

Invenția se referă la domeniul electrotehnicii și este destinată controlului nedistructiv al stării tehnice a izolației.

Este cunoscută metoda de depistare a creștăturilor statorice cu defecte în izolație după valoarea absolută a descărcărilor parțiale măsurate cu ajutorul unei sonde electromagnetice cu miezul feromagnetic în formă de potcoavă [1].

Dezavantajul acestei metode este determinat de influența esențială a curenților descărcărilor parțiale din creștăturile statorice vecine cu creștătura măsurată și dependența rezultatelor măsurărilor de distanța la care se află defectul de la locul instalării sondei pe creștătură.

Este, de asemenea, cunoscută metoda de detectare a locului defectelor în izolația creștăturilor statorului mașinilor electrice de mare putere care constă în aplicarea tensiunii alternative de încercare la izolația statorului mașinii în stare de repaus, măsurarea intensității descărcărilor parțiale în creștătură cu o sondă electromagnetică și depistarea locului defectului după nivelul intensității descărcărilor parțiale [2].

Sondele electromagnetice se întăresc la capetele creștăturii statorice și cu un condensator, cuplat paralel la circuitele de ieșire ale sondelor, se instalează un regim de rezonanță în circuitele de măsurare la o frecvență prescrisă. Tensiunea de încercare se aplică la înfășurarea statorică și valoarea acestei tensiuni nu depășește tensiunea nominală a fazei mașinii. Prin reglarea parametrilor R și L ai două circuite adăugătoare, conectate în serie cu înfășurările secundare ale sondelor, se exclude influența curenților descărcărilor parțiale (DP) din alte creștături ale înfășurării. Această compensare se înregistrează prin atingerea valorii minime măsurate a semnalului analogic care și este intensitatea descărcărilor parțiale în creștătura dată a mașinii.

Dezavantajul metodei constă în precizia nesatisfăcătoare de depistare a poziției defectului în creștătură, întrucât se depistează în acest caz numai creștătura cu intensitatea majorată a descărcărilor parțiale în izolație și în calitate de semnal informativ se utilizează valoarea lui integrală.

Defectele de fabrică, îmbătrânirea izolației în exploatare majorează gradul de neomogenitate a ei, deci și intensitatea locală a câmpului electric. Apariția zonelor locale cu intensitatea câmpului majorată este cauza micșorării rigidității electrice și în final a străpungerii electrice a izolației. Acest fenomen este însoțit de apariția unor descărcări electrice în volumul izolației, care au fost numite descărcări parțiale. Intensitatea acestor descărcări depinde de gravitatea defectului și se folosește în calitate de parametru informativ la estimarea stării tehnice a izolației și la soluționarea problemei localizării defectului în izolație.

Depistarea la timp, localizarea poziției defectelor în evoluție, care pot cauza străpungerea izolației și lichidarea lor la timp exclud avariile grave ale echipamentului în exploatare, deci se reduc cheltuielile de exploatare a echipamentului.

Problema pe care o rezolvă prezenta invenție constă în majorarea preciziei de depistare a defectului în izolația creștăturii după particularitățile repartiției intensității descărcărilor parțiale pe lungimea creștăturii, măsurate cu o sondă electromagnetică.

Esența invenției propuse constă în aplicarea tensiunii alternative de încercare la izolația statorului mașinii în stare de repaus, măsurarea intensității descărcărilor parțiale în creștăturile statorului cu sondă electromagnetică și depistarea locului defectului după nivelul intensității descărcărilor parțiale. Prin aplicarea la izolație a tensiunii de încercare se măsoară intensitatea descărcărilor parțiale pe toată lungimea creștăturii pentru cel puțin trei niveluri date ale tensiunii de prag, pentru selectarea acestor descărcări după valoarea amplitudinii. Conform datelor obținute se construiesc grafice ale repartiției intensității descărcărilor parțiale pe toată lungimea creștăturii, iar locul defectului se determină după amplasarea minimumului majorității curbelor de înfășurare a repartiției intensității descărcărilor parțiale.

Deci, măsurarea repartiției intensității DP pe lungimea creștăturii la diferite paliere de selecție a impulsurilor după amplitudine, construirea curbelor de învelire a acestor repartiții, determinarea dislocării valorilor minime ale curbelor de învelire pe lungimea creștăturii asigură majorarea esențială a preciziei localizării defectelor. Eroarea depistării poziției defectului în izolația creștăturii nu depășește  $\pm 2$  cm.

