

## SUDAREA CU ARC ELECTRIC

### 1. Procedee de sudare cu arc electric

Sudarea cu arc electric este o metodă de îmbinare nedemontabilă a părților componente metalice ale unui ansamblu, utilizând căldura degajată de arcul electric format între electrodul de sudură și materialul de sudat, astfel încât datorită încălzirii locale are loc combinarea, în cordonul de sudură a atomilor celor două elemente care se sudează și a materialului de adaos. Se apreciază că, în prezent, peste 35% din producția de oțel este asamblată prin procedee de sudare cu arc electric și deci se poate considera faptul că sudarea cu arc electric este unul dintre cei mai importanți consumatori de energie electrică.

Dacă se are în vedere și faptul că echipamentele pentru sudarea cu arc electric sunt receptoare care determină importante perturbații electromagnetice în rețeaua electrică de alimentare, dar necesită o calitate ridicată a energiei electrice pentru a realiza parametrii optimi de funcționare, apare necesitatea analizei în detaliu a condițiilor privind consumurile energetice în acest procedeu tehnologic, optimizarea acestora ca și stabilirea condițiilor pentru limitarea perturbațiilor asupra rețelei electrice de alimentare.

Un element important în analiza consumurilor specifice este gradul de mecanizare și automatizare al proceselor de sudare, definit ca raportul dintre masa depusă prin metodele de sudare automată și semiautomată și masa totală depusă prin toate procedeele de sudare. Acest indicator este în prezent de peste 60%.

Procedeele de sudare electrică cu arc sunt următoarele:

- **Procedeele SEI (Sudarea cu Electrode Învelit)** - este de fapt procedeul tradițional de sudare și mai este întâlnit sub denumirea de *sudare manuală electrică*. Sudarea efectivă este realizată cu ajutorul unei surse de tensiune cu caracteristică externă puternic căzătoare și proiectată pentru a lucra și în regim de scurtcircuit. Această tensiune este aplicată, prin cablurile de sudare, între un electrod și materialul de sudat. Legătura electrică a cablurilor de sudare cu electrodul și cu piesa se face prin portelectrod (cu mâner electroizolant) și cleștele metalic de masă.

La acest procedeu materialul de adaos folosit este furnizat prin topirea electrodului de sudare. Învelișul electrodului se topește odată cu metalul și protejează baia topită de acțiunea gazelor atmosferice (oxigenul și azotul).

- **Procedeele SAW (Submerged Arc Welding)** – cunoscut și ca **Sudare automată sub strat de flux** - este o metodă automatizată de sudare prin energie electrică la care învelișul pulverulent existent pe suprafața electrodului este înlocuit cu o pulbere fină, denumită *flux* ce se presară automat înainte de trecerea electrodului pe suprafața materialului. Fluxul topit va izola metalul topit de influența directă a aerului.

- **Procedeele MIG/MAG** - reprezintă o îmbunătățire a procesului de sudare SEI. Cu toate că procesul de sudare este asemănător, totuși aparatele de sudare precum și pistolul de sudare se deosebesc semnificativ.

Diferența majoră o constă introducerea de gaz protector la locul sudării care înlocuiește învelișul electrodului. Gazul protector, cum reiese și din denumirea lui, are rolul de a proteja zona de sudare efectivă (arcul electric și baia metalică). Deoarece majoritatea metalelor reacționează cu aerul formându-se oxizi, care deteriorează grav caracteristicile mecanice ale îmbinării, este necesar ca în imediata vecinătate a procesului de sudare să nu fie aer. Acest lucru se realizează prin intermediul gazului protector. Acest gaz poate fi de două tipuri MIG (*Metal Inert Gas*) sau MAG (*Metal Activ Gas*). Gazele inerte, de exemplu Argonul, Heliul sau amestecuri ale lor se folosesc la sudarea metalelor și aliajelor reactive cum sunt cuprul, aluminiul, titanul sau magneziul. Gazele active (cum este dioxidul de carbon) se folosesc la sudarea oțelurilor obișnuite, de construcții sau înalt aliate.

În cazul proceselor de sudare MIG/MAG electrodul folosit este așa-numita sârmă de sudură. Aceasta este împinsă în baie de către un sistem de avans. În vecinătatea băii, înainte de contactul mecanic ea trece printr-o duză de curent de la care preia energia electrică a sursei de curent necesară creării arcului și topirii materialului. Duza de curent este poziționată în interiorul duzei de gaz. Astfel prin orificiul dintre cele două duze va curge gazul protector. Tensiunea aplicată arcului electric este, cu mici excepții, continuă, cu formă de undă staționară sau pulsată. Rata de depunere ajunge, în aplicațiile industriale curente, la 3 - 4 kg/h.

- **Procedeele WIG/TIG** - (*Wolfram Inert Gas/Tungsten Inert Gas*), cunoscut ca **Sudarea cu electrod nefuzibil în mediu de gaz inert**, este o altă variantă derivată din sudarea SEI.

