

ÎNCERCAREA IZOLAȚIEI LINILOR ELECTRICE SUBTERANE

1. Introducere

Izolația linilor electrice subterane este supusă în exploatare aceluiași solicitări complexe - electrice, termice, mecanice, chimice - ca și izolația altor echipamente electrice; totuși, datorită amplasării în subteran, influența umidității este mult mai importantă și provoacă majoritatea defectelor de izolație.

Din punct de vedere al izolației, liniile electrice subterane pot fi considerate ca formate din două părți principale: cablurile propriu-zise și accesoriile (manșoane și terminale) care fac legătura între tronsoanele de cabluri și între cabluri și alte componente ale rețelei (celulele din posturile de transformare, motoare etc.). Izolația accesoriilor, executată în condiții de șantier, este adesea de o calitate mai slabă decât izolația cablului realizată în fabrică; ca urmare a acestui fapt, defectele de izolație au loc mai ales în aceste accesorii, în primul rând în manșoane.

Verificarea stării izolației liniilor electrice subterane se realizează prin: metode nedistructive utilizând tensiune continuă sau alternativă, măsurarea descărcărilor parțiale, încercarea cu tensiune mărită alternativă, continuă și de impuls. Lista acestor încercări diferă funcție de scopul încercărilor. Din acest punct de vedere se pot deosebi:

- încercările de tip, care se execută cu ocazia omologării unor tipuri noi de cabluri și accesorii ;
- încercările individuale sau de lot, care se execută de către fabrica constructoare;
- încercările profilactice (sau preventive), care se execută în exploatare cu ocazia punerii în funcțiune, după reparații sau periodic.

În cadrul lucrării de laborator se vor studia și executa încercările preventive ale izolației liniilor electrice subterane.

Asupra comportării în exploatare a accesoriilor de cablu, o mare influență exercită calitatea joncțiunilor adică a contactelor dintre conductoarele cablurilor prin mufe în cazul manșoanelor și a contactelor conductoare-papuci în cazul terminalelor. Contactele defectuoase sunt surse ale degajării de căldură în accesorii; ca urmare materialele izolante adiacente se topesc, se ard, formează incluziuni gazoase, ceea ce conduce la apariția rapidă a străpungerii electrice. Din acest motiv, în cadrul lucrării, se va realiza și o încercare relativ la calitatea acestor joncțiuni.

2. Metode de încercare a izolației liniilor electrice subterane

2.1. Măsurarea rezistenței de izolație

Această încercare se execută la începutul seriei de încercări, deoarece poate pune în evidență defecte locale avansate, care fac inutilă continuarea verificărilor fără remedierea lor.

Măsurarea se realizează cu ajutorul unui aparat specializat, megohmmetrul, care cuprinde, ca părți principale, o sursă de tensiune înaltă continuă și un aparat de măsură.

Mărimea rezistenței de izolație depinde de durata aplicării tensiunii datorită proceselor de polarizare lente care au loc în izolație. Pentru a se elimina erorile datorate acestui factor, se măsoară rezistența de izolație stabilizată, R_{60} , la 60 s de la aplicarea tensiunii. Umiditatea materialului izolant are influență importantă atât asupra mărimii rezistenței de izolație cât și asupra variației sale în timp. Pentru aprecierea gradului de umiditate se folosește coeficientul de absorbție

$$k_{abs} = \frac{R_{60}}{R_{15}}, \quad (1)$$

definit ca inversul raportului valorilor rezistenței de izolație măsurate după 15 și respectiv 60 s de la aplicarea tensiunii. Cu cât umiditatea în dielectric este mai însemnată, cu atât procesele de polarizare se desfășoară mai rapid și stabilizarea valorii rezistenței de izolație are loc mai repede, iar k_{abs} tinde la 1. Pentru izolații uscate $k_{abs} > 1$.

Coeficientul de absorbție, definit ca mai sus, are semnificație corectă numai pentru tronsoane scurte de cablu, a căror capacitate geometrică se poate încărca rapid de la o sursă de putere mică cum este aceea din componența MΩ-metrului. În cazul cablurilor lungi de zeci sau sute de metri, încărcarea are loc lent, putând depăși cele 60 s ale duratei măsurării. În această situație, se poate prelungi durata de aplicare a tensiunii de măsură la mai multe minute, determinându-se indicii de polarizare

$$I_p = \frac{R_{10}}{R_1}, \quad (2)$$

respectiv raportul valorilor rezistențelor de izolație măsurate după 10 minute și după 1 minut de la aplicarea tensiunii. Semnificația rezultatului este aceeași ca și pentru coeficientul de absorbție: izolația este cu atât mai uscată cu cât I_p este mai mare decât 1.

