

APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

1. Generalități

Instalațiile electrice de joasă tensiune folosesc un mare număr de aparate electrice. Ele sunt absolut necesare pentru buna funcționare a instalațiilor și totodată influențează decisiv costurile de realizare și exploatare ale acestora.

În raport cu funcția îndeplinită se pot deosebi următoarele categorii de aparate electrice:

- aparate de conectare (întrerupătoare, contactoare, butoane și chei de comandă etc.)
- aparate de protecție (siguranțe fuzibile, relee termice, relee cu termistoare sau relee electromagnetice)
- aparate de semnalizare (sonerii, hupe, lămpi de semnalizare)
- aparate de măsură

Uneori putem întâlni mai multe funcții la același aparat, de exemplu la întrerupătoarele automate (disjunctoare), în această situație fiind aparatele de comutație moderne.

Principalele funcții ale aparatelor de comutație sunt:

- protecția electrică: împotriva curenților de suprasarcină, împotriva curenților de scurtcircuit și a defectelor de izolație
- separarea electrică a unei părți dintr-o instalație: indicată clar de un indicator mecanic cu imunitate la defect sau vizibilă în mod clar (între contactele deschise este intercalat un interval sau o barieră)
- comanda locală sau de la distanță: conectare / deconectare în regim normal de funcționare, deconectare sau oprire de urgență, deconectare pentru întreținere mecanică

Protecția electrică vizează trei obiective:

- protecția elementelor componente ale instalației
Se prevede protecția împotriva curenților de suprasarcină sau de scurtcircuit (datorat unui defect de izolație) care se realizează cu siguranțe fuzibile sau întrerupătoare automate amplasate la nivelul tabloului de distribuție
- protecția persoanelor
În cazul defectelor de izolație, în acord cu schema de tratare a neutrlui (TN, TT sau IT) protecția va fi realizată de siguranțe fuzibile sau întrerupătoare automate dotate cu dispozitive de curent diferențial rezidual și / sau monitorizarea permanentă a rezistenței de izolație dintre instalație și pământ
- protecția receptoarelor și a echipamentelor alimentate de instalație
Un caz frecvent este cel al motoarelor electrice care se pot supraîncălzi datorită unei suprasarcini îndelungate (funcționare în două faze, rotor blocat etc). Protecția la suprasarcină este asigurată prin relee termice, care pot fi proiectate special pentru a corespunde caracteristicilor particulare aferente receptoarelor (în exemplul dat, motoarelor electrice). Protecția la scurtcircuit este asigurată fie de o siguranță de tip aM, fie de un întrerupător automat fără element de protecție termic.

Separarea are ca scop izolarea unui circuit sau receptor față de sursa de energie electrică, astfel încât să permită personalului de întreținere să intervină în zona separată în deplină siguranță. Ideal ar fi ca toate elementele componente ale unei instalații de JT să aibă mijloace de separare, dar în practică se prevăd mijloace de separare la originea fiecărui circuit, din rațiuni de mai bună continuitate și costuri mai reduse.

Un dispozitiv de separare trebuie să îndeplinească mai multe cerințe:

- să poată fi deschiși toți polii circuitului, inclusiv neutrul (cu excepția cazului când neutrul este conductor PEN cu dublu rol, de lucru și de protecție). Chiar dacă nu întotdeauna obligatorie, deschiderea tuturor contactelor de fază este insistent recomandată din rațiuni de mărire a siguranței și simplității în funcționare. Contactul de neutru se deschide după contactele de fază și se închide înaintea acestora (CEI 60947-1).
- să aibă mijloace de zăvorăre a deschiderii (cu cheie) pentru a evita închiderea neautorizată, accidentală

- să corespundă standardelor recunoscute național sau internațional (de exemplu, CEEI 60947-3) privind distanța dintre contacte, lungimea liniei de fugă, tensiunea de ținere etc.

