

# Ghid privind măsurarea rezistenței de izolație cu tensiuni peste 1 kV

**Megger**<sup>®</sup>



## DE CE UN TESTER DE IZOLAȚIE CU 10 KV?

Megger a inventat testarea izolației înainte de începutul secolului XX și a continuat să conducă piața prin inovații și avans tehnologic. Deci, de ce am dezvoltat un model cu 10 kV atunci când toți ceilalți s-au oprit la 5 kV? Răspunsul se găsește în standardele IEEE. Megger a dezvoltat o unitate de 10 kV pentru a răspunde noilor recomandări de test prezentate de IEEE. Megger a oferit un tester pentru rezistența izolației cu 10 kV încă din 2001.

În martie 2000, Consiliul de standarde IEEE-SA a aprobat o revizuire a IEEE Std 43-1974. „Practica recomandată de IEEE pentru testarea rezistenței de izolație a mașinilor rotative”, Std 43-2000, subliniază necesitatea modernizării practicilor curente pentru a adapta modificările și îmbunătățirile materialelor izolante și valoarea tensiunii de test la o valoare mai mare, care să dezvăluie defecte care altfel rămân ascunse.

În cele ce urmează se face un scurt rezumat al principalelor aspecte ale standardului:

- Tensiunile de încercare de până la 10 kV sunt recomandate pentru înfășurări de peste 12 kV.
- Se recomandă atât testul de rezistență a izolației, cât și testul indicelui de polarizare.
- Rezultatele testelor trebuie comparate cu valorile măsurătorilor anterioare pentru a identifica tendința de evoluție.
- În loc de înregistrări istorice, sunt indicate valori acceptabile minime (bazate pe tipul de echipament) pentru ambele teste.
- În funcție de valorile nominale ale mașinii, citirile pentru unul sau ambele teste ar trebui să depășească valorile minime acceptabile.
- Dacă citirile sunt sub valorile minime acceptabile, nu se recomandă încercarea cu tensiuni mărite sau punerea în funcțiune a înfășurării.

IEEE Std 43-2000 recomandă o procedură pentru măsurarea rezistenței de izolație a rotoarelor și înfășurărilor la mașinile rotative de 1 CP, 750 W sau mai mari și se aplică motoarelor sincrone, cu inducție, CC și condensatoarelor sincrone. Nu se aplică motoarelor mici, fracțiuni de 1 cal putere. De asemenea, standardul recomandă tensiunea de test a izolației (bazată pe valorile nominale ale înfășurărilor) și valorile minime acceptabile ale rezistenței de izolație pentru înfășurările mașinilor rotative CA și CC.

Pentru mai multe informații despre Standardul IEEE, consultați pagina 23 din acest ghid.

## DE CE UN TESTER DE IZOLAȚIE CU 15 KV?

Acum sunt solicitate și testere de izolație cu 15 kV, deoarece inginerii efectuează în acest mod detectarea în avans a degradării și o mai bună detectare a defectelor la echipamentele de înaltă tensiune. Multe servicii electrice din America de Sud au încorporat deja testarea cu 15 kV în procedurile lor și această tendință se răspândește acum în Europa, Orientul Mijlociu și Asia. În SUA standardele NETA specifică tensiunea de test de 15 kV. Standardul NETA Pearl de recondiționare / NETA MTS-1997 specifică testarea cu 15 kV pentru echipamentele cu o tensiune maximă de 35 kV și mai mare. Motoarele testate până la NETA ATS 2007 ce au 34.500 V sau mai mult pe plăcuța de identificare necesită, de asemenea, testarea cu 15 kV.

Introducere .....	2	Probleme diferite / teste diferite .....	19
Ce este izolația? .....	2	ANEXE .....	20
Ce provoacă degradarea izolației? .....	3	Surse potențiale de defect / asigurarea calității rezultatelor testelor .....	20
Stresul electric .....	3	Cordoane de test .....	20
Stresul mecanic .....	3	Efectuarea măsurătorilor la peste 100 GΩ .....	20
Agresiunea chimică .....	3	Declarații de acuratețe .....	20
Stresul termic .....	3	Furnizarea tensiunii specificate .....	20
Contaminarea din mediu .....	3	Rejectarea interferențelor .....	21
Cum poate mentenanța predictivă să ne ajute? .....	3	Reguli de test și comparație .....	21
Avantajele noii tehnologii .....	3	Categoria de măsurare CAT .....	21
Cum se măsoară rezistența de izolație .....	4	Linii directe ale categoriei CAT .....	22
Cum funcționează un tester de rezistență a izolației .....	4	Importanța categoriilor CAT .....	22
Componentele curentului de test .....	4	Unele statistici de bază ale categoriilor CAT .....	22
Curentul de încărcare capacitiv .....	4	Testarea la altitudini mari .....	23
Curentul de absorbție sau de polarizare .....	4	Testarea rezistenței de izolație a mașinilor rotative .....	23
Curentul de pierdere de suprafață .....	5	Efectele temperaturii .....	24
Curentul de conducție .....	5	Efectele umidității .....	25
Conectarea testerului de izolație .....	5	Protecția împotriva penetrabilității .....	25
O selecție de conexiuni uzuale .....	6	Încercarea cu înaltă tensiune .....	26
Cablul de alimentare ecranat .....	6	Citirea curentului (nA) vs. citirea rezistenței (MΩ) .....	26
Întreruptor / treceri izolate .....	6	Funcția de ardere .....	26
Transformator de putere .....	6	Uscarea echipamentului electric .....	27
Generator de curent alternativ .....	6	Descărcarea obiectului de test .....	27
Scala testerului rezistenței de izolație .....	6	Durata de încărcare pentru echipamentele mari .....	28
Caracteristica tensiunii .....	7	Testere acționate cu motor .....	28
Terminalul de Gardă .....	8	Proiectarea cordoanelor de test .....	29
Introducere .....	8	Securitate sporită semnificativ .....	29
Cum lucrează terminalul de Gardă .....	9	Lucruri de luat în considerare pentru o operare sigură .....	29
Performanța terminalului de Gardă .....	9	Averismente de securitate .....	30
Compararea rezultatelor .....	10	Proiectarea carcasei instrumentului .....	30
Terminalul de Gardă ca instrument de diagnostic .....	10	Securitatea întârzierii incendiilor .....	30
Protecția prin terminalul de Gardă .....	10	Testere de izolație Megger .....	31
Concluzii .....	11	MIT515, MIT525, MIT1025, MIT1525 .....	31
Evaluarea și interpretarea rezultatelor .....	12	S1-568, S1-1068 și S1-1568 .....	31
Interpretarea citirilor "infinite" .....	12	Modelele MJ15 și BM15 .....	32
Teste de diagnostic ale izolației cu înaltă tensiune .....	12	Cordoane de test .....	32
Test punctual .....	12		
Test Timp vs. Rezistență .....	13		
Test indice de polarizare .....	14		
Test tensiune în trepte .....	15		
Test cu tensiune în rampă .....	16		
Test de descărcare a dielectricului .....	17		

## INTRODUCERE

Izolația electrică se degradează într-o anumită perioadă de timp din cauza unor solicitări diferite, care îi sunt impuse în timpul vieții sale normale de lucru. Izolația a fost proiectată pentru a rezista la aceste solicitări pentru o perioadă de câțiva ani, care ar fi considerată durata de lucru a acestei izolații. Aceasta se desfășoară adesea pe mai multe decenii.

Stresurile anormale pot duce la o creștere a acestui proces natural de îmbătrânire, și pot scurta sever viața de lucru a izolației. Din acest motiv, este bine să se efectueze teste periodice, pentru a identifica pe de o parte dacă are loc îmbătrânirea crescută și, pe de altă parte, dacă este posibil, pentru a identifica dacă efectele pot fi reversibile sau nu.

Scopul testării și diagnozei izolației constă în:

- Identificarea îmbătrânirii accentuate.
- Identificarea cauzei acestei îmbătrâniri.
- Identificarea, dacă este posibil, a acțiunilor cele mai potrivite pentru corectarea situației.

În forma sa cea mai simplă, testele de diagnoză iau forma unui „Test punctual”. Majoritatea profesioniștilor în domeniul întreținerii electrice au efectuat teste punctuale în care se aplică o tensiune pe izolație și se măsoară o rezistență. Diagnosticul este limitat în acest caz la „izolația este bună” sau „izolația este proastă”. Dar, după ce am făcut această evaluare ce facem cu ea? Este ca și cum te-ai duce la doctor cu o tuse pronunțată și acesta îți spune pur și simplu: „Ai o tuse severă”. Nu ai fi încântat să vină numai cu aceste informații. Te aștepti ca medicul să te examineze, să efectueze câteva analize și să-ți spună de ce ai acea tuse și ce să faci în sensul vindecării ei.

În testarea izolației, un test punctual este echivalentul medicului care vă spune că sunteți bine sau că sunteți bolnav. Este o informație minimă. Acesta este tipul de test care se aplică de regulă circuitelor de joasă tensiune în care costul aferent unei defecțiuni este scăzut și echipamentul poate fi înlocuit ușor și este ieftin. Deoarece echipamentul testat este un echipament de joasă tensiune, aceste teste sunt de obicei efectuate folosind o tensiune de test de 500 sau 1000 V și sunt familiare pentru întregul personal de întreținere electrică.

Cu toate acestea, dacă medicul înregistrează rezultatele examinării sale și le compară cu cele de la vizitele anterioare, atunci poate fi evidentă o tendință care ar putea duce la prescrierea medicamentelor. În mod similar, dacă valorile citite ale rezistenței izolației sunt înregistrate și comparate cu citirile obținute anterior, poate fi posibil să se observe o tendință și să se prescrie acțiuni de remediere, dacă este necesar.

Testul pentru diagnoza izolației cu tensiuni mai mari de 1 kV se află într-o zonă care este mai puțin cunoscută pentru majoritatea personalului de întreținere electrică. Scopul acestei broșuri este, prin urmare, să:

- Familiarizeze cititorul cu efectuarea testelor rezistenței izolației.
- Ofere linii directe pentru evaluarea rezultatelor acestor teste pentru diagnoza rezistenței izolației.
- Prezinte avantajele încercării cu mai multe tensiuni la valori de tensiune mai ridicate.

O serie de anexe sunt incluse la sfârșitul broșurii pentru a oferi cititorului informații suplimentare legate de testele pentru diagnoza izolației.

Această broșură se bazează pe principiile stabilite în broșura „O buclă în timp... Ghidul complet pentru testarea izolației electrice” publicată prima dată în 1966 de către Compania James G. Biddle.

## CE ESTE IZOLAȚIA?

Fiecare fir electric dintr-o instalație, indiferent dacă este într-un motor, generator, cablu, comutator, transformator sau orice altceva, este acoperit cu o anumită formă de izolație electrică. În timp ce firul în sine este un bun conductor (de obicei din cupru sau aluminiu) pentru curentul electric care alimentează echipamentele, izolația trebuie să reziste curentului și să îl mențină „pe calea” prin conductor. Înțelegerea legii lui Ohm, care este exprimată în ecuația următoare, este cheia pentru înțelegerea testării izolației:

$$U = I \times R$$

unde

U = tensiunea în Volți

I = curentul în Amperi

R = rezistența în Ohmi

Pentru o rezistență dată, cu cât este mai mare tensiunea, cu atât este mai mare curentul. În mod alternativ, cu cât este mai mică rezistența firului, cu atât mai mult curent trece prin ea, pentru aceeași tensiune.

Nici o izolație nu este perfectă (nu are o rezistență infinită), astfel încât o parte din curent trece de-a lungul izolației sau prin ea către pământ. Un astfel de curent poate fi nesemnificativ de mic pentru cele mai multe scopuri practice, dar este baza echipamentelor de testare a izolației.

Deci, ce este izolația „bună”? „Bună” înseamnă o rezistență relativ mare la fluxul de curent. Când este folosit pentru a descrie un material izolant, „bună” înseamnă și „capacitatea de a menține o rezistență ridicată”. Măsurarea rezistenței vă poate spune cât de „bună” este izolația.

### **Ce provoacă degradarea izolației?**

Există cinci cauze de bază pentru degradarea izolației. Acestea interacționează între ele și provoacă o spirală treptată de scădere a calității izolației.

#### *Stresul electric*

Izolația este proiectată pentru o anumită utilizare. Supratensiunile și subtensiunile produc stresuri anormale în izolație, ceea ce poate duce la fisurarea sau delaminarea acesteia.

#### *Stresul mecanic*

Deteriorarea mecanică, cum ar fi lovirea unui cablu în timp ce săpați un șanț, este destul de evidentă, dar pot apărea de asemenea, tensiuni mecanice de la acționarea unui motor prin scoaterea lui din echilibru, sau prin oprirea și pornirea frecventă. Vibrația rezultată din funcționarea motorului poate provoca defecte în izolație.

#### *Agresiunea chimică*

În timp ce vă așteptați ca izolația să fie afectată de vaporii corozivi, murdăria și uleiul pot acționa, de asemenea, pentru a reduce eficiența izolației.

#### *Stresul termic*

Operarea unui motor în condiții excesiv de calde sau de reci va cauza o extindere, sau o contracție a izolației, ceea ce poate duce la fisuri și defectuni. Cu toate acestea, tensiunile termice apar, de asemenea, de fiecare dată când un motor este pornit sau oprit. Cu excepția cazului în care utilajul este proiectat pentru utilizare intermitentă, fiecare oprire și pornire vor afecta negativ procesul de îmbătrânire a izolației.

#### *Contaminarea din mediu*

Contaminarea din mediul înconjurător acoperă o multitudine de agenți, de la umiditatea din procesul tehnologic, la umiditatea într-o zi mohorâtă și chiar la atac al rozătoarelor care își taie drum prin izolație.

Izolația începe să se degradeze imediat ce este pusă în funcțiune. Izolația din orice echipament dat a fost proiectată pentru a oferi un serviciu bun timp de mai mulți ani în condiții normale de funcționare. Cu toate acestea, condițiile anormale pot avea un efect dăunător care, dacă este lăsat necontrolat, va accelera rata de degradare și vor determina în cele din urmă o defectare a izolației. Se consideră că izolația este defectă dacă nu reușește să împiedice trecerea curentului electric pe căi nedorite. Aceasta include trecerea curentului pe suprafețele exterioare sau interioare ale izolației (curent de pierdere pe suprafață), prin corpul izolației (curent de conducție) sau printr-o varietate de alte motive.

De exemplu, în izolație se pot dezvolta găuri sau fisuri sau umiditatea și materii străine pot pătrunde prin suprafața acesteia. Acești contaminanți se ionizează ușor sub efectul unei tensiuni aplicate, oferind o cale de rezistență scăzută pentru curentul de pierdere pe suprafață, care crește în comparație cu suprafețele uscate necontaminate. Curățarea și uscarea izolației vor remedia cu ușurință situația.

Alți dușmani ai izolației pot produce o deteriorare care nu este atât de ușor de rezolvat. Cu toate acestea, odată ce a început degradarea izolației, diverșii inițiatori tind să se ajute reciproc pentru a crește rata de declin.

### **Cum poate mentenanța predictivă să ne ajute?**

Deși există cazuri în care scăderea rezistenței izolației poate fi bruscă, cum ar fi atunci când echipamentul este inundat, ea scade de obicei treptat, dând în avans o mulțime de semnale dacă este testată periodic. Aceste verificări periodice permit reparații planificate înainte de defectarea instalației cu întreruperea serviciului și/sau apariția riscului de electrocutare.

Fără un program de testare periodică, toate defectele vor veni prin surprindere, neplanificate, incomode și destul de costisitoare ca timp și resurse, conducând prin urmare la sume mari de bani cheltuite pentru reparații. Luați de exemplu un motor mic care este folosit pentru pomparea unui material, care se va solidifica dacă este lăsat să stea pe loc într-o instalație de procesare. Defectarea neașteptată a acestui motor va costa zeci, poate chiar sute de mii de lei, pentru reparații dacă se calculează timpul de oprire al instalației. Cu toate acestea, dacă testele pentru diagnoza izolației au fost incluse în programul de întreținere preventivă, este posibil să fi fost posibilă planificarea întreținerii sau înlocuirii motorului care s-ar fi defectat, într-un moment în care linia era oprită, reducând astfel costurile generale.

Dacă degradarea avansată a izolației nu este detectată, crește probabilitatea de șoc electric sau chiar de deces pentru personalul de operare; există o creștere a probabilității de apariție a incendiilor induse electric; durata de viață utilă a echipamentelor electrice poate fi redusă și / sau instalația se poate confrunța cu perioade de oprire neprogramate și scumpe.

Măsurarea calității izolației în mod regulat este o parte crucială a oricărui program de întreținere, deoarece ajută la prezicerea și prevenirea defectării echipamentelor electrice.

Acest lucru este adecvat în special atunci când considerăm că părți mari ale rețelei electrice din SUA și Europa au fost instalate în anii 50 ... 60, într-o explozie de investiții postbelice. Unele echipamente se apropie de sfârșitul duratei lor de viață, în timp ce altele au depășit-o, dar încă funcționează satisfăcător.

Întrucât testele de diagnoză sunt rezervate în general pentru mai multe dintre echipamentele critice, în mod normal, dar nu întotdeauna, descoperim că testerele pentru diagnosticare au ieșiri de tensiune de 5 sau 10 kV. Aceste tensiuni sunt mai adecvate pentru testarea activelor care sunt de obicei mașini de medie tensiune, cabluri, transformatoare, etc.

### **Avantajele noii tehnologii**

Testerele de izolație datează de la începutul secolului XX, când Sidney Evershed și Ernest Vignoles au dezvoltat primul tester de izolație (care a evoluat în 1903 în gama de testere Megger).

În primele zile, majoritatea instrumentelor erau manuale. Acest lucru a limitat capacitatea lor de a efectua teste, care durau

un timp îndelungat până la finalizare și a limitat stabilitatea tensiunii la capacitatea operatorului de a "da la manivelă" constant. Mai târziu, aceste instrumente au fost capabile să aibă o unitate de acționare externă cu motor, care a ajutat în testele de lungă durată, dar a făcut foarte puțin pentru a îmbunătăți stabilitatea tensiunii. Cu toate acestea, domeniul de măsură al acestor instrumente a depășit rareori 1000 MΩ. Aparatele de măsură analogice au fost foarte grele și au servit efectiv la atenuarea oricărui eveniment tranzitoriu.

Apariția electronicii și dezvoltarea tehnologiei bateriilor au revoluționat proiectarea testerelor de izolație. Instrumentele moderne sunt alimentate de la rețea sau din baterii și produc tensiuni de test foarte stabile în condiții foarte variate. De asemenea, sunt capabile să măsoare curenți foarte mici, astfel încât domeniul lor de măsură a rezistenței de izolație este extins de câteva mii de ori în intervalul Teraohmilor (TΩ). Unele pot chiar înlocui creionul, hârtia și cronometrul, care au fost folosite anterior pentru colectarea manuală a rezultatelor, prin înregistrarea datelor în memorie, pentru descărcare și analiză ulterioară. Este un avantaj faptul că au fost făcute aceste îmbunătățiri uimitoare, deoarece și producătorii de materiale izolante au lucrat din greu și, prin urmare, materialele izolatoare moderne prezintă acum rezistențe mult mai mari decât cele de la începutul secolului XX.

Noua tehnologie oferă performanțe îmbunătățite, astfel încât procedurile stabilite să poată oferi mai multe informații și să poată fi disponibile noi metode. Instrumentele moderne oferă o tensiune stabilă pe întreg domeniul de rezistență, cu sensibilitate controlată cu microprocesor în circuitul de măsură, care permite măsurători în intervalul TΩ. Combinația dintre tensiunea stabilă și sensibilitatea sporită permite testerului să măsoare valorile minuscule de curent care trec prin izolația de calitate din echipamentele noi, valoroase. În consecință, au fost dezvoltate proceduri sofisticate care se bazează pe măsurători precise și care pot fi ușor implementate.

Acum, întrucât testerul de izolație nu este limitat la valorile asociate echipamentelor defecte sau îmbătrânite, poate fi utilizat pentru a identifica starea obiectului de test oriunde de-a lungul curbei de îmbătrânire. Indicația „infini” care este o încăntare pentru tehnicianul de reparații reprezintă un "gol" pentru diagnostician. Unele instrumente au teste de diagnoză preprogramate în software-ul lor și le pot rula automat, completând acest gol cu date analitice valoroase.

## CUM SE MĂSOARĂ REZISTENȚA DE IZOLAȚIE

### Cum funcționează un tester de rezistență a izolației

Testerile de izolație Megger sunt instrumente portabile care oferă o măsurare directă a rezistenței de izolație în Ohmi, Megaohmi, Gigaohmi sau Teraohmi (în funcție de modelul ales) indiferent de tensiunea de test selectată. Pentru o izolație bună, valoarea rezistenței este de obicei în intervalul Megaohmilor sau mai mare. Testerul de izolație Megger este, în esență, un tester de rezistență (ohmmetru) cu un domeniu mare de măsură, cu un generator de curent continuu încorporat.

Generatorul instrumentului, care poate fi acționat manual, alimentat de la baterie sau de la rețea, dezvoltă o tensiune CC ridicată care provoacă trecerea unor curenți mici prin și pe deasupra suprafețelor izolației. Curentul total este măsurat prin ohmmetru, care are fie o scală cu indicație analogică, fie una cu citire digitală, fie ambele.

### Componentele curentului de test

Dacă aplicăm o tensiune de încercare pe o bucată de material izolan și măsurăm curentul rezultat prin aplicarea Legii lui Ohm ( $R = U / I$ ), putem calcula rezistența izolației. Din păcate, prin material trece mai mult decât un singur curent, fapt care are tendința de a complica problema.

#### Curentul de încărcare capacitiv

Cu toții suntem familiarizați cu curentul necesar pentru încărcarea capacității izolației testate. Acest curent este inițial mare, dar durează relativ o perioadă scurtă de timp, scăzând exponențial la o valoare apropiată de zero pe măsură ce obiectul testat este încărcat. Materialul izolan devine încărcat în același mod ca un dielectric dintr-un condensator.

#### Curentul de absorbție sau de polarizare

Curentul de absorbție este alcătuit de fapt din până la trei componente, care scad cu o rată descrescătoare până la o valoare apropiată de zero într-o perioadă de câteva minute.

Primul este cauzat de o derivă generală a electronilor liberi prin izolație sub efectul câmpului electric.

Al doilea este cauzat de distorsiunea moleculară prin care câmpul electric impus distorsionează sarcina negativă a pachetelor de electroni care circulă în jurul nucleului spre tensiunea pozitivă.

