



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00273

(22) Data de depozit: 19/05/2022

(41) Data publicării cererii:  
29/11/2023 BOPI nr. 11/2023

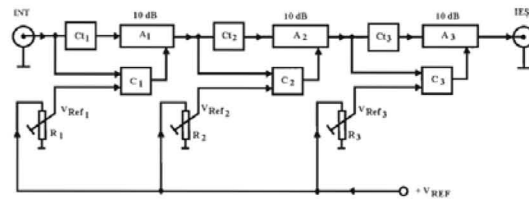
(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,  
IF, RO

(72) Inventatori:  
• RUSU MĂDĂLIN ION,  
STR. PRELUNGIREA GHENCEA NR. 53,  
BL. F2, SC. C, ET. 3, AP. 126, BRAGADIRU,  
IF, RO;  
• SAVU VALERIU, ALEEA CĂȚINEI NR. 13,  
BL. 37C, SC. C, ET. 2. AP. 51, PLOIEȘTI,  
PH, RO;  
• SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI  
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) AMPLIFICATOR CONTROLAT DE NIVELUL SEMNALULUI  
DE INTRARE PENTRU UN DETECTOR CHERENKOV  
ÎN MEDIU SALIN

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un amplificator pentru un detector Cherenkov utilizat pentru obținerea de informații cât mai precise despre fenomenele din Univers. Amplificatorul, conform invenției, cuprinde trei etaje de amplificare, montate în cascadă, fiecare având un circuit de întârziere ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ), un comparator ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ), un amplificator ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ) și un rezistor semireglabil ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ), în care semnalul de intrare provenit de la un senzor electromagnetic și format în urma interacțiunii unui neutrin al radiației cosmice cu un mediu salin, generând conul Cherenkov, este amplificat liniar, pe baza timpului de întârziere al circuitelor de întârziere și a timpului de răspuns al comparatoarelor și amplificatoarelor, precum și pe baza reglării pragurilor comparatoarelor.



Revendicări: 1  
Figuri: 1

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).



## Amplificator controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin

**Invenția se referă** la un sistem (grup de 3 amplificatoare cascade) ce controlează factorul de amplificare al unui amplificator în funcție de nivelul semnalului de intrare, ce **utilizează** un comparator de semnal care are pe una din intrări stabilită o referință iar pe cealaltă, semnalul de intrare în sistem întârziat cu un timp bine stabilit, astfel încât răspunsul în timp al amplificatorului însumat cu al comparatorului să fie mai mic decât timpul de întârziere, a cărui ieșire **determină** factorul de amplificare al amplificatorului astfel încât amplificarea să fie liniară și maxim de 10 dB, evitându-se intrarea în oscilație a amplificatorului pe frecvența proprie de lucru și **prin utilizarea** a 3 amplificatoare identice cascade, ce fac parte din același sistem, se obține o amplificare totală controlată între 0 dB până la 30 dB, **urmând** ca distanța dintre două sisteme consecutive și adiacente ( $x, y, z$  – pentru coordonatele carteziene) să fie astfel aleasă încât să nu apară intermodulații (semnalele de ieșire ale unui sistem să nu influențeze semnalele de intrare în alt sistem), **eliminându-se** astfel semnalele parazite locale pentru un sistem, care **se utilizează** pentru realizarea unui detector Cherenkov în mediu salin.

**Detectorii Cherenkov** au la bază următorul principiu – în urma interacției cu un mediu dens a unei particule (neutrin) care trece prin acest mediu și se deplasează cu o viteză mai mare decât viteza luminii prin acest mediu, se va emite o radiație electromagnetică (conul Cherenkov). Astfel este posibilă măsurarea impulsurilor electromagnetice emise de aceste particule în urma generării conului Cherenkov. Nivelul de zgomot măsurat la o adâncime de 208m în mina Cantacuzino din Slănic Prahova este de  $-118\text{dBm}$  ( $0,398\mu\text{V}$ ) [1], [2], ceea ce implică detecția neutrinilor cu energii cuprinse în gama  $(10^{17} \div 10^{23})\text{eV}$  [3], [4], [5]. Realizarea practică a unui detector Cherenkov, necesită plasarea în interiorul volumului său ( $x, y, z$ ) a unui număr foarte mare de amplificatoare de semnal, ce au la intrare nivele de semnal dependente atât de nivelul energetic al neutrinelui ce a produs efectul Cherenkov, cât și de distanța dintre intrarea primului amplificator al sistemului și punctul de interacție. Astfel că se observă **necesitatea unei amplificării dependente de nivelul semnalului**.