Comutația funcțională sau de urgență are ca efect modificarea în deplină siguranță a configurației sarcinilor instalației la toate nivelele. Pentru un maxim de flexibilitate și continuitate în funcționare se recomandă ca la fiecare plecare din tablourile de distribuție să se prevadă câte un aparat de comutație, în special acolo unde aparatele de comutație realizează și funcția de protecție.

Gradul de protecție față de mediul ambiant se simbolizează prin codurile *IP* iar capacitatea unui echipament de a rezista la impact mecanic pe toate părțile este definită prin codurile *IK*.

Mărimile caracteristice generale ale aparatelor de comutație sunt:

- Tensiunea nominală U_n (în notație internațională U_e) și curentul nominal I_n sunt valori stabilite de obicei de către constructor (furnizate în cataloagele de produse) prin care se determină domeniul de folosire al aparatului, pentru anumite condiții de folosire date.
- Curentul prezumat al unui circuit este intensitatea curentului care ar circula prin acesta dacă în locul aparatului înseriat s-ar considera o impedanță nulă. Poate fi apreciat atât ca valoare efectivă, cât și ca valoare de vârf.
- Curentul nominal standard al unui aparat este intensitatea curentului aleasă din seria normalizată de valori, serie care respectă așa numita „regulă R10”, adică care are modulul $\sqrt[10]{10} = 1,26$ (de exemplu, ...6, 10, 16, 20, 25, 32, ... 100, 125, 160,400, .. A)
- Curentul nominal permanent (neîntrerupt) I_n (în notație internațională I_u) este acea valoare a curentului care poate fi suportată de aparat în serviciu neîntrerupt și este, după cum s-a menționat anterior, precizată de constructor
- Curentul termic convențional (curent nominal termic, curent permanent maximal) în aer liber sau în carcasă, I_{th} , reprezintă cea mai mare valoare a curentului de durată (8 ore), la 40°C, pentru care temperatura bornelor aparatului nu depășește 105°C (sau $\Delta\theta = 65K = 65^\circ C$);
- Capacitatea de rupere (de deconectare), notată prin I_r , I_d sau I_c , este curentul maxim în valoare efectivă pe care aparatul îl poate întrerupe fără consecințe nedorite (degajare de flacără, arc electric permanent, amorsare a arcului electric între faze sau la masă, uzură exagerată a contactelor);
- Integrala Joule este, așa cum arată numele, o integrală a pătratului curentului pe un interval dat, $I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$, [A^2s].
- Categoria de utilizare definește aplicabilitatea aparatului și, în raport cu aparatul considerat, poate fi caracterizată prin multiplii curentului sau tensiunii de serviciu, factorul de putere, capacitatea de rupere, selectivitate etc.

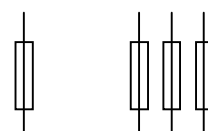
Aparatura modernă a înregistrat progrese substanțiale datorită:

- Concepției îmbunătățite prin folosirea pe scara largă a aplicațiilor software de modelare, dimensionare și verificare
- Înglobarea în echipamente a tehnicii de calcul
- Folosirea de noi materiale sau creșterea purității materialelor folosite
- Dezvoltarea și implementarea în fabricație a familiilor de produse și nu a produselor, ce permite o adaptare rapidă și la cost redus cerințelor impuse.

2. Aparare de protecție

2.1 Siguranța fuzibilă

Este un dispozitiv de protecție care întrerupe circuitul în care este amplasat prin topirea controlată a unui element fuzibil calibrat atunci când curentul depășește o valoare dată pentru un anumit timp. În mod obișnuit siguranțele fuzibile se folosesc pentru întreruperea curenților de scurtcircuit (timp de declanșare foarte scurți), dar uneori



Simbol pt siguranțe fuzibile

pot fi folosite și ca dispozitiv de protecție la suprasarcină (timp de declanșare lungi).

Siguranțele sunt împărțite conform standardelor în două mari clase de utilizare: de uz casnic și de uz industrial. Cele două clase diferă în general prin tensiunea nominală, dimensiuni și caracteristicile de întrerupere a curentului de defect.