Rezultatul tehnic constă în compensarea mutuală în regiunea defectului a componentelor câmpului electromagnetic produs de undele de curent ce se propagă în direcții opuse.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-3, care reprezintă:

- fig. 1, schema electrică de principiu a instalației pentru utilizarea metodei de localizare a defectelor în izolația creștăturilor statorice ale mașinii oprite;

- fig. 2, repartiția intensității descărcărilor parțiale în creștătură statorică fără defecte evidente în izolație, în sistemul de unități relative. În această creștătură se depistează numai descărcări parțiale de intensitate scăzută cu valorile mici ale amplitudinilor măsurate numai la primele două praguri de selecție a impulsurilor;

- fig. 3, repartițiile intensităților descărcărilor parțiale în creștătura cu defect în izolație (în sistemul de unități relativ).

Instalația pentru realizarea metodei fig. 1 conține o sursă de tensiune înaltă 1, statorul 2 al mașinii electrice rotative cu bară 3 din creștătură 4, sondă electromagnetică 5 cu tijă izolată 6 care se instalează pe creștătură, cablaj 7 de unire a sondei electromagnetice cu un aparat 8 de selecție și măsurare a repartiției intensității impulsurilor descărcărilor parțiale.

Metoda de detectare a locului defectelor în izolația creștăturilor statorice se realizează în modul următor.

La înfășurarea statorică 3 se aplică tensiunea de încercare de la sursa de tensiune înaltă externă 1, de exemplu, cu frecvența de 50 Hz. Valoarea tensiunii de încercare nu trebuie să depășească valoarea tensiunii prescrisă în standarde și normele de exploatare, dar trebuie să aibă o valoare la care apar descărcări parțiale în izolație.

Măsurile se efectuează de un grup de executanți (cel puțin din două persoane). Una din ele conectează și deconectează tensiunea de încercare de la sursa 1, iar persoana a doua instalează, prin intermediul unei tije izolate 6, sonda electromagnetică 5 pe creștătura statorică 4 în poziția în și fixează această poziție pe lungimea creștăturii 4, măsoară repartițiile descărcărilor parțiale pentru diferite niveluri de selecție  $U_{sel,i}$ , în care  $i=1,2,\dots,k$ ,  $i$  - numărul de ordine al pragului de selecție.

Numărul pragurilor de selecție trebuie să fie nu mai mic de trei și să includă valorile de graniță din stânga ( $U_{sel,1}=U_{DP,min}$ ) și valori intermediare  $U_{sel,min}<U_{sel,i}<U_{sel,max}\leq U_{DP,max}$ ,

$U_{sel,i}$  - valoarea tensiunii pragului de selecție a impulsurilor descărcărilor parțiale măsurate, V;

$U_{sel,1}$  - valoarea tensiunii primului prag de selecție;

$U_{DP,min}$  - valoarea minimă a amplitudinii impulsurilor descărcărilor parțiale măsurate;

$U_{DP,max}$  - amplitudinea maximă depistată (posibilă) a tensiunii impulsurilor descărcărilor parțiale (DP) măsurate în creștătura pentru valoarea maximă a tensiunii de încercare aplicate la înfășurarea statorică; aceasta nu depășește valoarea cea mai mare a impulsurilor descărcărilor parțiale în izolație, observate la aplicarea tensiunii de încercare, egală cu valoarea maximă prescrisă în standarde și normele de încercare a izolației mașinilor electrice. La comanda persoanei a doua se deconectează tensiunea înaltă a sursei 1, se deplasează sonda electromagnetică 5 cu un pas  $l_p$  pe creștătură în poziția  $l_n+1$  și se repetă măsurările repartițiilor descărcărilor parțiale pentru noua poziție  $l_n+1=l_n+l_p$  de instalare a sondei 5. În modul descris se determină repartițiile descărcărilor parțiale pe lungimea creștăturii de la un capăt al statorului până la cel opus.

Pentru fiecare nivel de selecție  $U_{sel,i}$  se determină media aritmetică  $N_{i,m}$  a impulsurilor descărcărilor parțiale măsurate în toate pozițiile fixate  $l_n$  pe lungimea creștăturii:

$$N_{i,m} = \frac{l_c/l_p \sum_{l=0} N_{i,l_n}}{l_c/l_p};$$

în care  $l_c, l_p$  - lungimea creștăturii și pasul de deplasare a sondei electromagnetice;

$N_{i,m}$  - media aritmetică a numărului de impulsuri ale descărcărilor parțiale măsurate pe întreaga creștătură studiată pentru pragul dat de selecție a impulsurilor;

$N_{i,l_n}$  - numărul de impulsuri ale descărcărilor parțiale măsurate pentru pragul de selecție  $i$  în punctul  $l_n$  pe creștătură;

$l_n$  - coordonata punctului de măsurare a descărcărilor parțiale pe lungimea creștăturii.