Mărimea coeficientului de absorbție, respectiv a indicelui de polarizare se consideră semnificativă pentru izolația din hârtie impregnată cu ulei, care este mult mai sensibilă la acțiunea umezelii decât polimerii.

Asupra măsurării rezistenței de izolație are influență și starea de încărcare electrostatică

a dielectricului. Pentru eliminarea acestei influențe, conductoarele și ecranul cablului încercat se vor lega la pământ timp de câteva minute înainte de efectuarea măsurării.

2.2. Măsurarea factorului de pierderi dielectrice ($tg\delta$)

Realizarea acestei încercări se lovește de dificultăți datorate capacității mari a cablurilor, care este proporțională cu lungimea lor. Pe lângă puterea sursei de alimentare a punții, intensitatea curentului capacitiv care străbate brațul rezistiv, reglabil, al punții poate depăși limita admisibilă chiar pentru lungimi de câteva zeci de metri a cablului încercat.

Această încercare se execută în cazul când cablurile de înaltă tensiune se folosesc la o tensiune mai mare decât valoarea nominală (de exemplu cabluri de 6 kV folosite în rețele de 10 kV sau cabluri de 15 kV folosite în rețele de 20 kV). Scopul încercării este de a stabili dacă, în noua situație, factorul de pierderi dielectrice nu crește în mod inadmisibil, în principal pe seama fenomenului de descărcări parțiale. Intensificarea fenomenului de descărcări parțiale pe măsura creșterii tensiunii de încercare se pune în evidență prin creșterea mai rapidă a valorii $tg\delta$, respectiv prin apariția unui cot în curba $tg\delta = f(U)$. Se consideră că se poate utiliza cablul la noua tensiune propusă dacă cotul curbei de ionizare nu apare până la tensiunea $1,25U_n$, unde U_n este noua tensiune de funcționare.

De asemenea, măsurarea $tg\delta$ se recomandă pentru cablurile cu izolație din hârtie impregnată cu ulei dacă rezultatul măsurării rezistenței de izolație este necorespunzător.

2.3. Încercarea cu tensiune mărită

În principiu, încercarea cu tensiune mărită se execută cu tensiune alternativă de frecvență industrială. În cazul cablurilor de înaltă tensiune, această încercare se execută mai ales cu tensiune continuă datorită faptului că puterea necesară a sursei de alimentare poate fi mică, chiar pentru încercarea cablurilor de lungime mare.

Astfel, considerând că mărirea capacității cablului încercat este C_0 , iar tensiunea de încercare este U_{inc} , puterea sursei pentru încercarea cu tensiune alternativă este

$$S = \omega C_0 U_{inc}^2 \quad (2)$$

Dacă însă încercarea are loc la tensiune continuă, izolația încercată absoarbe numai un curent de conducție, I_C

$$I_C = \omega C_0 U_{inc} tg\delta, \quad (3)$$

iar puterea sursei de încercare este

$$P = S tg\delta. \quad (4)$$

Deoarece valorile $tg\delta$ sunt de ordinul 10^{-3} , puterea sursei de încercare cu tensiune continuă este în aceeași măsură mai mică decât pentru încercarea cu tensiune alternativă. Acest avantaj este decisiv pentru încercările executate pe teren (*in situ*). Mai mult, încercarea cu tensiune continuă mărită nu contribuie la intensificarea descărcărilor parțiale și deci nu înrăutățește starea izolației.

Valoarea tensiunii de încercare este stabilită prin norme specifice de produs, sau, în lipsa acestora, prin normativele de încercări preventive. Ea depinde de momentul încercării (punerea în funcțiune sau în exploatare), de tipul izolației (hârtie sau polimeri), tipul constructiv (cu câmp electric radial sau neradial).

Durata încercării este stabilită în funcție de aceiași factori ca și tensiunea de încercare.

Simultan cu încercarea cu tensiune mărită se poate măsura curentul de conducție prin izolația cablului. Mărimea acestui curent este un indiciu suplimentar recomandat pentru cablurile cu izolație din polimeri, dacă măsurarea rezistenței de izolație nu dă rezultate satisfăcătoare.

