

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00360**

(22) Data de depozit: **13/06/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/04/2020 BOPI nr. **4/2020**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN
PLOIEȘTI, BD. BUCUREȘTI NR. 39,
PLOIEȘTI, PH, RO

(72) Inventatori:
• PRICOP EMIL, STR.GĂRII NR.88,
HOMORĂCIU, PH, RO;

• PARASCHIV NICOLAE,
BULEVARDUL REPUBLICII, NR.187, BL. 4A,
SC.A, AP.25, PLOIEȘTI, PH, RO;
• IONESCU GABRIELA CRISTINA,
STR.GOLEȘTI, NR.15, PLOIEȘTI, PH, RO;
• IONESCU OCTAVIAN NARCIS,
STR.GOLEȘTI, NR.15, PLOIEȘTI, PH, RO

(54) **SISTEM INFERENȚIAL PENTRU DETERMINAREA
TURBIDITĂȚII APEI FOLOSIND MODIFICĂRILE
DE ATENUARE A MICROUNDURILOR ÎN MEDIUL ANALIZAT**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem inferențial pentru determinarea turbidității apei folosind modificările de atenuare a microundurilor în mediul analizat. Sistemul conform invenției este compus dintr-o cameră (1) de măsură, prevăzută cu un orificiu (4) de intrare și un orificiu (5) de ieșire a apei, pe pereții căreia sunt fixate o antenă (2) de microunduri pentru emisie, respectiv, o antenă (3) de microunduri pentru recepție, acestea fiind conectate respectiv la un emițător (6) al cărui nivel de putere de emisie este cunoscut și stabil, și la un receptor (7) al cărui zgomot propriu este cunoscut, dintr-un sistem (8) de calcul, la care sunt conectate atât emițătorul, cât și receptorul, și care generează și trimite către blocul emițător un semnal ce conține un număr de biți cunoscut, și recepționează de la blocul receptor un număr de biți variabil, iar prin compararea acestora determină rata de eroare a transmisiei datelor, pe care o corelează cu gradul de turbiditate al mediului prin care se propagă semnalul.

Revendicări: 2
Figuri: 3

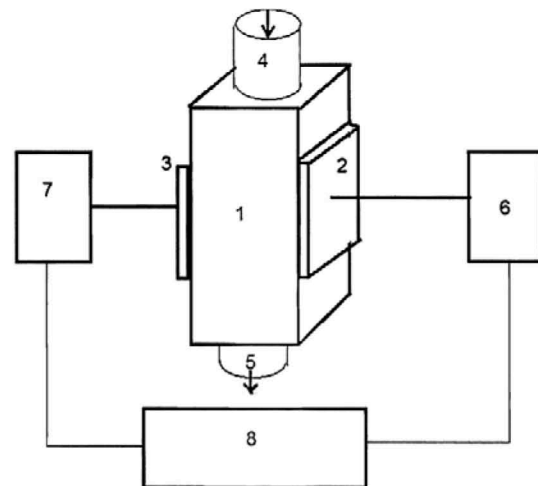


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



27

**Sistem inferențial pentru determinarea turbidității apei folosind modificările de
atenuare a microundelor în mediul analizat**

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2019 0360
Data depozit 13 -06- 2019

DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția denumită „*Sistem inferențial pentru determinarea turbidității apei folosind modificările de atenuare a microundelor în mediul analizat*” se referă la un sistem și la o metodă inovativă pentru determinarea turbidității apei, bazat pe analiza propagării prin mediul studiat a unui semnal de radiofrecvență în domeniul microundelor.

Turbiditatea apei este determinată de prezența în apă a particulelor solide de mici dimensiuni, aflate în suspensie. Apa ce prezintă o turbiditate mare, prezintă pericol epidemiologic crescut întrucât particulele în suspensie pot constitui un suport adecvat dezvoltării germenilor patogeni.

Măsurarea turbidității este unul dintre elemente cheie în analizele de calitate a apei potabile. În contextul actual, din cauza poluării și a unor fenomene climatice extreme determinate de încălzirea globală, existența și calitatea apei potabile au devenit probleme majore la nivel planetar, iar interesul pentru dezvoltarea unor metode eficiente de măsurare a turbidității a crescut.

