

CONTURNAREA IZOLATOARELOR

1. Baze teoretice

Descărcarea electrică între electrozi, de-a lungul suprafeței de separare a două medii izolante este numită conturnare. Adesea construcțiile electroizolante sunt formate din două sau mai multe materiale dielectrice. Categoria cea mai numeroasă este aceea a izolatoarelor liniilor electrice aeriene și a echipamentelor din stațiile de transformare, cele două medii izolante fiind porțelanul (sau sticla) și aerul atmosferic. Izolația internă (a transformatoarelor, a întrerupătoarelor etc.) prezintă astfel de suprafețe de separație între materialele solide (hârtie, carton, textolit etc.) și uleiul electroizolant.

Dacă suprafața de separație dintre materialele izolatoare nu este echipotentială, de-a lungul acesteia poate să apară o descărcare electrică la o valoare a tensiunii aplicate cu atât mai redusă cu cât câmpul electric este mai neuniform. Factorii de care depinde mărimea tensiunii de conturnare sunt: distribuția câmpului electric între electrozi, natura izolației, starea și forma ei, dimensiunile izolatorului, condițiile de mediu (presiune, temperatură, umiditate, etc), forma tensiunii aplicate. În funcție de starea suprafeței izolației solide, poate exista conturnare în stare uscată sau umedă, sub ploaie sau în prezența depunerilor poluante. Intensitatea câmpului electric și orientarea liniilor de forță ale acestuia în raport cu suprafața materialului izolant solid reprezintă cel mai important factor de care depinde mărimea tensiunii de conturnare.

În fig. 1 sunt reprezentate câteva tipuri de izolatoare ca și liniile de forță, respectiv vectorii intensitate a câmpului electric corespunzători.

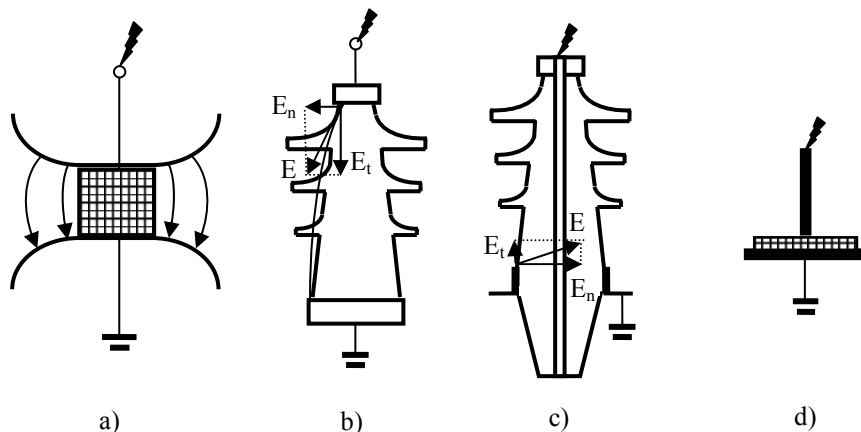


Fig.1- Tipuri de izolatoare: a) izolator cu câmp electric neuniform; b) izolator suport; c) izolator de trecere; d) izolator cu electrozi vârf-placă

1.1. Conturnarea în câmp uniform

Izolatoare cu câmp electric uniform nu se întâlnesc practic în construcțiile electroizolante. Acest caz prezintă, însă, importanță teoretică pentru explicarea unor fenomene care contribuie la formarea descărcării și la obținerea unei tensiuni de conturnare mai mică decât tensiunea de străpungere a intervalului de aer dintre electrozi, în lipsa materialului izolant. O astfel de configurație apare atunci când între două plăci metalice cu margini curbate se introduce un material dielectric de formă cilindrică, având înălțimea mult mai mică decât diametrul plăcilor (fig. 1,a) astfel încât câmpul electric în zona dielectricului să rămână uniform.

