

## *Studiul siguranțelor fuzibile*

### **1. Noțiuni teoretice**

Siguranțele fuzibile sunt aparate electrice de protecție împotriva supracurenților asigurând întreruperea automată a circuitului prin topirea unui conductor calibrat, înseriat cu receptorul protejat.

Conductorul metalic calibrat, reprezintă de fapt elementul principal activ al siguranței fuzibile, fiind montat în serie cu receptorul protejat (deci este parcurs de același curent cu acesta). El este dimensionat termic astfel încât să se topească și să întrerupă circuitul înainte ca receptorul să fie avariat de către supracurenții din circuit. În acest sens se consideră că siguranța fuzibilă este elementul de circuit cel mai slab dimensionat din punct de vedere termic, reprezentând în același timp cel mai ieftin, mai simplu, mai sigur și cel mai eficace aparat electric de protecție împotriva supracurenților.

Prin natura sa, funcționarea siguranței fuzibile este ireversibilă, asigurând numai deconectarea (întreruperea) circuitului; restabilirea circuitului se realizează numai după înlocuirea siguranței fuzibile topite cu una nouă.

Elementul fuzibil se află înglobat într-o masă de nisip de cuarț astfel încât stingerea arcului electric este determinată de preluarea căldurii de către granulele de nisip. Se observă că, din momentul în care firul ajunge în stare lichidă, masa de lichid nu mai păstrează forma geometrică a firului fiind supusă deformării cauzate de forțele electrodinamice în bucla parcursă de curent și de forțele Lorentz în masa de lichid.

Procesul complex al topirii fuzibilului sub acțiunea curentului de scurt circuit este prezentat în figura 1.

Pe durata  $0 \div t_1$ , are loc încălzirea firului până la temperatura de topire  $\theta_1$ ; pe durata  $t_1 \div t_2$  materialul se topește în întregime iar temperatura se conservă ( $\theta_1 = ct.$ ); pe durata  $t_2 \div t_3$  lichidul este încălzit până la temperatura de vaporizare  $\theta_2$  după care ar urma, teoretic, formarea arcului electric. În realitate arcu se formează mai devreme între picăturile de metal lichid.

Una dintre cele mai importante curbe caracteristice ale siguranței fuzibile este caracteristica de protecție (caracteristica de topire, caracteristica timp-curent).

În figura 2 se văd două caracteristici de protecție (a și b) pentru două siguranțe fuzibile diferite, una pentru un curent nominal mic  $I_{n1}$  (a) deci cu conductor sau fir fuzibil subțire și una pentru  $I_{n2} > I_{n1}$ , având conductor fuzibil cu secțiunea A mare (b).

Pentru siguranțe fuzibile dependența  $i=i(t)$  este dată de următoarea relație:

$$\int i^2 dt = A^2 k = ct.$$

Această relație arată că valoarea lui A intervine pătratic în constanta hiperbolei echilatre pătratice, de aceea conținând pe abaterile termice uzuale ce apar în practică la diversele siguranțe fuzibile cu aceleași date nominale, caracteristicile de protecție  $a$  și  $b$  nu se reprezintă sub forma unor curbe, ci a unor domenii.

Domeniul c reprezintă caracteristica termică de ținere a aparatului protejat de siguranța fuzibilă împotriva supracurenților.

Coordonarea reciprocă corectă a caracteristicilor de protecție și ținere impune ca pe întreg domeniul din Figura 2 să se obțină caracteristica de protecție sub cea de ținere; în acest fel, orice supracurent periculos pentru aparatul sau echipamentul protejat va fi întrerupt prin topirea fuzibilului înainte ca acest curent să poată produce avarii.

