

SOLICITAREA MATERIALELOR ELECTROIZOLANTE POLIMERICE IN CAMPURI ELECTRICE INTENSE

Marimile care permit caracterizarea unui material electroizolant din punct de vedere electric sunt: rezistivitatea electrica (de volum si de suprafata), permitivitatea electrica relativa, factorul de pierderi si rigiditatea dielectrica. Atunci cand se doreste utilizarea materialelor electroizolante in sisteme de izolatii solicitate la campuri intense, rigiditatea dielectrica este proprietatea determinanta in alegerea materialului cel mai potrivit pentru acea aplicatie.

In aceasta lucrare ne propunem sa analizam comportamentul in campuri intense a polietilenei, material electroizolant polimeric prezent astazi in marea majoritate a izolatiilor cablurilor de energie.

1. Scopul lucrarii

1.1. Incercarea izolatiilor la tensiune marita fara a efectua strapungerea acestora (test de anduranta pentru a verifica daca izolatia rezista un anumit interval de timp la o anumita tensiune fara a se strapunge)

1.2. Strapungerea unor esantioane plane din polietilena pentru cabluri electrice.

Nota: Testele de strapungere vor fi efectuate in conformitate cu SR EN 50356-2003 iar testele de incercare a izolatiei fara ca aceasta sa se strapunga, conform STAS 5162/11-73.

2. Determinari experimentale

Schema de principiu a montajului utilizat este prezentata in figura 1.

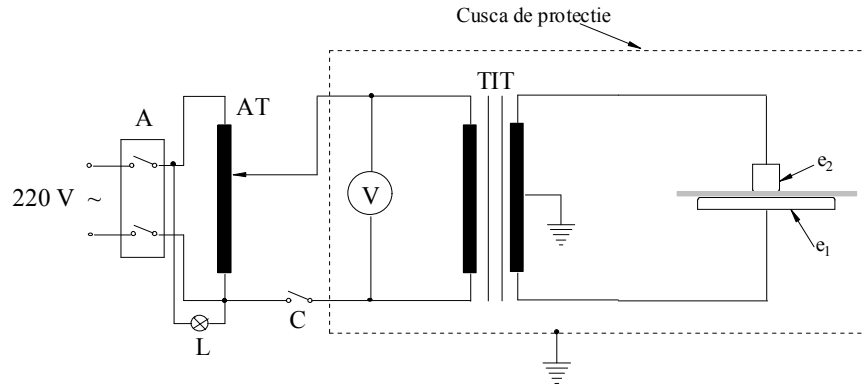


Fig. 1. Schema de principiu a montajului utilizat:
A – intreruptor automat; AT – autotransformator; TIT - transformator ridicaritor;
L - lampa de semnalizare; C - contact de protectie; V - voltmetru.

Montajul contine un transformator ridicaritor de tensiune TIT care asigura o valoare maxima $U_{s,max} = U_{sn} = 60 \text{ kV}$ la bornele secundarului, pentru tensiunea nominala la bornele primarului $U_{pn} = 220 \text{ V}$ (la o frecventa de 50 Hz). Cu ajutorul unui voltmetru (V) se masoara valorile tensiunii la bornele infasurarii primare U_{pi} si apoi, cunoscand raportul de transformare $k = U_{sn}/U_{pn} = 60000/220$ se determina tensiunea de strapungere a esantionului, $U_{str,i} = kU_{pi}$. Reglajul tensiunii aplicate intre electrozi se face cu un autotransformator (AT) conectat la o sursa de tensiune sinusoidala $U = 220 \text{ V}$. Autotransformatorul poate fi actionat manual sau automat prin intermediul instalatiei de automatizare (fig. 2).

Instalatia poate fi comandata prin intermediul unei aplicatii software atat pentru strapungerea esantionului de test si determinarea rigiditatii dielectrice, precum si pentru solicitarea la valori ale tensiunii si pentru intervale de timp precizate de utilizator. In oricare din cele doua tipuri de incercari viteza de crestere/scadere a tensiunii poate fi stabilita de catre utilizator in aplicatia software.

