

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

61790

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 10. VIII. 1967 (P 122 136)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 10. XII. 1970

Kl. 42 I, 9/51

MKP G 01 n, 23/24

CZYTELNIA
UKD
Urzędu Patentowego
Polskiej Republiki Ludowej

Współtwórcy wynalazku: Andrzej Kraszewski, Stanisław Stuchły, Jerzy Kaliński

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk (Zakład Doświadczalny Budowy Aparatury Naukowej UNiPAN), Warszawa (Polska)

Sposób pomiaru zawartości wody w warstwach substancji stałych i ciekłych i układ do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób ciągłego i bezstykowego pomiaru zawartości wody w warstwach substancji stałych i ciekłych przy pomocy mikrofal, to jest fal o długościach zawartych w paśmie od 1 m do 1 mm, w którym wykorzystano zależność fazy i amplitudy fali elektromagnetycznej przechodzącej dwukrotnie przez warstwę badanej substancji od zawartości wody w tej substancji oraz urządzenie do stosowania tego sposobu, w którym mierzy się przesunięcie fazy i zmianę amplitudy fali elektromagnetycznej przechodzącej dwukrotnie przez badaną substancję.

Znane sposoby określania zawartości wody polegają na wykorzystaniu bądź zależności oporności elektrycznej badanej substancji od zawartości wody, bądź zależności zespolonej przenikalności dielektrycznej badanej substancji od zawartości wody, bądź zależności absorpcji promieniowania β lub γ od zawartości wody w badanej substancji, bądź zależności spowalniania neutronów od zawartości wody w badanej substancji, bądź wreszcie zależności absorpcji promieniowania elektromagnetycznego od zawartości wody w badanej substancji.

Pierwszy ze sposobów charakteryzuje się ograniczoną dokładnością, a w trakcie pomiaru zawartości wody badana substancja musi być w fizycznym styku z elektrodami układu pomiarowego. Podobne wady posiada sposób wykorzystujący zależność zespolonej przenikliwości dielektrycznej substancji od zawartości wody. Sposób polegający na wyko-

2

rzystaniu zależności absorpcji promieniowania β lub γ od zawartości wody wymaga stosowania silnych źródeł promieniowania o skończonym czasie połowicznego rozpadu oraz charakteryzuje się dużą bezwładnością, podobnie jak sposób wykorzystujący zjawisko spowalniania neutronów, gdzie bezwładność wynika z konieczności zliczenia neutronów w długim okresie czasu, co ogranicza zastosowanie tych sposobów do pomiarów ciągłych i w układach automatycznej regulacji. Sposób wykorzystujący zależność absorpcji promieniowania elektromagnetycznego od zawartości wody posiada ograniczony zakres pomiarowy — nie nadaje się na przykład do pomiaru substancji o niewielkiej zawartości wody, a więc mało wilgotnych lub bardzo cienkich.

Przy wykorzystaniu absorpcji elektromagnetycznych fal powierzchniowych dla uzyskania dokładnych wyników konieczny jest bezpośredni styk badanej substancji z przewodniczącą falową, co może ograniczać zastosowanie tego sposobu w przypadkach gdy proces technologiczny odbywa się w wysokiej temperaturze albo pod wysokim lub niskim ciśnieniem.

Celem wynalazku jest umożliwienie pomiaru i kontroli zawartości wody w warstwowym substancjach stałych i ciekłych, takich jak papier, karton, tektura, tkaniny, sklejka, deski drewniane, płyty wiórowe, płyty spilśnione, tworzywa sztuczne na płytach lub arkuszach itp. w procesie wytwa-

rzania takich substancji, przy czym pomiar jest bezstykowy i może być przeprowadzany w sposób ciągły lub wyrwykowy, a wskazania w układzie pomiarowym zależą głównie od zawartości wody w badanej substancji, natomiast nie zależą w zasadzie od innych jej właściwości, takich jak stężenie jonów wodorowych, zawartość zanieczyszczeń, gramatura, grubość czy faktura badanego materiału. Pomiary mogą być przeprowadzane w bardzo szerokim zakresie zawartości wody, w tym również dla bardzo małych zawartości wody w badanych substancjach.

