

ELABORAREA UNUI MODEL TERMIC PENTRU VARISTOARELE CU RADIATOARE PLATE

Luiza POPA, Claudia POPESCU, Mihai Octavian POPESCU

*Universitatea Politehnica din București
Facultatea de Electrotehnică*

Abstract

ZnO varistors are largely used for overvoltage protection of power semiconductor devices. Low voltage varistors may have structural non-homogeneities which influences their behavior. The paper presents a theoretical and experimental study about non-homogeneities characterization and their influences about the electric field and power losses in the block of the varistor.

Rezumat

Varistoarele pe bază de oxid de zinc și-au găsit aplicații pe scară largă în ultimii ani datorită faptului că oferă o soluție eficientă de protecție la supratensiuni provenite din diverse surse și în același timp o soluție ieftină. Varistoarele de joasă tensiune pot avea neomogenități structurale care influențează comportarea lor. Lucrarea prezintă un studiu teoretic și experimental privind caracterizarea acestor neomogenități precum și influența acestora asupra intensității câmpului electric și a pierderilor locale în interiorul varistorului cu ZnO.

1. INTRODUCERE

Varistoarele cu oxid de zinc sunt rezistoare neliniare, a căror caracteristică curent - tensiune prezintă o variație foarte bruscă a rezistenței electrice dinamice, în jurul unei anumite valori a tensiunii electrice aplicate.

Această comportare le-a impus ca elemente de protecție la supratensiuni a rețelilor și echipamentelor electrice.

În comparație cu alte dispozitive de protecție folosite până în prezent, varistoarele cu oxid de zinc prezintă numeroase avantaje și anume: capacitate mare de absorbție a energiei, neliniaritate pronunțată, timp de răspuns rapid, pierderi reduse la tensiunea nominală, preț de cost relativ redus. Unul din principalele lor neajunsuri este însă faptul că, pierderile de putere la tensiunea de serviciu cresc odată cu temperatura, datorită dependenței caracteristicii elementului neliniar de temperatură.

Varistorul (rezistor variabil cu tensiunea, RVT) este o componentă a cărei conductanță, la o temperatură dată, crește rapid. Această proprietate este exprimată prin formula:

$$I = KU^\alpha \quad (1)$$

unde: U = tensiunea aplicată pe varistor, I = curentul ce trece prin varistor, α = indice de tensiune, K = constantă.

Degradarea unui varistor pe bază de ZnO apare ca efect a modificării caracteristicii electrice în mod esențial în zona curenților slabi și a diminuării coeficientului neliniar α . Ele fac ca varistoarele să fie incapabile să mai asigure protecția în funcționare.

Sfârșitul de viață al unui varistor rezultă, în cele mai multe cazuri, din cauza unei

catastrofe termice. Există mai multe cauze de degradare ale varistoarelor. Spre exemplu, neomogenitățile de material din pastila varistorului sau de pe suprafața acestuia pot constitui concentratori de câmp care duc la încălzirea și chiar la distrugerea varistorului.

2. EFECTELE NEUNIFORMITĂȚILOR GEOMETRICE

În continuare se studiază cazurile în care în blocul varistorului apare un defect fie de tip rectangular, fie de tip vârf, reprezentând 10% din grosimea varistorului. În zona defectului apare un concentrator de câmp și deci valoarea intensității câmpului electric crește foarte mult, așa cum se arată în figurile 1 și 2.