La acest procedeu arcul arde între un electrod de wolfram (tungsten) și piesa care se sudează, în mediu de gaz inert (de unde și denumirea *Wolfram Inert Gas*). Acest electrod are doar rolul de electrod și nu are un rol de material de adaos; ca atare se uzează foarte puțin în comparație cu un electrod învelit. Prin procedeul WIG se realizează topirea celor două componente ce urmează a fi sudate. Eventual, în unele cazuri, este necesară folosirea unui material de adaos pentru a realiza o îmbinare cu geometrie și caracteristici mecanice mai bune.

Avantajul procedeei WIG este că poate fi folosit la majoritatea materialelor sudabile (otelurile carbon și aliate, aluminiul, cuprul, nichelul și aliajele acestora). În unele cazuri mai speciale se folosește la sudarea materialelor cu afinitate mare la gaze ca titanul, tantalul și zirconiu. Pentru a suda astfel de materiale este nevoie de un spațiu inert în care nu poate pătrunde aer (de exemplu o atmosferă controlată de argon) sau duze de gaz protector având formă specială.

### 2. Arcul electric de curent alternativ și de curent continuu

Arcul electric deschis se amorsează astfel: electrodul, conectat la una din bornele sursei de sudare, este adus în contact cu piesa, legată la cealaltă bornă a sursei. Curentul debitat de sursă (curent de scurtcircuit) produce o încălzire puternică a neregularităților de pe suprafețele de contact, topindu-le. Prin îndepărtarea lentă a electrodului, puntea metalică lichidă se alungește și își

micșorează secțiunea. Densitatea de curent crește și la atingerea temperaturii de fierbere a metalului puntea se rupe și apare arcul electric în vapori metalici ușor ionizabili. Stingerea arcului se realizează prin îndepărtarea electrodului de piesă (alungirea arcului), ce are drept consecință o deionizare intensă a spațiului de descărcare.

În curent alternativ, curentul electric de sudură, ce se dezvoltă între electrod și piesă, își inversează periodic polaritatea, rolul de catod și anod alternând de la electrod la piesă și de la piesă la electrod cu frecvența  $f$  a tensiunii de alimentare. În consecință, curentul va trece de două ori prin zero pe durata unei perioade a tensiunii de alimentare. Datorită deionizării, arcul se stinge pentru scurt timp la trecerea curentului prin zero.

O particularitate a arcului descris este efectul de redresare a curentului, datorat proprietăților termofizice diferite ale electrodului și piesei. Din această cauză, condițiile de reaprindere a arcului sunt diferite și arcul arde mai mult în semiperioada în care electrodul este catod (emisia termoelectronică este mai intensă). Prezența componentei continue reduce calitatea sudurii (scade adâncimea pătrunderii cordonului de sudură, se saturează circuitele magnetice, apare consumul de putere deformantă).

Pentru a mări stabilitatea arderii arcului (deci a calității sudurii) se recomandă fie mărirea curentului de sudare (peste 80A), fie mărirea frecvenței tensiunii de alimentare (peste 300Hz) - ambele metode având ca rezultat reducerea tensiunii de aprindere a arcului până la circa 30...40V. Stabilitatea arcului de curent alternativ depinde și de lungimea arcului, scăzând semnificativ cu lungimea.

În curent continuu, curentul netrecând prin zero, nu se mai produce în nici un moment stingerea arcului. Arcul arde mult mai stabil, la o lungime mult mai mare decât în curent alternativ. De obicei, electrodul este conectat la polul minus al sursei (*polaritate directă*), iar piesa la polul "+". Uneori compoziția chimică a învelișului electrodului sau procedeul de sudare (de exemplu: MAG) impune *polaritatea inversă*, cu electrodul conectat la polul "+".

În curent continuu se manifestă fenomenul de suflaj magnetic care apare prin interacțiunea dintre curentul arcului electric cu câmpul magnetic creat de curentul care se închide prin piesă.

Tipul electrozilor se alege în special în funcție de caracteristicile materialelor de sudat. Astfel, în cazul oțelurilor cu mai puțin de 0,25%C se utilizează electrozi acizi și titanici pentru suduri de poziție și, respectiv electrozi bazici pentru suduri solicitate puternic. În general, se recomandă sudarea cu curent continuu. În cazul oțelurilor cu mai mult de 0,25%C, la utilizarea electrozilor de tipul indicat mai sus, este necesară preîncălzirea pieselor supuse îmbinării. La sudarea țevilor sunt utilizați electrozii celulozici.

În cazul rosturilor pregătite în **V**, **U** sau **X**, baza cordonului de sudură se sudează cu electrod bazic cu diametrul  $d_e$  - 2,5 mm, pentru a nu deteriora zona pregătită pentru depunerea materialului de îmbinare.

Diametrul  $d_e$  electrozilor trebuie ales în funcție de grosimea  $g$  a materialului de sudat, iar intensitatea  $I_s$  a curentului de sudare trebuie corelată cu diametrul  $d_e$

al electrozilor. În figura 10.1 sunt indicate, cu caracter informativ, domeniile de variație ale intensității curentului electric și ale diametrului electrozilor, în cazul procedurii SEI. Pentru alegerea intensității curentului de sudare poate fi utilizată și relația:

$$I_s = (20 + 6 \cdot d_e) \cdot d_e, \text{ [A]} \quad (10.1)$$

în care diametrul  $d_e$  se introduce în mm.

