

LUCRAREA NR. 3

DESCĂRCĂTOARE ELECTRICE

3.1. Aspecte funcționale cu privire la descărcătoare

Descărcătoarele sunt echipamente electrice care asigură protecția izolației instalațiilor împotriva supratensiunilor.

Solicitățile electrice ale izolației au următoarele cauze:

- **tensiunea de serviciu**, având frecvența industrială în cazul instalațiilor de c.a., solicitare de lungă durată, cu valori maxime prescrise;
- **supratensiunile temporare**, având durate de existență limitate, în care se depășesc valorile maxime ale tensiunii de serviciu;
- **supratensiunile de comutație**, reprezentând solicitările de scurtă durată, având forma unor oscilații amortizate;
- **supratensiunile externe**, de origine atmosferică, produse în urma descărcărilor electrice din natură (lovituri de trăsnet), având durate foarte mici și valori de vârf mari, independente de tensiunea nominală a instalației.

Pentru încercările de laborator ale izolației, supratensiunile temporare sunt asimilate cu tensiuni mărite de frecvență industrială, iar supratensiunile de comutație și cele atmosferice, cu unde de impuls de tensiune, având parametrii precizați în figura 3.1, unde s-a notat:

- u_n – valoarea de vârf;
- T_f – durata frontului;
- T_{sa} – durata de semiamplitudine;
- O_c – originea convențională.

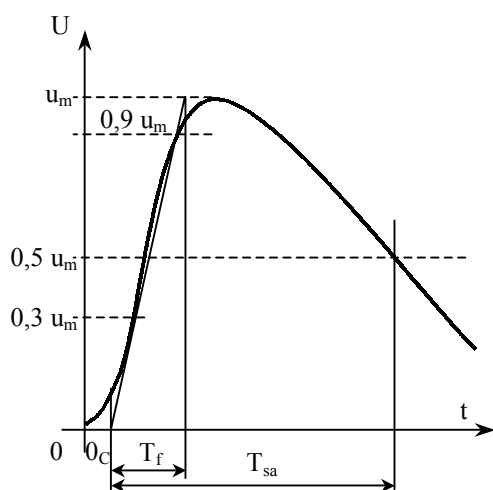


Fig. 3.1: Parametrii unei unde de impuls de tensiune

Supratensiunile atmosferice sunt modelate prin unde sarcina de impuls de tensiune de 1,2/50 μ s ($T_f = 1,2 \mu$ s, $T_{sa} = 50 \mu$ s), iar cele de comutație, cu unde de 250/2500 μ s.

Tensiunea nominală de ținere (izolație) în raport cu o anumită solicitare electrică reprezintă valoarea maximă a tensiunii de încercare respective, pe care izolația o suportă fără conturnări și străpungeri; în cazul supratensiunilor de frecvență industrială (supratensiuni temporare) durata încercării este limitată de obicei la 1 minut.

Nivelul de izolație nominal al echipamentelor de înaltă tensiune se definește prin tensiunea nominală de ținere (de izolație) la undă de impuls normală de 1,5/50 μ s, la care se adaugă fie tensiunea nominală de ținere la undă de impuls normală de 250/2500 μ s (pentru

tensiuni nominale $U_n > 300$ kV), fie tensiunea nominală de ținere la supratensiuni de frecvență industrială (pentru tensiuni nominale $1\text{kV} < U_n < 300$ kV).

În funcție de varianta constructivă, descărcătoarele electrice au rolul de a limita supratensiunile atmosferice sau atât supratensiunile atmosferice cât și pe cele de comutație la valori ale nivelului de protecție u_p , mai mici decât cele care definesc nivelul de izolație nominal; pe această cale se asigură integritatea izolației instalațiilor electrice.

3.2. Variante constructive de descărcătoare

3.2.1. Descărcătoare cu rezistenți variabilă

Partea activă a unui descărcător cu rezistență variabilă (DRV), figura 3.2a, este constituită dintr-un număr de spații disruptive (eclatoare) 1, înseriate cu rezistența variabilă 2, conținând mai multe discuri din carbură de siliciu (carborund), înseriate electric și alcătuind o coloană.

Construcția funcționează în anvelopa de porțelan 3, prevăzută cu capacele frontale metalice 4, având rol de etanșare și servind în același timp drept borne de conexiuni.

