



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00113**

(22) Data de depozit: **11.02.2010**

(41) Data publicării cererii:
30.09.2011 BOPI nr. 9/2011

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
-DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE-INCDTIM,
STR. DONATH NR.65-103, POB 700,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:
• **SURDUCAN VASILE, STR.NUCULUI
NR. 8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **SURDUCAN EMANOIL,
STR. GHEORGHE DIMA NR. 10, AP. 19,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **NEAMȚU CAMELIA, ALEEA IEZER NR.1,
BL. L 5, SC.5, ET.4, AP.49, CLUJ NAPOCA,
CJ, RO**

(54) **MODUL DE COMANDĂ PENTRU ACȚIONAREA
GENERATOARELOR DE MICROUNDĂ ÎN APARATURĂ
MEDICALĂ ȘI DE LABORATOR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un modul de comandă pentru acționarea generatoarelor de microunde, cu utilizare în aparatura medicală de tratament, pentru aplicații de diatermie și hipertermie. Modulul de comandă, conform invenției, este alcătuit dintr-un microsistem (1) programabil, bazat pe un microcontroler, ce este comandat prin intermediul unor taste (3) funcționale, a căror funcție (F1, F2, F3 și F4) este vizibilă pe un afișaj LCD (2), un encoder (4) optic sau analogic, pentru introducerea unor variabile de proces în corelație cu parametrii procesului, programați din tastele (3) funcționale, o memorie externă (24) de tip SD card, ce stochează date despre un pacient și/sau procesul ce are loc, pacientul având acces în timpul tratamentului la un buton (5) de oprire de urgență, a cărei acționare poate fi urmărită de un operator prin intermediul unei semnalizări (6) luminoase de urgență, microsistemul (1) comunică cu un calculator (8) ce preia, prin intermediul unei interfețe (7) izolate galvanic, informații despre procesul în desfășurare. Generatoarele de microunde sunt comandate după cum urmează: cele cu semiconductoare sunt comandate prin intermediul unor convertoare (9, 10 și 11, 12) digital analogice, ce realizează comanda fazei semnalului și, respectiv, comanda amplitudinii semnalului, cele cu magnetron alimentat prin transformator sunt comandate prin relee (19) statice cu semiconductori, folosind un circuit de sincronizare (17) și un multiplexor (18), iar cele cu magnetron, cu alimentare prin inverter, sunt comandate printr-un circuit (20) de forță. Temperatura necesară tipului de

tratament este măsurată cu niște senzori de temperatură (16) ce comunică cu microsistemul (1) printr-o interfață (15), modulul de comandă fiind prevăzut și cu un bloc de comunicație (22) cu un alt modul de comandă (23).

Revendicări: 10
Figuri: 4

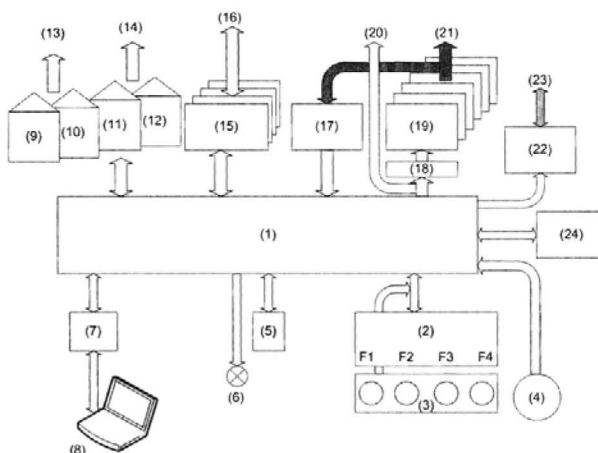
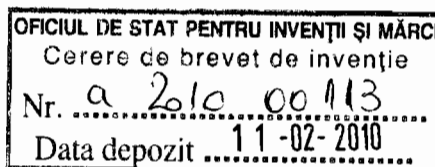


Fig. 1

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).