**Până în acest moment**, pentru **radio-deteție** se cunosc câteva experimente în gheață: IceCube, ARA, ARIANNA, GNO, sau în baloane la suprafața gheții, experimentele: ANITA și EVA. Radio-deteția neutrinilor în sare, a fost studiată mai mult **teoretic** [6]. În **brevetul RO1333011A2/28.12.2018 (A/00959/05.12.2016)** [7] este descris un **sistem de deteție a**

**radiației cosmice de tip neutrin electron în mediu salin** care utilizează amplificatoare de radiofrecvență pe frecvența 187,5MHz.

**Toate exemplele prezentate au dezavantajul major că amplificatoarele de radiofrecvență utilizate au amplificarea fixată din proiectare, astfel că este posibil ca la semnale mari acestea să intre în neliniarități, ceea ce conduce la erori în calcularea energiei neutrinului ce a interacționat cu mediu și a generat conul Cherenkov, rezultând astfel erori în determinarea informațiilor despre fenomenele din Univers.**

**Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă** în eliminarea erorilor generate de intrarea în neliniarități a lanțului de amplificatoare, utilizate pentru aducerea semnalelor generate de conul Cherenkov în mediu salin, la o valoare compatibilă cu nivelele de conversie a semnalelor analogice în semnale digitale, **cu ajutorul** unui comparator de tensiune ce are ca referință pe una din intrări o tensiune bine controlată cu variațiile de tensiune și de temperatură și pe cealaltă primește semnalul de intrare în amplificator, ce se regăsește și la intrarea unui circuit de întârziere, a cărui ieșire acționează asupra intrării amplificatorului și ieșirea comparatorului acționează asupra factorului de amplificare al amplificatorului, ce face parte dintr-un grup de 3 amplificatoare cu amplificarea cuprinsă între 0dB și 30dB, grup ce se află la coordonatele carteziane  $x, y, z$ , plasat în interiorul volumului detectorului Cherenkov, la o distanță astfel aleasă față de grupurile adiacente, astfel încât să se elimine oscilațiile parazite pe frecvența de lucru de 187,5MHz, frecvență specifică (atenuare minimă) mediului salin de la mina Cantacuzino din Slănic Prahova, **caracterizată prin aceea că înlătură dezavantajele** experimentelor și brevetului prezentate mai sus, *controlând factorul de amplificare al amplificatoarelor din lanțul de amplificare pe grup, între 0dB până la 30dB și de asemenea factorul de amplificare global, între 0dB până la 120dB (4 grupuri) și eliminând erorile datorate intrării în intermodulații a amplificatoarelor, rezultând minimizarea erorilor de calcul ale direcției și energiei neutrinului radiației cosmice ce a interacționat cu mediul salin și a generat conul Cherenkov.*

Amplificatorul controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin **conform invenției**, constă în citirea nivelului semnalului de intrare de către un comparator ce are ca referință un nivel bine stabilit, semnal ce se regăsește și la intrarea unui întârziator de timp ce acționează asupra semnalului, al cărui timp de întârziere este mai mare decât timpul de răspuns al amplificatorului împreună cu timpul de răspuns al comparatorului și ieșirea comparatorului acționează asupra factorului de amplificare al amplificatorului, reglându-i amplificarea între 0dB și 10dB pentru un amplificator dintr-un grup de 3 amplificatoare cascade rezultând o amplificare reglabilă între 0dB și 30dB, **conducând** la

minimizarea erorilor în calcularea energiei și a direcției neutrinelui ce a interacționat cu mediul salin și a generat conul Cherenkov.

Se dă în continuare un exemplu pentru un amplificator controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin, în legătură cu figura 1 care prezintă o schemă bloc funcțională.

- Fig.1 – Schema bloc funcțională a unui amplificator controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin.
- **Invenția prezintă următoarele avantaje:**
  - prezintă simplitate în aplicarea practică;
  - referința este independentă de variațiile tensiunii de alimentare a amplificatorului și a influenței temperaturii mediului;
  - amplificarea este controlată de nivelul semnalului de intrare în așa fel încât amplificatorul lucrează în zonă liniară;
  - amplificarea unui grup este reglabilă între 0dB și 30dB;
  - minimizează intermodulațiile între două grupuri adiacente ( $x, y, z$ ) prin stabilirea distanței minime dintre grupuri determinată de măsurători prealabile;
  - minimizează erorile de calcul ale energiei și direcției neutrinelui ce a interacționat cu mediul salin și a generat conul Cherenkov de radiație cosmică;
  - amplificatorul controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin poate fi aplicat pentru detecția conului Cherenkov în orice mediu în condițiile în care se cunosc frecvența optimă la care atenuarea mediului este minimă și lungimea minimă de atenuare a aceluia mediu.