În figura 3.2b este dată schema electrică echivalentă a unui descărcător DRV. În paralel cu eclatoarele $E_1 \dots E_4$ sunt conectate rezistoarele de egalizare $R_1 \dots R_4$, având rolul de a asigura distribuția uniformă a tensiunii pe lanțul de eclatoare; cu R_0 s-a notat rezistența variabilă, de fapt un element de circuit rezistiv neliniar, cu caracteristica de tip varistor.

Simbolul unui descărcător DRV utilizat în schemele electrice este reprezentat în figura 3.2c.

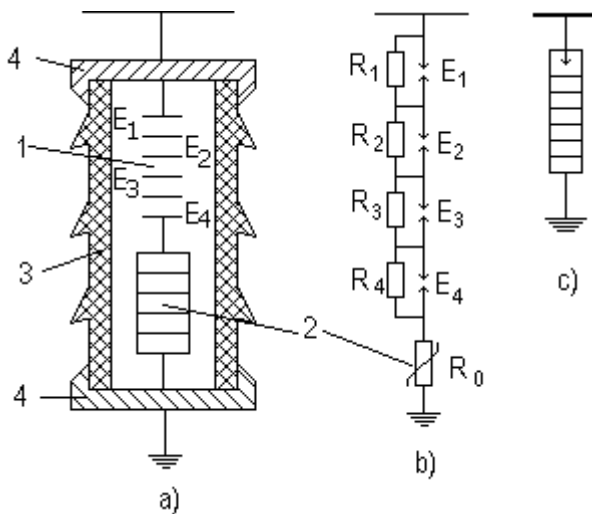


Fig. 3.2: a-partea activă a unui descărcător cu rezistență variabil (DRV); b-schema electrică echivalentă a unui DRV; c-simbolul unui DRV.

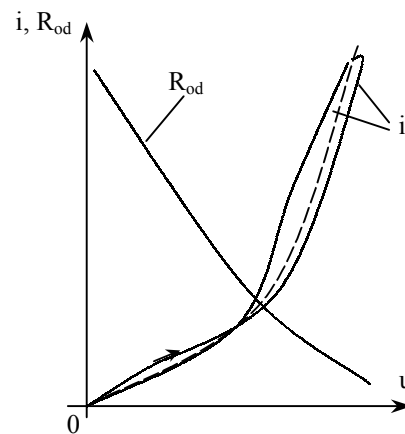


Fig. 3.3: Caracteristica volt-ampere și rezistența dinamică pentru un disc de carborund.

Caracteristica volt-ampere a discurilor de carbură de siliciu este aproximabilă cu o relație de forma:

$$i = k \cdot u^\alpha \quad (3.1)$$

unde $\alpha = 4 \div 6$ reprezintă coeficientul de nelinearitate, iar k o constantă.

Rezistența dinamică a discurilor, R_{0d} , se definește prin relația:

$$R_{0d} = \frac{du}{di} \quad (3.2)$$

prin diferențiere, din (3.1) se obține:

$$R_{0d} = \frac{1}{\alpha \cdot k \cdot u^{\alpha-1}} \quad (3.3)$$

În figura 3.3 sunt reprezentate grafic curbele $i(u)$, determinată experimental și $R_{0d}(u)$, calculată cu relația (3.3)

Oscilogramele înregistrate în timpul funcționării unui descărcător DRV sunt prezentate în figura 3.4

În regim normal de funcționare, sub acțiunea tensiunii alternative de serviciu a liniei, $u_s(t)$, prin descărcător circulă un curent de conducție având intensitatea de $0,3 \div 1$ mA, care se închide la pământ prin capacitățile dintre electrozii eclatoarelor.