Descrierea inventiei



a) Titlu:

MODUL DE COMANDA PENTRU ACTIONAREA GENERATOARELOR DE MICROUNDE IN APARATURA MEDICALA SI DE LABORATOR

b) Precizarea domeniului tehnic in care poate fi folosita inventia;

Prezenta inventie se refera la un modul de comanda embedded (ce incorporeaza circuite electronice programabile) destinat comenzii generatoarelor de microunde de mica si medie putere cu utilizare in aparatura medicala de tratament pentru aplicatii de diatermie si hipertermie. Alte aplicatii posibile sunt: aparatura de laborator pentru extractie si sinteza in camp de microunde, aparatura industriala de uscare in camp de microunde, aparatura pentru cercetare ce necesita generarea de camp electromagnetic de putere in domeniul microundelor si aplicarea lui in configuratii dedicate.

Modulul de comanda permite controlul energiei radiatiei de microunde, al puterii radiatiei de microunde, modulatia undei si fazarea a doua sau mai multe generatoare specifice in vederea focalizarii undei, precum si controlul temperaturii corpului incalzit.

c) Indicarea stadiului anterior al tehnicii si indicarea documentelor care stau la baza acestuia;

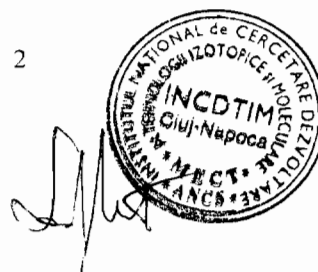
Modulul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde in aparatura medicala si de laborator prezentat in inventia de fata, este o dezvoltare a sistemului de comanda cu microcontroler din [2]. In general, modalitatea de comanda a generatoarelor de microunde aferente aparaturii medicale de hipertermie sau diatermie este doar partial dezvaluita prin brevete de inventie care revendica aparatul ca intreg sau principiul de functionare si metoda aplicata. Astfel in [5] este prezentat un modul de comanda alcatuit din circuite logice care actioneaza asupra circuitului de forta prin relee astfel incat energia de microunde din generator este aplicata pacientului prin succesiuni de pulsuri intermitente sau continue. Din [5] rezulta ca modulatia variabila a impulsurilor nu este posibila. Brevetele de inventie [6] respectiv [7] prezinta o solutie de comanda a



generatoarelor de microunde pentru hipertermie focalizata ce utilizeaza un calculator personal. Aplicarea acestei solutii in aparatura medicala standardizata implica respectarea unor norme de electrosecuritate care complica realizarea si creste pretul de cost al echipamentului. In [8] autorul comanda generatorul RF cu un calculator ce realizeaza inclusiv functia de preluare de imagine a tesutului aflat sub tratament, respectiv de masura a temperaturii acesteia. Un sistem pentru hipertermie zonala este prezentat si in [9], avand o comanda continua a generatorului de microunde de 1.2KW de catre sistemul de control bazat pe calculator si display. Aparatele de hipertermie prevazute cu aplicatoare interstittiale [10] necesita un control in timp real al procesului si controlul puterii generatorului de microunde, respectiv controlul actionarii unui termostat si a unei pompe auxiliare care regleaza temperatura tesutului in zona aplicatorului. Utilizarea hipertermiei impreuna cu tomografia RMN are avantajul obtinerii unei imagini in timp real a organului incalzit si evaluarea temperaturii acestuia, respectiv a efectului terapiei. Metoda prezentata in [11] utilizeaza un calculator pentru interfatarea cu generatorul de microunde si cu calculatorul MRI. Realizatorul brevetului [12] utilizeaza o unitate de control ce permite comanda mai multor magnetroane, fiecare cu sursa proprie, respectiv a mai multor circuite de racire, astfel incat sa poata avea loc tratamentul simultan al mai multor pacienti. Ideea brevetata in [13] utilizeaza o unitate centrala pentru controlul temperaturii tesutului, (masurarea temperaturii are loc cu un radiometru), prin controlul amplitudinii campului aplicatoarelor si comanda generatorului de microunde. Solutia de comanda din [14] prezinta de fapt un calculator de tip PC utilizat ca si calculator de proces ce comunica cu interfetele de comanda si generatorul de ultrasunete pentru hipertermie printr-o interfata seriala.