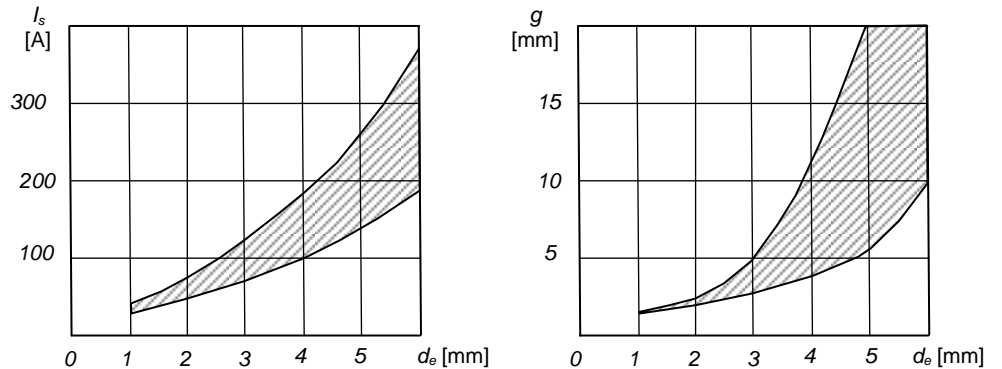


Fig. 10.1 Domeniul de variație a intensității curentului electric (a) și grosimea tablei sudate(b), în funcție de al diametrului electrozilor.

La sudarea cu curent mai mic decât cel recomandat, arcul electric este instabil și rezultă un cordon de sudură de calitate redusă, cu întreruperi. Sudarea cu curent electric de intensitate mai mare decât cea recomandată conduce la încălzirea excesivă a electrozilor, cu degradarea învelișului de protecție și apariția de defecte în cordonul de sudură.

Calitatea îmbinării depinde într-o măsură importantă de calificarea sudorului. Pe durata procesului de sudare, acesta trebuie să execute următoarele trei mișcări:

- deplasarea pe verticală a electrodului, pentru a menține constantă lungimea arcului electric;
- deplasarea în lungul traseului cordonului de îmbinare;
- o mișcare de pendulare a electrodului, pentru a asigura topirea marginilor pieselor (în cazul pieselor subțiri cu  $g = 1...3$  mm, mișcarea de pendulare nu este necesară).

De asemenea, pe durata procesului de sudare, este necesar ca sudorul să urmărească modul de topire a electrodului, modul de topire a pieselor, precum și formarea zgurii și modul de depunere a acesteia.

La sudarea pieselor groase, după fiecare strat depus, este necesară curățirea zgurii depuse pe stratul precedent.

### 3. Sursele de curent continuu pentru sudură

Sursele de curent continuu pentru sudură, numite și *convertizoare de sudură*, trebuie să satisfacă următoarele condiții principale:

- să-și asigure tensiunea minimă de aprindere a arcului electric;
- să prezinte inerție electromagnetică redusă;

- să permită reglarea într-o gamă largă a curenților de sudură;
- să permită funcționarea în paralel;
- să prezinte o caracteristică exterioară căzătoare;
- să reziste termic și mecanic la solicitări date de scurtcircuite frecvente.

Sursele de curent continuu pentru sudură sunt de două tipuri:

- ❖ *convertizoare rotative;*
- ❖ *redresoare de sudură.*

### 3.1 Convertizoare rotative de sudură

Generatoare clasice de curent continuu (generatoarele cu excitație serie, derivație sau separată) nu sunt adecvate pentru sudură. Generatoarele cu excitație serie au o tensiune de mers în gol mică, insuficientă pentru amorsarea arcului, iar în generatoarele cu excitație derivație sau separată nu au o caracteristică externă puternic căzătoare.

Pentru sudarea în curent continuu se utilizează generatoare de construcție specială. Generatoarele de curent continuu folosite pentru sudare, sunt antrenate de un motor electric asincron sau, în absența unei rețele electrice adecvate, de un motor termic (Diesel sau cu aprindere prin scânteie) cu turația cât mai constantă. Pentru sudarea electrică se poate folosi unul din mai multe tipuri de generatoare, toate având caracteristici externe căzătoare, cu posibilitatea de a obține diferite caracteristici  $U_s = f(I_s)$  pentru a putea regla curentul de sudare și a asigura caracteristica dinamică bună.

Realizarea caracteristicii căzătoare se obține în special printr-o alegere adecvată a sistemului de excitație al mașinii. În acest sens, sunt utilizate următoarele variante constructive de generatoare rotative de sudare:

- generatoare de sudare cu excitație separată și excitație serie antagonistă (GESSA);
- generatoare de sudare cu excitație derivație și excitație serie antagonistă (GEDSA);
- generatoare de sudare cu poli divizați (GPD);
- generatoare de sudare cu câmp transversal (GCT);
- generatoare de sudare cu trei poli (G3P).