**Realizarea practică** a amplificatorului controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin este reprezentată de realizarea schemei bloc funcționale prezentată în figura 1. Funcționarea schemei bloc este următoarea:

**Semnalul de intrare** provenit de un senzor electromagnetic (antenă de radiofrecvență) ce se formează în urma interacției unui neutrino al radiației cosmice cu un mediu salin și generează conul Cherenkov cu amplitudinea  $U_s$ , este aplicat la intrarea unui circuit de întârziere  $C_{t1}$  și la una din intrările unui comparator  $C_1$ . Comparatorul  $C_1$  are pe cealaltă intrare o tensiune de referință ce este reglată cu ajutorul rezistorului semireglabil  $R_1$  la valoarea de  $U_s + 10\text{dB}$ , unde  $U_s$  reprezintă nivelul minim al semnalului de intrare, ce este mai mare decât nivelul de zgomot cu minim 10dB. Ieșirea comparatorului  $C_1$  acționează asupra factorului de amplificare a amplificatorului  $A_1$  modificându-i amplificarea între 0dB și 10dB, atunci când semnalul de intrare atinge pragul reglat de rezistorul semireglabil  $R_1$ . Timpul de întârziere introdus asupra

semnalului de către blocul  $Ct_1$ , este astfel ales încât timpul de răspuns al comparatorului  $C_1$  însumat cu timpul de răspuns al amplificatorului  $A_1$  să fie puțin mai mic. Semnalul de ieșire al amplificatorului  $A_1$  reprezintă tocmai semnalul de intrare în următorul etaj de amplificare ce are aceeași constituție ca primul etaj de amplificare și respectă aceleași condiții cu excepția nivelului tensiunii de referință reglat din  $R_2$  la valoarea  $U_s + 20\text{dB}$ . Al treilea etaj de amplificare este identic cu primele și respectă aceleași condiții cu excepția că nivelul de tensiune reglat din  $R_3$  este  $U_s + 30\text{dB}$ . Aceste trei amplificatoare cascade și comandate de semnalul de intrare fac parte din primul grup de amplificatoare poziționat la cea mai mare valoare pentru axa  $z$  ce reprezintă adâncimea maximă a volumului detectorului Cherenkov iar dimensiunile  $x$  și  $y$  sunt coordonatele planare ale fiecărei coordonate  $z$ . Nivelul tensiunii  $V_{REF}$  al primului grup va avea valoarea  $U_s + 40\text{dB}$ .  $Ct_2$  și  $Ct_3$  sunt întârziatoarele semnalelor pentru amplificatoarele  $A_2$  și respectiv  $A_3$  iar  $C_2$  și  $C_3$  sunt comparatoarele ce comandă factorul de amplificare al amplificatoarelor  $A_2$  și respectiv  $A_3$ . Primul grup asigură amplificarea variabilă, în funcție de nivelul semnalului de intrare, între  $0\text{dB}$  și  $30\text{dB}$ . Pentru celelalte grupuri (maxim 4 grupuri), amplificarea este variabilă tot între  $0\text{dB}$  și  $30\text{dB}$  pe grup, cu excepția faptului că grupul următor (al doilea) va avea reglat  $R_1$  la valoarea  $U_s + 40\text{dB}$ ;  $R_2$  reglat la valoarea  $U_s + 50\text{dB}$  și  $R_3$  la valoarea  $U_s + 60\text{dB}$  iar  $V_{REF}$  va fi  $U_s + 70\text{dB}$ , pentru grupul al treilea va avea reglat  $R_1$  la valoarea  $U_s + 70\text{dB}$ ;  $R_2$  reglat la valoarea  $U_s + 80\text{dB}$  și  $R_3$  la valoarea  $U_s + 90\text{dB}$  iar  $V_{REF}$  va fi  $U_s + 100\text{dB}$ , pentru grupul al patrulea va avea reglat  $R_1$  la valoarea  $U_s + 100\text{dB}$ ;  $R_2$  reglat la valoarea  $U_s + 110\text{dB}$  și  $R_3$  la valoarea  $U_s + 120\text{dB}$  iar  $V_{REF}$  va fi  $U_s + 130\text{dB}$ .

**Condițiile de aplicare** ale amplificatorului controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin este ca timpul de întârziere introdus de fiecare întârziator în parte să fie mai mare decât timpul de răspuns al comparatorului împreună cu al amplificatorului pentru fiecare secțiune în parte și tensiunile de referință să fie alese astfel încât comparatoarele să poată să regleze amplificarea în limitele stabilite.

