

# TRACKING AND EROSION TEST- WHEEL TEST

A. VINTILA, B. CARAIMAN, I. BURCIU, M. TEODORESCU

ICMET Craiova, [micro@icmet.ro](mailto:micro@icmet.ro)

**Abstract** – The paper will deal with the electrical behaviour of insulating materials with a hydrophobic surface in an accelerating aging test - the tracking wheel test. The measurements include the leakage current . ICMET Craiova holds the necessary competence in the composite insulators tracking and erosion testing and can offer turn-key (design, manufacturing and installation) Tracking Wheel Test Laboratory.

**Keywords:** composite electrical insulator, tracking and erosion test, leakage current

## 1. INTRODUCERE

Izolatoarele polimerice sunt constituite fie dintr-un material izolant (izolatoare pe bază de rășină) fie din două sau mai multe materiale izolante (izolatoare compozite). Materialele izolante sunt, în general, materiale organice reticulate sintetizate chimic din carbon sau silicon, ele formând corpul izolant. Materialele izolante pot fi compuse din materiale organice care conțin diverse componente organice și anorganice cum ar fi materiale de etanșare și de umplutură. Armăturile de capăt sunt utilizate la capetele corpului izolant pentru a transmite sarcinile mecanice. Cu toate aceste trăsături caracteristice comune, materialele utilizate și detaliile de construcție folosite de diferiți fabricanți pot fi foarte diferite.

Încercările grupate sub denumirea de “Încercări de proiectare” se realizează o singură dată pentru izolatoarele de același tip. Încercările de proiectare se fac cu scopul de a elimina proiectele de izolator, materialele sau tehnologiile de fabricație care nu sunt potrivite pentru aplicații la înaltă tensiune. Influența timpului în proprietățile electrice ale unui izolator polimeric complet sau ale componentelor (materialul miezului, carcasa, interfețe, etc.) trebuie să fie luată în considerare în specificarea încercărilor de proiectare cu scopul de a asigura o durată de viață satisfăcătoare în condiții normale de mediu și de funcționare.

Încercările la urme și eroziune sunt considerate ca încercări de selecție pentru respingerea materialelor sau proiectelor inadecvate. Aceste încercări nu au scopul de a prevedea performanțe de lungă durată pentru izolatoarele care funcționează în condiții de solicitări multiple. Izolatoarele compozite se utilizează atât în sistemele de curent continuu, cât și

în cele de curent alternativ. Contrar acestui fapt nu a fost definită și acceptată o metodă specifică de încercare la urme și eroziune pentru sistemele de curent continuu ca încercare de proiectare. Încercarea de 1000 h în curent alternativ la urme și eroziune este utilizată pentru a stabili un minim de cerințe pentru rezistența la urme a materialului carcasei.

EN 62217 se aplică izolatoarelor polimerice care au corpul izolant constituit din unul sau mai multe materiale organice. Izolatoarele polimerice care fac obiectul acestui standard includ atât izolatoarele cu miez solid cât și izolatoarele cu miez tubular (izolatoarele carcasa). Ele se utilizează în liniile electrice aeriene și în aparatajul de interior și de exterior cu tensiunea nominală mai mare de 1000 V.

## 2. INCERCAREA LA URME SI EROZIUNE CU METODA ROTII

### 2.1. Epruvete de încercare

Din linia de fabricație trebuie luate două izolatoare identice pentru încercare cu linia de fugă cuprinsă între 500 mm și 800 mm. Dacă astfel de izolatoare nu pot fi luate din linia de fabricație, se taie epruvete speciale de încercare din alte izolatoare astfel încât linia de fugă să se încadreze în valorile precizate. Aceste epruvete speciale de încercare trebuie să fie echipate cu armături metalice din producția de serie. Pe o roată pot fi încercate simultan până la două perechi de epruvete de încercare. Este recomandat să nu se amestece diferite materiale pe aceeași roată (Fig.1.).

