



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00294**

(22) Data de depozit: **04.04.2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29.05.2015** BOPI nr. **5/2015**

(41) Data publicării cererii:
28.12.2012 BOPI nr. **12/2012**

(73) Titular:
• **CENTRUL INTERNAȚIONAL DE
BIODINAMICĂ,
INTRAREA PORTOCALELOR NR.1 B,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **GHEORGHIU EUGEN, BD. UNIRII NR.12,
BL.7 C, SC.A, AP.18, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **POLONSCHII CRISTINA,
STR.STÂNJENEILOR NR.5, BL.3, SC.A,
ET.2, AP.10, SINAIA, PH, RO;**
• **BRATU DUMITRU, STR.VLAICU VODĂ
NR.4, BL.C 14, AP.13, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 4888703 A; US 4626992 A;
JPS 6159260 A; US 4723511 A**

(54) **DISPOZITIV ȘI METODĂ DE MONITORIZARE A CALITĂȚII
UNUI MEDIU ACVATIC PRIN ANALIZA
COMPORTAMENTULUI UNEI POPULAȚII DE PEȘTI**



RO 128065 B1

1 Invenția se referă la un dispozitiv și la o metodă de monitorizare a calității unui mediu
acvatic, prin analiza comportamentului peștilor, relevat de dinamica pozițiilor acestora într-un
3 bazin, determinate cu ajutorul ultrasunetelor. Dispozitivul și metoda au aplicații în controlul
calității apei, precum și în acvacultură.

5 Sistemele actuale care utilizează biosenzori specifici pot detecta prezența și concen-
trația unor agenți poluanți și a unor microorganisme patogene în apă, dar sunt costisitoare, mai
7 ales în cazul monitorizării continue, și pot avea un timp de răspuns relativ lung, în care poate
fi pusă în pericol sănătatea populației care utilizează sursa respectivă de apă. Astfel, dezvol-
9 tarea unui sistem senzoric unic, sensibil la o gamă largă de stimuli, care să detecteze rapid
valori anormale ale parametrilor sau compoziției apei, reprezintă o problemă încă actuală. S-a
11 observat că, atunci când un animal este expus unei perturbări, prima reacție a acestuia este de
tip comportamental, cel mai des de evitare, cu rolul de a micșora probabilitatea morții sau costul
13 metabolic aferent menținerii homeostaziei fiziologice [1], [2]. Astfel de alterări comportamentale
devin indicatori foarte sensibili ai unui nivel de stres în mediul acvatic al peștilor [3], [4]. Mai
15 exact, factori de mediu cum ar fi pH-ul, concentrația de oxigen dizolvat în apă, temperatura,
lumina, contaminarea biologică etc. modifică astfel comportamentul peștilor, ceea ce permite
17 monitorizarea calității apei folosind peștii ca bioindicatori.

 În prezent, dispozitivele de monitorizare a calității apei, bazate pe evaluarea comporta-
19 mentului unor specii acvatice în funcție de proprietățile apei, se bucură de un interes deosebit.
În această categorie intră un dispozitiv pentru monitorizarea calității apei pe baza compor-
21 tamentului unor specii acvatice, care este prezentat în brevetul **US 4888703**. Dispozitivul constă
într-un bazin transparent, în care se monitorizează un singur pește situat într-un volum de apă
23 a cărei calitate se dorește să fie testată. O sursă de lumină și o cameră video sunt dispuse
astfel, încât să se obțină cvasicontinuu imagini ale peștelui. În urma analizei imaginilor achizițio-
25 nate, se obține evoluția centrului de masă a peștelui. Un comportament anormal al peștelui este
detectat prin compararea cu o evoluție de referință obținută anterior. Brevetul **US 4626992**
27 descrie o metodă și un dispozitiv pentru monitorizarea calității mediului. Se utilizează o cameră
video pentru a monitoriza continuu sau discontinuu (periodic) mișcarea mai multor organisme
29 vii care sunt expuse la o probă de apă. Senzorii fizico-chimici măsoară parametri ai mediului,
precum temperatura apei. Pe un calculator rulează un program care determină un set de
31 parametri corespunzători tiparelor de mișcare a organismelor. Un alt program analizează
mișcările organismelor și le compară cu tiparele de mișcare în condiții normale, și transmite un
33 mesaj de avertizare atunci când mișcările organismelor se abat de la tiparele corespunzătoare
stării normale.

35 Un dezavantaj al sistemelor descrise mai sus este acela că proba de apă trebuie să fie
suficient de limpede pentru a permite achiziția unor imagini destul de clare pentru a se putea
37 monitoriza comportamentul speciilor acvatice. De asemenea, întrucât sistemele se bazează pe
analiza de imagine, cantitatea datelor care trebuie prelucrate este foarte mare și, nu în ultimul
39 rând, iluminarea trebuie să fie suficient de puternică și continuă, ceea ce poate provoca un stres
suplimentar.

41 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este posibilitatea monitorizării calității apei
indiferent de gradul de turbiditate și fără să fie nevoie de utilizarea unei surse de lumină,
43 deoarece nu se bazează pe un sistem de analiză de imagine.

 Invenția descrie un dispozitiv și o metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic,
45 prin analiza comportamentului unei populații de pești.

 Dispozitivul de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului
47 unei populații de pești se compune dintr-un bloc de comandă și control al unei rețele de senzori
de ultrasunete care este montată într-un bazin cu pești prevăzut cu mijloace prin care se

RO 128065 B1

| | |
|---|----|
| asigură condiții optime de viață, având rolul de a monitoriza pozițiile peștilor în bazin, valorile amplitudinii și poziției semnalelor înregistrate la fiecare moment fiind trimise unui calculator unde rulează un program care analizează semnalele achiziționate. | 1 |
| Metoda de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești se caracterizează prin aceea că, în fiecare moment, se determină pozițiile peștilor dintr-un bazin, cu ajutorul unei rețele de senzori de ultrasunete, comandați de un bloc de comandă și control, care trimite pozițiile peștilor unui calculator, care calculează centrul de masă corespunzător pozițiilor peștilor la fiecare moment, variația centrului de masă depinzând de comportamentul peștilor, care este în strânsă dependență de calitatea apei din bazin. Evoluția centrului de masă în condiții normale constituie semnalul de referință. După determinarea semnalului de referință, bazinul se racordează la sursa de apă a cărei calitate se dorește a fi monitorizată, și se compară continuu variația centrului de masă cu semnalul de referință. Dacă se constată o deviație peste un anumit prag între cele două semnale, se emite o avertizare cu privire la calitatea apei. | 3 |
| Avantajele invenției sunt următoarele: | 5 |
| - se poate monitoriza calitatea apei indiferent de gradul de turbiditate; | 7 |
| - nu este necesară utilizarea unei surse de lumină pentru iluminarea permanentă a bazinului; | 9 |
| - nu se înregistrează și prelucrează cantități mari de date, semnalul analizat fiind de tip numeric, și nu video. | 11 |
| În cele ce urmează este descris un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...21, ce reprezintă: | 13 |
| - fig. 1, schema bloc a dispozitivului; | 15 |
| - fig. 2, schema blocului de comandă și control; | 17 |
| - fig. 3, schema bazinului cu pești; | 19 |
| - fig. 4, schema modulului de ajustare termică; | 21 |
| - fig. 5, dispunerea senzorilor în bazin; | 23 |
| - fig. 6, grafic reprezentând evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$ în condiții de normalitate; semnale normale ($SD_n\max=137$ cm, $SD_n\min=43$ cm); | 25 |
| - fig. 7, grafic reprezentând evoluția variației $V(t)$ în condiții de normalitate, $p=3$ h, $s=4$; | 27 |
| - fig. 8, grafic reprezentând spectrul de putere aferent evoluției centrului de masă $SD_n(t)$ în condiții de normalitate; amplitudinea vârfului= $0,016$, corespunzătoare unei perioade $T=23,65$ h; | 29 |
| - fig. 9, grafic reprezentând efectul luminii asupra comportamentului peștilor - evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$; hașurat cu gri - perioada în care peștii au fost lipsiți de lumină; semnale normale ($SD_n\max=145,9$ cm, $SD_n\min=47,4$ cm); | 31 |
| - fig. 10, grafic reprezentând efectul luminii asupra comportamentului peștilor - evoluția variației $V(t)$, $p=3$ h, $s=4$, $R=71,4\%$; hașurat cu gri - perioada în care peștii au fost lipsiți de lumină; | 33 |
| - fig. 11, grafic reprezentând efectul luminii asupra comportamentului peștilor - evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$ în perioada în care peștii au fost lipsiți de lumină; semnale normale ($SD_n\max=139,7$ cm, $SD_n\min=55,3$ cm); | 35 |
| - fig. 12, grafic reprezentând spectrul de putere aferent evoluției centrului de masă $SD_n(t)$ la acoperirea bazinului; amplitudinea vârfului= $0,005$, corespunzătoare unei perioade de 3 h; | 37 |
| - fig. 13, grafic reprezentând efectul pH-ului asupra comportamentului peștilor - evoluția dinamicii centrului de masă $D_n(t)$, a mediilor $M(t)$ și a pH-ului; semnale normale ($D_n\max=129,4$ cm, $D_n\min=32,5$ cm; $pH\max=6,17$, $pH\min=4,14$); | 39 |
| | 41 |
| | 43 |
| | 45 |
| | 47 |

