

MĂSURAREA MICROFIRULUI CONDUCTOR TURNAT ÎN MOD CONTINUU

N. Dimitrachi, D. Bernic, S. Calmîc, S. Luca
Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

În domeniul conductorilor și semiconductorilor turnați aflați astăzi în plină dezvoltare, eforturile de cercetare încununată, pînă în prezent, de succese notabile sînt îndreptate în două direcții principale, prima fiind găsirea unor materiale conductoare (semiconductoare) mai departe conducătoare cu caracteristici superioare, iar a doua strîns legată de prima – punerea la punct a unor tehnologii și instalații cît mai performante, capabile să asigure calitatea dorită, la costuri cît mai accesibile.

Desigur performanțele produsului final – conductorul depind în mod direct de materialul întrebunțat, dar și de tehnologia de realizare, existînd însă și un sistem de restricții prin care materialul condiționează tehnologia care face posibilă prelucrarea sa, astfel încît să rezulte conductorul cu parametrii dorți.

Caracteristicile geometrice a firelor conductoare turnate după tehnologia prof. A. Ulitovschi (A. Улитовский) în procesul de turnare a lor sînt puternic afectate de instabilitatea parametrilor regimului de turnare și în primul rînd a regimului energetic. De fapt, dintre caracteristicile geometrice ale firului o importanță deosebită o are secțiunea conductorului și grosimea învelișului izolator. Neuniformitatea lor are influență negativă asupra dispozitivelor confecționate din acest conductor. Secțiunea firului conductor și grosimea învelișului lui izolator sînt influențați direct de temperatura și de viteza de tragere, iar uniformitatea valorilor celor două mărimi este determinată de uniformitatea preformei și a grosimei tubului de sticlă, de stabilitatea vitezei de tragere și a regimului energetic de topire a metalului [1].

În orice caz corectarea pe parcursul procesului de tragere a firului unor eventuale abateri a secțiunii diametrului efective de la cea dorită, și a grosimii cămașei izolatoare, ce pot apărea din diferite cauze, impune măsurarea în continuu a secțiunii de microfîr și a grosimii de izolație cu ajutorul unui sistem care să comande parametrii de lucru în funcție de valorile efective rezultante la urma măsurărilor. În mod uzual corecțiile se aduc prin modificarea concomitentă corespunzătoare a vitezei tamburului pe care se bobinează firul

conductor, deci prin modificarea vitezei de tragere, modificarea regimului energetic de topire a metalului. Dacă încă diferența între secțiunea dorită și cea efectivă crește peste anumite limite se poate modifica viteza de avans a preformei astfel încît viteza de tragere să se mențină cît mai aproape de valoarea optimă.

Măsurarea secțiunii de microfîr prin metode optice și metode cu utilizarea ghizilor de undă nu asigură precizie satisfăcătoare din punct de vedere practic, deoarece prezenta izolație influențează negativ rezultatele măsurării.

1. DESCRIEREA METODEI DE MĂSURARE A SECȚIUNII DE MICROFIR ÎN IZOLAȚIE

În actuala lucrare se propune o metodă de măsurare indirectă a diametrului conductorului ,care constă în măsurarea rezistenței conductorului pe unitate de lungime. Într-adevăr ,dupa cum se știe rezistența R_1 a unui conductor cu dimensiunile sale geometrice (lungimea l și diametrul d) se găsește în relația:

$$R = 4l\rho/\pi d^2 \quad (1)$$

sau

$$d = 2\sqrt{\frac{l\rho}{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_1}} \quad (2)$$

unde ρ – este rezistivitatea specifică a materialului conductor.

Continuitatea izolației pe lungimea microfirului de asemenea nu permite utilizarea metodelor tradiționale de măsurare a rezistenței, deoarece porțiunea de microfîr măsurat nu poate avea o unire galvanică completă cu circuitul măsurător.

Porțiunea de microfîr măsurat după metoda propusă cu circuitul măsurător are o unire tripolă, (fig.1), un pol din care (polul 3) este preforma din care se formează topitura de metal cu rezistența echivalentă $R_{pf} < R_1$, iar ceilalți doi poli (polii 1 și

2) sunt de caracter rezitiv-capacitiv, și au impedanțele echivalente corespunzător z_1 și z_2 unde $|z_1| \gg R_l$ și $|z_2| \gg R_l$.