Standardele europene marchează siguranțele cu un grup de 2 litere, astfel:

Marcaj	Prima literă (capacitatea de rupere a fuzibilului)	A doua literă (categoria de utilizare)
gL	g – domeniu complet (general)	L – protecția liniilor (conductoare și cabluri)
gG	g – domeniu complet (general)	G – de uz general
gB	g – domeniu complet (general)	B – robuste, pentru aplicații generale în mine
gTr	g – domeniu complet (general)	Tr – de uz general în protecția transformatoarelor
gR	g – domeniu complet (general)	R – cu acțiune ultrarapidă, utilizate în protecția semiconducătorilor
gRL	g – domeniu complet (general)	RL – cu acțiune ultrarapidă, utilizate în protecția semiconducătorilor și a liniilor
aM, aR	a – domeniu limitat	M – utilizate pentru protecția motoarelor electrice (nu declanșează la curenții de pornire)

Constructiv, o siguranță fuzibilă se compune din două elemente: unul fix (soclul) și unul mobil (element de înlocuire, patron fuzibil) care conține elementul fuzibil.

După modul de îmbinare al celor două elemente componente se deosebesc:

- siguranțe tubulare (siguranțe miniatură sau mignon), cu o capacitate de rupere mică (curentul prezumat întrerupt/tăiat fiind $I_{pt} < 2$ kA)
- siguranțe cu filet, cu o putere de rupere medie ($I_{pt} < 33$ kA)
- siguranțe cu cuțite, cu mare putere de rupere –MPR – ($I_{pt} = 50$ kA)

Siguranțele fuzibile sunt caracterizate de:

- curentul nominal al fuzibilului I_n , adică acel curent la care fuzibilul rezistă un timp nelimitat
- curentul nominal al soclului I_{soclu}

Valorile celor doi curenți variază în trepte corelate (v. **Tabelul X.1**) și se indică pe scheme fie sub forma unei fracții I_{soclu}/I_n , fie (mai nou) prin intercalarea între valorile celor doi curenți a literei care semnifică categoria de utilizare. De exemplu, 63G50 semnifică o siguranță fuzibilă de uz general cu $I_{soclu} = 63$ A și $I_n = 50$ A.

Tabelul X.1 Trepte de curent pentru siguranțe fuzibile

		Tabelul A11 - Trepte de curent pentru siguranțe fuzibile																			
I _n [A]	Fuzibil		6	10	16	20	25	32	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	600	
	Soclu	Siguranțe cu filet	25				63			100			-								
		Siguranțe cu cuțite sau tubulare	160										-								
			-					250					-								
			-						400						-						
			-												630						

La suprasarcină

Caracteristica de protecție a unei siguranțe fuzibile este relația curent-timp reprezentată grafic, de obicei în coordonate logaritmice. Pentru a constata dacă o siguranță fuzibilă poate fi folosită atât ca protecție la scurtcircuit cât și la suprasarcină, trebuie analizată încadrarea în zona de fuziune (de protecție). Curenții convenționali de non-fuziune și de fuziune se definesc astfel:

- curentul convențional de non-fuziune I_{nf} este valoarea curentului pe care elementul fuzibil poate să-l suporte un timp precizat, fără să se topească