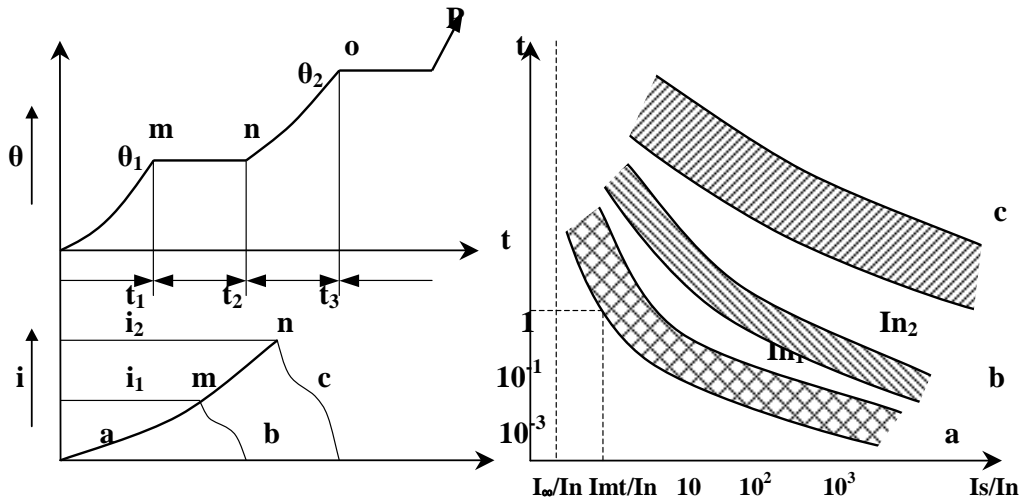


Figura 1

Figura 2

Figura 2 permite definirea a încă două valori caracteristice importante ale siguranțelor fuzibile și anume:

$I_{\infty}$ : curentul limită de topire, reprezentând cel mai mare curent pentru care fuzibilul nu se topește timp de două ore; se consideră practic că durata de două ore este echivalentă cu un timp infinit. Se vede în figura 2 că domeniul a are dreapta  $I_{\infty}/I_n$  ca asimptotă.

$I_{mt}$ : curentul minim de topire, reprezentând cel mai mic curent pentru care fuzibilul se topește cu certitudine într-o perioadă mai mică de 1 oră.

$I_n$ : reprezintă valoarea eficace a curentului permanent care ar apare în circuit dacă siguranța fuzibilă ar fi înlocuită printr-o conexiune de impedanță neglijabilă.

O altă curbă caracteristică importantă este caracteristica de limitare (Figura 3), care dă dependența curentului limitat de fuziune  $i_f$ , de același raport  $I_s/I_n$ .

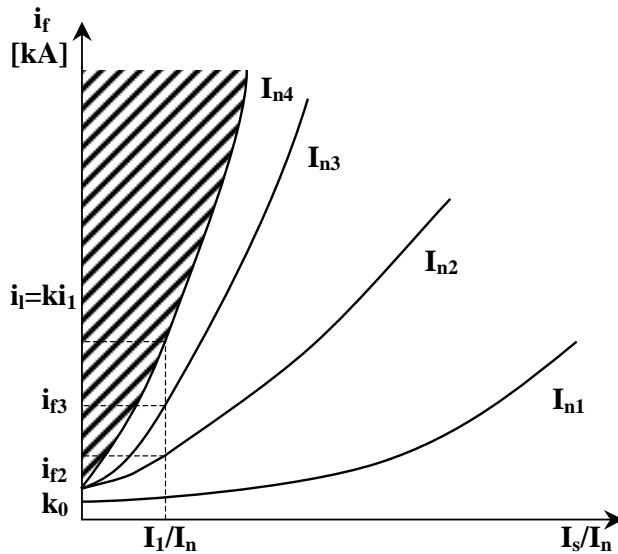


Figura 3

Zona hașurată din Figura 3 corespunde domeniului în care nu pot exista puncte de funcționare ale siguranței fuzibile. Ordonata corespunzătoare abscisei  $I_1/I_n$  reprezintă curentul de lovitură:  $i_1 = k i_1$ , unde coeficientul de lovitură are valoarea:

$$k = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cong 2,55$$

O valoare caracteristică importantă a siguranței fuzibile este capacitatea de rupere nominală, reprezentând cel mai mare curent prezumat sintetic de scurtcircuit, fără componentă asimetrică, în valoare eficace, pe care îl poate întrerupe o siguranță fără a avaria și fără a produce supratensiuni sau alte efecte care depășesc valorile admise de norme.