### 2.2. Metoda de încercare

Epruvetele de încercare trebuie să fie spălate cu apă deionizată înainte de începerea încercării. Epruvetele de încercare se montează pe roată așa cum este prezentat în figura 1 de mai jos. Ele trec prin patru poziții într-un singur ciclu. Fiecare epruvetă de încercare rămâne timp de 40 s în fiecare din cele patru poziții. Rotația la 90° de la o poziție la alta durează 8 s. În prima parte a ciclului izolatorul este scufundat într-o soluție salină. Partea a doua a ciclului de încercare permite excesului de soluție salină să picure de pe epruvetă asigurând astfel o umezire ușoară a suprafeței dată de creșterea descărcărilor de-a lungul benzilor uscate formate în timpul celei de a treia părți a ciclului. În această parte

epruveta este supusă la tensiune la frecvență industrială. În ultima parte a ciclului de încercare suprafața epruvetei astfel încălzită, prin descărcările de bandă uscată, este supusă răcirii.

Soluția salină trebuie să fie înlocuită săptămânal. Sunt permise întreruperi săptămânale ale încercării pentru inspecții, fiecare dintre ele nefiind mai mare de 1 h. Perioadele de întrerupere nu intră în calculul perioadei de încercare. Este permisă o singură întrerupere mai mare de până la 60 h. Se adaugă un timp suplimentar de încercare de trei ori durata perioadei de inspecție. Raportul final de încercare trebuie să includă detalii despre toate întreruperile.

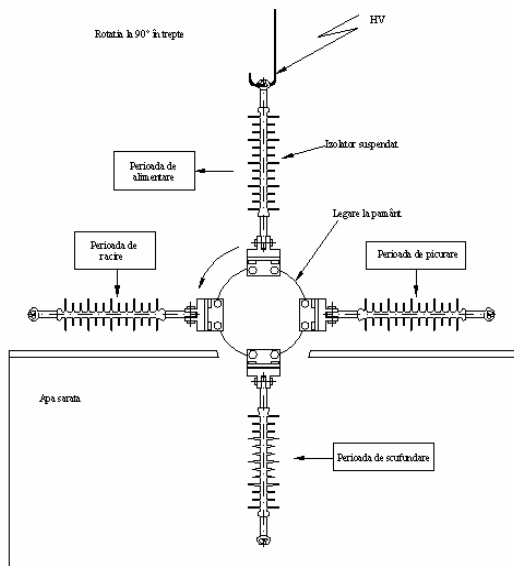


Fig. 1. Încercarea la urme și eroziune – metoda roții

### 2.3. Condiții de încercare

Solicitări electrice:

- Tensiunea de încercare la frecvență industrială în kV este determinată prin împărțirea la 28,6 a liniei de fugă reale în milimetri
- Conținutul de NaCl al apei deionizate: 1,40 Kg/m<sup>3</sup> ±0,06 Kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura ambiantă: 20°C ± 5 K
- Durata încercării: 30 000 cicluri

### 2.4. Criterii de acceptare

Epruvetele de încercare de același tip trebuie să fie evaluate împreună. Perechi de epruvete de încercare de diferite tipuri trebuie să fie evaluate separat. Numărul de conturnări și întreruperi trebuie să fie înregistrat și notat în raportul de încercare.

Încercarea se consideră satisfăcătoare dacă pe epruvetele de încercare:

- nu apar urme (pe părțile suspecte trebuie aplicat un megohmetru de 1 kV DC sau mai mare. Probele

trebuie să fie între 5 mm până la 10 mm separat. O rezistență mai mică de 2 MΩ poate constitui defect);

- pentru izolatoarele compozite: adâncimea eroziunii este mai mică de 3 mm și nu trebuie să atingă miezul, dacă se aplică;

- pentru izolatoarele din rășină: adâncimea eroziunii este mai mică de 3 mm;

- nu este străpunsă nici o rilă, carcasă sau interfață.

Încercarea la urme și eroziune a izolatoarelor compozite este o încercare obligatorie de proiectare și de tip, conform EN 62217. Încercările de proiectare sunt destinate verificării conformității proiectării, materialelor și metodelor de fabricație (tehnologie), iar încercările de tip se fac cu scopul de a verifica caracteristicile principale ale izolatoarelor de tip compozit, caracteristici care depind, în principal, de forma și dimensiunea acestora. Încercările de tip se fac izolatoarelor de tip compozit care au trecut încercările de proiectare. Aceste încercări determina, în cel mai înalt grad, calitatea izolatoarelor compozite, izolatoare ce vor înlocui în totalitate, în viitorul apropiat (datorita avantajelor tehnico-economice și de protecția mediului) izolatoarele din portelan sau sticla.

