

## MODUL DE DIRIJARE A PUTERII OPTICE A DIODELOR LASER

Gritco Andrei, Zavrajnii Serghei, Tiron Iurie, Nica Iurie  
Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu”  
*tehmed@iieti.asm.md*

**Abstract.** *This article describes the optical power control module, of laser diodes, which is included in the therapy installation using local hyperthermia. The function of this module is to produce and maintain, during the entire duration of the therapy procedure, the stable optical power, which has an enormous significance in efficiency of therapy using local hyperthermia.*

*Also the module obligations are: monitoring the laser diodes performance, which also plays an important role in proper functioning of the entire system. This module can serve up to four laser diodes simultaneously, is equipped with RS232 serial interface, necessary to control module via computer. For this purpose, was prepared a computer program that allows the operator to install optical power level for each of the four laser diodes and to monitor laser diodes efficiency.*

*The main element of this module is the microcontroller ATmega16, equipped with a periphery, corresponding the requirements of given module*

**Cuvinte – cheie :** *hypertermie, dioda laser, terapie, putere optica.*

### I. Introducere

Principiul hypertermiei locale consta in crearea in interiorul corpului uman, la o adincime oarecare a unei temperaturi (precise) necesare pentru a distruge țesuturile tumorii (~ 43.5°C), surplusul sau insuficienta de temperatura poate si mai tare agrava situația.

In acest proiect, ca concept primordial, a fost elaborarea dispozitivului ce ar permite terapia cancerului, bolilor infectioase cu ajutorul radiației infrarosii de energii mari, care practic nu are efecte nocive asupra omului in comparatie cu terapia traditionala cu raze roentgen (dupa care pacientul trece un curs de reabilitare). Un alt avantaj este ca dispozitivul nu are necesitate intr-o incapere specializata (pereti de beton, haine speciale, dozimetre) si poate fi usor deplasat dintr-un loc in altul (este destul de mobil). De asemenea constructia dispozitivului a fost conceputa in asa fel ca fiecare modul al lui in caz de deteriorare sa fie schimbat in scurta durata si fara mari cheltuieli.

Instalatia este dotata cu un set de diode laser de putere optica inalta (putere maximala ~ 4W), pe baza heterojunctiunilor InAlGaAs, cu lungimea de unda a radiației emise de 808nm. De asemenea fiecare dioda laser este dotata cu un colimator optic ce creaza un flux radiativ paralel, cu o divergenta minimala. Cu scopul de a micșora pierderile de energie in țesuturile sănătoase in timpul parcurgerii radiației prin organism si a concentra toata energia asupra tumorii, a fost conceputa divizarea fluxului necesar, in fluxuri mai mici care in suma vor avea același efect asupra tumorii. Pentru aceasta, diodele laser trebuie amplasate sub anumite unghiuri, alese de medic in dependenta de localizarea si starea tumorii (adincimea localizării, apropierea de organele vitale, doza necesara, s.a.).

De asemenea instalatia este dotata cu interfata seriala RS232 de schimb a datelor cu calculatorul. Prin intermediul acestei interfete si a programului de dirijare a instalației, are loc manipularea cu puterea optica a diodelor laser, monitorizarea cimpului termic (distribuția temperaturii in regiunea tumorii), monitorizarea eficientei diodelor laser (functioneaza diodele laser in regim normal sau incep sa degradeze). De asemenea programul inregistreaza toate variatiile cimpului termic intr-un fisier, pentru o viitoare analiza a lor.

Instalatia de terapie cu hypertermie locala poate fi divizata in urmatoarele submodule:

- modulul de monitorizare a cimpului termic (are ca functii de baza colectarea informatiei despre nivelul temperaturilor in regiunea tumorii).
- modulul de dirijare a puterii optice a diodelor laser.
- sistem de racire (functia lui este de a evacua surplusul de caldura produs in urma functionarii diodelor laser).
- bloc de alimentare a instalatiei (alimentarea cu energie electrica a tuturor submodulelor instalatiei).