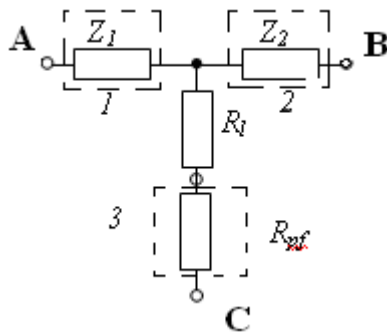


Figura 1. Schema echivalentă de unire electrică a conductorului măsurat acoperit cu un strat izolator cu circuitul de măsurare.

Măsurarea rezistenței R_l după metoda propusă are loc prin compararea în mod continuu a două tensiuni sinusoidale, prima fiind proporțională cu valoarea rezistenței R_0 a conductorului etalon de diametru d_0 și lungimea l_0 impuse, iar a doua proporțională cu suma a două rezistențe: rezistența R_l a rezistorului introdus suplimentar și rezistența R_s . Rezistorul suplimentar trebuie să fie de o rezistență mult mai mare ca rezistența R_0 ($R_s \gg R_0$). Aceste două tensiuni în timp periodic urmează una după alta și între ele sînt defazate la π . Prima din tensiunile numite prin intermediul porțiunii de microfîr măsurat l_x periodic se repetă pe suma rezistențelor $R_s + Z_l$ unite în serie, iar a doua prin intermediul elementelor cu rezistențele R_s și Z_l se repetă pe rezistența $R_l + R_{pf}$.

Esența metodei propuse se explică prin circuitele și oscilogramele arătate în figura 2. Rezistorul suplimentar cu rezistență R_s (figura 2,b,c), polul unu cu impedanța echivalentă Z_l , porțiunea de microfîr măsurat cu rezistența echivalentă $R_l = l_x r_x$ și polul trei cu rezistența echivalentă R_{pf} au unire serie. La unirea circuitului numit cu sursa de semnal SS (fig.2b) prin circuit curge curenul $i(t) = I_m \sin \omega t$. Sursa de semnal măsurător este construită în așa mod că la ieșirea ei în raport cu borna comună au loc două semnale (fig.2a)

$$u(t) = U_m \sin(\omega t)$$

și

$$u_{ref}(t) = U_{ref} \sin(\omega t + \pi), \quad (3)$$

Circuitul serie format din R_s , Z_l , R_{pf} și R_l prin intermediul comutatorului k periodic în timp se

comutează ba la ieșirea cu tensiunea $u(t)$ (fig.2b) ba la ieșirea cu tensiunea $u_{ref}(t)$ (fig. 2c). Comutatorul k este comandat de generatorul de semnal cu tensiunea:

$$u_G = U_{mG} \sin \Omega t, \quad \Omega \ll \omega, \quad (4)$$

În procesul de comutare în mod continuu și periodic la borna comună a sursei de semnal măsurător se comutează ba polul trei ba rezistorul R_s . Cînd circuitul serie compus din R_s , Z_l , R_{pf} și R_l este comutat la ieșirea cu tensiunea $U_m \sin \omega t$ la intrarea amplificatorului-indicator acționează tensiunea:

$$u_l(t) = \frac{R_l + R_{pf}}{R_s + Z_l + R_l + R_{pf}} U_m \sin \omega t, \quad (5)$$

ce prin intermediul polului doi (p.B) se culege de pe suma rezistențelor $R_l + R_{pf}$, iar cînd este comutat la ieșirea cu tensiunea $u_{ref}(t) = U_{mref} \sin(\omega t + \pi)$ la intrarea amplificatorului-indicator acționează tensiunea:

$$u_s = \frac{R_s + Z_l}{R_s + Z_l + R_l + R_{pf}} U_{mref} \sin(\omega t + \pi), \quad (6)$$

culeasă de pe circuitul serie ($Z_l + R_s$) deasemenea prin intermediul polului doi.

Deoarece $(R_s + Z_l) \gg (R_l + R_{pf})$ relațiile (5) și (6) pot fi înlocuite cu relațiile:

$$u_l(t) = \frac{R_l + R_{pf}}{|R_l + Z_l|} U_m \sin \omega t, \quad (5')$$

$$u_s(t) = U_{mref} \sin(\omega t + \pi) \quad (6')$$

Pentru fiecare diametru de conductor dat, cînd ρ este unul și același, raportul dintre U_{refm} și U_m este diferit și se alege din relația:

$$\frac{U_{ref}}{U_m} = \frac{R_0}{R_s}, \quad (7)$$

unde U_{mref} se impune, iar U_m se alege din relația

$$U_m = \frac{R_0 U_{mref}}{R_s}, \quad (8)$$

La funcționarea în continuu a comutatorului la intrarea amplificatorului-indicator acționează tensiunea sumară $U_\Sigma(t)$ (figura 2,d), compusă dintr-un pachet de impulsuri armonice $u_l(t)$ și $u_s(t)$ defazate la π . După detectarea tensiunilor $u_1(t)$ și $u_s(t)$, adică a tensiunii $U_\Sigma(t)$ se obține corespunzător:

$$u_1'(t) = \frac{k_{21} k_{10} S_{32} \omega R_l}{2\pi R_s} \int_0^{\pi/\Omega} U_m \sin(\omega t) dt, \quad (9)$$