În continuare este descrisă funcționarea generatoarelor GESSA.

În figura 10.2.a este prezentată schema electrică.

Generatorul cu excitație separată și serie antagonistă este prevăzut cu două înfășurări de excitație: o înfășurare de excitație separată  $W_n$  alimentată de la o sursă de curent continuu prin intermediul reostatului  $R_{ex}$  și o înfășurare de excitație  $W_s$ , cu număr reglabil de spire, legată în serie cu circuitul de sudare. Înfășurarea de excitație separată produce fluxul magnetic principal (magnetizant)  $\Phi_n$ , iar excitația serie produce fluxul  $\Phi_s$ , opus lui  $\Phi_n$ , deci demagnetizant. Deoarece sub polii principali fluxurile se scad, fluxul de excitație total este:

$$\Phi_e = \Phi_n - \Phi_s \quad (10.2)$$

Tensiunea  $U_s$  la bornele de ieșire ale generatorului în funcționare poate fi determinată din relația:

$$U_s = E - R \cdot I_s = k \cdot \Phi_e - R \cdot I_s \quad (10.3)$$

în care  $R$  este rezistența indusului, iar  $E$  - tensiunea electromotoare a generatorului, proporțională cu fluxul de excitație  $\Phi_e$  al mașinii ( $k$  este o constantă a mașinii).

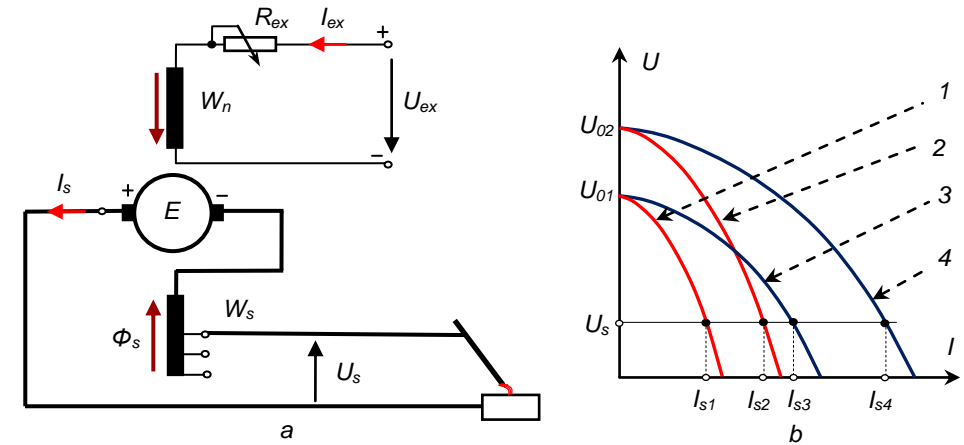


Fig. 10.2 Schema electrică (a) și caracteristicile externe (b) ale generatoarelor GESSA

Relația (10.3) se poate scrie:

$$U_s = k \cdot (\Phi_n - \Phi_s) - R \cdot I_s = k \cdot \left( \frac{W_n \cdot I_{ex}}{R_n} - \frac{W_s \cdot I_s}{R_s} \right) - R \cdot I_s \quad (10.4)$$

unde s-au notat cu  $R_n$  și  $R_s$  reluctanțele magnetice corespunzătoare traseelor fluxurilor  $\Phi_n$  și  $\Phi_s$ .

La funcționarea în gol, tensiunea de mers în gol (între electrodul depărtat de piesă și piesă) este determinată numai de fluxul de magnetizare:

$$U_0 = E_0 = k \cdot \Phi_n = k \frac{W_n \cdot I_{ex}}{R_n} \quad (10.5)$$

La funcționarea în sarcină rezultă:

$$U_s = k \cdot \frac{W_n \cdot I_{ex}}{R_n} - k \cdot \frac{W_s \cdot I_s}{R_s} - R \cdot I_s = U_0 - \left( k \frac{W_s}{R_s} + R \right) \cdot I_s = U_0 - (R_e + R) \cdot I_s \quad (10.6)$$

În relația (10.6) rezistența echivalentă  $R_e$  ia în considerație efectul înfășurării de demagnetizare (cu  $W_s$  spire parcurse de curentul  $I_s$ ).

Intensitatea curentului în arcul electric poate fi determinată din relația:

$$I_s = \frac{U_0 - U_s}{R + R_e} \quad (10.7)$$

iar curentul de scurtcircuit  $I_{sc}$  ce apare la contactul electrodului cu piesa (la  $U_s=0$ )

$$\text{este:} \quad I_{sc} = \frac{U_0}{R + R_e} \quad (10.8)$$

Reglarea curentului de sudare se poate face în două moduri:

➤ prin modificarea curentului de magnetizare, cu ajutorul reostatului  $R_{ex}$ . În acest caz se modifică tensiunea de mers în gol, conform relației (10.5). Deoarece reglarea lui  $I_{ex}$  se poate face continuu, se obține o familie de caracteristici externe, aproximativ paralele între ele (cu aceeași pantă), de forma caracteristicilor 1 și 2 (Figura 10.2.b), fiecare caracteristică având o altă tensiune de mers în gol. Caracteristica 1 corespunde unui curent de excitație mic, iar caracteristica 2 unui curent de excitație mare.