Caracteristicile tehnice ale instalatiei sunt:

- Raportul de transformare al TIT : $k = U_{sn}/U_{pn} = 60000/220$
- Frecventa de test: 50 Hz.
- Tensiunea de test: 0 - 60 kVrms.
- Viteza de crestere/scadere a tensiunii: $0,06 - 2,4 \text{ kV/s} \pm 1 \%$
- Comanda si control automat prin intermediul unei aplicatii software.
- Achizitia datelor masurate si transferul acestora catre PC.

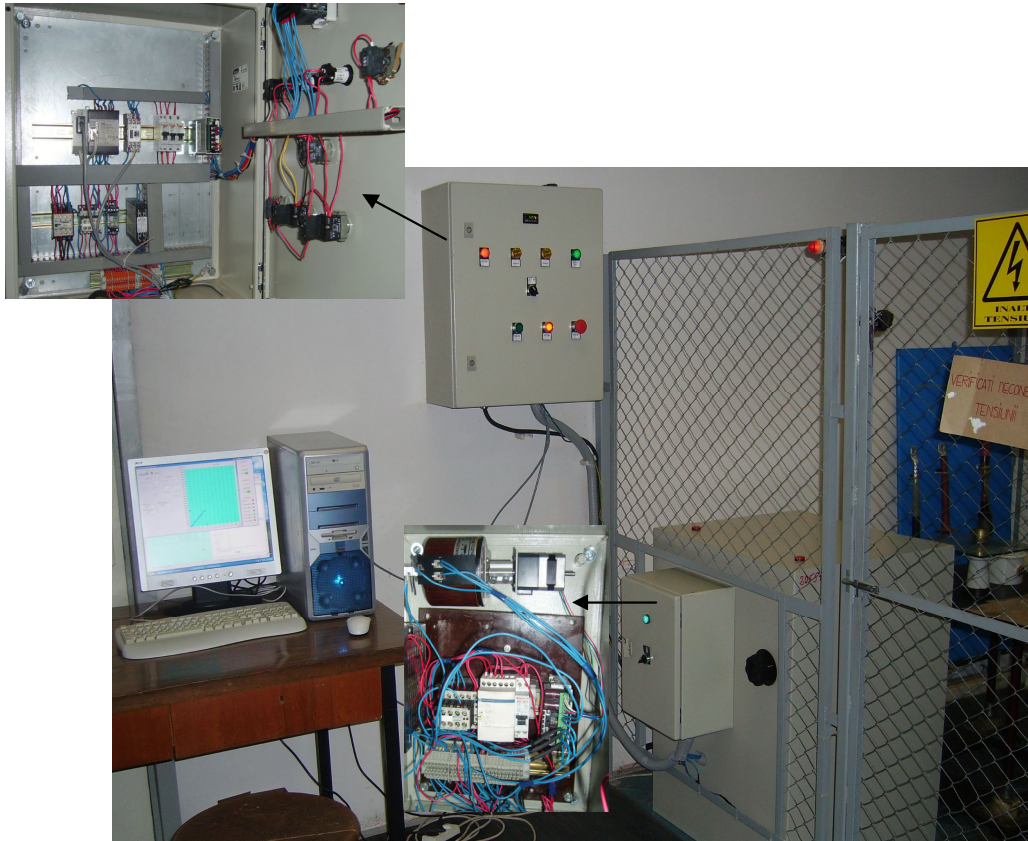


Fig. 2. Instalatie automata de determinare a rigiditatii dielectrice si de solicitare a izolatoarelor in campuri electrice intense

3. Desfasurarea lucrarii

3.1. Determinarea rigiditatii dielectrice

Esantioanele incercate in lucrarea de fata sunt discuri cu diametrul de 40 mm si grosime 0,5 mm. Pentru fiecare incercare, atat esantionul de studiat cat si electrozii e_1 si e_2 au fost introdusi intr-un recipient cu ulei siliconic pentru a evita aparitia descarcarii la tensiuni mai inalte, pe de o parte, iar pe de alta parte, de a evita strapungerea aerului daca testele s-ar efectua intr-un astfel de mediu (fig. 3).