Al treilea se datorează alinierii moleculelor polarizate în câmpul electric aplicat (a se vedea figura 1). Această aliniere este destul de întâmplătoare într-o stare neutră, dar atunci când este aplicat un câmp electric, aceste molecule polarizate se aliniază cu câmpul într-o măsură mai mare sau mai mică.

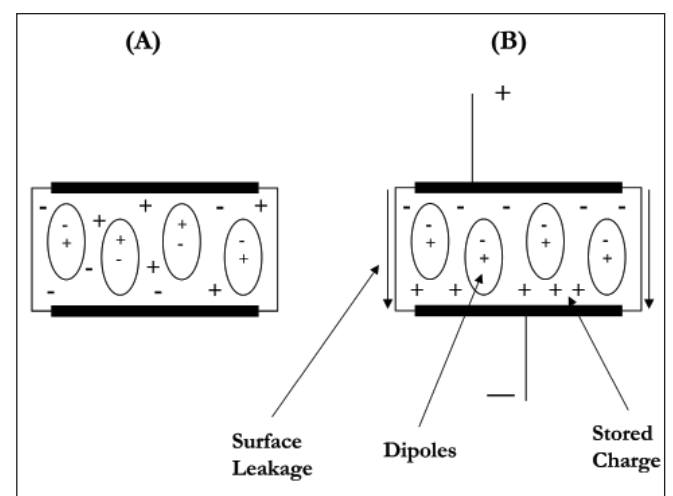


Figura 1: Alinierea moleculelor polarizate

Cei trei curenți sunt în general considerați împreună ca un singur curent și sunt afectați în principal de tipul și starea materialului de lipit utilizat în izolație. Deși curentul de absorbție se apropie de zero, procesul durează mult mai mult decât în cazul curentului capacitiv.

Polarizarea de orientare este crescută în prezența umidității absorbite, deoarece materialele contaminate sunt mai polarizate. Aceasta crește gradul de polarizare. Depolimerizarea izolației duce, de asemenea, la creșterea curentului de absorbție.

Nu toate materialele posedă toate cele trei componente și, într-adevăr, materiale cum ar fi polietilena prezintă o absorbție de polarizare mică, dacă este cazul.

### Curentul de pierdere de suprafață

Curentul de pierdere de suprafață este și el prezent, deoarece suprafața izolației este contaminată cu umiditate sau cu săruri. Curentul este constant în timp și depinde de gradul de ionizare prezent, care în sine depinde de temperatură. Adesea este ignorat ca fiind un curent separat, fiind inclus împreună cu curentul de conducție de mai jos drept curent total de pierdere.

### Curentul de conducție

Curentul de conducție este constant prin izolație și este de obicei reprezentat prin cel care trece printr-o rezistență cu valoare foarte mare în paralel cu capacitatea izolației. Este o componentă a curentului de pierdere, fiind curentul care ar fi măsurat atunci când izolația este complet încărcată și are loc absorbția completă. Rețineți că include pierderi de suprafață, care pot fi reduse sau eliminate prin utilizarea terminalului de Gardă (va fi discutat ulterior).

Graficul din figura 2 arată natura fiecăreia dintre componentele curentului în raport cu timpul.

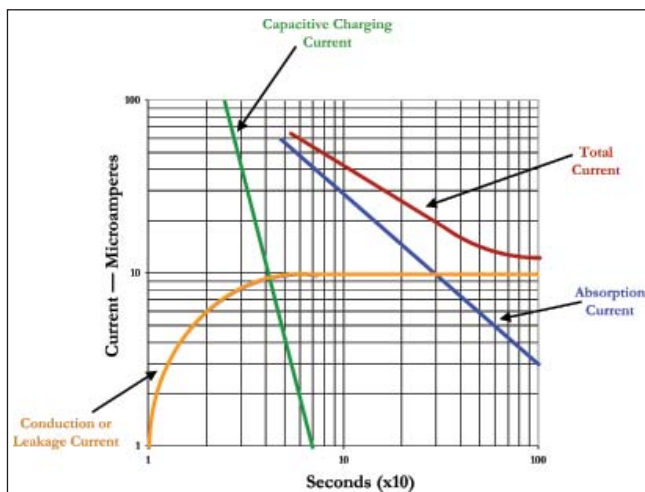


Figura 2: Componentele curentului de test

Curentul total este suma acestor componente. (Curentul de

pierdere este prezentat ca un singur curent.) El este acel curent care poate fi măsurat direct de un microampermetru sau, în termeni de Megaohmi, la o anumită tensiune cu ajutorul unui tester de izolație Megger. Unele instrumente oferă alternativa afișării măsurătorii în valori de curent sau de rezistență.

Deoarece curentul total depinde de timpul pentru care este aplicată tensiunea, Legea lui Ohm ( $R = U / I$ ) ține teoretic doar de un moment infinit (asta ar presupune să așteptăm pentru vece înainte de a citi valoarea). Este de asemenea puternic dependent de pornirea de la un nivel de bază al descărcării totale. Primul pas al oricărui test de izolație este, prin urmare, acela de a ne asigura că izolația este complet descărcată.

**Vă rugăm să rețineți:** curentul de încărcare dispare relativ rapid pe măsură ce echipamentul testat se încarcă. Obiectele de test mai mari ce au o capacitate mai mare vor avea nevoie de o durată mai mare pentru a fi încărcate. Acest curent este stocat ca energie și, din motive de siguranță, trebuie descărcat după test. Din fericire, descărcarea acestei energii are loc relativ repede. În timpul testării, curentul de absorbție scade într-un ritm relativ lent, în funcție de natura exactă a izolației. De asemenea, această energie stocată trebuie descărcată la sfârșitul unui test și necesită un timp mult mai lung pentru descărcare decât curentul de încărcare a capacității.

### Conectarea testerului de izolație

În cazul materialelor izolante moderne, există o diferență mică, dacă există, între valorile obținute, indiferent de modul în care sunt conectate terminalele. Cu toate acestea, pentru izolațiile mai vechi, un fenomen mai puțin cunoscut numit electroendoosmoză determină o citire mai mică cu terminalul pozitiv conectat la partea împământată a izolației testate. Dacă testați un cablu subteran, terminalul pozitiv ar fi conectat în mod normal la exteriorul cablului, pentru a asigura punerea la pământ prin contactul cu solul, așa cum se arată în figura 3. Vă rugăm să rețineți că nu vă conectați direct la izolație, ci mai degrabă la neutrul cablului sau la pământ.

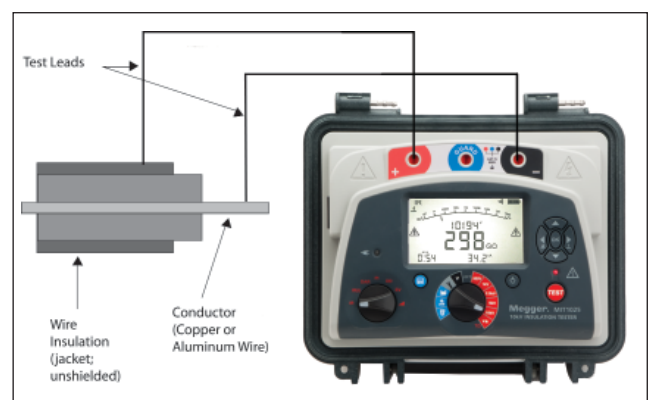


Figura 3: Schema conectării la un cablu

## O selecție de conexiuni uzuale

### Cablu de alimentare ecranat

Conectare pentru a măsura rezistența de izolație între un conductor și pământ.

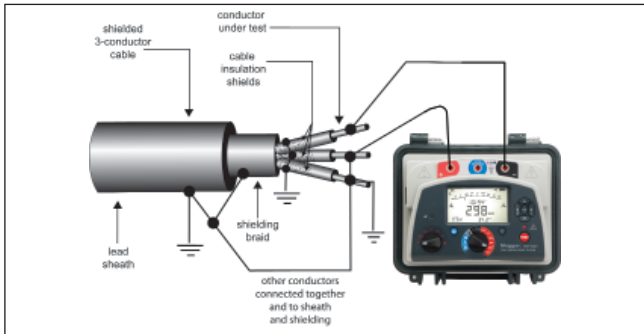


Figura 4: Conectarea la un cablu de alimentare ecranat

### Întrepritor / treceri izolante

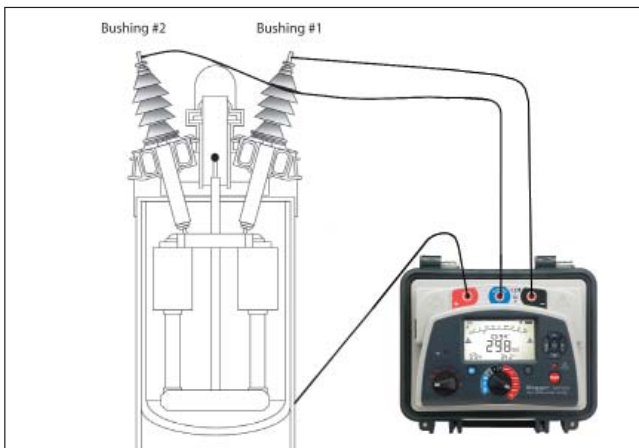


Figura 5: Conectarea la un întrepritor

### Transformator de putere

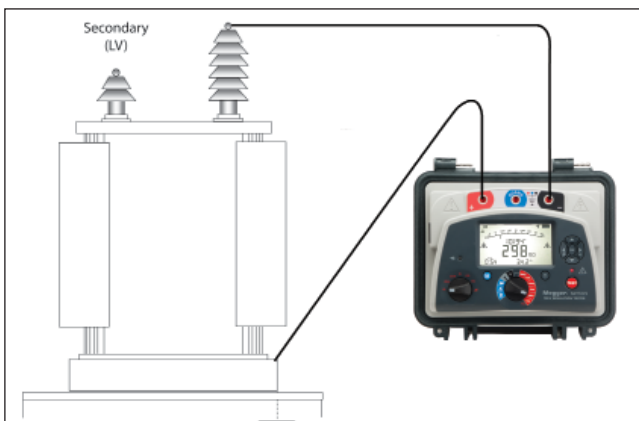


Figura 6: Conectarea la un transformator de putere

### Generator de curent alternativ

Observatorii atenți vor constata că pentru a măsura trecerile întreruptoarelor conectarea include și a celui de-al treilea terminal, sau terminalul de Gardă. Utilizarea acestui terminal este explicată mai detaliat mai târziu în această broșură.

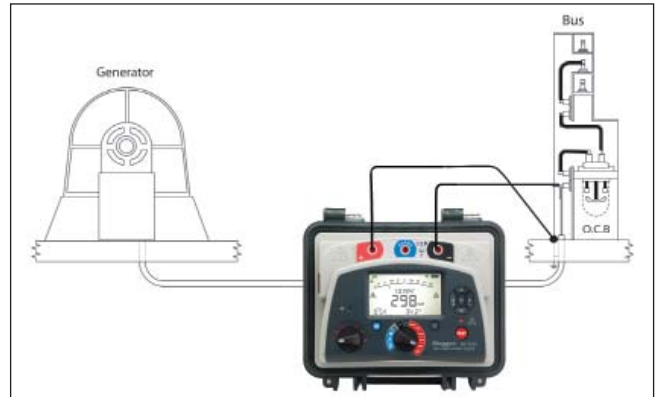


Figura 7: Conectarea la un generator de curent alternativ

### Scala testerului rezistenței de izolație

Cele mai multe testere de izolație moderne sunt dotate cu afișaje care oferă operatorului atât o citire numerică a rezultatului cât și o indicație analogică prin deplasarea unui indicator ca un ac. Figura 8 prezintă panoul superior și afișajul aparatului Megger MIT1025.



Figura 8: Panoul superior și afișajul Megger MIT1025

Când un tester de izolație este „agățat” la obiectul de test și este inițiat un test, au loc mai multe lucruri. La inițierea măsurătorii trec cei trei curenți diferiți: de încărcare capacitivă, de absorbție dielectrică și de conducție/fugă. Suma acestor trei curenți va determina ca valoarea afișată de instrument să varieze, valoarea crescând, inițial rapid și apoi mai lent în timp.

Pe un afișaj analog, mișcarea indicatorului poate oferi informații unui operator cu experiență. Indicatorul se mișcă lent fără probleme sau „se bâlbâie”? Se ridică constant sau cade intermitent înapoi? Aceste informații suplimentare valoroase ar fi dificil sau aproape imposibil de obținut numai din cifrele care dansează pe un ecran LCD.



Câteva exemple sunt enumerate mai jos:

- Odată cu creșterea tensiunii de test obiectul testat se apropie de străpungere, descărcările corona vor determina indicatorul să „se bătje”, indicând operatorului că ne apropiem de tensiunea maximă pe care o poate suporta obiectul. Acest avertisment are loc la timp pentru a încheia testul înainte de o străpungere dar se poate produce o posibilă deteriorare.
- Viteza cu care se deplasează indicatorul îi transmite operatorului cu experiență informații despre capacitatea obiectului testat. Aceasta este o proprietate utilă în încercarea cablurilor de înaltă tensiune și este legată de bazele teoretice ale testelor mai sofisticate ale descărcării dielectricului, care sunt descrise într-un alt capitol din această broșură.
- Dacă indicatorul se ridică și coboară alternativ, ar putea indica apariția arcului electric în obiectul testat dar care este prea mic pentru a provoca oprirea automată a testerului. Aceste informații ajută la îndrumarea operatorului în identificarea unei probleme.
- Observarea unui indicator care încetinește până la oprire aparentă (poate fi în continuare în mișcare, dar cu o „viteză” asemănătoare cu cea a secundarului unui ceas) poate fi mai plăcută pentru a face măsurători rapide sau punctuale decât să încerci să decizi când un afișaj numeric s-a stabilizat în mod rezonabil. Niciun afișaj numeric nu „îngheață” pe o valoare exactă fără cel puțin o fluctuație a celei mai puțin semnificative cifre.

Ochiului uman îi este dificil sau imposibil să extragă acest tip de detaliu din cifrele ce defilează pe un afișaj electronic. Dar, în timp ce deplasarea indicatorului poate fi de dorit, atunci când se oprește, operatorul este lăsat să interpoleze citirea între marcajele de scală, introducând un element de decizie uman, care poate fi o sursă de eroare. Modelele digitale nu prezintă o astfel de problemă, deoarece informează operatorul exact (cu precizia specificată a unității) asupra valorii măsurătorii care a fost făcută. În plus, cele mai multe instrumente vă vor oferi o valoare a capacității la sfârșitul testului.

Majoritatea testerelor de izolație Megger de peste 1 kV sunt prevăzute cu un afișaj analog / digital. Unul dintre avantajele acestui afișaj este că porțiunea analogică a afișajului se va balansa și va oscila, indicând operatorului că obiectul testat nu a ajuns încă la o stare de echilibru și este încă sub influența curentului de absorbție și de încărcare. Această indicație înseamnă fie obiectul trebuie testat un timp mai îndelungat fie că există o problemă. Atunci când porțiunea analogică a afișajului devine constantă, instrumentul afișează rezultatul într-o formă digitală de citire directă fără ambiguitate, fără multiplicatori sau calcule matematice.

Spre deosebire de afișajul analog / digital menționat mai sus, un contor cu bare „senzor valoare medie” nu oferă o indicație în timp real a rezistenței de izolație. Unele instrumente oferă un grafic cu bară în formă curbată în locul unui arc logaritmice autentic, pentru care capătul de jos al scalei este extins în raport

cu extremitatea superioară. Graficul cu bare efectuează citiri în timp, face calcule și apoi afișează rezultatele. Problema acestui tip de contor este principiul său de funcționare. Dacă un eveniment are loc atunci când graficul de bare nu efectuează citiri, acesta va fi ratat și nu va fi afișat pe ecran. În plus, simulările graficului cu bare ale mișcării indicatorului pot să nu pară ochiului la fel ca și mișcarea indicatorului clasic familiar și s-ar putea să nu reproducă o mișcare mecanică în gradul scontat.

Când faceți testarea izolației, cu cât operatorul obține mai multe rezultate (în timpul și după test), cu atât mai bună va fi decizia sa cum să remedieze problema, dacă aceasta există. Dacă în timpul unui test este ratat ceva, deoarece instrumentul avea un contor în stil bară grafică, pot fi de asemenea ratate informații importante privind starea izolației.

### Caracteristica tensiunii

Tensiunea de ieșire a unui tester de izolație depinde de rezistența pe care o măsoară. La rezistențe mici, să zicem zeci de ohmi, tensiunea de ieșire va fi aproape de zero, poate câțiva volți. Pe măsură ce sarcina rezistivă crește și tensiunea de test va crește până când ajunge la tensiunea dorită. Pe măsură ce rezistența crește în continuare, tensiunea de test va crește încet până când se ajunge la o valoare constantă. Această valoare va depăși probabil ușor tensiunea nominală solicitată (de exemplu 5104 V când a fost selectată 5000 V).

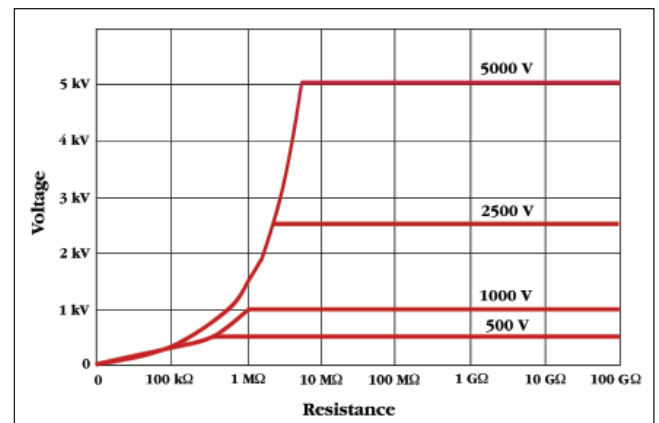


Figura 9: Curbă de încărcare bună

Trebuie să vă asigurați întotdeauna că un tester de izolație este prevăzut cu un „grafic de sarcină” care indică caracteristicile tensiunii de ieșire față de rezistența de sarcină sau, alternativ, un voltmetru integrat care măsoară efectiv tensiunea de ieșire în timpul unui test și o afișează continuu. Prin aceasta, vă puteți asigura că este produsă o tensiune adecvată în domeniul măsurat al rezistenței respective.

Un tester de izolație de calitate va avea o caracteristică de tensiune care prezintă o creștere bruscă a tensiunii până la un nivel de rezistență proporțională cu o izolație bună.

Un timp de creștere rapid asigură o măsurare eficientă. Caracteristica de tensiune prezentată în figura 9 reprezintă o caracteristică bună. În acest exemplu, tensiunea de ieșire va fi atinsă 500 V la o sarcină mai mică de 500 kΩ și 1000 V la 1 MΩ.

Aceste valori sunt reglementate de standardele internaționale pentru testarea cablurilor de alimentare în case, magazine, etc. Deși aceasta nu este cu adevărat o utilizare obișnuită pentru testele tipice pentru diagnoza izolației, oferă un bun punct de referință pentru producătorii serioși. Valori similare s-ar aplica și la tensiuni mai mari. Tensiunea ar trebui să crească brusc până la orice valoare de la unu la cinci Megaohmi, în funcție de tensiunea selectată și să mențină acea tensiune la toate rezistențele mai mari.

Pentru testere de izolație de calitate inferioară, rampa de tensiune este mult mai lentă. Instrumentele caracterizate prin curba slabă prezentată în figura 10 nu produc tensiunea nominală până când nu au fost atinse rezistențe mult mai mari. Astfel, testele efectuate ar putea produce rezultate care asigură o validare eronată de tip "Trece" a izolației, dar de fapt aceasta nu a fost supusă decât la jumătate din tensiunea dorită.

*Notă: Atenție la instrumentele care nu au curbele de sarcină publicate.*

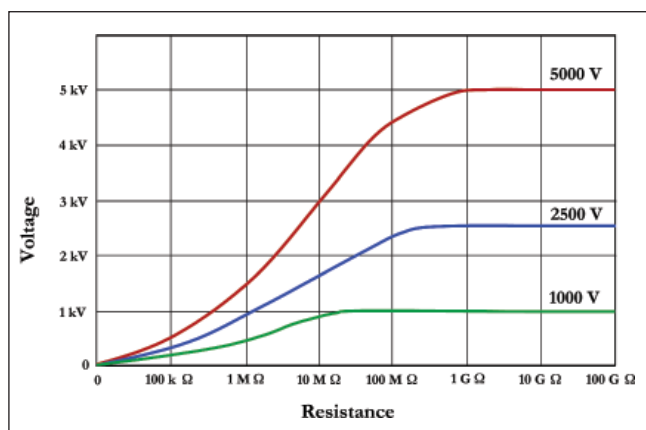


Figura 10: Curbă de încărcare proastă

## TERMINALUL DE GARDĂ

### Introducere

Atunci când facem un test de izolație, suntem adesea atât de preocupați de rezistența izolatorului propriu-zis, încât uităm de calea de rezistență de pe suprafața exterioară a materialului izolan. Această cale rezistivă poate face parte din măsurătoarea noastră și poate afecta dramatic rezultatele.

Ca aducere aminte, curentul total care trece în timpul unui test de rezistență a izolației este format din trei componente principale:

1. Curentul de încărcare capacitiv, care încarcă capacitatea obiectului.
2. Curentul de absorbție, care este curentul care este atras în izolație prin polarizarea electronilor; inițial ridicat, dar care scade în timp (cu o viteză mai mică decât curentul de încărcare).

3. Curentul de conducție sau de pierdere, care este curentul mic constant, care se împarte în două părți:
  - a. Calea conductivă prin izolație.
  - b. Curentul care trece pe deasupra suprafeței izolației.

Curentul care trece pe suprafață este componenta curentului pe care nu vrem să o măsurăm dacă dorim să măsurăm rezistența de izolație a materialului. Pierderea de suprafață introduce erori în măsurarea rezistenței izolației. Eliminarea pierderilor de suprafață din măsurătoare devine mai critică cu cât valorile rezistenței izolației sunt mai mari.

Unele testere de izolație au două terminale, altele au trei. Deoarece sunt testere de curent continuu, două dintre terminale sunt + și -. Cel de-al treilea (dacă este prezent) este un terminal de Gardă. El nu trebuie utilizat uzual și mulți operatori folosesc testere de izolație în mod satisfăcător, fără să folosească vreodată Garda.