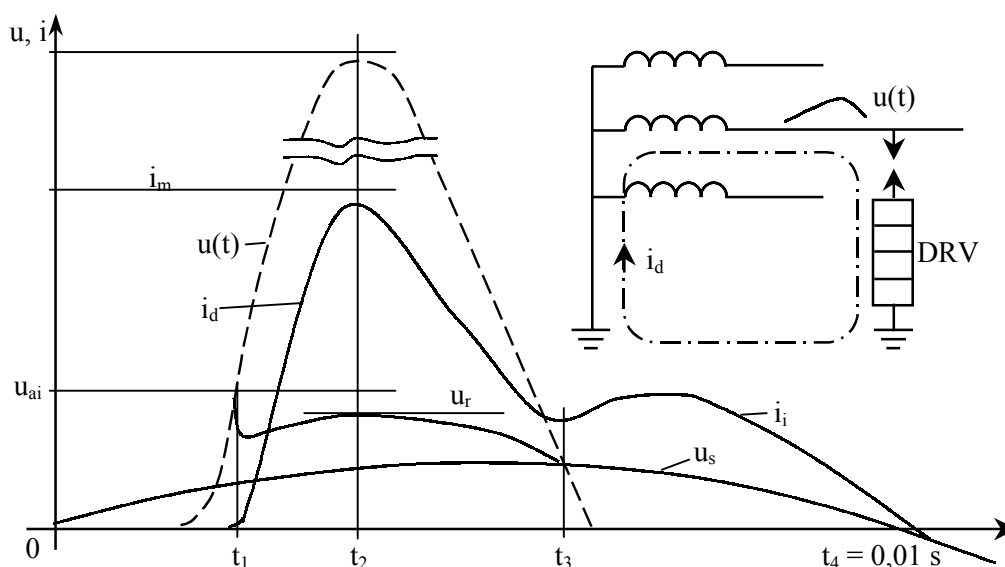


Fig. 3.4: Evoluția tensiunii și curentului pe durata funcționării unui descărcător cu rezistență variabilă.

Sub acțiunea unei unde de supratensiune $u(t)$, în momentul t_1 , când se atinge tensiunea de amorsare la impuls u_{ai} , spațiile disruptive ale eclatoarelor sunt străpunse și prin descărcător circulă curentul de descărcare i_d , sarcinile electrice corespunzătoare unde de supratensiune fiind conduse la pământ.

Valorile mari ale tensiunii aplicate descărcătorului determină un punct de funcționare corespunzător unor valori mici ale rezistenței R_{0d} , figura 3.3, unda de supratensiune fiind limitată în amplitudine. Valoarea maximă, u_r , a tensiunii la bornele descărcătorului după amorsare, se numește tensiune reziduală.

Începând din momentul t_3 , sub acțiunea tensiunii alternative de serviciu, $u_s(t)$, a liniei, în canalele descărcării inițiale dintre eclatoare se dezvoltă descărcări prin arc electric, parcurse de curentul de însoțire, i_i . Intensitatea acestui curent este limitată prin creșterea rezistenței R_{0d} a discurilor de carbură de siliciu, încât în momentul t_4 , la prima sa anulare, se obține stingerea definitivă a arcului electric amorsat la eclatoare și revenirea descărcătorului în starea inițială.

Se constată că în urma funcționării descărcătorului, unda de supratensiune $u(t)$ având valorarea de vârf u_m , figura 3.4, este limitată în amplitudine. Caracteristica volt-ampere specifică funcționării unui descărcător DRV este reprezentată în figura 3.5, unde, în acest caz, $u_p = u_r$ reprezintă nivelul de protecție, u_r fiind tensiunea nominală a descărcătorului, u_{ai} – tensiunea de amorsare la impuls pe frontul unde, 1 – caracteristica volt-ampere a discurilor din carbură de siliciu.

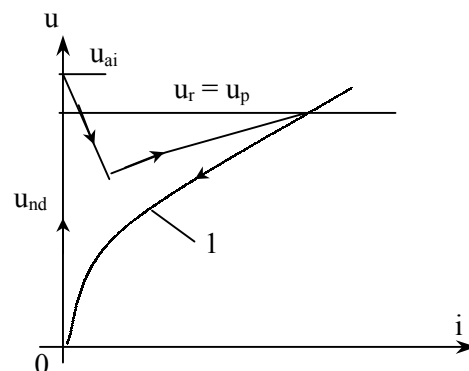


Fig. 3.5: Caracteristica volt-ampere a descărcătorului cu rezistență variabilă.

3.2.2. Descărcătoare cu rezistență variabilă și suflaj magnetic

Spre deosebire de descărcătoarele DRV, descărcătoarele cu rezistență variabilă și suflaj magnetic, DRVM, conțin bobine suplimentare de suflaj magnetic care intervin în stingerea arcului electric parcurs de curentul de însoțire. Construcția unui descărcător tip DRVM este dată în figura 3.6, unde R_0 , R_1 , R_2 , sunt elemente de tip variator din carbură de siliciu, E_1 , E_2 , E_3 eclatoare, R_e – rezistor liniar de egalizare; bobinele de suflaj magnetic de inductanțe L_{s1} , L_{s2} sunt conectate în paralel cu varistoarele R_1 , R_2 . În figura 3.6b este reprezentată schema electrică echivalentă a unui descărcător DRVM.