Variația curentului de conducție, pe durata aplicării tensiunii de încercare trebuie să fie numai descrescătoare, cel mult constantă. Se urmărește atât valoarea curentului în sine, cât și deosebirile între rezultatele măsurătorilor pe cele trei faze ale liniei electrice subterane.

Coeficientul de asimetrie :

$$a = \frac{I_{c \max} - I_{c \min}}{I_{c \min}} \quad (3)$$

trebuie să aibă valori $a < 2$. În cazul în care valoarea curentului de conducție depășește valoarea admisibilă sau coeficientul de asimetrie este mai mare ca 2, se va determina experimental curba $I_c = f(U)$, fără a depăși valoarea tensiunii de încercare. Tensiunea se va regla în trepte, iar valoarea curentului se va citi după un minut de la stabilirea tensiunii pe o anumită treaptă. Curba obținută trebuie să fie cât mai liniară, fără coturi.

2.5. Caracteristica de autodescărcare

Încercarea constă în măsurarea variației în timp a tensiunii pe capacitatea unui cablu, care a fost încărcat până la tensiunea de încercare prevăzută și care se descarcă pe propria rezistență de izolație. Viteza de scădere a tensiunii oferă indicații cu privire la starea izolației cablului; cu cât autodescărcarea este mai lentă, cu atât starea izolației este mai bună.

Această încercare necesită folosirea unui kV-metru electrostatic pentru măsurarea tensiunii, acesta fiind singurul aparat de măsură de înaltă tensiune care are consumul propriu neglijabil, practic nul. Din acest motiv această încercare se poate executa mai ales în condiții

de laborator.

2.6. Verificarea joncțiunilor

Calitatea contactelor electrice dintre conductorul cablului și mufele din manșoane sau papucii de la terminale influențează hotărâtor, prin căldura degajată datorită rezistenței de contact, asupra stării izolației acestor accesorii. Rezistența de contact se verifică prin măsurarea căderii de tensiune între conductorul cablului și mufă sau papuc la trecerea unui curent continuu de încercare. Se recomandă ca această cădere de tensiune să satisfacă relația :

$$\Delta U \leq 10 \frac{I_m}{I_n} \text{ (mV)} \quad (4)$$

unde : $I_m \geq 0,1 I_n$ este curentul de încercare, iar I_n este curentul maxim admisibil al cablului a cărui mărime depinde de secțiunea cablului și de tipul izolației.

3. Indicații metodice

Metodele de încercare prezentate anterior se vor aplica unui tronson de cablu având tensiunea nominală de 6 kV, cu izolație din PVC, conductoare din aluminiu cu secțiunea de 150 mm^2 și ecran metallic din bandă de cupru, comun pentru cele trei faze. De asemenea, se va folosi o mostră de cablu monofazat cu tensiunea nominală de 20 kV și izolație din polietilenă pentru măsurarea factorului de pierderi dielectrice ($tg\delta$).

3.1. Măsurarea rezistenței de izolație

Măsurarea se execută pe fiecare fază a cablului ca și între faze, conectând $M\Omega$ -metrul la fazele cablului ca în fig.1. Modul de folosire a $M\Omega$ -metrului este dat în anexa 1.

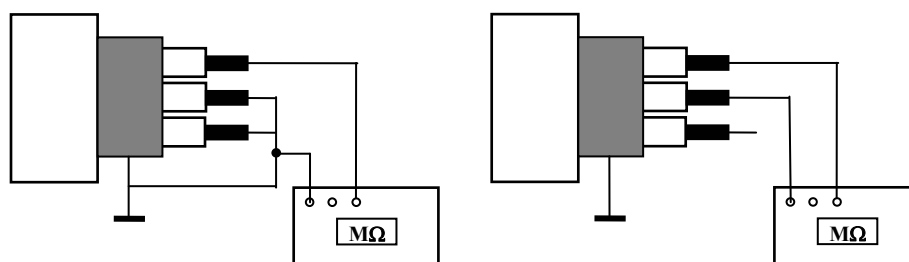


Fig.1- Măsurarea rezistenței de izolație a unui cablu trifazat

Înainte de fiecare măsurare, toate fazele cablului se vor scurtcircuita la pământ timp de 1-2 minute. Tensiunea de măsurare se va aplica timp de 1 min., fără întreruperi. Se vor citi și se vor nota indicațiile aparatului la 15 s și la 60 s, de la aplicarea tensiunii. Pe durata măsurării, conductoarele de legătură cu $M\Omega$ -ohmetrul nu vor veni în contact cu alte corpuri izolate sau legate la pământ pentru a nu denatura rezultatul.