Intensitatea relativă a descărcărilor parțiale  $N_{i,l_n}^*$  pentru tensiunea  $U_{sel,i}$  în poziția  $l_n$  de pe creștătură se determină prin formula:

$$N_{i,l_n}^* = \frac{N_{i,l_n}}{N_{i,m}}.$$

Pentru fiecare prag de selecție a intensității DP în sistemul de unități relative sau absolute se desenează curbele de repartiție ale descărcărilor parțiale pe lungimea creștăturii statorice  $l_c$  și se determină coordonată unde majoritatea acestor curbe ating valoarea minimă pentru pragurile stabilite de selecție  $U_{sel,i}$  după amplitudine.

Valorile minime ale curbelor de învelire indică locul defectului în izolația creștăturii statorice.

În fig. 2 sunt prezentate repartițiile intensității descărcărilor parțiale în izolația creștăturii fără defecte măsurate la tensiunea de încercare de 8 kV și următoarele valori ale tensiunii pragurilor de selecție:  $U_{sel,1}=0.123$  V,  $U_{sel,2}=0.25$  V,  $U_{sel,3}=0.5$  V,  $U_{sel,4}=1.0$  V,  $U_{sel,5}=1.5$  V,  $U_{sel,6}=2.0$  V. Descărcările parțiale au fost fixate numai pentru tensiunile  $U_{sel,1}$  și  $U_{sel,2}$  cu o intensitate redusă. Majorarea intensității la capetele creștăturii este cauzată de creșterea locală a intensității câmpului electric la trecerea din mediul statorului și este rezultatul apariției descărcărilor corona de o valoare mică. Curba cu valoarea mai mare corespunde tensiunii de selecție cu valoarea mai mică.

Fig. 3 prezintă curbele de învelire a repartiției intensității descărcărilor parțiale în creștătură cu defect. Defectul se află în poziția 13 și prezintă o vacuolă cu aer la suprafața izolației barei. Două curbe de învelire care puțin se schimbă pe parcursul lungimii creștăturii corespund măsurărilor la pragurile de selecție  $U_{sel,1}=0.123$  V și  $U_{sel,2}=0.25$  V. Celelalte curbe corespund pragurilor de selecție  $U_{sel,3}=0.5, 1.0$  și  $1.5$  V. Impulsuri ale căror amplitudini depășesc 2.0 V au fost evidențiate la un număr de praguri de selecție și această curbă n-a fost desenată. În vecinătatea defectului (fig. 3) observăm o schimbare, o micșorare bruscă a valorilor majorității curbelor de învelire și în primul rând a repartițiilor impulsurilor cu amplitudine majorată. Chiar și curba cu pragul de selecție  $U_{sel,2}=0.25$  V între punctele 8 și 14 are o cădere a valorii, care corelează cu comportarea curbelor repartițiilor impulsurilor cu amplitudine majorată.

Multiplele probe efectuate în laborator la dislocarea defectelor izolației în diferite poziții pe lungimea creștăturii mașinii au confirmat ponderea metodei propuse și precizia înaltă de localizare a defectelor. Eroarea localizării defectului în orice punct al creștăturii nu depășește  $\pm 2$  cm.

Toate metodele de depistare a defectelor în izolații, cunoscute în prezent, au la temelie principiul, conform căruia defectul se depistează după valoarea maximă a intensității DP, atunci când conform metodei propuse depistarea locului defectului se efectuează după minimul intensității DP, măsurate pe lungimea creștăturii. Această diferență principială constituie noutatea invenției propuse.

Invenția permite majorarea preciziei localizării defectelor în izolația creștăturii satorice. Eroarea de depistare a defectelor izolației creștăturii nu depășește  $\pm 2$  cm, ceea ce în prezent nu poate fi asigurat de nici o metodă din cele cunoscute.

Majorarea preciziei localizării defectelor izolației în creștătura satorică permite o estimare mai veridică a gravității defectului și luarea de măsuri preventive de lichidare a defectului și ca rezultat excluderea refuzurilor și avariilor grave ale mașinilor electrice de mare putere în timpul funcționării, reducerea cheltuielilor de exploatare și de lichidare a consecințelor grave din cauza avariilor în timpul funcționării mașinii.

Rezultatele probelor de laborator (fig. 2, 3) și încercărilor la centralele electrice din Moldova și România au confirmat eficiența depistării defectelor în izolația creștăturilor satorice ale mașinilor electrice rotative prin metoda descrisă.

În Laboratorul de diagnoză a utilajului energetic s-a realizat o mostră a aparatului de măsurare a DP, care a fost utilizat la probele de încercare a metodei de depistare a defectelor în izolația satorică a mașinilor electrice.