Istotną cechą wynalazku jest wykorzystanie zależności zarówno fazy jak i amplitudy fali elektromagnetycznej przechodzącej dwukrotnie przez badaną substancję umieszczoną w wolnoprzestrzennym obszarze pomiarowym utworzonym przez układ promieniujący energię wielkiej częstotliwości oraz reflektor odbijający tą energię; oraz zastosowanie czułego układu mikrofalowego do wykrywania zmian impedancji wejściowej tego obszaru pomiarowego wywołanych wprowadzaniem doń badanej substancji. Na wyjściu układu mikrofalowego można uzyskać sygnał elektryczny proporcjonalny w szerokim zakresie do zawartości wody w substancji wprowadzonej do obszaru pomiarowego. W ten sposób uzyskuje się znaczne zmniejszenie wpływu składu chemicznego, stężenia jonów wodorowych, zanieczyszczeń i temperatury badanej substancji na wynik pomiaru, przy zachowaniu bardzo małej stałej czasowej układu pomiarowego i bezstykowych warunków pomiaru.

Korzyści techniczne wynikające ze stosowania wynalazku polegają na umożliwieniu przeprowadzenia i zwiększeniu dokładności wykonywania pomiarów zawartości wody w warstwach substancji stałych i ciekłych, w warunkach laboratoryjnych jak i przy kontroli w procesach technologicznych. Dzięki dużej czułości układu wyrażonej w dB na % zawartości wody oraz dużej dokładności metody pomiaru, możliwy jest pomiar niewielkich wartości zawartości wody, a więc pomiar substancji mało wilgotnych lub bardzo cienkich, przy jednoczesnym umożliwieniu pomiaru jednostronnego i przebiegającego w sposób ciągły i bezstykowy, przy czym wynik pomiaru nie zależy w szerokich granicach od przemieszczeń badanej substancji względem układu pomiarowego, pofałdowania powierzchni badanej substancji i innych jej właściwości poza zawartością wody. Pomiar zawartości wody jest natychmiastowy, a sygnał wyjściowy układu pomiarowego może być wykorzystany do sterowania procesem technologicznym.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony za pomocą rysunku, na którym fig. 1a, 1b, 1c przedstawiają ideowo charakterystyki przetwornika informacji przy zmianie zawartości wody (ΔW) w badanej substancji, zaś fig. 2 przedstawia schemat blokowy przykładu zastosowania urządzenia do stosowania sposobu pomiaru zawartości wody według wynalazku, zaś fig. 3 przedstawia schemat blokowy przykładu rozwiązania układu detekcyjnego w urządzeniu do stosowania sposobu według wynalazku, zaś fig. 4 przedstawia inny przykład rozwią-

zania tegoż układu detekcyjnego. Dla ilustracji fig. 5 przedstawia zdjętą doświadczalnie zależność sygnału wyjściowego urządzenia według wynalazku od zawartości wody w tekturze i papierze, umieszczonych w obszarze pomiarowym, określonej metodą ważenia.

Na fig. 1a przedstawiono ideowo przebieg zależności składowych zespolonej przenikalności dielektrycznej Σ i $\tan \delta$ badanej substancji od zawartości wody W w tej substancji, zaś na fig. 1b pokazano zależność składowej urojonej impedancji wejściowej Z_{we} obszaru pomiarowego, w którym umieszczona jest badana substancja, od składowych przenikalności dielektrycznej Σ tej substancji. Fig. 1c przedstawia ideowo przebieg zależności sygnału wyjściowego A urządzenia składowej urojonej impedancji wejściowej $Im Z_{we}$ obszaru pomiarowego z badaną substancją. Tak więc zmiana przenikalności dielektrycznej badanej substancji powstała pod wpływem zmiany zawartości wody zostaje w przetworniku mikrofalowym odwzorowana na zmianę impedancji wejściowej obszaru pomiarowego, która to zmiana, wprost proporcjonalna do zawartości wody w badanym materiale, zostaje w układzie pomiarowym według wynalazku przetworzona na sygnał elektryczny, który jest proporcjonalny do zawartości wody w tym materiale.

Fig. 2 przedstawia uproszczony schemat blokowy urządzenia do stosowania sposobu pomiaru zawartości wody według wynalazku. Sygnał mikrofalowy modulowany sygnałem niskiej częstotliwości dostarczony z generatora 1 dzieli się w dopasowanym ósemniku mikrofalowym 2 na dwa sygnały, z których jeden zasila układ korekcyjny 3 odbijający energię sygnału, znajdujący się w jednej z gałęzi wyjściowych ósemnika, zaś drugi sygnał zasila antenę mikrofalową 4. Sygnał wypromieniowany przez antenę 4 przechodzi przez badaną substancję 5, odbija się od metalowego reflektora 6 umieszczonego w określonej odległości za substancją, przechodzi powtórnie przez badaną substancję 5 i z powrotem przez antenę promieniującą 4 powraca do ósemnika 2. W ten sposób do dopasowanego ósemnika mikrofalowego 2 dochodzą dwa sygnały odbite — jeden od układu korekcyjnego 3, który umożliwia regulację amplitudy i fazy odbitej, oraz drugi, odbity od reflektora 6, którego amplituda i faza są związane z elektromagnetycznymi właściwościami badanej substancji 5, które to właściwości zależą z kolei od zawartości wody w tej substancji. Sygnał mikrofalowy, powstały w wyniku wektorowego dodania się dwu tych sygnałów odbitych, a będący miarą zawartości wody w badanej substancji, przechodzi do czwartej gałęzi ósemnika 2 stanowiącej jego wyjście. Na wyjściu tej gałęzi umieszczony jest zmienny tłumik mikrofalowy 7, wywzorcowany w jednostkach tłumienia, zaś na jego wyjściu znajduje się układ detekcyjny 8, który ma za zadanie przetworzenie i zobrazowanie informacji zawartych w sygnale mikrofalowym dochodzącym na jego wejście.