RO 128065 B1

1 - fig. 14, grafic reprezentând efectul pH-ului asupra comportamentului peștilor - evoluția
centrului de masă $SD_n(t)$, a mediilor $M(t)$ și a pH-ului; semnale normate ($SD_n\max=143,9$ cm,
3 $SD_n\min=18,5$ cm; $pH\max=6,17$, $pH\min=4,14$); hașurat cu gri - valoarea pH-ului situată sub
valoarea critică de 4,5;

5 - fig. 15, grafic reprezentând efectul pH-ului asupra comportamentului peștilor - evoluția
variației $V(t)$, $p=3$ h, $s=4$, $R=71,4\%$; hașurat cu gri - valoarea pH-ului situată sub valoarea critică;

7 - fig. 16, grafic reprezentând efectul concentrației de oxigen dizolvat asupra comporta-
mentului peștilor - evoluția centrului de masă $SD_n(t)$, a mediilor $M(t)$ și a concentrației de oxigen
9 dizolvat (OD); hașurat cu gri - perioada în care a fost oprită aerarea; semnale normate
($SD_n\max=249$ cm, $SD_n\min=58,1$ cm; $OD\max=77,3\%$, $OD\min=10,7\%$);

11 - fig. 17, grafic reprezentând efectul concentrației de oxigen dizolvat asupra comporta-
mentului peștilor - evoluția variației $V(t)$, $p=3$ h, $s=4$, $R=71,4\%$; hașurat cu gri - perioada în care
13 a fost oprită aerarea;

15 - fig. 18, grafic reprezentând efectul concentrației de oxigen dizolvat asupra comporta-
mentului peștilor - evoluția variației $V(t)$, $p=2$ h, $s=3$, $R=82,4\%$; hașurat cu gri - perioada în care
a fost oprită aerarea;

17 - fig. 19, grafic reprezentând evoluția variației $V(t)$ în condiții de normalitate, $p=2$ h, $s=3$;

19 - fig. 20, grafic reprezentând efectul lipsei hranei asupra comportamentului peștilor -
evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$; hașurat cu gri - perioada în care a fost oprit
hrănitorul; semnale normate ($SD_n\max=207,6$ cm, $SD_n\min=1,25$ cm);

21 - fig. 21, grafic reprezentând efectul lipsei hranei asupra comportamentului peștilor -
evoluția $V(t)$, $p=3$ h, $s=4$; hașurat cu gri - perioada în care a fost oprit hrănitorul.

23 Dispozitivul conform invenției se compune, în conformitate cu fig. 1, dintr-un bloc de
comandă și control **1** și dintr-o rețea de senzori de emisie/recepție ultrasunete **2**, care este mon-
25 tată într-un bazin **3** cu pești, prevăzut cu mijloace prin care se asigură condițiile optime de viață.
Blocul de comandă și control **1** filtrează și amplifică semnalele recepționate de senzori, și apoi
27 le convertește în semnale digitale și le transmite prin comunicație serială RS-232 **4** calcula-
torului **5**.

29 Bazinul **3** cu pești este prevăzut, în conformitate cu fig. 3, cu un modul de ajustare ter-
mică **21**, o pompă de aer **34**, o pompă de filtrare **35**, senzori de temperatură **30**, pH **31** și oxigen
31 dizolvat **32**, un hrănitor automat **33** și cu senzori de ultrasunete **2**.

O pompă **19** introduce apă curată sau apă de testat **36** printr-o conductă **20** în modulul
33 de ajustare termică **21**. Temperatura apei este un factor important, care influențează
comportamentul peștilor. Modulul de ajustare termică **21** menține constantă temperatura apei,
35 astfel încât comportamentul peștilor să poată fi observat în condiții optime. Modulul de ajustare
termică **21** este alcătuit, în conformitate cu fig. 4, dintr-un bazin **22**, în care se stochează apă
37 curată sau de testat. Apa în exces este eliminată din bazinul **22** printr-o conductă **28**.
Temperatura apei din bazinul **22** este detectată cu un senzor de temperatură **23**, a cărui ieșire
39 este conectată la un modul de termostatare **24**. Modulul de termostatare **24** este comandat de
un calculator **5** prin comunicație serială **4**, și controlează un modul de încălzire a apei **25**, astfel
41 încât temperatura apei să fie menținută la o valoare optimă constantă. După caz, se poate
adăuga și un modul de răcire a apei.

43 O pompă **26**, controlată de calculatorul **5** prin comunicație serială **4**, introduce apă cu
temperatura ajustată la valoarea dorită printr-o conductă **27** în bazinul **3** cu pești. Apa în exces
45 este eliminată din bazinul **3** printr-o conductă **29**. Pentru stabilirea semnalului de referință, în
loc de apă de testat se utilizează apă curată.

RO 128065 B1

În bazinul **3** se asigură condiții optime de temperatură, pH, aerare și hrană pentru pești. În acest scop, permanent apa se aerează cu o pompă de aer **34** printr-un furtun **38**, și se filtrează cu o pompă **35** de debit mare, prevăzută cu o țevă de alimentare **39** și o țevă de evacuare **40**. De asemenea, bazinul **3** este dotat cu un hrănitor automat **33**, controlat de calculatorul **5**, care administrează la intervale stabilite de timp aceeași cantitate de hrană. Bazinul **3** este dotat cu senzori de temperatură **30**, pH **31** și oxigen dizolvat **32**, comandați de o unitate de achiziție **37**, care transmite calculatorului **5**, prin comunicație serială **4**, valorile măsurate. Dacă valorile măsurate de acești senzori nu se încadrează în intervalul de normalitate, calculatorul **5** ajustează temperatura, volumul de aer furnizat cu pompa **34** și cantitatea de apă furnizată cu pompa **26** de modulul de ajustare termică **21**.

Bazinul **3** este prevăzută cu o rețea de senzori de ultrasunete **2** dispuși astfel, încât să se asigure o acoperire optimă a traseelor frecventate de pești. Senzorii de ultrasunete **2** sunt controlați de un bloc de comandă și control **1** prin cabluri coaxiale **6**.

Blocul de comandă și control **1** este alcătuit, în conformitate cu fig. 2, dintr-un modul de generare **10**, un modul de limitare **11**, un modul de filtrare **12**, un modul de amplificare **13**, un modul de multiplexare **14**, un modul de conversie **15** și un modul de comandă și transmisie **16** a datelor achiziționate către calculator **5**. De asemenea, conține sursele de alimentare **7**, **8** și **9**. Sursa de alimentare **9** alimentează, prin cablul **18**, modulele **11**, **12**, **13**, **14** și **15**. Sursa de alimentare **8** alimentează, prin cablul **18**, modulul **16**. Cele 3 surse de alimentare **7**, **8** și **9** se alimentează de la rețeaua electrică 220V **17**. Sursa de alimentare **7** alimentează, prin cablul **18**, modulul de generare **10** care, la rândul său, transmite senzorilor de ultrasunete **2**, prin cabluri coaxiale **6**, pulsuri de înaltă tensiune. Pulsurile se repetă la intervale regulate de timp, intervale comandate de către modulul de comandă și transmisie **16**.

Senzorii de ultrasunete **2** convertesc pulsurile electrice primite de la modulul de generare **10** în unde mecanice sinusoidale amortizate, care au frecvența egală cu frecvența de rezonanță a senzorilor (situată în domeniul ultrasunetelor), și amplitudinea proporțională cu energia pulsurilor de înaltă tensiune. Aceste unde ultrasonice emise de senzorii de ultrasunete **2** se propagă în mediul lichid după un fascicul aproximativ cilindric. Atunci când undele ultrasonice întâlnesc un obiect (pește) cu densitate (impedanță acustică) diferită de cea a mediului lichid, obiectul reflectă ultrasunetele pe o direcție normală pe suprafața sa. Undele ultrasonice reflectate au aceeași frecvență și durată cu undele emise de senzorul **2**, dar au amplitudinea mult mai mică. Amplitudinea undei reflectate depinde de suprafața peștelui normală la fasciculul de ultrasunete pe care se reflectă acesta. Undele ultrasonice reflectate de obiect sunt recepționate de același senzor de ultrasunete **2** care le-a emis, și sunt convertite de acesta într-un semnal electric. Semnalele emise și recepționate de senzorii de ultrasunete **2**, și convertite în semnale electrice, se transmit modulului de limitare **11**, ce are rolul de a le limita în intervalul $\pm 1V$, protejând astfel circuitele de tensiuni înalte. Semnalele limitate se transmit apoi modulului de filtrare **12** analogică, ce filtrează semnalele cu ajutorul unor filtre trece bandă în domeniul frecvenței de rezonanță a senzorilor de ultrasunete **2**. Semnalele filtrate se transmit modulului de amplificare **13**, care le amplifică de 10000 de ori. Semnalele amplificate se transmit modulului de multiplexare **14**, care le multiplexează atunci când primește o comandă de la modulul de comandă și transmisie **16**. Semnalul multiplexat (fiind de tip analogic) se transmite modulului de conversie **15** care, atunci când primește o comandă de la modulul de comandă și transmisie **16**, îl convertește în semnal digital. Semnalul digital se transmite modulului de comandă și transmisie **16**, care, la rândul său, îl transmite calculatorului **5** prin comunicație serială RS-232 **4**.

