



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00385

(22) Data de depozit: 23.05.2013

(41) Data publicării cererii:
30.12.2014 BOPI nr. 12/2014

(71) Solicitant:
• BALTAG OCTAVIAN IOAN,
STR. GHIBĂNESCU NR. 5A, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• BALTAG OCTAVIAN IOAN,
STR. GHIBĂNESCU NR. 5A, IAȘI, IS, RO

(54) MAGNETOMETRU CU PRECESIE NUCLEARĂ ȘI METODĂ
DE MĂSURARE A CÂMPULUI MAGNETIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un magnetometru cu precesie nucleară. Magnetometrul conform invenției este alcătuit dintr-un recipient (1) care conține un lichid bogat în hidrogen, înconjurat de o bobină (2) prin care se produce periodic, în conformitate cu un ciclu de măsurare repetitiv, un câmp magnetic de polarizare prin injectarea în bobină (2) a unui curent electric comandat de un circuit (3), prin intermediul unor circuite de comutare (4) care cuplează periodic bobina (2) la circuitul (3) de comandă, pe durata polarizării, după care decuplează bobina (2) și o cuplează la un alt circuit (5), comandat de un semnal dependent de intensitatea câmpului magnetic măsurat, prin care se asigură acordarea bobinei (2) pe frecvența de rezonanță corespunzătoare frecvenței Larmor a câmpului magnetic măsurat, folosind un număr de condensatoare (6), semnalul cu frecvență Larmor fiind apoi aplicat unui circuit (7) având funcție de amplificare, limitare și transformare a semnalului sinusoidal de precesie într-un semnal dreptunghiular periodic, impulsurile generate de circuit (7) fiind apoi aplicate simultan unor circuite prin care se realizează măsurarea atât a perioadei de precesie, cât și a erorii de măsurare.

Revendicări: 10

Figuri: 4

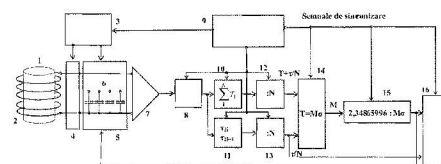
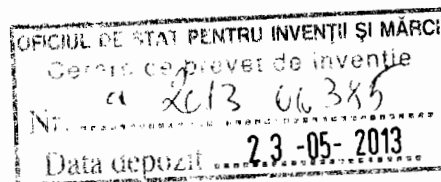


Fig. 3

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).





Magnetometru cu precizie nucleara si metoda de masurare a campului magnetic

Inventia de fata se refera la un magnetometru cu precizie nucleara care foloseste o metoda noua pentru masurarea intensitatii campului magnetic, metoda care permite cresterea preciziei de masurare pana la limitele fizice de cunoastere a raportului giromagnetic

Sunt cunoscute mai multe tipuri de magnetometre cu precizie nucleara (US 3004211) care folosesc diferite metode pentru imbunatatirea raportului semnal zgomot prin reducerea influentei campurilor parazite externe folosind bobinaje structurate corespunzator (US 3886440).

Se mai cunosc de asemenea alte magnetometre cu precizie nucleara libera a protonilor (US 3090002) care regleaza frecventa de acord a amplificatorului selectiv al semnalului de precizie nucleara in functie de ultima valoare masurata a campului magnetic, (US 3133243) ameliorarea acuratetei masuratorii campului magnetic prin imbunatatirea campului de polarizare a nucleelor si (US 4546317) care foloseste un sistem cu suspensie cardanica pentru a asigura perpendicularitatea campului magnetic terestru pe directia bobinei de semnal a precesiei nucleare.

Toate aceste solutii folosesc masurarea frecventei semnalului de precizie nucleara prin metode clasice – masurarea numarului de oscilatii cuprinse intr-o durata determinata de timp.