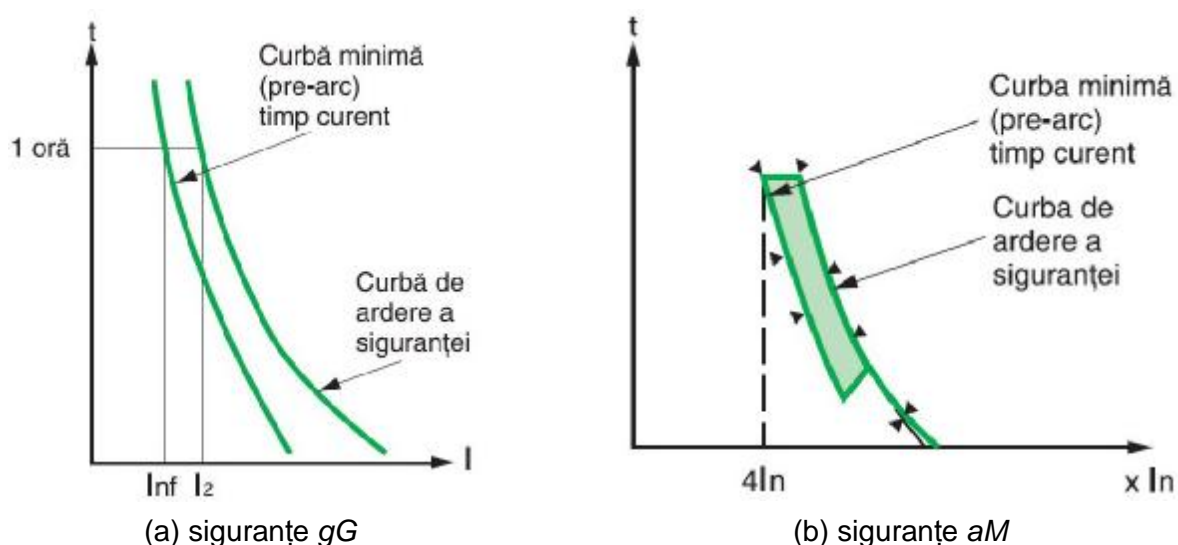


Fig.X.1 Caracteristici de protecție și zona de fuziune pentru siguranțe din clasa gG (a) și din clasa aM (b)

- curentul convențional de fuziune I_f este valoarea curentului care determină topirea patronului fuzibil înainte de trecerea unui timp precizat.

Mărimea curenților convenționali este standardizată în raport cu valoarea curentului nominal I_n , așa cum arată **tabelul X.X**.

Tabelul X.X Zona de fuziune și non-fuziune a siguranțelor de JT de tip gG

Curent nominal, I_n [A]	Curent convențional de non-fuziune, I_{nf} [A]	Curent convențional de fuziune, I_f [A]	Timpul convențional [h]
$I_n \leq 4$ A	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$	1
$4 \text{ A} < I_n < 16$ A	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$	1
$16 \text{ A} < I_n \leq 63$ A	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	1
$63 < I_n \leq 160$ A	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	2
$160 \text{ A} < I_n < 400$ A	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	3
$400 \text{ A} < I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	4

Spre exemplu, o siguranță de 63 A nu trebuie să se topească în interval de o oră la un curent de $1,25 I_n = 78,75$ A și, dimpotrivă, trebuie să se topească în cel mult o oră dacă este parcurs de un curent de $1,6 I_n = 100,8$ A.

Pentru a asigura protecția de suprasarcină dorită, caracteristica de funcționare a siguranțelor fuzibile trebuie să se încadreze în zona de fuziune (de protecție) dintre cele două curbe limită date în **Fig.X.1**.

Chiar dacă siguranța fuzibilă reprezintă cel mai vechi și mai simplu dispozitiv de protecție, ea tinde să fie înlocuită în instalațiile moderne de întrerupătoare automate. Datorită dispersiei parametrilor, pentru două siguranțe care respectă condiția de încadrare în zona de fuziune, timpii de funcționare pot fi semnificativ diferiți îndeosebi în zona supracurenților de valori reduse. Aceste performanțe modeste în domeniul suprasarcinilor de valori reduse determină de obicei alegerea unui conductor sau cablu supradimensionat astfel încât acesta să reziste la suprasarcini prelungite (pentru exemplu dat, în cazul cel mai nefavorabil, la o suprasarcină de până la 60% pentru cel mult o oră).