Se va utiliza tensiunea de încercare de 2500 V. Celălalt terminal al cablului va fi izolat față de orice alt echipament din laborator.

Întrucât rezistența de izolație este invers proporțională cu lungimea cablului, rezultatul măsurării se va raporta la 1 km, conform relației

$$R_{iz} = \frac{R_m}{l}, \quad (5)$$

unde R_m este valoarea măsurată, iar l este lungimea tronsonului încercat, în km.

Valorile admisibile ale rezistenței de izolație depind de tensiunea nominală a cablului, de tipul izolației și de secțiunea conductorului. De exemplu pentru cablul supus încercării, este recomandată o valoare de 100 MΩ/km.

3.2. Măsurarea factorului de pierderi dielectrice ($tg\delta$)

Deși nu este o încercare preventivă obligatorie pentru cablurile cu izolație din polimeri, această încercare se va executa, pentru însușirea tehnicii de măsurare, asupra unei mostre de cablu monofazic, cu izolație din polietilenă, având tensiunea nominală de 20 kV. Întrucât peste ecranul din folie de cupru al cablului este aplicat un înveliș de protecție din PVC, se va putea folosi montajul punții Schering în schemă normală (pentru obiecte care au ambele borne izolate față de pământ).

Se va folosi puntea PSBI-A72, conform instrucțiunilor din Anexa 2. Montajul de încercare este dat în fig. 2

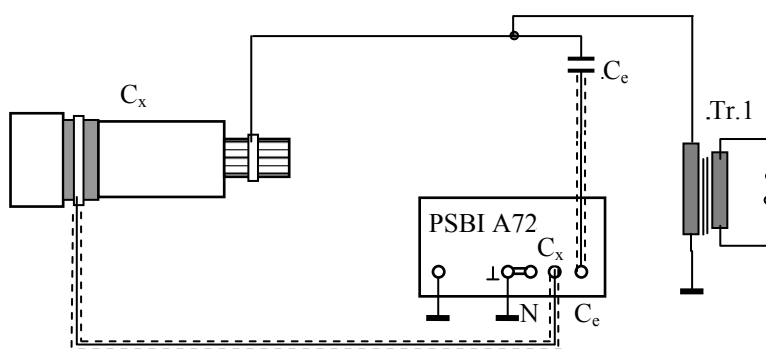


Fig.2-Montaj pentru măsurarea factorului de pierderi dielectrice și ridicarea curbei de ionizare

Condensatorul etalon C_e are capacitatea de 50 pF și tensiunea nominală de 10 kV. Având în vedere că tensiunea nominală a cablului, pe fază, este $U_n = 20/\sqrt{3} = 11,55$ kV, se va limita tensiunea de încercare la 10 kV, deși pentru ridicarea curbei de ionizare se poate crește tensiunea până la $1,25 U_n$.

Drept sursă de tensiune înaltă de frecvență industrială (Tr.1), se va folosi instalația de tip WPT-4,4/35, a cărei transformator are înfășurarea de înaltă tensiune formată din două sec-

țiuni, care dacă sunt conectate în paralel, furnizează numai 17,5 kV; astfel reglajul tensiunii de încercare poate fi făcut mai precis. Instrucțiunile de utilizare a acestei surse sunt date în anexa 3.

Încercarea se va executa folosind mai multe valori ale tensiunii de încercare între $0,2 U_n$ și 10 kV, astfel încât să se poată trasa grafic funcția $tg\delta=f(U)$ (curba de ionizare).

Rezultatele încercării se compară cu valorile normate sau precizate de constructor. În Normativul de încercări ale izolației se recomandă valorile $tg\delta \leq 8 \cdot 10^{-3}$ pentru cabluri noi, $tg\delta \leq 15 \cdot 10^{-3}$ pentru cabluri aflate în exploatare de 30-40 ani. În privința variației $tg\delta$ în funcție de tensiune, se admite cel mult o creștere de $1 \cdot 10^{-3}$ pentru o creștere a tensiunii de încercare între $0,5$ și $1,25 U_n$. Alt criteriu de interpretare a rezultatelor se referă la modul de variație a $tg\delta$ în funcție de tensiune: nu trebuie să se manifeste prezența unui cot (creșterea evidentă a pantei curbei) pe toată gama tensiunilor de încercare.