d) Expunerea inventiei in termeni care sa permita intelegerea problemei tehnice si a solutiei asa cum este revendicata precum si avantajele inventiei in raport cu stadiul anterior al tehnicii;

Procedeele medicale de tratament prin incalzirea corpului viu (numit si biomasa) la care se refera inventia de fata se clasifica in functie de temperatura T atinsa de tesut in: diatermie pentru $T < 41.5C$ respectiv hipertermie pentru $41.5 < T < 45C$. Diatermia si



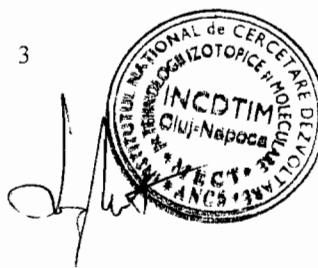
hipertermia se obtin prin expunerea controlata a biomasei intr-un camp de microunde de putere.

Modulul de comanda descris in prezenta inventie permite realizarea intr-o forma simplificata a unui aparat pentru diatermie sau hipertermie in camp de microunde, utilizand efectul combinat (termic si nontermic) al radiatiei modulate de microunde de putere. Efectul termic este exploatat prin posibilitatea comenzii focalizate a doua sau mai multor generatoare de microunde, iar cel nontermic prin modulatia generatoarelor de microunde cu impulsuri si obtinerea unor armonici superioare cu puteri reduse si efecte biostimulatoare asupra organismului. Modulul de comanda descris depaseste granita de utilizare din domeniul medical, fiind utilizabil si pentru realizarea aparaturii de laborator ce utilizeaza campul electromagnetic de microunde pentru digestie, extractie de principii biologice active sau alte tipuri de activitati de cercetare. Avantajul evident al modulului de comanda este acela ca poate comanda atat generatoare de microunde de putere ce contin magnetron de 500-1200W, cat si generatoare de microunde semiconductoare cu puteri de 60-200W utilizabile in tratamente medicale minim invazive ce utilizeaza aplicatoare interstitiale.

Avantajul in raport cu stadiul actual al tehnicii este acela ca acelasi modul de comanda permite actionarea unuia sau mai multor generatoare de microunde cu magnetron, a unuia sau mai multor generatoare de microunde cu semiconductoare, modulatia in impulsuri a radiatiei cu frecvente specifice tratamentului, fazarea si controlul puterii generatoarelor comandate, cat si masurarea si controlul temperaturii probei sau tesutului sau corpului tratat.

Sunt revendicate:

- faptul ca modulul permite controlul modulat al generatorului de microunde cu frecvente specifice naturii tratamentului,
- capacitatea de fazare a radiatiei de microunde provenite din minim doua generatoare comandate,
- faptul ca modulul poate comanda atat generatoare cu magnetron cat si cele cu semiconductoare,
- capacitatea de interfatare cu un echipament de calcul extern, dar care nu conditioneaza functionarea modulului,
- posibilitatea modulului de a actiona un element de executie alcatuit din mai multe releu statice cu semiconductoare



- posibilitatea modulului de a actiona un element de executie cu un semnal de tip proportional,
- faptul ca poate regla puterea si energia radiatiei electromagnetice de microunde,
- capacitatea de a permite oprirea de urgenta a radiatiei ca urmare a unui feedback furnizat de pacient,
- capacitatea de masurare a temperaturii pacientului (sau probei) supus iradierii,
- capacitatea de reglare precisa a temperaturii pacientului (sau probei) supus iradierii.

e) Prezentarea pe scurt a desenelor explicative

Figura 1. prezinta schema bloc a modulului de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde in aparatura medicala si de laborator.

