

Lucrarea 9 – STUDIUL DESCĂRCĂRII CORONA. EFECTE ȘI APLICAȚII INDUSTRIALE

1. Noțiuni teoretice

1.1. Apariția descărcării corona

Descărcarea corona reprezintă faza inițială a oricărui proces de descărcare electrică, fiind un fenomen specific câmpurilor electrice puternic neuniforme. Apariția stadiului de descărcare corona este condiționată de atingerea unei intensități a câmpului electric la suprafața conductorului, suficientă pentru a fi îndeplinită condiția de autonomie a descărcării. Astfel, cu cât câmpul electric între electrozi este mai puternic neuniform, cu atât descărcarea corona apare la o tensiune aplicată mai mică față de tensiunea de străpungere a intervalului.

Dacă tensiunea aplicată este menținută constantă la o valoare mai mare decât aceea la care este atinsă condiția de autonomie, dar mai mică decât tensiunea de străpungere, descărcarea corona ocupă o zonă limitată, relativ constantă, în jurul electrodului cu rază mică de curbură.

Prezența descărcării corona este sesizată printr-un zgomot specific, dar și prin degajarea de radiații luminoase, fenomene a căror intensitate este proporțională cu tensiunea aplicată.

Intensitatea critică a câmpului electric, la care apare descărcarea corona, depinde de configurația sistemului de electrozi considerat, aceasta putând fi calculată după cum urmează:

- *în cazul configurației conductor – cilindru, dispuși coaxial:*

$$E_{cr} = 31\delta \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{r_0\delta}} \right) \quad (1)$$

- *în cazul configurației conductor – plan:*

$$E_{cr} = 30,3\delta \left(1 + \frac{0,298}{\sqrt{r_0\delta}} \right) \quad (2)$$

în care: r_0 – raza conductorului (cm), iar δ – densitatea este relativă a aerului.

Tensiunea critică la care se inițiază descărcarea corona depinde, de asemenea, de configurația sistemului de electrozi considerat.

Astfel, pentru sistemul conductor – cilindru, dispuși coaxial, se va utiliza expresia:

$$U_{cr} = E_{cr} r_0 m \ln \frac{R}{r_0} \quad (3)$$

în timp ce pentru sistemul conductor – plan se va folosi relația:

$$U_{cr} = E_{cr} r_0 m \ln \frac{2d}{r_0} \quad (4)$$

Parametrii din relațiile (3) și (4) au următoarele semnificații:

- E_{cr} – intensitatea critică a câmpului, în kV/cm, la care se inițiază descărcarea corona și care se poate determina cu relațiile (1) și (2), în funcție de tipul sistemului de electrozi;
- m – coeficient ce ține seama de starea suprafeței conductorului, care ține seama de abaterea de la forma cilindrică sau de prezența unor depuneri de impurități (praf, picături de apă) pe conductor. Acesta ia valoarea 1 pentru conductoare cilindrice netede și valori între 0,8 și 0,85 în cazul conductoarelor funie;
- R – raza cilindrului exterior, legat la pământ;
- d – distanța dintre conductor și plan.

1.2. Efecte și utilizări ale descărcării corona

Apariția descărcării corona pe conductoarele liniilor electrice are, în general, efecte nedorite, cum ar fi:

- *aparitiia pierderilor de putere activă;*
- *îmbătrânirea izolației lichide sau solide;*
- *perturbații radioelectrice.*

Totuși, legat de amorsarea descărcării corona pe conductoarele LEA există și un aspect pozitiv, aceasta conducând la reducerea amplitudinii undelor de impuls, prin modificarea parametrilor transversali ai liniilor (conductanță și capacitate) și pierderilor de energie pe care le provoacă.

De asemenea, trebuie precizat faptul că descărcarea corona este utilizată în diferite procese, precum: filtrarea electrostatică, vopsirea electrostatică, stropire electrostatică în agricultură, electro-fotografiere, diverse aplicații din medicină, ș.a.