3.3. Încercarea cu tensiune mărită

Deși această încercare se referă numai la verificarea capacității de suportare a tensiunii de încercare, montajul de încercare (fig.3) va fi folosit și pentru alte două încercări: măsurarea curentului de conducție și ridicarea caracteristicii de autodescărcare.

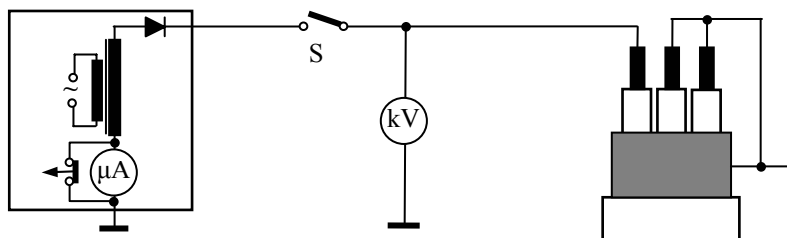


Fig. 3- Montajul pentru încercare cu tensiune înaltă continuă

Sursa de înaltă tensiune redresată folosită în acest montaj poate furniza tensiune reglabilă în gama 0-50 kV. Schema de principiu și instrucțiunile de utilizare sunt date în Anexa 4.

Mărimea tensiunii de încercare folosită pentru verificarea rigidității dielectrice a izolației cablului este de $6U_0$ (dacă nu se specifică altfel de către producător) pentru cabluri cu tensiunea nominală de 6 – 35 kV. U_0 este valoarea de vârf a tensiunii nominale fază-pământ a cablului încercat.

Durata aplicării tensiunii de încercare depinde de momentul încercării: la punerea în funcțiune, durata (10-15 min) este mai mare decât la încercările periodice sau după reparații (5 min).

În cazul cablurilor trifazate, se execută succesiv încercarea izolației celor trei faze apli-

când tensiunea de încercare între o fază și celelalte două legate la pământ împreună cu ecranul cablului.

Tensiunea de încercare stabilită se va atinge în câteva trepte la care se va măsura curentul de conducție. Valoarea măsurată se recalculează pentru unitatea de lungime (1 km) cu o realție asemănătoare cu (5).

Mărimea admisibilă a curentului de conducție pentru cablurile cu tensiunea nominală de 6÷35 kV este:

- 600 $\mu\text{A}/\text{km}$ dacă lungimea cablului depășește 100 m;
- 150 $\mu\text{A}/\text{km}$ dacă lungimea cablului nu depășește 100 m.

Curentul de conducție măsurat poate conține și componente parazite precum curentul de scurgere pe suprafața izolației terminalelor care se datoresc unor depuneri poluante sau unei lungimi insuficiente a traseului de la conductorul cablului până la ecran. Această eroare poate fi corectată dacă se măsoară acești curenți paraziți ca în fig. 4.

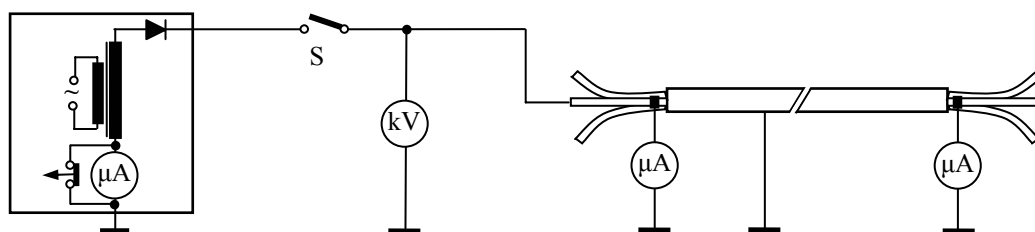


Fig.4- Măsurarea exactă a curentului de conducție

Pe izolația fazei încercate, la ambele capete ale cablului încercat, cât mai aproape de ecran, dar fără a-l atinge, se așează câteva spire de conductor neizolat la care se racordează câte un μA -metru având cealaltă bornă legată la pământ. Din indicația aparatului de măsură a curentului aflat în componența sursei se scade suma indicațiilor celor două μA -metre conectate la terminalele cablului. Eliminarea erorii datorată curentului de scurgere pe suprafață se impune a fi făcută dacă valoarea curentului de conducție măsurată simplu depășește limitele admise.