Dezavantaje principale ale acestor metode sunt in principal legate de metoda folosita pentru masurarea frecventei de precizie Larmor si transformarea acesteia in unitati de camp magnetic:

- un prim dezavantaj este legat de faptul ca masurarea cu precizie a campului magnetic este limitata in principal de doi factori: precizia de masurare a frecventei de precizie Larmor a protonilor si precizia cu care se cunoaste si se foloseste in masuratori raportul giromagnetic al protonului;
- frecventa Larmor pentru campul geomagnetic ambiental este de ordinul kHz, iar determinarea acesteia cu precizie ridicata presupune cunosterea cu o precizie ridicata, de ordinul microhertz – ului, ceea ce este un deziderat dificil de realizat la magnetometrele actuale, fara artificii care duc de exemplu la marirea duratei de masurare;
- pentru marirea preciziei de masurare a frecventei Larmor, in prezent se folosesc circuite de multiplicare a frecventei (de exemplu cu 2^6) ceea ce permite afisarea directa a intensitatii campului magnetic daca se foloseste ca unitate de timp pentru numararea oscilatiilor Larmor, un interval de timp $\Delta t = 0,3669908$ secunde;
- precizia de masurare a frecventei Larmor este limitata si prin faptul ca intervalul de timp in care se efectueaza masurarea oscilatiilor Larmor nu poate sa cuprinda o fractiune din perioada unei oscilatii, ceea ce duce la o eroare de ± 1 perioada;

- măsurarea globală a frecvenței prin numărarea oscilațiilor într-un interval de timp determinat poate da informații privind valoarea medie a frecvenței în acel interval;
- măsurarea frecvenței Larmor este determinată de mai mulți factori de zgomot care intervin prin efect multiplicativ sau însumare: zgomotul termic propriu lichidului folosit, zgomotul propriu bobinei de semnal, zgomotul circuitului de intrare – amplificarea a semnalului Larmor, zgomotul circuitului discriminator / limitator.

Problema pe care o rezolvă invenția este mărirea preciziei de măsurare a intensității câmpului magnetic și determinarea valorii cea mai probabil apropiată de valoarea adevărată, precum și determinarea deviației standard în fiecare moment al măsurătorii, împreună cu alte informații utile cum sunt indicatorii de dispersie etc.

Invenția de față elimină dezavantajele menționate prin faptul că înlocuiește măsurarea directă a frecvenței de precesie Larmor cu măsurarea individuală a perioadelor oscilațiilor de frecvență Larmor pe un interval de timp determinat, memorarea valorii acestor perioade și calcularea valorii celei mai apropiate de valoarea adevărată și determinarea valorii câmpului magnetic prin calcul cu ajutorul unui circuit care are implementată o constantă constructivă a magnetometrului care conține dependența frecvenței Larmor de raportul giromagnetic al protonului și valoarea câmpului magnetic. Sistemul permite, de asemenea, calcularea și indicarea următoarelor mărimi:

- valoarea cea mai apropiată de valoarea adevărată a câmpului magnetic;
- deviația standard cu care s-a efectuat măsurătoarea respectivă.

Invenția de față prezintă avantajul de a permite măsurarea cu o precizie determinată practic numai de precizia de cunoaștere a raportului giromagnetic și precizia de măsurare a perioadei oscilațiilor Larmor, precum și indicarea erorii cu care s-a efectuat măsurătoarea.

În cele ce urmează se prezintă un **exemplu de realizare a invenției** cu privire la figurile care reprezintă:

- **figura 1** - diagrama temporală a semnalelor de precesie nucleară corespunzătoare frecvenței Larmor;
- **figura 2** – diagrama temporală a apariției zgomotului de fază
- **figura 3** – schema bloc a magnetometrului
- **figura 4** – diagrama temporală a semnalelor

Frecvența Larmor a precesiei nucleare este determinată prin relația:

$$F_L = \frac{1}{2\pi} \gamma B$$

unde γ este raportul giromagnetic al protonului, iar B este inductia câmpului magnetic.

Semnalul de precesie nucleară este sinusoidal, iar amplitudinea sa este variabilă și scade după o lege exponențială reprezentată de relația:

$$U_L = U_{L0} e^{-\alpha t} \sin 2\pi f_L t = U_{L0} e^{-\alpha t} \sin \gamma B t$$

unde U_{L0} este amplitudinea inițială a semnalului de precesie nucleară liberă, relație valabilă în absența unor surse de zgomot.