În continuare vor fi detaliate o serie de aspecte legate de pierderile de putere activă ce apar pe liniile electrice aeriene ca urmare a amorsării descărcării corona, dar și referitor la utilizarea descărcării corona în procesele de filtrare electrostatică.

a. Analiza pierderilor de putere de pe liniile aeriene

În cazul descărcării corona la tensiune continuă pierderile de putere pe unitate de lungime a conductorului se calculează cu relația:

$$P_k = UI_k, \quad (5)$$

în care U este tensiunea aplicată iar I_k este valoare medie a curentului corona corespunzător unității de lungime a conductorului.

La tensiune alternativă pierderea de putere activă datorată efectului corona se calculează cu relația:

$$P_k = U^2 C \omega \tan \delta \quad (6)$$

în care: C este capacitatea conductorului coronat pe unitate de lungime, iar δ este defazajul dintre curentul capacitiv și curentul total care este preluat de la sursă. Întrucât ambele mărimi variază neliniar în raport cu tensiunea aplicată, pierderile corona pot fi determinate numai prin măsurare. Pentru aceasta în mod frecvent se folosește puntea Schering de înaltă tensiune.

Pierderile corona pe liniile de transport a energiei electrice se pot determina fie prin măsurare pe linii experimentale, identice cu liniile reale, dar de lungime redusă, fie prin modelare în laborator.

b. Utilizarea descărcării corona în cazul instalațiilor de electrofiltre

Electrofiltrele sunt instalații ce utilizează forțe electrostatice și prin intermediul cărora se poate realiza separarea particulelor solide, aflate în suspensie, în diverse gaze. Ca și aplicabilitate, electrofiltrele pot fi utilizate în numeroase procese tehnologice din sectoare industriale diverse, precum: sectorul energetic, industria metalurgică, industria cimentului, industria celulozei și a hârtiei, industria chimică, ș.a.

În sectorul energetic, electrofiltrele sunt utilizate pentru a limita emisiile de pulberi solide rezultate în urma arderii cărbunilor în termocentrale. Eficiența de filtrare a unor astfel de dispozitive este una foarte ridicată, ea ajungând până la 99,9%, iar dimensiunile particulelor colectate pot varia între $0,1 \div 200 \mu\text{m}$.

Principalele procese ce au loc la nivelul unui electrofiltru sunt:

- inițierea descărcării corona;
- încărcarea particulelor solide în suspensie (aerosolilor) cu sarcină electrică;
- deplasarea particulelor sub acțiunea complexului de forțe ce acționează în spațiul cuprins între electrozii de emisie și cei de depunere;
- depunerea particulelor pe electrozi și colectarea acestora.

Instalațiile de electrofiltre utilizează descărcarea corona la tensiune continuă, procesul de inițiere și dezvoltare al acesteia fiind prezent în detaliu și în cadrul lucrării 7 de laborator – *Studiul descărcărilor electrice în aer la tensiune continuă, în câmp puternic neuniform*, astfel încât detaliile prezentate în lucrarea respectivă nu vor mai fi reluate și aici.

Astfel, trebuie precizat că eficiența electrofiltrelor este mai mare în condițiile utilizării descărcării corona la polaritatea negativă a tensiunii de alimentare. Acest lucru este explicabil prin faptul că tensiunea de străpungere a unui interval de aer este mai mare în cazul polarității negative a electrodului pus sub tensiune, așa cum reiese și din analiza rezultatelor experimentale obținute în lucrarea 7, fapt care asigură posibilitatea dezvoltării unei descărcări corona mult mai intense, cu un număr mult mai mare de purtători sarcini ce vor reține implicit mai multe particule solide.

Variația curentului ce se închide prin electrodul de depunere al electrofiltrului, în funcție de tensiunea aplicată pe electrodul de emisie, poartă denumirea de *caracteristica curent – tensiune*, putând fi trasată pentru diferite sisteme de electrozi și pentru diferite distanțe între aceștia.

