

## STUDIUL DESCÁRCÁTOARELOR ELECTRICE.

### 1. NOTIUNI TEORETICE.

Descárcátoarele sunt aparate electrice de protecție împotriva supratensiunilor electrice.

Dupá proveniența lor, supratensiunile se împart în:

- Supratensiuni de origine atmosferică;
- Supratensiuni de comutație.

Supratensiunile de origine atmosferică se clasificá în trei categorii: supratensiuni datorate sarcinilor statice; supratensiuni datorate loviturilor de trásnet directe; supratensiuni datorate loviturilor de trásnet indirecte.

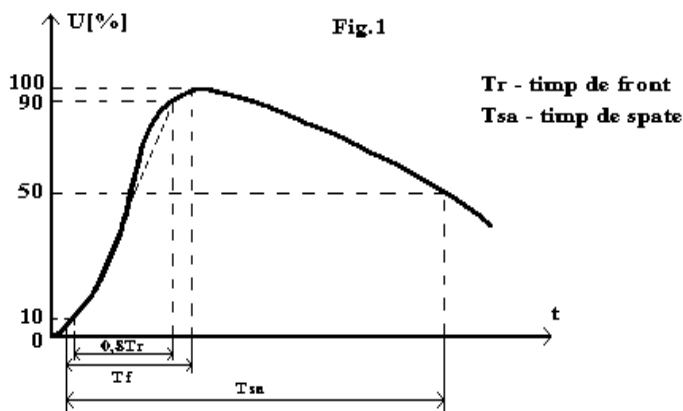


Fig.1

Amplitudinea acestor supratensiuni nu depinde de tensiunea de serviciu.

Undele de tensiune atmosferice aperiodice, numite unde de impuls, au aliura din fig.1

Supratensiunile de comutație sunt datorate schimbárilor de configurație a rețelei și sunt provocate cel mai adesea de: deconectarea unei linii în gol; deconectarea unui transformator în gol; fenomene de rezonanță; întreruperea unui scurtcircuit; amorsarea unui arc la pámînt.

Frecvența acestor supratensiuni depinde de caracteristicile circuitului (inductanță și capacitate) și este în general mult superioară frecvenței de serviciu a rețelei. Amplitudinea acestor supratensiuni este mai micá dacá neutrul rețelei sau al transformatorului este pus la pámînt.

Nivelul de ținere al izolației instalației electrice este stabilit în funcție de nivelul de protecție fixat de descárcătorul folosit. Prin nivel de ținere al izolației se înțelege cea mai mare tensiune la frecvența industrialá și de impuls pe care o poate suporta scurtá durată (0% amorsári) un echipament sau aparat electric, care nu este destinat protecției contra supratensiunilor. Nivelul de protecție al izolației reprezintă cea mai micá tensiune de impuls la care există 100% amorsári.

Nivelul de ținere este fixat cam la 2,7-2,9 ori valoarea efectivá a tensiunii între faze. Aceasta se datorește în principal progresului realizat în construcția descárcătoarelor. Raportul dintre nivelul de protecție asigurat de descárcător și tensiunea nominalá a descárcătoarelor a putut fi astfel adus la 2,4-2,5.

Descárcátoarele construite în prezent sunt în stare sá suporte curenți importanți timp de mai multe milisecunde, astfel ele pot proteja instalațiile atît contra supratensiunilor atmosferice cît și contra tensiunilor de supracomutație.

Tendința actuală în asigurarea unui nivel cât mai scăzut al izolației în instalațiile de 220-750kV, se bazează pe utilizarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă, care permit limitarea atât a supratensiunilor atmosferice cât și al celor interne.

Rolul descărcătoarelor este de a stabili, în cazul unei supratensiuni, o legătură între o linie electrică și pământ având o impedanță suficient de mică pentru a reduce amplitudinea supratensiunii la o valoare inferioară tensiunii limită pe care o poate suporta instalația electrică, aflată în aval de descărcător față de originea supratensiunii. Descărcătoarele se montează între conductoarele fazelor de protejat și pământ.