**Prin caracteristicile sale** amplificatorul controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin, minimizează erorile de calcul ale energiei și direcției neutrinelui care a interacționat cu mediul salin și a generat conul Cherenkov prin reglarea amplificării în funcție de nivelul de intrare, bazându-se pe îndeplinirea condiției, ca timpul de răspuns al comparatorului împreună cu al amplificatorului să fie mai mic decât timpul de întârziere realizat de fiecare întârziator corespunzător și referințele să fie astfel alese încât să satisfacă condițiile de reglare a amplificării.

## Bibliografie:

[1]. Valeriu Savu, Razvan Craciunescu, Octavian Fratu, Simona Halunga, Ion Marghescu; Cosmic Radiation Detector Performances in Salt Mines; 11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, Telsiks 2013, Serbia, Nis, October 16-19, 2013.

[2]. Valeriu SAVU, Ion MARGHESCU, Octavian FRATU, Simona HALUNGA, Alina-Mihaela BĂDESCU; Antenna design for electromagnetic waves propagation studies through the salt ore; U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 75, Iss. 2, 2013 ISSN 2286 – 3540.

[3]. R. Engel, D. Seckel, and T. Stanev, Neutrinos from propagation of ultrahigh energy protons, Phys. Rev. D 64, 093010, 2001.

[4]. R. Surman and J. Engel, Changes in r-process abundances at late times, Phys. Rev. C 64, 035801 (2001).

[5]. G. Decerprit and D. Allard, Constraints on the origin of ultra-high-energy cosmic rays from cosmogenic neutrinos and photons, A&A 535, A66 (2011).

[6]. Connolly, Amy L. and Viereg, Abigail G; Radio Detection of High Energy Neutrinos, 2016 (arXiv:1607.08232).

[7]. Savu Valeriu, Fratu Octavian, Crăciunescu Răzvan-Eusebiu, Halunga Simona Viorica, Vulpe Răzvan-Alexandru, Voicu Carmen; Sistem de detecție a radiației cosmice de tip neutrin electron în mediu salin; Brevet de invenție RO133011A2/28,12,2018 (A/00959/05,12,2016).

Revendicări:

1. Amplificatorul controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin, care minimizează erorile de calcul ale energiei și direcției neutrinelui care a interacționat cu mediul salin și a generat conul Cherenkov este **caracterizat prin aceea că** reglează factorul de amplificare al amplificatoarelor astfel încât acestea să nu intre în neliniarități, bazându-se pe timpul de răspuns al unui amplificator împreună cu comparatorul aferent astfel încât acesta să fie mai mic decât timpul de întârziere al circuitului de întârziere aferent amplificatorului respectiv și pe reglarea pragurilor comparatoarelor, obținându-se amplificări liniare.

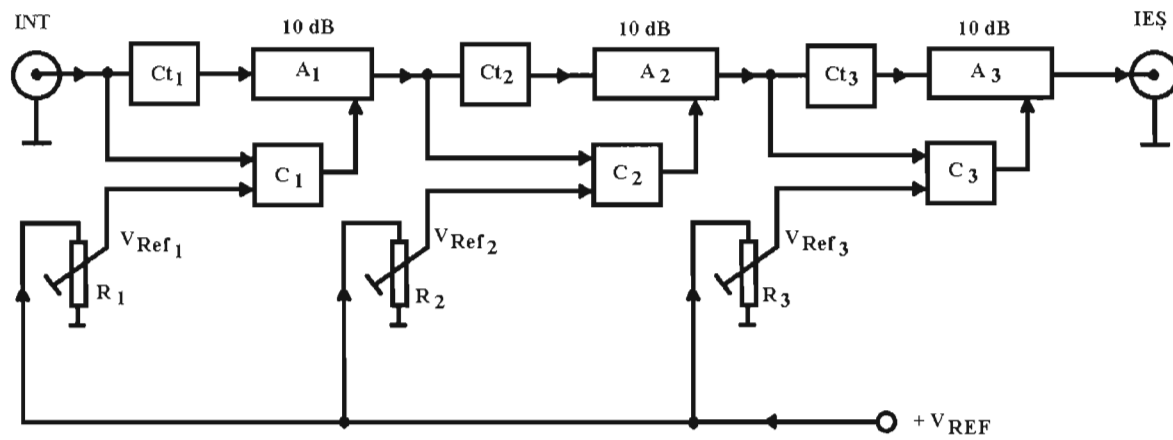


Fig.1 – Schema bloc funcțională a amplificatorului controlat de nivelul semnalului de intrare pentru un detector Cherenkov în mediu salin.