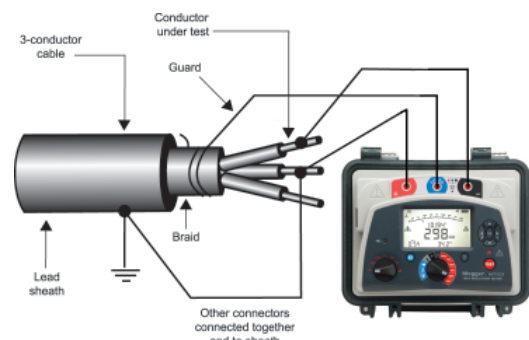


Fig. 11: Utilizarea terminalului de Gardă pe un cablu de alimentare

Cu toate acestea, ea oferă operatorului o funcție suplimentară pentru diagnosticarea problemelor echipamentelor. Garda este un circuit de șuntare care redirecționează curentul de pierdere pe suprafață în timpul măsurătorii. Dacă există căi de pierdere paralele, conexiunea de Gardă le va elimina pe acestea din măsurătoare și va oferi o citire mai precisă a curentului care trece între elementele rămase.

Pierderea de suprafață este în esență o rezistență în paralel cu rezistența izolației reale a materialului testat. Atunci când efectuați o măsurare cu două terminale, această cale de rezistență face parte foarte mult din măsură și poate afecta dramatic citirile. O măsurătoare cu 3 terminale, care include utilizarea terminalului de Gardă, ignoră pierderile de suprafață. Acest lucru poate fi destul de important atunci când se testează componente de înaltă tensiune, cum ar fi izolatoarele, trecerile și cablurile unde sunt de așteptat valori ridicate ale rezistenței.

Ca exemplu, murdăria și umiditatea de pe o trecere izolanță a transformatorului vor favoriza pierderea de suprafață între conexiunile + și -, reducând astfel valoarea citită și, eventual, dând impresia falsă că trecerea este defectă. Conectarea Gărzii la o sârmă goală înfășurată în jurul trecerii va intercepta acest curent și va produce o măsurătoare bazată preponderent pe pierderile prin defectele din ceramică.

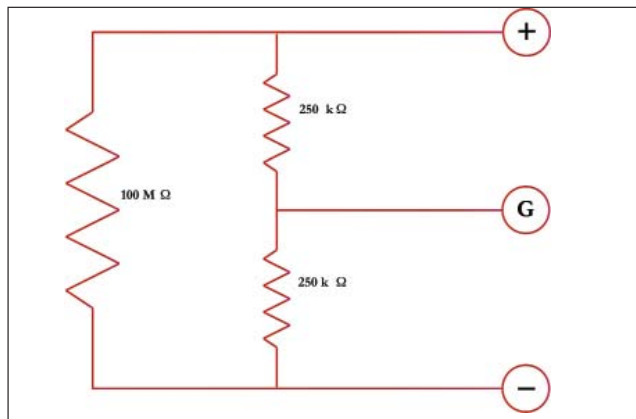


Figura 12: Diagrama terminalului de Gardă

Cel mai important este să nu confundați Garda cu un pământ. Conectarea Gărzii și cablului de retur la același element al obiectului testat nu face decât să șunteze curentul care se presupune a fi măsurat și, prin urmare, să scurtcircuiteze funcția de măsură. Când selectați un tester, luați în considerare următoarele:

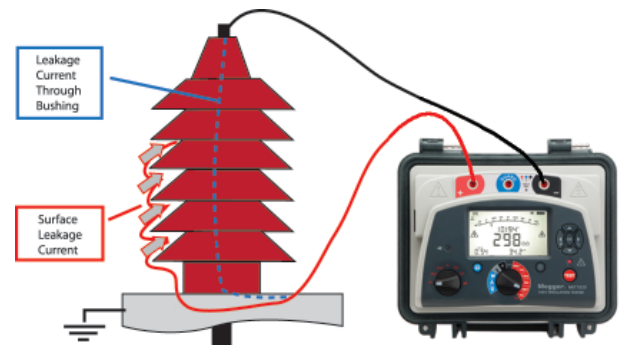
- Obiectivele testării (verificările de bază ale instalațiilor nu necesită în general o Gardă).
- Compoziția electrică a elementelor de testat (motoarele și transformatoarele pot fi testate pentru pierderi între înfășurări, cu pierderile față de pământ eliminate).
- Efectele posibile ale pierderilor de suprafață (firul și cablul pot transporta curent pe toată suprafața, prin murdărie și umiditate, precum și prin materialul izolant).
- Gradul în care rezultatele trebuie analizate (elementele „proaste” trebuie doar înlocuite sau îndepărtate din instalație sau va fi necesară localizarea defectelor pentru o posibilă reparație).

### Cum lucrează terminalul de Gardă

Următorul exemplu cu o trecere izolantă de înaltă tensiune prezintă o utilizare tipică pentru terminalul de Gardă. În primul grafic, terminalul de Gardă nu este utilizat și curenții de pierdere care curg prin trecere și pe toată suprafața sunt combinați și măsurați împreună de instrument. În al doilea grafic, în jurul trecerii a fost înfășurată o sârmă și conectată la terminalul de Gardă, astfel încât pierderile de suprafață să treacă către terminalul de Gardă. Curentul care trece în terminalul de Gardă nu este măsurat de instrument, ceea ce înseamnă că este ignorat în măsurarea rezistenței izolației.

Pentru a înțelege mai bine ce se întâmplă de fapt în cadrul instrumentului luați în considerare figura 14. Testerul de izolație are trei elemente principale: sursa de curent continuu de înaltă tensiune, voltmetrul de înaltă tensiune și ampermetrul pentru curent. Măsurarea rezistenței izolației este pur și simplu Legea lui Ohm, tensiunea măsurată este împărțită la curentul măsurat. Terminalul de Gardă permite curentului de pierdere să ocolească curentul măsurat și să fie ignorat.

### Terminalul de Gardă nu este utilizat



### Terminalul de Gardă este utilizat

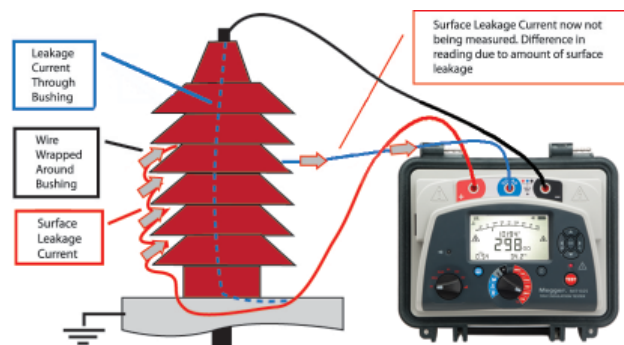


Figura 13: Exemplu cu o trecere de înaltă tensiune

### Performanța terminalului de Gardă

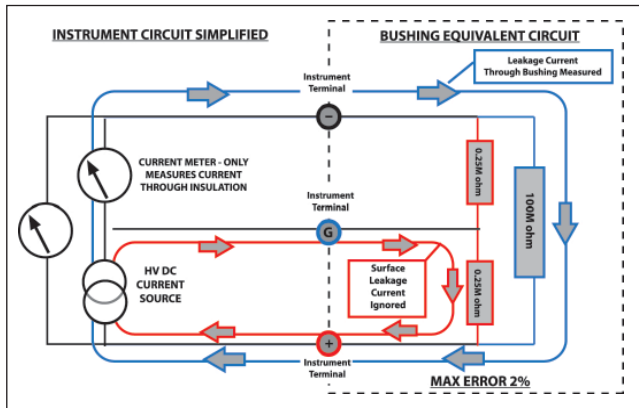
Testerele cu Gardă costă, în general, ceva mai mult decât modelele cu două terminale, dar în multe stuații, un model cu două terminale nu va oferi întregul spectru de informații care pot fi căpătate prin testarea izolației.

Adeseori ceva este uitat și anume diferența dintre capacitățile circuitului de Gardă între echipamente diferite. Performanța terminalului de Gardă este adesea ascunsă în fișa tehnică a instrumentului sau este lăsată cu totul pe dinafară. Capacitatea de Gardă a testerului de izolație este mult mai importantă atunci când se măsoară izolații cu pierderi, decât valoarea preciziei instrumentului de măsură citată de obicei, care poate fi de 5%.

Pierderile de suprafață fac parte din incertitudinea măsurătorii. Cu cât din curentul de măsură deviază pierderi de suprafață mai mari, înseamnă mai puțin curent rămas de măsurat. La măsurarea componentelor electrice de înaltă tensiune, cu cât este mai bună performanța terminalului de Gardă, cu atât este mai precisă măsurarea rezistenței izolației. Întreținerea predictivă eficientă depinde de o evaluare fiabilă a tendinței rezultatelor testelor pentru a oferi o indicație timpurie a defectelor. Citirile defectuoase din cauza pierderilor de suprafață, care nu sunt eliminate corespunzător prin Gardă, pot distorsiona programul de întreținere a instalației.

Luați în considerare următorul exemplu, un caz extrem în care calea de pierdere pe suprafață este de 200 de ori mai mică decât rezistența izolației.

Aici vom prezenta un izolator cu o valoare de 100 MΩ pe care dorim să îl măsurăm. Este murdar și contaminat, și are o cale de pierdere de suprafață de 500 kΩ. Dacă aplicăm tensiunea de test de la bornele pozitiv și negativ fără a utiliza Gardă, de 20 de ori mai mult curent va trece prin pierderea de suprafață în comparație cu curentul care trece prin izolația pe care dorim să o măsurăm și vom citi o rezistență de numai 497 kΩ.



**Figura 14: Circuitul instrumentului prezentat simplificat**

Dacă „Gardă” obiectul, prezentat aici ca fiind protejat prin Gardă astfel să încât să împărțim rezistența de pierdere în mod egal pe ambele părți ale conexiunii de Gardă, vom putea elimina într-o anumită măsură efectul pierderii de suprafață. Cât de mult eliminăm efectul pierderii de suprafață se bazează pe circuitul de Gardă al testerului de izolație utilizat. În funcție de instrumentul ales, acest nivel de eroare poate varia de la mai puțin de 1,0% la mai mult de 80,0%. Dacă intenționați să folosiți terminalul de Gardă, investigați nivelul de eroare oferit înainte de a achiziționa un instrument.

Acesta este un exemplu clasic al necesității de a compara testele pe baza asemănării acestora. O măsurare fără Gardă și o măsurare cu Gardă dau rezultate foarte diferite. Cum poate un operator să știe dacă terminalul de Gardă a fost folosit în măsurătorile anterioare, cu excepția cazului în care înregistrările testelor menționează acest detaliu aparent lipsit de importanță?

### Compararea rezultatelor

O modalitate de a verifica performanța terminalului de Gardă este de a compara rezultatele cu și fără terminalul de Gardă, utilizat pe o cutie de calibrare cu o valoare de pierdere cunoscută adăugată în circuit (care trebuie eliminată prin Gardă). Un instrument de înaltă calitate (și un terminal de Gardă) va oferi același rezultat înainte ca valoarea pierderii să fie adăugată în circuit (măsurată fără Gardă) și după ce este adăugată la circuit (și măsurată cu Gardă). În plus, tensiunea de test va rămâne la nivelul selectat.

Instrumentele cu terminale de Gardă slabe pot produce o eroare de peste 95% în citire, atunci când se utilizează Gardă. În plus, acestea prezintă adesea o scădere semnificativă a tensiunii furnizate față de nivelul de tensiune selectat. Chiar și unitățile cu terminale de Gardă mai precise pot arăta în continuare o scădere semnificativă a tensiunii de încercare furnizate, ceea ce face ca rezultatul măsurat să fie discutabil.

Urmează câteva rezultate obținute cu instrumente reale, folosind poziția de 1 TΩ pe o cutie de calibrare și apoi introducând pierderi de 5 MΩ pentru a fi protejate cu Gardă. Numele și numerele de model ale celorlalte instrumente cu excepția celui produs de Megger au fost șterse. Aceste date sunt utilizate pentru a arăta cât de multă eroare poate fi introdusă în citire de către un terminal de Gardă slab.

Instrument	Citire fără Gardă	Tensiune generată fără Gardă	Pierdere adăugată	Citire cu Gardă	Tensiune generată cu Gardă
Megger MIT525	978 MΩ	5090 V	5 MΩ	978 MΩ	5001 V
Instrument 1	1,01 TΩ	5010 V	5 MΩ	37,6 MΩ	3287 V
Instrument 2	975 MΩ	5103 V	5 MΩ	961 MΩ	3757 V
Instrument 3	978 MΩ	5269 V	5 MΩ	746 MΩ	3680 V

### Terminalul de Gardă ca instrument de diagnoză

Utilizatorul poate identifica rapid când există pierderi de suprafață și cât de mari sunt prin efectuarea a două teste, unul cu terminalul de Gardă și unul fără. Dacă instrumentul oferă opțiunea de face măsurătoarea exprimată prin valoarea curentului de pierdere mai degrabă decât ca rezistență, utilizatorul va scădea pur și simplu valoarea măsurată cu terminalul de Gardă folosit din valoarea măsurată fără terminalul de Gardă. Rezultatul arată exact cât este curentul de pierdere de suprafață.

O măsurătoare proastă a rezistenței izolației poate duce la acțiuni de remediere costisitoare, cum ar fi înlocuirea unei treceri. S-ar putea ca tot de ce are nevoie trecerea izolantă să fie numai o curățire bună. Utilizarea terminalului de Gardă ajută la identificarea acestui tip de situație și economisește bani.

Notă: Atenție la specificațiile care prevăd impedența de intrare.

### Protecția prin terminalul de Gardă

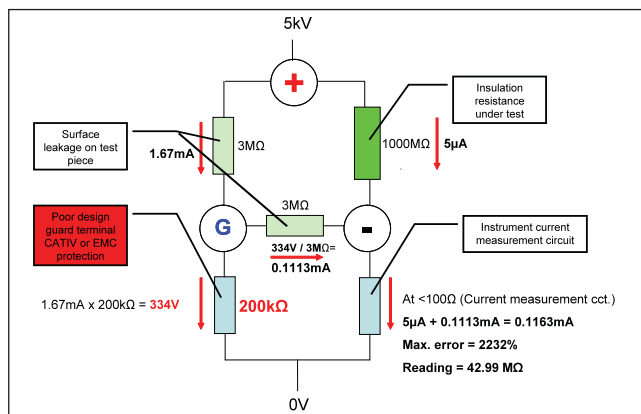
Terminalul de Gardă este o parte importantă a unui tester de izolație > 1kV. Gardă nu numai că trebuie să funcționeze bine, dar trebuie să fie bine protejată. Performanța ei depinde de capacitatea sa de a elimina eficient efectele pierderilor de suprafață sau pe cele nedorite dintr-o măsurătoare a izolației. Este util ca acest terminal să fie protejat împotriva aplicării necorespunzătoare a tensiunii sau a tranzitoriiilor, așa cum este cerut de nivelul de securitate CAT specificat în IEC61010.

Familiiile Megger MIT și S1 de testere de izolație de 5 kV și 10 kV au o specificație unică pentru performanța terminalelor de Gardă. Specificația înseamnă că instrumentul are capacitatea de a efectua măsurători ale rezistenței de izolație atunci când curentul de pierdere eliminat de Gardă este de 200 de ori mai mare decât curentul de trecere prin izolație măsurat și nu aduce o eroare suplimentară mai mare de 2% în precizie.

Asigurarea acestei precizii și garantarea protecției de securitate cerută pentru a satisface IEC61010 sunt două condiții inevitabile. Cu toate acestea, cea mai comună abordare folosită de unii producători de instrumente este de a utiliza o impedență de

intrare mai mare pentru a oferi protecția necesară. Acest lucru va distruge efectiv performanța de măsurare a terminalului de Gardă.

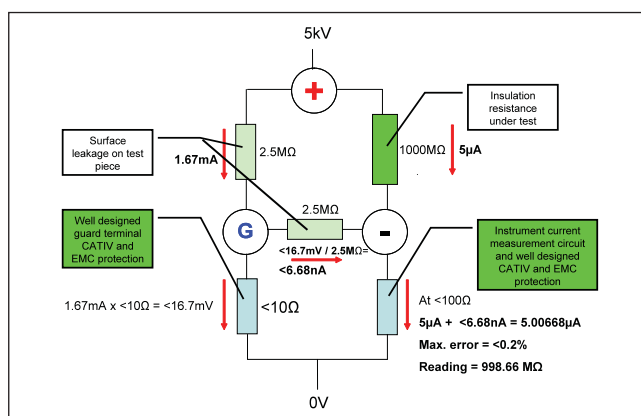
Pentru a înțelege acest efect, să luăm un studiu de caz al unui producător de instrumente care a evidențiat caracteristicile unui terminal de Gardă protejat cu o impedanță de intrare de 200 kΩ.



**Figura 15: Circuit de măsură „protejat” cu o Gardă cu impedanță ridicată**

Figura 15 de mai sus ne prezintă un circuit echivalent cu o rezistență de izolație de 1000 MΩ măsurată cu o pierdere de suprafață de 6 MΩ peste ea. Pierderea de suprafață a fost conectată la borna de protecție pentru a ne asigura că nu este măsurată. Cu toate acestea, acest instrument este protejat cu o impedanță de intrare de 200 kΩ. Rezultatul este o valoare măsurată de aproximativ 43 MΩ, peste 2000% față de 1000 MΩ, valoare care ar fi trebuit să fie măsurată.

Într-un tester de izolație Megger, terminalul de Gardă implementează o protecție eficientă, dar impedanța de intrare rămâne la un nivel acceptabil, așa cum se arată în exemplul de mai jos din figura 16.



**Figura 16: Circuitul de măsură cu Gardă cu impedanță mică și de precizie ridicată**

În figura 16 terminalul de intrare de Gardă al instrumentului Megger are impedanța mică, dar protejează în continuare

conform cerințelor IEC61010. Importanța Gărzii cu impedanță mică este evidentă, eroarea suplimentară introdusă la măsurătoarea cu Gardă nu este mai mare de 0,2% în acest exemplu.

Este important atunci când selectați un tester de izolație de 5 kV sau 10 kV să vă asigurați că toate bornele instrumentului sunt protejate corespunzător, inclusiv terminalul de Gardă, dar, de asemenea, să vă asigurați că utilizarea Gărzii nu reduce performanțele testerului de izolație. Megger nu va face nici un fel de compromisuri în acest domeniu.

### Concluzii

În mod clar, protejarea prin terminalul de Gardă este o caracteristică foarte utilă, dar sunt necesare câteva cuvinte de atenționare. Prezența terminalului de Gardă nu garantează că un set de teste de izolație va da rezultate precise în prezența unor niveluri ridicate ale pierderilor de suprafață. În special, este dificil să se mențină performanța terminalului de Gardă dacă instrumentul oferă și un nivel de securitate CAT IV 600V. Asigurați-vă că testerul de izolație este capabil să obțină clasificarea CAT fără a compromite performanța terminalului de Gardă.

Pot exista multe motive pentru care unele instrumente obțin performanțe slabe ale terminalului de Gardă, dar unul dintre cele mai evidente este că, la utilizarea terminalului de Gardă, instrumentul nu trebuie doar să furnizeze curentul efectiv necesar testului de izolație, ci și curentul deviat care trece prin terminalul de Gardă. Dacă generatorul de tensiune din trusa de test are o capacitate insuficientă - având o rezistență internă ridicată - rezultatul va fi că tensiunea de test scade, dând rezultate inexacte. Aceasta este o considerare foarte importantă, deoarece curentul din circuitul terminalului de Gardă poate fi de zece ori mai mare decât cel din circuitul de încercare în sine.

Stabilitatea trusei de test are, de asemenea, un efect asupra acurateței rezultatelor obținute atunci când este utilizat terminalul de Gardă, la fel ca și pierderea pe suprafața cordoanelor de test utilizate. Există instrumente disponibile în prezent care pot da rezultate cu o eroare de până la 80% atunci când este utilizat terminalul de Gardă. Astfel de erori uriașe, desigur, anulează avantajele terminalului de Gardă. De fapt lucrurile stau mult mai prost decât atât, deoarece, prin furnizarea de rezultate eronate, pot masca probleme reale. Deci, ce pot face cumpărătorii de testere de izolație de înaltă tensiune pentru a evita problemele de acest tip?

Din fericire, răspunsul este simplu. Tot ce este necesar este să solicitați producătorului de instrumente, înainte de a face o achiziție, să confirme acuratețea pe care instrumentul o va avea atunci când este utilizat terminalul de Gardă. Orice reticență în furnizarea acestor informații va permite tragerea concluziilor evidente și luarea deciziilor de cumpărare corespunzătoare!

Testarea izolației cu înaltă tensiune este de neprețuit atât în diagnosticarea defectelor, cât și în monitorizarea stării

instalației. Calitatea rezultatelor obținute depinde totuși de calitatea echipamentelor de test utilizate. Trusele de test cu trei terminale, care încorporează un terminal de Gardă, sunt invariabil puțin mai scumpe decât echivalentul lor cu numai două terminale. După cum am văzut, totuși, costul suplimentar mic sunt bani cheltuiți bine cu condiția ca utilizarea terminalului de Gardă să nu distrugă acuratețea instrumentului. Nu uitați să solicitați valorile privind acuratețea înainte de a face o achiziție.

## EVALUAREA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR

### Interpretarea citirilor "infinite"

Una dintre cele mai importante caracteristici ale unui tester de izolație este domeniul pe care îl poate măsura. Obiectivele de test determină dacă funcția de bază este tot ceea ce este necesar pentru efectuarea lucrării sau este recomandat un domeniu îmbunătățit. Aplicații simple de verificare, cum ar fi un electrician care finalizează o lucrare, pot fi îndeplinite cu un domeniu de bază de o mie de Megaohmi (MΩ). Desigur, echipamentele noi, dacă nu sunt defecte sau deteriorate în timpul instalării, vor depăși peste tot valorile măsurate de cele mai avansate testere; însă acest lucru este în regulă. În astfel de cazuri, electricianul nu caută o valoare reală, ci mai degrabă vrea să vadă o valoare ridicată, iar „infinite” îndeplinește cu siguranță acel criteriu. Cu toate acestea, „infinite” nu este o măsurătoare; este un indiciu că izolația testată are o rezistență care depășește capacitățile de măsurare ale testerului și ar trebui să fie întotdeauna înregistrată ca „mai mare de 1000 MΩ” sau orice alt număr disponibil pe testerul de izolație. De obicei, acest lucru este adecvat, deoarece valoarea minimă acceptabilă a rezistenței este posibil să fie mult mai mică decât valoarea maximă citită, disponibilă.

Dar pentru întreținerea echipamentelor de capital, un tester cu o gamă limitată îl „înșală” pe operator. Pentru întreținerea preventivă / predictivă, citirile „infinite” nu sunt de niciun folos. Operatorul știe că obiectul de test este „bun”, și nimic mai mult. Testerele cu o gamă extinsă, până la Teraohmi (1 TΩ = 1.000.000 MΩ), permit măsurători efective chiar din momentul instalării, stabilind astfel o linie lungă de timp care oferă profesioniștilor de întreținere mult „spațiu de manevră”.