Suprafața de separație a celor două medii izolante (gazos și solid) fiind paralelă cu liniile de forță ale câmpului electric, nu se produce nici o modificare a intensității câmpului datorită prezenței dielectricului solid. În schimb, apare o creștere a intensității câmpului electric în interstițiile de aer care pot exista la contactul dintre electrozi și dielectric și care favorizează apariția ionizărilor în aceste locuri. Sarcinile electrice rezultate se „revarsă” pe suprafața dielectricului solid favorizând deformarea câmpului electric și inițierea descărcării. În acest mod, la creșterea în continuare a tensiunii aplicate electrozilor, procesele de ionizare se extind pe suprafața izolatorului. Când canalul de descărcare ajunge la electrodul opus, conturnarea este încheiată.

Tensiunea de conturnare scade cu cât umiditatea din aer este mai mare și materialul dielectric posedă o higroscopicitate superficială mai ridicată, ceea ce dovedește contribuția umidității superficiale la deformarea câmpului electric. Acest efect este cu atât mai vizibil cu cât tensiunea aplicată are o durată mai mare.

1.2. Conturnarea în câmp puternic neuniform

Configurațiile electrozilor izolatoarelor folosite în instalațiile de înaltă tensiune sunt destul de diverse, iar câmpul electric între aceștia este puternic neuniform. Formarea descărcării în acest caz este influențată de direcția vectorului intensitate a câmpului electric față de suprafața dielectricului solid, în zona în care intensitatea câmpului electric este maximă. Se deosebesc astfel două cazuri tipice:

- izolatoare la care predomină componenta tangențială E_t a intensității câmpului pe suprafața izolației, cum este cazul izolatorului suport (fig. 1, b), a izolatorului tijă sau a lanțului de izolatoare;
- izolatoare la care predomină componenta normală E_n a intensității câmpului pe suprafața izolatorului, cum este cazul izolatorului de trecere (fig. 1, c) sau a construcției izolante mai rar întâlnite, din fig. 1, d.

În cazul izolatorului suport, valoarea cea mai ridicată a intensității câmpului electric apare la marginea electrodului sub tensiune, astfel încât descărcarea va începe în această zonă sub formă de descărcare corona. Odată cu creșterea tensiunii aplicate, canalele descărcării, vor avansa, de-al lungul liniilor de câmp, deci în principal pe suprafața izolatorului (în cazul suprafețelor netede) până la electrodul opus.

Pentru mărirea tensiunii de conturnare, fără a crește lungimea izolatorului, se prevăd pe nervuri pe suprafață, care au simultan rolul unor ecrane dielectrice și de mărirea a lungimii liniei de fugă. Dacă acestea sunt prea dese și pronunțate este posibilă dezvoltarea descărcării pe un traseu mai scurt, între marginile exterioare ale nervurilor, astfel încât eficiența acestora este diminuată. Influența higroscopicității superficiale și a umidității din aer asupra tensiunii de conturnare este puțin importantă în acest caz deoarece câmpul electric este deja neuniform, iar acești factori ar contribui doar la accentuarea neuniformității.

Creșterea tensiunii de conturnare se mai poate obține și printr-o oarecare uniformizare a repartiției câmpului electric de-a lungul izolatorului, folosind armături de forma unor inele metalice fixate pe electrodul sub tensiune sau chiar la ambii electrozi.

În cazul izolatoarelor de trecere, intensitatea câmpului electric atinge cea mai mare valoare la flanșa izolatorului și ca urmare aici vor avea loc primele procese de descărcare sub forma unei descărcări corona. Canalele descărcării avansează către electrodul opus, strâns lipite de suprafața izolatorului, datorită componentei normale, predominante, a intensității câmpului pe această suprafață. Curentul din canalele descărcării se închide (în cazul aplicării unei tensiuni variabile) prin capacitatea acestor canale față de electrodul opus (tija conductoare). La o valoare suficient de mare a tensiunii aplicate, dezvoltarea canalului descărcării are loc cu viteză mult sporită datorită apariției ionizării termice, stimulată de bombardarea suprafeței izolatorului cu sarcini electrice sub influența componentei intensității câmpului electric normală la suprafața izolatorului. Acest stadiu de dezvoltare a descărcării poartă denumirea de descărcare alunecătoare.

