

# CUPTORUL CU MICROUNDDE

## Cuprins

- I. Principii generale asupra dispozitivelor cu microunde
  1. Consideratii teoretice privind incalzirea cu microunde
  2. Pierderile in materialele dielectrice
  3. Incalzirea volumetrica
  4. Adancimea de patrundere
- II. Generatoare de microunde
  1. Modul de propagare
  2. Functionarea magnetronului plan
  3. Functionarea magnetronului cu cavitati multiple
- III. Proiectarea generatorului cu microunde
  1. Proiectarea circuitului de iesire
  2. Proiectarea circuitului magnetic
- IV. Concluzii si schema electrica a instalatiei

## I. Principii generale asupra dispozitivelor cu microunde

Energia microundelor a fost folosita in procesele industriale de foarte multi ani. Folosirea acestora in locul surselor convetionale de caldura s-a produs datorita mai multor avantaje cum ar fi :

- incalzirea rapida in profunzime
- economisire de energie si timp si imbunatatirea calitatii

In primii ani de studii a incalzirii prin microunde aceste avantaje au fost greu de justificat in raport cu pretul scazut al incalzirii cu ajutorul derivatiilor petrolului.

Toate acestea impreuna cu reticenta multor industrii de a schimba sistemele conventionale existente dar adesea eficiente si depasite cu sisteme bazate pe microunde a dus la o crestere lenta dar foarte bine documentata a acestei tehnologii.

Cele mai mari avantaje ale energiei microundelor asupra tehnologiei convetionale au fost bine precizate de catre Parkin (1979).

- o mai eficienta uscare vis-a-vis de perioada de uscare reducand costurile de productie
- sistemul este mult mai compact decat sistemul conventional
- energia este transferata intr-un mod mult mai curat (fara poluare)
- se realizeaza afanarea materialului
- absortia energiei in mod selectiv de catre constituentii cu pierderi
- energia se disipa repede in volumul materialului

- evita uscarea excesiva
- un cost relativ scazut al intretinerii

## II. Generatoare de microunde

Magnetronul este un oscilator de putere in microunde. El lucreaza in regim de purtatoare sau impuls. In radiatie continua poate debita puteri de microunde de ordinul 20KW cu randament de 80%,iar in regim de impuls puteri de megawati, intrucat puterea de varf  $P_v$  si puterea medie  $P_m$ , corespunde raportului intre perioada de repetitie  $T$  si durata impulsului .Banda de frecvente de lucru este ingusta deoarece magnetronul utilizeaza cavitati rezonante incorporate intr-un anod metalic masiv de obicei din Cu. Intre anod si catod se aplica o tensiune continua de ordinul miilor de volti.

Datorita cavitatilor rezonante prevazute in anod, campul electromagnetic de microunde are la rezonanta intensitate mare,astfel incat in obtinerea puterii de microunde prin franarea electronilor, contribuie atat interactiunea indelungata camp electric electron, cat si intensitatea mare a campului electric. Interactiunea are loc in timp ce electronii se deplaseaza in jurul catodului, in spatiul anod-catod.

## III. Proiectarea generatorului de microunde

Magnetronul este un element esential in generarea energiei de microunde , el transformind frecventa retelei de 50 Hz in inalta frecventa 2,451GHz.Este un tub vidat de geometrie cilindrica avind 2 electrizi anod si catod.

Anodul este realizat din cupru si consta din mai multe cavitati care formeaza circuite rezonante. Una din aceste cavitati contine o antena care permite extragerea energiei si transmiterea ei in exterior.

Catodul are in general forma elicoidala este realizat din wolfram se incalzeste pana la temperatura de 2000 [K] datorita aplicarii unei tensiuni cuprinse intre 5-10 V si in plus catodul este plasat la un potential negativ de tensiune intre 6-10kV.

Aceste magnetronoane pot functiona in regim continuu sau in impulsuri dand puteri de ordinul zecilor de kw cu un randament de 70%.

Functionarea magnetronului se bazeaza pe transferul de energie pe care il realizeaza electronii in spatiul de interactiune. Electronii absorb energie de la sursa de tensiune anodica si o cedeaza prin intermediul campului electric de inalta frecventa cavitatilor rezonante.