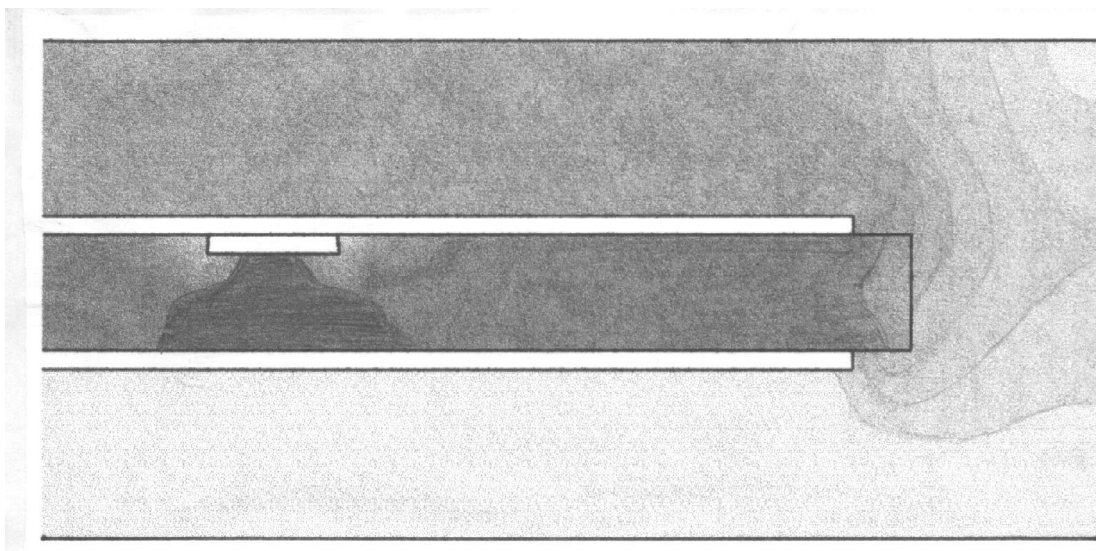


Fig. 1. Suprafețe echipotențiale în cazul unui defect de tip dreptunghi

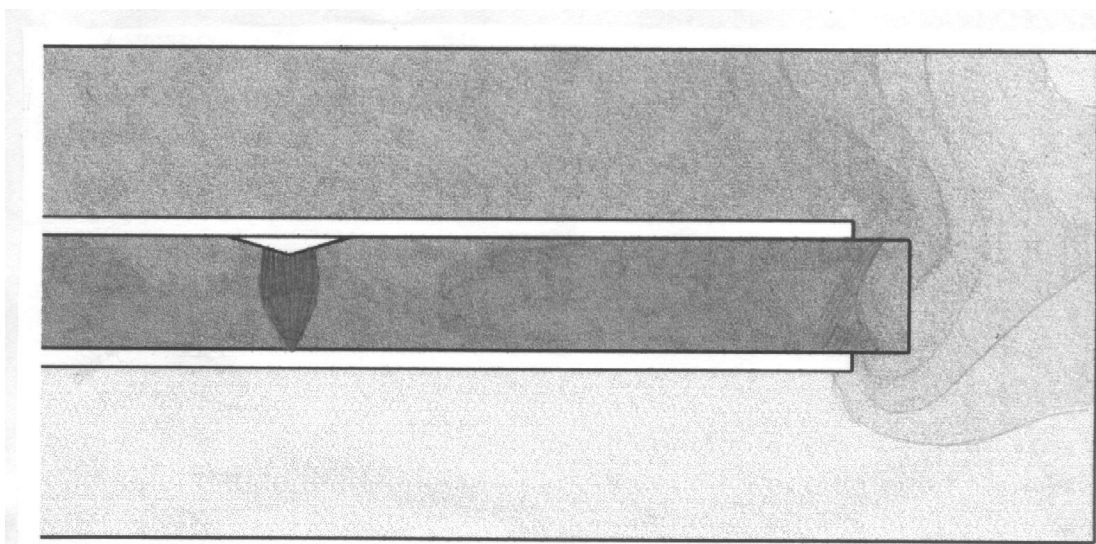


Fig. 2. Suprafețe echipotențiale în cazul unui defect de tip vârf

Pentru un defect de aproximativ 10 % din grosime s-a constatat o creștere a intensității câmpului de cca 30 %.