În scopul măririi tensiunii de conturnare izolatorul de trecere se prevede cu nervuri care au aceleași efect ca și la izolatorul suport. Prin creșterea diametrului izolatorului, intensitatea câmpului electric la suprafață scade și apare o diminuare a curentului în canalul descărcării ceea ce are ca efect mărirea tensiunii de conturnare. Aceste procedee au însă eficacitate foarte limitată, în raport cu creșterea tensiunii nominale a izolatorului.

Un efect mult mai important de creștere a tensiunii de conturnare se obține prin uniformizarea repartiției câmpului electric la suprafața izolatorului, folosind armături cilindrice

coaxiale în corpul izolatorului între care există straturi de material izolant. Construcția rezultată, tip condensator multiplu, permite obținerea unor izolatoare mult mai suple decât metodele precedente, fiind larg aplicată realizarea izolatoarelor de trecere pentru transformatoarele de înaltă și foarte înaltă tensiune.

1.3. Conturnarea izolatoarelor poluate și umezite

Poluarea sau contaminarea reprezintă depunerea unor impurități pe suprafața izolatorului, în timpul exploatarei. Cele mai importante surse de poluare sunt: sărurile din atmosfera zonelor marine, industriile chimică, metalurgică sau a materialelor de construcții (fabrici de ciment), centralele termoelectrice care folosesc cărbuni etc..

În starea uscată a izolatorului, depunerile de impurități nu au practic influență asupra tensiunii de conturnare. Prezența umidității pe suprafața izolatorului poluat creează pelicule conductoare care șuntează parțial linia de fugă a izolatorului, micșorând tensiunea de conturnare; influența este cu atât mai mare cu cât pelicula conductoare este repartizată mai neuniform pe suprafața izolatorului. Prin această peliculă apar curenți de scurgere care provoacă, prin efect termic, uscarea locală mai întâi în zonele cu densitatea maximă de curent, de pe suprafața izolatorului. Pe porțiunile uscate crește căderea de tensiune, ceea ce determină apariția unor descărcări prin care se șuntează porțiunea uscată având și efect de creștere a curentului de scurgere, pe linia respectivă de curent, deci uscarea suprafeței izolatorului în alte zone, respectiv apariția unor alte descărcări locale. În cele din urmă, dacă tensiunea aplicată este suficient de mare, diferitele descărcări locale se contopesc, determinând formarea unui canal de conturnare.

În același mod se produce și conturnarea izolatoarelor curente, udate datorită precipitațiilor atmosferice. În acest din urmă caz însă, intensitatea proceselor descrise este mai redusă la aceeași tensiune aplicată, deoarece repartiția conductivității peliculei superficiale de pe suprafața izolatorului nu mai este atât de neuniformă. Din acest motiv tensiunea de conturnare a izolatoarelor curate în stare umedă este mai mare decât aceea a izolatoarelor poluate și umezite, ambele fiind inferioare tensiunii de conturnare a izolatoarelor în stare uscată.

Întrucât procesele de formare a conturnării izolatoarelor poluate sau umezite decurg relativ lent, tensiunea de conturnare va depinde de durata de aplicare a tensiunii și ca urmare în cazul aplicării tensiunii de impuls, mărimea tensiunii de conturnare va fi egală cu cea determinată la izolatorul în stare uscată.