Un microsystem programabil (1) bazat pe microcontroler este comandat prin intermediul unor taste functionale (3) a caror functie F1, F2, F3, F4 este vizibila pe un afisaj LCD grafic sau alfanumeric (2). Variabilele numerice cerute de proces pot fi introduse prin intermediul unui encoder optic sau analogic (4) in corelatie cu parametrii procesului programati din tastele functionale (3). O memorie externa de tip SD card (24) stocheaza datele esentiale ale pacientului si/sau procesului ce are loc. Pacientul are acces in timpul tratamentului la un buton de oprire de urgenta (5) a carui actiune poate fi urmarita de operator prin intermediul semnalizarii luminoase de urgenta (6). Microsystemul (1) comunica cu un calculator (8) ce preia in timp real sau la incheierea procesului, prin intermediul unei interfete izolate galvanic (7), informatii esentiale despre procesul desfasurat. Generatoarele de microunde cu semiconductoare sunt comandate prin intermediul convertoarelor digital analogice (9,10) ce realizeaza comanda fazei (13) semnalului, respectiv convertoarele digital analogice (11,12) ce comanda amplitudinea (14) semnalului. Generatorul de microunde cu magnetron alimentat prin transformator este comandat prin releele statice cu semiconductori (19), sincronizarea comenzii acestora cu reseaua avand loc prin intermediul circuitului de sincronizare (17). Generatorul de microunde cu magnetron, cu alimentare prin invertor, este comandat prin circuitul (20). Atat releele statice (19) cat si circuitul de sincronizare (17) sunt izolate galvanic de circuitul de forta (20). Un multiplexor (18) asigura conditiile initiale de demarare a releelor statice, la aparitia tensiunii de alimentare. Temperatura corpului/probei/pacientului este masurata cu senzorii de temperatura (16) adecvati

tipului de tratament, conectati prin interfata senzorilor de temperatura (15). Un bloc auxiliar de comunicatie (22) asigura comunicatia (23) cu un alt modul de comanda programabil de tip sclav necesar in tratamentele medicale de diatermie sau hipertermie, respectiv in aparatura destinata cercetarii.

Figura 2 prezinta modul de utilizare al modulului (100) intr-o aplicatie medicala de diatermie. Generatorul de microunde (108) cu magnetron (104) este alimentat de la retea de tensiune alternativa (101) prin intermediul unui filtru (102). Invertorul (103) este comandat de catre modulul de comanda (100) prin interfata acestuia de comanda si control (20). Radiatia de microunde este aplicata tesutului biologic (106) prin aplicatorul coaxial (105). Un senzor de temperatura (107) masoara in timp real temperatura tesutului (106), mentinand temperatura acestuia la valoarea prestabilita in program conform tipului de tratament.

Figura 3 prezinta modul de utilizare al modulului (100) intr-o aplicatie de laborator destinata extractiei in camp de microunde. Generatorul de microunde (109) cu magnetron (104) este alimentat de la retea de tensiune alternativa (101) printr-un filtru (102). Blocul transformator, redresor si filtru (110) asigura tensiunea optima de functionare a magnetronului (104), fiind comandat prin ansamblul de relee statice semiconductoare (19). Radiatia de microunde provenita din aplicatorul coaxial (105) incalzeste proba (111) conform parametrilor de proces stabiliti astfel incat temperatura masurata de catre senzorul infraros (112) este mentinuta conform parametrilor programati.

Figura 4 prezinta modul de utilizare al modulului (100) intr-o aplicatie medicala de hipertermie zonala. Doua generatoare de microunde (121) realizate cu semiconductoare sunt alimentate de la retea de alimentare (101) prin intermediul unor filtre de retea (102) ce alimenteaza transformatoare izolatoare (113). Tensiunea provenita din transformatoare este redresata, filtrata si stabilizata de catre sursele de alimentare (114), alimentand oscilatoarele controlate in tensiune (115), defazoarele programabile (116) si amplificatoarele de putere (117). Radiatia de microunde este aplicata biomasei (119) prin intermediul aplicatoarelor microstrip (118). Modulul de comanda (100) controleaza faza semnalului celor doua generatoare (121) prin intermediul

convertoarelor digital analogice (9, 10). Amplitudinea campului de microunde generat este controlata prin intermediul convertoarelor digital analogice (11,12). Variatia temperaturii biomasei este monitorizata cu radiometrul (120).