Fiecare din aceste submodule indeplineste functii vitale pentru normala functionare a intregii instalatii.

## II. Descrierea modulului de dirijare a puterii optice a diodelor laser

Funcția principală a acestui modul este crearea și menținerea unui anumit nivel (instalat de operator prin intermediul calculatorului) al puterii optice a diodelor laser. Precizia nivelului instalat are o însemnătate enormă din punct de vedere a eficienței terapiei cu hypertermie locală, de aceea modulul este dotat cu bucla de monitorizare a puterii optice, care în continuu verifică satisfacerea nivelului optic real celui necesar și în cazul existenței abaterii introduce corecția necesară.

De asemenea una din funcțiile modulului este de a monitoriza eficiența diodelor laser cu scopul de a evita retrogradarea sau străpungerea termică a lor. Aceste efecte pot avea loc în cazul, în care, viteza de încălzire a diodei laser, depășește viteza de evacuare a surplusului de căldură de către sistemul de răcire, ceea ce duce la micșorarea puterii optice a fluxului radiativ emis de dioda laser. La rândul său, bucla de monitorizare a puterii optice (rolul căreia este menținerea puterii optice la un nivel constant), detectând scăderea nivelului optic, mărește intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser, cu scopul de a restabili nivelul optic la cel instalat de operator. Majorarea curentului electric, la rândul său, duce la în continuare la încălzirea diodei laser (în caz că sistemul de răcire nu reușește să evacueze surplusul de căldură) și respectiv la micșorarea randamentului diodei. O astfel de situație poate fi caracterizată ca "buclă termică".

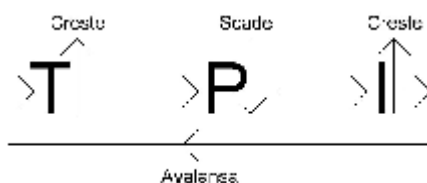


Fig.1 Buclă termică a diodei laser

Este foarte important de a evita intrarea diodei laser în "buclă termică" din mai multe considerente: în primul rând pentru a asigura eficiența terapiei, iar într-al doilea rând pentru a evita retrogradarea sau ieșirea din funcțiune a diodelor laser (destul de costisitoare). De aceea funcția de monitorizare a eficienței diodei laser (a intrat ea în buclă termică sau funcționează în regim normal) are o însemnătate mare în funcționarea normală a întregii instalații de terapie cu hypertermie locală.

$$T_D \sim A \cdot P_o \cdot \Delta t \quad (1)$$

unde:

- $A$  – parametru ce depinde de natura diodei laser
- $T_D$  – temperatura diodei laser, in intervalul de timp  $\Delta t$
- $P_o$  – puterea optica a fluxului radiativ emis de dioda laser
- $\Delta t$  – intervalul de timp, in decursul caruia dioda laser emite radiatie cu puterea optica  $P_o$

Cum reiese din relatia (1), cu cit mai inalt este nivelul puterii optice la care functioneaza dioda laser, cu atit mai scurt trebuie sa fie timpul de lucru al ei, pentru a mentine dioda la o temperatura, pe care sistemul de racire o poate deservi. Rezolvarea acestei probleme poate fi urmatoarea: dotarea ficarei diode laser cu un sistem de racire, capabil sa deserveze orice incalzire a ei, inasa un astfel de sistem este destul de costisitor. O alta metoda - utilizarea unui numar mare de diode laser, care vor avea acelasi efect termic asupra tumorii, inasa care vor functiona la un nivel al puterii optice mai scazut, ceea ce ar permite o perioada mai indelungata de functionare a diodelor laser.