Pentru comparație, un întrerupător cu un curent nominal similar nu trebuie să declanșeze în mai puțin de o oră când este parcurs de un curent de $1,05 I_n$ și, dimpotrivă, trebuie să declanșeze în cel mult o oră atunci când este parcurs de un curent de $1,25 I_n$ (suprasarcină de 25% pentru cel mult o oră, în cel mai rău caz).

Cele mai utilizate tipuri de siguranțe sunt de tip gG și aM. Diferența esențială dintre cele două clase constă în faptul că siguranțele aM sunt astfel concepute încât să nu declanșeze la curenți mai mici de $4 I_n$ (v. Fig.X.1.b), în timp ce siguranțele de uz general gG acționează la valori ale curentului care depășesc I_f ($\sim 1,6 I_n$).

În consecință, siguranțele aM nu pot asigura protecție la suprasarcină la valori ale curentului sub $4I_n$ și de aceea ele trebuie asociate cu alte aparate de comutație (contactoare echipate cu relee termice sau întreruptoare automate).

Caracteristicile de protecție ale siguranțelor fuzibile din aceeași clasă, cu diferiți curenți nominali din seria normalizată, formează o familie de caracteristici (v. Fig.X.2). La aceeași valoare a curentului de scurtcircuit care parcurge succesiv mai multe siguranțe, de regulă acționează prima dată fuzibilul cu curentul nominal cel mai mic.

Fig.X.2 Caracteristicile unei familii de fuzibili

Observație. Cataloagele producătorilor de siguranțe oferă caracteristicile de pre-arc ale fuzibilelor în stare rece. Dacă siguranțele ar fi fost parcurse anterior de curentul de serviciu și ar fi fost preîncălzite, atunci timpul de pre-arc al siguranței se reduce proporțional. Reducerea poate ajunge la 65% dacă siguranța a fost preîncălzită la curent nominal.

La scurtcircuit

Caracteristica de limitare este importantă atunci când vrem să apreciem comportarea unei siguranțe la scurtcircuit. Această indică, pentru o anumită valoare a curentului nominal I_n , care este valoarea maximă a curentului limitat (tăiat) în funcție de valoarea prezumată efectivă a curentului de scurtcircuit.

Datorită fuziunii rapide, atunci când curentul de scurtcircuit este de valoare mare, întreruperea începe înaintea apariției curentului de vârf, astfel încât curentul de defect nu atinge niciodată valoarea sa prezumată. Această limitare reduce semnificativ solicitările termice și electrodinamice