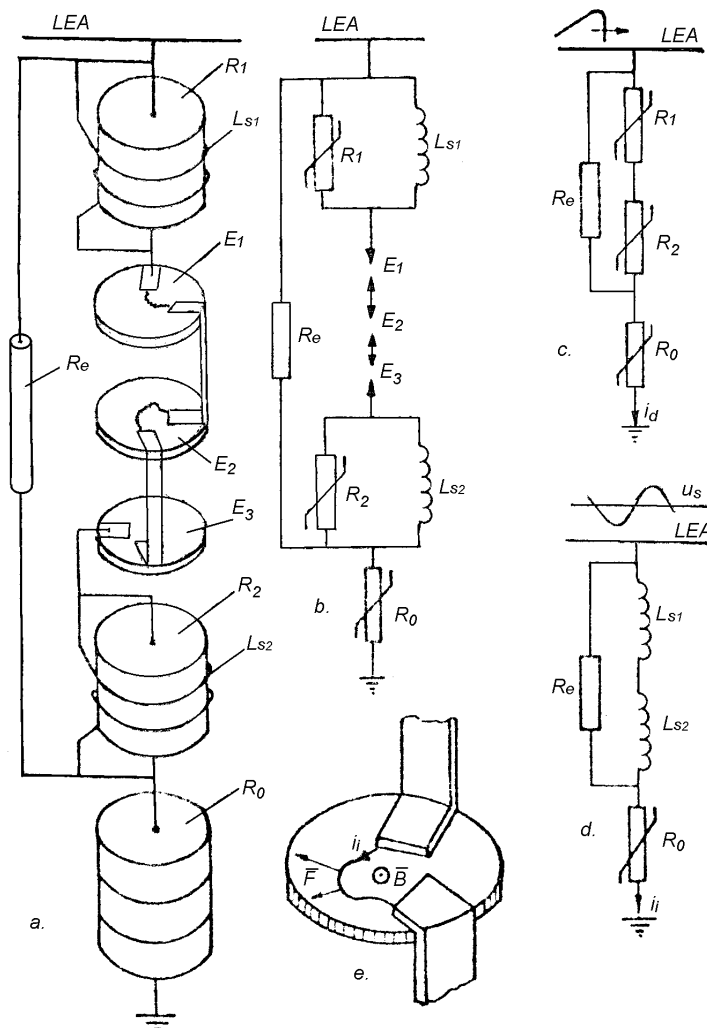


Fig. 3.6: Descărcător cu rezistență variabilă și suflaj magnetic.

Începând din momentul t_3 , curentul de însoțire i_i , produs de tensiunea de serviciu a liniei (având valorile mai mici decât cele ale undei de impuls incidente și frecvența industrială) circulă în principal pe traseul reprezentat în figura 3.6d, parcurgând bobinele de suflaj magnetic. Astfel, în zona eclatoarelor se produce un câmp magnetic de inducție B , figura 3.6e, arcul electric fiind supus forțelor electromagnetice F , care îl introduc în camera de stingere cu pereți reci (nefigurate). Se asigură în acest fel întreruperea curentului de însoțire la prima anulare a intensității acestuia.

Caracteristica volt-ampere corespunzătoare funcționării unui descărcător tip DRVM este reprezentată grafic în figura 3.7, unde notațiile au aceleași semnificații ca la figura 3.5.

3.2.3. Descărcătoare cu oxizi metalici

Construcția și funcționarea descărcătoarelor cu oxizi metalici se bazează pe utilizarea, ca element cu caracteristică de tip varistor a unui material ceramic obținut prin sinterizare din oxizi metalici (ZnO , Bi_2O_3 , CoO , etc.). Structura masei sinterizate este aproape matricială, figura 3.8, conținând granule de ZnO , cu o bună conductivitate electrică, înconjurate de o peliculă foarte fină din Bi_2O_3 , care dă caracterul puternic neliniar al conducției electrice printr-un astfel de material.