În momentul de față există o diversitate de dispozitive și sisteme destinate măsurării turbidității, dintre care putem aminti discurile Secchi, contoarele de turbiditate și senzorii optici. Un disc Secchi este un disc alb-negru care este coborât cu mâna în apă până la adâncimea la care dispare din vedere, înregistrându-se distanța până la dispariția acestuia. Cu cât apa este mai clară, cu atât este mai mare distanța înregistrată. Discurile Secchi sunt ușor de folosit, au costuri reduse [1] și furnizează rapid un rezultat, dar prezintă un grad ridicat de subiectivitate, strâns legat de experiența utilizatorului. O altă categorie de dispozitive este reprezentată de contoarele de turbiditate bazate pe nefelometrie [2], procedeu de analiză constând în măsurarea concentrației emulsiilor prin metode optice, prin compararea transparenței cu un preparat etalon. Alte metode de măsurare se bazează pe detectarea dispersiei optice și permit obținerea unor rezultate de precizie. Senzorii de turbiditate folosesc de asemenea tehnologia optică, dar în loc să utilizeze celule de probă, ele pot fi plasate direct în sursa de apă (Backscatter Turbidity Sensors) pentru a măsura turbiditatea [3]. În plus, există senzori de turbiditate ce pot fi utilizați pentru măsurători de turbiditate continuă [4],[5],[6],[7]. Cu toate acestea, atunci când se utilizează un contor sau un senzor, cele mai multe date despre turbiditate nu sunt inter-comparabile. Aceste instrumente pot fi instrumente convenabile și exacte, atâta timp cât se păstrează consistența probelor măsurate.

Spre deosebire de metodele prezentate anterior, ce implică în cazul măsurătorilor cu un grad ridicat de precizie echipamente voluminoase și de cele mai multe ori având costuri mari, sistemul propus este mult mai simplu, are dimensiuni și costuri de producție reduse.

Problema tehnică pe care o rezolvă această invenție constă în măsurarea turbidității apei folosind o metoda inferențială, prin corelarea gradului de turbiditate cu proprietățile de transmisie a frecvențelor radio din domeniul microundelor prin mediul studiat.

Sistemul de măsurare inferențială a turbidității apei propus este compus dintr-o cameră (1) de măsură, prevăzută cu un orificiu (4) pentru intrarea și cu un orificiu (5) pentru ieșirea apei căreia i se testează turbiditatea. Pe pereții acestei camere sunt fixate antena (2) de microunde pentru emisie, respectiv antena (3) de microunde pentru recepție, acestea fiind conectate la un emițător (6), cu nivel de putere de emisie cunoscut și stabil, și, respectiv la un receptor (7) al cărui zgomot propriu este cunoscut. Atât emițătorul, cât și receptorul sunt

- 1 -

conectate la un sistem (8) de calcul, care generează și trimite către blocul emițător un semnal ce conține un număr de biți cunoscut și recepționează de la blocul receptor un număr de biți variabil.

Metoda de măsură constă în compararea șirului de biți transmis cu cel recepționat și pe baza rezultatelor obținute se determină eroarea transmisiei datelor (BER) pe care sistemul o corelează cu turbiditatea mediului prin care se propagă semnalul.

Sistemul propus se bazează pe fenomenele specifice propagării undelor radio din domeniul microundelor prin apă, respectiv pe creșterea sau pe atenuarea puterii/amplitudinii acestora în funcție de concentrația particulelor în suspensie existente în apă.

În studiile teoretice de specialitate se consideră că o undă electromagnetică, ce se propagă atât prin aer, cât și prin apă, se degradează proporțional cu creșterea distanței dintre emițător și receptor. Degradarea pe o anumită distanță de la emițător la receptor a semnalului este cuantificată printr-un termen denumit „atenuare de pierdere a traseului”. Factorii care determină pierderile suferite de unda electromagnetică depind de specificul canalului și de frecvență. În spațiul liber, factorii care determină „atenuarea de pierdere a traseului” sunt difracția, reflexia, pierderea în spațiul liber sau pierderile de cuplare și contururile de teren din medii diferite (urban sau rural) [8]. Pentru mediul subacvatic, factorii care cauzează pierderi pentru undele electromagnetice sunt dați de proprietățile specifice ale apei și pierderile de absorbție. Apa poate fi considerată atât ca mediu dielectric cât și ca mediu conductor. O undă electromagnetică ce se propagă prin apă poate experimenta două efecte diferite. Un prim efect este atenuarea undei datorată faptului că moleculele de apă se vor roti în funcție de câmpul electric al undei interacționând între ele și generând astfel energie termică. Al doilea efect este generat de sarcinile existente în apă ce vor reflecta o parte a undei incidente.