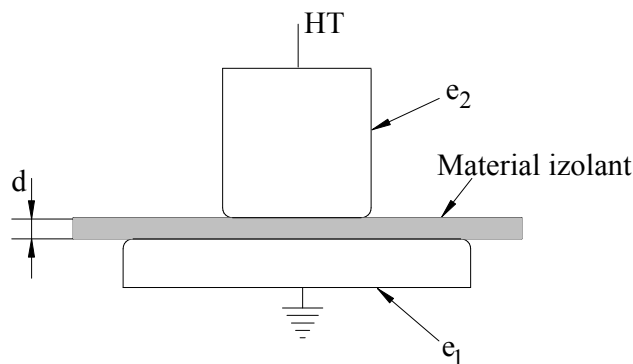


Fig. 3. Sistemul de electrozi utilizat pentru strapungerea izolatorilor solizi sub forma de placi

3.1.1. Deschidere soft “Strapungere mod automat”

Alimentarea cu tensiune de comanda se face utilizand un cablu de legatura cu conductoare de sectiune min. 0,75 mm², sursa de alimentare necesara fiind 230 V, 50Hz, nul de lucru (NL) si nul de protectie (PE), dimensionata pentru a furniza in sarcina un curent minim de 1A.

Instalatia permite functionarea actionarii electrice in regim manual, alimentare directa independenta de actionarea automata, cat si in regim automat, caz in care actionarea electrica este dependenta de parametrii de functionare ai instalatiei.

In cazul regimului automat de functionare, distingem doua metode de aplicare a tensiunii (fig. 4).

Prima metoda, care conduce la strapungerea materialului testat, este cea prin care se aplica o tensiune a carei valoare creste constant, cu o viteza stabilita in prealabil de utilizator (in gama 0,06-2,4 kV/s), pana la strapungerea materialului.

Cea de-a doua metoda, este metoda de testare in timp, la diferite tensiuni, a materialului izolator. Tensiunea aplicata poate sa varieze liniar sau ramana constanta in etape cu durate stabilite de utilizator.

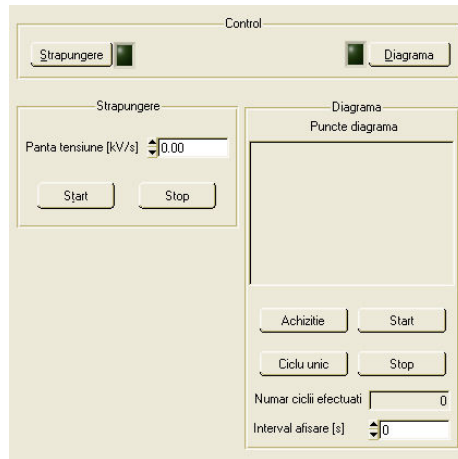


Fig. 4. Ecran pentru selectarea metodelor de strapungere

Observatie: Inainte de a porni aplicatia, verificati ca numerele porturilor de comunicatie sunt cele corecte, dupa cum urmeaza: portul pentru comunicatia cu afisorul de panou trebuie sa fie intotdeauna COM1; portul pentru comunicatia cu PLC-ul, trebuie sa fie COM2 (daca calculatorul de proces este prevazut cu doua porturi seriale), sau alt numar de port, alocat automat la introducerea adaptorului RS-232 - USB.

Aplicatia se lanseaza lansand fisierul „Aplicatie strapungere.exe”. Dupa lansare se va afisa o fereastra ca in fig. 5.