Caracteristica volt-ampere a discurilor astfel obținute, reprezentată grafic în figura 3.9, este aproximabilă cu o relație de forma (3.1), coeficientul de neliniaritate având valori $\alpha > 20$. În aceste condiții, în construcția descărcătorului nu mai sunt necesare spațiile disruptive ale eclatoarelor și nici rezistoarele de egalizare. Variantele constructive realizate, figura 3.10, conțin

Până în momentul t_3 , figura 3.4, funcționarea descărcătoarelor tip DRV și DRVM decurge în același mod. Traseul pe care circulă curentul de descărcare, i_d , la descărcătoarele DRVM este reprezentat în figura 3.6c; acesta este justificat de faptul că rezistențele dinamice ale rezistoarelor R_1 , R_2 au valori mici (tensiunea are valori mari, figura 3.3) în timp ce reactanțele inductive ale bobinelor de suflaj magnetic sunt de valori mari (componentele spectrului armonic al curentului de descărcare sunt de frecvențe înalte).

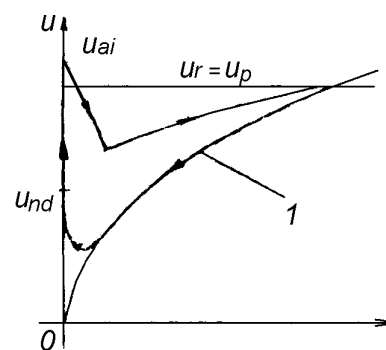


Fig. 3.7. Caracteristica volt-ampere a descărcătorului cu suflaj magnetic.

elementele de bază ale unui descărcător cu oxizi metalici: 1-borne de conexiuni, 2-discuri din oxizi metalici, 3-piesă metalică, 4-corp din rășină sintetică turnată.

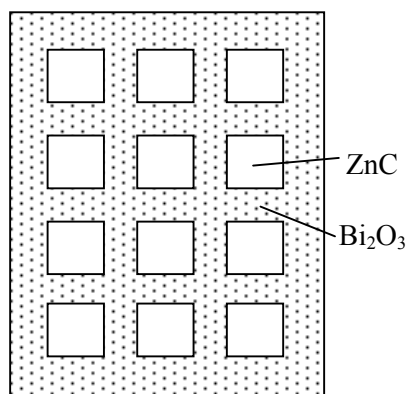


Fig. 3.8: Structura masei sinterizate a descărcătorului cu oxizi metalici.

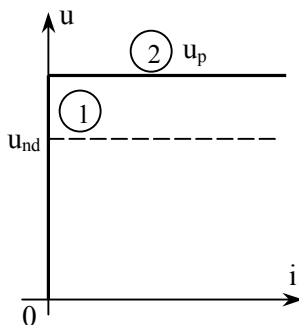


Fig. 3.9: Caracteristica volt-ampere ideală.

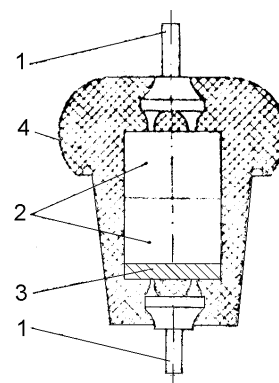


Fig. 3.10: Variația constructivă de descărcător cu oxizi metalici.

Sub acțiunea tensiunii de serviciu, prin descărcător trece un curent capacitiv de mică intensitate ($0,5 \div 3$ mA), punctul de funcționare situându-se pe porțiunea (1), de impedanță maximă, a caracteristicii. La apariția unei unde de impuls de tensiune, punctul de funcționare se deplasează pe porțiunea de impedanță mică (2), figura 3.9 și supratensiunea este limitată la valoarea nivelului de protecție u_p .

În comparație cu tehnica clasică (DRV, DRVM) descărcătoarele cu oxizi metalici prezintă importante avantaje, dintre care se menționează:

- simplitatea constructivă, obținută prin eliminarea eclatoarelor și a dispozitivelor aferente (combinațiile eclatoare-varistoare din oxizi metalici, atunci când sunt utilizate, permit obținerea unor parametri funcționali superiori celor specifici tehnicii clasice);
- gabarite și mase reduce;
- capacitate de descărcare sporită, stabilitate la supratensiuni temporare având durate limitate, niveluri de protecție mai scăzute.