## 3. DESCRIEREA LABORATORULUI PENTRU ÎNCERCAREA LA URME ȘI EROZIUNE

Laboratorul LIUE este compartimentat în două zone astfel:

### 3.1. Camera de încercare

În acest compartiment este poziționat autotransformatorul (Fig.2.), acționat de un motor electric de curent continuu, pentru reglarea tensiunii. Tensiunea de ieșire a autotransformatorului constituie tensiunea de intrare pentru transformatorul de înaltă tensiune (Fig.3.).



Fig.2. Autotransformator reglabil ESS 230/230/110 MDC

Condiția pe care trebuie să o îndeplinească transformatorul de înaltă tensiune este aceea de a nu scădea tensiunea de încercare mai mult de 5% la un curent rezistiv de 250 mA.

Ușa de acces în compartimentul de încercare este prevăzută cu senzor de ușă deschisă ce are rolul a opri alimentarea cu tensiune a autotransformatorului. În camera de încercare se află de asemenea Ansamblu suport mecanism rotire izolatoari (Fig. 5.) format din cuva cu soluție salină, sistemul electromecanic de rotire izolatoari de încercat și indexare la  $90^\circ$ , divizorul de tensiune pentru măsurarea tensiunii de încercare (Fig. 4). Metoda de verificare prevede dispunerea a patru izolatoare pe un ax, la un unghi de  $90^\circ$  între pozițiile acestora, în direcție radială (Fig 2). În prima parte a ciclului de încercare, izolatorul este cufundat într-o soluție salină cu o concentrație stabilită de  $1,4 \text{ Kg/m}^3 \pm 0,06 \text{ Kg/m}^3$ .

Transformator de putere  
monofazat, ridicător de tensiune



Divizor capacitiv de tensiune

Fig.4. Vedere din interior - cameră de încercare

În a doua parte a ciclului de încercare, excesul de soluție salină va picura de pe izolator în baia cu soluție.

În a treia parte a ciclului de încercare, izolatorul va fi supus tensiunii de încercare. Această tensiune depinde de lungimea liniei de fugă pentru izolatorul ce se supune încercării, astfel:

-izolator cu lungimea minimă a liniei de fugă de 500 mm, tensiunea de încercare va fi de 17,5 kV;

-izolator cu lungimea maximă a liniei de fugă de 800 mm, tensiunea de încercare va fi de 28 kV.

În a patra parte a ciclului de încercare (ultima parte) suprafața izolatorului care a fost încălzită la pasul trei al ciclului (aparitia benzilor de scântei) se va raci înainte de introducerea în soluția salină.

Timpul de menținere a izolatoarelor la fiecare post de încercare este de 40 sec și timpul de trecere între

două posturi este de aproximativ 8 sec. Comanda este dată de sistemul de comandă cu came și optocuplare.



Fig.5. Ansamblu suport mecanism rotire izolatoari

Încercarea la urme și eroziune a izolatoarelor compozite va dura 30000 cicluri. Pentru execuția unei încercări complete, timpul de încercare se calculează astfel:

$T_i = 30000 \times [4 \times (40 + 8)] = 5.760.000 \text{ sec} = 1600 \text{ ore} = 67 \text{ zile}$   
Evacuarea săptămânală a soluției salină se face către exterior. Soluția salină proaspătă se pregătește în cuva și se verifică pentru a asigura concentrația cerută  $1,40 \text{ Kg/m}^3 \pm 0,06 \text{ Kg/m}^3$ . Alimentarea cu soluție salină, după golirea cuvei de încercare, se face de către motopompa, atașată cuvei.

Compartimentul de încercare este un compartiment închis, temperatura de  $20^\circ\text{C} \pm 5\text{K}$  este asigurată de o instalație de condiționare a aerului.