Pentru mărirea tensiunii de conturnare, în cazul când izolatoarele se află în zone cu poluare intensă, se pot lua următoarele măsuri:

- mărirea lungimii liniei de fugă prin mărirea numărului de nervuri sau a lungimii izolatorului;
- folosirea izolatoarelor cu capacitate mare de autocurățire (autolavabile) la care ploaia asigură spălarea izolatorului, deci îndepărtarea depunerilor solubile în apă;
- acoperirea izolatoarelor (în stațiile de transformare) cu unsori care absorb depunerile poluante, împiedicând formarea pe suprafața izolatorului a peliculelor conductoare;
- utilizarea izolatoarelor compozite, cu anvelopă din cauciuc siliconic, care se comportă mult mai bine în prezența poluării decât izolatoarele din sticlă sau porțelan.

2. Indicații metodice

În cadrul lucrării de laborator se va determina dependența tensiunii de conturnare de lungimea liniei de fugă, $U_c = f(l_f)$, pentru cele patru tipuri caracteristice de izolatoare prezentate în fig. 1, folosind modele fizice a căror distanță între electrozi poate fi modificată. Schema de principiu a montajului de încercare este dată în fig. 2.

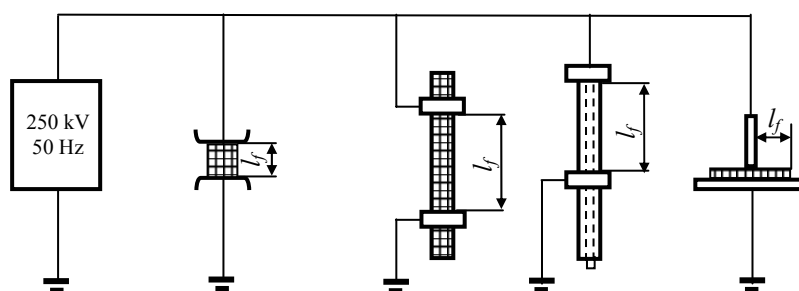


Fig.2 – Schema montajului experimental

Modelul de izolator cu câmp electric uniform este format din electrozi disc cu margini curbate între care se introduc piese cilindrice din material plastic cu diferite înălțimi. Izolatoarele suport și de trecere sunt modelate cu tije cilindrice din porțelan pe care pot fi deplasate armături metalice pentru a modifica lungimea traseului conturnării. Deși formele acestor electrozi diferă de acelea ale izolatoarelor reale, câmpul electric creat între aceștia respectă principala caracteristică, respectiv mărirea componentei dominante. Izolatorul placă este simulat cu discuri din material plastic, avînd diametre diferite, așezate pe o placă metalică, tensiunea fiind aplicată printr-un electrod cilindric cu diametru mic.

Sursa de tensiune este instalația de încercare cu tensiune înaltă de frecvență industrială de 250 kV. Măsurarea tensiunii de conturnare se va face folosind raportul mediu dintre

tensiunea înaltă exprimată în kV_v și tensiunea de alimentare exprimată în V_{ef} , a cărei valoare se citește la un voltmetru.

Pentru fiecare configurație de încercare se efectuează minim trei încercări. Dintre rezultate se elimină cel care diferă cel mai mult de valoarea medie.

Rezultatele se trec în tabelul următor.

Tipul izolatorului	l_f (cm)	U_c (kV_v)				U_c/l_f (kV_v/cm)
		1	2	3	media	
Câmp uniform						
Izolator suport						
Izolator trecere						
Izolator placă						

În continuare se vor măsura tensiunile de conturnare pentru câteva tipuri de izolatoare folosite în instalații, existente în laborator. În timpul încercărilor se va urmări modul de formare a descărcării.

Cu ajutorul valorilor din tabelul de mai sus se va reprezenta grafic dependența $U_c = f(l_f)$ pe același sistem de axe pentru toate cazurile studiate. Se vor compara între ele rezultatele obținute pentru aceeași lungime a traseului conturnării, rezultând concluzii referitoare la influența formei electrozilor (câmpului electric) asupra tensiunii de conturnare.

Bibliografie

1. Gavrilaş N., Olah R., Gușă M., Deduci M., - *Tehnica tensiunilor înalte*. IPIași, 1975, pag. 82 – 92.