➤ prin modificarea numărului de spire  $W_s$  al înfășurării serie, care va modifica rezistența echivalentă  $R_e$  (relația 10.6). În acest caz tensiunea de mers în gol se menține constantă. Deoarece numărul de spire  $W_s$  se poate modifica în trepte, rezultă un număr de caracteristici egal cu numărul de borne de reglare a înfășurării de excitație serie. Cu cât numărul de spire  $W_s$  parcurs de  $I_s$  este mai mare, cu atât pantele acestor caracteristici sunt mai mari (conform relației 10.6). Spre exemplu (fig. 10.2.b), caracteristica 1 se obține pentru  $W_s$  mare, iar caracteristica 3 se obține pentru  $W_s$  mic - ambele caracteristici având același curent de magnetizare  $I_{ex}$  de valoare mică. Similar, caracteristica 2 se obține pentru  $W_s$  mare, iar caracteristica 4 se obține pentru  $W_s$  mic - ambele caracteristici având același curent de magnetizare de valoare mare.

Caracteristicile externe nu sunt liniare (cum ar rezulta din relația 10.6), datorită faptului că reluctanțele magnetice se modifică cu  $I_s$  (la aceste generatoare miezul feromagnetic lucrează în zona cotului de saturație).

Folosind ambele metode de reglare se pot obține curenți de sudare în limite largi ( $I_{s1} \dots I_{s4}$ ).

### 3.2 Redresoare de sudură

Redresoarele de sudură sunt surse de curent continuu realizate cu dispozitive electronice cu comutație statică.

Gama de redresoare de sudură este foarte largă, deoarece în ultima vreme atât performanțele electronicii de putere a crescut, cât și cerințele impuse surselor s-au diversificat. Cele mai moderne redresoare de sudură conțin un inverter, de aceea se mai numesc *surse de sudare cu inverter*.

În figura 10.3 este prezentată structura, pe blocuri funcționale, a unei surse cu inverter.

- *Redresorul primar*, necomandat, este sub formă de punte monofazată sau trifazată, în funcție de puterea nominală și de domeniul de curenți de ieșire ai sursei de putere. În variantele mai noi de surse de putere cu inverter, redresorul de intrare este prevăzut și cu un filtru activ pentru îmbunătățirea factorului de putere *PCF – Power Factor Corrector*.

- *Filtrul intermediar* de tensiune continuă (uzual de tip capacitiv) are rolul de a reduce ondulațiile tensiunii redresate aplicată inverterului.

- *Blocul inverter* cuprinde schema de comutație primară (comutație electronică de înaltă frecvență), fiind realizat cu diferite tipuri de dispozitive semiconductoare de putere, în diferite configurații topologice (forward, push-pull, semipunte, punte). Comanda blocului inverter se realizează prin strategii de modulare în lățime a impulsurilor (*PWM – Pulse Width Modulation*).

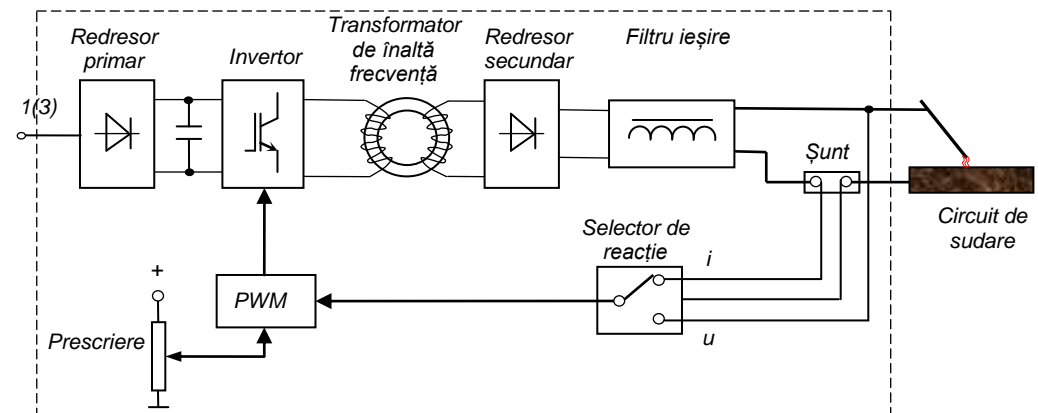


Fig 10.3 Sursă cu inverter pentru sudare cu arc electric

- *Transformatorul de adaptare la frecvență înaltă* este componenta magnetică, cu rol de cuplare a circuitelor (de sudare cu cel de rețea) și, respectiv de transfer al puterii prin câmp electromagnetic, asigurând atât adaptarea tensiunilor cât și electrosecuritatea operatorului. Transformatorul, având în vedere condițiile de minimizare a pierderilor de putere și a inductivităților de dispersie, este realizat cu miezuri din ferită moale, de diferite forme (**E**, **U**, torr, oală) și înfășurări din sârmă lițată sau folie din cupru.

