в сушильній камері менша від довжини сушильної камери на висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр сушильної камери і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушуваному матеріалі.

Крім того, узгоджувальний пристрій, який виконаний у вигляді коливального контура з частковим включенням індуктивності, має ручний орган настройки вакуумного конденсатора змінної ємності, а генератор високої частоти через узгоджувальний пристрій зв'язаний з одним з країв випромінювача.

Основним недоліком відомої установки є її низька надійність. Дійсно, в процесі висушування сипучих дисперсних матеріалів з них випаровується та видаляється волога і, як наслідок, змінюються їх електричні параметри, якими є, наприклад, активний і реактивний опір, що призводить до розузгодження генератора високої частоти з сушильною камерою і збільшенню рівня потужності відбитої в напрямку генератора хвилі; при цьому змінюється і коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ), який обчислюється за формулою:

$$КСХ = \frac{P_{\text{пад.}} + P_{\text{відб.}}}{P_{\text{пад.}} - P_{\text{відб.}}},$$

де $P_{\text{пад.}}$ - потужність падаючої хвилі (вихідна потужність генератора високої частоти);

$P_{\text{відб.}}$ - потужність відбитої у напрямку генератора високої частоти хвилі.

Таким чином, збільшення потужності відбитої в напрямку генератора хвилі призводить до перевантажень (перегріву) елементів вихідного каскаду генератора високої частоти і, в деяких випадках, до пробоя елементів узгоджувального пристрою. Ручне підстроювання узгоджувального пристрою за допомогою органу його настройки не дозволяє в значній мірі запобігти вищезазначеному недоліку, тому що оператор не зможе забезпечити постійне спостереження за рівнем потужності відбитої хвилі і підстроювання узгоджувального пристрою з метою підтримки КСХ в заданому діапазоні (1,3-1,4). А це значить, що відома установка не відповідає високому рівню надійності.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити установку для сушіння сипучих дисперсних матеріалів шляхом впровадження автоматичного регулювання рівнем потужності відбитої хвилі з метою запобігання розузгодженню в високочастотному тракті, що забезпечить захист елементів вихідного каскаду генератора високої частоти від перевантажень, а елементів узгоджувального пристрою від пробоя, тим самим забезпечить високий рівень надійності установки.

Поставлена задача вирішується тим, що установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів, що містить генератор високої частоти, випромінювач короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру, яка обладнана системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, а також плоским теплоелектронагрівачем, закріпленим на зовнішній поверхні сушильної камери, з встановленим на ньому теплоізолятором, який з'єднаний з відбивальним екраном таким чином, що відбивальна поверхня останнього направлена в бік сушильної камери, крім того, сушильна камера забезпечена з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить закріплений на ньому узгоджувальний пристрій з органом настройки та центральний отвір зв'язку з одним з країв випромінювача, забезпеченого щонайменше трьома подовжніми ребрами у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора високої частоти, другий край якого закріплений в термотривкій керамічній втулці, встановленій на другому фланці, при цьому довжина випромінювача в сушильній камері менша від довжини сушильної камери на висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр сушильної камери і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушуваному матеріалі, згідно корисної моделі, додатково обладнана системою автоматичного регулювання рівнем потужності відбитої хвилі, яка містить послідовно з'єднані вимірювач коефіцієнта стоячої хвилі, блок обробки інформації і керування та виконавчий пристрій, вихід якого з'єднаний з органом настройки узгоджувального пристрою, а також підключеним до виходу генератора високої частоти вимірювачем потужностей падаючої та відбитої хвилі, перший вихід якого через узгоджувальний пристрій з'єднаний з одним з країв випромінювача, а другий і третій його виходи підключені до відповідних входів вимірювача коефіцієнта стоячої хвилі.