f) Expunerea detaliata a inventiei pentru care se solicita protectia

Prezenta inventie descrie un modul inteligent de comanda pentru actionarea si controlul generatoarelor de microunde de putere, cu utilizare principala in aparatura medicala, respectiv de laborator dar si industriala. Microundele sunt radiatie electromagnetica cu frecventa cuprinsa intre 300MHz si 300GHz. Acestea produc la nivelul tesutului efecte termice si nontermice in functie de puterea radiatiei, durata de expunere a tesutului, frecventa si tipul de modulatie al undei electromagnetice, cat si de caracteristicile locale proprii tesutului. Efectele termice rezultate in cazul procedurilor diatermice sunt predominant analgezice, prin cresterea fluxului sangvin in zona iradiata [1], [4]. Efectele termice produse de procedurile hipertermice au capacitatea de a distruge tesuturile canceroase situate la adancimi comparabile cu adancimea de patrundere a undei electromagnetice, bazandu-se pe observatia ca pot fi distruse selectiv la temperaturi mai mici cu 0.5-1C decat tesuturile sanatoase din vecinatate [3]. Adancimea de patrundere depinde de frecventa undei si de conformatia locala a biomasei (grosimea straturilor din care aceasta este alcatuita: tegument, tesut adipos, tesut muscular sau organe). Scopul principal al unui aparat medical pentru hipertermie este sa controleze exact adancimea de patrundere, distributia si valoarea temperaturii tesutului supus tratamentului medical astfel incat sa nu cauzeze leziuni ale tesutului sanatos dar sa distruga tesutul canceros. In timp ce mecanismul distrugerii celulare prin incalzire (efectul termic al radiatiei electromagnetice de putere) este cvasicunoscut, efectul nontermic al microundelor (generat de actiunea radiatiei de microunde la puteri mici) este necunoscut. Aparatura medicala de hipertermie este complexa, necesitand sisteme de calcul laborioase pentru focalizarea undei si pentru masurarea temperaturii tesutului biologic la adancimea de interes.

Modulul de comanda se compune conform (fig.1) dintr-un microsistem programabil (1) si o serie de elemente periferice. Programarea microsistemului se refera la faptul ca functioneaza pe baza unui firmware (deci poate fi reconfigurat de catre producator ori de cate ori este necesar, pe intreaga durata de viata a produsului) si la capacitatea