În general proprietățile unui mediu sunt descrise de trei parametri diferiți:

- Permitivitatea ϵ care este folosită pentru a descrie capacitatea mediului de a reacționa în funcție de un câmp electric;
- Permeabilitatea μ care este folosită pentru a descrie capacitatea mediului de a reacționa în funcție de un câmp magnetic;
- Conductivitatea σ care descrie cât de bine sarcinile se pot deplasa în acest material.

Acești factori acționează diferit în funcție de frecvența semnalului, iar relația dintre puterea semnalului P_r și distanța d în funcție de factorul de mediu n , este prezentată în ecuația [8]:

$$P_r \sim d^{-n} \quad (1)$$

Pierderile datorate absorbției în apa pot fi calculate cu relația [9]:

$$\alpha = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \quad (2)$$

unde: σ este conductivitatea electrică, μ este permitivitatea electrică, iar ϵ permeabilitatea mediului.

Permitivitatea relativă electrică μ mai este cunoscută și sub denumirea de constantă dielectrică și reprezintă capabilitatea mediului de a transmite un câmp electric [10]. În literatura pentru de specialitate se consideră că valoarea acceptabilă a lui μ pentru apă este de 81 [9,10]. Deasemenea se poate constata că gradul de turbiditate al apei afectează atât permitivitatea relativă electrică μ cât și permitivitatea electrică a acesteia prin existența unor particule care modifică conductivitatea electrică a acesteia.

Pentru a estima pierderile de semnal se poate folosi ecuația (3), cu ajutorul căreia se calculează puterea semnalului recepționat R_{ss} (Received signal strength) pentru diverse distanțe între emițător și receptor:

$$R_{ss} = 10 \cdot n \cdot \log(d) + C \quad (3)$$

unde: R_{ss} reprezintă pierderile în dB, n este exponentul pierderilor funcție de mediul de transmisie (pentru apă valoarea lui n este cuprinsă între 2 și 4), d este distanța între emițător și receptor, iar C este o constantă ce indică pierderile sistemului.

Conform teoremei Shannon–Hartley limita transferului de date al unui canal radio depinde de banda de emisie a semnalului și de raportul semnal zgomot al receptorului, așa cum este prezentat în figura 1 și în ecuația (4). Odata cu atenuarea semnalului transmis se va constata și o diminuare a bandei de transmisie a semnalului ceea ce conduce la creșterea probabilității pierderii de informație transmisă.

$$R < B * \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \quad (4)$$

Mărimile din ecuația (4) au următoarele semnificații: R este rata de transmisie a informației exprimată în biți/secundă, B este lățimea de bandă a canalului în Hz, S este puterea semnalului, iar N este puterea zgomotului în bandă.

Relația directă între rata de eroare a transmisiei datelor BER (bit error rate) pentru semnalul de microunde transmis și raportul semnal zgomot E_b/N (respectiv atenuarea semnalului) este data de (5):

$$BER = 0,5e^{-(E_b/N)} \quad (5)$$

unde: E_b este energia folosită pentru transmiterea unui bit și depinde de tipul modulației folosite pentru transmiterea semnalului, iar N este puterea zgomotului în bandă.

Având în vedere cele precizate se poate constata că modificările apărute în gradul de turbiditate a apei conduc la modificarea permitivității mediului respectiv la modificarea atenuării semnalului ce se propagă prin mediul măsurat respectiv pe o modificare a raportului E_b/N , aceasta influențând direct rata de eroare a transmisiei datelor BER (bit error rate), pentru semnalul de microunde transmis prin mediul măsurat. Aceste modificări au fost măsurate și semnalate și în alte lucrări de specialitate așa cum se poate observa în figura 2[11]. Pentru a verifica și stabili valorile efective de modificare a atenuării au fost de asemenea efectuate și determinări experimentale folosind un analizor vectorial de rețea VNA (vector network analyzer). Rezultatele au demonstrat variații semnificative ale coeficientului de atenuare al apei în condițiile în care se adaugă microparticule din diverse materiale (detergenți, nanoparticule de carbon precum nanohornuri, nano tuburi sau grafenă, nanoparticule de aur, argint, fier, sau alte metale).