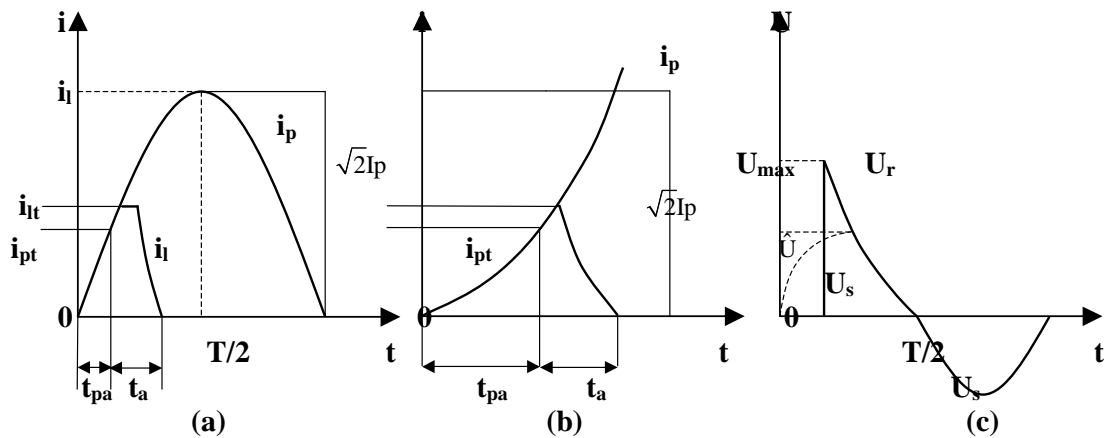


Figura 4

Legat de capacitatea de rupere se precizează că, la medie tensiune, nu se poate garanta funcționarea unei siguranțe fuzibile având tensiunea nominală dată într-un circuit de tensiune nominală mai redusă; aceasta deoarece topirea fuzibilului poate duce în acest caz la supratensiuni mai mari decât cele admise de standarde.

O altă curbă importantă este caracteristica de limitare. Aceasta dă dependența valorilor instantanee ale curentului limitat  $I_1 = I_2$  de valorile efective ale curentului prezumat.

Pentru curenții de scurtcircuit simetrici și asimetrici corespund caracteristici de limitare diferite, curentul de scurtcircuit asimetric având o durată prearc mai mare dar și o limitare mai pronunțată.

În Figura 4 sunt date diagramele curentului de scurtcircuit simetric și asimetric, (a) respectiv (b), în care se observă creșterea curentului de scurtcircuit după topirea elementului fuzibil, datorită faptului că rezistența elementului fuzibil este mai mică.

Pe diagramele din Figura 4 s-au făcut următoarele notații în concordanță cu recomandările CEI;

- $i_p$  = curentul prezumat;
- $i_{pt}$  = curentul prezumat tăiat: valoarea instantanee a curentului prezumat în momentul apariției arcului electric;
- $i_l$  = curentul limitat care trece prin siguranța fuzibilă;
- $i_{lt}$  = curentul limitat tăiat: valoarea instantanee maximă a curentului limitat;
- $t_{pa}$  = durata prearc (timp de topire): timpul scurs din momentul inițierii curentului de scurtcircuit până în momentul apariției arcului electric;
- $t_a$  = durata arcului: timpul scurs între momentul inițierii arcului electric și momentul extincției totale a acestuia;
- $t_{pa} + t_a$  = durata de funcționare.

## 2. Chestiuni de studiat

2.1. Ridicarea caracteristicii de protecție  $t = f(i)$  a unei siguranțe fuzibile folosind fire de cupru cu diametrul  $\Phi = 0,2\text{mm}$ ;

2.2. Influența secțiunii firului fuzibil asupra caracteristicii de protecție;

2.3. Influența lungimii firului fuzibil asupra caracteristicii de protecție;

2.4. Influența mediului de stingere asupra caracteristicii de protecție;

2.5. Influența formei geometrice de dispunere a firului fuzibil în cadrul siguranței asupra caracteristicii de protecție;

### 3. Schema electrică și aparatele utilizate

Determinările se efectuează cu ajutorul echipamentului complet SSF, folosind schema electrică din figura 5.

Conexiunile reprezentate cu linia continuă sunt deja făcute în cadrul echipamentului SSF.