Modificări semnificative ale calității izolației pot apărea la niveluri ridicate de rezistență ale acesteia, deasupra domeniului superior al instrumentelor cu performanțe mai limitate, așa cum se arată în graficul din figura 17.

În acest exemplu, un tester cu domeniu limitat nu ar capta aceste date valoroase. Putem vedea clar că, deși ultima valoare de izolație înregistrată depășește 10 GΩ, rata de declin este în creștere; ceea ce sugerează că ceva evoluează prost pentru echipamentul măsurat. Un instrument cu domeniul limitat la 2.000 MΩ ar rata total fenomenul. În momentul în care valorile înregistrate ar arăta o degradare în domeniul de măsură al instrumentului, personalului de întreținere îi va fi rămas un timp relativ scurt pentru a programa întreținerea de rutină offline. (Poate fi chiar prea târziu pentru a remedia starea defectului.)

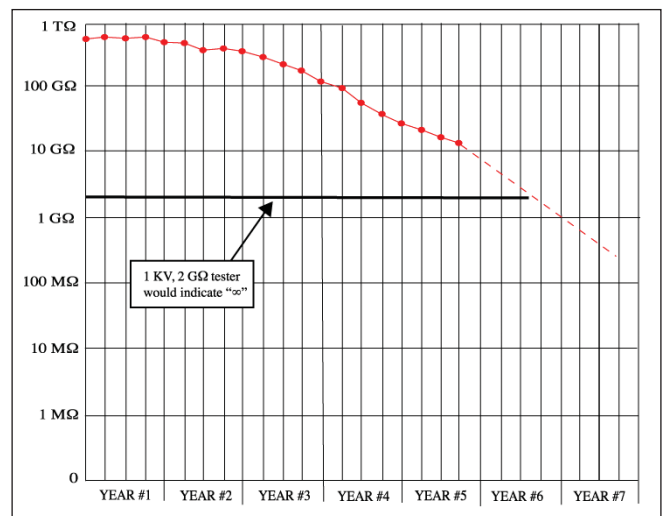


Figura 17: Modificarea rezistenței de izolație la valori mari

## TESTE DE DIAGNOZĂ ALE IZOLAȚIEI CU ÎNALTĂ TENSIUNE

Testele de diagnoză ale izolației stimulează electric izolația și măsoară răspunsul. În funcție de acest răspuns, putem trage câteva concluzii despre starea izolației.

Testarea și diagnoza izolației acoperă o gamă foarte largă de tehnici, dintre care unele implică echipamente portabile, iar altele necesită un echipament fix considerabil.

Aici vom lua în considerare numai acele teste care pot fi efectuate cu un tester de izolație portabil cu CC. Acestea sunt:

- Test punctual pentru evidențierea evoluției
- Constanta de timp
- Indicele de polarizare (PI)
- Tensiune în trepte (pas) (SV)
- Test rampă
- Descărcarea dielectricului (DD)

Fiecare test oferă o indicație asupra unei stări a izolației; imaginea întregă fiind disponibilă numai atunci când toate testele necesare au fost finalizate.

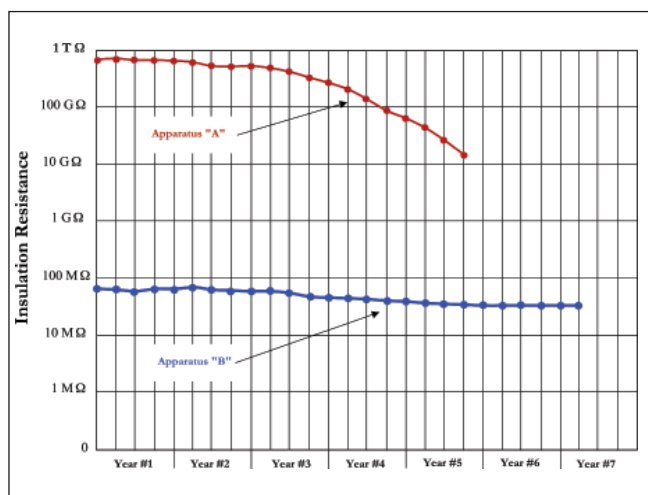
### Test punctual

Testul cu citire punctuală este cel mai simplu dintre toate testele de izolație. El este asociat cu testerele de izolație de joasă tensiune. Tensiunea de test este aplicată pentru o perioadă specifică scurtă de timp (de obicei 60 de secunde, deoarece de obicei orice curent capacitiv de încărcare va fi scăzut până la acel moment) și apoi se face o citire a valorii măsurate. Citirea poate fi apoi comparată cu specificațiile minime de instalare. Cu excepția cazului în care rezultatul este mult prea scăzut, acesta este cel mai bine utilizat atunci când este comparat cu valorile obținute din măsurătorile anterioare.

Cu toate acestea, rezistența izolației depinde de temperatură și, astfel, rezultatele trebuie corectate la o temperatură standard, de obicei 40 °C. În timp ce efectele temperaturii vor fi analizate ulterior în această lucrare, o bună regulă de aproximare este că pentru fiecare 10 °C de creștere a temperaturii, curentul să se dubleze prin înjumătățirea rezistenței. Cheia pentru ca testul cu citire punctuală să fie valoros este respectarea intervalelor de timp și cronometrarea consistentă, păstrarea eficiență a înregistrărilor și evaluarea tendinței rezultatelor.

După cum s-a menționat anterior, sensibilitatea crescută disponibilă la testerele de izolație bazate pe microprocesor permite operatorului să identifice problemele de izolație în fazele lor timpurii, mai degrabă decât atunci când aceste probleme devin catastrofale. În multe cazuri, tendința de evoluție a rezultatelor este mult mai importantă decât valoarea absolută a acestora. Comparați cele două curbe din figura 18. Echipamentul „A” prezintă o rezistență ridicată a izolației, în timp ce Echipamentul „B” prezintă o valoare scăzută. Cu toate acestea, atunci când se examinează tendința, Echipamentul „B” nu prezintă motive de îngrijorare; a stat în jurul aceleiași valori timp de câțiva ani și arată toate perspectivele de a continua în aceeași linie pentru anii următori. În schimb, curba pentru Echipamentul „A” se scufundă dramatic și acest Echipament se va defecta în următorii ani, dacă nu se face nimic pentru a preveni acest lucru.

În timp ce Echipamentul „A” are valori ale rezistenței absolute mult mai mari decât pentru celălalt, tendința pentru acesta este destul de îngrijorătoare. Echipamentul „B” are o tendință plată relativ consistentă, ceea ce indică o calitate a izolației probabil acceptabilă.



**Figura 18: Comparația tendinței rezultatelor testelor**

Rezistența izolației trebuie luată în considerare prin valori relative, mai degrabă decât în valori absolute. Acestea pot varia foarte mult pentru un motor sau o mașină testată trei zile la rând, fără să însemne însă o izolație proastă. Așa cum am menționat, informația importantă este tendința valorilor într-o perioadă de timp, care arată o reducere a rezistenței

și avertizează asupra problemelor care apar. Prin urmare, testarea periodică este esențială pentru întreținerea preventivă a echipamentelor electrice. Intervalul dintre teste (lunar, de două ori pe an, o dată pe an, etc.) depinde de tipul, locația și importanța echipamentului. Evaluarea unei serii de măsurători efectuate pe parcursul mai multor luni sau ani conduce operatorul spre o diagnoză pertinentă.

Testele periodice trebuie făcute în același mod de fiecare dată. Utilizați aceleași conexiuni de test și aplicați aceeași tensiune de test pentru aceeași perioadă de timp. Încercările trebuie, de asemenea, să fie făcute aproximativ la aceeași temperatură sau operatorul trebuie să le corecteze la aceeași temperatură de referință. O înregistrare a umidității relative din apropierea echipamentului în momentul testului este utilă în evaluarea valorii actuale și a tendinței, deoarece temperaturile scăzute și umiditatea ridicată pot sugera prezența condensului pe suprafața izolației. Din acest motiv, este esențial să vă asigurați că echipamentul care trebuie testat este la o temperatură mai mare decât punctul de rouă, deoarece, în caz contrar, se va forma condens care va denatura citirile, în afara cazului în care măsurătoarea se face cu Gardă.

Următorul tabel conține câteva observații despre modul de interpretare a testelor periodice de rezistență a izolației și ce ar trebui făcut cu rezultatul obținut.

Stare / valori	Ce este de făcut
a) Valori bune către mari și bine întreținut	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nici o cauză de îngrijorare, întreținut bine.</li> </ul>
b) Valori bune către mari dar arătând o tendință continuă către valori mai mici	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localizați și remediați cauza și verificați tendința de descreștere</li> </ul>
c) Valori mici dar bine întreținut	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starea este probabil bună dar ar trebui căutată cauza valorilor mici. Ar putea fi vorba numai tipul de izolație utilizat.</li> </ul>
d) Atât de mici încât este nesigur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curățați, uscați sau creșteți valorile prin alte metode înainte de a repune echipamentul în serviciu (testați echipamentul umed în timpul uscării).</li> </ul>
e) Valori bune sau mari cu o întreținere anterioară bună dar arătând o scădere bruscă	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectuați teste la intervale dese până când este localizată și remediată cauza valorilor scăzute sau,</li> <li>Până când valorile devin stabile la un nivel scăzut dar sigur în exploatare sau,</li> <li>Până când valorile devin atât de reduse încât nu mai este sigur să mențineți echipamentul în exploatare.</li> </ul>

## Test Timp vs. Rezistență

Procedurile familiare de test standardizate care au fost folosite de ani de zile beneficiază de capacitățile noi ale testelor de diagnoză îmbunătățite. Cel mai de bază dintre acestea este metoda timp-rezistență. O proprietate valoroasă a izolației, dar una care trebuie înțeleasă, este aceea că izolația „se încarcă” în timpul unui test datorită mișcării electronilor, așa cum s-a explicat anterior. Această mișcare a electronilor constituie un curent electric.

Valoarea sa ca indicator de diagnoză se bazează pe doi factori opuși; curentul „moare” pe măsură ce structura atinge orientarea sa finală, în timp ce „pierdere” generată de umiditate sau deteriorare face să treacă un curent relativ mare, constant. Rezultatul net este că, pentru o izolație „bună”, curentul de pierdere este relativ mic și rezistența crește continuu, deoarece curentul scade prin efectele încărcării și absorbției dielectricului. Izolația deteriorată va permite trecerea unei cantități relativ mari de curent de pierdere la o rată constantă pentru tensiunea aplicată, care va tinde să mascheze efectele de încărcare și absorbție.

Graficul valorilor rezistenței la intervale de timp de la inițierea testului produce o curbă de creștere lină pentru o izolație „bună”, și în schimb un grafic „plat” pentru echipamentele deteriorate. Conceptul testului de rezistență în timp este de a citi valori succesive la timpii specificați. El se bazează pe mărimile relative ale curenților de pierdere și de absorbție din izolația curată și uscată, comparativ cu cea a izolației umede sau contaminate. O izolație bună arată o creștere continuă a rezistenței în timp. Cu izolația contaminată, curentul de pierdere este mult mai mare, iar efectele curentului de absorbție sunt, prin urmare, mult mai puțin evidente.

Avantajele testului de rezistență în timp constau în faptul că este relativ independent de temperatură și că poate oferi informații concludente fără a fi necesare înregistrările testelor anterioare.

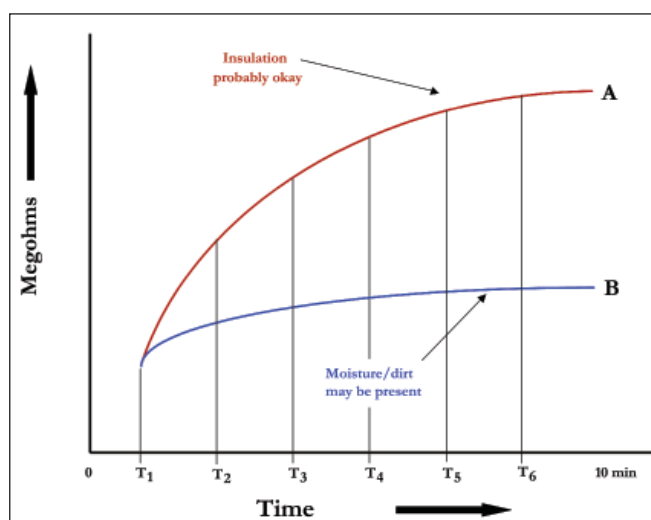


Figura 19: Graficul testului de rezistență a izolației în timp

## Test de indice de polarizare

Cea mai simplă implementare a testului de rezistență a izolației în timp pentru izolația solidă este reprezentată de popularul test de indice de polarizare (Polarisation Index - PI), care necesită doar două citiri urmate de o simplă divizare; citirea efectuată la un minut este împărțită la cea de la zece minute pentru a oferi raportul lor. Rezultatul este un număr pur și poate fi considerat în mod normal independent de temperatură, deoarece masa termică a echipamentului testat este de obicei atât de mare încât răcirea generală care are loc în timpul celor 10 minute de test este neglijabilă.

În general, un raport scăzut indică o variație mică, și deci o izolație slabă, în timp ce un raport ridicat indică o izolație bună. Referințele la valorile PI obișnuite sunt comune în literatura de specialitate, ceea ce face ca acest test să fie foarte ușor de efectuat și de utilizat. Cu toate acestea, spunem „în general”, deoarece așa cum am menționat anterior, există materiale care prezintă o absorbție dielectrică foarte mică sau deloc. Efectuarea unui test pe aceste materiale ar produce un rezultat foarte apropiat de 1.

Rețineți că luate individual, valorile rezistenței sunt dificil de utilizat, deoarece acestea pot varia de la valori enorme pentru echipamentele noi până la câțiva Megaohmi pentru echipamente care se află la finalul perioadei lor de viață în serviciu.

Un test precum PI-ul este deosebit de util, deoarece poate fi efectuat chiar și pe cele mai mari echipamente și produce o evaluare de sine stătătoare bazată pe valori relative, mai degrabă decât pe valori absolute. Dar PI nu poate fi calculat cu un instrument de test cu domeniu limitat, deoarece „infinitul” nu este un număr! Testerele avansate ating intervalul Teraohmilor și, prin urmare, nu fug din grafic. Cel mai mare și mai nou activ din rețea poate fi testat cu ușurință pentru a obține date repetabile pentru înregistrarea și evaluarea ulterioară a tendințelor. Următorul grafic evidențiază valorile PI selectate și ce înseamnă ele pentru operator.

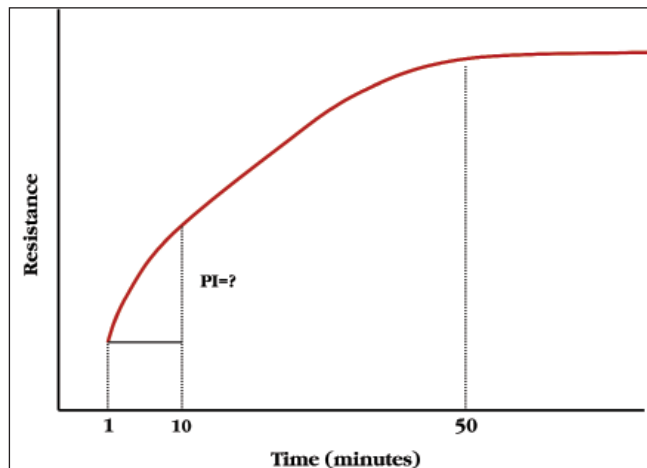
Indicele de polarizare	Starea izolației
< 1	Slabă
1 – 2	Suspectă
2 – 4	OK
> 4	Bună

Valorile de peste 4 indică un echipament excelent pentru care mai mult ca sigur nu este necesară nicio acțiune în cadrul programului de întreținere imediată. Totuși, operatorul poate fi chemat să facă judecăți critice.

Unele valori ridicate ale PI (peste 5) ar putea indica o izolație fragilă sau crăpată; acest lucru ar trebui să fie destul de evident. O creștere bruscă a PI mai mare de 20%, fără nici un fel de lucrări de întreținere efectuate, ar trebui să servească ca un avertisment; izolația își poate păstra valoarea pe perioade lungi, dar nu este posibil să se îmbunătățească dramatic singură.



Un avantaj al testului PI este faptul că poate oferi o indicație a calității izolației în zece minute pe echipamente foarte mari, pentru care ar putea dura o oră sau mai mult până la încărcare completă, vezi figura 20. Cu un test punctual de citire, operatorul ar trebui să aștepte până când se va stabiliza lectura. Din acest motiv este normal să se efectueze un test PI la o tensiune relativ mică înainte de aplicarea tensiunilor înalte utilizate în mod obișnuit pentru un test de rezistență.



**Figura 20: Avantajul testului indicelui de polarizare pentru echipamente mari**

Deși tabelul valoric PI a fost folosit de mulți ani și este bine acceptat, pot fi întâlnite ocazional citiri PI care sunt excepționale. În urmă cu mulți ani, statorul proaspăt "copt" al unui generator de 3750 kVA a fost testat și a fost obținut un PI de 13,4. Statorul s-a răcit și, fără îndoială, era încă în faza de întărire. Testele ulterioare au dus la reducerea valorilor PI până când s-a stabilizat în jur de 4,7. În timpul întreținerii de rutină, valorile PI nu ating aceste valori ridicate.

De asemenea, este interesant de menționat că multe persoane au încercat să utilizeze testul PI pe transformatoarele umplute cu ulei și nu pot înțelege de ce un transformator cunoscut le oferă rezultate apropiate de 1. Răspunsul este simplu. Testul PI nu este potrivit pentru transformatoarele umplute cu ulei. Conceptul depinde de structurile relativ rigide ale materialelor izolante solide, unde este necesară energia de absorbție pentru reconfigurarea structurii electronice a moleculelor fixe comparativ cu câmpul de tensiune aplicat. Deoarece acest proces poate atinge o stare teoretică de finalizare (la „timp infinit”, care, evident, nu poate fi realizat practic, dar poate fi aproximat în mod rezonabil), rezultatul este o diminuare constantă a curentului pe măsură ce moleculele ajung la alinierea lor „finală”. Deoarece testul PI este definit de acest fenomen, acesta nu poate fi aplicat cu succes pe materiale fluide, deoarece trecerea curentului de test printr-un eșantion umplut cu ulei creează curenți de convecție care învârt continuu uleiul, rezultând o lipsă haotică de structură care se opune premisei de bază pe care se sprijină testul PI.

### Test tensiune în trepte

Întrucât izolația bună este rezistivă, o creștere a tensiunii de test va duce la o creștere a curentului, rezistența rămânând constantă. Orice abatere de la aceasta ar putea însemna o izolație defectuoasă. La tensiuni de încercare mai mici, să zicem 500 V sau 1000 V, este foarte posibil ca aceste defecte să treacă neobservate, dar pe măsură ce tensiunea crește ajungem într-un punct în care poate avea loc ionizarea în fisuri sau cavități, ceea ce duce la o creștere a curentului și prin urmare, o reducere a rezistenței de izolație. Rețineți că nu este necesar să atingeți tensiunea calculată a izolației pentru ca aceste defecte să devină evidente, deoarece căutăm pur și simplu ionizarea în defect.

Testul cu tensiune în trepte respectă exact acest principiu și poate fi utilizat în mod util la tensiuni care ating 2500 V și mai sus. Testul cu tensiune în trepte poate fi utilizat ca test de supratensiune sau de sub-tensiune. Cu toate acestea, trebuie reținut faptul că un test de supratensiune poate duce la o defecțiune majoră dacă izolația se descompune, deoarece trusele de încercare cu înaltă tensiune au disponibilă o putere mare. Un test de sub-tensiune efectuat de un tester de izolație are o putere relativ mică și, prin urmare, este mult mai puțin probabil să se transforme într-un test distructiv.

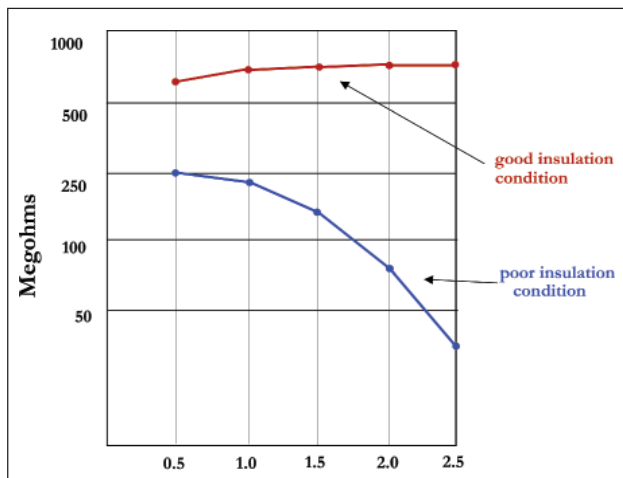
O procedură standard recunoscută constă în creșterea tensiunii în cinci niveluri egale, în pași de un minut și înregistrarea rezistenței de izolație finală pentru fiecare nivel. Orice reducere marcată sau neobișnuită a rezistenței este un indiciu al slăbirii incipiente a izolației. Electronica modernă permite ca aceste citiri să fie memorate automat.

Urmează câteva rezultate posibile ale unui test cu tensiune în trepte pe un motor de la 500 la 2500 volți și ce înseamnă ele pentru operator.

- Nicio diferență apreciabilă între valori - Izolația este considerată a fi în stare fiabilă.
- Diferență apreciabilă între valori - Izolația necesită o analiză mult mai aprofundată și probabil recondiționare.
- Izolația străpunge la 2.500 V - Cel mai probabil motorul testat se va defecta în funcționare, chiar dacă s-ar face o încercare de recondiționare a acestuia doar pe baza testelor de joasă tensiune.

Graficele din figura 21 sunt preluate de la un motor care este umed și murdar (curba inferioară) și după curățare și uscare (curba superioară).

În general, dacă se observă o abatere de 25% între măsurătorile rezistenței în domeniul tensiunilor succesive, aceasta este o indicație a prezenței umidității sau a altor contaminări. Daunele fizice localizate pot fi dezvăluite în continuare prin străpungere sau arc electric. O mișcare de tip „bâlbâială” sau „zgâlțâire” a indicației poate anticipa această stare pe măsură ce ne apropiem de tensiunea de avarie. Poate fi de dorit să încheiați testul la un astfel de punct înainte ca străpungerea izolației să deterioreze și mai mult starea obiectului de test.