Caracteristica de autodescărcare se va ridica după expirarea duratei de încercare cu tensiune înaltă. După deschiderea separatorului *S* din montaj, sarcinile electrice din izolația cablului se pot disipa numai pe rezistența de izolație a cablului. Aceasta se petrece cu atât mai repede cu cât izolația este mai îmbătrânită. Măsurarea tensiunii remanente pe cablu se poate realiza numai cu un kV-metru electrostatic a cărui consum propriu este neglijabil.

Această încercare nu este cuprinsă în seria încercărilor preventive din exploatare. Se va măsura tensiunea reziduală timp de 5 minute după deschiderea separatorului *S*.

3.4. Verificarea joncțiunilor

Se vor utiliza pentru încercare două mostre de cablu de 20 kV, cu secțiunea conductorului de 120 mm², care conțin atât papuci cât și mufe executate prin două procedee: prin presare și prin turnare. Se realizează montajul din fig. 5.

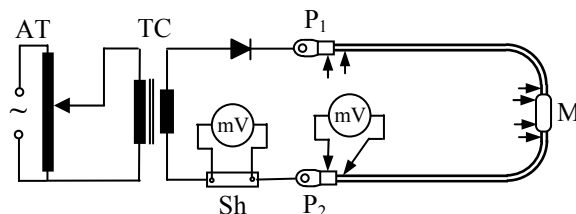


Fig.5-Montajul pentru verificarea joncțiunilor

TC este un transformator de curent care poate produce intensități de până la 2 kA. Cu ajutorul unui mV-metru de curent continuu se măsoară diferențele de potențial între conductor și papuci, respectiv mufă, conform marcajelor din schemă. Cele două puncte de conectare a aparatului de măsură trebuie să fie cât mai apropiate de marginile mufei, respectiv ale papucilor pentru a măsura numai căderea de potențial de contact.

Intensitatea curentului de încercare, I_m , trebuie să respecte condiția $I_m \geq 0,1I_n$, iar calitatea joncțiunii este bună dacă inegalitatea (4) este respectată. I_n este curentul maxim admisibil al cablului la funcționarea permanentă. Pentru cablurile cu conductor din Al și izolație din polimeri, valorile I_n sunt date în tabelul 1.

Tabelul 1 – Încărcarea maximă admisibilă a cablurilor

Secțiunea (mm ²)	U _n (kV)			
	1	6	10	20
95	250	240	230	195
120	290	275	260	225
120	325	305	290	250
185	365	350	330	280

Se va întocmi o fișă cu rezultatele încercărilor efectuate, care va conține pentru fiecare mostră de cablu:

- caracteristicile tehnice ale mostrei;
- încercările efectuate în ordinea desfășurării lor cu precizarea pentru fiecare încercare a parametrilor încercării, rezultatelor obținute și concluzii asupra stării izolației.

PUNTEA SCHERING PSBI – A72

Puntea Schering cu brațe cuplate inductiv (PSBI), un produs a Institutului Național de Metrologie București, este o punte de laborator cu precizie mare de măsurare.

Parametrii tehnici ai acestui aparat sunt:

- frecvența de lucru: 50 Hz;
- gama de măsurare a capacității:
 - cu condensator etalon de 100 pF: 10^{-3} pF ÷ 0,1 μF,
 - cu condensator etalon de 1000 pF: 10^{-2} pF ÷ 1,1 μF;
- eroarea de măsură a capacității: 0,01% din valoarea măsurată;
- **gama de măsurare a tg δ:**
- eroarea măsurării tg δ: 1% din valoarea măsurată;

Puntea Schering cu brațe inductive (fig.1) diferă de puntea Schering clasică cu brațe rezistive prin faptul că brațele ei de raport sînt formate din două înfășurări ale unui transformator special, *TS*, prevăzut și cu o înfășurare de detecție la care este conectat instrumentul de nul *IN*. Echilibrarea punții constă în modificarea numărului de spire a înfășurărilor de raport N_e și N_x până la anularea (minimizarea) fluxului magnetic în miezul transformatorului *TS*, astfel încât indicația instrumentului de nul devine de asemenea minimă. Pentru a se putea echilibra puntea și în cazul măsurării condensatoarelor cu pierderi, schema punții este completată cu o înfășurare suplimentară având N_c spire, prin care circulă un curent defazat cu aproximativ $\pi/2$ față de curentul prin C_x , datorită rezistenței *R* și capacității *C*.