Sub actiunea campului electric creat de tensiunea anodica si a campului magnetic creat de magnet sau electromagnet electronii se pun in miscare descriind traiectoria sub forma unor bucle succesive denumite cicloide.

$$V_0 = \frac{E_0}{B_0} \quad V=R \cdot \omega$$

Aceste ciclode sunt caracterizate printr-o viteza de translatie ,si o viteza de rotatie.

Cand viteza de transfer si cea de rotatie sunt egale inelele sunt cicloide.

Electronii care se deplaseaza in sensul liniilor de camp sunt franati si cedeaza o parte din energia lor cinetica. Electronii care se misca in sens contrar liniilor de cimp sunt accelerati si absorb energia de la campuri de inalta frecventa. Pentru ca energia cedata de electroni sa fie mai mare decat energia primita si magnetronul sa functioneze cu un randament bun trebuie ca pe o parte sa se mareasca numarul de electroni franati iar pe de alta parte sa se micsoreze numarul de electroni accelerati. In afara de aceasta este necesar ca timpul necesar in care electronii utili adica cei franati se deplaseaza de la o fanta la alta sa corespunda cu jumatate din perioada oscilatiilor de inalta frecventa, pentru ca astfel sa se gaseasca in dreptul fiecarei fante tot un camp franat . Electronii franati descriu bucle mai largi ramanand mai mult timp in spatiul de interactiune si trecand prin fata mai multor fante ei cedeaza o cantitate de energie mai mare campului.

Influenta hotaratoare asupra performantelor si asupra fiabilitatii magnetronului o are catodul datorita caracteristicii sale de emisie electronica emisie care se masoara in  $[A/cm^2]$ . In cazul magnetronului eliberarea din metal a electronilor se produce prin emisie termoelectronica pe seama energiei termice furnizata de catodul incalzit fenomen puternic dependent de temperatura si de materialul catodului.

In magnetron doar o parte a caldurii catodului se produce datorita curentului de incalzire, cealalta parte destul de insemnata provine de la electronii de faza nefavorabila a caror energie cinetica se transforma in caldura prin bombardarea regresiva ciocnind neelastice

catodul. La magnetronanele de tip radar adica acele magnetronane care functioneaza in impulsuri dupa o scurta perioada de incalzire circuitul de filament este dereglat si incalzirea este asigurata in continuare de bombardamentul electronilor de faza nefavorabila Pentru realizarea catozilor se utilizeaza sarma de wolfram toriat, timp de lucru pentru acesta este de 1900-1950[K]. Pentru wolfram toriat la temperatura de 1900[K] densitatea curentului de saturatie este de  $j_s=10[A/cm^2]$ . Temperatura de topire a Wolframului este 3370[°C]. Cresterea temperaturii de lucru asigura o crestere rapida a emisiei dar cauzeaza in mod nedorit reducerea accentuata a duratei de viata a catodului. Alegand temperaturi de lucru mai joase scaderea emisiei poate fi compensata prin marirea suprafetei de emisie deci prin marirea dimensiunilor catodului. Catozii realizati din Wolfram toriat au o emisivitate de aproximativ 1000de ori mai mare decat cei realizati Wolfram pur la aceeasi temperatura de functionare. Activarea catozilor din Wolfram toriat se face in timpul vitarii magnetronului dupa care se tin timp de ore la o temperatura de 210[K] timp in care emisia electronica creste la valoarea nominala. La o crestere a temperaturii in intervalul 2400-2500[K] corespunde o crestere de 2,6 ori a emisiei electronice in timp ce viteza de evaporare este de 5,8 mai mare. Pentru dimensionarea catozilor cu incalzire directa se recomanda pentru alegerea emisiei electronice 90% din valoarea curentului de saturatie.

Pentru determinarea dimensiunilor radiale a lamelelor se pleaca de la considerentul ca doua lamele vecine trebuie sa formeze o cavitate rezonanta asimilata din punct de vedere al repartitiei campului electromagnetic cu o linie bifilara cu dielectric vid scurtcircuitata la un capat si avand o lungime electrica  $\lambda_0/4$  numita linie rezonanta un sfert de unda lungimea reala a cavitatii corespunzatoare rezonantei numita si lungime geometrica este mult mai mica decat sfertul de unda.