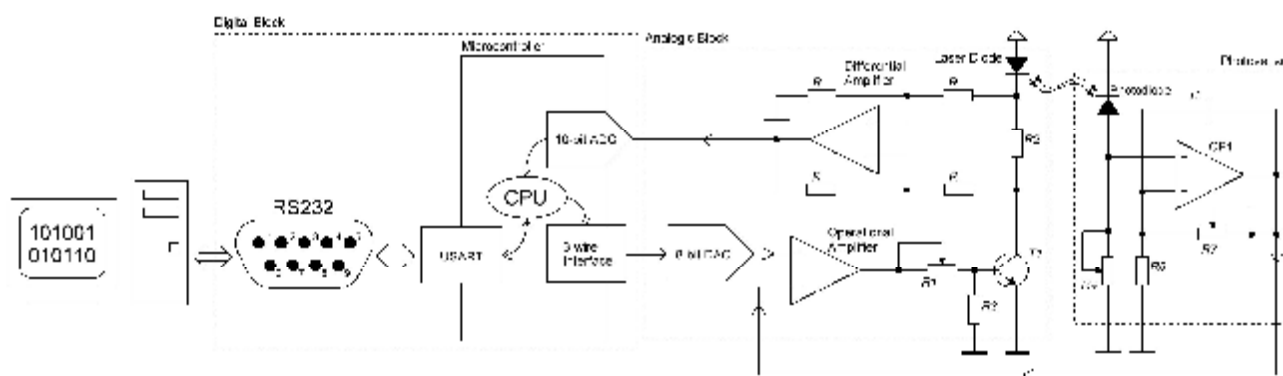


Fig.2 Schema – Bloc a modulului de dirijare a puterii optice a diodei laser

Cum se vede din fig.2, modulul poate fi divizat in trei blocuri functionale: bloc digital, bloc analogic si fotosenzorul.

Blocul digital asigura legatura intre calculator si modulul de dirijare a puterii optice, prin interfata seriala RS232. Spre modul sunt transmise date ce contin informatie despre nivelul puterii optice, adresa diodei laser, iar spre calculator sunt transmise date (colectate de la blocul analogic) ce contin informatie despre intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser (necesare pentru monitorizarea eficientei diodei laser). Soft-ul rulat pe calculator analizeaza datele receptionate si actioneaza conform rezultatelor obtinute. Datele receptionate de blocul digital (de la calculator) sunt prelucrate si transmise catre blocul analogic, prin 3-wire interface, unde vor fi convertite intr-un semnal analogic ce va dirija cu puterea optica a diodei laser.

Blocul analogic are ca functie de baza crearea si mentinerea a nivelului puterii optice introdus de operator. Nivelul puterii optice este transmis prin 3-wire interface de catre blocul digital, catre convertorul digital - analog (DAC, prezent in componenta blocului analogic). DAC-ul transforma acest semnal digital intr-un semnal analogic, care este aplicat la intrarea neinvertoare a amplificatorului operational (AO). AO, impreuna cu tranzistorul de putere T1, dirijeaza cu intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser (direct proportional cu puterea optica a radiatiei emise, vezi Fig.4). AO, in dependenta de semnalul electric receptionat la intrarea invertoare (de la fotosenzorul), mares/micsoreaza intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser, astfel actionind asupra puterii optice a radiatiei emise. Amplificatorul diferential, masoara caderea de potential pe rezistorul R2, care este direct proportionala cu intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser. Aceasta cadere de potential este aplicata la intrarea convertorului analog – digital, prezent in componenta blocului digital.