acestui de a putea fi actionat de un operator prin intermediul unui encoder (4) si a unor taste functionale (3) a caror functie F1, F2, F3, F4 este precizata in fiecare etapa a functionarii pe un afisaj LCD (2) alfanumeric sau grafic. Operatorul programeaza variabilele din procesul de tratament in corelatie cu parametrii procesului, acestea odata programate fiind memorate in memoria nevolatila a microsistemului (microcontrolerului). O memorie flash de tip SD card (24) poate stoca un volum mare de informatii ce se pot referi la datele pacientului, procedeul de tratament sau variatia unor marimi urmarite in timpul procesului pe o perioada de timp egala cu durata de desfasurare a tratamentului. Pentru tratamentele medicale de diatermie sau hipertermie, pacientul are acces la un buton de panica (5) care atentioneaza operatorul aparatului asupra unei senzatii de disconfort generata de aparitia punctelor cu temperatura ridicata. Atentionarea are loc prin intermediul unei semnalizari luminoase (6) si acustice conform ISO60601-1. Operatorul decide asupra modului in care va decurge tratamentul dupa aparitia semnalului de atentionare. Modulul are posibilitatea de a comunica cu un calculator personal prin intermediul unei interfete USB (7) izolate galvanic, respectiv capacitatea de a comunica printr-o interfata de comunicatie (22) cu un modul programabil sclav (23) utilizat pentru realizarea unor procese ajutatoare. Comanda generatoarelor de microunde de putere cu semiconductoare se realizeaza prin intermediul convertoarelor digital analogice (9,10) pentru controlul fazei, respectiv prin convertoarele digital analogice (11,12) pentru controlul amplitudinii. Pentru simplificarea descrierii s-a considerat ca modulul comanda doar doua generatoare de microunde cu semiconductoare (fig.4), dar este evident ca este posibila cresterea numarului de generatoare prin multiplicarea corespunzatoare a convertoarelor digital analogice (9, 10,11,12) ce impart acelasi bus de comanda. Generatoarele de microunde a caror functionare este bazata pe utilizarea unui magnetron alimentat din transformator sunt comandate prin intermediul unor relee semiconductoare statice (19). Comanda acestor relee provine dintr-un multiplexor (18) cu rol esential la punerea sub tensiune a modulului. Sincronizarea actionarii releelor statice in functie de parametrii retelei electrice este realizata de blocul de sincronizare (17). Comanda generatoarelor cu microunde echipate cu magnetron alimentat prin intermediul unui invertor are loc prin circuitul de comanda si control (20). Un numar de senzori de temperatura (16) pot fi conectati la microsistem (1) prin intermediul unei interfete (15). Senzorii pot fi cu contact

direct cu mediul de masura (107, fig.2) sau fara contact, de tip infrarosu (113, fig.3) sau radiometric (120, fig.4).

Figurile 2, 3 si 4 reprezinta trei exemple diferite de aplicare a inventiei.

In fig.2 este prezentat un aparat medical de diatermie cu controlul temperaturii tesutului (106) in timp real prin intermediul unui senzor de temperatura cu contact direct (107). Generatorul de microunde (108) utilizeaza un magnetron (104) alimentat prin intermediul unui invertor (103). Operatorul programeaza modulul de comanda (100) pentru obtinerea temperaturii ce asigura efectul fiziologic scontat, durata de tratament corespunzatoare si puterea radiatiei de microunde rezultata din durata impulsurilor modulatorie. Bucla de reglaj actioneaza asupra duratei impulsurilor modulatorie (20) pentru a mentine temperatura masurata de senzor (107) la valoarea programata.

In fig.3 este prezentat un exemplu de realizare a unui aparat de laborator pentru extractie in camp de microunde ce utilizeaza un magnetron (104) alimentat dintr-un transformator (110) a carui tensiune de iesire este programata din modulul de comanda (100) utilizand relee statice semiconductoare (19). Aceasta configuratie [2] permite atat controlul puterii, controlul modulatiei prin modificarea duratei impulsurilor, cat si controlul energiei de microunde in proba (111). Temperatura probei este vizata cu un senzor infrarosu (112) fara contact direct cu proba.

Aparatul de hipertermie zonala prezentat in (fig.4) utilizeaza facilitatea modulului de comanda (100) de a controla doua generatoare de microunde cu semiconductoare (121) compuse fiecare dintr-un oscilator controlat in tensiune (115) pe frecventa ISM (Industrial Scientific Medical) de interes, defazoare programabile (116) si amplificatoare RF de putere (117). Atat defazoarele cat si amplificatoarele de putere necesita semnale analogice pentru controlul fazei, respectiv al amplitudinii radiatiei de microunde obtinute la nivelul aplicatoarelor (118). Aceste semnale se obtin prin conversie digital analogica (9,10, 11,12) utilizand convertoare conectate pe acelasi bus de comanda. Temperatura biomasei (119) este monitorizata prin intermediul unui radiometru (120) care masoara variatia de temperatura in volumul biomasei. Focalizarea radiatiei provenite din cele doua generatoare duce la cresterea temperaturii intr-o anumita portiune a biomasei, acolo unde este localizata tumora ce necesita procedura hipertermica.