Завдяки обладнанню установки системою автоматичного регулювання рівнем потужності відбитої хвилі, яка містить послідовно з'єднані вимірювач коефіцієнта стоячої хвилі, блок обробки інформації і керування та виконавчий пристрій, вихід якого з'єднаний з органом настройки узгоджувального пристрою, а також підключеним до виходу генератора високої частоти вимірювачем потужностей падаючої та відбитої хвилі, перший вихід якого через узгоджувальний пристрій з'єднаний з одним з країв випромінювача, а другий і третій його виходи підключені до відповідних входів вимірювача коефіцієнта стоячої хвилі, забезпечене постійне на протязі всього процесу висушування матеріалів автоматичне регулювання (підстроювання) потужності відбитої хвилі з метою підтримки мінімального значення КСХ в тракті, який в процесі висушування може змінюватися від 1 до 3, що запобігає перевантаженню вихідного блока генератора високої частоти і перегріву елементів узгоджувального пристрою, і, як наслідок, забезпечена висока надійність установки.

Суть корисної моделі пояснюється ілюстраціями. На фіг. 1 - схематичне зображення установки для сушіння сипучих дисперсних матеріалів. На фіг. 2 зображено розріз за А-А.

Запропонована установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів містить генератор 1 високої частоти, сушильну камеру 2 циліндричної форми з електропровідними стінками 3, яка з обох торців має герметичні знімні фланці 4 і 5. Фланець 4 містить закріплений на ньому узгоджувальний пристрій 6 з органом настройки 7 та центральний отвір 8 зв'язку з одним з країв випромінювача 9 короткохвильового діапазону, виконаного у вигляді стрижня. Другий край випромінювача 9 закріплений в термотривкій керамічній втулці 10, яка встановлена на фланці 5. Випромінювач 9 (стрижень) виконаний довжиною, меншою довжини сушильної камери 2, а діаметр сушильної камери 2 і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушувальному матеріалі. Випромінювач 9 забезпечений щонайменше трьома подовжніми ребрами 11 у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора 1 високої частоти. Сушильна камера 2 має систему 12 вакуумування і дренажну систему 13 для стоку водяної пари і конденсату. На стінках 3 сушильної камери 2 закріплений плоский теплоелектронагрівач 14, на якому встановлений теплоізолятор 15. Останній з'єднаний з відбивальним екраном 16, відбивальна поверхня якого направлена в бік сушильної камери 2. Установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів обладнана системою автоматичного регулювання рівнем потужності відбитої хвилі (на фіг. 1 вона виділена пунктирною лінією), яка містить послідовно з'єднані вимірювач 17 коефіцієнта стоячої хвилі, блок 18 обробки інформації і керування та виконавчий пристрій 19, вихід якого механічно з'єднаний з органом 7 настройки узгоджувального пристрою 6, та вимірювачем 20 потужностей падаючої та відбитої хвилі, до входу якого підключений вихід генератора 1 високої частоти, при цьому перший вихід вимірювача 20 потужностей падаючої та відбитої хвилі через узгоджувальний пристрій 6 з'єднаний з одним з країв випромінювача 9, а другий і третій його виходи підключені до відповідних входів вимірювача 17 коефіцієнта стоячої хвилі.

Установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів працює таким чином.