La intrarea amplificatorului care precede electronica magnetometrului se aplică simultan atât semnalul de precesie nucleară, cât și un semnal de zgomot alb, aditiv, termic, propriu bobinei de semnal, de valoare eficientă determinată prin relația:

$$U_z = \sqrt{4k_B T R \Delta f}.$$

Bobina traductorului este în general acordată pe frecvența Larmor corespunzătoare valorii medii a câmpului magnetic măsurat, sau se poate acorda manual prin trepte capacitive în funcție de valoarea câmpului. Ca urmare, spectrul de zgomot va fi filtrat și el astfel încât la intrarea amplificatorului se aplică un spectru de frecvențe $\omega_0 \pm \Delta\omega$, corespunzător unei benzi de trecere $\Delta\omega$: Din această bandă de zgomot se va evidenția, ca fiind cu amplitudinea cea mai mare, frecvența corespunzătoare frecvenței Larmor.

Pentru determinarea efectului zgomotului asupra semnalului de frecvența Larmor se ia în considerare situația cea mai defavorabilă, anume un zgomot având frecvența egală sau foarte apropiată de frecvența Larmor, dar defazat cu 90° față de acesta. Semnalul complex format din semnalul de precesie Larmor cu pulsația ω_0 și semnalul de zgomot u au aceeași frecvență, dar amplitudinea și faza sunt diferite. În această situație, cele două semnale fiind aditive, se poate scrie relația:

$$U(t) = U_0 e^{-\alpha t} \sin \omega_0 t + \frac{u}{\sqrt{2}} (\sin \omega_0 t + \cos \omega_0 t)$$

Pentru prima perioadă Larmor se poate scrie

$$U(t) = \sqrt{U_0^2 + u^2} \sin(\omega t + \varphi)$$

unde

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{u}{U_0}.$$

Din această relație rezultă că faza semnalului depinde atât de amplitudinea tensiunii de zgomot cât și de frecvența sa, ceea ce determină o modificare în spațiul timp a perioadei T_0 , cu un interval egal cu $\pm \Delta\tau$ determinat de relația

$$\Delta\tau = \frac{\Delta\varphi}{\omega_0}$$

astfel încât perioada T_0 măsurată prin detectarea trecerii semnalului complex prin valoarea zero variază în intervalul

$$T_0 - \Delta\tau \leq T_0 \leq T_0 + \Delta\tau.$$

care interval este determinat atât de spectrul de zgomot, cât și de amplitudinea acestuia raportată la amplitudinea semnalului de precesie. Intervalele de timp $\Delta\tau$ pot să afecteze perioada măsurată în două moduri: să o mărească sau să o micșoreze în funcție de spectrul de zgomot și nivelul acestuia. În figura 2 este reprezentată modificarea perioadei pentru situația în care apare o singură frecvență perturbatoare.

Dacă se măsoară perioada T_0 a precesiei în prezența zgomotului, se poate presupune că modificarea acesteia poate să apară în ambele momente ale trecerii prin zero sau la un alt nivel prestabilit de circuitele pentru limitare – trigerare (care sunt anterioare frecventometrului), atât la începutul cât și la sfârșitul ciclului, ceea ce duce în cazul cel mai dezavantajos la un interval egal cu $\Delta\tau$ de reducere sau mărire a perioadei măsurate. Ca urmare, eroarea relativă introdusă la măsurarea perioadei este:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\tau}{T_0}.$$

Această eroare intervine și la măsurarea frecvenței prin numărarea unui număr de N impulsuri într-un interval de timp prestabilit:

$$\varepsilon = \frac{1}{N} + \frac{\Delta\tau}{T_0} \approx \frac{1}{N}$$

dar, pentru că $\Delta\tau \ll T_0$, factorul al doilea poate fi neglijat, astfel încât $1/N$ este factorul principal de eroare la măsurarea frecvenței:

$$\frac{\Delta F_L}{F_L} = \pm \frac{1}{N}$$

Zgomotul intervine ca un semnal aleator si este filtrat de catre circuitul oscilant din care face parte si bobina de semnal. Ca urmare, distributia in functie de durata a intervalelor de timp $\Delta\tau$ va fi facuta dupa o lege Gaussiană. Din distributia Gauss a valorilor masurate pentru perioada precesiei Larmor, se constata ca aceste valori sunt distribuite in jurul valorii adevarate T . Se remarca faptul ca, media acestor valori se apropie de T cu atat mai mult cu cat numarul de masuratori este mai mare. Intervalele de timp $\Delta\tau$ pot sa afecteze perioada masurata in doua moduri: sa o mareasca sau sa o micsoreze; pentru a reprezenta aceasta se poate scrie ca perioada masurata poate sa varieze in intervalul $T \pm \Delta\tau$. Ca urmare, valoarea medie a perioadelor T_i masurate de un frecventmetru este data de relatia:

$$T_N = \frac{1}{N} \sum_1^N T_i = \frac{1}{N} \sum_1^N [T \pm \tau_i] = T \pm \frac{1}{N} \tau$$

unde $\sum_1^N \pm \tau_i = \tau \rightarrow 0$ pentru $N \rightarrow \infty$ datorita distributiei simetrice Gaussiene. Din aceasta relatie rezulta eroarea relativa de masurare a perioadei;

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta T}{T} = \frac{T - T_N}{T} = \frac{1}{N} \frac{\tau}{T} \frac{1}{f(\text{semnal} / \text{zgomot})}$$

In calculul erorii relative τ este un interval temporal care depinde de raportul semnal / zgomot; din acest motiv in expresia erorii este introdusa o functie adimensionala, $f(\text{semnal} / \text{zgomot})$ dependenta de raportul semnal / zgomot. Un raport semnal / zgomot ridicat determina o reducere a erorii temporale τ . Raportul semnal / zgomot este variabil pe durata masuratorilor, datorita functiei exponentiale e^{-at} astfel incat raportul semnal / zgomot este variabil, scazand odata cu reducerea amplitudinii semnalului de precesie. Relatia este valabila pentru un numar N ridicat de perioade, iar durata unei astfel de masuratori este:

$$t = NT_0 \pm \tau$$

Comparativ, masurarea frecventei prin metoda numararii impulsurilor cuprinse intr-un interval determinat de timp prezinta o eroare relativa de masurare data de relatia:

$$\varepsilon_F = \frac{\Delta F}{F} = \frac{1}{N}$$

unde N reprezinta numarul de periade masurate intr-un interval de timp t ($F=N/t$).

Comparand cele doua relatii rezulta avantajul masurarii perioadei intr-un interval de timp, considerat acelasi pentru ambele metode de masurare. Raportul acestor erori relative este:

$$\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_F} = \frac{\tau}{T} \frac{1}{f(\text{semnal} / \text{zgomot})}$$

Din relatie rezulta avantajul masurarii perioadei si nu a frecventei, mai ales in conditiile in care $\tau \ll T_0$ si raportul semnal / zgomot este ridicat.

Din aceste considerente teoretice rezulta ca solutie optima in ceea ce priveste precizia de masurare, utilizarea unui dispozitiv electronic pentru masurarea perioadei combinat cu un sistem de determinare a valorii frecventei Larmor cu probabilitatea cea mai mare de a fi apropiata de valoarea adevarata si calculul campului magnetic folosind relatia dintre constanta giromagnetica a protonului si frecventa Larmor.

Conform **exemplului de realizare** a inventiei prezentat in figura 3, magnetometrul cu precesie nucleara libera este format dintr-un recipient 1 care contine un lichid bogat in hidrogen, inconjurat de o bobina 2, prin care se produce periodic, in conformitate cu un ciclu de masurare repetitiv, un camp magnetic de polarizare prin injectarea in bobina 2 a unui curent electric comandat de un circuit 3 prin intermediul unor circuite de comutare 4 care circuit cupleaza periodic bobina la circuitul de comanda 3 pe durata polarizarii, dupa care acesta decupleaza bobina si o cupleaza la un circuit 5, comandat de un semnal dependent de intensitatea campului magnetic masurat, prin care se asigura acordarea bobinei 2 pe frecventa de rezonanta corespunzatoare frecventei Larmor a campului magnetic masurat folosind un numar de condensatori 6. Semnalul de frecventa Larmor este aplicat unui circuit 7 avand functia de amplificare, limitare si transformare a semnalului sinusoidal de precesie intr-un semnal dreptunghiular periodic cu fronturi avand durata suficient de mica pentru a putea fi utilizat in prelucrarea digitala ulterioara. Impulsurile generate in circuitul 7 sunt aplicate simultan unor circuite prin care se realizeaza masurarea atat a perioadei de precesie cat si a erorii de masurare, eroare introdusa de zgomotul de faza al semnalului Larmor complex. Impulsurile avand durata T_i corespunzatoare perioadei Larmor sunt aplicate unui circuit 8 care determina durata perioadei T_i prin numararea unor impulsuri de perioada σ generate de o baza de timp 9 care asigura prin secvente de comenzi ciclice periodicitatea ciclurilor de masurare, functionarea coerenta si sincronizarea tuturor circuitelor digitale. Fiecare perioada a semnalului complex (frecventa Larmor si zgomot) de durata T_i este formata din suma perioadei Larmor T si un interval temporal τ_i determinat de erorile de masurare generate in principal de componenta de zgomot care insoteste semnalul de precesie, care zgomot intervine prin raportul semnal / zgomot astfel incat poate sa mareasca sau sa micsoreze durata perioadei masurate T_i cu o marime τ_i :