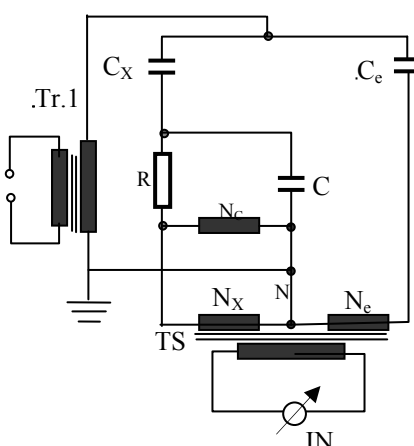


Fig.1. Schema electrică de principiu a punții PSBI

Condițiile de echilibru ale acestei punți sunt:

$$\frac{C_x}{C_e} = \frac{N_e}{N_x}; \quad tg \delta_x = \frac{N_c}{N_x} \omega CR.$$

Echilibrarea punții pentru determinarea C_x se face prin modificarea numerelor de spire N_c și N_x . Echilibrarea în funcție de $tg \delta_x$, se realizează prin modificarea numărului de spire N_e .

Numărul de spire N_e este afișat la comutatoarele decadice pentru măsurarea capacității sub forma $N_e/1000$, putând lua valori de la 0 la 0,99999. Numărul de spire N_x se alege prin intermediul factorului $M = 1000/N_x$ afișat de comutatorul pentru alegerea valorii M . Astfel relația de calcul a capacității devine:

$$C_x = C_e M \frac{N_e}{1000}.$$

Determinarea $tg \delta_x$ se face cu relația:

$$tg \delta_x = MN \frac{N_c}{1000},$$

în care M este același ca mai sus, iar N este un factor care depinde de rezistența R și poate lua valorile 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} . $N_c/1000$ reprezintă afișajul de la butoanele de reglare a numărului de spire N_c (în patru decade).

Valoarea capacității pe fiecare din decade este astfel aleasă încât să se poată citi direct valoarea $tg \delta_x$ la frecvența de 50 Hz.

La butoanele de alegere a factorilor M și N este afișată și valoarea curentului admisibil prin brațele punții. În funcție de acesta și de valoarea capacității C_x se poate alege valoarea tensiunii de încercare :

$$U_{inc} = \frac{I_{ad}}{\omega C_x},$$

care trebuie să fie inferioară nivelului de ținere la 59 Hz a izolației obiectului încercat. Corespunzător acestei tensiuni se alege transformatorul $Tr.1$ din fig.1.

Panoul frontal al punții este redat în fig. 2.

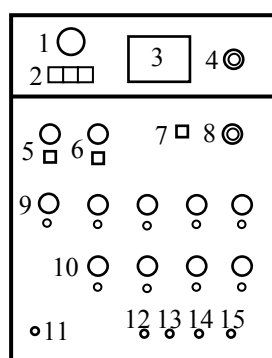


Fig. 2. Panoul frontal al punții PSBI-A72.

1 – comutatorul sensibilității indicatorului de nul; 2 – claviatură pentru indicatorul de nul : conectare, verificare a tensiunii de alimentare, măsurare; 3 – instrumentul de nul ; 4- borna de intrare a indicatorului de nul; 5- comutatorul factorului M ; 6 - comutatorul factorului N ; 7- inversor de polaritate. 8 – borna de ieșire a punții pentru conectarea indicatorului de nul; 9 – comutatoare decadice pentru reglarea valorii raportului $N_e / 1000$; 10 – comutatoare decadice pentru reglarea valorii raportului $N_c / 1000$; 11 – borna de legare la pământ; 12 – borna legată de ecranul punții; 13 – borna punctului median al punții; 14 - borna de conectare a capacității C_x ; 15 – borna de conectare a capacității C_e ;.

Indicatorul de nul al punții este electronic și necesită alimentare de la baterii cu o tensiune de 9 V.

Puntea nu are un condensator etalon propriu, urmând a se folosi un condensator adecvat tensiunii de încercare și având drept dielectric aer sau gaz comprimat (respectiv, valoare tgδ cât mai mică posibil).