Determinarea caracteristicii curent – tensiune a descărcării corona poate fi realizată atât pe cale analitică, dar și pe cale experimentală. Astfel, pentru un sistem de electrozi conductor – cilindru, dispuși coaxial, se poate utiliza expresia de mai jos:

$$I = \frac{2b \cdot (U - U_{cr}) \cdot U_{cr}}{R^2 \ln \frac{R}{r}} \quad (7)$$

în care:

- R și r – razele cilindrului exterior, respectiv a conductorului interior;
- U și U_{cr} – tensiunea aplicată, respectiv tensiunea critică la care are loc inițierea descărcării corona;
- b – mobilitatea electronilor ($\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)

2. Determinări experimentale

Lucrarea de laborator vizează, așadar, înțelegerea efectelor asociate apariției descărcării corona pe conductoarele liniilor electrice aeriene, dar și a modului în care

acest tip de descărcare electrică poate fi utilizată pentru realizarea instalațiilor de filtrare electrostatică.

În acest scop, mai întâi, va fi prezentată instalația de înaltă tensiune ce urmează a fi folosită pentru efectuarea încercărilor.

2.1. Prezentarea montajului experimental al lucrării

În laborator descărcarea corona se va studia pe un model experimental de câmp electric puternic neuniform, în configurația conductor – placă. În acest scop se va utiliza montajul experimental prezentat în figura 1, care conține: instalația pentru producerea tensiunii înalte continue, ITC, cuprinzând și dispozitivul de măsurare a tensiunii și având posibilitatea de schimbare a polarității tensiunii produse; conductorul C, pe care are loc descărcarea corona (electrod de emisie); electrodul placă (electrod de depunere) format dintr-o zonă centrală pentru măsurare (EM) și două zone laterale de gardă, având forma profilului Rogowski; circuitul de măsurare a curentului corona format din μA -metru și butonul de șuntare, normal închis, B; circuitul de oscilografierie a curentului corona format din rezistența R, cablul coaxial K și osciloscopul catodic O.C.

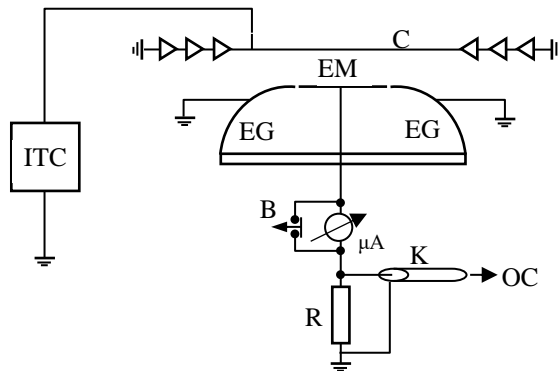


Fig. 1 – Montaj pentru studiul descărcării corona la tensiune continuă

Instalația de tensiune continuă a fost prezentată pe larg în cadrul lucrării 2 de laborator – *Producerea și măsurarea tensiunilor înalte continue*, atât din punct de vedere constructiv, cât și în ceea ce privește modul de utilizare.

În ceea ce privește sistemul de electrozi, configurația conductor – placă utilizată este similară din punct de vedere constructiv cu cea specifică unui electrofiltru cu o singură treaptă, acestea din urmă fiind utilizate în cazul instalațiilor din centralele termoelectrice. Conductorul C, din montaj, este un conductor profilat special, având o secțiune stelată, așa cum este în cazul electrofiltrelor. Altfel, pot fi utilizate și alte eșantioane, de conductor cilindric neted cu diferite diametre, respectiv conductor funie.

În figura 2 sunt prezentate imagini cu sistemul de electrozi conductor - placă utilizat în montajul experimental al lucrării.