$$T_i = T \pm \tau_i \pm \sigma \cong T \pm \tau_i.$$

In relatia de mai sus intervine ca element de eroare si valoarea bazei de timp de durata σ , dar aceasta poate fi neglijata intrucat valoarea sa se alege constructiv astfel incat sa fie cu cateva ordine de marime mai mica decat T si τ_i .

Semnalele rezultate la iesirea circuitului 8 sunt aplicate simultan la alte doua registre de numarare 10 si 11, registrul 10 sumand toate impulsurile avand durata σ corespunzatoare fiecărei secvente T_i , pe o durata de timp t corespunzatoare unui numar par N de impulsuri T_i :

$$t = \sum_1^N T_i = NT + \sum_1^N \pm \tau_i$$

care impulsuri sunt aplicate apoi unui circuit 12 de divizare prin N , rezultand astfel pentru intreaga secventa de numarare t un semnal avand durata medie

$$T_M = \frac{t}{N} = T \pm \frac{1}{N} \tau = M\sigma \pm \frac{1}{N} m\sigma$$

unde T este durata medie a perioadei Larmor fara zgomot, τ este eroarea medie datorata zgomotului, eroare spre care tinde $\sum \tau_i$ pentru un numar finit N astfel incat $\sum \tau_i \ll \tau$, dar care pentru un numar infinit de masuratori este nul, M este numarul de perioade σ care compun durata T , iar m este numarul de perioade σ care compun eroarea τ .

Circuitul 11 este un registru de numarare direct / invers a impulsurilor σ ale bazei de timp, pentru fiecare perioada T_i sincron cu numarul 10, pe durata aceluasi ciclu $t = N T_i$, astfel incat impulsurile σ din perioadele pare 2_{2i} sunt numarate direct, iar cele din perioadele impare 2_{2i-1} sunt numarate invers; astfel, prin acest proces de numarare, la sfarsitul intervalului t in registru va ramane un numar m de impulsuri σ corespunzatoare sumei erorilor pozitive si negative τ_i introduse de zgomot:

$$\sum_1^N \tau_{2i} + \sum_1^{N-1} \tau_{2i+1} = \tau = m\sigma.$$

Semnalele rezultate la iesirea registrului **11** sunt aplicate unui alt circuit **13** de divizare cu N , rezultand astfel, un semnal de durata $\tau = \pm \frac{1}{N} m \sigma$ care este aplicat impreuna cu semnalul $T_M = M \sigma \pm \frac{1}{N} m \sigma$ rezultat din circuitul divizor **12** unui circuit de scadere digitala **14**, la iesirea caruia se obtine un semnal de durata $T = M \sigma$, semnal care contine informatia privind perioada Larmor si care contine un numar M de perioade σ . Pentru a transforma numarul de impulsuri M cu perioada σ intr-o informatie care sa reprezinte intensitatea campului magnetic, se face un artificiu care consta in divizarea unei constante de aparat K la numarul M intr-un circuit divizor **15**, iar reprezentarea digitala a valorii campului masurat se face intr-un circuit de memorare afisare **16**, care circuit poate efectua operatia de memorare a valorilor masurate in fiecare interval de timp t si reprezentarea simultana a erorii de masurare, generata de circuitul **13**.