3.3. Programul lucrării

3.3.1. Studiul construcției descărcătoarelor existente la lucrare

Se notează tipul constructiv și parametrii nominali ai descărcătoarelor existente la lucrare. Se studiază construcția acestora, identificându-se și schițându-se elementele componente.

3.3.2. Determinarea experimentală a caracteristicii volt-ampere pentru un disc de carbură de siliciu

Se utilizează montajul având schema electrică prezentată grafic în figura 3.11.

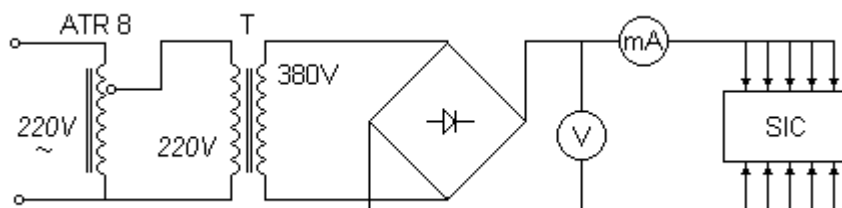


Fig. 3.11: Schema electrică a montajului de verificare a discurilor de carbură de siliciu.

Cu ajutorul autotransformatorului ATR-8 se crește tensiunea aplicată discului din carbură de siliciu, înregistrându-se valorile corespunzătoare ale intensității curentului. Datele obținute se trec în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1.

Disc SiC cu dimensiunile: $\phi = ______ [mm]$; $h = ______ [mm]$							
U [V]		100	200	300	400	500	600
I [A]	Măsurată						
	Calculată						
R ₀ [Ω]	Măsurată						
	Calculată						
R _{0d} [Ω]	Măsurată						
	Calculată						
K = , $\alpha = \dots\dots\dots$ [unități SI]							

3.3.3. Calculul parametrilor k și α

Caracteristica volt-ampere determinată experimental la § 3.1 se aproximează cu funcția (3.1). Din tabelul 3.1 se aleg două puncte de funcționare, suficient de îndepărtate, de coordonate (U_1, I_1), (U_2, I_2), cu care se formează sistemul de ecuații

$$I_1 = k \cdot U_1^\alpha, \quad I_2 = k \cdot U_2^\alpha \quad (3.4)$$

rezolvând sistemul de ecuații (3.4), se determină valorile parametrilor k și α , care se trec în tabelul 3.1.

3.3.4. Determinarea rezistențelor discului din carbură de siliciu

Cu datele obținute la § 3.2 și conținute în tabelul 3.1 se calculează valorile rezistenței statice, R_0 , dată de relația:

$$R_0 = \frac{U}{I} \quad (3.5)$$

și cele corespunzătoare rezistenței dinamice, R_{0d} , ale discului din carbură de siliciu.

Pentru determinarea rezistenței dinamice, relația (4.2) se consideră în diferențe finite, sub forma:

$$R_0 = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (3.6)$$

Rezultatele obținute se consemnează în tabelul 3.1.

3.3.5. Determinarea prin calcul a caracteristicilor discului din carbură de siliciu

Utilizând relațiile (3.1), (3.3), (3.5) și valorile parametrilor k și α , pentru fiecare valoare a tensiunii din tabelul 3.1 se calculează intensitatea I a curentului prin disc, precum și valorile rezistențelor R_0 , R_{0d} ale acestuia.

Rezultatele obținute se trec în tabelul 3.1.

3.4. Conținutul referatului

- 1) Schema electrică a montajului utilizat pentru încercări;
- 2) Tabelul 3.1, cu datele prelucrate;
- 3) Trasate grafic curbele $I(U)$, $R_0(U)$, $R_{0d}(U)$, determinate experimental, respectiv prin calcul;
- 4) Observații și concluzii privind construcția și parametrii nominali ai descărcătoarelor studiate.

3.5. Bibliografie

/1/ Baraboi A., Echipamente electrice, curs. Univ. Tehnică „Gh. Asachi” Iași, 1989, p.163-166.

/2/ Gheorghiu Ioan, Popa Sorin Eugen, Puiu-Berizintu Mihai, "Echipamente electrice pentru centrale, stații și posturi de transformare", Ed. Tehnica-Info Chișinău, 2003.