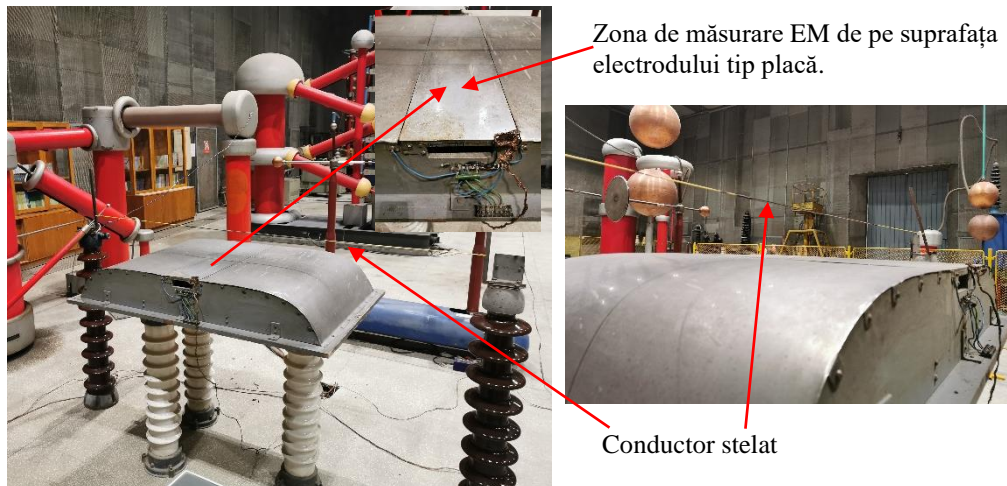


Fig. 2 – Sistem de electrozi tip conductor – placă, similar celui existent în cazul electrofiltrelor cu o singură treaptă

2.2. Modul de lucru

Studiile experimentale urmăresc, aşadar, trasarea caracteristicii curent – tensiune a descărcării corona, pentru sistemul de electrozi *conductor stelat - placă*, după care se vor determina prin calcule şi pierderile de energie activă asociate.

Montajul experimental permite reglarea unor distanţe diferite între conductor şi placă, determinările urmând a fi făcute la două distanţe diferite, dar şi la polarităţi diferite ale tensiunii de alimentare, după cum urmează:

- $d = 8$ cm, sistem de electrozi: *conductor (-) – placă (+)*;
- $d = 14$ cm, sistem de electrozi: *conductor (-) – placă (+)*;
- $d = 14$ cm, sistem de electrozi: *conductor (+) – placă (-)*.

Pentru fiecare din scenariile propuse mai sus se vor urma indicaţiile de lucru descrise mai jos:

- se determină tensiunea de străpungere, U_d , a intervalului conductor placă, electrodul de măsură fiind legat la pământ (circuitul de măsurare şuntat), aşa cum este prezentat în detaliul inserat în figura 2. Această valoare este necesară pentru a efectua încercarea de la punctul următor fără a expune aparatul de măsurare a curentului la o suprasolicitare periculoasă;

- se determină tensiunea critică cu ajutorul osciloscopului, ca fiind valoarea tensiunii la care apar primele impulsuri de curent corespunzătoare stadiului de avalanșă a descărcării corona;
- se determină caracteristica curent – tensiune a descărcării corona, măsurând intensitatea curentului corona pe o plajă a tensiunii aplicate între U_d și $0,8 U_d$;
- pentru fiecare caz se calculează pierderile corona cu relația (5). Rezultatele se înscriu într-un tabel realizat conform modelului prezentat în tabelul 1;
- se trasează grafic curbele $I_k=f(U)$ și $P_k=f(U)$ pentru toate cazurile studiate. De asemenea se calculează, acolo unde este posibil, tensiunea critică, utilizând relația (4) și se compară cu valoarea obținută experimental.

Se notează observațiile privind particularitățile, privind aspectele vizual și acustic a descărcării corona în cazurile studiate.

Tabelul 1. Rezultate experimentale

Conductor (-) – placă (+), $d = 8$ (cm)					
U_d (kV)	U_k (kV)	I (mA)	P_k (W)	Tensiunea critică (kV)	
				calculată	Măsurată
			
			
			
Conductor (-) – placă (+), $d = 14$ (cm)					
			
			
			
Conductor (+) – placă (-), $d = 14$ (cm)					
			
			
			