RO 128065 B1

Pe calculatorul **5** rulează un program de achiziție care comunică folosind protocolul serial RS-232 cu modulul de comandă și transmisie **16**. Atunci când programul trimite modulului de comandă și transmisie **16** comanda de achiziție, modulul îi transmite semnalul digital achiziționat în format hexadecimale. Programul convertește semnalul recepționat în format decimal. Cunoscând viteza ultrasunetelor în apă (~1480 m/s) și intervalul de timp dintre momentul emisieii undei ultrasonice și recepției acesteia, programul calculează distanța parcursă de undele ultrasonice până la obiect (pește), și astfel rezultă pozițiile peștilor față de senzorii **2**. Pentru fiecare senzor **2**, în fiecare moment, programul afișează pe un grafic amplitudinea și poziția semnalului în funcție de distanța față de senzorul **2**, și determină amplitudinea și poziția vârfulor care depășesc un prag stabilit de utilizator. Programul salvează într-un fișier text, pentru fiecare senzor **2**, timpul, amplitudinea și poziția vârfulor determinate la fiecare achiziție.

Un alt program de analiză citește fișierul salvat și calculează centrul de masă corespunzător perechilor de tipul amplitudine-poziție, salvate la fiecare achiziție. Astfel, se calculează valorile

— — —
 x, y, z :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij}}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij} \cdot y_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij}}, \quad \bar{z} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij} \cdot z_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij}}$$

unde x, y, z reprezintă coordonatele în spațiul tridimensional pentru fiecare vârf cu amplitudinea A , i reprezintă indicatorul senzorului **2**, n este numărul de senzori **2**, j este indicatorul vârfului, iar m este numărul de vârfuri măsurate pentru fiecare senzor **2** la fiecare moment. Valorile x, y și z ale coordonatelor fiecărui vârf se determină ținând seama atât de coordonatele fixe ale senzorilor de ultrasunete **2**, cât și de distanța variabilă între vârf, respectiv, poziția peștelui unde s-a produs reflexia receptată de senzor **2** cu amplitudinea A_{ij} , și senzorul **2** respectiv. Apoi programul calculează:

$$\overline{SD_x^2} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \left(\frac{x_{ij} \cdot A_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij}} - \bar{x} \right)^2}{n}, \quad \overline{SD_y^2} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \left(\frac{y_{ij} \cdot A_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij}} - \bar{y} \right)^2}{n}, \quad \overline{SD_z^2} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \left(\frac{z_{ij} \cdot A_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} A_{ij}} - \bar{z} \right)^2}{n}$$

și $SD(t) = \sqrt{\overline{SD_x^2}(t) + \overline{SD_y^2}(t) + \overline{SD_z^2}(t)}$, unde $SD(t)$ reprezintă distanța dintre origine și centrul de masă la un anumit moment t (fig. 5).

Folosind valorile $SD_x(t)$, $SD_y(t)$ și $SD_z(t)$, se calculează dinamica centrului de masă ($D(t)$):

$$D(t) = \sqrt{(SD_x(t) - SD_x(t-1))^2 + (SD_y(t) - SD_y(t-1))^2 + (SD_z(t) - SD_z(t-1))^2}$$

RO 128065 B1

Programul aplică o procedură de netezire prin integrare a poziției $SD(t)$ și dinamicii centrului de masă și a dinamicii sale $D(t)$, rezultând $SD_n(t)$ și $D_n(t)$, pe care le reprezintă apoi grafic în funcție de timp. 1
3

Poziția ($SD_n(t)$) și dinamica ($D_n(t)$) centrului de masă corespunzătoare grupului de pești din bazinul 3 depinde de comportamentul peștilor care, la rândul său, depinde de calitatea apei din bazinul 3. 5

Astfel, dacă pentru peștii din bazinul 3 se asigură condiții optime de temperatură, pH, concentrație de oxigen dizolvat în apă, hrană, lumină etc., evoluția $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ are un caracter periodic (cu perioada de 24 h), centrat pe media aritmetică corespunzătoare, după cum se observă în fig. 6, 7 și 8. În acest caz, $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ devin semnale de referință. 7
9

Se calculează media aritmetică $M(t_i)$ din semnalele $SD_n(t)$ pentru intervale egale a căror lungime p este setată de utilizator astfel încât să cuprindă variații relevante: 11

$$M(t_i) = \frac{\sum_{f=1}^p SD_n(t_i + f)}{p},$$
 13
15
17

unde t_i este indicatorul intervalului (corespunde momentului de timp de la începutul intervalului). 19

Pentru semnalul $M(t)$ se calculează variația procentuală $V(t)$ astfel: 21

$$V(t_i) = \frac{|M(t_i - s) - M(t_i)|}{M(t_i - s)} \cdot 100\%$$
 23

unde s este setat de utilizator astfel încât să se obțină o variație relevantă. 25

Se calculează $V(t)$ în condiții de normalitate, se calculează maximum variației procentuale V_{max} și se stabilește un prag $R = V_{max} + S$, unde S reprezintă o marjă de siguranță pentru a nu se emite alerte false. 27

Orice deviere semnificativă a $V(t)$ față de R indică un comportament anormal al peștilor, ceea ce declanșează un semnal de avertizare. 29

Dacă pentru un interval semnificativ ales de utilizator $V(t)$ nu prezintă variații mai mari decât R , programul calculează spectrul de putere SP aferent și determină perioada T corespunzătoare maximumului. Dacă $T \neq 24 \text{ h} \pm 0,5$, se emite un semnal de avertizare. 31
33

Metoda conform invenției constă în următoarele etape:

- se populează bazinul de măsură cu un grup de pești având o stare bună de sănătate, al căror număr depinde de dimensiunea bazinului, astfel încât rezultatele să fie relevante statistic, și să nu se inducă un stres suplimentar datorat lipsei de spațiu; 35
37

- se pompează periodic apă, considerată normală, în modulul de ajustare termică;

- se aduce apa la temperatura dorită; 39

- se pompează periodic un volum de apă considerată normală, ajustată termic în bazinul cu pești, pentru a menține valori optime ale temperaturii și pH-ului; de asemenea, această activitate are rolul de a obișnui peștii cu pomparea apei în bazin; 41