Constanta K rezulta din transformarea relatiei care da frecventa Larmor

$$F = \frac{1}{T} = \frac{\gamma}{2\pi} B = KB$$

Considerand relatia $T = M \sigma$, rezulta relatia

$$\frac{2\pi}{\gamma} \frac{1}{\sigma} \frac{1}{M} = B$$

care duce la o noua exprimare a legaturii dintre perioada oscilatiilor Larmor si campul masurat:

$$B = \frac{K}{M}$$

unde $K = \frac{2\pi}{\gamma} \frac{1}{\sigma} = \frac{2,3486593996}{\sigma} 10^{-8} (T)$, unde perioada de tact σ (Hz) si constanta giromagnetica a protonului:

$$\gamma = 2,675\ 222\ 005 \times 10^8 \text{ Hz/T},$$

Rezulta pentru marimea afisata relatia:

$$B(\text{Tesla}) = \frac{2,3486593996}{\sigma M} \cdot 10^{-8}$$

unde M reprezinta numarul de impulsuri de durata σ al perioadei Larmor: $T = M \sigma$, pentru simplificarea operatiei de divizare se alege o valoare σ care sa fie un numar intreg zecimal.

O alta posibilitate este ca alegerea unei frecvente de tact $f = 1/\sigma$ astfel incat constanta K a magnetometrului sa fie un numar intreg format din n zerouri, ceea ce duce la divizarea in circuitul **15** a unui numar zecimal exprimat prin 10^n la numarul de impulsuri M :

$$B(\text{Tesla}) = 10^n \frac{1}{M}$$

Si in aceasta situatie, circuitul **15** este un divizor programabil printr-un numar M dependent de intensitatea campului magnetic.

Toate circuitele de comanda a polarizarii, cuplarii si decuplarii bobinei de magnetizare / semnal la circuitul de polarizare sau etajul de amplificare a semnalului Larmor, numarare, divizare, scadere, memorare si afisare sunt coordonate in mod sincron si coerent de baza de timp **9** prin secvente de impulsuri corespunzatoare.

Eroarea relativa de masurare este data de relatia:

$$\varepsilon = \frac{T - T_M}{T} = \pm \frac{1}{N} \frac{\tau}{T} = \pm \frac{m \sigma}{N T}$$

unde factorul m depinde de raportul semnal / zgomot prin eroarea medie de durata τ .

Revendicari

1. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic **caracterizat prin aceea ca** pentru masurarea campului magnetic foloseste determinarea perioadei precesiei nucleare libere.
2. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic conform revendicarii **1 caracterizat prin aceea ca** pentru marirea preciziei de masurare a intensitatii campului magnetic precum si a reducerii erorii de masurare pe durata unui ciclu de masurare se determina perioada precesiei nucleare libere folosind o baza de timp cu frecventa ridicata.
3. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic conform revendicarilor **1 si 2 caracterizat prin aceea ca** frecventa de acord a bobinei de semnal este modificata printr-o bucla de reactie in functie de intensitatea campului magnetic masurat.
4. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic conform revendicarii **3 caracterizat prin aceea ca** acordarea bobinei de semnal pe frecventa de precesie nucleara se obtine prin comutarea unor capacitati in functie de intensitatea campului.
5. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic conform revendicarilor **1 si 2 caracterizat prin aceea ca** in scopul determinarii valorii medii a perioadei pentru un ciclu de masurare, si a erorii de masurare semnalul de precesie nucleara este prelucrat in doua registre digitale de numarare **10 si 11** si doua divizoare digitale **12 si 13**.
6. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic conform revendicarilor **1 si 2 caracterizat prin aceea ca** pentru determinarea erorii de masurare a perioadei de precesie foloseste un registru de numarare inainte - inapoi **11** si un divizor digital.
7. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic conform revendicarilor **1, 2, 5 si 6 caracterizat prin aceea ca** valoarea medie a perioadei cu probabilitatea cea mai mare de a fi apropiata de valoarea adevarata este obtinuta prin scaderea erorii medii determinata de zgomot din valoarea medie a perioadei, pentru fiecare ciclu de masurare.
8. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic **caracterizat prin aceea ca** baza de timp **9** genereaza semnale de comanda a curentului prin bobina in scopul polarizarii, comutarea periodica a bobinei la circuitul de polarizare si circuitul de prelucrare a semnalului, comutarea condensatorilor de acord precum si semnalele de sincronizare a tuturor etajelor digitale.
9. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic **caracterizat prin aceea ca** masuratoarea campului magnetic este insotita de marimea erorii respectivei masuratori.
10. Magnetometru cu precesie nucleara libera si metoda de masurare a intensitatii campului magnetic **caracterizat prin aceea ca** valorile corespunzatoare intensitatii campului si a erorii de masurare sunt memorate intr-un etaj **16** folosit si pentru afisarea rezultatelor corelat cu momentul temporal.