- *Redresorul secundar* de înaltă frecvență are rolul de a redresa tensiunea alternativă de înaltă frecvență, pentru a asigura alimentarea arcului de sudare cu tensiune continuă. Redresorul este realizat cu diode ultrarapide.

- *Filtrul de ieșire*, de regulă de tip inductiv, are rolul de a reduce variațiile curentului electric de sudare și, respectiv de a asigura o anumită dinamică în răspunsul sursei. Datorită frecvenței mari de lucru, inductivitatea acestuia este mică (de ordinul  $\mu\text{H}$ ), la netezirea curbei curentului electric contribuind și inductivitatea conductoarelor de legătură din circuitul de sudare.

Atât sursele de sudare de curent alternativ, cât și convertizoarele rotative, au gabarite și mase importante. Doar sursele cu inverter beneficiază de mase și volume mici, în condițiile asigurării cerințelor impuse. Elementul care reduce masa/gabaritul este transformatorul de adaptare alimentat la frecvență înaltă. Frecvența de comutație a blocului inverter era, la primele surse, de circa 5 kHz (invertoare cu tiristoare), iar în prezent frecvența de funcționare ajunge la 50...100 kHz (invertoare cu tranzistoare *IGBT*). Cuplajul prin câmp electromagnetic, la această frecvență, permite reducerea considerabilă a dimensiunilor de gabarit ale transformatorului, ceea ce se observă din relația de dimensionare:

$$A_{Fe} \cdot A_b = \frac{S}{2k_{Cu} \cdot J \cdot B_m \cdot f} \quad (10.9)$$

în care  $A_{Fe}$  reprezintă aria secțiunii transversale a circuitului magnetic,  $A_b$  – aria secțiunii bobinajului (primar și secundar),  $k_{Cu}$  – factor de umplere al bobinajului (uzual  $k_{Cu} = 0,6 \dots 0,8$ ),  $S$  – puterea aparentă nominală ( $S = U_1 I_1$ , unde  $U_1$  –

tensiunea primară de alimentare,  $I_1$  - curentul nominal primar),  $J$  - densitatea de curent în înfășurări ( $J = 2...5 \text{ A/mm}^2$ ),  $B_m$  - amplitudinea inducției magnetice în miez (uzual  $B_m = 0,15...0,33\text{T}$ , pentru ferite),  $f$  - frecvența tensiunii.

Comparativ cu un transformator ce funcționează la 50 Hz, la aceeași putere nominală, un transformator la 50 kHz va avea volumul redus de 12 ori, masa de 17 ori, pierderile de putere de 25 de ori. De asemenea se reduce numărul de spire, deci scade de zeci de ori lungimea înfășurărilor.

Principala caracteristică de performanță a sursei cu inverter este, așadar, portabilitatea și accesibilitatea în locuri de muncă diverse.

Controlul rapid al fenomenelor din arcul electric este o altă caracteristică de performanță. Deoarece fenomenele asociate arcului electric (amorsarea, topirea electrodului, transferul de metal topit, formarea și evoluția băii de metal topit, etc.) sunt foarte rapide este necesară ajustarea foarte rapidă a curbei de curent și a valorii acestuia. Sursele cu inverter sunt capabile să alimenteze și să controleze arcul electric pentru diferite procese de sudare.

O funcție deosebită de control este controlul curentului de sudare la lungimi mici ale arcului, când apare pericolul lipirii electrodului de piesă. Se asigură un curent suplimentar pe durata arcului electric scurtat accidental.

#### 4. Desfășurarea aplicației

4.1 Se vor examina elementele convertizorului rotativ de sudare CS-125A aflat în laborator (figura 10.4). Se vor nota, de pe plăcuțele mașinii, datele nominale ale motorului asincron și ale generatorului de curent continuu cu excitație separată și serie antagonistă.

Convertizorul rotativ CS-125A este compus dintr-un generator de curent continuu cu excitație mixtă, antrenat de un motor electric asincron trifazat cu pornire în conexiune Y/ $\Delta$ . Înfășurarea statorică a motorului este realizată cu o pereche de poli, astfel încât turația în sarcină nominală este de 2865 rot/min. Înfășurarea statorică a motorului este construită din 6 bobine, cu câte 2 bobine pe fiecare fază, ceea ce permite realizarea de diverse conexiuni în funcție de tensiunea de alimentare de linie disponibilă (220V, 380V, 440V, 500V).

Pentru situația în care tensiunea trifazată de linie este de 380V, pe fiecare fază bobinele se conectează în serie, iar ansamblul realizat se conectează în  $\Delta$ . În figura 2.4 s-a notat cu 12 placa bornelor motorului, la care conexiunile se realizează prin bride (punți) metalice.

4.2 Se va explica schema electrică de funcționare a convertizorului rotativ de sudare CS-125A și se va realiza montajul de lucru în laborator (figura 10.5).