- apa în exces este eliminată din bazin printr-o conductă; 43

RO 128065 B1

- 1 - apa se aerează permanent cu o pompă de aer ce are rolul de a menține o concentrație optimă de oxigen dizolvat;
- 3 - apa se filtrează permanent cu o pompă de debit mare, ce are rolul de a menține valori optime ale pH-ului;
- 5 - un hrănitor automat administrează, la intervale stabilite de timp, aceeași cantitate de hrană;
- 7 - se măsoară continuu temperatura, pH-ul, concentrația de oxigen dizolvat în apa din bazin; dacă valorile măsurate nu se încadrează în intervalul de normalitate, se modifică
- 9 temperatura și cantitatea de apă ajustată termic, astfel încât să se obțină condiții optime pentru peștii din bazin;
- 11 - cu ajutorul dispozitivului de monitorizare a comportamentului peștilor, se înregistrează în fiecare moment pozițiile peștilor în bazin;
- 13 - se analizează pozițiile peștilor în bazin cu ajutorul programului de analiză, rezultând poziția și dinamica centrului de masă corespunzătoare grupului de pești din bazin ($SD_n(t)$, $D_n(t)$);
- 15 se calculează mediile $M(t)$ și variația $V(t)$ corespunzătoare intervalului de timp ales;
- 17 - atunci când evoluția $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ capătă un caracter periodic (cu perioada T de 24 h), centrat pe media aritmetică corespunzătoare, rezultă că s-a încheiat perioada de acomodare la noile condiții (care depinde de specia de pești utilizată);
- 19 - după încheierea perioadei de acomodare, se înregistrează evoluția $SD_n(t)$ și $D_n(t)$, și se calculează V_{max} , rezultând semnalul de referință și pragul R ; obținerea semnalului de referință este determinată exclusiv de asigurarea condițiilor optime ale apei din bazin;
- 21 - după obținerea semnalului de referință se poate trece la etapa de monitorizare a apei de testat;
- 23 - se pompează periodic apa de testat în modulul de ajustare termică;
- 25 - se aduce apa la temperatura stabilită în etapele anterioare;
- 27 - se pompează periodic un volum (stabilit în etapele anterioare) de apă de testat ajustată termic în bazinul cu pești;
- 29 - cunoscându-se volumul pompat în bazin, se determină momentul în care apa din bazin este înlocuită complet de apa de testat; din acel moment se ia în considerare pentru analiza semnalul achiziționat;
- 31 - se înregistrează pozițiile peștilor în bazin cu ajutorul dispozitivului de monitorizare a comportamentului peștilor;
- 33 - se analizează pozițiile peștilor în bazin cu ajutorul programului de analiză, rezultând poziția și dinamica centrului de masă corespunzătoare grupului de pești din bazin ($SD_n(t)$, $D_n(t)$);
- 35 se calculează mediile $M(t)$ și variația $V(t)$ corespunzătoare intervalului de timp ales;
- 37 - dacă temperatura și concentrația de oxigen dizolvat măsurate sunt în limite normale, iar $V(t) > R$, se declanșează un semnal de avertizare (de tip auditiv, sms sau e-mail) cu privire la calitatea apei;
- 39 - dacă temperatura și concentrația de oxigen dizolvat măsurate sunt în limite normale, iar $V(t) < R$, se calculează spectrul de putere SP și se determină perioada T corespunzătoare maximului; dacă $T \neq 24 \text{ h} \pm 0,5$, se declanșează un semnal de avertizare (de tip auditiv, sms sau e-mail) cu privire la calitatea apei;
- 41 - în urma semnalului de avertizare, se prelevează o probă de apă din bazin și se efectuează analize (fizico-chimice, microbiologice etc.) menite să evidențieze cauza care a determinat modificarea de comportament a peștilor.
- 45

RO 128065 B1

Un exemplu de utilizare a invenției este prezentat mai jos. 1

Senzorii de ultrasunete **2** utilizați sunt de tip piezoceramic, cu frecvență de rezonanță de 50 kHz și domeniul de acțiune de maximum 5 m. Pentru a emite un tren de pulsuri de unde ultrasonice, modulul de generare **10** aplică la bornele lor un impuls de tensiune negativă de ~250 V și cu o durată de 40 ns. 3 5

Măsurătorile au loc într-un bazin de 2 m³, pe o populație de 4 sturioni în vârstă de 3 ani (*Acipenser stellatus* - păstrugă). Datorită creșterii dimensiunii peștilor odată cu înaintarea în vârstă, numărul sturionilor s-a redus de la 10 la 4. 7

Se asigură condițiile optime de temperatură, pH, turbiditate, aerare și hrană pentru păstrugi. Astfel, temperatura se menține în intervalul 19...22,5°C și pH-ul între 6 și 7. 9

Bazinul **3** cu pești este prevăzut cu 8 senzori de ultrasunete **2** (fig. 5). Datele achiziționate de blocul de comandă și control **1** se trimit prin interfața serială RS-232 **4** la un calculator **5**, pe care rulează programul de achiziție. Datele achiziționate se prelucrează apoi cu programul de analiză, rezultând valorile centrului de masă, și se compară cu semnalul de referință obținut în condiții de normalitate. 11 13 15

Pentru a putea suprapune grafic semnale între care există diferențe foarte mari, toate semnalele au fost normate după formula: 17

$$SN = \frac{S - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}}$$
 19

unde *SN* este semnalul normat, *S* reprezintă semnalul la momentul curent, *S_{min}* corespunde valorii minime a lui *S*, iar *S_{max}* - valorii maxime a semnalului *S* în intervalul analizat. 21

Pentru o perioadă de 4 zile s-a înregistrat semnalul de referință. Programul de analiză a calculat poziția *SD_n(t)*, *M(t)* (fig. 6) și *V(t)* aferentă (fig. 7), pentru *k* = 3 h și *p* = 4, rezultând *V_{max}* și *R*. În acest caz, *V_{max}* = 41,4%, *S* = 30%, de unde rezultă *R* = 71,4%. Semnalul normat corespunzător *SD_n(t)* a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 137 cm și valoarea minimă de 43 cm. 23 25 27

De asemenea, s-a calculat spectrul de putere *SP* (fig. 8), rezultând *T* = 23,65 h.

Apoi s-a înlocuit apa din bazin cu apă de testat și s-a înregistrat semnalul corespunzător. S-a utilizat o apă cu un pH acid cunoscut. După cum se observă în fig. 13 și 14, la înlocuirea apei din bazin cu apă de testat, poziția *SD_n(t)* și dinamica *D_n(t)* ale centrului de masă au prezentat o deviație față de semnalul de referință. După depășirea pH-ului critic pentru sturioni (4,5), la momentul *t* = 310 h, *V(t)* a depășit cu 15% pragul *R* = 70%, înregistrând un maximum la *t* = 313 h, unde îl depășește cu 130% (fig. 15). Momentul *t* = 313 h corespunde unui pH de 4,45. Semnalul normat aferent *SD_n(t)* a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 143,9 cm și valoarea minimă - de 18,5 cm. Semnalul normat aferent *D_n(t)* provine dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 129,4 cm și valoarea minimă - de 32,5 cm. Semnalul normat aferent pH-ului provine dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 6,17 și valoarea minimă - de 4,14. 29 31 33 35 37 39

De asemenea, s-a testat efectul aerării, efectul hranei și luminii asupra comportamentului păstrugilor. 41

Pentru a determina efectul aerării asupra comportamentului păstrugilor, s-a oprit pompa de aer pe o perioadă de 7...9 h. În fig. 16 se observă evoluția *SD_n* și a concentrației de oxigen dizolvat (OD). La 6 h de la oprirea pompei de aer, *V(t)* a depășit cu 57% pragul *R*=70% (fig. 17). 43

RO 128065 B1

1 Semnalul normat aferent $SD_n(t)$ a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este
de 249 cm și valoarea minimă - de 58,1 cm. Semnalul normat aferent concentrației de oxigen
3 dizolvat (OD) provine dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 77,3% și valoarea
minimă - de 10,7%.

5 Pentru a determina efectul hranei asupra comportamentului păstrugilor, s-a oprit
hrănitorul pe o perioadă de 7 zile. La 15 h de la oprirea hrănitorului, $V(t)$ a depășit cu 60%
7 pragul $R=70\%$ (fig. 20, 21). Semnalul normat aferent $SD_n(t)$ a rezultat dintr-un semnal pentru
care valoarea maximă este de 207,6 cm și valoarea minimă - de 1,25 cm.

9 Pentru a determina efectul luminii asupra comportamentului păstrugilor, s-a acoperit
bazinul pe o perioadă de 5 zile. Pe întreaga perioadă de 5 zile (fig. 11), $V(t)$ nu a depășit pragul
11 $R = 70\%$ (fig. 9, 10). De aceea programul a calculat spectrul de putere SP (fig. 12), rezultând
o perioadă $T=3$ h corespunzătoare maximului. Semnalul normat aferent $SD_n(t)$, reprezentat în
13 fig. 11, a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 139,7 cm și valoarea
minimă - de 55,3 cm.

15 Pentru evenimente a căror dinamică este mai rapidă (ca, de exemplu, efectul aerării
asupra comportamentului păstrugilor), se poate utiliza un interval mai mic ($k = 2$ h și $p = 3$),
17 ceea ce conduce la o variație mai mare a $V(t)$, de 100% față de R (fig. 18). De asemenea, în
acest caz se recalculează $V(t)$ aferent semnalului de referință, pentru a se recalcula R - în acest
19 caz R devine $\sim 50+30=80\%$ (fig. 19).