În condiții normale de funcționare, descărcătoarele nu trebuie să permită trecerea curentului. Pentru aceasta, descărcătorul este prevăzut cu un spațiu de descărcare (eclator), care separă conductorul aflat sub tensiunea față de pământ. Spațiul de descărcare trebuie astfel ales încât să fie străpuns ori de câte ori tensiunea pe porțiunea protejată întrece nivelul limită admis. Străpungerea trebuie să aibă loc cu o întârziere minimă. Imediat după străpungere, când supratensiunea scade pînă la o valoare nepericuloasă pentru izolația instalației, descărcătorul trebuie să întrerupă curentul care-l parcurge într-un timp mai mic decît timpul de lucru al protecției sau decît durata de topire a siguranțelor izolației electrice de protejat.

Caracteristicile descărcătoarelor sunt:

a. Tensiunea nominală  $U_n$  sau clasa de izolație, reprezintă tensiunea compusă nominală, cea mai mare între fazele rețelei în care se montează descărcătorul.

b. Tensiunea de amorsare la impuls  $U_{ai}$  reprezintă tensiunea la care se produce străpungerea spațiului de descărcare. Valoarea tensiunii de amorsare este diferită pentru supratensiuni de comutație și pentru supratensiuni atmosferice (unda de impuls). Amplitudinea tensiunii de amorsare a spațiului de descărcare la undele de impuls variază cu panta frontului undei.

În figura 2 este reprezentată caracteristica de amorsare sau caracteristica tensiune-timp a spațiului de descărcare, care arată variația tensiunii de amorsare în funcție de timp, pentru unda de impuls de diferite pante.

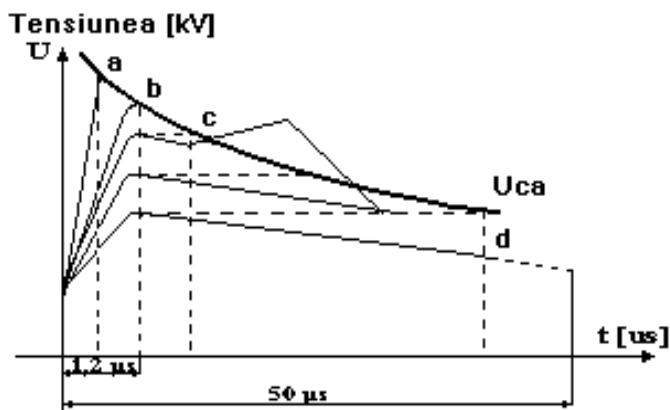


Fig.2

Se poate defini pe această curbă o tensiune critică de amorsare care se obține aplicînd descărcătorului o undă normalizată de 1,2/50μs a cărei amplitudine crește progresiv pînă se obține o amorsare în 50% din cazuri.

Tensiunea critică de amorsare este valoarea maximă a tensiunii aplicate, deși amorsarea se produce în spatele undei.

Cu scopul de a asigura coordonarea izolației și protecția contra supratensiunilor, raportul între tensiunea de pinere la impuls a aparatului protejat și nivelul de protecție la impuls care fixează coeficientul de siguranță al protecției trebuie să fie de ordinul 1,5 pentru rețele de medie și joasă tensiune și 1,2 pentru rețelele de înaltă tensiune.

c. Tensiunea de amorsare la frecvența industrială  $U_{an}$  trebuie să aibă o valoare, care să permită descărcătorului să acționeze la supratensiuni de comutație. Nivelul de protecție trebuie să fie mai ridicat pentru supratensiunile atmosferice decât pentru supratensiunile de comutație deoarece nivelul de pinere al aparatului este mai ridicat pentru aceste supratensiuni, care au o durată mai scurtă.

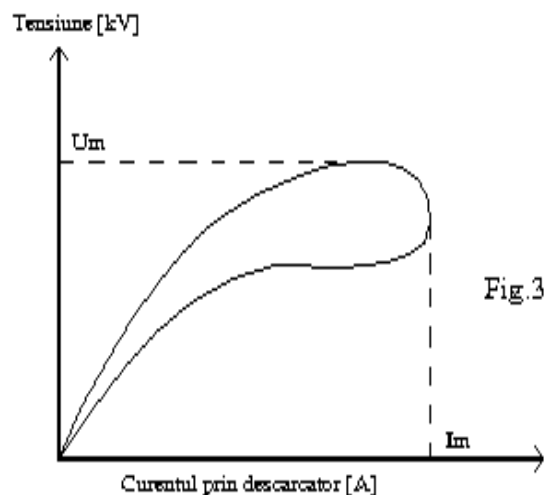
d. Curentul de însoțire  $I_{st}$  este valoarea curentului care trece prin descărcător când tensiunea a scăzut pînă la tensiunea de serviciu a acestuia. Descărcătorul se construiește astfel încît la curentul de însoțire, arcul electric să fie stins. Valoarea curentului de însoțire poate să fie cuprinsă în limite foarte largi, de la cîțiva amperi pînă la mii de amperi, în funcție de tipul descărcătorului, locul său de instalare și de întreaga schemă de protecție împotriva supratensiunilor.

e. Tensiunea reziduală  $U_{iz}$  a descărcătorului este valoarea maximă a tensiunii care există la bornele descărcătorului după amorsare.