#### IV. Proiectarea circuitelor de iesire

La frecventa de microunde energia electromagnetica este dirijata dintr-un loc in altul cu ajutorul cablului cu axial sau ghidurilor de unda.

Circuitul de iesire are rolul de a transfera energia de foarte inalta frecventa generata de tub circuitului de sarcina.

De exemplu pentru frecventa de 2,45 GHz domeniile pentru ghidul de unda din aluminiu sunt:  $a = 9,525$  [cm] =  $95,25 \cdot 10^{-3}$  mm,  $b = 5,461$  [cm] =  $54,61 \cdot 10^{-3}$  mm.

In punctul de utilizare energia este furnizata intr-o incinta metalica cum ar fi cea a unui cuptor. Indiferent de solutia aleasa iesirea trebuie sa asigure transformarea impedantei de sarcina la nivelul dorit in interiorul tubului; de asemenea trebuie sa fie etans la vid si sa transmita puteri generate de magnetron . Constructiv circuitul de iesire consta dintr-un conductor tip banda care la capatul interior are o bucla sau banda de cuplaj cu rezonatorul iar la capatul de iesire se conecteaza la capacelul metalic de etansare si la

un izolator cilindric dintr-un material transparent la microunde care reprezinta asa numita fereastră.

Pentru a dimensiona circuitul de iesire se porneste de la lungimea de unda a oscilatiilor emise de magnetron si de la putera acestuia.

### Proiectarea circuitului magnetic

La magnetroanele de putere mica campul magnetic este produs cu ajutorul magnetilor permanenti, iar reglajul curentului anodic se face prin variatia tensiunii anodice.

La magnetroanele de putere mare campul magnetic se realizeaza prin utilizarea electromagnetilor, iar reglarea curentului anodic se asigura prin variatia curentului electromagnetului.

Circuitul magnetic trebuie sa se caracterizeze prin greutate redusa printr-o stabilitate a valorii inductiei magnetice in interiorul magnetronului si printr-o configuratie corespunzatoare asigurarii unei functionari eficiente.

Utilizare electromagnetilor se impune si in etapa de incercare a magnetroanelor noi pentru determinarea valorilor optime ale tensiunii anodice si ale inductiei magnetice.

Tipurile noi de magnetroane au o constructie mai simpla a circuitului magnetic la aceste tipuri polii magnetici sunt reprezentati de piesele de inchidere ale blocului anodic .

Pentru a asigura stabilitatea curentului magnetic in timpul functionarii magnetronului se actioneaza asupra



tensiunii anodice sau asupra curentului din infasurarea electromagnetului.