Fig. 3 przedstawia schemat blokowy przykładu

rozwiązania układu detekcyjnego 8 dla bezpośredniej metody pomiaru zawartości wody sposobem według wynalazku. Modulowany sygnał mikrofalowy, którego amplituda jest proporcjonalna do zawartości wody w badanej substancji 5, doprowadzony jest do półprzewodnikowej diody detekcyjnej 9, gdzie podlega demodulacji. Zdemodulowany sygnał niskiej częstotliwości zostaje liniowo wzmacniony przez wzmacniacz pasmowy 10 a następnie logarytmicznie przez wzmacniacz 11. Uzyskuje się w ten sposób liniową zależność pomiędzy napięciem wyjściowym wzmacniacza 11 a zawartością wody w badanej substancji 5. Napięcie wyjściowe wzmacniacza logarytmicznego 11 mierzone jest przez woltomierz 12 wyposażony w układ ekspandera skali, a następnie podawane na wychyłowy miernik magnetoelektryczny 13 oraz na rejestrator 14. Dołączony równolegle na wyjście woltomierz 12 układ sygnalizatora tolerancji 16 sygnalizuje przy pomocy układu alarmowego 17, na przykład świetlnego, każde przekroczenie zadanej tolerancji zmian zawartości wody w badanej substancji 5. Napięcie modulujące sygnał mikrofalowy w generatorze mikrofalowym 1 oraz napięcie porównawcze dla układu sygnalizatora tolerancji 16 dostarczane jest ze wspólnego generatora napięcia sinusoidalnego niskiej częstotliwości 15.

Fig. 4 przedstawia schemat blokowy przykładu innego rozwiązania układu detekcyjnego 8 dla kompensacyjnej metody pomiaru zawartości wody sposobem według wynalazku. Sygnał mikrofalowy modulowany napięciem niskiej częstotliwości, którego amplituda jest proporcjonalna do zawartości wody w badanej substancji 5, doprowadzony jest do półprzewodnikowej diody detekcyjnej 9, gdzie podlega demodulacji. Zdemodulowany sygnał niskiej częstotliwości zostaje liniowo wzmacniony przez wzmacniacz pasmowy 10 i przez wzmacniacz dopasowujący 13 steruje elektromechaniczny układ regulacyjny 19. Moment obrotowy wykorzystany na osi układu regulacyjnego 19 wykorzystany jest do napędu odpowiednich elementów układu mikrofalowego, na przykład elementów składowych układu korekcyjnego 3 umożliwiającą zmianę fazy lub amplitudy fali odbitej w tej gałęzi. Z chwilą skompensowania mikrofalowego sygnału nierównowagi mostka, układ regulacyjny przestaje działać, aż do momentu powtórnego pojawienia się sygnału mikrofalowego na wejściu diody detekcyjnej 9.

Pomiar zawartości wody sposobem według wynalazku polega na określeniu amplitudy sygnału nierównowagi mostka mikrofalowego, zobrażowanego na wskaźniku wychyłowym 13, bądź na określeniu wartości tłumienia wprowadzanego przez zmienny tłumik 7 potrzebnego do uzyskania ustalonego wychylenia, bądź na określeniu impedancji wejściowej układu korekcyjnego 3, potrzebnej do zrównoważenia w mostku impedancji wejściowej obszaru pomiarowego z badaną substancją. Ze znajomości jednej z tych wielkości można wnosić o wartości zawartości wody w badanej substancji na podstawie krzywej wzorcowania, w czasie którego zawartość wody określa

się konwencjonalnymi metodami, na przykład metodą ważenia. Dla ilustracji fig. 5 pokazuje krzywe wzorcowania sygnału wyjściowego A od zawartości wody W zdjęte doświadczalnie metodą bezpośrednią sposobu według wynalazku dla tektury o gramaturze 630 G/m² (krzywa A) i dla papieru o gramaturze 70 G/m² (krzywa B).