Avantajele pe care dispozitivul și metoda propuse la au asupra celorlalte metode de măsură a turbidității sunt:

- Dimensiunile reduse
- Pret de realizare redus
- Costuri de utilizare reduse.

Bibliografie

- [1] ***** „Using a Secchi Disk or Transparency Tube”
<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/155.html>
- [2]. O’Dell, J. W. (Ed.). (1993). Method 180.1 Determination of Turbidity by Nephelometry (Rev 2.0.). Cincinnati, OH: USEPA. Retrieved from http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/bioindicators/upload/2007_07_10_methods_method_180_1.pdf
- [3]. Down, E. D., & Lehr, J. H. (Eds.). (2005). Environmental Instrumentation and Analysis Handbook. N.p.: John Wiley & Sons.
- [4]. Turner Designs. (2012, June). Cyclops Submersible Sensors: User’s Manual (Rev. 2.1.). Sunnyvale, CA: Turner Designs.
- [5]. Seapoint Sensors. (2013, July). Seapoint Turbidity Meter: User Manual . Exeter, NH: Seapoint Sensors, Inc.
- [6]. PONSEL. (2013, November). 3.3.2 – Turbidity/temperature sensor. In User Manual: ODEON PHOTOPOD (Ver 5.0.0). Caudan, France: Ponsel Mesure-Groupe Aqualabo.
- [7]. Sadar, M. (n.d.). Turbidity Measurement: A Simple, Effective Indicator of Water Quality Change. In Application Notes. Loveland, CO: Hach Hydromet.
- [8]. Rappaport, T. Wireless Communications: Principles and Practice, 2nd ed. ; Prentice Hall PTR: Upper Saddle River, NJ, USA, 2001.
- [9]. Lloret, J.; Sendra, S.; Ardid, M.; Rodrigues, J. Underwater Wireless Sensor Communications in the 2.4 GHz ISM Frequency Band. Sensors 2012, 12, 4237–4264.
- [10]. Al-Shamma’a, A.; Shaw, A.; Saman, S. Propagation of electromagnetic waves at MHz frequencies through seawater. IEEE Trans. Antennas Propag. 2004, 52, 2843–2849.
- [11]. ***** US ARMY COMMAND Final OPERATIONS PROCEDURE, 6S-2V-T5E70ST 4 STANDARD BIT ERROR RATE (BER) vs RECEIVED SIGNAL LEVEL TESTING <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a104573.pdf>

REVENDICĂRI

1. Sistem inferențial pentru determinarea turbidității apei folosind modificările de atenuare a microundelor în mediul analizat, **caracterizat prin aceea că** este compus dintr-o cameră (1) de măsură, prevăzută cu un orificiu (4) pentru intrare și un orificiu (5) pentru ieșire, pe pereții căreia sunt fixate antena (2) de microunde pentru emisie respectiv antena (3) de microunde pentru recepție, acestea fiind conectate la un emițător (6) al cărui nivel de putere de emisie este cunoscut și stabil, un receptor (7) al cărui zgomot propriu este cunoscut, un sistem (8) de calcul, la care sunt conectate atât emițătorul cât și receptorul și care generează și trimite către blocul emițător un semnal ce conține un număr de biți cunoscut și recepționează de la blocul receptor un număr de biți variabil, iar prin compararea acestora determină rata de eroare a transmisiei datelor, pe care o corelează cu gradul de turbiditate al mediului prin care se propagă semnalul.
2. Metodă de măsurare a turbidității apei, **caracterizată prin aceea că** determină nivelul de turbiditate a apei inferențial, corelând acest parametru cu modificarea ratei de eroare a transmisiei datelor BER (bit error rate) pentru semnalul de microunde transmis respectiv atenuarea semnalului de microunde transmis prin mediul analizat.