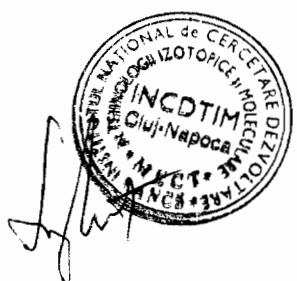
11-02-2010

Revendicari

1. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde **caracterizat prin aceea ca** permite controlul modulat al generatorului de microunde cu frecvente specifice naturii tratamentului.
2. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde **caracterizat prin aceea ca** permite fazarea radiatiei de microunde provenite din generatoarele comandate.
3. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde **caracterizat prin aceea ca** poate comanda generatoare de microunde cu magnetron cu functionare in unda continua sau generatoare de microunde cu semiconductoare.
4. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1,2 si 3, **caracterizat prin aceea ca** poate fi interfatat cu un echipament de calcul extern printr-o interfata optoizolata.
5. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1, 3 si 4, **caracterizat prin aceea ca** permite actionarea unui element de executie alcatuit dintr-un numar de relee statice semiconductoare (solid state relay SSR).
6. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1,4 si 5, **caracterizat prin aceea ca** semnalul destinat actionarii este de tip proportional.
7. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1,2,3,4, 5 si 6 **caracterizat prin aceea ca** poate controla puterea si energia unei radiatii electromagnetice de microunde.
8. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1,2,3 si 4, **caracterizat prin aceea ca** permite oprirea de urgenta a generatorului ca urmare a unei comenzi furnizate de pacientul asupra caruia actioneaza radiatia de microunde.
9. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1,2,3 si 4, **caracterizat prin aceea ca** permite masurarea temperaturii corpului, probei, pacientului asupra caruia actioneaza radiatia de microunde utilizand metoda adecvata tratamentului in cauza.



10. Modul de comanda pentru actionarea generatoarelor de microunde conform cu revendicarile 1,2,3,4 si 7, **caracterizat prin aceea ca** permite reglarea precisa a temperaturii corpului, probei, pacientului asupra caruia actioneaza radiatia de microunde.