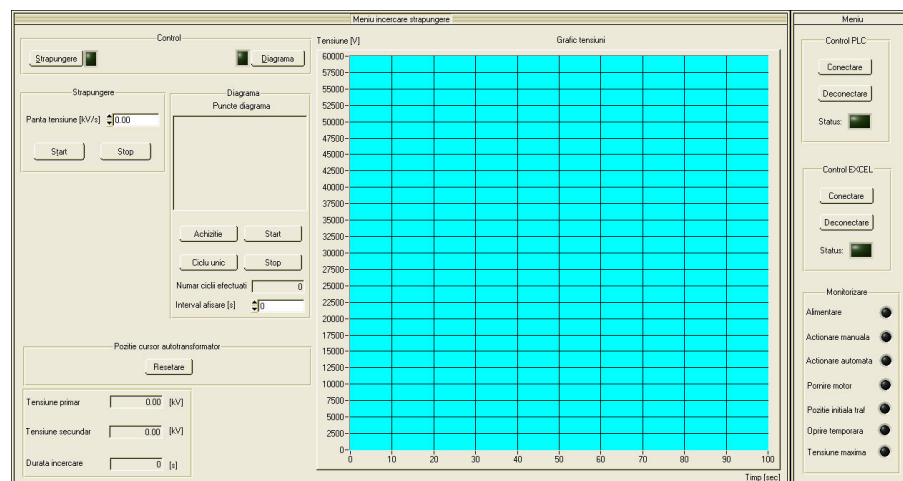


Fig. 5. Fereastra principala a aplicatiei

In figura 5 se pot distinge doua ferestre: una de control si monitorizare (partea dreapta) si alta de lucru (partea stanga). In fereastra de control se realizeaza conectarile la PLC prin intermediul programului CX-Server si la Microsoft Excel. De asemenea, se pot vizualiza folosind leduri starea diverselor componente ale actionarii. In fereastra de lucru

se aleg modurile de strapungere, se introduc valorile pentru modul ales, si se controleaza procesul. De asemenea, se poate vizualiza sub forma grafica evolutia tensiunii in timp.

Conectarea la PLC (fig. 6) se realizeaza prin apasarea butonului „Conectare” din meniul „Control PLC”. Aceasta va deschide o comunicatie intre calculatorul de proces si PLC. Daca comunicatia s-a realizat fara erori, ledul „Status” se va face verde, butonul „Deconectare” va deveni vizibil si butonul de „Conectare” va deveni invisibil.

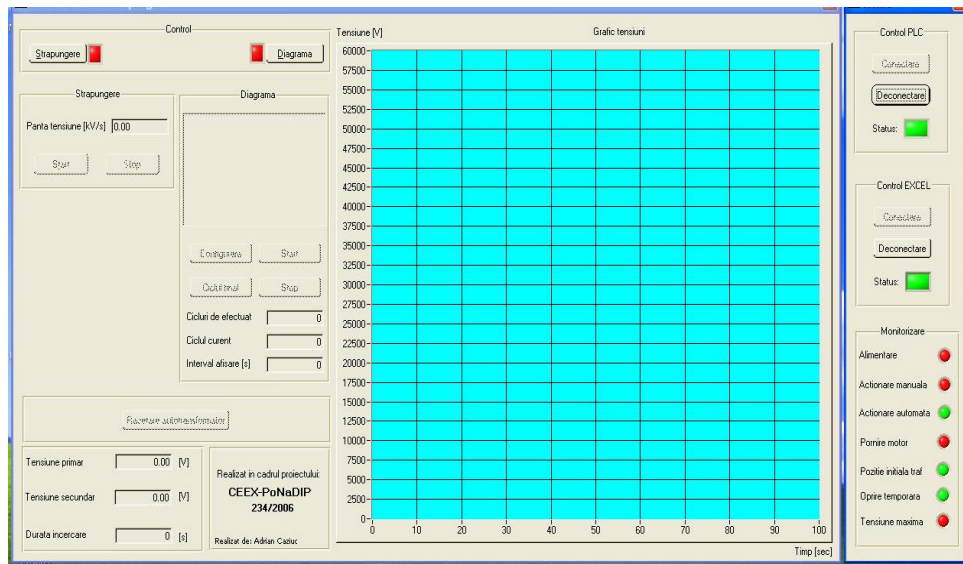


Fig. 6. Conectare PLC si Excel

Observatii: In cazul aparitiei unei erori, acestea pot fi ca cele din figura 7a:

1. „Eroare deschidere aplicatie CX-Server” apare daca la lansare programul CX-Server nu este pornit, sau prezinta erori.
2. „S-a pierdut comunicatia cu automatul” apare in doua cazuri: cand programul CX-Server se inchide in timpul functionarii, sau cand exista probleme de comunicatie (portul nu este cel corect sau cu erori, parametrii de comunicatie sunt gresiti).

Eroarea cu numarul 1, apare la conectare, si da voie utilizatorului sa (re)deschida programul CX-Server.

Eroarea cu numarul 2, apare dupa conectare si duce la inchiderea aplicatiei.