Figura 1

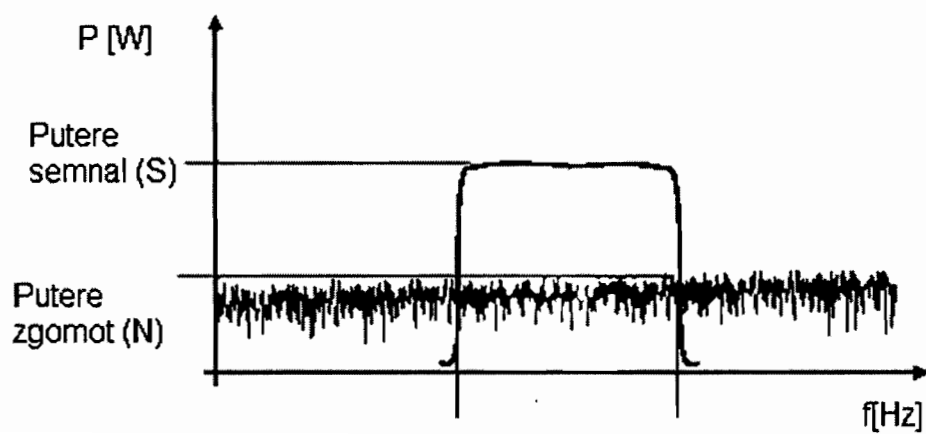


Figura 2

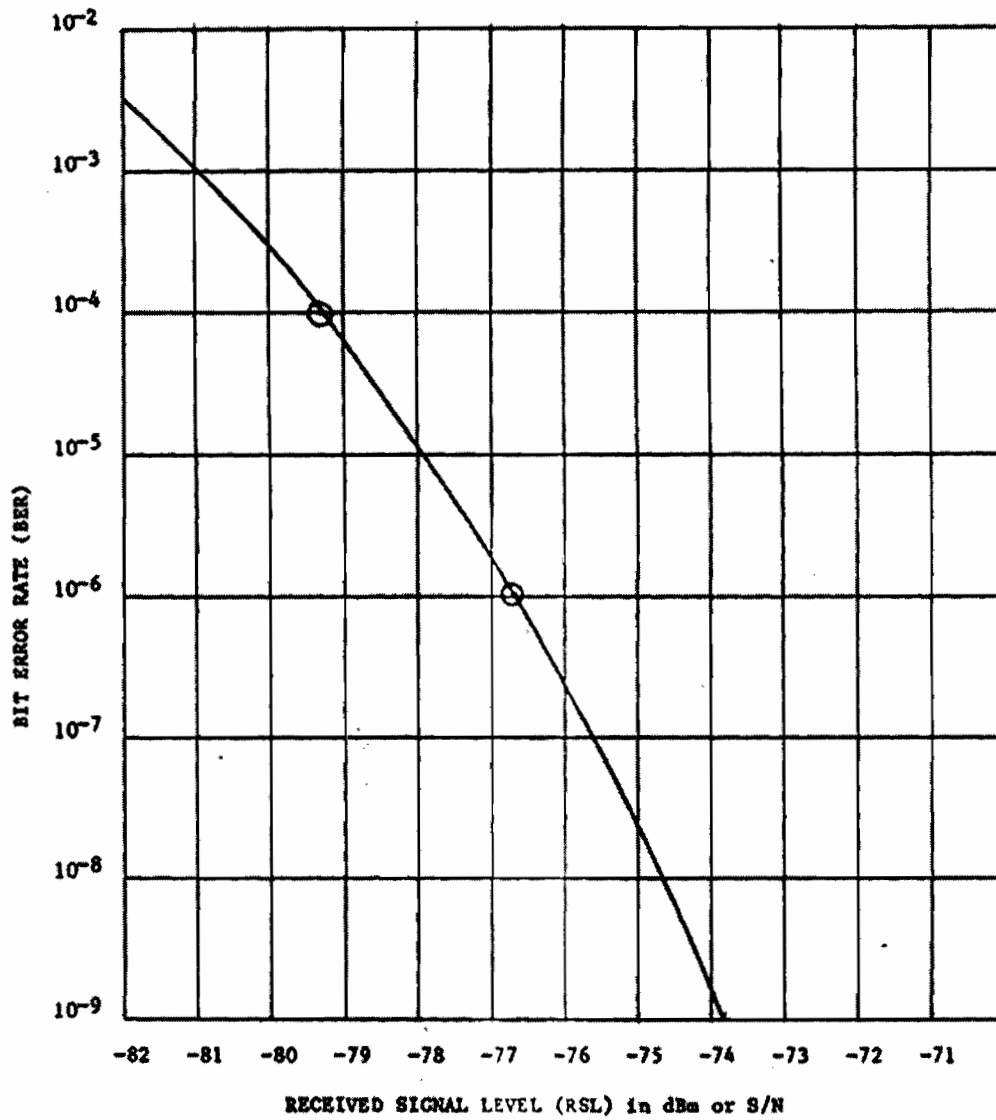


Figura 3