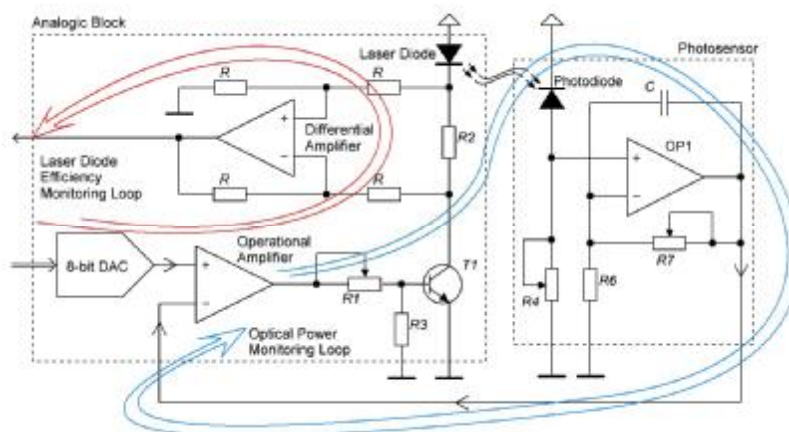


Fig.3 Bucele de monitorizare a puterii optice si a eficienței diodei laser

Asadar, blocul analogic, impreuna cu fotosensorul formeaza doua bucle de monitorizare: bucla de monitorizare a puterii optice a diodei laser si bucla de monitorizare a eficienței diodei laser.

Bucla de monitorizare a puterii optice a diodei laser in continuu urmareste nivelul puterii optice prin intermediul fotosensorului si amplificatorul operational. Din aceasta bucla mai fac parte tranzistorul de putere T1, care are functia de alimentare a diodei laser cu curent electric si insasi dioda laser, care in functie de intensitatea curentului electric ce curge prin ea, produce un flux coerent al radiatiei infrarosii cu o putere optica bine cunoscuta. Dependenta intre puterea optica a radiatiei emise si intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser este liniara si direct proportionala.

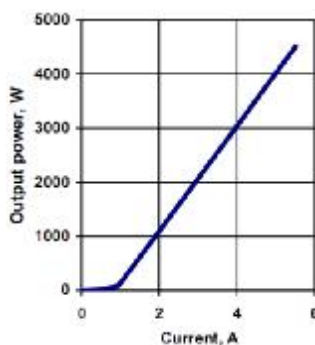


Fig.4 Dependenta puterii optice a diodei laser de intensitatea curentului electric

Bucla de monitorizare a eficienței diodei laser, cum a fost mentionat anterior, are drept scop de a evita intrarea diodei laser in "bucla termica", ce poate duce la retrogradarea sau strapungerea termica a ei. Bucla in continuu monitorizeaza intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser, prin masurarea de catre amplificatorul diferential, a caderii de potential pe rezistorul R2, care este direct proportionala cu intensitatea curentului electric ce curge prin dioda laser si respectiv cu puterea optica a acesteia. Semnalul obtinut la iesirea amplificatorului diferential este aplicat la intrarea convertorului analog – digital, prezent in componenta blocului digital. Datele binare, obtinute in urma conversiei analog – digitala a semnalului produs de amplificatorul diferential, sunt transmise prin interfata seriala RS232 in calculator, unde sunt prelucrate si afisate pe display de programul de dirijare a modului dat. Acest program in cazul detectării situației, in care dioda laser a intrat in "bucla termica", întrerupe procedura de terapie cu hipertermie locala.

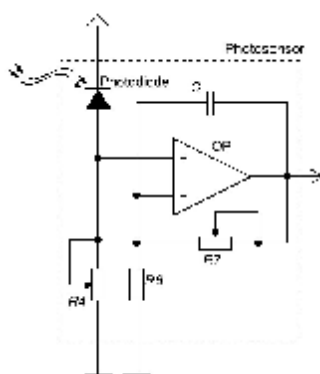


Fig.5 Schema – bloc a fotosensorului

In fig.5 este prezentata schema – bloc a fotosensorului, element de baza a modului de monitorizare a puterii optice. Functia principala a fotosensorului este monitorizarea puterii optice a diodei laser (impuna cu amplificatorul operational). Fotodiada, prezenta in componenta fotosensorului, este conectata in regim fotoconductiv, ce micsoreaza capacitatea parazita a ei si duce la cresterea sensibilitatii optice, ce in cazul dat are o importanta sporita. Cu ajutorul rezistorului  $R_4$ , de asemenea este regulata sensibilitatea fotosensorului. Semnalul produs de fotodiada si rezistorul  $R_4$  este aplicat la intrarea neinvertoare a amplificatorului operațional, prezent in componenta fotosensorului. Rezistorii  $R_6$  si  $R_7$  regulează coeficientul de amplificare a semnalului. Condensatorul C indeplineste funcția de filtru a diferitor semnale oscilatorii produse fie de capacitatea parazita a fotodiodei, fie de alte dispozitive aflate in aceeași încăpere (zgomot de rețea - 50Hz). Semnalul produs de fotosensor este aplicat la intrarea invertoare a amplificatorului operațional.