В сушильну камеру 2, герметично закриту знизу знімним фланцем 5, засипають до її заповнення сипучий дисперсний матеріал, який підлягає висушуванню. Сушильну камеру 2 герметизують за допомогою знімного фланця 4 з отвором 8. Вмикають генератор 1 високої частоти, систему 12 вакуумування та плоский теплоелектронагрівач 14. Сигнал з виходу генератора 1 подається на вхід вимірювача 20 потужностей падаючої та відбитої хвилі, з першого виходу якого через узгоджувальний пристрій 6 сигнал подається на випромінювач 9. В просторі між випромінювачем 9 (стрижнем) та стінками 3 сушильної камери 2 виникає електромагнітне поле, яке поглинається матеріалом, що підлягає сушінню, і вологою в ньому. В зв'язку з тим, що генератор 1 виконаний в короткохвильовому діапазоні і його довжина хвилі істотно більша не тільки діаметра сушильної камери 2, але і її довжини, конструкція, що пропонується, являє собою неоднорідну коаксіальну хвильову лінію, еквівалентна схема якої має на кінці конденсатор, утворений випромінювачем 9 та стінками 3 сушильної камери 2. В коаксіальній хвильовій лінії існує суперпозиція падаючої та відбитої хвилі, потужність яких виміряє вимірювач 20. Вихідні сигнали вимірювача 20, пропорційні $P_{\text{пад}}$ і $P_{\text{відб}}$ з другого і третього виходів вимірювача 20 поступають на відповідні входи вимірювача 17 коефіцієнта стоячої хвилі. Вихідний сигнал останнього подається на вхід блока 18 обробки інформації і керування, який порівнює значення виміряного КСХ з його заданим пороговим значенням. Якщо КСХ не перевищує порогового значення 1,3-1,4, то сигнал на виході блока 18 відсутній. В той же час теплове поле теплоелектронагрівача 14 нагріває стінки 3, які передають тепло всередину сушильної камери 2. Для запобігання витоку теплової енергії за межі сушильної камери 2 на електронагрівачеві 14 встановлений тепло ізолятор 15, який з'єднаний з відбивальним екраном 16. Система 12 вакуумування забезпечує вакуум на рівні (1-10) кПа; завдяки цьому знижується

пори́г температу́ри інтенсивного випарювання води до 50 °C, що виключає коксування мастила на поверхні сорбентів. Температура теплоелектронагрівача 14 підтримується в діапазоні 100-150 °C. Випромінювач 9, закріплений в термотривкій втулці 10, має щонайменше три подовжніх ребра 11 у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора 1, і забезпечує

5 рівномірний нагрів сипучого матеріалу всередині сушильної камери 2.
У процесі сушіння, в міру зменшення вологості сипучих дисперсних матеріалів, змінюються і їх електричні параметри, зокрема активний і реактивний опір, що призводить до розузгоджування генератора 1 з сушильною камерою 2. В результаті чого збільшується рівень потужності відбитої хвилі, який фіксує вимірювач 20 потужностей, а потім і вимірювач 17 коефіцієнта стоячої хвилі. Вихідний сигнал останнього подається на вхід блока 18 обробки інформації і керування, який порівнює значення виміряного КСХ з його заданим пороговим значенням. При перевищенні встановленого порогу вихідний сигнал блока 18 подається на вхід виконавчого пристрою 19, вихід якого з'єднаний з органом 7 настройки узгоджувального пристрою 6. Виконавчий пристрій 19 проводить підстроювання узгоджувального пристрою 6, зменшуючи рівень потужності відбитої хвилі до тих пір, доки КСХ не зменшиться до свого мінімального значення і вихідний сигнал блока 18 буде відсутнім. Таким чином, на протязі всього процесу висушування забезпечується автоматичне підстроювання рівня потужності відбитої хвилі з метою підтримки КСХ в діапазоні його мінімальних значень, що забезпечує захист елементів вихідного каскаду генератора 1 від перевантажень і елементів узгоджувального пристрою 6 від можливого пробую, що підвищує надійність роботи установки.

Водяна пара і конденсат, які утворюються при випарюванні води з сипучого матеріалу поступають у дренажну систему 13.