și

$$u_s'(t) = \frac{k_{21} k_{10} S_{32} \omega R_0}{2\pi R_s} \int_{\frac{\pi}{\Omega}}^{2\pi/\Omega} U_{mref} \sin(\omega t + \pi) dt, \quad (10)$$

Amplitudinea componentei alternative de frecvența Ω după filtrarea ei este:

$$u_\Omega(t) = \frac{k_{43} \Omega}{2\pi} \left[\int_0^{\pi/\Omega} u_3' dt - \int_{\pi/\Omega}^{2\pi/\Omega} u_3'' dt \right], \quad (11)$$

În relațiile (9)...(11) sînt folosite simbolizările k_{10} –coeficientul de transfer a polului cu impedanța Z_2 la frecvența ω , k_{21} –coeficientul de transfer a amplificatorului-indicator A_ω , S_{32} –panta de transformare a detectorului de amplitudine, k_{43} –coeficientul de transformare al filtrului trece jos . Cu considerarea relațiilor (9)...(11) tensiunea la ieșirea detectorului de fază este:

$$U_{df} = k_{10} k_{21} k_{43} k_{54} S_{32} U_m \frac{R_0 - R_l}{R_s}, \quad (12)$$

unde k_{54} –coeficientul de transfer a detectorului de fază.

Condiția de obținere a conductorului turnat de diametrul d_l egal cu diametrul microfirului etalon d_0 este în respectarea relației:

$$R_{pf} + R_l = R_0, \quad (13)$$

de unde

$$R_l = 4\rho \frac{l}{\pi d_l^2} = R_0 - R_{pf} = 4\rho \frac{l_0}{\pi d_0^2} - 4\rho_0 \frac{l_{pf}}{\pi D_{pf}^2}, \quad (14)$$

În (14) prin ρ_0 , d_0 și l_0 sînt notate corespunzător: rezistivitatea specifică, diametrul și lungimea porțiunii de microfir etalon, prin R_{pf} , l_{pf} , și D_{pf} sînt respectiv notate rezistența, lungimea și diametrul preformei.

Cînd $\rho = \rho_0$ și $l = l_0$ relația (14) primește forma:

$$\frac{l}{d_l^2} = \frac{l}{d_0^2} - \frac{l_{pf}}{D_{pf}^2} = \frac{l}{d_0^2} - \frac{al}{b^2 d_0^2}, \quad (15)$$

sau

$$\frac{1}{d_l^2} = \frac{1}{d_0^2} - \frac{a}{b^2 d_0^2} = \frac{1}{d_0^2} \left(1 - \frac{a}{b^2} \right), \quad (15')$$

unde $a = l_{pf}/l$, $b = D_{pf}/d_0$.

Din (15') obținem valoarea reală de diametru a firului turnat.

$$d_l = \frac{d_0}{\sqrt{1 - \frac{a}{b^2}}} > d_0, \quad (16)$$

Abaterea diametrului de fir turnat d_l de la ce etalon d_0 condiționată de valoarea finită a raportului $(a/b^2) \neq 0$ este:

$$\delta = \frac{d_0 - d_l}{d_0} = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{a}{b^2}}}, \quad (17)$$

Practic l_{pf} este de aproximativ 0,1.....0,5l, diametrul D_{pf} este de cîțiva milimetri, iar d_0 de pînă la zeci de micrometri.

Apreciem valoarea mărimii δ pentru cel mai rău caz, și anume: $D_{pf} = 3 \cdot 10^{-3}$ mm, $d_0 = 30 \cdot 10^{-6}$ mm, $l_{pf} = 0,5l_0$ m.

Corespunzător $a = 0,5$; $b^2 = 10^{-4}$; $a/b^2 = 10^{-3}$,

$$\delta = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{a}{b^2}}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 - 10^{-3}}}, \quad \text{ce vorbește}$$

despre o abatere neglijabilă a diametrului d_l de la cel etalon d_0 , condiționată de valorile finite a preformei $D_{pf} \neq \infty$; $l_{pf} \neq 0$.