Puntea poate fi folosită pentru măsurători atât asupra obiectelor având ambele borne izolate față de pământ cât și cu o bornă legată la pământ. Schemele de montaj corespunzătoare sînt prezentate în fig. 3. În ambele cazuri brațele inductive ale punții de află la potențial relativ redus, asemănător cu cazul folosirii punțuu MD-16 în montaj direct.

Montajul din fig.3,a) este cel mai obișnuit mod de măsurare cu puntea PSBI-A72. Borna N a punții este legată prin intermediul bornei 12 din fig. 2. Astfel înfășurarea secundară a transformatorului de alimentare are o bornă legată la pământ. Obiectul de măsurat C_x nu are nici o bornă legată la pământ; totuși borna acestuia legată la punte are un potențial coborât în raport cu tensiunea de încercare, apropiat de potențialul pământului.

În schema din fig.3,b), borna C_x a punții este legată la pământ ca și una din bornele obiectului încercat. Borna N a punții este izolată față de pământ. Transformatorul de încercare *Tr.1* are ambele înfășurări de înaltă tensiune izolate față de pământ; totuși potențialul față de pământ al bornei N a punții este suficient de coborât pentru a necesita mijloace de electrosecuritate pentru operator.

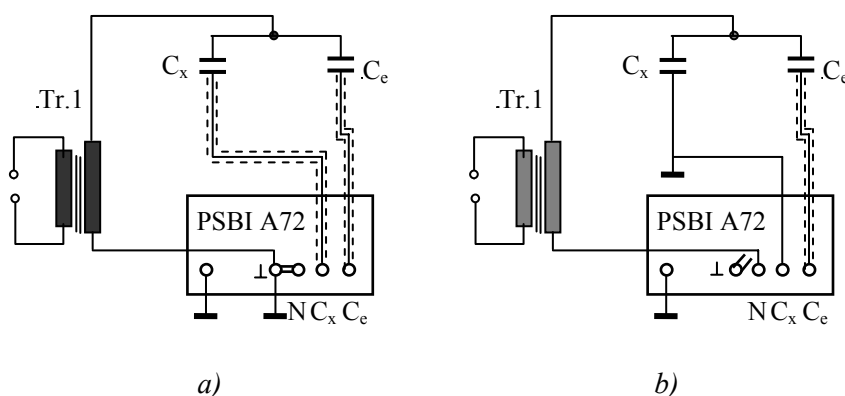


Fig.3- Schemele de montaj ale punții Schering PSBI-A72
 a) pentru obiecte având ambele borne izolate față de pământ;
 b) pentru obiecte având o bornă legată la pământ.

În raport cu puntea MD-16 la care măsurarea în schema inversă (destinată obiectelor de încercat având o bornă legată la pământ) care se putea face numai până la o tensiune de încercare egală cu tensiunea nominală a punții, la puntea PSBI-A72, această restricție lipsește.

Pentru punerea în funcțiune, după realizarea montajului, se conectează indicatorul de nul și se controlează tensiunea de alimentare a acestuia. Se ridică tensiunea în circuitul de

înaltă tensiune până la valoarea dorită. Se face un calcul orientativ al curentului prin C_x ($I_x = \omega U C_x$) și are în vedere ca această valoare să nu depășească curentul admisibil indicat la comutatoarele 5 și 6.

Se începe echilibrarea punții cu treptele inferioare ale sensibilității indicatorului de nul. Se aduc la zero indicațiile decadelor 9 și se încearcă echilibrarea punții dând factorului M o asemenea valoare încât cifra indicată de prima decadă din șirul 9 să fie nenulă. După atingerea minimumului posibil din decadele 9 se continuă echilibrarea cu ajutorul decadelor 10, urmărind, de asemenea, ca cifra indicată de prima decadă din șirul 10 să fie nenulă. În acest scop se alege o valoare potrivită pentru factorul N.

Se continuă echilibrarea, lucrând alternativ cu cele două șiruri de butoane până când se obține indicația minimă la instrumentul 15, pe poziția de maximă sensibilitate a comutatorului 1.

Anexa 3 – Sursa de tensiune înaltă alternativă WPT 4,4/35

Anexa 4 – Sursa de tensiune înaltă redresată de 50 kV/10 mA.