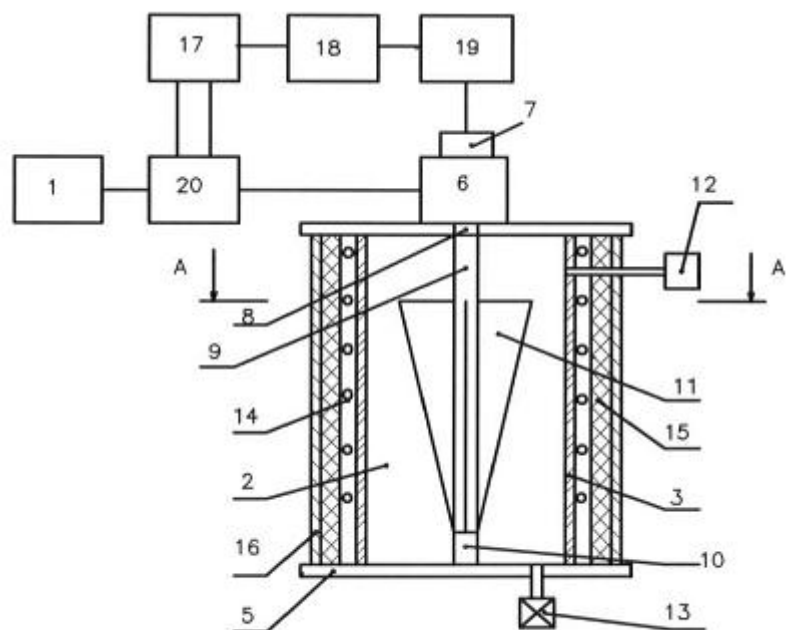
Процес сушіння контролюється по температурі висушуваного матеріалу: на початку сушіння температура матеріалу монотонно підвищується, потім стабілізується при заданій величині вакууму; про закінчення сушіння свідчить подальше підвищення температури матеріалу. Після закінчення циклу сушіння знімають фланець 5 і вивантажують готовий висушений матеріал.

Технічний результат, який досягається при використанні корисної моделі:

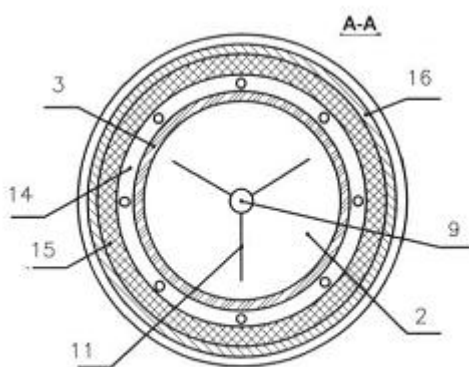
- збільшення ресурсу роботи генератора високої частоти на 20-25 %;
- збільшення ККД установки на 6-8 %;
- автоматизація процесу сушіння сипучих дисперсних матеріалів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Установка для сушіння сипучих дисперсних матеріалів, що містить генератор високої частоти, випромінювач короткохвильового діапазону у вигляді стрижня, електропровідну циліндричну сушильну камеру, яка обладнана системою її вакуумування та дренажною системою для стоку водяної пари і конденсату, а також плоским теплоелектронагрівачем, закріпленим на зовнішній поверхні сушильної камери, з встановленим на ньому теплоізолятором, який з'єднаний з відбивальним екраном таким чином, що відбивальна поверхня останнього направлена в бік сушильної камери, крім того, сушильна камера забезпечена з обох торців герметичними знімними фланцями, один з яких містить закріплений на ньому узгоджувальний пристрій з органом настройки та центральний отвір зв'язку з одним з країв випромінювача, забезпеченого щонайменше трьома подовжніми ребрами у вигляді трикутників, основи яких направлені в бік до генератора високої частоти, другий край якого закріплений в термотривкій керамічній втулці, встановленій на другому фланці, при цьому довжина випромінювача в сушильній камері менша від довжини сушильної камери на висоту термотривкої керамічної втулки, а діаметр сушильної камери і її довжина менші від довжини хвилі короткохвильового діапазону у висушуваному матеріалі, яка **відрізняється** тим, що вона додатково обладнана системою автоматичного регулювання рівнем потужності відбитої хвилі, яка містить послідовно з'єднані вимірювач коефіцієнта стоячої хвилі, блок обробки інформації і керування та виконавчий пристрій, вихід якого з'єднаний з органом настройки узгоджувального пристрою, та вимірювачем потужностей падаючої та відбитої хвилі, до входу якого підключений вихід генератора високої частоти, при цьому перший вихід вимірювача потужностей падаючої та відбитої хвилі через узгоджувальний пристрій з'єднаний з одним з країв випромінювача, а другий і третій його виходи підключені до відповідних входів вимірювача коефіцієнта стоячої хвилі.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

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