În figura 3 este reprezentată caracteristica tensiunii reziduale în funcție de curent pentru un descărcător cu rezistență variabilă. Această curbă formează o buclă ca urmare a unui fenomen de histerezis termic.

Tensiunea reziduală nominală este definită pentru o undă de impuls de curent 10/20 $\mu$ s a cărei valoare maximă corespunde capacității de scurgere normală a descărcătorului.

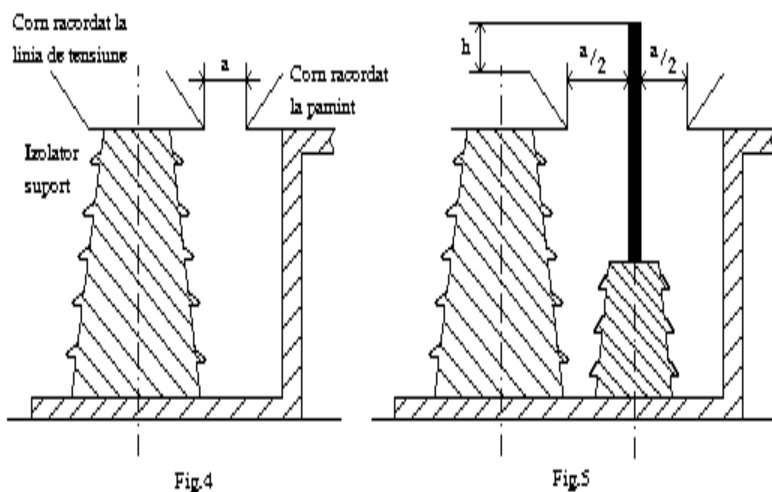
f. Capacitatea de scurgere este capacitatea descărcătorului de a permite scurgerea într-un interval scurt de timp, a unei sarcini electrice mari, corespunzătoare curentului de impuls de o anumită formă.



Clasificarea descărcătoarelor electrice după criterii în același timp, constructive și funcționale, prezintă în ordinea crescătoare a complexității, următoarele descărcătoare:

- cu coarne (eclatoare);
- cu coarne și cu dispozitiv sau cu tijă pană-pasăre;
- tubulare, cu materiale gazogeneratoare;
- cu rezistență variabilă;
- cu rezistență variabilă și cu suflaj magnetic.

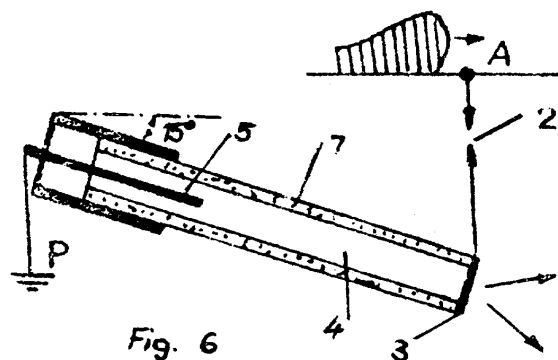
**1.1. Descărcătoare cu coarne simple** (fig.4), diferă relativ puțin de cele cu tijă pană-pasăre (fig.5) ultimele avînd interpusă între coarne o tijă metalică lungă și cu vîrf ascuțit, ceea ce conduce la creșterea gabaritului și împiedică pásările să producă scurtcircuite intempestive în intervalul dintre coarne.



Curentul maxim de însoțire la frecvența industrială, pe care-l poate stinge descărcătorul cu coarne este foarte redus, de obicei sub 15A, pe când tensiunea nominală crește. Ca urmare, descărcătoarele cu coarne se pot monta numai în rețelele cu neutrul izolat sau tratat în care curentul de defect, de punere la pământ nu depășește valorile de mai sus, cunoscând că după funcționarea descărcătorului apare întotdeauna un astfel de curent între coarnele sale.