**Figura 21: Graficul tensiunii în trepte**

La fel ca și testul PI, testul cu tensiune în trepte este un test repetabil, autoevaluant care, datorită duratei sale scurte, este lipsit de influențe străine precum efectul temperaturii.

### Test cu tensiune în rampă

Testul cu tensiune în rampă este aprobat prin IEEE95-2002 ca parte a practicii recomandate pentru testarea izolației mașinilor electrice de curent alternativ (2.300 V și mai sus) cu tensiune înaltă continuă. Când se utilizează această metodă de test, tensiunea de încercare este crescută constant (rampă) cu o rată stabilită până la un nivel final, ceea ce duce la o creștere a curentului. Orice variație a curentului comparativ cu creșterea tensiunii de test aplicată poate furniza informații utile de diagnostic despre starea izolației. Folosit în mod obișnuit pe mașinile rotative, acest test ajută la diagnosticarea diferitelor defecte de izolație și forme de deteriorare, cum ar fi:

- Spărturi sau fisuri
- Contaminarea suprafeței
- Rășină necurățată
- Absorbția umidității
- Delaminarea
- Golurile

Acest test este recomandat de Bureau of Reclamation din SUA pentru o gamă largă de mașini rotative cu izolații din poliester, bitum și mică epoxidică. O altă utilizare posibilă pentru testul în rampă este testarea dispozitivelor supresoare de tensiune prin monitorizarea tensiunii aplicate la un curent specificat.

Testul în rampă oferă un control mai bun al tensiunii de test aplicate în comparație cu testul cu tensiune în trepte, oferind un avertisment mai bun cu privire la străpungerea iminentă a izolației și, prin urmare, o oportunitate în a evita deteriorarea izolației.

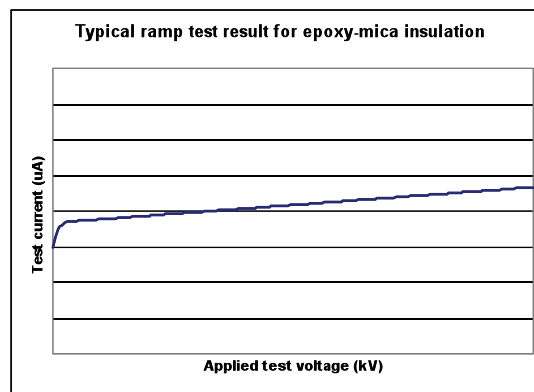
În plus, aici rata de creștere a tensiunii este de obicei de 1000 V pe minut, în timp ce rata instantanee de creștere a tensiunii în

timpul unui test în trepte este mai mare, de obicei de 1000 V pe secundă. Rata mai lentă a creșterii tensiunii este, de asemenea, mai puțin probabil să conducă la deteriorarea izolației.

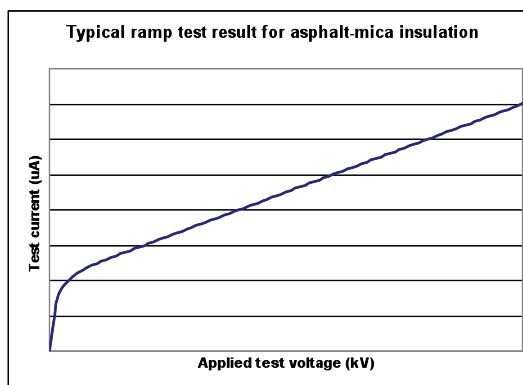
În plus, testul în rampă permite utilizatorului să separe curentul de pierdere de curenții capacitivi și de polarizare. Aceasta înseamnă că mici defecte ale izolației pot fi detectate mai ușor.

Încercarea cu tensiune în rampă, la fel ca și testul cu tensiune în trepte, impune operatorului să interpreteze rezultatele încercării și să stabilească starea izolației din graficele rezultate. Urmează un ghid rapid pentru ceea ce indică afișarea grafică a rezultatelor:

- Înfașurările în stare bună ar trebui să producă o curbă de curent ușor crescătoare netedă, aproape liniară, comparativ cu tensiunea aplicată.
- Orice deviație de la o curbă netedă trebuie privită ca un avertisment că testul izolației ar putea să se apropie de o posibilă străpungere (deviațiile ar putea fi obținute până la aproape de 5% sub tensiunea de avarie).
- O străpungere iminentă este de obicei indicată printr-o creștere bruscă a curentului.
- O scădere bruscă a curentului este rară, dar dacă se întâmplă atunci când tensiunea de test este peste tensiunea de funcționare de vârf a înfașurării, aceasta poate fi și un indiciu al străpungerii iminente.

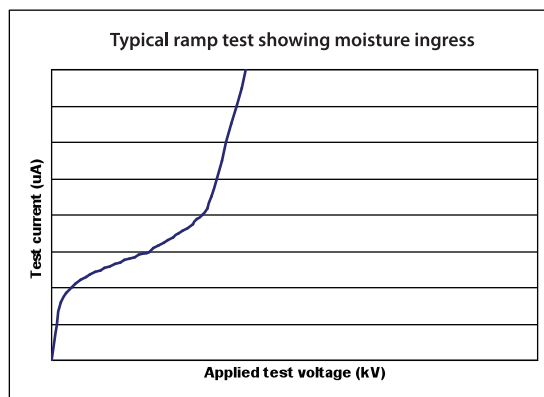


**Figura 22: Rezultatul obișnuit al testului în rampă pentru izolația mică-epoxidică**



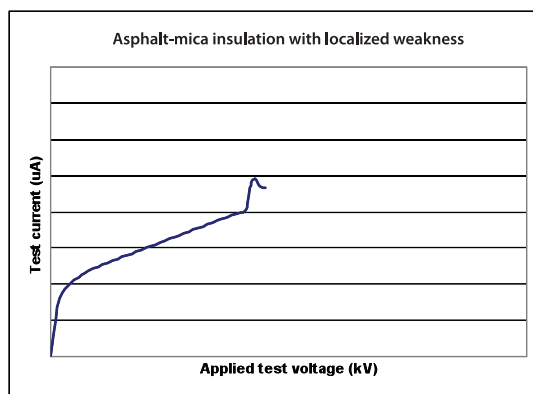
**Figura 23: Rezultatul obișnuit al testului în rampă pentru izolația mică-bitum**

Comparând rezultatele izolației epoxidice din figura 22, cu izolația mică-bitum din figura 23, diferența se datorează nivelului curentului de absorbție prezent. Izolația mică-bitum are un nivel de absorbție mult mai mare în raport cu curentul de pierdere conductiv. Acest lucru duce la o pantă mult mai abruptă. Cu toate acestea, ambele izolații sunt diagnosticate ca fiind în stare bună din cauza răspunsului liniar.



**Figura 24: Încercare uzuală în rampă care prezintă penetrarea umidității**

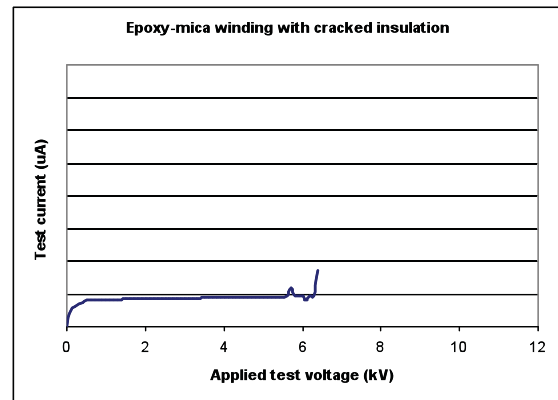
În figura 24 este prezentat răspunsul izolației cu umiditate absorbită. Acest lucru ar putea fi cauzat de o perioadă lungă de neutilizare, de exemplu. Acest test, ar fi fost oprit pentru a preveni apariția unui defect din cauza creșterii bruste a curentului.



**Figura 25: Izolație bitum-mică cu slăbire localizată**

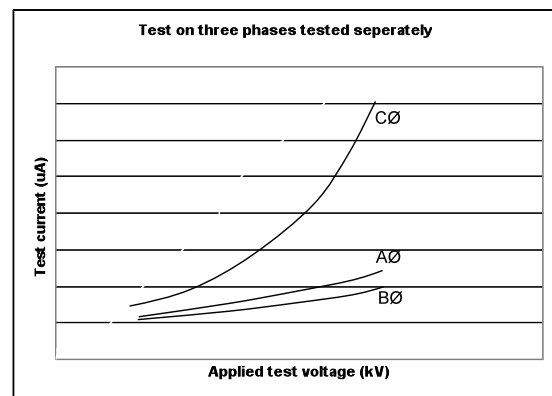
Izolația relativ veche cu bitum poate oferi un răspuns ușor neliniar, punctat de abateri foarte mici în graficul curentului. Punctele slabe semnificative localizate vor prezenta o creștere bruscă a curentului mult mai mare, așa cum se vede în figura 25. În acest caz, testul a fost încheiat pe măsură ce graficul se apropia de verticală; străpungerea ar fi fost iminentă.

Fisurile din izolația pereților față de pământ vor arăta, de asemenea, un răspuns brusc cu un curent vertical, adesea precedat de vârfuri mici, înainte de apariția în cele din urmă a străpungerii. Figura 26 arată un răspuns tipic, în acest caz este vorba de o izolație mică-epoxidică.



**Figura 26: Înfășurare epoxidică cu izolație crăpată**

Pot fi de asemenea comparate curbele de curent pe faze diferite. Toate cele trei înfășurări ar trebui să ofere rezultate comparabile. O fază care arată un răspuns diferit, cum este cel prezentat în figura 27, indică de obicei o problemă cu starea izolației.

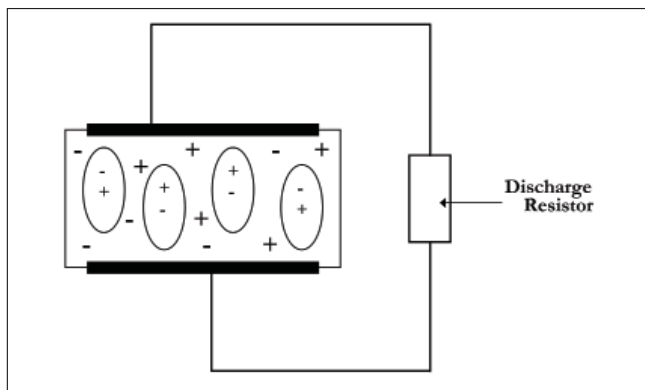


**Figura 27: Test pe trei faze testate separat**

Graficele prezentate sunt exemple ale tipurilor de defecte care pot fi diagnosticate cu testul în rampă. Consultarea IEEE95-2002 va oferi mult mai multe detalii despre capacitatea de diagnostică a testului.

### Test de descărcare a dielectricului

Testul de descărcare al dielectricului (DD) este o metodă de test relativ recentă care a fost dezvoltată de EdF, compania națională a Franței și este bazată pe ani de cercetare. În timp ce celelalte metode menționate măsoară curenții care trec în timpul procesului de încărcare, testul DD măsoară curentul care trece în timpul descărcării obiectului de test. Ca atare, nu este un test pur de rezistență a izolației, ci mai degrabă un adjuvant la testele tradiționale de izolație. Sarcina care este acumulată în timpul unui test de izolație se descarcă automat la sfârșitul testului atunci când rezistențele de descărcare ale testerului de izolație sunt comutate pe terminale.



**Figura 28: Descărcarea sarcinii acumulate în obiectul de test**

Viteza de descărcare depinde numai de rezistențele de descărcare și de cantitatea de sarcină acumulată în izolație. Cu toate acestea, sarcina capacitivă este descărcată rapid până când tensiunea din izolație se reduce aproape de zero. În acel moment, efectul curenților de pierdere va fi neglijabil. Deci, este lăsată numai inversarea absorbției dielectrice. Aceasta este cunoscută sub numele de reabsorbție dielectrică și este o imagine în oglindă a absorbției dielectrice.

Curentul capacitiv scade rapid de la o valoare ridicată, cu o constantă de timp relativ scurtă (câteva secunde). Curentul de absorbție (sau reabsorbție în timpul unei descărcări) începe întotdeauna la un nivel ridicat, dar are o constantă de timp mult mai lungă (până la multe minute). Este cauzat de dipolii care își aduc alinierea lor în izolație înapoi la starea aleatorie inițială și de stratul electronilor revenind la o formă nedistorsionată. Acest lucru are efectul unui curent care încă circulă dacă circuitul de descărcare este conectat sau o tensiune ce reapare pe eșantion dacă circuitul este lăsat deschis. Înlăturarea rapidă a efectelor pierderilor și a curenților capacitivi permite posibilitatea interpretării gradului de polarizare a izolației și raportarea la umiditate și la alte efecte de polarizare.

Obiectul de test este încărcat pentru prima dată oriunde între 10 și 30 de minute la înaltă tensiune până când a avut loc absorbția completă. (Testerele de izolație Megger care automatizează acest test încarcă obiectul timp de 30 de minute). În acest moment, capacitatea este încărcată complet și absorbția dielectrică este în esență încheiată. Continuă să treacă numai curentul de pierdere. Ulterior tensiunea de test este îndepărtată și izolația este descărcată prin rezistențele interne de descărcare ale instrumentului, pentru a disipa rapid sarcina capacitivă. După 60 de secunde de descărcare se măsoară curentul rămas. În acest moment, capacitatea a fost descărcată și tensiunea este suprimată astfel încât încărcarea acumulată în dipoli poate fi privită independent de curenții de „mascare” care sunt dominanți în faza de încărcare a unui test de izolație.

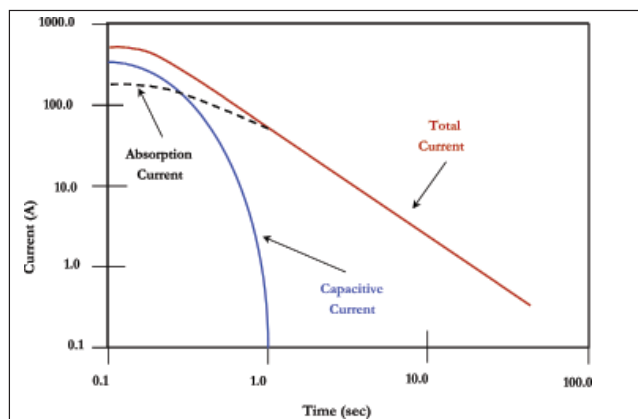
Rezultatele măsurate sunt apoi introduse în următoarea formulă și se calculează un indice.

$$\frac{\text{Curentul care trece după 1 minut (nA)}}{\text{Tensiune de încercare (V) x Capacitatea (\mu F)}}$$

Măsurătoarea este dependentă de temperatură, de aceea este important să se efectueze la o temperatură de referință sau să se înregistreze temperatura.

Izolația în echipamentele de înaltă tensiune constă adesea din straturi succesive, fiecare având capacitatea proprie și rezistența la pierderi asociată. Atunci când izolația este construită în acest fel, scopul este de a face fiecare strat astfel încât căderea de tensiune să fie împărțită în mod egal între straturi. Când izolatorul este descărcat, sarcina fiecărui strat va scădea în mod egal până când nu mai rămâne tensiune.

Atunci când între straturile bune există un strat defect, rezistența la pierderi va scădea, în timp ce capacitatea va rămâne aceeași. Un test standard de izolație va fi determinat de straturile bune și este probabil să nu dezvăluie această situație. Însă în timpul descărcării dielectricului, constanta de timp a stratului defect va fi diferită de celelalte și va produce o valoare DD mai mare. O valoare scăzută a DD indică faptul că, curentul de reabsorbție scade rapid, iar constantele de timp ale fiecărui strat sunt similare. O valoare DD ridicată indică faptul că reabsorbția prezintă perioade lungi de relaxare, ceea ce poate indica o problemă.



**Figura 29: Curenții de reabsorbție**

Stările uzuale obținute din cercetările practice, efectuate de EdF în principal pe generatoare, au ajuns la indicii de referință din tabelul următor. Această tehnică a fost dezvoltată pentru generatoare de înaltă tensiune, dar poate fi utilizată pe orice izolație multistrat.

Valoarea D (v mA V <sup>-1</sup> F <sup>-1</sup> )	Starea izolației
> 7	Proastă
4-7	Slabă
2-4	Chestionabilă
< 2	OK

**Probleme diferite / Teste diferite**

După cum am văzut, testul de descărcare al dielectricului poate fi utilizat pentru a identifica problemele pe care le are un strat individual dintr-o izolație multistrat. Alte metode de test s-ar putea să nu indice probleme cu privire la acest tip specific de structură izolatoare.

În mod similar, testul Indicelui de polarizare este deosebit de valoros în dezvăluirea pătrunderii umidității, înmuierii cu ulei și a unei contaminări omniprezente similare. Acești contaminanți invadatori oferă căi convenabile pentru pierderile electrice, care afectează izolația din jur și, în cele din urmă, ard prin „scurtcircuit”. Acest tip de problemă este dezvăluită la aproape orice tensiune de test și va apărea ca un PI caracteristic „plat”. Umiditatea și contaminanții vor reduce, de asemenea, valorile măsurate, dar acest lucru necesită o valoare anterioară pentru comparație; testul PI are avantajul de a face o comparație internă.

Cu toate acestea, alte probleme pot părea să „treacă” de un test PI sau de un test punctual prin obținerea unor valori de rezistență ridicate la o tensiune dată. Astfel de probleme includ deteriorarea fizică localizată, cum ar fi străpungerile aciculare / microperforațiile sau izolația uscată, casantă a echipamentelor îmbătrânite. Testele cu tensiune în trepte relevă astfel de probleme. Tot mai multe imperfecțiuni vor transporta curentul pe măsură ce se aplică o tensiune tot mai mare lucru care se va reflecta într-o rezistență în scădere. O tensiune mai mare va genera un arc electric peste micile goluri de aer, oferind astfel o „avertizare timpurie” a unei probleme incipiente. Pe măsură ce echipamentele îmbătrânesc, astfel de spații se pot reduce dimensional prin acumularea de murdărie și umiditate până când se dezvoltă un scurtcircuit la pământ prin ele.

## ANEXE

### Surse potențiale de defect / Asigurarea calității rezultatelor

Următorul capitol identifică mai multe zone de eroare de măsură potențială în testarea izolației cu peste 1 kV. Acești factori pot avea o importanță mai mică la testarea sub 1 kV, dar tensiunile și sensibilitățile crescute îi fac critici pentru testele cu o tensiune mai mare.

#### Cordoanele de test

Feriți-vă de instrumentele cu cordoane de calitate scăzută a căror tensiune este mai mică decât tensiunile de test utilizate.

Este extrem de important ca singurii curenți de pierdere din timpul unei măsurători să fie cei care sunt dezvoltați de izolația testată. Dacă cordoanele de măsură în sine produc pierderi, este posibil să măsurați rezistența de izolație a cordonului și nu obiectul testat.

Toate cordoanele furnizate cu testere de izolație Megger sunt cabluri de înaltă calitate, care au fost testate pentru a rezista la tensiuni cu mult peste cea mai mare tensiune de test generată de instrumentul respectiv. Chiar și atunci, este important să se reducă pierderile parazite prin prevenirea contactului între ele, cu solul și în special cu apa.

Informații suplimentare despre proiectare și despre importanța funcționării în siguranță pot fi găsite la pagina 31.

#### Efectuarea măsurătorilor peste 100 GΩ

Măsurătorile de până la 100 GΩ pot fi făcute fără nicio precauție specială, presupunând că cordoanele sunt în mod rezonabil curate și uscate. Pentru a elimina efectele pierderii de suprafață poate fi utilizat terminalul de Gardă, dacă este necesar.

Sunt necesare precauții mai mari atunci când se măsoară rezistențe de peste 100 GΩ, deoarece curentul de pierdere parazit poate afecta negativ calitatea măsurătorilor efectuate. Fiți conștienți de următoarele:

- Cordoanele de test nu trebuie lăsate să se atingă între ele sau cu orice alt obiect, deoarece acest lucru va induce căi de pierdere.
- Trebuie evitate punctele ascuțite ale conexiunilor cordoanelor, deoarece acestea vor încuraja apariția descărcărilor corona.
- Prizele de conexiune ale instrumentului trebuie să fie adânci, astfel încât să nu existe pierderi nedorite între terminale.

#### Declarația de acuratețe

Acordați o atenție deosebită declarației de acuratețe a testerului de izolație. Pentru unitățile digitale nu acceptați o simplă valoare procentuală plus/minus. Declarația trebuie să includă, de asemenea, plus/minus un număr de digiți, deoarece niciun afișaj digital nu poate fixa ultima cifră (cifra cea mai puțin semnificativă) pe un număr unic. Acuratețea specificată ca „procente din citire” indică aceeași eroare în toate punctele de pe scală.

Declarațiile analogice listate ca „procent din scală” sau „deviația la scala completă / cap de scală” (de ex.) pot fi înșelătoare. Deoarece domeniul de precizie se bazează pe lungimea de scală completă, se traduce într-o eroare procentuală din ce în ce mai mare, deoarece citirile se fac față de o scală logaritmică. Cu alte cuvinte, același număr de lățimi de ac indicator pe capătul inferior extins al scalei va reprezenta doar câțiva Megaohmi, în timp ce pe capătul superior contractat, eroarea va fi de sute de Megaohmi. Prin urmare, atunci când întâlniți o specificație de precizie dorită sau necesară, nu vă opriți la declarația procentuală, ci examinați și acești termeni.

Declarațiile de precizie pot fi de asemenea înșelătoare, dacă nu sunt explicate cu atenție. Asigurați-vă că verificați domeniul acoperit de declarația de acuratețe din fișa tehnică, deoarece poate varia dramatic între instrumente diferite. Există o diferență semnificativă între un instrument care arată o precizie de 5% până la 40 GΩ sau 100 GΩ și unul care arată o precizie de 5% până la 1 TΩ. Unele instrumente prezintă o declarație de precizie, dar nu precizează domeniul aplicabil. Întrebați întotdeauna despre domeniu pentru o precizie specifică, dacă nu este precizat.

Notă: Atenție la instrumentele care nu au publicate curbele de încărcare.

#### Furnizarea tensiunii specificate

Reglarea tensiunii este indicată pentru un tester de izolație printr-un grafic de sarcină în manualul de instrucțiuni, care arată tensiunea de ieșire față de sarcina rezistivă. Curba de sarcină asigură că, la valorile uzuale de rezistență ale izolației, instrumentul de test generează întreaga tensiune de test pe obiectul de test. Cu toate că acest lucru poate părea evident, nu este întotdeauna respectat în cazul în care nu s-a declarat acest lucru de către producătorul unui tester dat. Un tester cu un reglaj de proastă calitate poate încărca nesatisfăcător o sarcină cu rezistență mare, astfel încât pe izolația obiectului de test se poate aplica de fapt doar o fracțiune din tensiunea nominală de test, pe care transformatorul instrumentului nu o poate genera decât în condiții extreme. Acest gen de instrumente este probabil să nu fie furnizate cu o curbă de încărcare publicată.