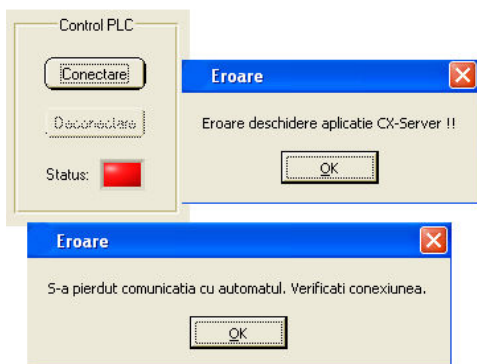


Fig. 7a. Conectarea la PLC si erorile aferente



Fig. 7b. Conectarea la Excel si erorile aferente

Dupa conectarea la PLC, este necesara comunicarea cu aplicatia Microsoft Excel. Modul de conectare este identic cu cel anterior. Erorile ce pot aparea sunt urmatoarele (fig. 7b):

1. **„Eroare deschidere aplicatie Microsoft Excel”** apare daca la conectare nu este deschis programul Excel cu fisierul „Aplicatie.xls” incarcat.
2. **„S-a pierdut comunicatia cu Microsoft Excel”** apare in timpul functionarii daca programul Excel a fost inchis sau daca fisierul „Aplicatie.xls” a fost inchis.

Eroarea cu numarul 1, apare la conectare, si da voie utilizatorului sa (re)deschida programul Microsoft Excel.

Eroarea cu numarul 2, apare dupa conectare si duce la inchiderea aplicatiei, asteptand sa se redeschida programul Microsoft Excel.

Alegerea unuia din modurile de functionare se face dupa conectarea la PLC si la Excel.

3.1.2. Strapungere

Dupa cum se poate observa in figura 8, dupa selectarea modului „Strapungere”, ledul din dreptul butonului cu acelasi nume va deveni verde, semn ca s-a facut alegerea. Daca ledul „Alimentare” nu este aprins, atunci se poate introduce panta tensiunii. Aceasta valoare este cuprinsa intre 0,06 si 2,4 kV/s.

Daca valoarea este in afara acestui interval, va aparea un mesaj de eroare:

„Panta tensiunii nu este valida.”



Fig. 8. Strapungere

Se apasa butonul „Start” de pe panou si se aplica tensiune pe autotransformator, implicit ledul „Alimentare” se va aprinde. In acest caz, modificarea pantei nu va mai fi posibila, singura operatiune valida va fi pornirea procesului prin apasarea butonului „Start” din meniul „Strapungere”.

Pentru ca procesul sa porneasca, trebuie verificate urmatoarele ledurile:

1. „Alimentare” sa fie aprins.
2. „Actionare automata” sa fie aprins.
3. „Actionare manuala” sa fie stins.
4. „Pornire motor” sa fie stins.
5. „Pozitie initiala traf” sa fie aprins.
6. „Oprire temporara” sa fie stins.
7. „Tensiune maxima” sa fie stins.

Dupa pornire, pe grafic se va trasa tensiunea masurata [kV] in functie de timp [s]. De asemenea se vor afisa numeric tensiunea din primar, tensiunea din secundar, si timpul scurs de la inceperea procesului.

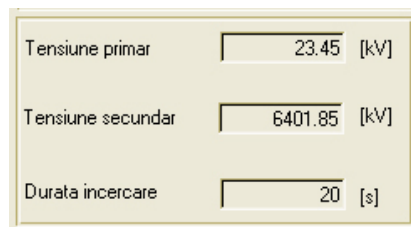


Fig. 9. Afisarea tensiunii si a timpului

Pe durata functionarii, se poate folosi butonul „Stop” pentru oprirea temporara a procesului. Tensiunea va ramane la ultima valoare de dinaintea opririi si va continua sa ramana asa pana la alte manevre. Se poate reporni procesul prin apasarea butonului „Start” si continua pana la strapungere, sau se poate opri apasand butonul „Stop” de pe panou.