Din punct de vedere funcțional, prezintă inerție (întârziere) mare la armosare, unda normală de impuls 1,2/50 $\mu$ s fiind de obicei tarată pe coadă; de aceea utilizarea acestor descărcătoare este indicată în acele instalații la care unda de impuls are panta atenuată, redusă (cu capacitate electrică importantă de intrare).

**1.2.Descărcătoarele tubulare DTF** sunt aparate simple din punct de vedere constructiv, formate dintr-un tub izolant din fibră, sticlă organică, vinyoplast sau alte materiale care au proprietatea de a degaja gaze sub acțiunea arcului electric și din doi electrozi (fig.6):



1 - tub gazogen de fibra; 2 - spatiu disruptiv exterior; 3 - electrod inelar; 4 - spatiu disruptiv interior; 5 - electrod tija.

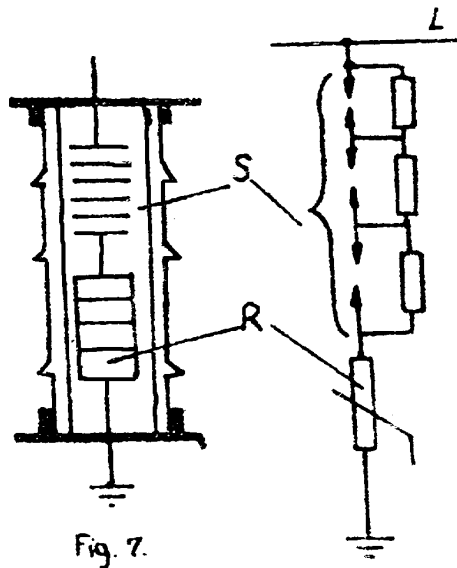


Fig. 7.

1 - borna; 2 - bloc rezistente; 3 - bloc eclatoare; 4 - dop aerisire; 5 - capac; 6 - rezistența de suntare a eclatoarelor; 7 - priza de pamint; 8 - soclu; 9 - element de prewionizare.

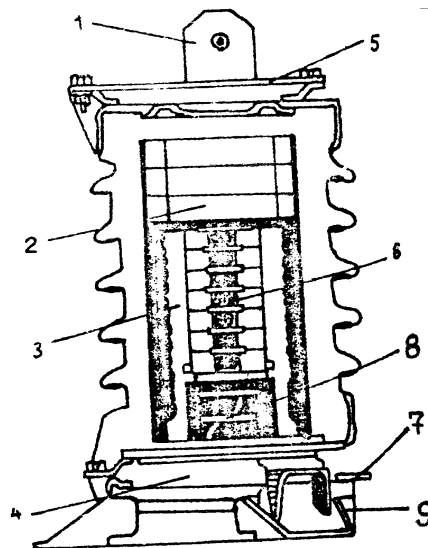


Fig. 8

În interiorul tubului se găsește spațiul de descărcare  $S_1$ . Descărcătorul tubular se montează în așa fel încât se formează și un spațiu exterior de descărcare, care arată ca tubul să fie în permanență sub tensiune. Prin aceasta se evită curenții de scurgere pe suprafața exterioară. Spațiul de descărcare interior  $S_1$  este determinat de condițiile de stingere a arcului. Caracteristicile de funcționare ale descărcătorului se reglează prin alegerea valorii distanței exterioare  $S_2$ .

Degajarea gazelor în descărcătoarele tubulare mărește presiunea în tub, gazele se îndreaptă către orificiul de evacuare cu mare viteză. Procesul se petrece într-un timp foarte scurt, de numai 0,02-0,01s și se termină prin stingerea arcului.

**1.3.Descărcătoarele cu rezistență variabilă DRV** sunt utilizate pentru protecția echipamentelor electrice împotriva tensiunilor atmosferice. Construcția unui descărcător cu rezistență variabilă este prezentată în fig.7 și fig.8.

Descărcătorul cu rezistență variabilă trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- tensiunea de amorsare la undele de impuls să fie totdeauna inferioară tensiunii de pinere a undelor de impuls a aparatelor pe care trebuie să le protejeze;
- capacitatea de scurgere trebuie să fie mare, tensiunea reziduală să fie mică. Aceasta presupune ca descărcătorul să aibă rezistență foarte mică, când supratensiunea are amplitudine mare;
- după dispariția supratensiunii, descărcătorul trebuie să înceteze să funcționeze după trecerea prin zero a curentului de frecvență industrială.