RO 128065 B1

Revendicări

1. Dispozitiv de monitorizare a calității unui mediu acvatic, prin analiza comportamentului unei populații de pești, **caracterizat prin aceea că** se compune dintr-un bloc de comandă și control (1) al unei rețele de senzori de ultrasunete (2) care este montată într-un bazin (3) cu pești, prevăzut cu mijloace (21, 34, 35, 33, 30, 31, 32) care monitorizează și asigură condiții optime de viață - modul de ajustare termică (21) ce menține temperatura apei la o valoare optimă constantă, o pompă de aer (34) și o pompă de filtrare (35), pentru aerarea și filtrarea apei, un hrănitor automat (33) și niște senzori de temperatură (30), pH (31) și oxigen dizolvat (32), pentru transmiterea valorilor măsurate - pozițiile peștilor din bazin se determină cu ajutorul senzorilor de ultrasunete (2), comandați de blocul de comandă și control (1), care achiziționează pozițiile peștilor în bazin (3) la intervale de timp optim alese, pentru a surprinde deplasarea peștilor, și trimite valorile amplitudinii și poziției semnalelor înregistrate la fiecare moment unui calculator (5) care analizează semnalele achiziționate. 13
2. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** senzorii de ultrasunete (2) sunt dispuși în bazin (3) într-o configurație care asigură o acoperire optimă a traseelor frecventate de pești. 17
3. Metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești, **caracterizată prin aceea că** în fiecare moment se determină pozițiile peștilor dintr-un bazin, cu ajutorul unei rețele de senzori (2) comandați de un bloc de comandă și control (1), care trimite pozițiile peștilor unui calculator (5), unde se determină parametrii relevanți, de exemplu, centrul de masă corespunzător pozițiilor peștilor, variația centrului de masă, care se modifică în funcție de comportamentul peștilor în strânsă dependență de calitatea apei din bazin. 23