3.1.3. Salvarea datelor

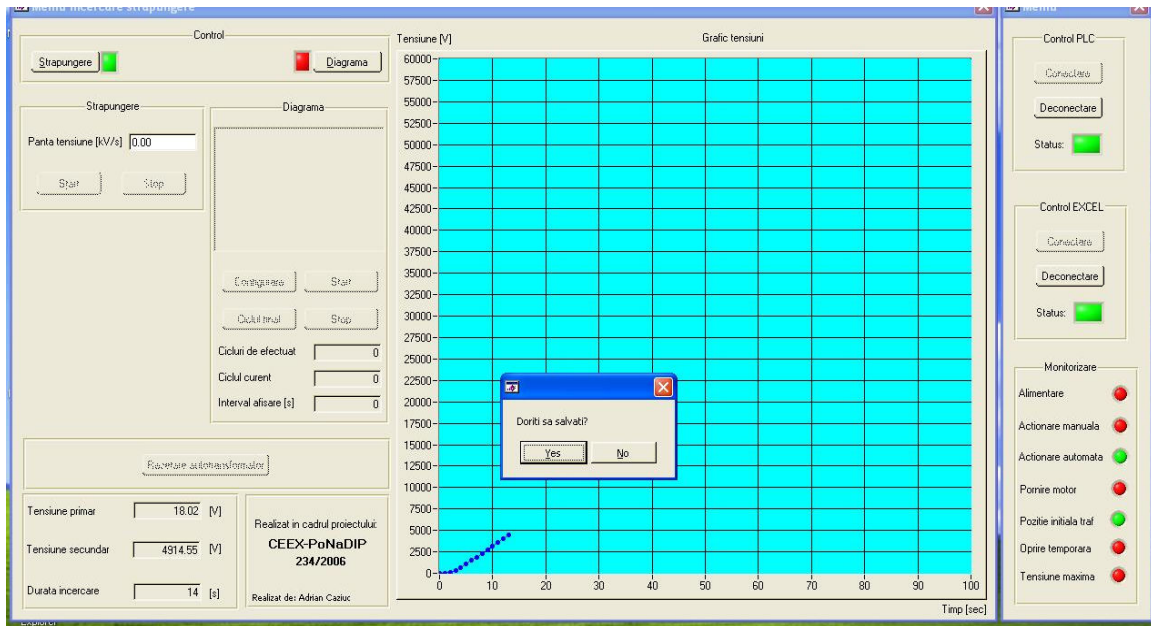


Fig. 10. Salvarea datelor obtinute in urma strapungerii

Soft-ul va indica tensiunea in primarul, si in secundarul transformatorului la care s-a produs strapungerea cat si timpul scurs de la aplicarea tensiunii pana la strapungerea esantionului.

3.2. Solicitare a izolatorilor in campuri electrice intense

Din STAS 5162/11-73 se cunoaste $U_i = 2,5 U_n + 2,5$ [kV]. Daca se considera un cablu cu $U_n = 20$ kV (fig. 11), a carui izolatie din polietilena are grosimea $d_c = 5$ mm, atunci tensiunea de incercare U_{ic} precum si intensitatea campului electric corespunzator sunt:

$$\begin{array}{l}
 U_{nc} = 20 \text{ kV} \\
 d_c = 5 \text{ mm}
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{l}
 U_{ic} = 2,5 U_{nc} + 2,5 = 2,5 \cdot 20 + 2,5 = 52,5 \text{ kV} \\
 E_{ic} = \frac{U_{ic}}{d_c} = \frac{52,5}{5} = 10,5 \text{ kV / mm}
 \end{array}$$