Situații de acest tip sunt descoperite de inspectorii din agențiile de specificare, precum UL<sup>®</sup>, printre testerele puțin performante ce sunt utilizate adeseori pentru a efectua teste solicitante cu tensiune înaltă. Insuficiențele și lacunele unor astfel de instrumente au condus la generarea unor specificații extrem de stricte privind tensiunea de ieșire, care acum apar frecvent în literatura de specialitate. Testerele de izolație Megger se conformează prin furnizarea și menținerea tensiunii nominale de test odată ce se aplică o sarcină minimă proporțională cu valorile de izolație tipice (în general, de la 1 la 10 MΩ, în funcție de model și de selecția tensiunii). Tensiunea testului este de obicei cu câțiva volți peste valoarea nominală, și nu trebuie să scadă sub aceasta, menținând integritatea testului și repetabilitatea atunci când efectuați o întreținere preventivă programată. Dacă sunt cerute date de raportare excepțional de precise, unele instrumente afișează în plus față de tensiunea selectată și tensiunea de test reală, iar aceste informații sunt incluse în datele furnizate la final.

### Rejectarea interferențelor

Interferența este zgomotul electric produs la o varietate de frecvențe, care poate apărea în obiectul testat. Sunt de obicei curenți sau tensiuni induse de la echipamentele adiacente și este foarte frecventă în stații, în special în stațiile de înaltă tensiune unde predomină frecvențele de rețea. Acest zgomot electric suprapune un semnal de CA peste curentul de test CC și poate provoca variații considerabile în valorile măsurate, iar la limită poate împiedica operatorul să obțină o valoare dacă depășește capacitățile instrumentului. Ca exemplu, 4 mA zgomot de 50/60 Hz este o valoare destul de uzuală pentru zgomotul electric care poate fi întâlnit în stațiile mari (400+ kV).

Capacitatea de a face măsurători în condiții din ce în ce mai dificile depinde și de capacitatea testerului de izolație folosit pentru a rejecta eficient efectele acestui zgomot de CA. Totuși, nu tot zgomotul este limitat numai la frecvențele de rețea. Pentru a fi adecvate și altor frecvențe, unele instrumente de vârf includ mai multe filtre software care pot elimina efectele acestui zgomot interferențial. Este important ca instrumentul pe care îl utilizați să fie adaptat la nivelul de interferență prevăzut.

### Reguli de test și comparație

Comparația rezultatelor pentru a determina rata de degradare a izolației este esențială pentru întregul concept de întreținere preventivă / predictivă. Cu toate acestea, trebuie subliniat faptul că acest concept se aplică la valorile măsurate la intervale de întreținere stabilite în timp. Chiar și atunci este imperativă standardizarea strictă a procedurii și a condițiilor de test. Comparația măsurătorilor făcute aleatoriu este un scenariu cu totul diferit și este plină de erori potențiale.

Este tentant să încerci să asiguri veridicitatea testelor prin măsurători suplimentare. Puteți efectua unele ajustări la elementul sau configurația de test sau altcineva ar putea avea dificultăți în a accepta rezultatul dumneavoastră și ar dori să îl verifice. Dar un tester de izolație nu este ca un multimetru! Testarea cu tensiune ridicată se comportă foarte mult ca principiul incertitudinii Heisenberg (nu puteți cunoaște atât viteza, cât și poziția unui electron) aplicat izolației. Adică, actul de măsurare afectează elementul măsurat, astfel încât măsurătorile ulterioare nu se efectuează exact pe același obiect de dinainte.

După cum s-a descris, actul efectuării unui test de izolație polarizează materialul izolant. Acesta își modifică efectiv configurația electrică și proprietățile dielectrice. Deoarece materialul izolant este, prin proiectare, un prost conductor, poate dura mult timp pentru ca să se producă „relaxarea” sau revenirea la configurația aleatorie inițială. Imediat după încheierea unui test, obiectul testat nu este tocmai același cu cel dinaintea testului. Un test succesiv imediat va fi afectat, uneori considerabil, de sarcina rămasă de la primul test. Care măsurătoare este corectă? Amândouă sunt corecte! Ne așteptăm ca fiecare dintre cele două să dea o măsurare corectă a stării izolației din momentul încercării. Cu alte cuvinte, procedurile de descărcare din domeniu nu sunt suficiente pentru efectuarea unui test repetat. Astfel de proceduri vizează siguranța personalului, nu calificarea obiectului de test.

Sarcinile reziduale pot rămâne ore întregi sau chiar zile, și pot fi imperceptibile pentru ființa umană, dar enorme pentru un aparat de măsură sensibil. Echipamentele trebuie lăsate puse la pământ timp de câteva ore sau, de preferință, până a doua zi, înainte de efectuarea încercărilor suplimentare. Și atunci, nu trebuie trecuți cu vederea factorii externi, în special temperatura.

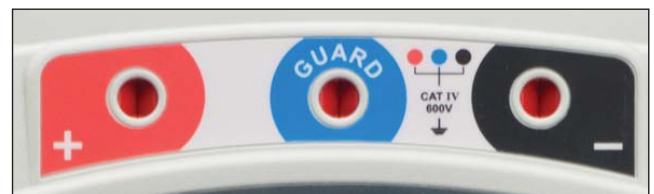
Aceasta nu înseamnă că este nerealizabilă efectuarea unui test nou. Pentru obținerea de informații relative, acesta poate fi destul de valoros. Dar rezultatul obținut trebuie privit relativ. Noile valori nu vor corespunde întotdeauna celor anterioare.

De asemenea, este posibil ca doi operatori diferiți să nu observe același grad de detaliu în ceea ce privește procedura. Temperatura este un factor. Dacă echipamentul este pornit, probabil pentru a verifica performanța, apoi testat din nou, al doilea test nu este neapărat comparabil cu primul. Timpul testului este, de asemenea, trecut ușor cu vederea. Un operator poate temporiza riguros testul, în timp ce altul doar așteaptă stabilizarea citirii. Deși măsurătorile vor fi fost luate în diferite puncte ale curbei de timp - rezistență (așa cum s-a prezentat în testul punctual) și din nou, cele două rezultate nu vor fi comparabile.

Dacă acest lucru pare o atenție excesivă dată detaliilor, luați în considerare agențiile de standarde. Organizațiile precum ULR<sup>®</sup> și ASTM<sup>®</sup> nu scriu proceduri care să spună, de fapt, „conectează un aparat de măsură și citește o valoare”. Mai degrabă, ele specifică fiecare variabilă, inclusiv configurarea, procedura și caracteristicile instrumentului de test, înainte ca rezultatele să poată fi privite ca fiind conforme. Procedurile standard de întreținere trebuie tratate la fel de serios.

### Categoria de măsurare CAT

În plus față de specificațiile evidente de performanță, instrumentele trebuie evaluate și în conformitate cu diverse standarde de calitate. Primordială printre acestea este securitatea. Unul dintre cele mai recunoscute și respectate standarde de securitate a fost stabilit de Comisia Internațională Electrotehnică (IEC) în EN61010-1: 2001. Acest standard definește cerințele pe care trebuie să le îndeplinească instrumentele de test pentru a fi ferite de arc electric și explozii de arc în medii specifice. Nu este suficient să determinați pur și simplu că un instrument face parte dintr-o „Categorie CAT”, așa cum este denumit în mod obișnuit. Categoria de măsurare CAT trebuie să fie înțeleasă, deoarece descrie cu rigurozitate unde poate fi și unde nu poate fi folosit în siguranță, în mediul electric, un echipament dat.



**Figura 30: Modelele MIT Megger asigură că categoria CAT se aplică tuturor terminalelor în scopul securității. Unele dintre instrumentele de pe piață sunt înșelătoare**

## Linii directoare ale categoriei CAT

„Categorii CAT” este redată cu doi parametri: unul indicând nivelul sistemului și celălalt specificând tensiunea de funcționare nominală. O denumire „CAT IV 600 V” înseamnă că unitatea poate funcționa în siguranță în orice mediu electric până la CAT IV inclusiv, inclusiv pe cabluri sau aparate ce au specificat până la 600 volți fază față de pământ. Feriți-vă de produsele care specifică ratingul CAT fără să definească nivelul de tensiune. Aceasta este o informație incompletă, iar absența poate fi costisitoare din punct de vedere al funcționării în siguranță. Categoria CAT definește nivelul tranzitoriu (vârf sau creștere) la care instrumentul a fost proiectat să reziste. Fenomenele tranzitorii variază ca mărime și durată, în funcție de sursă. Un fenomen tranzitoriu poate avea mai mulți kV în amplitudine, dar durata sa este în special scurtă, un domeniu tipic fiind de 50 μsec (microsecunde). Pericolul său principal este că atunci când apare pe vârful tensiunii sinusoidale poate iniția un arc, care va continua până la sfârșitul ciclului. Într-un mediu CAT IV, curentul de scurtcircuit disponibil poate depăși 1000 amperi. În interiorul unui instrument care se întâmplă să testeze circuitul în acel moment, acesta poate genera sute de kilowați sub formă de căldură într-un spațiu mic pentru câteva milisecunde. Extinderea rapidă a aerului poate face ca instrumentul să se dezintegreze sau să explodeze. Consecința ar putea fi focul, arsurile și piese ce pot zbura periculos.

Instrumentele proiectate pentru o clasificare de categorie au un spațiu suficient între părțile critice pentru a împiedica un arc să creeze străpungerea inițială atunci când are loc un fenomen tranzitoriu. IEC61010 definește cerințele de proiectare pentru ca instrumentele să declare o categorie specifică de rating și specifică atât cerințele electrice, cât și pe cele fizice (denumite distanțe de conturare și de evacuare) care compun circuitul și carcasa.

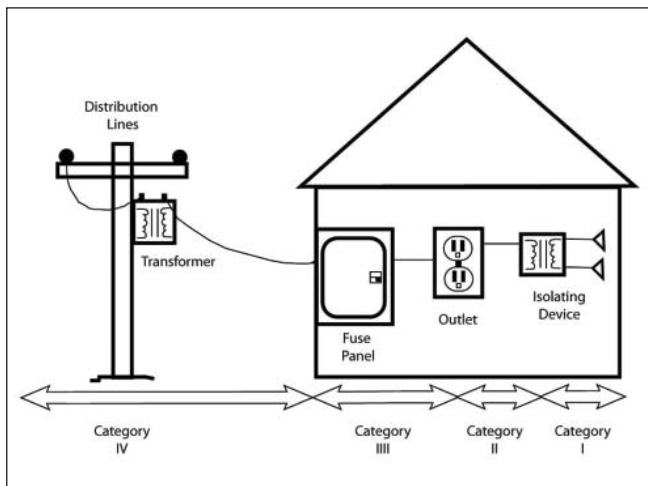


Figura 31: Alimentarea electrică defalcată pe categorii

## Importanța categoriilor CAT

Categoria CAT este determinată de distanța în aval față de transformatorul care deservește locația. Liniile de transport aeriene sau subterane constituie mediul de categorie CAT IV, deoarece energia disponibilă la furnizare este mult mai mare în apropierea transformatorului. Acesta este cel mai periculos mediu și necesită cel mai înalt grad de protecție. Pe măsură ce tensiunea trece prin panoul de siguranțe în clădire, impedanța circuitului devine mai mare și tranziții sunt amortizate, reducând energia disponibilă în tranziție. Acest proces de amortizare progresivă, energie mai mică și pericol redus continuă spre categoriile inferioare rămase. În aval de intrarea de serviciu se află mediul CAT III. De la priza electrică categoria devine CAT II, iar în interiorul echipamentelor (fotocopioare, televizoare, etc.) izolate de un transformator intern, categoria este CAT I. Această atenuare este motivul pentru care aparatele electrocasnice nu sunt cunoscute ca fiind pasibile de a exploda, în schimb ce un multimetru poate. Domeniul de măsură a tensiunii la un multimetru poate include ratingul pentru categoria CAT IV, dând astfel impresia incorectă că acel tester poate fi utilizat în mediul respectiv.

## Unele statistici de bază ale categoriilor CAT

Nu confundați tensiunea de lucru sau pe cea din starea de echilibru cu tensiunile tranzitorii. Testerul trebuie să poată rezista în siguranță la tranziții ce au o valoare de mai multe ori mai mare decât a tensiunii nominale. De exemplu, pentru a fi evaluat ca sigur pe o linie de 300 Vrms fază-neutru într-un mediu CAT IV, testerul trebuie să poată rezista la un impuls de 4 kV!

Seriile Megger MIT și S1 cu o tensiune maximă de 5 kV și 10 kV sunt nominalizate CATIV 600V, ceea ce înseamnă că sunt capabile să reziste la un impuls de 8kV. Instrumentele introduse recent pe piață cu 15 kV, MIT1525 și S1-1568 sunt clasificate la CATIV 1000V, acestea fiind capabile să reziste impulsurilor de 12 kV.

Care este riscul real al acestor evenimente? Tranziții mici, de câteva sute de volți, apar în majoritatea zilelor, dar din fericire, tranziții mari (5 până la 12 kV) nu apar prea des. Dar asta nu înseamnă că pot fi ignorați. Lucrând cu un instrument corect evaluat, șansele unei străpungeri periculoase sunt de ordinul de unu la un milion pe oră de conectare la rețea. Însă dacă reduceți protecția cu o categorie și șansele unui accident cresc cu un factor de aproximativ 30. Aceasta înseamnă că din 100 de operatori care folosesc instrumente din categoria greșită pe sisteme active timp de o oră pe zi, 200 de zile pe an, este probabil să apară o situație periculoasă la fiecare 18 luni.



### Testarea la altitudini mari

Standardul EN61010-1: 2001 al Comisiei Electrotehnice Internaționale, specifică faptul că, categoria CAT trebuie să fie valabilă până la o altitudine de 2000 m. Acest lucru se întâmplă deoarece pe măsură ce altitudinea crește, densitatea aerului scade și, prin urmare, scad și proprietățile sale izolatoare. Aceasta este o problemă pentru locații, cum ar fi minele cu turnuri deschise în Chile, unde altitudinea ar putea fi în jur de 4000 m, ceea ce înseamnă că ratingul CAT al majorității instrumentelor nu mai este valabil. De fapt, multe instrumente vor străpunge intern sub propria tensiune de test la aceste altitudini.

Cu cea mai recentă gamă de instrumente din seria MIT și S1 s-a înregistrat introducerea clasificării CAT specificate la altitudini mari, depășind cerințele standardului EN61010-1: 2001. MIT515, MIT525 și MIT1025 pot opera și menține categoria de securitate la 3000m, iar S1-568, S1-1068 și S1-1568 pot menține categoria de securitate la 4000m altitudine.

### Testarea rezistenței de izolație a mașinilor electrice rotative

În martie 2000, Consiliul de standarde IEEE-SA a aprobat o revizuire a IEEE Std 43-1974 de către Comitetul pentru mașini electrice rotative al IEEE Power Engineering Society. Această revizuire este IEEE Std 43-2000, „Practica recomandată de IEEE pentru testarea rezistenței de izolație a mașinilor electrice rotative.” Modificările aduse tipurilor de izolație utilizate în mașinile rotative electrice au dus la caracteristici diferite de rezistență de izolație și, prin urmare, au necesitat o revizuire substanțială a standardului IEEE. Conform IEEE, standardul este destinat:

- n Persoanelor / organizații care produc ME rotative.
- n Persoanelor / organizații responsabile de punerea în funcțiune a noilor ME rotative.
- n Persoanelor / organizații care testează și întrețin ME rotative.
- n Persoanelor / organizații care operează ME rotative.

Megger recomandă tuturor celor implicați în testarea și / sau întreținerea ME rotative să examineze în detaliu acest standard. Vom oferi câteva dintre cele mai importante precizări.

IEEE Std 43-2000 recomandă o procedură pentru măsurarea rezistenței de izolație a rotorului și a înfășurărilor la ME rotative cu 1 CP, 750 W sau mai mare și se aplică motoarelor sincrone, motoarelor prin inducție, motoarelor de curent continuu și condensatoarelor sincrone. Nu se aplică mașinilor de fracțiuni de 1 cal putere. De asemenea, recomandă tensiunea de test a izolației (bazată pe tensiunea nominală a înfășurării) și valorile minime acceptabile ale rezistenței de izolație pentru înfășurările ME rotative în CA și CC.

Următorul grafic oferă linii directe pentru tensiunea continuă care trebuie aplicată în timpul unui test de rezistență de izolație. Rețineți că tensiunile de până la 10 kV sunt recomandate pentru înfășurări cu o valoare mai mare de 12 kV.

* Tensiune nominală înfășurare (V)	Tensiune continuă test rezistența izolației (V)
< 1000	500
1000–2500	500-1000
2501-5000	1000–2500
5001-12 000	2500-5000
> 12 000	5000-10 000

\*Tensiune nominală fază-fază pentru mașini trifazate, tensiune fază-nul pentru mașini monofazate și tensiune continuă nominală pentru mașini de CC sau înfășurări

Standardul recomandă ca fiecare fază să fie izolată și testată separat (dacă este posibil), deoarece această abordare permite efectuarea de comparații între faze. Cele două faze care nu sunt testate trebuie să fie legate la pământ la același pământ/nul de protecție ca și miezul statorului sau corpul rotorului. Când toate fazele sunt testate simultan, se testează numai izolația față de împământare. Măsurătorile rezistenței de izolație trebuie făcute cu toate echipamentele externe (cabluri, condensatoare, aparate de supratensiune, etc.) deconectate și împământate, deoarece aceste elemente pot influența citirea rezistenței. Pentru a preveni pierderile din circuitul de împământare care ar putea afecta rezultatele testului ar trebui utilizată o împământare comună.

Standardul face apel atât la testul de rezistență de izolație, cât și la indicele de polarizare (PI) și recomandă efectuarea ambelor teste (dacă este posibil). Se indică și faptul că pentru a urmări modificările trebuie utilizat istoricul testelor. Dacă istoricul nu este disponibil, standardul oferă valori minime pentru ambele teste, care pot fi utilizate pentru a estima starea înfășurării. Acestea sunt cele mai mici valori la care este recomandat un test de supratensiune pentru înfășurare sau pentru funcționare.

Valorile minime recomandate pentru PI se bazează pe clasa termică a materialelor izolante și se aplică tuturor acestor materiale, indiferent de aplicarea conform IEC 60085-01: 1984. Testul PI nu se aplică înfășurărilor neizolate. Rețineți că un PI foarte mare (mai mare de 8) pentru pâna lăcuită, izolația cu folie de mică sau înfășurările statorului izolate cu bitum poate indica faptul că izolația este îmbătrânită termic și poate fi în pericol de a se defecta. Inspekția fizică poate fi utilizată pentru a confirma dacă izolația este uscată și fragilă.

Clasa termică nominală	Valoare minimă PI
Clasa A	1,5
Clasa B	2,0
Clasa F	2,0
Clasa H	2,0

Rezistența minimă de izolație recomandată după un minut la 40 °C poate fi determinată din tabelul următor. Rezistența minimă a unei faze a unei înfășurări trifazice a rotorului testat cu celelalte două legate la pământ, trebuie să fie de aproximativ două ori mai mare decât a întregii înfășurări. Dacă fiecare fază este testată separat (cu circuitele de protecție utilizate pe fazele care nu sunt testate), rezistența minimă observată ar trebui să fie de trei ori mai mare decât toată înfășurarea.

Rezistența minimă a izolației (MΩ)	Specimen de test
kV* + 1	Pentru majoritatea înfășurărilor efectuate înainte de 1970, toate înfășurările, și altele care nu sunt descrise mai jos.
100	Pentru majoritatea înfășurărilor de CC și înfășurările de CA fabricate aproximativ după 1970 (bobine preformate).
5	Pentru majoritatea utilajelor cu înfășurări stator cu înfășurare aleatorie și înfășurările preformate sub 1kV.

\* kV este tensiunea nominală între terminale în kVrms.

Clasificarea mașinii determină dacă înfășurările motorului trebuie să atingă valoarea minimă fie pentru testul de rezistență de izolație, fie pentru testul PI, fie trebuie să atingă valoarea minimă pentru ambele teste.

Valoare nominală	Criteriu de evaluare
10000 kVA și mai puțin	Trebuie să aibă FIE o valoare a testului PI, SAU o valoare a testului rezistenței de izolație (la 40 °C) peste valorile minime recomandate.
Peste 10000 kVA	Trebuie să aibă o valoare a testului PI ȘI o valoare a testului rezistenței de izolație (la 40 °C) peste valorile minime recomandate.

## Efectele temperaturii

Variațiile de temperatură pot avea un efect semnificativ asupra citirilor de rezistență de izolație. Rezistența scade semnificativ cu o creștere a temperaturii pentru același aparat. Fiecare tip de material izolant are un grad diferit de modificare a rezistenței cu temperatura. Tabelele factorilor de corecție a temperaturii au fost concepute pentru diferite tipuri de aparate electrice și pot fi achiziționate de la producător. În caz contrar, este recomandat să vă alcătuiți propriile tabele de factori de corecție prin înregistrarea a două valori de rezistență pentru același echipament la două temperaturi diferite. Se poate trasa apoi

un grafic al rezistenței (pe o scară logaritmică) în raport cu temperatura (pe o scară liniară). Graficul este o linie dreaptă și poate fi extrapolat la orice temperatură, astfel încât factorii de corecție pot fi citați direct.

În loc de date detaliate, „regula empirică” este aceea că, pentru fiecare creștere a temperaturii cu 10 °C rezistența se reduce la jumătate; iar pentru fiecare scădere a temperaturii cu 10 °C rezistența se dublează. De exemplu, o rezistență de 100 GΩ la 20 °C devine 25 GΩ la 40 °C.

De ce este importantă corecția temperaturii? Luați în considerare exemplul din tabelul următor al unui motor testat în diferite perioade ale anului la temperaturi diferite (toate într-o bandă de 15°C). Corecția de temperatură s-a făcut utilizând regula empirică.