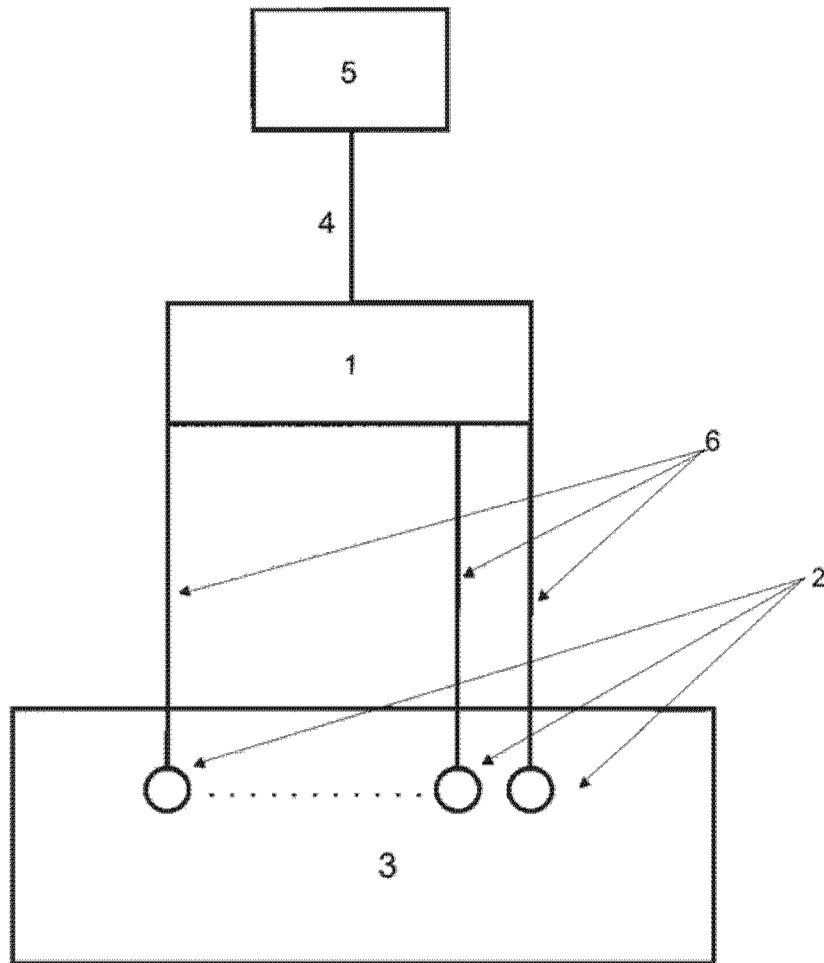


Fig. 1

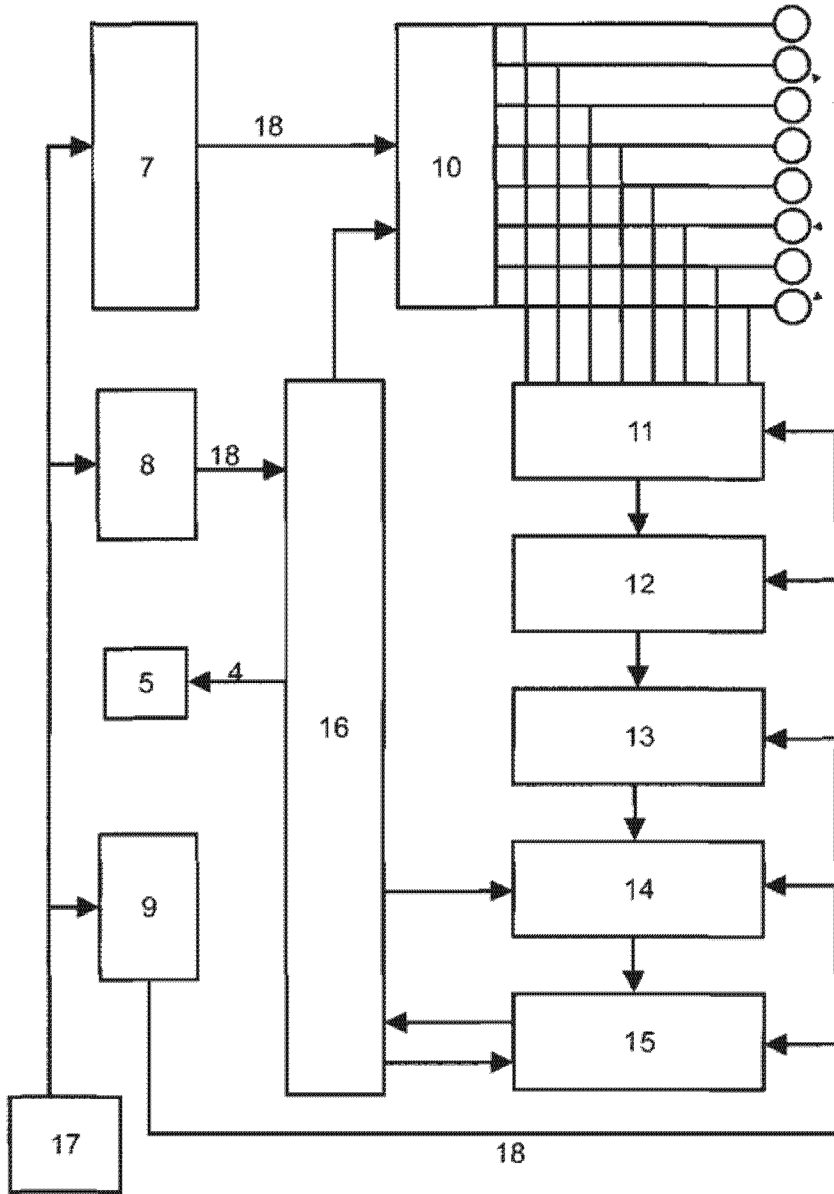


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

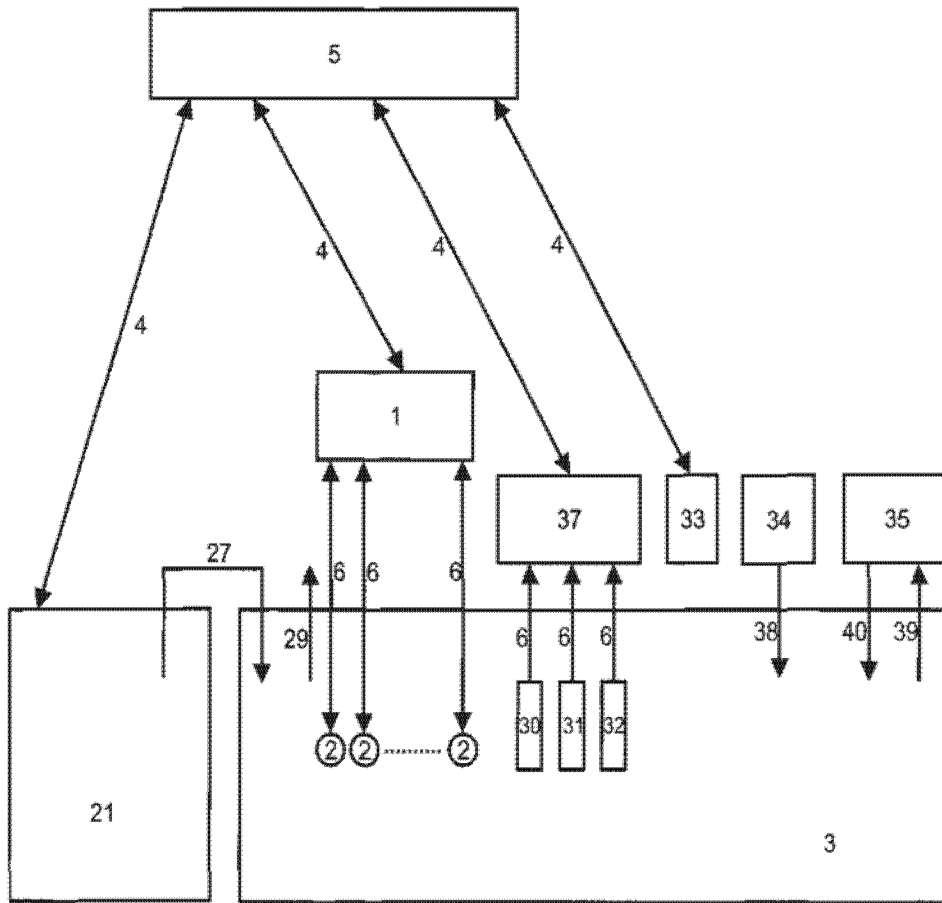


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

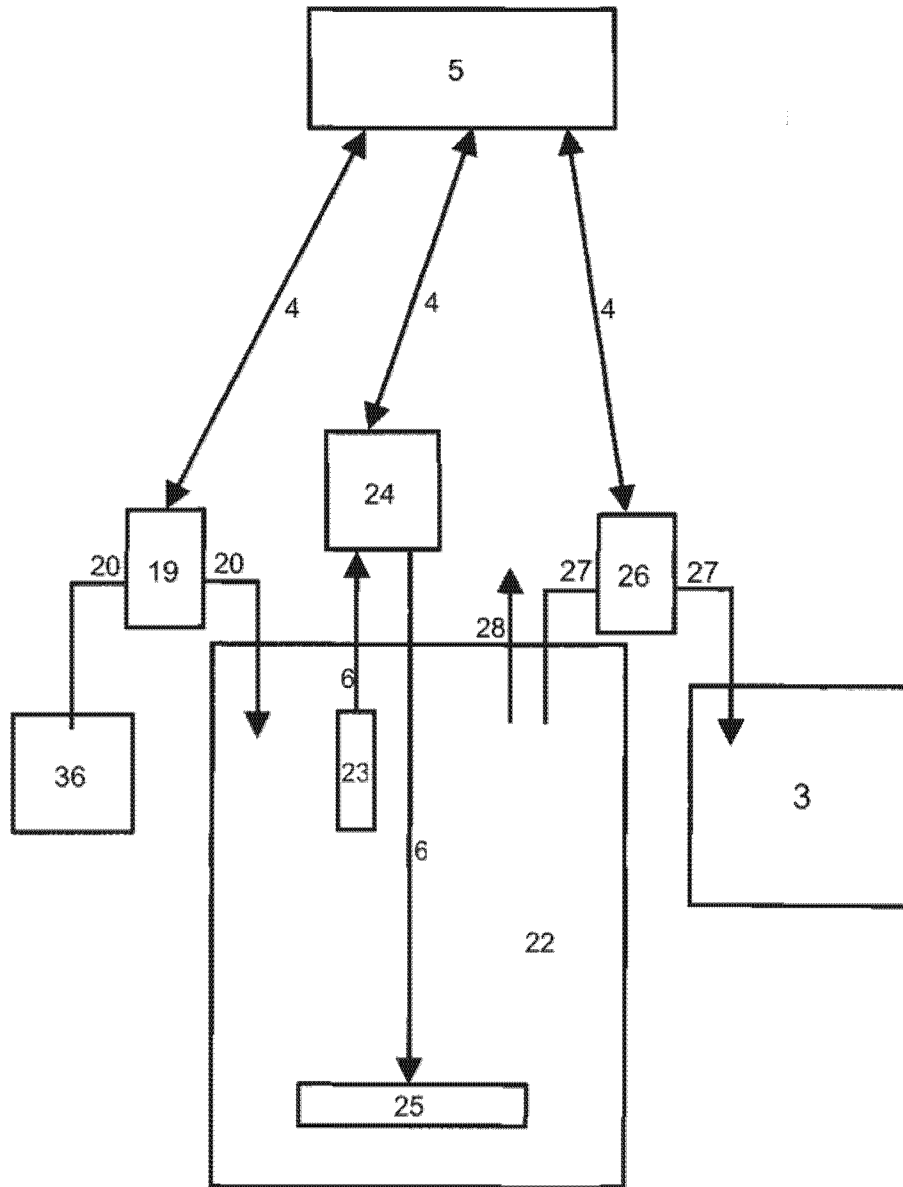


Fig. 4

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

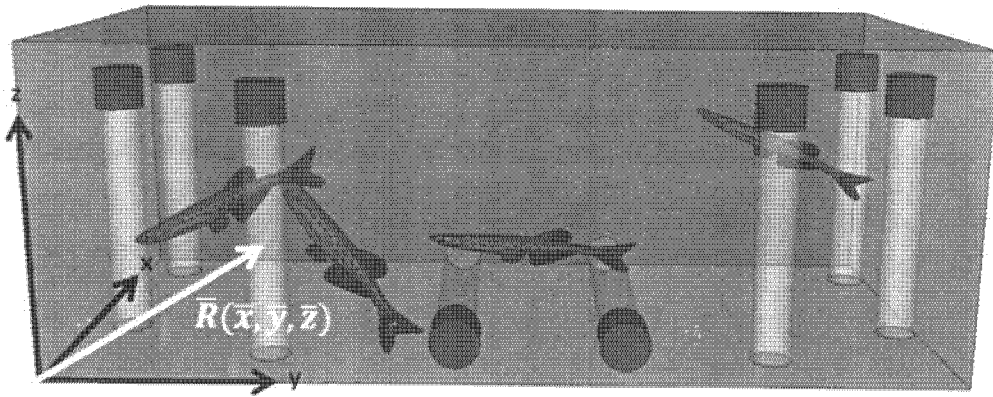


Fig. 5

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

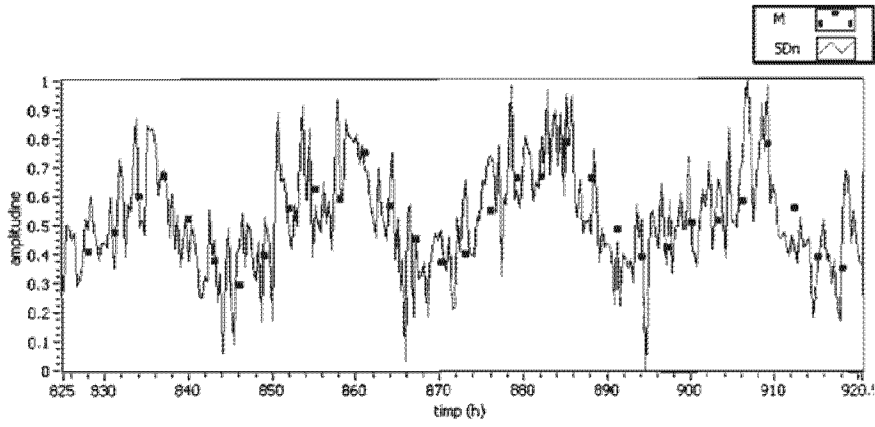


Fig. 6

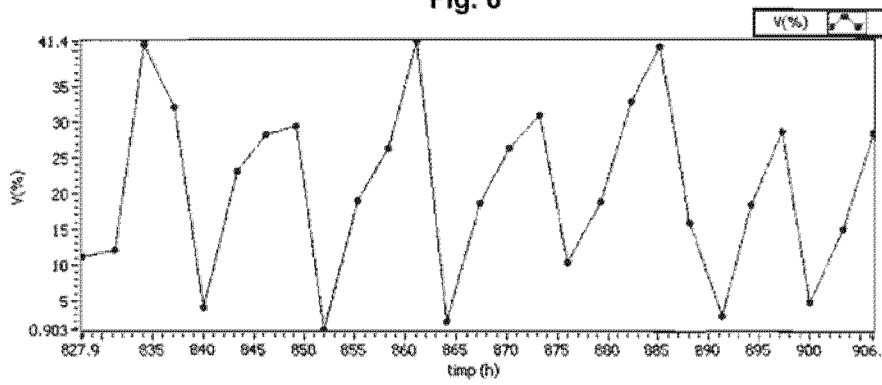