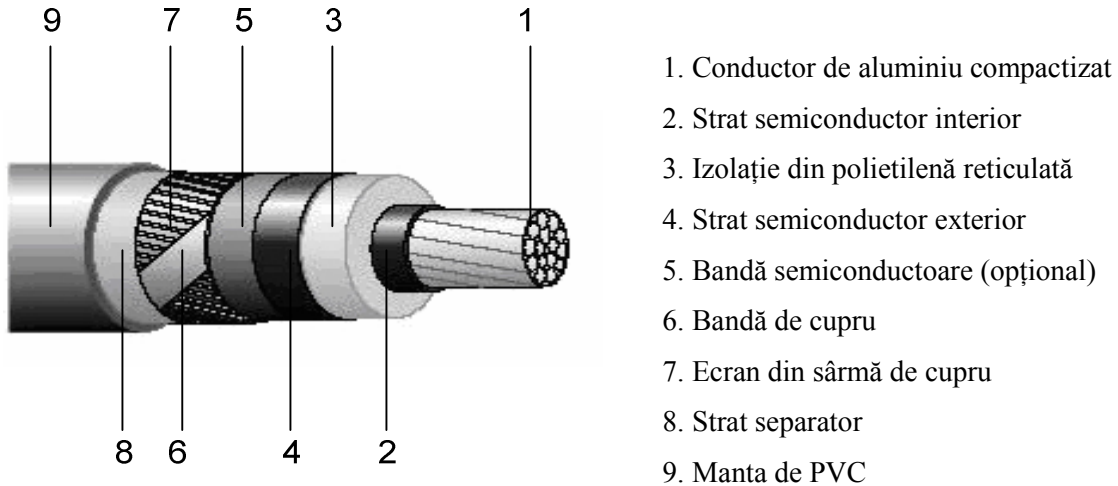


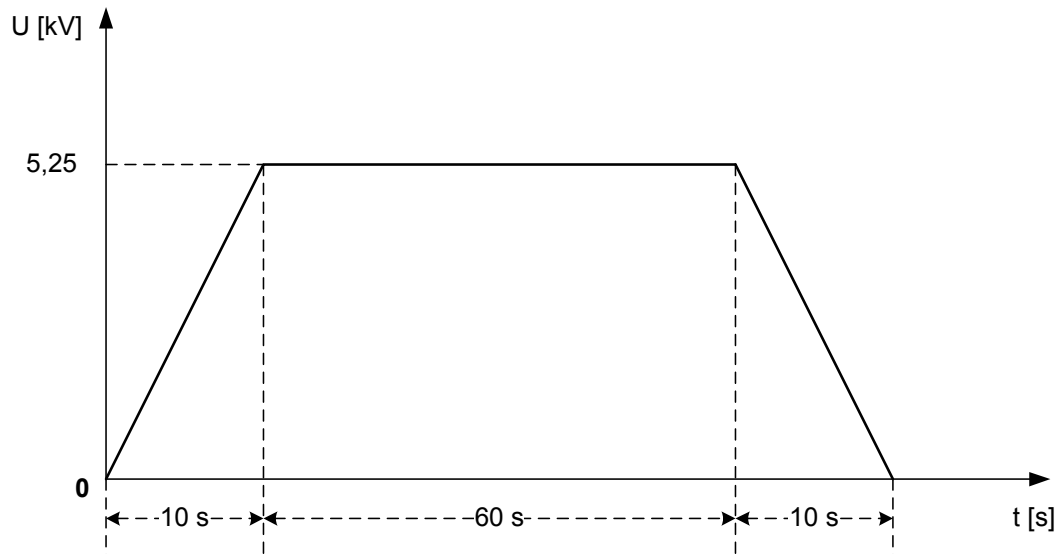
Fig. 11. Cablu de energie cu $U_n = 20$ kV

În cazul esanționului plan utilizat se dorește solicitarea la aceeași intensitate a câmpului electric: $E_{iep} = E_{ic} = 10,5$ kV/mm. Având în vedere că grosimea esanționului plan este de $d_{ep} = 0,5$ mm rezulta o tensiune de încercare:

$$U_{iep} = E_{iep} \cdot d_{ep} = 10,5 \cdot 0,5 = 5,25 \text{ kV}$$

3.2.1. Diagrama

Pentru realizarea acestei încercări se vor trasa cicluri de forma utilizând din softul automat opțiunea *diagrama*:



Comutarea între modul de *strapungere*, descris anterior, și modul de testare în timp a materialului electroizolant (*diagrama*) a se poate face doar dacă tensiunea este oprită, respectiv ledul „Alimentare” stins.

După comutare, vor trebui introduse valorile stabilite în fișierul Excel. Acest lucru se poate face cu ajutorul butonului „Achiziție”. Datele se vor afișa pe etape, fiecare etapă fiind caracterizată de tensiunea de la care începe [kV], tensiunea la care se termină [kV] și durata etapei [s], ca în figura 10. Numărul maxim de etape ce se pot folosi este de 10.