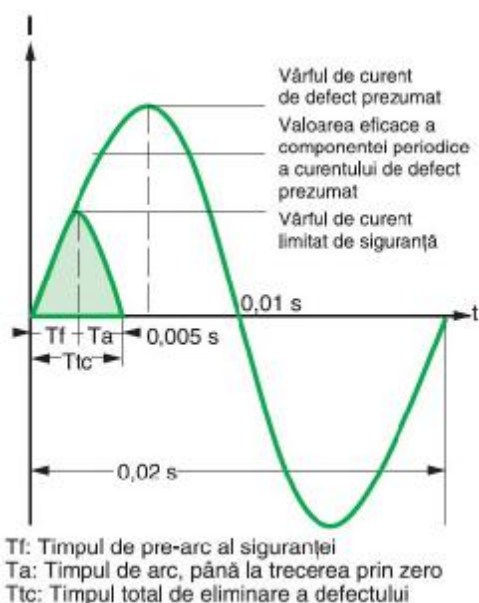


Fig.x.3 Limitarea de curent dată de o siguranță

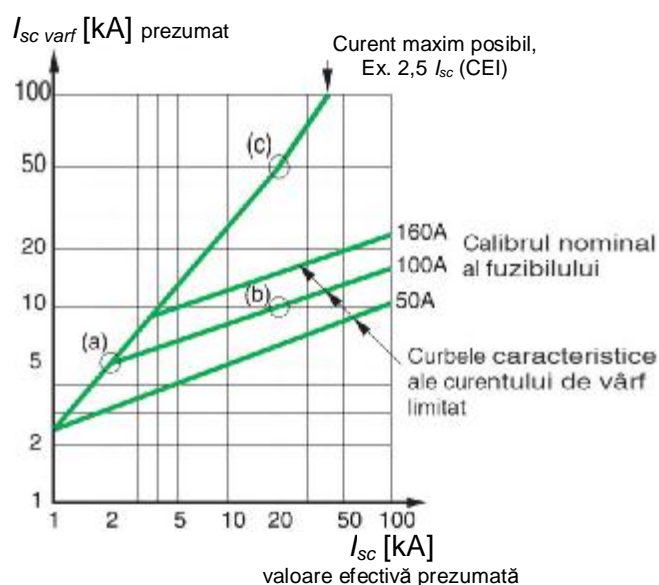


Fig.x.4 Caracteristici de limitare pentru fuzibile de joasă tensiune

care ar putea să apară, minimizând consecințele la locul defectului. Fenomenul de limitare este reprezentat în Fig.X.3 iar modul de acțiune al caracteristicii de limitare este ilustrat în Fig.X.4.

Timpul de topire în cazul unui supracurent I poate fi aproximat cu relația:

$$t_a = T \cdot \ln \frac{1}{1 - \left(\frac{I_{lim}}{I} \right)}$$

unde T este constanta de timp a siguranței, iar I_{lim} (de obicei $\leq 1,6 I_n$) este cel mai mic supracurent care topește siguranța.

Siguranțele fuzibile se folosesc uneori în asociație cu separatoare sau comutatoare pentru a realiza „dispozitive de comutație combinate”. Acestea sunt preferate atunci când utilizarea întrerupătoarelor automate nu este oportună datorită frecvenței mari de comutare pe durate de timp lungi. De asemenea ele pot fi prevăzute pentru a proteja dispozitivul de comutare atunci când pot apare accidental curenți de defect ce depășesc capacitatea de rupere a acestora.

Cele mai utilizate combinații sunt reprezentate în Fig.X.5

Combinația „fuzibil-separator” poate fi cu declanșare automată atunci când siguranțele sunt dotate cu pini de percuție care au rolul de a declanșa aparatul de comutație adițional (Fig. X.X.c).

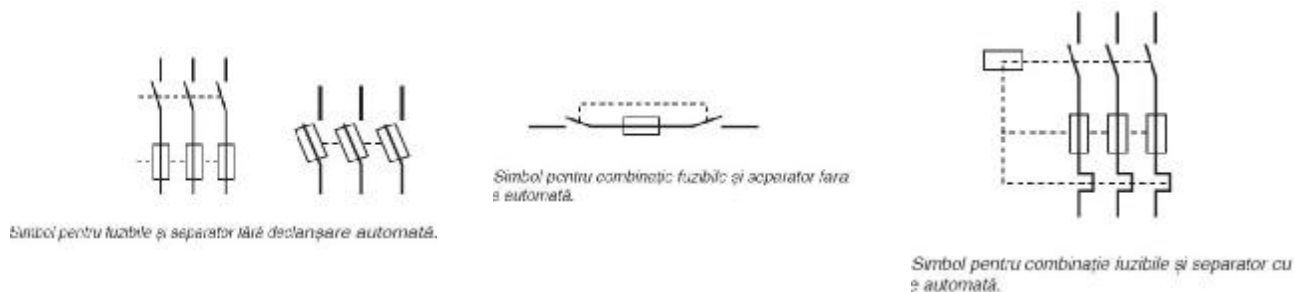


Fig. X.5

În concluzie, siguranțele fuzibile pot fi caracterizate de următoarele avantaje și dezavantaje:

- (a)
 - au construcție simplă și sunt ieftine
 - au efect limitator, întrerupând curentul de scurtcircuit în prima semiperioadă înainte ca acesta să atingă valoarea maximă
 - pot îndeplini și rol de separator
- (b)
 - necesită înlocuirea elementului fuzibil la fiecare defect
 - elementul fuzibil „îmbătrânește” termic datorită suprasarcinilor
 - pot determina funcționarea în două faze a motoarelor datorită prin întreruperea unei singure faze, și deci suprasolicitarea acestora
 - nu permite un reglaj al curentului de acționare
 - gama uzuală a curenților este limitată la 630A

Se recomandă utilizarea lor în porțiunile de rețea caracterizate de curenți de scurtcircuit mari și funcționare în suprasarcină puțin frecventă.