Generatorul de curent continuu are o înfășurare de excitație separată alimentată de la ieșirea unui redresor în punte. Redresorul este alimentat la o tensiune redusă de la o priză a unei bobine a înfășurării statorice a motorului. În serie cu înfășurarea de excitație separată se află reostatul  $RT$  pentru reglarea curentului de excitație (curent magnetizant). Comutatorul  $PE$  permite schimbarea polarității tensiunii la bornele înfășurării excitației separate, deci schimbarea polarității tensiunii la bornele de ieșire ale generatorului. Cel mai frecvent electrodul se conectează la polaritatea “-” a sursei (polaritate directă).

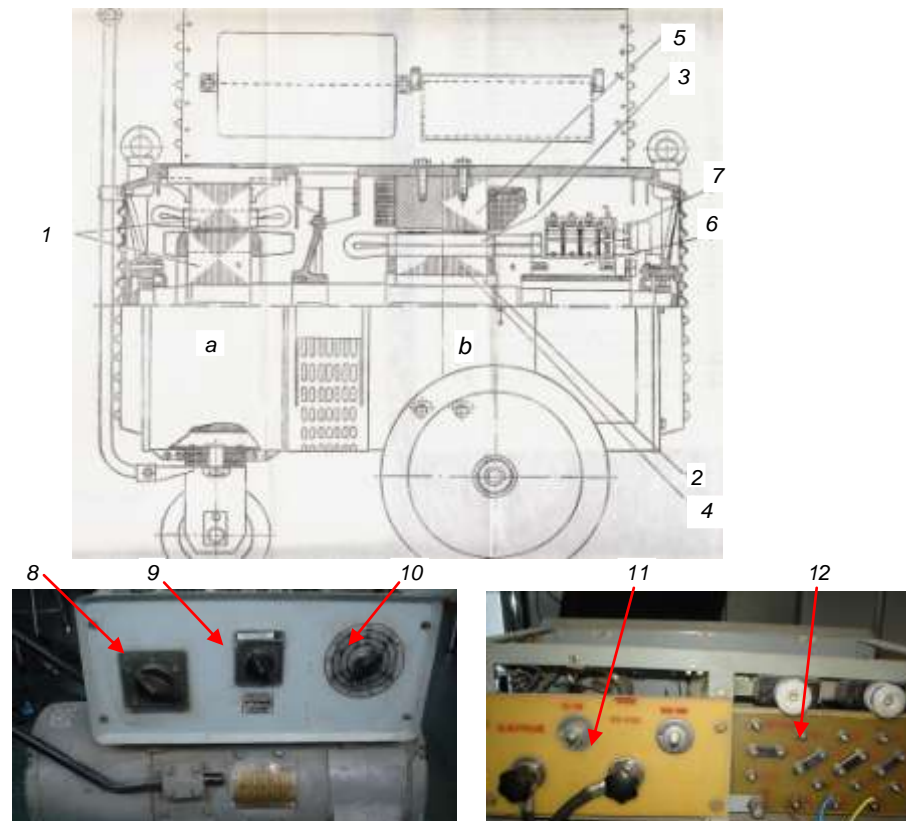


Fig 10.4 Elementele convertizorului CS 125A

a - motorul asincron, b - generatorul de sudură, 1- stator și rotor motor, 2 - rotor generator, 3 - înfășurarea rotorică, 4 - miez feromagnetic rotor, 5 - pol magnetic de excitație, 6 - colector, 7 - perii colectoare, 8 - comutator pornire Y/ $\Delta$ , 9 - comutator polaritate electrod, 10 - reostat de reglare a curentului magnetizant, 11 - placă borne generator, 12 - placă borne motor.

În serie cu indusul mașinii se află 2 bobine ale înfășurării de comutație precum și o înfășurare de excitație serie (demagnetizantă, în acest caz) alcătuită din 2 bobine.

Convertizorul de sudură CS 125A are 3 domenii de reglaj:

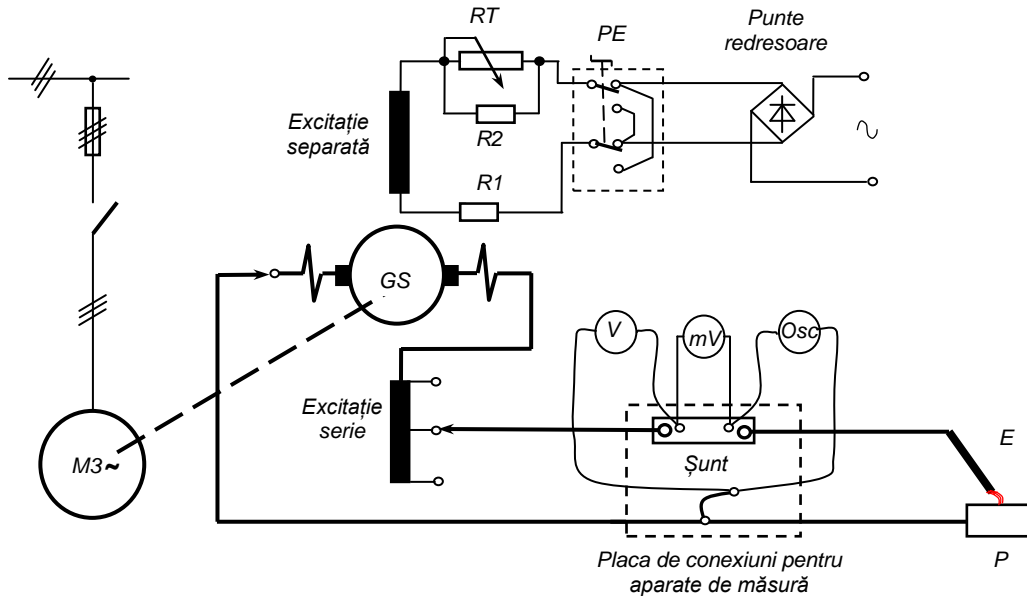
- I : curenți de sudare  $I_s = 25 - 60\text{A}$
- II : curenți de sudare  $I_s = 50 - 120\text{A}$
- III : curenți de sudare  $I_s = 100 - 160\text{A}$