Este necesară încărcarea valorilor din fișierul Excel în program înainte pornirii. Procesul nu va porni dacă datele nu sunt încărcate. Înainte de pornire se poate stabili modul de vizualizare pe grafic a valorilor măsurate. Se va folosi câmpul „Interval afișare” pentru a selecta intervalul de secunde necesar scalării graficului. Astfel, dacă valoarea este 0, graficul se va scala cu intervalul maxim de secunde, reprezentat de suma timpilor etapelor. Dacă se specifică o valoare mai mare de 0, atunci graficul se va scala cu acea valoare. Nu se va putea modifica această valoare după începerea procesului.

Procesul va putea fi pornit după pornirea tensiunii, respectiv ledul „Alimentare” aprins. Pornirea se face apăsând pe butonul „Start”. După pornire nu se vor mai putea încărca date în program. În schimb, programul va indica etapa care este executată.

Dacă se dorește repetarea etapelor, se apasă pe butonul „Ciclu unic”. După apăsare, acesta va indica „Repetare ciclu”. Asta înseamnă că etapele se vor repeta până la oprirea procesului ori de operator ori după o *strapungere* sau apăsând același buton care va reveni la indicația inițială „Ciclu unic”.

În cazul repetării etapelor, se va afișa în câmpul „Număr cicluri efectuate” numărul de repetări a etapelor. De asemenea, timpul se va cumula și va indica timpul total de funcționare.

Procesul se poate opri ori în urma unei *strapungeri* ori de către operator. Operatorul poate opri procesul apăsând pe butonul „Stop” din program, sau pe butonul Stop de pe panou. Amândouă acțiunile au ca scop oprirea definitivă a procesului.



Fig. 12. Diagrama

În momentul apariției strapungerii, curentul crește brusc, și releul de monitorizare de curent se sesizează și decuplează tensiunea de alimentare. După decuplarea tensiunii, dacă unul din procesele de strapungere era pornit, cursorul autotransformatorului revine automat în poziția inițială, și pe ecran se afișează „**Așteptati resetarea**”.

Dacă strapungerea apare când procesul folosit este oprit, adică în cazul strapungerii tensiunea este constantă în timp sau în cazul când diagrama a fost oprită de către utilizator, cursorul autotransformatorului trebuie adus manual în poziția inițială, apăsând pe butonul „Resetare” din figura 13. Va apărea și în acest caz mesajul „**Așteptati resetarea**” până când cursorul ajunge în poziția inițială.

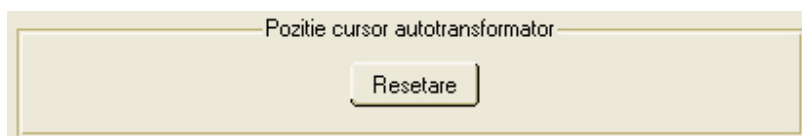


Fig. 13. Aducerea manuală a cursorului în poziția inițială

3.2.2. Introducerea datelor in Excel

Datele necesare pentru Diagrama se introduc in fisierul Excel cu numele „Aplicatie.xls”. Este necesar stabilirea unui numar de etape. Numarul maxim de etape care se pot introduce este de 10.

Pentru fiecare etapa trebuie specificata tensiunea de solicitare (din secundar) in [kV si timpul in secunde. Se va afisa automat tensiunea in primar [V] si timpul maxim al etapelor [s].

INSTALATIE DE STRAPUNGERE - Aplicatie de testare

Retetar

Numarul de puncte ale graficului: (maxim 10 puncte)

Tabel puncte grafic

Tensiune [kV]	Tensiune [V]	Timp [s]	Total [s]
0	0	0	0
20	5460	20	20
20	5460	20	40
60	16380	20	60
60	16380	35	95
20	5460	50	145
0	0	40	185
0			
0			
0			
0			

Fig. 14. Introducerea datelor in Excel

In finalul lucrarii se reprezenta grafic curba $U_{strapungere} = f(\text{timp})$ si se prelucreaza statistic rezultatele obtinute in urma strapungerii esantioanelor. Astfel, pentru fiecare esantion se determina valoarea medie a rigiditatii dielectrice, abaterea medie patratica a valorilor rigiditatii dielectrice pentru strapungerile efectuate pe acelasi esantion, iar apoi se analizeaza statistic diferentele intre esantioane din punct de vedere al rigiditatii dielectrice.