Pentru a realiza comunicarea între calculator și modulul de dirijare a puterii optice, a fost elaborat un protocol, ce împreună cu standardul RS232, asigură transmiterea datelor fără distorsiuni și pierderi. Una din funcțiile programului rulat pe calculator (în afara de transmisia și recepționarea datelor) este prelucrarea datelor recepționate, privind eficienței diodelor laser, cu o următoare afișare în mod grafic a dependenței între puterea optica și eficiența diodei laser.

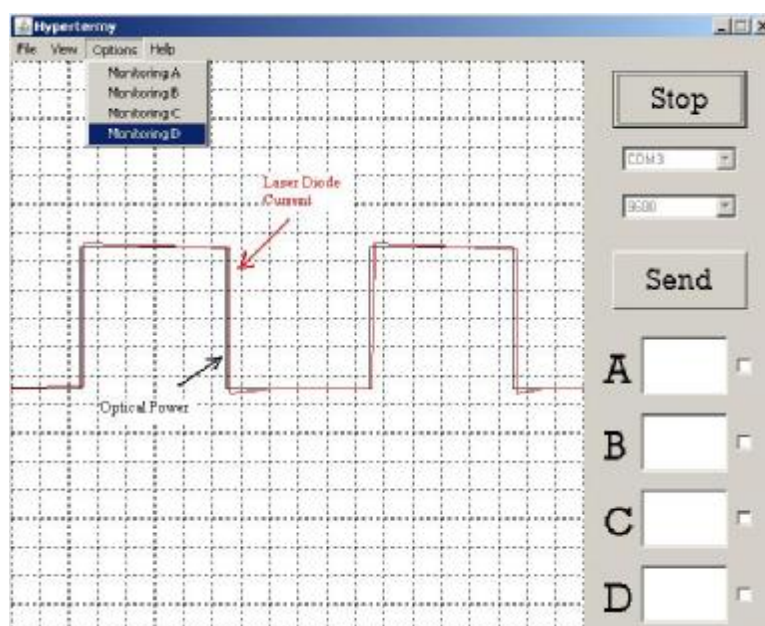


Fig. 6 Monitorizarea eficienței diodei laser

### III. Concluzii

În cadrul instalației de terapie cu hipertermie locală a fost elaborat modulul de dirijare a puterii optice a diodelor laser, capabil să monitorizeze până la patru diode laser. Funcționarea lui a fost testată în cadrul instalației, obținând ca rezultat menținerea exactă a nivelului puterii optice, responsivitate și sensibilitate înaltă (timpuri de comutare a tranzistorilor de putere relativ mici ~ 25us). Cum a fost menționat anterior, pentru a evita intrarea diodelor laser în "buclă termică" este propus dotarea lor cu sistem de răcire mai puternic și de asemenea mărirea numărului de diode laser, ce în ansamblu ar mări siguranța instalației de terapie cu hipertermie locală. De asemenea acest modul, practic fără modificări, poate fi folosit și în alte domenii unde se folosesc diode laser de putere. Prețul unui astfel de modul variază în jur de o mie dolari SUA, de aceea modulul dat poate servi drept alternativă, având parametri tehnici asemănători, însă preț mult mai mic.

**Lucrarea este executată în cadrul proiectului 11.817.05.07A finanțat de Consiliul Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică al Academiei de Științe a Republicii Moldova**

### IV. Referințe

1. А.Ю.Кузьмин, Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером, Москва, Радио и Связь, 2004.
2. J.G.Graeme, Photodiode Amplifiers: op amp solutions, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1995
3. P.Horowitz, W.Hill, The art of Electronics, Cambridge University Press, 1980