Data	Rezistența izolației (MΩ)	Temperatura (°C)	Rez. izolației ajustată cu temperatura (MΩ)
Ian-01	15 000	68	14 990
Iun-01	9 000	80	14 276
Ian-02	14 500	68	14 490
Iun-02	8 500	82	14 562
Ian-03	14 300	68	14 290
Iun-03	8 700	81	14 341
Ian-04	14 500	68	14 490
Iun-04	8 900	81	14 671
Ian-05	14 200	69	14 748
Iun-05	8 900	80	14 117
Ian-06	13 600	68	13 591
Iun-06	8 900	78	13 071
Ian-07	13 500	66	12 491
Iun-07	7 500	80	11 896
Ian-08	11 300	68	11 292
Iun-08	6 500	80	10 310
Ian-09	8 000	67	7 693

Citirile efectuate creează confuzie dacă nu sunt corectate cu temperatura. Atunci când valorile obținute sunt reprezentate într-un grafic, acesta are o utilizare limitată în determinarea unei tendințe. Dacă aceleași date sunt corectate cu temperatura și graficul este trasat, acesta începe să ofere o imagine valoroasă a deteriorării izolației.

Corecția temperaturii este deosebit de importantă la testarea cu tensiuni mai mari și la niveluri mai mari de sensibilitate.

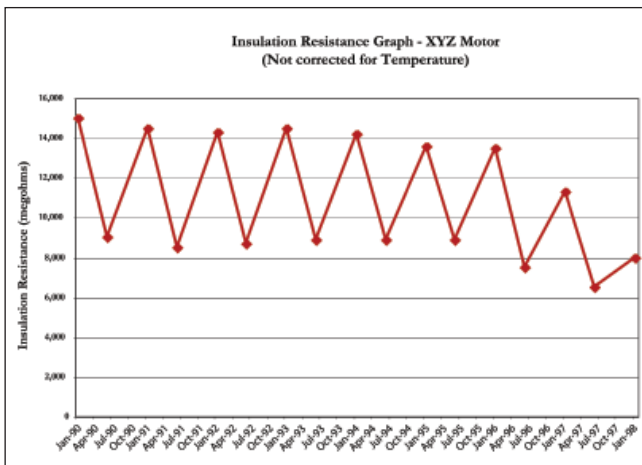


Figura 32: Graficul rez. de izolație fără corecția de temperatură

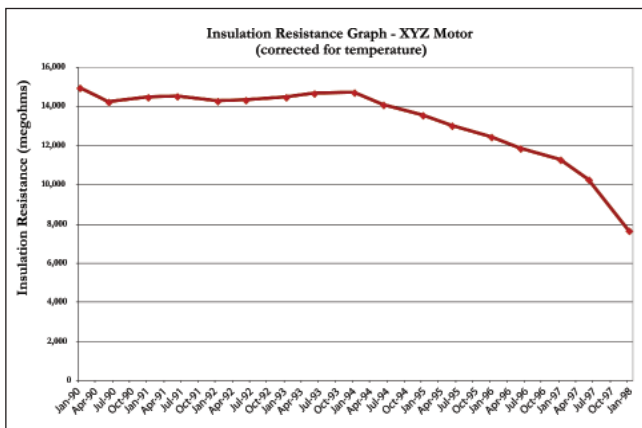


Figura 33: Graficul rez. de izolație cu corecția de temperatură

### Efectele umidității

Umiditatea (conținutul de umiditate) are un efect asupra rezistenței de izolație, dar nu poate fi cuantificată la fel de bine ca și efectul temperaturii, deoarece diferite tipuri de izolație vor absorbi umiditatea în grade diferite, întrucât echipamente de același tip vor avea vârste și condiții diferite. Cel mai bun lucru care se poate spune este că umiditatea este un factor care nu trebuie ignorat în evaluarea rezultatelor testelor. Spre deosebire de temperatură, efectul umidității nu este un gradient constant și atâta timp cât temperatura rămâne peste punctul de rouă, umiditatea nu va afecta considerabil măsurătorile izolației.

Creșterea umidității în aerul din jur (ambiental) poate afecta rezistența de izolație în grade diferite. Dacă echipamentele funcționează regulat peste temperatura punctului de rouă (temperatura la care vaporii de umiditate din aer se condensează ca un lichid), citirea testului nu va fi afectată prea mult de umiditate. Chiar dacă echipamentul care urmează să fie testat este inactiv, este valabil același lucru - atât timp cât temperatura sa este menținută deasupra punctului de rouă (iar suprafețele de izolație sunt lipsite de contaminanți, cum ar fi anumite scame și acizi sau săruri, care au proprietatea de a absorbi umiditatea).

În echipamentele electrice, ne preocupă în primul rând condițiile de pe suprafețele expuse unde umiditatea se condensează și afectează rezistența generală a izolației. Studiile arată, totuși, că în fisurile și crăpăturile din izolație se va forma rouă înainte de a fi vizibilă evident la suprafață. Măsurătorile la punctul de rouă vor oferi un indiciu dacă astfel de condiții invizibile există, alterând rezultatele testului.

Efectele umidității necesită o atenție mai mare pe măsură ce tensiunile de test cresc, deoarece tensiunile mai mari pot promova ionizarea mult mai ușor decât la tensiuni mici. Drept urmare, umiditatea care nu produce un efect vizibil la 1 kV poate produce valori uimitoare de scăzute la 5 kV. Aceasta nu este neapărat o problemă. Diferența de răspuns la două tensiuni diferite poate fi utilizată pentru a detecta umiditatea și testele efectuate cu Gardă și fără Gardă pot fi utilizate pentru a detecta umiditatea de suprafață, sau umiditatea internă.

### Clasa de protecție IP

În cuprinsul majorității etichetelor de pe echipamentele de test se află o clasificare IP, număr care oferă operatorului informații vitale. De fapt, clasa de protecție IP permite operatorului să știe dacă un echipament de test este potrivit pentru aplicația și mediul său de test.

„IP” (Ingress protection) înseamnă „protecție la penetrare”. Acesta este gradul în care instrumentul poate rezista invaziei de materii străine. Sistemul de clasificare IP a fost stabilit de IEC (International Electrotechnical Commission), în standardul 529, și este utilizat ca ghid pentru a ajuta operatorul să protejeze viața instrumentului. De asemenea, poate ajuta operatorul să ia o decizie de cumpărare mai informată, asigurându-se că echipamentul de test este proiectat să funcționeze în mediul cu care se confruntă.

Clasa IP este alcătuită din două cifre, fiecare semnificând o caracteristică separată. Denumirea arată cât de bine este etanșat obiectul împotriva invaziei de materie străină, atât de umiditate, cât și de praf (cu cât este mai mare numărul, cu atât gradul de protecție este mai bun). Ce ar spune un rating tipic IP54 unui cumpărător despre capacitățile de funcționare ale unui model? Dacă doriți o bună informare, acesta este IP-ul cinci-patru, nu cincizeci și patru. Fiecare cifră se raportează la o clasificare separată, nu una la cealaltă.

Prima cifră se referă la infiltrarea de particule, reflectând gradul în care obiectele solide pot pătrunde în incintă. Un nivel de „5” indică „protecție împotriva prafului”, precum și protejarea împotriva infiltrării unui fir de până la 1,0 mm diametru. Există o singură categorie superioară: „etanș la praf”. A doua cifră se referă la umiditate. Evaluarea „4” înseamnă rezistența la „stropirea cu apă, în orice direcție.” Ratingurile mai mari de la 5 la 8 indică „infiltrarea apei” și imersiunea „temporară” sau „continuă”.

Și ce dacă? Să presupunem că un instrument examinat a fost evaluat numai la IP43. Ce i-ar spune asta operatorului despre utilitatea sa? Poate fi utilizat cu încredere într-o carieră sau într-o fabrică de ciment? Cu greu! Ratingul de particule 4 indică „corpuri egale sau mai mari de 1 mm”. Acesta este un bolovan

în comparație cu particulele produse de obicei în procesele industriale. Praful din zonă ar putea scoate rapid din funcțiune echipamentul.

Să presupunem că unitatea este evaluată la IP42. O protecție la umiditate de 2 indică apa care picură. Prin urmare, nu ar fi rezistent la un jet de picături. Achiziționarea unui instrument pentru un mediu care depășește capabilitățile IP înseamnă probabil că operatorul va avea nevoie de un alt instrument nou foarte curând. Ce ziceți de o evaluare IP40? O protecție la umiditate de 0 înseamnă că unitatea nu este protejată în nici un fel împotriva intrării de lichid în ea.

Următoarele diagrame oferă un ghid pentru diverse clasificări IP și ce înseamnă pentru operator:

Protecția împotriva accesului la părțile periculoase (prima cifră)	
Număr	Semnificație
0	Fără protecție
1	Protejat împotriva accesului cu dosul mâinii (50 mm)
2	Protejat împotriva accesului cu degetele împreunate (12 x 80 mm)
3	Protejat împotriva accesului cu o sculă (2,5 mm)
4, 5, 6	Protejat împotriva accesului cu un fir (1,0 mm)

Protecția împotriva accesului la părțile periculoase (prima cifră)	
Număr	Semnificație protecție
0	Fără protecție
1	Împotriva corpurilor solide străine cu diam. $\geq 50$ mm
2	Împotriva corpurilor solide străine diam. $\geq 12,5$ mm
3	Împotriva corpurilor solide străine diam. $\geq 2,5$ mm
4	Împotriva corpurilor solide străine cu diam. $\geq 1$ mm
5	Protecție la praf și la alte reziduuri microscopice
6	Etanșare completă la praf

Protecția împotriva umidității (a doua cifră)	
Număr	Semnificație protecție
0	Fără protecție
1	Protecție împotriva condensului
2	Împotriva picăturilor de apă cu 15° înclinație
3	Împotriva picăturilor de apă cu 60° înclinație
4	Împotriva apei pulverizate cu orice înclinație
5	Împotriva jeturilor de apă cu orice înclinație
6	Împotriva jeturilor de apă puternice și averselor
7	Împotriva efectelor imersiei temporare, 1m, 30 min
8	Împotriva scufundării permanente până la 4 m

## Încercarea cu înaltă tensiune

Nu există o definiție cu adevărat singulară a testului cu „tensiune înaltă”. El este frecvent utilizat, dar definiția sa este legată de situație, la „ochiul privitorului” s-ar putea spune. Practic, un test cu tensiune mărită este un test cu tensiune electrică realizat la o tensiune de două sau mai mare de mai multe ori decât cea nominală și uneori cunoscut sub numele de încercare de rigiditate dielectrică sau test de verificare.

Întrucât testul este realizat la o tensiune considerabil mai mare decât tensiunea nominală a echipamentului testat, este cunoscut ca test de supratensiune spre deosebire de testul de izolație cu înaltă tensiune, pentru care se aplică în general o tensiune sub tensiunea nominală a echipamentului. Actul testării cu supratensiune creează tensiuni anormale în obiectul de test și poate contribui la accelerarea îmbătrânirii izolației. Într-adevăr, unele standarde necesită creșterea tensiunii până la străpungerea eșantionului de test.

Dacă se aplică un test cu supratensiune, este obișnuit să se aplice în prealabil un test PI de sub tensiune pentru a califica în prealabil izolația.

Pot fi efectuate teste cu tensiune mărită cu tensiuni CA sau CC, după caz. Obiectele cu o capacitate considerabilă vor apărea ca un scurtcircuit într-un test de curent alternativ, necesitând o trusă de test de putere pentru a depăși curenții capacitivi de încărcare. În astfel de situații, este destul de normal să se aplice un test CC cu vârful de tensiune echivalent.

## Citirea curentului (nA) vs. citirea rezistenței (MΩ)

Testerele de izolație măsoară curentul și apoi îl transformă într-o valoare a rezistenței. De ce facem asta? Mai ales pentru că așa este tradiția. O izolație bună produce o valoare mare, în timp ce izolația slabă produce o valoare mică. De asemenea, o izolație bună este predominant rezistivă. Dacă dublăm tensiunea de test, dublăm curentul, dar rezistența rămâne constantă. Totuși, uneori este mai ușor să diagnosticați problemele, luând în considerare curenții reali.

Alegerea este a dumneavoastră, deoarece multe testere moderne de izolație sunt capabile să își prezinte măsurătorile în ambele unități de măsură.

## Funcția de ardere

Testerele de izolație de peste 1 kV cu funcții complete includ adesea un mod de „ardere”. Este o caracteristică care poate nu va fi folosită niciodată; cu toate acestea, este o funcție utilă într-o gamă restrânsă de aplicații.

Testerele de izolație vor genera tensiuni mari în rezistențe semnificativ de mari. Cu toate acestea, dacă are loc un defect în izolație, rezistența scade, curentul crește și tensiunea scade. Dacă este lăsat la latitudinea dispozitivului, acest lucru ar provoca stingerea arcului de defect, creșterea rezistenței la loc și creșterea tensiunii, ceea ce la rândul său provoacă din nou străpungerea și așa mai departe. Acest ciclu continuu nu permite măsurarea rezistenței și, într-adevăr, ar putea deschide

găuri sau mări canalele de ardere. În loc să provoace daune suplimentare, majoritatea testerelor de izolație se vor opri într-o situație de acest gen.

Cu toate acestea, dacă doriți să găsiți locația străpungerii, acest lucru poate fi extrem de dificil. Din acest motiv, unele instrumente oferă modul de „ardere” selectabil de către operator; oprirea automată fiind anulată și menținând un arc cu curent scăzut. Cu toate acestea, trebuie să se înțeleagă că limitarea la scurtcircuit a instrumentului este încă în vigoare. Testerul nu va genera un scurtcircuit total. Funcția permite operatorului să localizeze sau să identifice defectul, căutând o scântee sau fum sau poate prin utilizarea unui detector de ionizare. Pot fi identificate microperforațiile din înfășurări, ce acoperite cu lac izolant permit revenirea echipamentelor în serviciu. În întreținerea cablurilor, un tester cu tensiune mărită, cu un curent mult mai mare decât testerul de izolație, este utilizat pentru „străpungerea” defectelor cu rezistență mare, transformându-l într-o „întrerupere”, care este mult mai ușor de recunoscut prin tehnicile de arc reflectat.

### Uscarea echipamentului electric

Electricitatea și apa nu formează un parteneriat fericit și de aceea este deseori necesară „uscarea” izolației. Acest lucru poate fi făcut pentru a îndepărta umiditatea de suprafață sau pentru a alunga umiditatea din interiorul izolației. Într-adevăr, unele echipamente au bobine de încălzire încorporate care pot fi utilizate în acest scop. Cu toate acestea, o serie de alte metode sunt de asemenea disponibile pentru uscarea echipamentelor electrice.

Soluția cea mai satisfăcătoare a problemei implică plasarea înfășurărilor într-un cuptor, cu un control adecvat al temperaturii și cu o circulație adecvată a aerului. Atunci când acest lucru nu este posibil pot fi utilizate bancurile cu lămpi cu infraroșu sau se poate construi o carcasă adecvată în jurul mașinii, folosind serpentine cu abur sau unități de rezistențe electrice ca sursă de căldură. Trebuie să fie prevăzute deschideri pentru circulația liberă a aerului, deoarece altfel expulzarea umidității ar duce pur și simplu la o umiditate crescândă în interiorul camerei de uscare. Pentru a crește mișcarea aerului pot fi utilizate unele suflante.

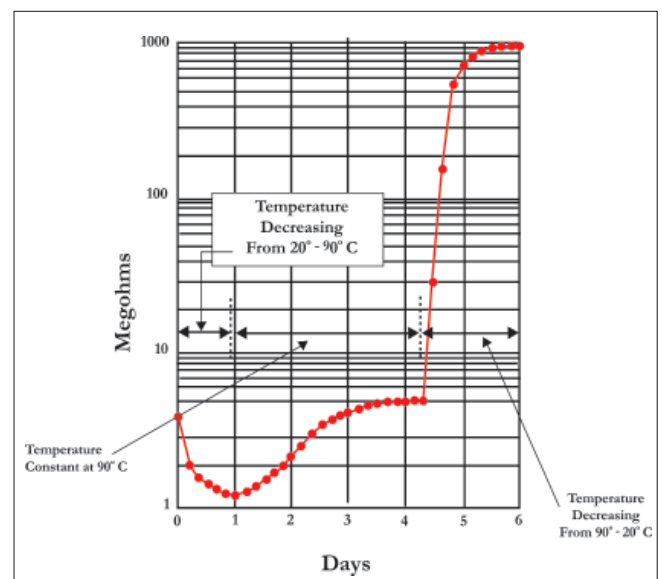
Uscarea în vid a fost de asemenea utilizată în mod eficient pentru a accelera readucerea echipamentului în serviciu, dar această metodă necesită precauții suplimentare și ar trebui să fie întreprinsă numai către de personal cu experiență.

O altă metodă folosită adesea este să se circule un curentul cu o tensiune mică prin înfășurări. Această metodă nu trebuie folosită, însă, până când rezistența de izolație nu a atins o valoare de cel puțin 100 MΩ. Curentul trebuie limitat la doar o fracțiune din valoarea de pe placa de identificare și trebuie menținută o verificare atentă a temperaturii maxime pe părțile izolate. Temperaturile maxime de uscare a înfășurărilor măsurate cu un termometru nu trebuie să depășească 90 °C. Acest lucru va preveni nu numai deteriorarea termică rapidă a izolației, dar și deteriorările din presiunile mari de vapori care ar fi obținute dacă s-ar produce abur.

Dacă este necesară uscarea, înregistrările ajută la determinarea

momentului în care izolația nu are umiditate. Ca un exemplu al importanței citirilor anterioare, luați în considerare un motor care a fost inundat. După o curățare, o citire cu testerul Megger arată 15 MΩ. Dacă înregistrările anterioare arătau rezistența de izolație între 10 și 20 MΩ, motorul ar fi în stare bună. Dacă, pe de altă parte, înregistrările anterioare arătau valorile normale de rezistență între 100 și 150 MΩ, operatorul ar ști că umiditatea este încă prezentă în înfășurările motorului.

În timpul operațiilor de uscare, atunci când valorile de rezistență de izolație sunt utilizate ca indicator al adecvării înfășurărilor pentru serviciu sau pentru aplicarea potențialului de test, uscarea trebuie continuată o perioadă suficientă pentru a vă asigura că valorile sunt fiabile. Adesea, curba de rezistență va face una sau mai multe „scufundări” puternice înainte de a se nivela sau de a continua să crească într-o direcție pozitivă. Acest lucru se datorează umidității care încă lucrează în înfășurări. Când mașina este uscată complet, este necesară o muncă suplimentară pentru a îndepărta praful rămas. Acest lucru se poate realiza prin utilizarea aerului comprimat uscat la o presiune care nu depășește 40 psi.



**Figura 34: Grafic tipic al variației rezistenței în timpul uscării**

Figura 34 prezintă o curbă tipică de uscare pentru un rotor de motor de CC, care arată cum se modifică rezistența de izolație. În prima parte a procesului, rezistența scade din cauza temperaturii mai ridicate. Apoi crește la o temperatură constantă pe măsură ce se uscă. În cele din urmă, aceasta crește la o valoare ridicată, pe măsură ce este atinsă temperatura camerei (20 °C).

Există o limitare semnificativă la testarea izolației umede cu un tester de izolație; echipamentele umede sunt sensibile la străpungerile de tensiune. Dacă înfășurările au absorbit multă umiditate, chiar și tensiuni mici pot străpunge izolația. Prin urmare, operatorul trebuie să fie foarte atent înainte de a aplica tensiuni înalte. Mai multe testere avansate de izolație produse de Megger permit ca tensiunea de test să fie setată de la o valoare mică începând cu 25 V la 5000 V în pași de 25 V.

## Descărcarea obiectului de test

Poate că ați fost învățat să descărcați un condensator și apoi să-l depozitați cu terminalele scurtcircuitate. V-ați întrebat vreodată de ce trebuie să scurtcircuitați terminalele, deoarece ați descărcat condensatorul și poate chiar ați verificat că nu există tensiune pe terminale?

Motivul este curentul de absorbție dielectric. Dacă terminalele sunt lăsate nescurtcircuitate, energia acumulată prin absorbție dielectrică se va elibera încet, cu încărcarea negativă migrând la terminalul negativ și încărcare pozitivă la terminalul pozitiv. Într-o perioadă de timp, această încărcare se poate ridica până la un nivel periculos, la fel de mare ca tensiunea inițială de test și cu o cantitate considerabilă de energie de rezervă. Această energie poate ucide.

La sfârșitul unui test de izolație, obiectul de test seamănă foarte mult cu un condensator încărcat; rămâne o cantitate considerabilă de energie stocată în dielectricul izolației.

Există o „regulă importantă” cu privire la încărcarea și descărcarea obiectelor supuse testului. Această regulă sugerează că operatorul descarcă obiectul testat într-un timp de cinci ori mai mare decât a fost testat. Dacă operatorul efectuează un test PI de 10 minute, ar trebui să permită descărcarea obiectului timp de 50 de minute.

Un instrument de bună calitate va descărca automat obiectul de test imediat ce este finalizat sau întrerupt testul. Unele instrumente de calitate inferioară au un buton de selectare sau un comutator de descărcare, care adaugă un pas suplimentar la test. Dacă acest pas este uitat, obiectul de test rămas încărcat poate fi mortal pentru următoarea persoană care îl manevrează.

Testerele de izolație Megger detectează, de asemenea, tensiunea pe obiectul de test în faza de descărcare și vor afișa această tensiune până când aceasta a scăzut la un nivel sigur. În acest moment, obiectul de test este sigur de manipulat. Totuși, tot ce am descărcat în acest moment este încărcarea capacitivă stocată. Așa cum am explicat la începutul acestei broșuri, orice capacitate este încărcată relativ repede la începutul unui test. În mod similar, sarcina capacitivă este descărcată relativ rapid la sfârșitul testului, însă curentul de absorbție dielectric necesită mult mai mult timp pentru a „intra” și, de asemenea, durează mult mai mult pentru a „ieși” din obiect.

## Durata de încărcare a echipamentelor mari

O întrebare care ne este pusă adeseori este: „Cât timp va fi necesar pentru a încărca un anumit echipament?” Răspunsul este: „Nu știm!”

De ce nu? Ei bine, răspunsul depinde de configurația reală a echipamentului respectiv. De exemplu, Megger S1-5010 specifică o rată de încărcare „mai mică de 5 secunde pe microfarad cu un curent de scurtcircuit de 2 mA” și „2,5 secunde pe microfarad cu un curent de scurtcircuit de 5 mA.” Astfel, dacă cunoașteți capacitatea obiectului de test puteți calcula timpul de încărcare; nu contează dacă este un motor, un cablu sau doar o placă de material izolant. Astfel, în timp ce eșantionul este sigur

de manipulat imediat după test, dacă terminalele nu sunt scurtcircuitate, vor recăpăta treptat în timp o încărcare și va deveni periculos încă o dată. Deci, dacă echipamentul nu va fi repus în funcțiune imediat, asigurați-vă că terminalele sunt scurtcircuitate și împământate în timpul depozitării.