### 3.2. Camera de comandă și control

În acest compartiment se află pupitrul de comandă, calculatorul, interfața și dulapul de acționare (Fig.6.). Interfața pentru echipament LIUE este dezvoltată în jurul unui microcontroller pe 8 biți care comandă desfășurarea întregului proces de măsurare. Microcontrollerul firmei Microchip, PIC 18F452, oferă toate facilitățile necesare implementării sistemului și anume:

- frecv. de lucru: 20 MHz;



Fig.6. Vedere interioară cabină comandă și control

- 368 octeți memorie de date RAM;
- 256 octeți memorie EEPROM;
- 16 Kocteți memorie flash program;
- 33 linii intrare/ieșire;
- convertor analog-digital pe 10 biți cu 8 canale de intrare;
- interfață serială USART;
- 3 timere pe 16 biți.

Rolul interfeței este acela de a permite condiționarea semnalelor analogice provenite de la senzorii de tensiune de încercare și curent de scurgere în scopul adaptării la domeniul de măsurare al intrarilor convertorului analog-numeric ( 0 ..+ 5 Vcc ), de a determina poziția curentă a celor 4 izolatoare supuse încercării, de măsurare propriu-zisă a tensiunii, curentului de scurgere și a temperaturii mediului și transmisie la calculatorul PC folosind interfața serială RS-232 a acestor date, aceasta cuprinde următoarele blocuri:

- 1.Voltmetru de valoare de vârf a tensiunii de încercare
- 2.Ampermetru de valoare de vârf al curentului de scurgere
- 3.Termometru numeric
- 4.Circuit pentru determinarea poziției izolatoarelor.

Voltmetru de valoare de vârf – este compus dintr-un divizor capacitiv, circuit analogic pentru determinarea voleri de vârf al tensiunii și un convertor analog numeric.

Ampermetru de valoare de vârf – valoarea curentului de scurgere este sesizată de un traductor cu sonda Hall urmat de un circuit ce determină valoarea de vârf și un convertor analog numeric.

Termometrul numeric este realizat cu circuite specializate din gama DS1820 cu rezoluția de 0.5 °C. Circuitul pentru determinarea poziției izolatoarelor este compus dintr-un sistem de came și optocuploare. Toate informațiile ( tensiune, curent, temperatură și poziție izolatoare ) sunt oferite operatorului pe un afișaj matricial LCD 4x16 caractere și transmise calculatorului pentru interpretarea rezultatelor.

Deasemenea interfața asigură decuplarea echipamentului de încercare în cazul depășirii curentului de deconectare preprogramat.

Calculatorul PC preia datele de la sistemul numeric de achiziție de date cu microcontroller, le prelucrează și le memorează într-un fișier text în vederea întocmirii raportului de încercare. Acesta poate fi tipărit la imprimanta cu jet de cerneală , format A4 cu interfață serială USB, atașată sistemului.

Configurația minimală este următoarea:

- monitor 17” cu rezoluție minim 1024 x 768;
- tastatura și mouse PS/2;
- procesor Pentium IV 3 GHz;
- 1 GB memorie RAM;
- hard disc 200 GB ;
- unitate optica DVD;
- porturi seriale: 2 x RS-232 ( opțional convertor USB-RS-232 );
- port USB pt. imprimantă;
- sistem operare Windows XP Professional;
- imprimanta format A4 cu jet de cerneală.



Fig.7. Vedere în interior-dulap acționare DAE-LIUE

## 4. SOFT

### 4.1. Algoritmul programului

Realizat în limbajul Basic folosind compilatorul mikroBasic al firmei Mikroelektronika SRL, programul care gestionează funcționarea sistemului

numeric de achiziție de date implementează următorul algoritm:

1. Inițializare Sistem numeric de achiziție de date cu microcontroller
2. Așteptare comanda START ÎNCERCARE (primește de la calculatorul PC caracterul „S”)
3. Detectează poziția izolatorului supus încercării (4 intrări pentru cei 4 izolatori – RB3 ÷ RB0)
4. Măsoară tensiunea de încercare (convertor analog-numeric, canal 0)
5. Măsoară curentul de scurgere (convertor analog-numeric, canal 1)
6. Măsoară temperatura mediului (senzor de temperatura one-wire 18S20 pe pinul de intrare/iesire RE0)
7. Formează mesajul ce va fi transmis prin interfața serială RS232 la calculatorul PC: mesajul va avea o lungime de 10 caractere cu semnificația:  
P U1 U2 U3 I1 I2 I3 T1 T2 T3  
unde :  
P – poziția ( 1÷4 )  
U1,U2,U3–tensiunea de încercare în kV (3 caractere ASCII „0” ÷ „9”)  
I1,I2,I3– curentul de scurgere în mA (3 caractere ASCII „0” ÷ „9”)  
T1,T2,T3– temperatura în °C (3 caractere ASCII „0” ÷ „9”)
8. Transmite mesajul către PC, apoi revine la pasul 3.
9. Așteptare comanda STOP ÎNCERCARE (primește de la calculatorul PC caracterul „T”)
10. Sfârșitul programului de încercare.

#### 4.2. Algoritmul programului de recepție serială, de

##### afișare și memorare a valorilor măsurate

Realizat în Microsoft VisualBasic 6 programul de aplicație care rulează pe calculatorul PC realizează prelucrarea datelor după următorul algoritm:

1. Alegere a portului serial al calculatorului PC la care se va conecta sistemul numeric de achiziție de date cu microcontroller ( COM1 ÷ COM 10 );
2. Alegere din Menu-ul programului a opțiunii START ÎNCERCARE având ca efect inițializarea programului și transmiterea prin interfața serială RS232 a caracterului „S” la sistemul numeric
3. Introducere de la tastatura calculatorului a informațiilor generale privind încercarea (document normativ și nume fișier înregistrare date) și a valorilor curentului de conturare, curentului maxim admis și a numărului total de cicluri
4. Citire port serial RS232 al PC la care este conectat sistemul numeric de achiziție de date (ales la pasul 1) și recepție mesaj de 10 caractere lungime
5. Afișare pe ecranul display-ului a informației privind data, ora, nr. izolatorului, nr. ciclului de încercare, valoarea tensiunii de încercare și temperatura, valoarea curentului de scurgere (dacă este în creștere față de valoarea anterioară)

6. Se verifică relația existentă între valoarea curentă și valorile prescrise ale curentului de scurgere, incrementându-se și afișând contorii numărului de conturnări și respectiv numărului de deconectări pe display-ul calculatorului
7. Se memorează în fișierul text mesajul recepționat, data și ora
8. Se incrementează numărul de cicluri de încercare: dacă nu s-a atins valoarea prescrisă (30000) se revine la pasul 4., dacă da se trece la pasul următor
9. Se trimite către sistemul numeric comanda STOP ÎNCERCARE („T”)
10. Se închide portul serial al PC la care era conectat sistemul numeric de achiziție de date și fișierul text cu înregistrările încercării, salvându-se nr. de conturnări și de deconectări
11. Se revine la pasul 2. pentru începerea unei alte încercări sau prin alegerea din Menu a opțiunii Ieșire pentru închiderea aplicației
12. Se deschide fișierul Word cu raportul de încercare
13. Se completează de la tastatura calculatorului PC ultimele informații privind încercarea ( nr.raport de încercare, nume client, tip și serie izolatoare, salinitate) precum și observațiile legate de criteriile de acceptare ale izolatoarelor supuse încercării (urme, rezistența de izolație, adâncimea eroziunii, ...)
14. Se tipărește la imprimanta sistem raportul de încercare.

## 5. DESCRIEREA FUNCȚIONARII

### 5.1. Pregătire soluție

5.1.1. Se pregătește soluția salină cu concentrația 1,4 ± 0,06 g/l în cuva de pregătire soluție salină aflată în afara compartimentului de încercare;

### 5.2. Pregătirea izolatorilor

5.2.1. Se spală izolatorii cu apa distilată;

### 5.3. Montare izolatori

5.3.1 Se verifică montarea prăjinii de punere la pamant pe circuitul de înaltă tensiune;

5.3.2 Se montează izolatorii;

5.3.3 Se verifică butonul STOP GENERAL astfel încât să nu fie apăsat;

5.3.4. Se pornesc echipamentul pentru măsurarea tensiunii;

5.3.5 Se verifică potențiometrul REFERINȚĂ TENSIUNE să fie pe poziția "0";

5.3.6 Se închide întreruptorul 1;

5.3.7. Se verifică potențiometrul PRESCRIERE CURENT PROTECTIE astfel încât valoarea curentului să fie 300 mA;

5.3.8. Se aduce sistemul de rotire izolator pe poziția determinată de cama de oprire pe poziție prin



actionarea butonului VERIFICARE LAMPI - START CICLU;