În diagrama din figura 3 s-a reprezentat intensitatea câmpului electric pentru cele trei cazuri : varistorul 1 este varistorul fără defect, varistorul 2 este varistorul cu defect de tip

rectangular și varistorul 3 este varistorul cu defect de tip triunghiular.

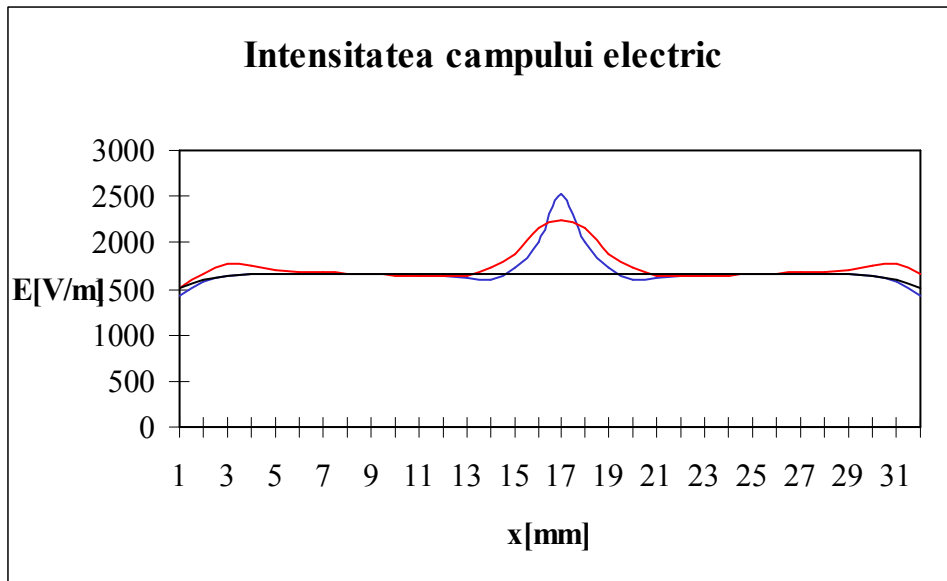


Fig. 3 - Intensitatea câmpului electric în funcție de distanță pentru cele trei cazuri de varistoare cu oxid de zinc

Aceste tipuri de defecte considerate duc la o încălzire neuniformă a blocurilor varistoarelor, la un proces de îmbătrânire accelerată.

3. PIERDERILE LOCALE ÎN INTERIORUL VARISTORULUI CU ZNO

Degradarea unui varistor cu ZnO poate să se traducă în diagrama curent-tensiune printr-o diminuare a tensiunii de prag și a unei creșteri a curentului rezidual.

Caracteristica $I(V)$ în starea inițială și diferite faze de îmbătrânire este prezentată în figura 4[1][8].

Fenomenul de îmbătrânire pus în evidență de Bui și colaboratorii săi constă în creșterea curentului rezidual. Relațiile care aproximează aceasta sunt următoarele:

$$I = K_1 U^\alpha \tag{2}$$

$$K_n = mK_1 \tag{3}$$

unde m este un coeficient de degradare care ia următoarele valori: 1,05 ; 1,1 ; 1,2 ; ...; 2,1 pentru intervale de timp diferite.