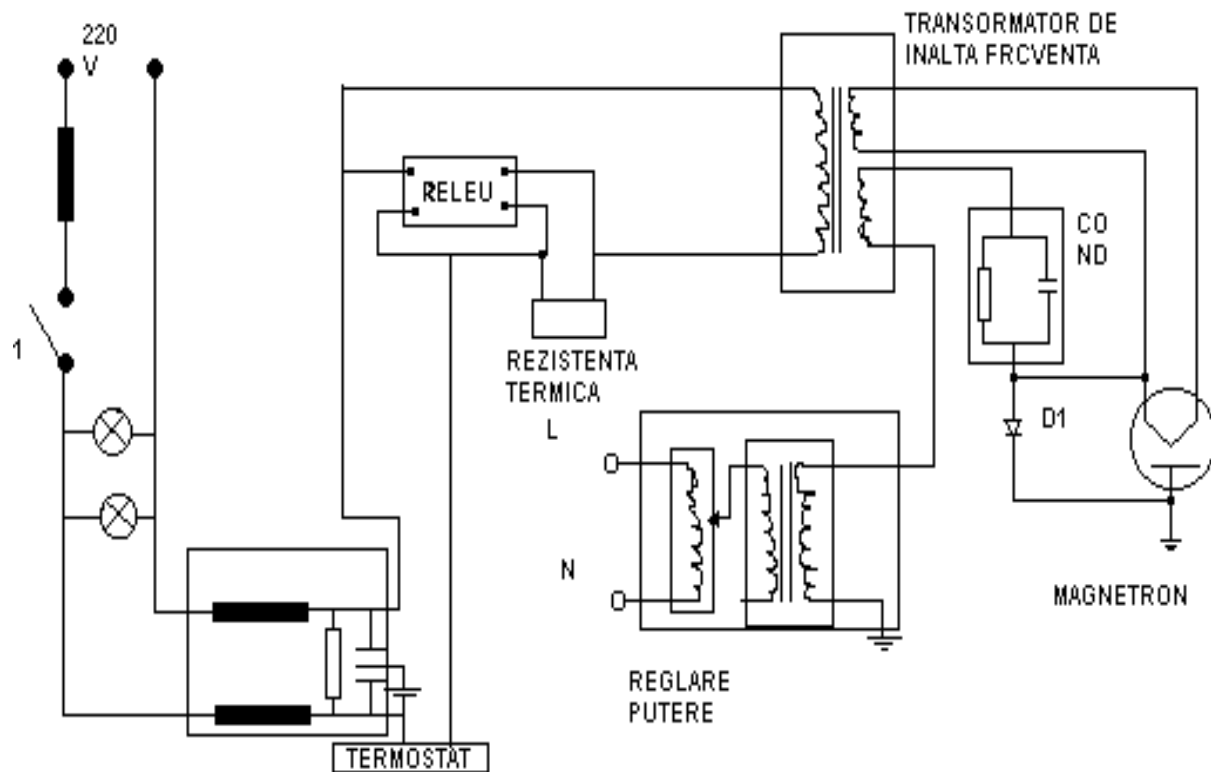
In mod normal magnetronul trebuie sa fie prevazut cu cel putin unul din sistemele de protectie urmatoare:

- protectie termica care trebuie sa asigure intreruperea functionarii magnetronului cand temperatura acestuia depaseste valoarea prescrisa; aceasta se realizeaza prin utilizarea de limitatoare de temperatura care controleaza temperatura blocului anodic sau temperatura apei de racire.
- Protectie la depasirea valorii nominale a curentului anodic;aceasta se asigura prin utilizarea unui releu maximal de curent montat in circuitul anodic al magnetronului.Cresterea valorii curentului anodic poate fi cauzata fie de modificarea brusca a impedantei de sarcina fie de reducerea vidului a magnetronului.
- Protectie impotriva energiei reflectate;aceasta se realizeaza printrun sistem de detectare a puterii reflectate sistem care actioneaza fie pentru micsorarea puterii de iesire fie pentru deconectarea alimentarii magnetronului.
- Protectie impotriva functionarii fara sarcina in cavitatea rezonanta;aceasta se realizeaza cu ajutorul unui sistem de detectare a prezentei sarcinii sistem care actioneaza pentru deconectarea alimentarii magnetronului.

## Concluzii

- Procesele electromagnetice care au loc in magnetron in special in spatiul de interactiune catod-anod depind de parametrii geometrici ai blocului catodic si anodic.
- Coaxialitatea catodului cu cavitata cilindrica interioara a anodului reprezinta o necesitate pentru functionarea corecta a magnetronului
- Itinerariul de proiectare si dimensionare a elementelor principale ale magnetronului poate fi redat si sub forma de algoritm putandu-se adopta la proiectarea asistata pe calculator.

## Schema electrica



## Bibliografie:

1. D. Miron, M .Tuca – Microunde in procese industriale  
Editura ICPE - Bucuresti 1995
2. G. Rulea – tehnica microundelor  
Editura didactica - Bucuresti 1991
3. G. Rulea – bazele teoretice si experimente ale tehnicii microundelor  
Editura stintifica – Bucuresti 1989
4. D.D. Sandu – dispozitive electronice pentru microunde  
Editura stintifica – Bucuresti 1982
5. N. Satirescu – radiotehnica frecvente inalte  
Editura militara Bucuresti - 1976
6. Theodore S Saad – microwaves engineers hand book
7. Revista de cultura generala – Arborele lumii Nr.40