5.3.9. Se deconecteaza dulapul de actionare;

5.3.10. Se monteaza izolatorul pe pozitie si se stang suruburile de fixare;

5.3.11. Se continua pasii 1.3.1 - 1.3.8 pana la montarea celor patru izolatori;

#### 5.4. Umplere cuva incercare cu solutie salina

5.4.1 Se transfera solutia salina in cuva de incercare prin actionarea pompei de transfer;

5.4.2 Se opreste pompa si se inchide robinetul de la cuva de pregatire solutie.

5.4.3 Se scoate prajina de punere la pamant;

5.4.4 Se inchide usa de la compartimentul de incercare izolatori.

#### 5.5. Executia proba:

5.5.1. Se verifica daca prajina de punere la pamant a fost inlaturata

5.5.2 Se verifica inchiderea usii de la compartimentul de incercare izolatori

5.5.3. Se verifica butonul STOP GENERAL astfel incat sa nu fie apasat;

5.5.4. Se porneste calculatorul si echipamentul pentru masurarea tensiunii;

5.5.5. Se inchide intreruptorul 1;

5.5.6. Se verifica potentiometrul REFERINTA TENSIUNE sa fie pe pozitia "0"

5.5.7. Se verifica potentiometrul PRESCRIERE CURENT PROTECTIE astfel incat valoarea curentului sa fie 300 mA;

5.5.8. Se apasa butonul AC DESCHIS si se regleaza temperatura la 20oC;

5.5.9 Se apasa butonul VENTILATIE DESCHIS;

5.5.10 Se aduc izolatorii intr-o pozitie intermediara (40 - 50o) fata de pozitia de aplicare a tensiunii inalte prin apasarea butonului COMANDA MANUALA ROTIRE IZOLATOR;

5.5.11. Se alimenteaza autotransformatorul prin apasarea butonului ATM DESCHIS;

5.5.12. Se creste tensiunea de la potentiometrul REFERINTA DE TENSIUNE pana la valoarea necesara calculata prin impartirea lungimii liniei de fuga la 28,6;

5.5.13. Se porneste ciclul de incercare prin apasarea scurta a butonului VERIFICARE LAMPI - START CICLU.

#### 5.6. Opreire proba

5.6.1. Se aduc izolatorii intr-o pozitie intermediara (40 – 50°) fata de pozitia de aplicare a tensiunii;

5.6.2. Se scade tensiunea la valoarea 0 de la potentiometrul REFERINTA DE TENSIUNE;

5.6.3. Se opreste ciclul de incercare prin apasarea timp de 4 - 5 s a butonului VERIFICARE LAMPI - START CICLU;

5.6.4. Se opreste autotransformatorul prin apasarea butonului ATM INCHIS.

5.6.5. Se deconecteaza dulapul de la tensiune prin aducerea parghiei intreruptorului pe pozitia OFF;

5.6.6. Se monteaza prajina pe circuitul de inalta tensiune.

## 6. CONCLUZII

- Descarcările și benzile uscate se concentrează în zone înguste. Aceste fenomene cauzează distribuția neliniară a tensiunii.

- Descarcările concentrate și stabile determină degradarea izolației polimerice.

- ICMET Craiova detine competența necesară pentru efectuarea încercării la urme și eroziune a izolatoarelor compozite și poate proiecta, executa și instala laboratoare pentru această încercare.

Fig.8. Comportarea izolatoarelor la tensiunea de încercare conform EN 62217

#### Bibliografie

[1] EN 62217 *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1000 V- General definitions, test methods and acceptance criteria*

[2] A.H.El-Hag, *A new technique to detect dry-band arcing*

[3] S. Venkataraman, R.S. Gorur, *Prediction of flashover voltage of non-ceramic insulators under contaminated conditions*