Pentru satisfacerea condițiilor contradictorii de la punctele b și c., în construcția descărcătoarelor sunt întrebuințate rezistențe neliniare.

Partea activă a descărcătorului este formată din eclatoare și o rezistență variabilă neliniară realizată din discuri de rezorbit, conectate în serie. Aceste elemente exercită următoarele funcții:

- eclatoarele lasă să treacă curentul imediat ce supratensiunea atinge valoarea de amorsare  $U_s$  și întrerupe curentul furnizat de rețea după procesul de descărcare;
- rezistența neliniară  $R$  contribuie la reducerea curentului de însoțire, astfel ca el să fie întrerupt în mod sigur, neopunind în același timp decât o rezistență slabă la trecerea curentului de descărcare, întrucât valoarea ei scade cu creșterea tensiunii.

Descărcătorul are deci caracteristica unei supape. Atunci când o undă de supratensiune depășește supratensiunea de amorsare se produce străpungerea intervalului de amorsare al eclatoarelor, iar unda se descarcă prin elementul conductor. În general aceste descărcătoare sunt de tip modul.

Pentru temperatură constantă caracteristica tensiune-curent a rezistenței variabile poate fi exprimată prin relația:

$$U = c \cdot i^\alpha;$$

în care:

- $u$  este valoarea instantanee a tensiunii aplicate rezistenței măsurate în volți;
- $c$  constantă a materialului cuprinsă între 650...750 [ $\Omega \cdot A^{-1}$ ];
- $i$  valoarea instantanee a curentului ce trece prin rezistență, măsurată în amperi;
- $\alpha$  exponent, denumit coeficient de "frecare" sau coeficient de neliniaritate cuprins între

0,16-0,32.

La baza construcției rezistențelor neliniare stă carborundul. Neliniaritatea rezistenței se explică prin existența pe suprafața fiecărui cristal de carborund a unui strat subțire de oxid de siliciu, care are proprietatea de a-și schimba rezistența electrică în funcție de gradientul tensiunii.

Capacitatea de scurgere a rezistențelor are valori diferite pentru curenții de impuls și pentru curenții de frecvență industrială.

Durata curenților de impuls este de zeci și sute de  $\mu s$  iar durata curenților de frecvență industrială de sutimi de secundă.

În figura 10 se face comparația între modul de funcționare al descărcătorului tubular și cel al descărcătorului cu rezistență variabilă.

Curba a. ilustrează limitarea supratensiunii la valoarea tensiunii reziduale la DRV.

Pentru aceeași undă de supratensiune amorsează mai târziu și taie unda (curba b.).

**1.4. Descărcătoarele cu rezistență variabilă și suflaj magnetic** sunt folosite pentru tensiuni foarte înalte trebuind să facă față atât supratensiunilor atmosferice cât și celor de comutație.

Spre deosebire de cele normale (fără suflaj forțat) cu rezistență variabilă, aceste descărcătoare au dispozitive de suflaj și de stingere a arcului electric al unor curenți de însoțire importanți de ordinul sutelor de amperi.

Discurile cu rezistență variabilă, de la aceste tipuri de descărcătoare prezintă caracteristica tensiune curent cu o variație mai progresivă comparativ cu cea de la DRV fără suflaj magnetic, supradimensionându-se totodată volumul discurilor.

Suflajul magnetic favorizează stingerea naturală a arcului la eclatoarele cu rotirea arcului și produce alungirea și întreruperea arcului la celelalte tipuri de eclatoare cu suflaj magnetic.

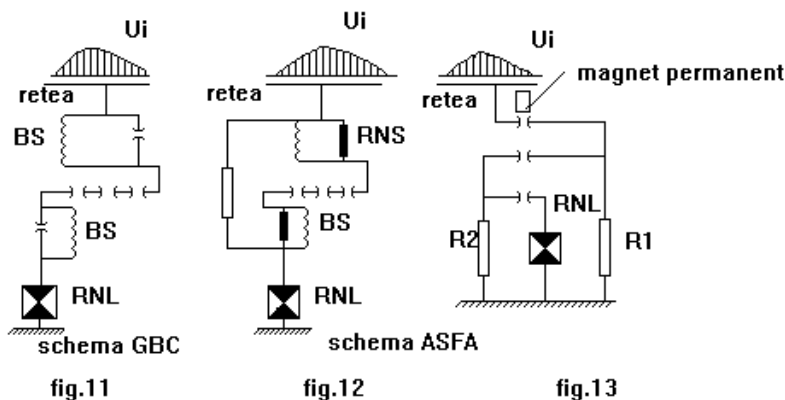
Deplasarea forțată cu suflaj a arcului electric se realizează prin interacțiunea între curentul de însoțire din arc și câmpul magnetic produs:

- fie de către bobine parcurse de întreg curentul de însoțire sau de o parte a acestuia (suflaj magnetic);
- fie de către magneți permanenți.