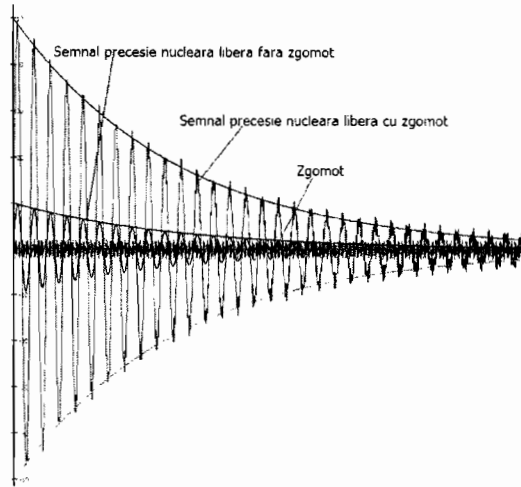


Figura 1 - Semnalul de precesie nucleara si semnalul de zgomot

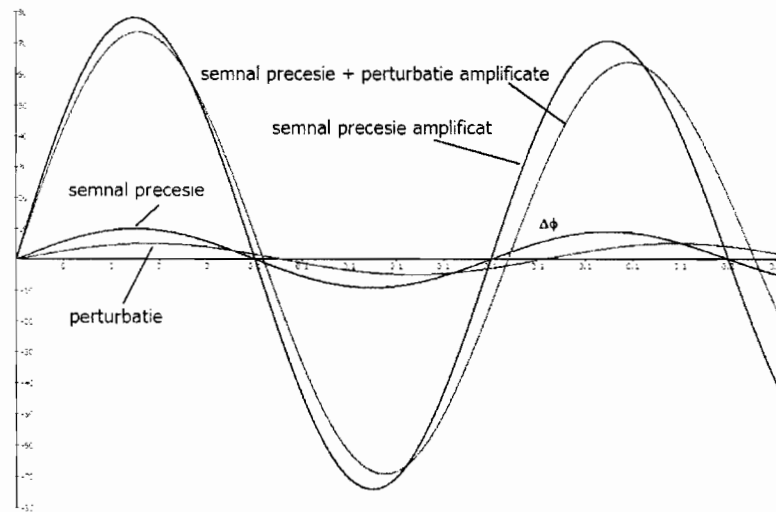


Figura 2 – Modificarea perioadei semnalului complex datorita unui semnalul perturbator