Fig. 7

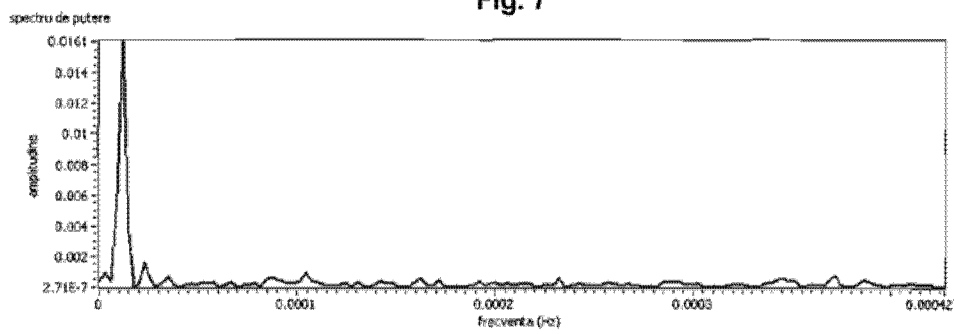


Fig. 8

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

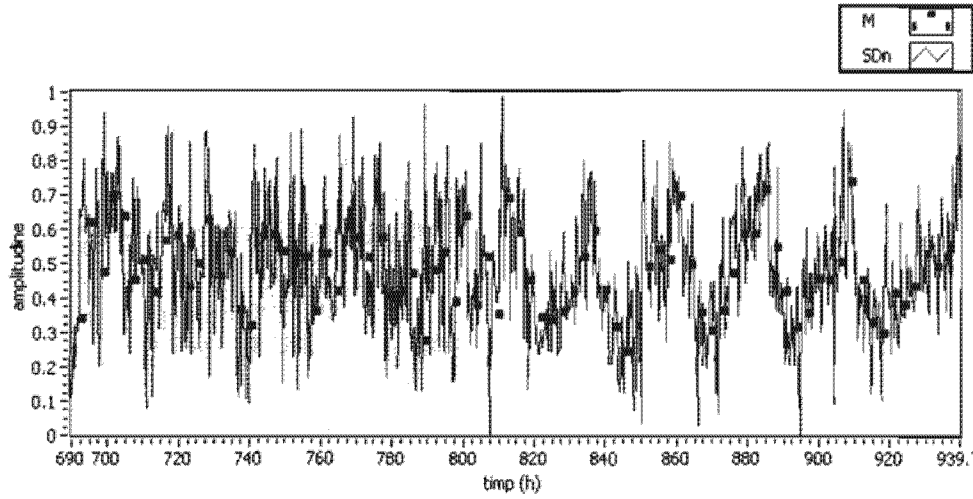


Fig. 9

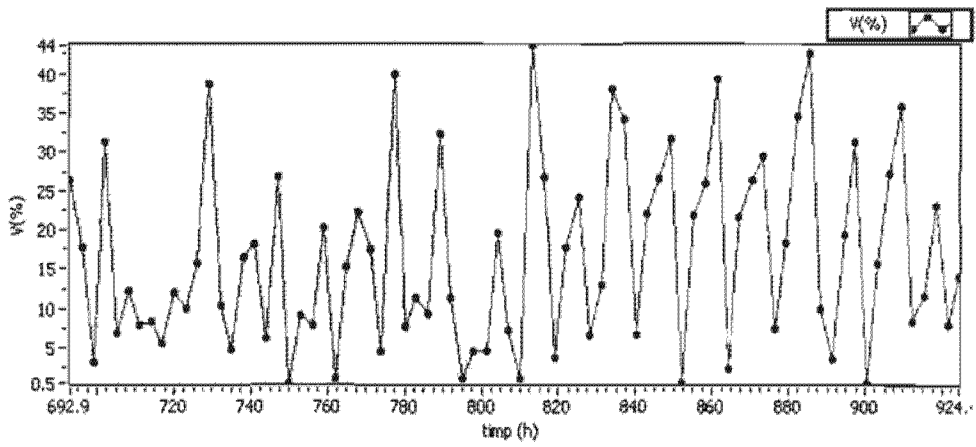


Fig. 10

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

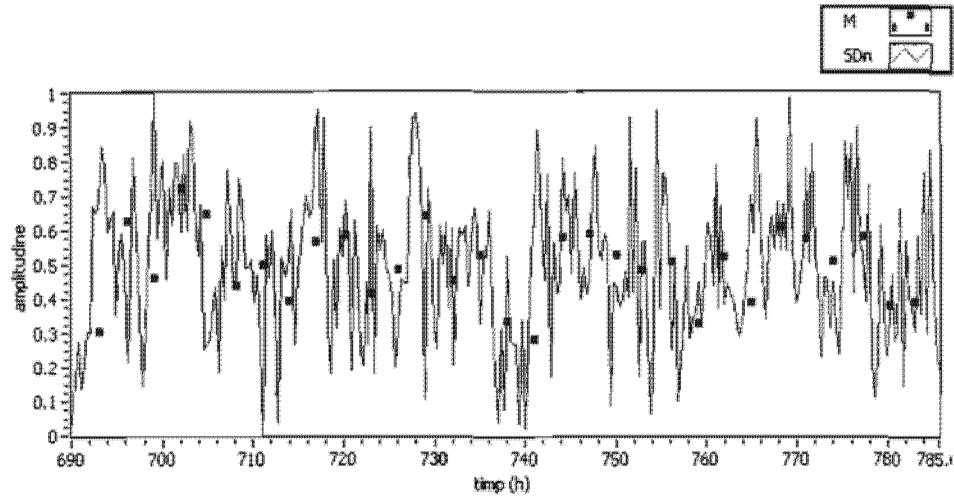


Fig. 11

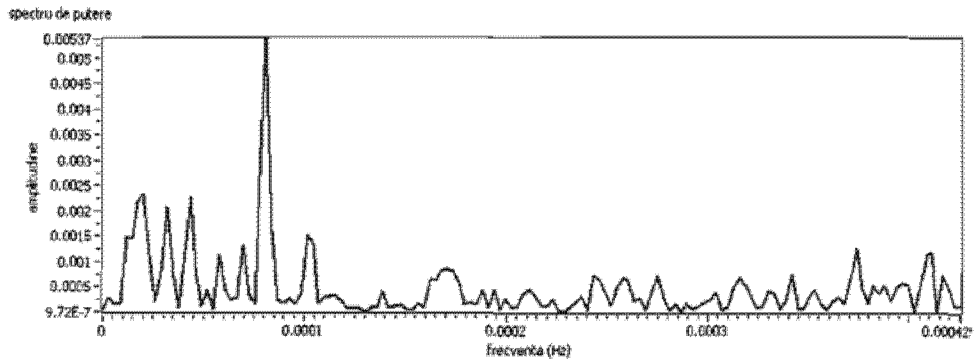


Fig. 12

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

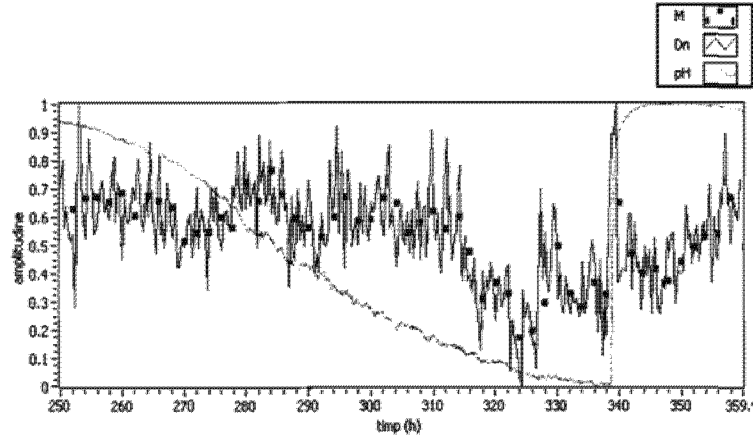


Fig. 13

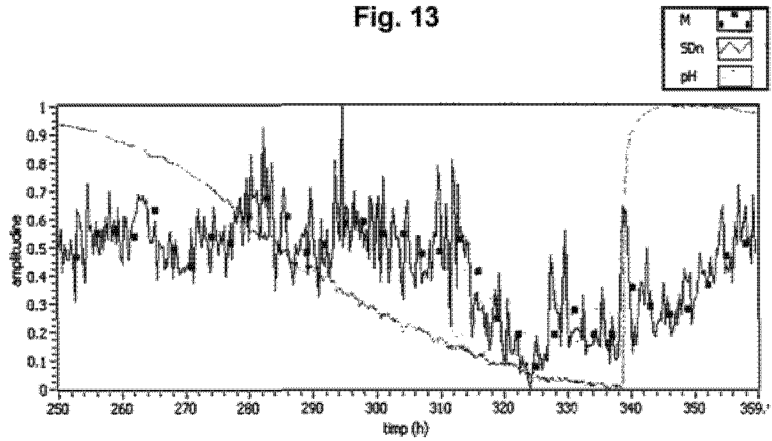


Fig. 14