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru zawartości wody w warstwach substancji stałych i ciekłych, w którym mierzy się właściwości rozchodzenia fali elektromagnetycznej przechodzącej przez badaną substancję, które zależą od przenikalności dielektrycznej, która z kolei jest zależna od zawartości wody w badanej substancji, **znamienny** tym, że fala elektromagnetyczna przechodzi dwukrotnie przez badaną substancję umieszczoną w odpowiednim miejscu wolnoprzestrzennego obszaru pomiarowego utworzonego przez antenę promieniującą energię mikrofalową i reflektor odbijający tą energię i znajdujący się od niej w pewnym oddaleniu, oraz nie związany mechanicznie z resztą układu pomiarowego, przy czym badana substancja przemieszcza się przez obszar pomiarowy w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali elektromagnetycznej przenikającej przez tą substancję i znajduje się w odległości równej nieparzystej wielokrotności jednej czwartej długości fali, wytwarzanej przez generator mikrofalowy, od reflektora odbijającego energię mikrofalową, przy czym zmiany impedancji obszaru badanego są miarą zawartości wody w badanej substancji
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny** tym, że mierzy się zmiany impedancji wejściowej wolnoprzestrzennego obszaru pomiarowego wywołane wprowadzeniem do tego obszaru badanej substancji.
3. Sposób według zastrz. 1 i 2, **znamienny** tym, że zmiany impedancji wejściowej obszaru pomiarowego mierzy się za pomocą mostka mikrofalowego.
4. Sposób według zastrz. 1—3, **znamienny** tym, że mierzy się wartość sygnału nierówności mostka mikrofalowego, powstałego w wyniku wprowadzania do obszaru pomiarowego badanej substancji.
5. Sposób według zastrz. 1—3, **znamienny** tym, że mierzy się zmianę impedancji wejściowej gałęzi odniesienia mostka mikrofalowego, potrzebną do skompensowania zmiany impedancji wejściowej obszaru pomiarowego wywołanej wprowadzeniem do tego obszaru badanej substancji.
6. Układ do stosowania sposobu według zastrz. 1—5, **znamienny** tym, że zawiera w połączeniu generator mikrofalowy zasilający dopasowany ósemnik mikrofalowy, do którego ramion kolimarnych dołączony jest układ korekcyjny o zmiennej impedancji wejściowej odbijający energię mikrofalową w jednym ramieniu oraz antena promieniująca energię mikrofalową w drugim ramieniu, detektor mikrofalowy

umieszczony na wyjściu czwartego ramienia ósemnika, do którego dochodzi sygnał mikrofalowy będący sumą wektorową sygnałów odbitych od dwójnika mikrofalowego o zmiennej impedancji wejściowej i od reflektora umieszczonego za badaną substancją, a będący miarą zawartości wody w badanej substancji; oraz umieszczony na wyjściu detektora układ detekcyjny, w którym następuje przetworzenie i zobrazowanie informacji zawartych w sygnale wyjściowym.

7. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że ósemnik mikrofalowy jest magicznym T, a generator mikrofalowy zasilający dopasowany ósemnik mikrofalowy jest modulowany sygnałem niskiej częstotliwości. 15
8. Układ według zastrz. 6 i 7 **znamienny tym**, że układ korekcyjny o zmiennej impedancji wejściowej zawiera w połączeniu element absorpcyjny o zmiennym tłumieniu w celu zmiany amplitudy fali odbitej oraz element odbijający przesuwany w celu zmiany fazy fali odbitej. 20
9. Układ według zastrz. 6—8, **znamienny tym**, że układ detekcyjny umieszczony na wyjściu detektora zawiera wzmacniacz liniowy, połączony poprzez wzmacniacz logarytmiczny, woltomierz zawierający układ ekspandera skali i miernik wychyłowy z rejestratorem. 25
10. Odmiana układu według zastrz. 6—7, **znamienna**

tym, że sygnał wyjściowy z układu detekcyjnego wykorzystuje się do automatycznego równoważenia mostka mikrofalowego poprzez zmianę impedancji wejściowej układu korekcyjnego o zmiennej impedancji wejściowej, której wartość dla mostka zrównoważonego jest miarą zawartości wody w badanej substancji.