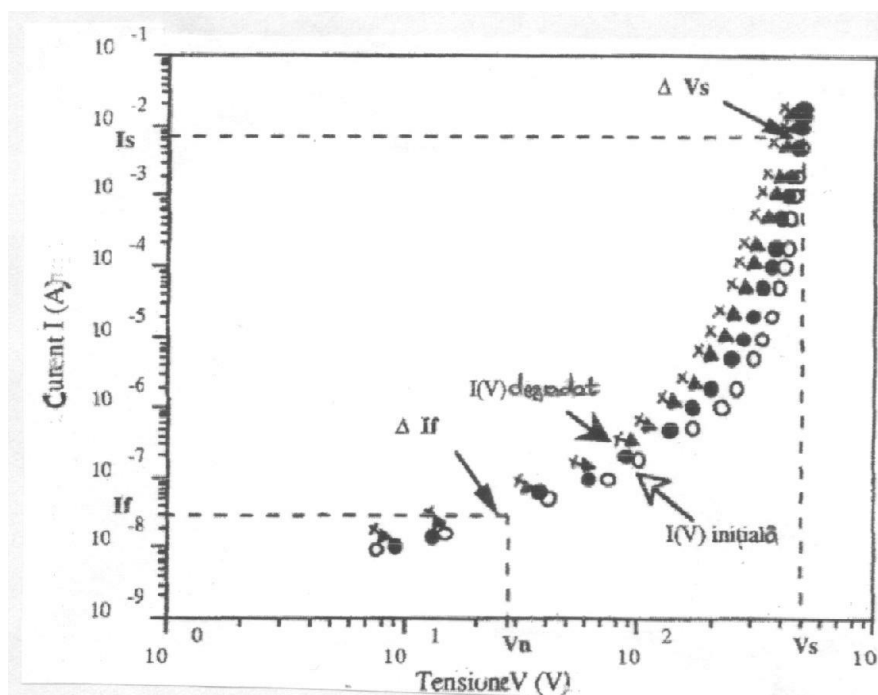


Fig. 4. Caracteristica I(V) inițială și în diverse stări de degradare

În funcție de aceste valori ale factorului K s-au studiat pierderile locale p în interiorul varistoarelor cu ZnO, conform legii lui Joule:

$$p = \sigma E^2 \quad (4)$$

$$J = \sigma E \quad (5)$$

$$J = \frac{I}{A} \quad (6)$$

$$E_0 = \frac{U}{g} \quad (7)$$

$$I = KU^\alpha \quad (8)$$

$$p = \sigma E_0^2 = \frac{g^\alpha K}{A} E_0^{\alpha+1} \quad (9)$$

unde σ - este conductivitatea, g - este grosimea varistorului și A - este aria longitudinală a varistorului.

Pierderile locale în diverse stadii ale îmbătrânirii varistoarelor sunt prezentate în continuare; considerând o discretizare a domeniului.

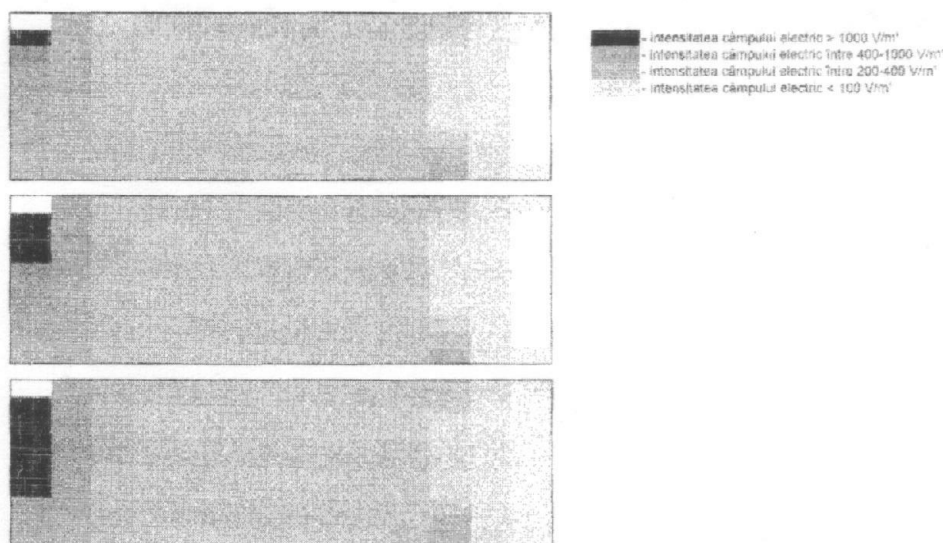


Fig.5. - Pierderile locale în diverse stadii ale îmbătrânirii varistorului

Se observă ușor că pe măsură ce timpul trece și materialul îmbătrânește, zona supraîncălzită evoluează pe direcția gradientului maxim și aceasta va conduce la o perforare a varistorului.