Actuala lucrare poate fi recomandată pentru implementare la întreprinderile de ramură, de exemplu, uzina "Micron" or. Chișinău, specializată în fabricarea microfirului turnat din metal topit în stare de suspensie.

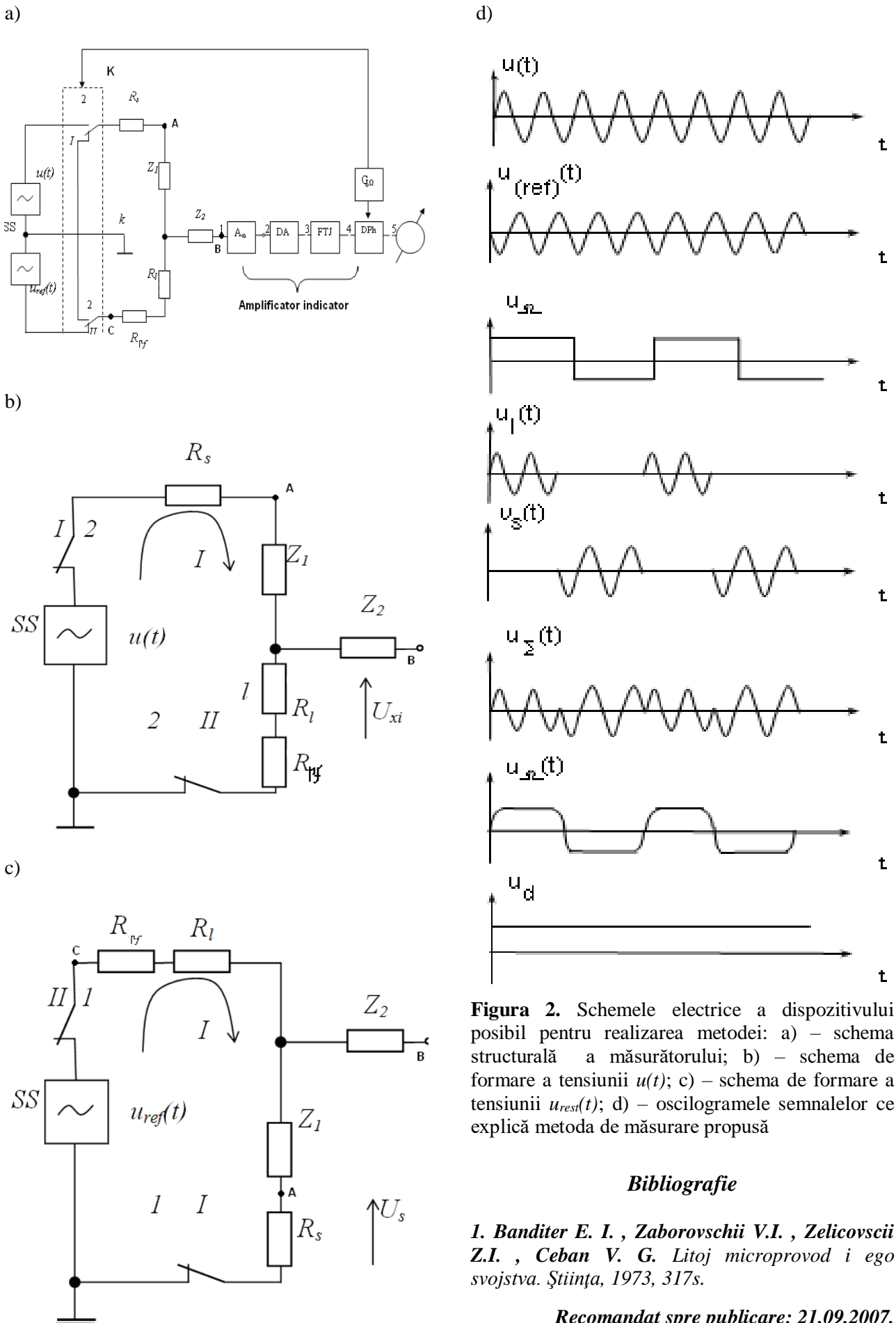


Figura 2. Schemele electrice a dispozitivului posibil pentru realizarea metodei: a) – schema structurală a măsurătorului; b) – schema de formare a tensiunii $u(t)$; c) – schema de formare a tensiunii $u_{rest}(t)$; d) – oscillogramele semnalelor ce explică metoda de măsurare propusă

Bibliografie

1. Banditer E. I., Zaborovschii V.I., Zelicovscii Z.I., Ceban V. G. Litoj microprovod i ego svojstva. Știința, 1973, 317s.

Recomandat spre publicare: 21.09.2007.