Pe domeniul I curentul de sudare  $I_s$  trece prin ambele bobine de excitație serie. Caracteristica externă este foarte coborâtă deoarece  $W_s$  este maxim, deci rezistența echivalentă  $R_e$  este mare (relația 10.6), iar curentul de sudare și curentul de scurtcircuit sunt mici (relațiile 10.7 și 10.8).

Reglarea curentului de sudare în cadrul domeniului I se face prin ajustarea reostatului  $RT$ , ce modifică valoarea  $\Phi_m$ , conducând la modificarea valorii tensiunii de mers în gol (relația 10.5).

Pe domeniul **II** generatorul folosește doar o bobină de excitație serie.  $W_s$  are o valoare mai mică decât în cazul precedent, deci și  $R_e$  scade față de cazul anterior. Caracteristica externă este mai puțin căzătoare și ca urmare curentul de sudare și curentul de scurtcircuit au valori mai ridicate. Reglarea curentului de sudare se face similar cazului anterior (prin ajustarea reostatului  $RT$ ).

Pe domeniul **III** se obțin curenții de sudare cei mai mari deoarece nu este folosită nici o bobină de excitație serie. Efectul demagnetizant este nul, iar  $R_e=0$ . Reglarea curentului de sudare în cadrul acestui domeniu se face similar cazurilor anterioare, prin ajustarea reostatului  $RT$ .



**Fig 10.5** Schema electrică a instalației din laborator folosind convertizorul CS 125A  
M3 – motorul asincron, GS – generatorul de sudură, PE – comutator polaritate electrod, RT – reostat de reglare a curentului magnetizant, R1, R2 - rezistențe de fixare domeniu de reglare curent magnetizant, V - voltmetru, mV - milivoltmetru, OSC - osciloscop

**4.3** Se vor măsura tensiunile de mers în gol pentru trei valori ale curentului de excitație. Aceste valori sunt  $I_{exmin} = 1,65A$ ,  $I_{exmed} = 1,94A$  și  $I_{exmax} = 3,14A$  – ce corespund pentru poziționarea cursorului reostatului  $RT$  în poziția extremă stângă, în poziția mediană și în poziția extremă dreaptă.

Se va oscilografia forma tensiunii de mers în gol și se va explica proveniența ondulațiilor în forma de undă a tensiunii continue de mers în gol.

**4.4** Pe domeniul **II** se va face câte o probă la scurtcircuit și la sarcină pentru fiecare dintre cei trei curenți de excitație.

Proba la scurtcircuit se realizează atingând electrodul de piesă. Se va citi indicația milivoltmetrului montat în paralel cu șuntul (valoarea  $U_{sunt\ sc}$ ).

La proba la sarcină (în prezența arcului de sudură) se vor nota indicația voltmetrului (valoarea  $U_s$ ) și indicația milivoltmetrului (valoarea  $U_{sunt\ s}$ ).

Milivoltmetrul indică tensiunea la bornele de tensiune ale șuntului calibrat și – indirect – valoarea curentului prin cordoanele de sudură. Conversia este dată de relația:

$$I_{sc(s)}[A] = U_{sunt\ sc(s)} [mV] \cdot \frac{200[A]}{60[mV]} \quad (2.10)$$

Se vor repeta probele, în mod similar, pentru domeniul **III**.

**4.5** Pe baza rezultatelor experimentale obținute la încercările: la gol, la scurtcircuit și la sarcină se vor construi caracteristicile externe. Pentru fiecare domeniu se vor construi câte trei caracteristici, corespunzătoare celor trei curenți de excitație.

**4.6** Se vor examina elementele sursei de sudare cu inverter, existentă în laborator, model *Einhell BT-IW100*. Se vor consemna mărimile nominale prin citirea tabelului de pe carcasa sursei. Se va discuta schema electrică și performanțele sursei de sudare cu inverter.

**4.7** Se vor face exerciții individuale de stabilire și menținere a arcului de sudură, folosind atât convertizorul rotativ cât și sursa cu inverter.

Acest exercițiu se va realiza obligatoriu în spațiu deschis cu purtarea de echipament de protecție (mască, mănuși, șorț), respectând normele de protecție a muncii în vigoare.