4. CONCLUZII

Fenomenele globale de îmbătrânire de material conduc la creșterea curentului rezidual și prin efecte cumulative la defectarea varistorului. În lucrare s-a pus în evidență un mecanism de inițiere a defectelor care conduce la perforare sau spargere. Această evoluție este asemănătoare cu cele descrise în literatura de specialitate, dar specifică varistoarelor de joasă tensiune.

Efectul cumulat al unor astfel de zone este apariția de puncte calde, în care îmbătrânirea materialului este mult accelerată. Consecința este un proces de degradare evolutiv de tip "carie" care avansează și produce în final o gaură în material sau spargerea sa la apariția unor supratensiuni de mare amplitudine. Acest mecanism este o propunere originală rezultată din cercetările anterioare și confirmată de literatura de specialitate.

Caracterizarea neomogenității s-a făcut prin măsurarea caracteristicii $u - i$, în diferite zone. Diferențele găsite se încadrează într-o plajă de 10%.

Este important să studiem comportamentul varistoarelor pe bază de ZnO la apariția supratensiunilor, cât și modul lor de degradare în funcție de energia absorbită, de impuritățile care apar în structura varistorului și de defectele de fabricație. Degradarea unui varistor pe bază de ZnO apare ca efect a modificării caracteristicii electrice în mod esențial în zona curenților slabi și a diminuării coeficientului neliniar α . Acestea fac ca varistoarele să fie incapabile să mai asigure protecția în funcționare.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Ai Bui, Huu Tri Nguyen, André Loubiere – High-Field ZnO-Based Varistors – Journal of Applied Physics, vol.28, February 1995
2. Bui Ai, André Loubiere and Mohammad Raza Meshkatoddini – Degradation Study of Oil-Immersed ZnO-Based Varistors – Fourth Middle East Power System Conference MEPCON '96, January 1996
3. V. Truşcă, M.O.Popescu, C.L. Popescu – ZnO Low Voltage Varistors Characteristic Measurements – Symposium on Advances Topics in Electrical Engineering ATEE '98, Bucharest
4. T.K. Gangopadhyay, S.N. Roy, C.K.Roy,P.K.Bhattacharya – Development of Metal Oxide Varistor Element for Power Systems – IEEE Transaction on Power Delivery, 1996
5. Nguyễn Huu Tri, Bui Ai, André Loubière – La tenue aux chocs des varistances ZnO à haut champ de seuil (Pulse withstandability of the high – field ZnO varistors) – Journal of Applied Physics 28 (1995) 1723-1728
6. Dorlanne O., Bui Ai, u.a. – Electrical Characteristics of Zinc Oxide Varistors Subjected to Hydrostatic Pressure –Journal of Applied Physics, Vol.57, No.12, pg.5535-5538, June 1985
7. Eda K. – Destruction mechanism of ZnO varistors due to high currents – J. Appl. Phzs., 56, No.10, p.2948, 1982
8. Bui A., Abdullah K., Loubière A., Tao M., Nguyen Q.C. – Impulse degradation analysis of ZnO based varistors by AC impedance measurements – J. Phys. D. Appl. Phys., 24, p.757, (1991)
9. Popescu M.O., Popescu Cl. , Popa L. – La protection des semiconducteurs avec des varistances ZnO – Proc. of ICATE '98, Craiova , p. 6-11
10. Truşcă V., M.O. Popescu, Cl. Popescu – ZnO Low Voltage Varistors Characteristic Measurements – Symposium on Advances Topics in Electrical Engineering ATEE'98, Bucharest, p. 125-136