Există numeroase soluții pentru descărcătoarele cu rezistență variabilă și suflaj magnetic.

În figurile 11; 12; 13 sunt prezentate unele din schemele funcționale ale acestor tipuri de descărcătoare în care:

**BS** bobină de suflaj ( electrodinamic ); **Ea** eclatoare de amorsare; **Es** pachet serie de eclatoare principale cu dispozitive de stingere a arcului; **RNL** rezistențe neliniare de lucru; **RNS** rezistențe neliniare de suntare a bobinelor de suflaj ; **R** rezistența de suntare pentru repartiția uniformă a tensiunii.



## 2.CHESTIUNI DE STUDIAT.

### 2.1. Studiul construcției și funcționării descărcătoarelor:

- cu coarne;
- tubulare cu fibra;
- cu rezistența variabilă ( DRV );

2.2. Determinarea experimentală a caracteristicii  $U = f(I)$ , la valori crescătoare și descrescătoare ale lui  $U$  și  $I$  pentru un disc de carborund ca element component al lui DRV în curent alternativ.

2.3. Determinarea experimentală a caracteristicii  $U = f(I)$ , la valori crescătoare și descrescătoare ale lui  $U$  și  $I$  pentru un disc de carborund ca element component al lui DRV în curent continuu.

2.4. Determinarea prin calcul a coeficienților  $c$  și utilizând caracteristica  $U = f(I)$  de la pct. 2.2 și 2.3.

2.5. Determinarea prin calcul a rezistenței statice  $R_{st} = \frac{U}{I}$  ;

2.6. Determinarea prin calcul a rezistenței dinamice  $R_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} \rightarrow 0$  ;

2.7. Trasarea curbelor  $R_{st}=f(U)$  și  $R_d=f(U)$  ;

2.8. Determinarea prin calcul a factorului de neliniaritate.

**2.9.** Trasarea curbei si urmarirea intuitiva a comportarii discului de carborund la variatia tensiunii DRV pe durata functionarii.

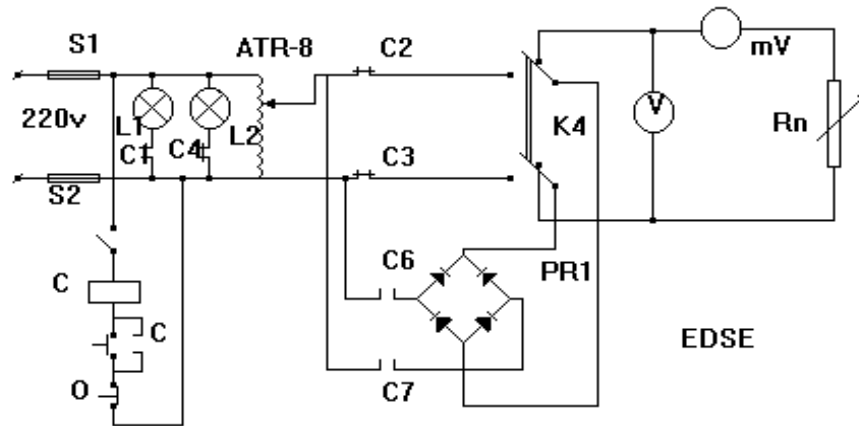


fig.14

### **3.SCHEMA ELECTRICA SI APARATE UTILIZATE.**

**EDSDE** echipament didactic pentru studiul descarcatoarelor electrice; **C1; C2; C3** contacte normal inchise ale contactorului; **C4; C5; C6; C7** contacte normal deschise ale contactorului; **S1; S2** sigurante fuzibile; **ATR-8** autotransformator 0-250 V/8A; **Rn** rezistenta neliniara (disc de corborund); **k1** intreruptor bipolar cu doua pozitii de lucru ( I= c.a. ; II= c.c. ); **mA** miliampermetru magnetoelectric I=2 x 60 mA; **V** voltmetru feromagnetic U=250 V; **L1** lampa semnalizare 220 V; **L2** lampa semnalizare 220 V; **C** contactor; **O** buton de oprire; **P** buton de pornire; **PR1** punte redresoare; **K2** intreruptor.