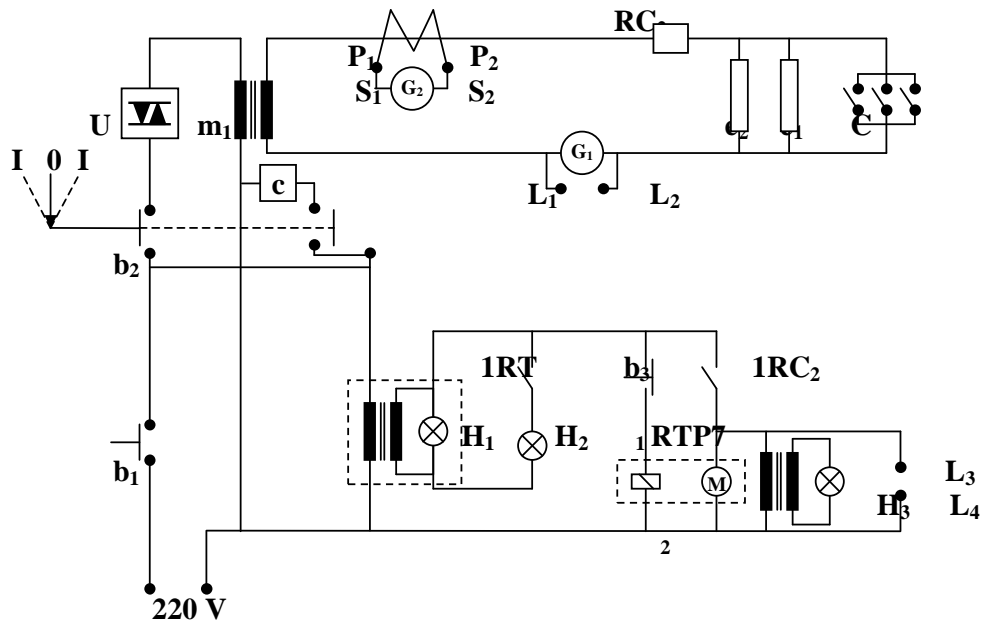


Figura 5

- C = contactor tripolar;
- b<sub>2</sub> = cheie selectoare;
- b<sub>1</sub>, b<sub>3</sub> = butoane de comandă;
- m<sub>1</sub> = transformator;
- G<sub>1</sub>, g<sub>2</sub> = ampermetre ferodinamice;
- H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> = lămpi de semnalizare;
- U = variator de curent;
- e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub> = suporturi siguranțe;
- RC<sub>2</sub> = releu de curent;
- RTP<sub>7</sub> = dispozitiv de măsurare a timpului.

### 4. Modul de lucru.

#### 4.1.

- a) Se realizează schema din figura 5;
  - b) Se introduce firul fuzibil în tubul e<sub>1</sub> având ca mediu de stingere aerul și se fixează tubul pe suport;
  - c) Se alimentează montajul comutând b<sub>1</sub> spre dreapta; se urmărește aprinderea lămpii H<sub>1</sub>;
  - d) Se comută butonul b<sub>2</sub> alimentând variatorul de curent U;
- Atenție!*  
În momentul comutării lui b<sub>2</sub>, variatorul de curent va trebui să aibă potențiometrul de poziția 0;

e) Cu ajutorul variatorului de curent se reglează în circuit un curent oarecare de ordinul  $\times 1A$ , urmărindu-se timpul la dispozitivul de măsurare a timpului;

f) Dacă firul nu se topește în 3 minute se întrerupe circuitul considerându-se că prin firul fuzibil a trecut curentul  $I$ ;

g) Se reia modul de lucru pentru un curent mai mare;

h) Se fac 5 încercări pentru diferiți curenți începând de la  $I_{\infty}$ .

Datele se trec în tabelul 1.

*Observație: Când curentul depășește valoarea la cap de scală a lui  $G_1$  se scurtcircuitează bornele  $L_1, L_2$  citind curenții la  $G_2$  cu ajutorul transformatorului de curent.*

#### 4.2.

a) Se introduce un fir cu  $L=200mm$  în tubul  $e_2$ ;

b) Se repetă operațiile de la punctul 4.1.;

c) Se urmărește influența lungimii firului fuzibil asupra caracteristicii de protecție;

#### 4.3.

a) Se introduc în paralel două fire fuzibile ( $L=100mm$ )

b) Se repetă operațiile de la punctul 4.1.;

c) Se introduc în paralel două fire fuzibile ( $L=200mm$ );

d) Se repetă operațiile de la punctul 4.1.;

#### 4.4.

a) Se procedează asemănător ca la punctele 4.1., 4.2., 4.3. folosind ca mediu de stingere nisipul.

Se reprezintă grafic pe același sistem de axe caracteristicile  $t=f(i)$  pentru cazurile determinate.

#### 4.5.

a) Pentru un fuzibil cu  $L=100mm$  care a lucrat (s-a topit) în mediu de stingere nisip, se măsoară rezistența cu ajutorul unui megohmetru.

b) Se procedează analog pentru un fir cu  $L=200mm$ .

Nr. det.	Nr. de fire din patronul fuzibil	Lungimea [mm]	Modul de așezare a fuzibilului	Materialul firului fuzibil	Secțiunea firului fuzibil	Modul de stingere		
							I [A]	t[s]
1	1	100	Întins			Aer	I [A]	
							t[s]	
2	1	200	Întins			Aer	I [A]	
							t[s]	
3	1	100	Întins			Nisip	I [A]	
							t[s]	
4	1	200	Întins			Nisip	I [A]	
							t[s]	
5	2	100	Spiralat			Aer	I [A]	
							t[s]	
6	2	200	Spiralat			Aer	I [A]	
							t[s]	
7	2	100	Spiralat			Nisip	I [A]	
							t[s]	
8	2	200	Spiralat			Nisip	I [A]	
							t[s]	