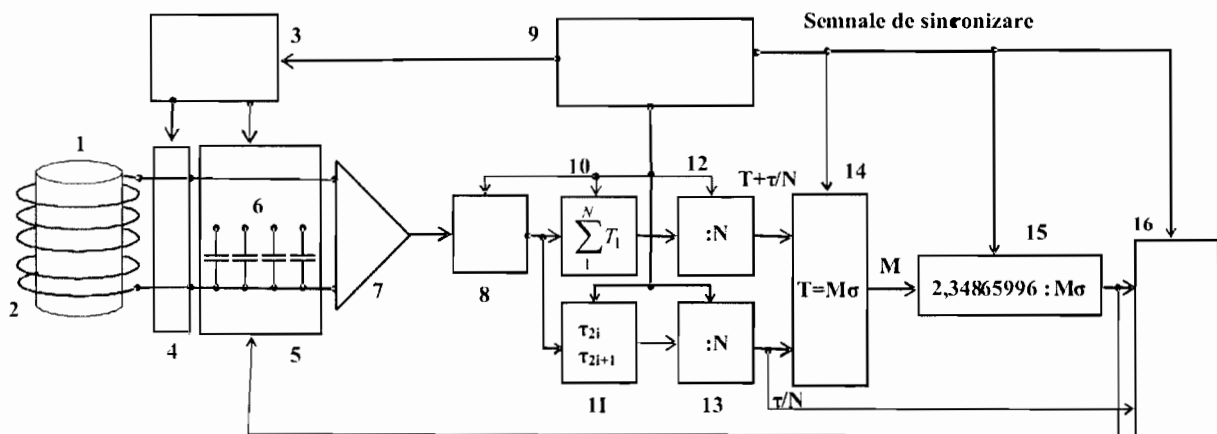


Figura 3 – Schema bloc a magnetometrului protonic

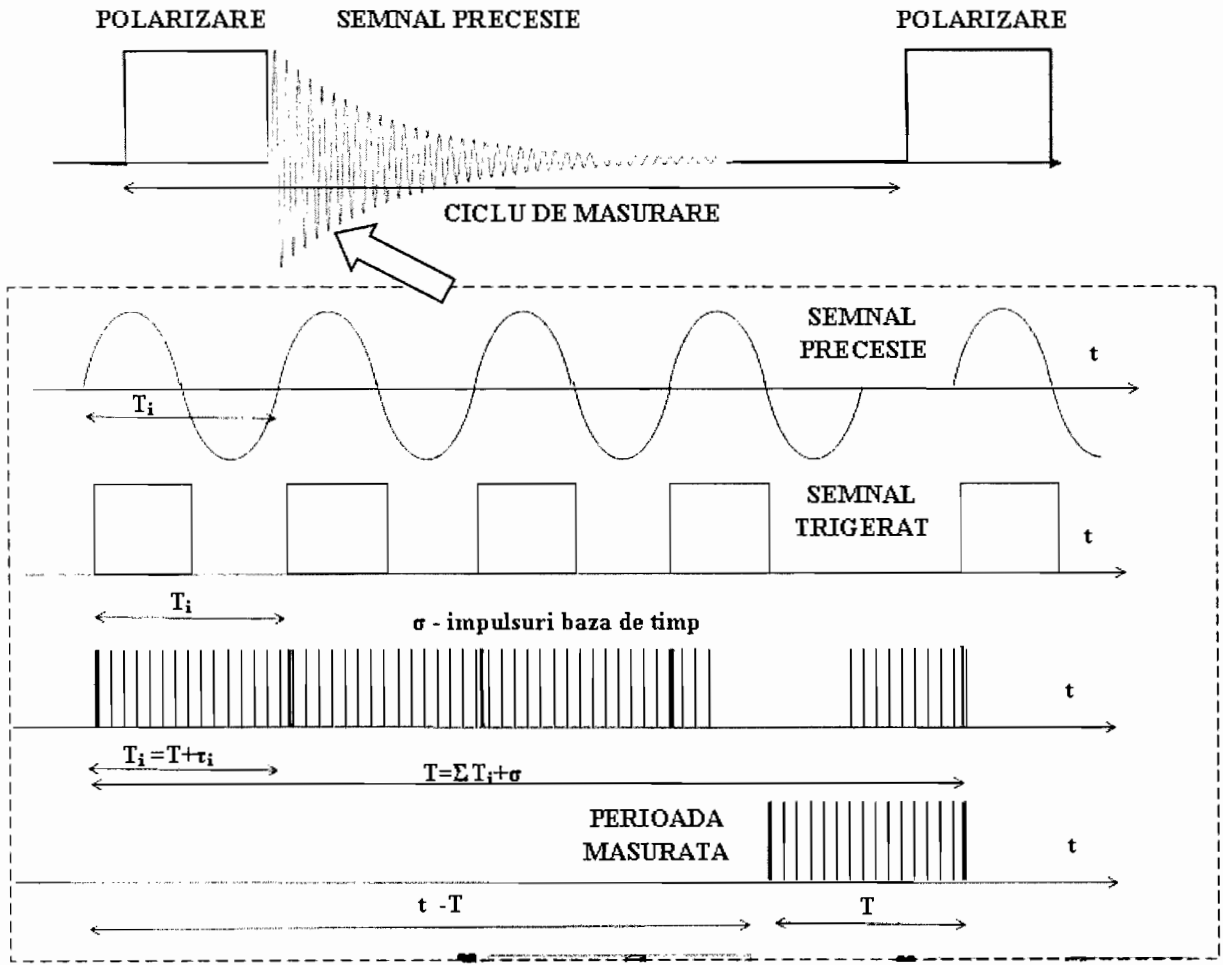


Figura 4 – Diagrama temporală a semnalelor