## Testere acționate cu motor

O altă întrebare care ni se pune frecvent este „Ce s-a întâmplat cu testerele de izolație vechi cu motor, cu cutie din lemn?” Unii oameni păreau să creadă că au stabilit standardul pentru testarea izolației și încă o fac.

Aceste cutii din lemn cu motor, cu un motor extern, au fost produse între 1910 și 1972 și au folosit brevetul original Evershed „Cross Coils Ohmmeter”. Acestea au fost aparate grele, mari, care după cum sugerează și numele, iar instrumentul de măsură avea două bobine așezate în unghi drept. Acesta a fost primul „ohmmetru adevărat”. Construcția aparatului a avut beneficii și dezavantaje.

Principalul beneficiu a fost că din cauza greutatei aparatului de măsură, avea o inerție considerabilă și, prin urmare, au fost destul de insensibile la interferențe sau evenimente tranzitorii. Aceasta a dus la o mișcare foarte lină a instrumentului. Din păcate, greutatea pură a aparatului l-a făcut destul de delicat și astfel trebuiau manipulate cu grijă. În plus, trebuiau aliniate înainte de utilizare și, prin urmare, erau furnizate cu o nivelă și picioare reglabile. Aparatele au fost, de asemenea, destul de insensibile la capacitățile de rezistențe maxime, care puteau fi măsurate cu valori mari în Megaohmi sau Gigaohmi.

S-au dezvoltat surse alternative de energie. Vechiul generator era mare și greoi, așa cum o să ateste oricine a încercat să opereze unul dintre aceste instrumente vechi; cu siguranță nu ați dori să faceți un test PI în timp ce dați la manivelă.

Progresele tehnologice au permis utilizarea de „componente electronice”, care erau mai rezistente și mai precise. Au fost dezvoltate noi generatoare de joasă tensiune, care au făcut „manivela” mult mai ușoară și, în cele din urmă, tehnologia bateriei a permis utilizarea acestei surse de energie. Acest lucru a dus la sursele de energie foarte stabile pe termen lung, pe care le vedem astăzi.

Utilizarea componentelor electronice a avut ca rezultat construirea de instrumente mai ușoare, mai rezistente și mai precise, care răspund mai rapid. Ele pot furniza mai multe informații, ceea ce ne permite decelarea unor evenimente tranzitorii care erau anterior total ascunse de instabilitatea relativă a alimentării și de inerția mișcării.

Care este mai bun? Decizia este a dumneavoastră.

## PROIECTAREA CORDOANELOR DE TEST

Conceperea seturilor de cordoane de test este menită să faciliteze conectarea la o varietate de sisteme scoase de sub tensiune în scopul efectuării de măsurători ale rezistenței de izolație. În toate cazurile, este responsabilitatea utilizatorului să folosească practici de lucru sigure și să verifice dacă sistemul este sigur înainte de conectare. Chiar și sistemele izolate electric

pot prezenta o capacitate importantă, care va deveni foarte încărcată în timpul efectuării testului de izolație.

Această încărcare poate fi letală, iar conexiunile, inclusiv cablurile și clemele, nu trebuie niciodată atinse în timpul testului. Sistemul trebuie descărcat în siguranță înainte de a atinge conexiunile.

Cordoanele de test sunt o componentă cheie a oricărui instrument de precizie, iar siguranța, viața lor lungă și capacitatea de a oferi conexiuni fiabile la marea varietate de obiecte găsite în aplicații reale sunt de o maximă importanță.

Construcția atentă asigură conexiuni repetabile, care sunt practice și sigure de utilizat. Pentru a asigura amestecul esențial de performanță și siguranță trebuie utilizate numai cele mai bune și adecvate materiale. Ca exemplu, specificația atentă a cablului asigură că acesta rămâne flexibil în toate condițiile și are proprietăți ale izolației extrem de bune, care nu vor afecta măsurătorile făcute.

Utilizarea unui cablu siliconic dublu-izolat va asigura măsurători sigure și exacte. Încercarea cu cabluri slabe sau care au pierderi electrice poate oferi măsurători înșelătoare și poate duce la o diagnosticare ca defectă pentru o izolație perfectă, pierzând atât timp cât și bani în reparații inutile. Acest lucru se întâmplă mai ales atunci când folosiți cabluri proaste sau lungi de test.

### Îmbunătățiri semnificative ale securității în funcționare

Standardul internațional IEC 61010-031 detaliază cerințele de securitate pentru ansamblurile de sonde portabile pentru măsurarea și testarea electrică. O serie de amendamente au fost aduse standardului, în special pentru prevenirea pericolului de la descărcare a arcului electric și scurtcircuite.

Două pericole sunt luate în considerare: (1) pericolele unui vârf de sondă sau a unei clemă tip crocodil care șuntează temporar doi conductori cu energie mare și (2) pericolele unui contact care se deschide (rupe) în timp ce curentul trece prin el.

Aceste pericole sunt aplicabile în special în multe dintre mediile în care se utilizează testere de rezistență de izolație de 5kV și 10kV. În cazul în care o sondă sau o clemă șuntează momentan doi conductori cu energie mare în timpul conectării, un curent extrem de ridicat va trece încălzind metalul și topind izolația. Acest lucru în sine poate provoca arsuri grave operatorului sau celui din apropierea clemăi sau a sondei. În plus, în cazul în care contactul este întrerupt în timp ce trece curentul, descărcarea care poate apărea, ar putea conduce la o situație extrem de gravă, cunoscută sub numele de descărcare cu arc (arc-flash).

Standardul descrie pericolul de apariție a arcului după cum urmează: „Arcul va ioniza aerul în vecinătatea arcului, permițând trecerea curentului continuu în vecinătatea vârfului sondei sau a clemăi crocodil. Dacă există suficientă energie disponibilă, atunci ionizarea aerului va continua să se răspândească și fluxul de curent prin aer va continua să crească. Rezultatul este o descărcare cu arc, care este similară cu o explozie, și poate provoca răni sau moartea unui operator sau a unui asistent”.

IEC 61010-031: 2008 solicită construirea de vârfuri de sondă și clemă crocodil pentru a diminua riscul apariției arcurilor și a

scurtcircuitelor, iar această cerință se aplică tuturor clemelor crocodil care sunt clasificate la categoria de instalație III sau IV (CATIII sau CATIV). Suprafețele exterioare ale acestora nu trebuie, să fie conductoare și nu trebuie să le fie accesibile părțile metalice (așa cum este definit de standard) când clemă este închisă.

În faza de proiectare, sunt utilizate proceduri detaliate de măsurare și testare pentru a evalua traseele electrice de conturare și de degajare, pentru a asigura respectarea standardului. Accesibilitatea pieselor metalice conductive este evaluată folosind un deget de test conform standardului IEC.

### Lucruri de luat în considerare pentru o operare sigură

În mediile de testare electrică, practicile de lucru sigure sunt esențiale pentru a asigura siguranța operatorilor. Testarea izolației în medii de înaltă tensiune, cu energie mare, prezintă o serie de pericole unice enumerate mai jos:

#### 1. Menținerea caracterului practic cu o clemă complet izolată

Dacă izolația adăugată unei clemă crocodil împiedică funcționarea și capacitatea de a face o conexiune fiabilă la marea varietate de bare, cabluri și terminale necesare a fi testate, designul este inutil și operatorul poate fi tentat să elimine izolația suplimentară pentru a face conexiunea.

#### 2. Protecție împotriva încărcării capacitive a cablurilor lungi

Ștecherile de înaltă tensiune cu blocaj de la capătul instrumentului reduc probabilitatea ca un conector să se deconecteze sau să se extragă, ceea ce ar putea duce la rămânerea unei încărcări neadequate a sarcinii la sfârșitul testului, iar instrumentul să raporteze incorect că nu mai există nicio tensiune. Sistemul de blocare este simplu de utilizat și previne deconectarea „la capătul cablului” ajutând la asigurarea descărcării corecte a sarcinii după un test.

#### 3. Protecție împotriva tensiunii înalte într-un mediu CATIV 600V sau CATIV1000V

Pe măsură ce se face o conexiune la sisteme de alimentare mai mari (categoria de IV se referă la sursele de alimentare pentru spații industriale), este necesară o protecție sporită împotriva supratensiunilor. Acestea sunt evenimente tranzitorii care apar în mod natural pe alimentare, fiind cauzate în mod obișnuit de acțiuni de comutare sau lovituri de trăsnet îndepărtate și supun echipamentul conectat, conductoarele de test, cleștii de prindere etc., la impulsuri de multe mii de volți. Un astfel de echipament trebuie să ofere protecție operatorului în timpul procesului de conectare. O clemă concepută pentru a fi utilizată pentru o sursă de 600V din categoria de supratensiune CATIV trebuie să poată rezista la astfel de impulsuri de până la 8kV.

O clemă dedicată pentru a fi utilizată la o sursă de 1000V din categoria de supratensiune CATIV trebuie să poată rezista la astfel de impulsuri de până la 12 kV.

Clemele care sunt turnate cu un polimer izolant cu rezistență dielectrică ridicată, cu dimensiuni atent definite, asigură menținerea unor distanțe de conturare și de degajare chiar și în condiții adverse.

#### 4. Protecția ieșirii instrumentului (5 kV, 10 kV sau 15 kV)

Mulți se tem că ieșirea de la testerul lor de izolație poate fi de 5, 10 sau chiar 15 kV. Cu toate acestea, în realitate curentul disponibil de la instrument este în general limitat la câțiva miliamperi și în sine prezintă un risc relativ scăzut.

Pericolul aici nu este atât ieșirea instrumentului, ci mai mult mediul de lucru. Dacă sarcina conectată este capacitivă, aceasta poate furniza o energie semnificativă atunci când este încărcată la înaltă tensiune de către instrument și poate fi letală atunci când este atins obiectul de test. În plus, la testarea izolației în multe medii de înaltă tensiune, nu este neobișnuit să fii nevoit să urci pe scări pentru a ajunge la conexiuni cu echipamente precum transformatoarele, cu riscuri asociate lucrului la înălțime. În astfel de situații, un impuls electric inofensiv poate determina utilizatorul să reacționeze automat, cu un prejudiciu potențial grav din cauza unei căderi. Clemele de prindere complet izolate ajută la minimizarea riscului.

#### Avertismente de securitate

Circuitul testat trebuie să fie oprit, dezactivat, izolat și verificat pentru a fi sigur înainte de conectarea testerelor de izolație. Asigurați-vă că circuitul nu este re-energizat în timp ce instrumentul este conectat la acesta. Conexiunile la circuit nu trebuie să fie atinse în timpul unui test de izolație.

După finalizarea unui test, circuitele capacitive trebuie descărcate complet înainte de a deconecta cordonul de test. Încărcările capacitive rămase nedescărcate pot fi letale.

Obiectele testate trebuie scurtcircuitate cu un scurtcircuitor, după descărcare, până când sunt repuse în serviciu. Acest lucru protejează împotriva eliberării ulterioare a oricărei încărcări de absorbtie dielectrică acumulate, ridicând astfel tensiunea la niveluri potențial periculoase.

Cordonul de test, inclusiv clemele crocodil, trebuie să fie în stare bună, curate, uscate și fără izolația spartă sau crăpată. Cordonul nu trebuie utilizat dacă sunt deteriorate.

#### PROIECTAREA CARCASEI INSTRUMENTULUI

Testerul de izolație de 5 kV până la 15 kV sunt utilizate într-o multitudine de medii de la testarea motoarelor într-un atelier până la testarea liniilor de alimentare și a comutatoarelor în stațiile de înaltă tensiune. Natura lucrărilor întreprinse necesită portabilitate și rezistență. Spre deosebire de majoritatea echipamentelor care se găsesc în stații unde rezistența și securitatea provin din carcase metalice rezistente, conectate de pământ, testerul de izolație trebuie să fie mic și ușor, permițând efectuarea lucrărilor în toate locațiile și altitudinile. Pentru a realiza acest lucru, producătorii de instrumente adoptă de obicei plastic turnat prin injecție, de obicei ABS sau un material similar, oferind o carcasă ușoară și durabilă.

Pentru a asigura siguranța maximă a utilizatorilor, echipamentele trebuie să îndeplinească cerințele stricte ale standardului internațional IEC61010 (Siguranța echipamentelor electrice pentru măsurare, control și uz de laborator).

Testerul de izolație nu sunt concepute numai pentru a măsura rezistența de izolație a sistemelor de energie scoase de sub tensiune, ci și pentru a efectua măsurători de tensiune pe sisteme energizate de până la 600 V CA (fază - pământ). În ambele situații este necesar să vă asigurați că instrumentul poate suporta nu numai tensiunea aplicată, ci și orice tranziții care pot apărea în altă parte a sistemului și pot fi propagați spre instrumentul conectat. În locații externe care implică sisteme de distribuție a energiei, astfel de tranziții pot fi semnificative, transportând o cantitate foarte mare de energie și prezentând un pericol semnificativ pentru utilizator. Chiar și în timpul unui test de izolație atunci când circuitul conectat este de-energizat, o operație de comutare în altă parte a rețelei sau un trăsnet îndepărtat poate induce o tensiune tranzitorie mare în sistemul fără energie, la care instrumentul trebuie să supraviețuiască în siguranță protejând utilizatorul.

#### Securitatea ignifugă

IEC61010 clasifică acești tranziții în diferite clase de severitate, în funcție de locația și tensiunea de alimentare din cadrul sistemului de distribuție. Pe măsură ce ne deplasăm în amonte de-a lungul sistemului de distribuție se întâlnesc evenimente tranzitorii din ce în ce mai severe. Instrumentele pentru conectarea la sisteme externe trebuie clasificate la categoria IV, (CATIV). Instrumentele clasificate la CATIV 600 V, de exemplu, trebuie să poată rezista în siguranță la impulsuri de 8.000 V.

În cazul în care se produce o defecțiune în timpul conectării la un astfel de sistem și tranziții declanșează în interiorul instrumentului o străpungere, ionizarea locală a aerului ar putea crea un scurtcircuit în ceea ce ar putea fi o sursă de energie foarte mare, prezentând un pericol semnificativ pentru utilizator. Drept urmare, IEC61010-2-030 impune ca instrumentele să rămână în siguranță atunci când apar astfel de evenimente tranzitorii.

În plus, Partea 1-a din IEC61010 prevede că focul nu se va propaga de loc în exteriorul echipamentului în cazul în care în interiorul instrumentului se produce un singur defect, de exemplu o baterie defectă. Există două căi de conformare: în primul rând efectuarea unui test „cu un singur defect” în interiorul instrumentului și, în al doilea rând, instalarea unei carcase ignifuge. Cele mai sigure instrumente includ ambele căi de conformitate.

Din păcate, deși materialele turnate prin injecție adecvate pentru fabricarea carcasei sunt ideale pentru proprietățile lor ușoare și de durabilitate, în general nu sunt ignifuge și nu oferă o protecție corespunzătoare în cazul unei defecțiuni. Sunt disponibile materiale cu aditivi ignifuganți, dar cu durabilitate redusă, deci nu vor rezista la rigorile utilizării de zi cu zi. Această contradicție creează o provocare serioasă pentru producătorii de instrumente.

Megger a adoptat o abordare unică de design prin conceperea unui corp dublu al carcasei în care stratul interior asigură o protecție esențială împotriva incendiilor lăsând carcasa exterioară necompromisă în rezistența și durabilitatea sa.



## TESTERE DE IZOLAȚIE MEGGER

Testerele de izolație Megger de 5 kV, 10 kV și 15 kV sunt proiectate pentru aplicații industriale și utilitare. Toate testerele de izolație Megger sunt robuste și fiabile pentru utilizarea de înaltă performanță. Acestea oferă un grad de siguranță CAT până la 1000 V pe toate terminalele și sunt adăpostite într-o carcasă robustă din polipropilenă, cu clasa de protecție IP65 la transport. Un design unic al carcasei duble pentru toate unitățile permite protecția ignifugă menținând totodată robustețea.

Instrumentele de 10 kV oferă respectarea completă a standardului IEEE 43-2000 „Practică recomandată pentru testarea rezistenței de izolație a mașinilor rotative”. Acest lucru permite utilizatorului să testeze eficient orice motor existent. Instrumentul de 15 kV oferă respectarea deplină a cerințelor NETA pentru echipamentele de test de peste 35 kV.

### MIT515, MIT525, MIT1025, MIT1525

**Seria MIT este alcătuită din patru instrumente:** două modele de 5 kV, și câte unul de 10 kV și 15 kV. Sunt proiectat pentru industrie și pentru distribuția de energie electrică. MIT515 (model de 5kV) poate fi utilizat pentru a efectua atât teste simple de izolație “Trece – Nu trece” cât și teste de izolație de bază, cum ar fi indicele de polarizare (PI). Două modele noi avansate, MIT1025 (model de 10 kV) și MIT1525 (model de 15 kV) oferă memorie și testarea izolației cu diagnoză. MIT1025 și MIT1525 sunt adecvate pentru testarea cu mai multă rigurozitate a echipamentelor de înaltă tensiune.

Unitățile MIT au un terminal / circuit de Gardă complet specificat pentru a permite rezultate precise într-o gamă largă de situații de test. Testele pot fi efectuate cu alimentare din acumulatorul intern sau de la rețea și beneficiază de o durată de viață lungă a bateriei și de un timp de reîncărcare rapid. Pentru a ajuta în memorarea și urmărirea tendinței rezultatelor, MIT525, MIT1025 și MIT1525 includ memorie și descărcare pe computer prin USB a datelor, precum și teste suplimentare de diagnoză, cum ar fi tensiunea treaptă (SV) și testul în Rampă.

Câteva dintre caracteristicile Seriei MIT sunt:

- Operare intuitivă cu comutator rotativ
- Alimentare din acumulator sau de la rețea
- Înlocuirea ușoară a acumulatorului
- Test Rampă

### S1-568, S1-1068 și S1-1568

**Seria S1 este alcătuită din trei modele,** de 5kV, 10kV și 15kV (S1-568, S1-1068, respectiv S1-1568). Unitățile S1 sunt proiectate special pentru utilități, în special în aplicațiile de transport și de generare, unde se întâlnesc un zgomot electric mai mare și lungimi mari ale liniilor, dar și pentru companiile de servicii. Toate modelele S1 furnizează un curent de ieșire nominal ridicat de 6 mA pentru a face față sarcinilor capacitive și cu o imunitate electrică ridicată la zgomot, pentru a face față celor mai provocatoare medii din stație sau din rețelele de transport.

Unitățile S1 oferă cinci teste de diagnoză, inclusiv PI, tensiune treaptă și Rampă. Instrumentele pot memora și descărca rezultatele prin portul lor USB și prin Bluetooth. În plus, S1 pot fi controlate de la distanță prin software prin USB prin Power DB Lite pentru încredere și comoditate suplimentară:

Câteva dintre caracteristicile Seriei S1 sunt:

- Curentul de ieșire de 6 mA care asigură încărcarea rapidă și testarea sarcinilor capacitive
- Imunitate la zgomot de 8mA pentru măsurători stabile în medii de ultraînaltă tensiune
- Domeniul de măsurare de până la 15 TΩ (modelul de 5kV) și 35 TΩ (modelele de 10kV și 15kV)
- Transmiterea prin USB și Bluetooth a datelor de test în direct și descărcarea rezultatelor memorate
- Memoria internă pentru arhivarea rezultatelor
- Operarea de la distanță prin USB



## Modelele MJ15 și BM15

### Testere de izolație cu 5 kV

- Indicație de tip trece / nu trece pentru testarea rapidă
- Rezistența de izolație de până la 20 GΩ
- Domeniul de tensiune de până la 600 V cu indicarea descărcării automate

BM15 și MJ15 sunt testere compacte de izolație de 5 kV, ușor de utilizat ce oferă o citire rapidă și precisă a rezistenței de izolație. Ambele instrumente oferă patru tensiuni de test (500 V, 1 kV, 2,5 kV, 5 kV), afișare analogică și sensibilitate de măsurare la 20 GΩ.

BM15 este alimentat cu 8 baterii alcaline „AA” sau reîncărcabile, în timp ce MJ15 include și un generator cu inductor.

### Cordoane de test

Megger oferă o linie completă de seturi de cordoane de test care sunt concepute pentru a asigura o izolație sigură în conformitate cu IEC 16010-031: 2008. Ele oferă izolație dublă, acolo unde este practic. Cu toate acestea, la tensiuni mai ridicate, unde dimensiunile fizice mari ar face imposibilă utilizarea clemei, cordoanele sunt prevăzute cu o singură izolație. Trebuie utilizate practici de lucru sigure, iar clemele și conexiunile nu trebuie să fie atinse în timpul alimentării.

Mai multe informații despre oportunitățile de testare Megger pot fi găsite pe site-ul nostru [ro.megger.com](http://ro.megger.com) în cadrul secțiunii cu echipamente de testare a izolației cu 5 kV, 10 kV sau 15 kV.



## Sursa dumneavoastră „cu o singură oprire” pentru toate necesitățile de echipamente de testare electrică de care aveți nevoie

- Echipamente pentru localizarea defectelor pe cabluri
- Echipamente de test pentru transformatoare
- Echipamente de test pentru întreruptoare
- Echipamente de test pentru relee de protecție
- Echipamente de test Factor de Putere (C&DF)
- Echipamente de test pentru uleiul electroizolant
- Echipamente pentru testarea și diagnoza motoarelor electrice
- Echipamente pentru măsurarea și diagnoza descărcărilor parțiale PD
- Echipamente de test pentru acumulatori
- Echipamente de test rezistența prizei de pământ
- Echipamente de test a liniilor
- Microohmetre
- Echipamente de test motoare electrice și succesiunea fazelor
- Instrumente portabile de test pentru calitatea energiei electrice
- Testere PAT
- Multimetre
- Reflectometre TDR
- Echipamente de test pentru contoare
- Blocuri de terminale și de comutație de test STATES®
- Programe de școlarizare

Megger este un lider mondial în producția și furnizarea de instrumente de test și de măsură utilizate în cadrul sistemelor și rețelelor pentru energie electrică, a rețelelor cabluri și în telecomunicații.

Cu centrele de cercetare, inginerie și producție din Anglia, SUA, Suedia și Germania, combinate cu o rețea de vânzări și asistență tehnică la nivel mondial, Megger este plasat în mod unic pentru a satisface nevoile beneficiarilor săi din întreaga lume.

Pentru mai multe informații despre Megger și linia sa diversificată de instrumente de test și de măsură:

**E-mail: [info.ro@megger.com](mailto:info.ro@megger.com)**

**Web: [ro.megger.com](http://ro.megger.com)**

**ro.megger.com**

**info.ro@megger.com · www.megger.com**

Copyright © 2019  
Megger Limited, Archcliffe Road,  
Dover CT17 9EN, UK.