### **4. MODUL DE LUCRU.**

**4.1.** Se urmaresc si identifica elementele componente ale descarcatoarelor cu coarne, tubulare cu fibra, cu rezistenta variabila si cu suflaj magnetic.

Se deseneaza schemele electrice de principiu si se urmareste intelegerea functionarii fiecarui tip de descarcator.

**4.2.** Se verifica pozitia de minim a autotransformatorului figura 15;

Se verifica pozitia deschis a intreruptorului K2 si pozitia inchis a intreruptorului K1 ( c.a. );

Se cupleaza de la retea tensiune, pusa in evidenta prin aprinderea lampii L1;

Se creste progresiv tensiunea din 20 in 20 V pina la cca. 250 V notindu-se valorile curentului si tensiunii;

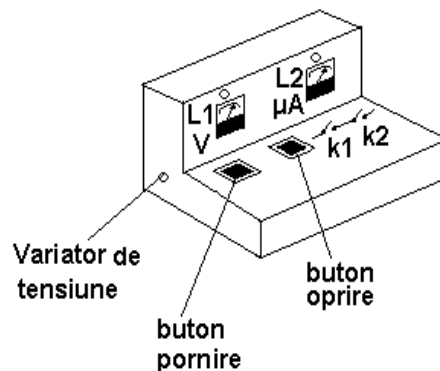


Fig.15



Datele se trec intr-un tabel de forma:

U[V]	0	20	40	...	250	240	...	40	20	0
I[A]	0									0

Se traseaza diagrama  $U = f(I)$  pentru ambele sensuri de variatie ale celor doua marimi.

**4.3.** a) Se verifica pozitia de minim a autotransformatorului;

b) Se inchide K2;

c) Se actioneaza butonul P, fapt ce conduce la stingerea lampii L1 si aprinderea lampii L2 si se comuta K1 pe pozitia II (c.c.);

d) Se repeta punctele: d, e, f, g de la punctul 4.2.

**4.4.** Se determina prin calcul coeficientii  $C$  si  $\alpha$  utilizind un numar de puncte ale caracteristicii  $U = f(I)$  de la punctele 4.2 si 4.3.

**4.5.** Se determina prin calcul valorile rezistentei statice pentru diverse trepte de tensiune:

$$R_{st} = \frac{U}{I};$$

**4.6.** Se determina prin calcul valorile rezistentei dinamice  $R_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} / \Delta I \rightarrow 0$  ;

**4.7.** Se traseaza curbele  $R_{st}=f(U)$  si  $R_d=f(U)$  ;

**4.8.** Se determina prin calcul factorul de neliniaritate ca fiind:  $\alpha = \frac{R_d}{R_{st}}$  pentru diverse trepte

de tensiune precum si pentru valoarea medie;

**4.9.** Se traseaza curba  $\alpha = f(U)$ , pentru diverse trepte de tensiune si se urmareste implicit comportarea discului in timpul functionarii descarcatorului.

## **5.INTREBARI.**

Ce este descarcatorul electric?

Ce se intelege prin supratensiune si de cite feluri sint acestea?

Ce se intelege prin nivel de tinere? Exemple.

Ce se intelege prin nivel de protectie? Exemple.

Expuneti caracteristicile descarcatoarelor cu definirea acestora.

Expuneti principiul de functionare al descarcatoarelor cu coarne.

Expuneti principiul de functionare al descarcatoarelor tubulare cu fibra.

Expuneti principiul de functionare al descarcatoarelor cu rezistenta variabila.

Expuneti principiul de functionare al descarcatoarelor cu rezistenta variabila si suflaj magnetic.

Care sint parametrii rezistentei neliniare?

Cum se elimina neuniformitatea repartitiei tensiunii de impuls pe pachete de eclatoare?

Cum va explicati diferenta intre cele doua caracteristici  $U=f(I)$  pentru ramura ascendenta si pentru ramura descendenta?

Este importanta ridicarea caracteristicii  $U=f(I)$  atat in c.a. cit si in c.c.?

Pe ce considerente va explicati diferentele care apar la determinarea lui  $\alpha$  lapct. 4.4 si 4.9.?