Desene explicative

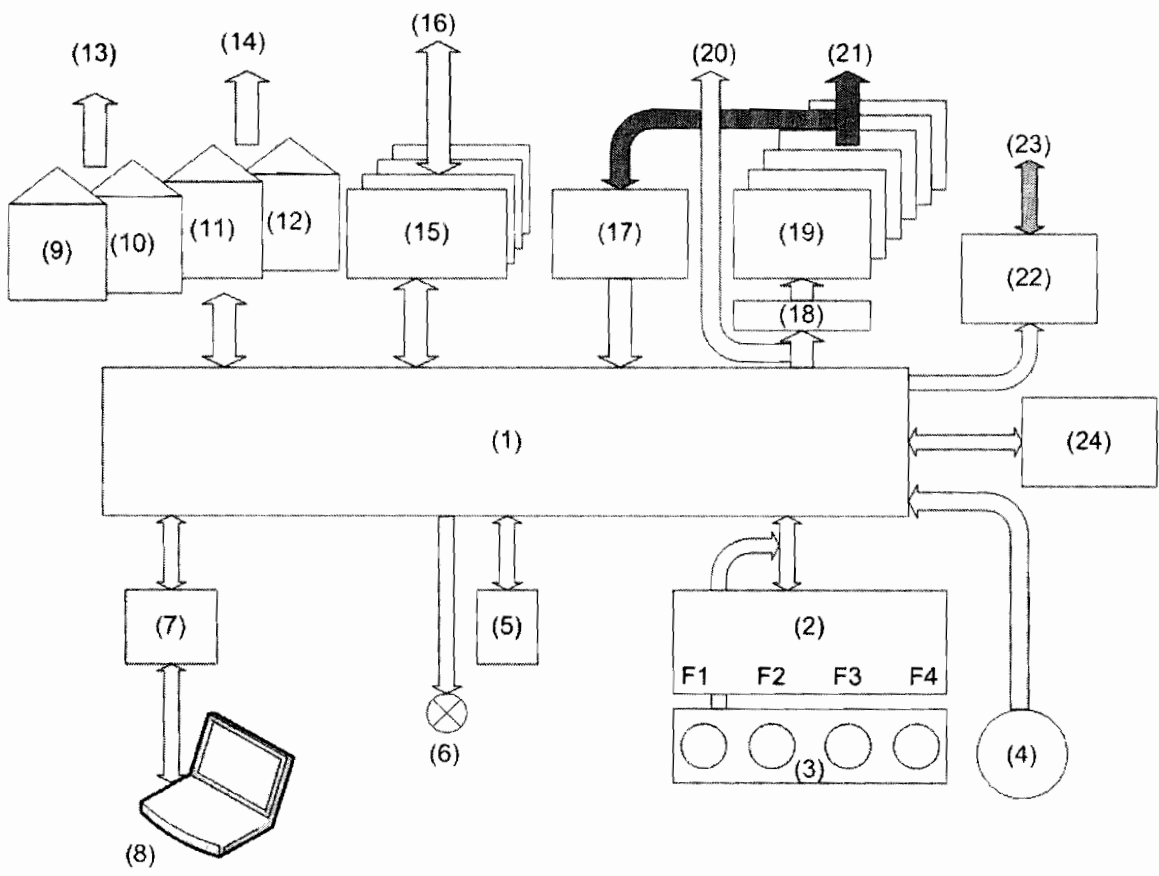


Figura 1

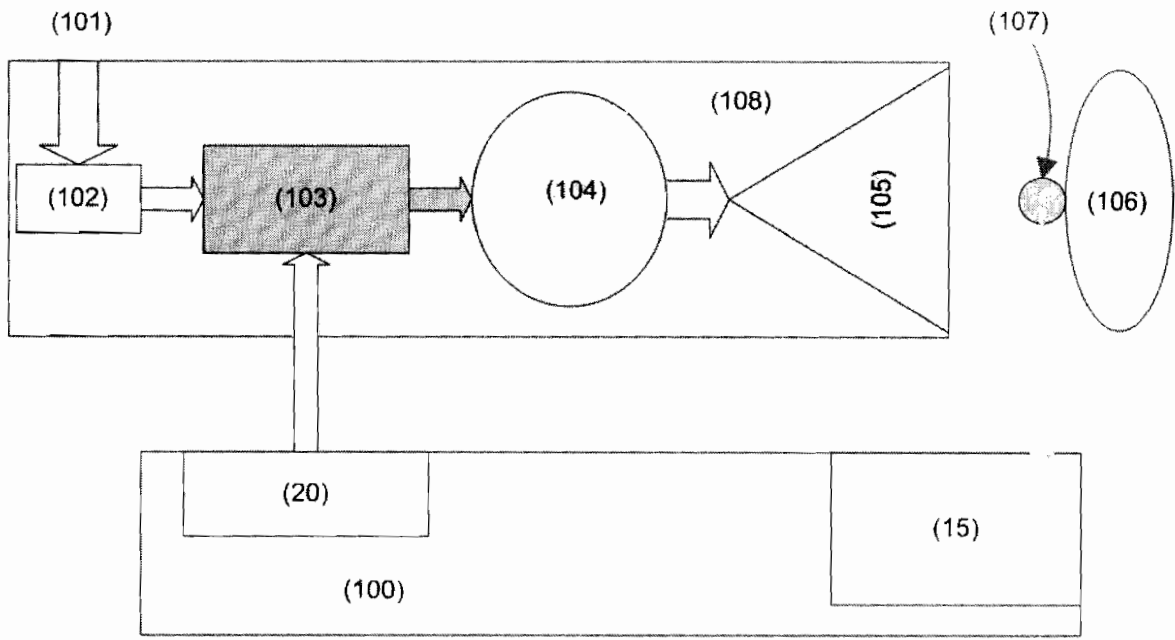


Figura 2