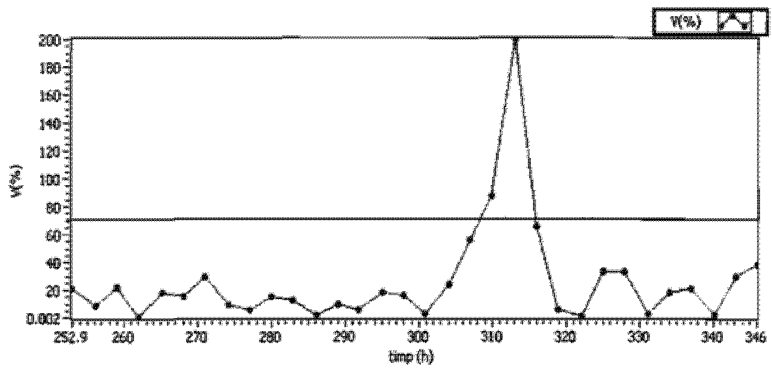


Fig. 15

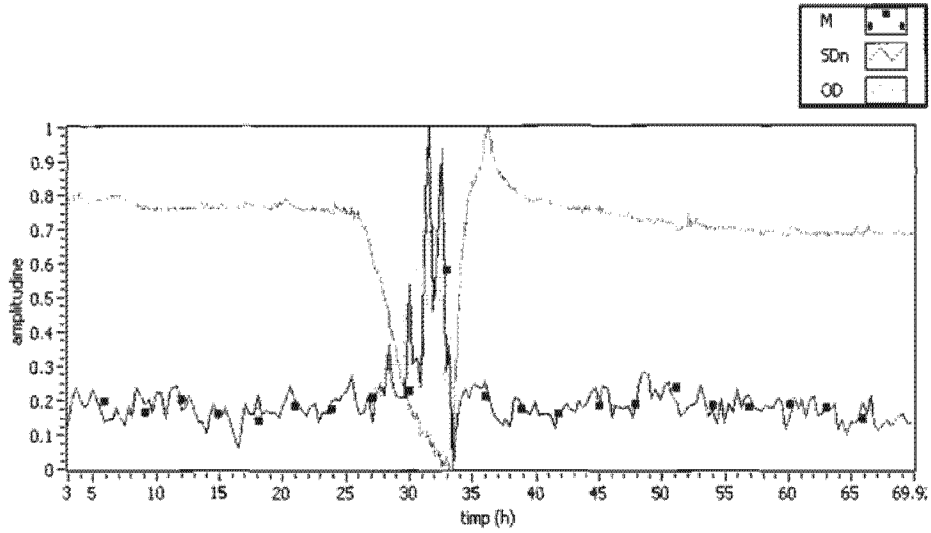


Fig. 16

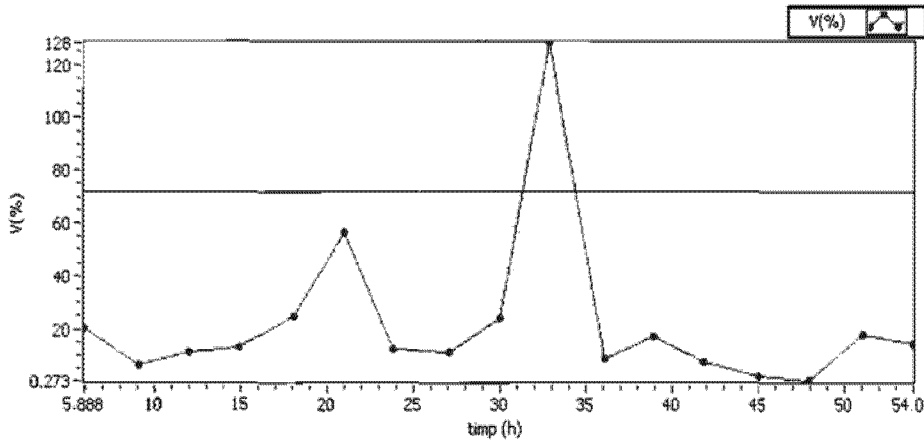


Fig. 17

RO 128065 B1

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

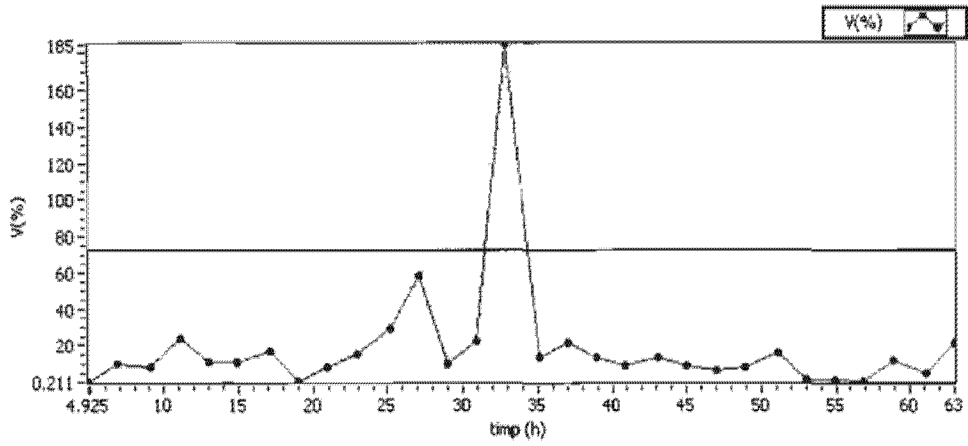


Fig. 18

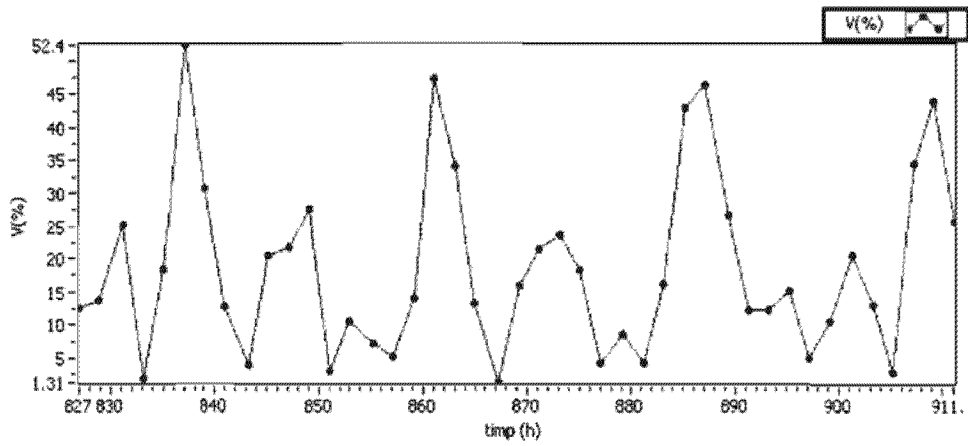


Fig. 19

(51) Int.Cl.

G01N 33/18 (2006.01);

A01K 63/04 (2006.01)

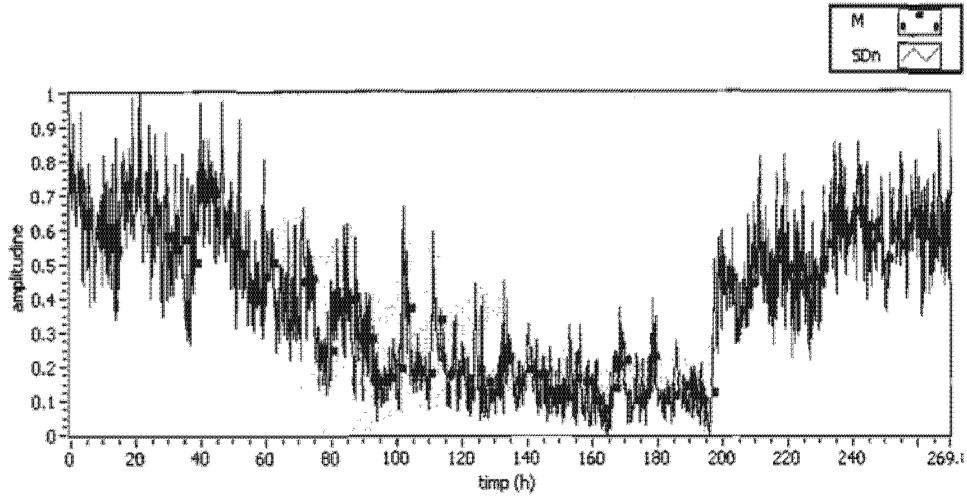


Fig. 20

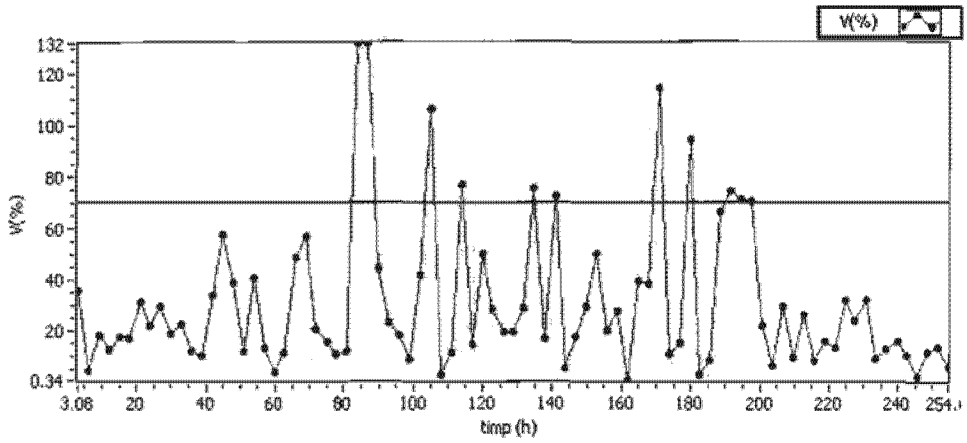


Fig. 21



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 323/2015