11. Układ według zastrz. 6—10, **znamienny tym**, że zawiera układ sygnalizatora tolerancji, sygnalizujący przekroczenie zadanych granicznych wartości zawartości wody w badanej substancji.
12. Układ według zastrz. 1—5, **znamienny tym**, że sygnał wyjściowy układu detekcyjnego wykorzystuje się do sterowania procesem suszenia bądź nawilgacania badanej substancji.
13. Układ według zastrz. 6—12, **znamienny tym**, że sygnał wyjściowy układu sygnalizatora tolerancji wykorzystuje się do sterowania procesem suszenia bądź nawilgacania badanej substancji.
14. Odmiana układu według zastrz. 6—13, **znamienna tym**, że sygnał wyjściowy z woltomierza zawierającego układ ekspandera skali wykorzystuje się do automatycznego równoważenia mostka mikrofalowego na drodze elektrycznej lub mechanicznej, przez zmianę impedancji wejściowej dwójnika mikrofalowego o zmiennej impedancji wejściowej, której wartość jest miarą zawartości wody w badanej substancji.

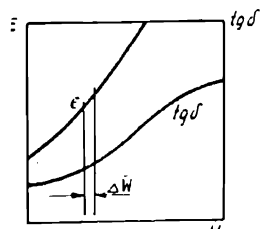


Fig. 1a

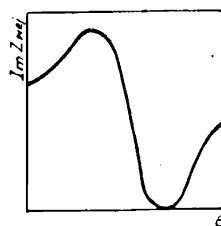


Fig. 1b

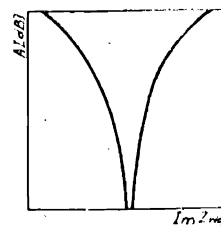


Fig. 1c

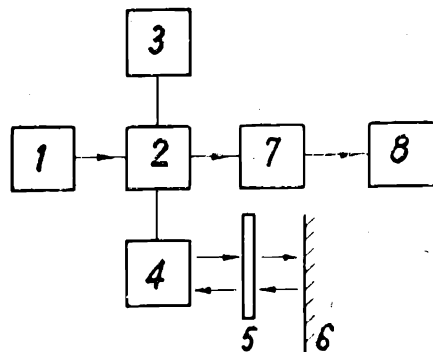


Fig. 2

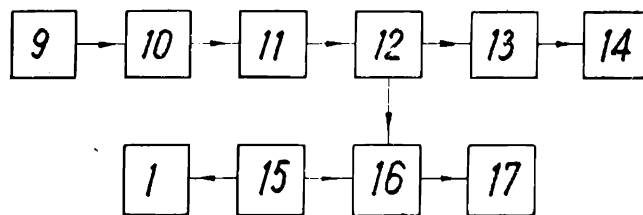


Fig. 3

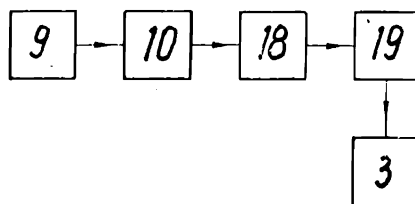


Fig. 4

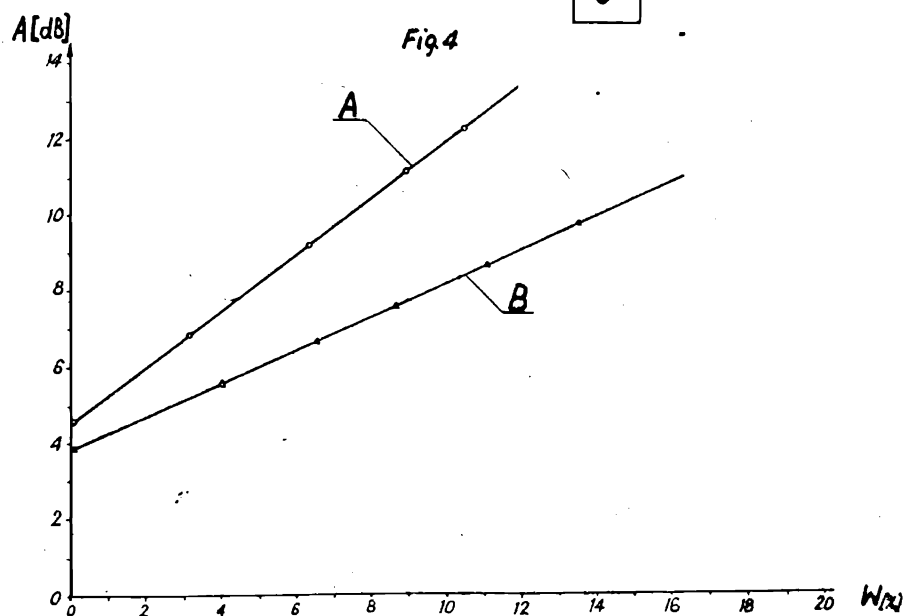


Fig. 5