2.2 Relee și declanșatoare termice

Releele termice sunt conectate în serie cu contactoarele electromagnetice, în scopul realizării protecției la suprasarcină. La apariția unei suprasarcini, releul termic determină deschiderea unui contact și prin aceasta determină întreruperea curentului electric prin bobina contactorului și deci deconectarea acestuia.

Simbol pt relele termice

Declanșatoarele termice acționează mecanic asupra mecanismului unui întrerupător (în care sunt uzual încorporate) cu ajutorul unui percutor, determinând deconectarea lui la apariția unei suprasarcini.

Principiul de funcționare al acestor aparate se bazează pe proprietatea bimetalului de se deforma puternic la variația temperaturii. Bimetalul este constituit din două lamele metalice cu coeficienți de dilatare diferiți, îmbinate prin sudare, lipire sau nituire. În raport cu curentul prin circuitul protejat, bimetalul releelor/declanșatoarelor termice pot fi încălzite:

- direct, prin inserierea în circuit;
- indirect, printr-o înfășurare de încălzire dispusă în jurul bimetalului;
- mixt (simultan prin ambele procedee anterioare)
- cu reductor de curent, în cazul unor curenți de supravegheat de valori mari.

Tabelul 2.1 Moduri de încălzire a bimetalului în funcție de curentul supravegheat

Curentul [A]		1	2	5	10	15	20	25	40	60	100	200	400
Mod încălzire	Indirectă prin înfășurare	x	x	x	x								
	radiație	x	x	x	x	x	x	x					
Semidirectă			x	x	x	x	x	x					
Directă	în serie		x	x	x	x	x	x					
	în paralel				x	x	x	x	x	x	x	x	
	cu șunt								x	x	x	x	
Cu reductor de curent										x	x	x	x

Releele termice sunt echipate cu dispozitive de acționare în salt prin care se evită depărtarea lentă a contactului fix de cel mobil, cu scopul de a evita formarea arcului electric și sudarea contactelor, deși întrerup curenți de valori relativ mici (de comandă ai unui contactor). Ele pot fi uneori echipate cu dispozitive de blocare a reanclanșării. Revenirea în starea inițială după funcționare (rearmarea) se poate face manual sau automat.

Atunci când funcționează în curent alternativ, releele termice au în general o construcție tripolară, numită bloc de rele termice, compus din trei lamele bimetalice conținute într-o carcasă comună. Ele sunt de regulă compensate cu temperatura mediului ambiant în domeniul $-20^{\circ} \dots +50^{\circ}\text{C}$. Atunci când sunt utilizate la protecția la suprasarcină a motoarelor trifazate, blocurile de rele termice sunt prevăzute cu un dispozitiv sensibil la întreruperea unei faze (și deci lipsa deformării bimetalului de pe acea fază). Cele două bimetal rămase active se vor deforma mult amplificat, determinând acționarea releului într-un timp mai scurt.

Elementele caracteristice ale releelor și declanșatoarelor sunt: curentul nominal, curentul de reglaj și caracteristica timp-curent (de declanșare).

Curentul nominal I_n al releului/declanșatorului se referă la curentul nominal al lamelei bimetalice, fiind disponibilă o gamă de valori discrete, prezentată în Tabelul 2.2. În cazul unui bloc de rele termice, curentul nominal se referă la capacitatea carcasi și aparține unei game cu mai puține valori discrete, dar în aceasta pot fi montate lamele care au curenți nominali într-o anumită gamă (v. Tabelul 2.2).

Tabelul 2.2 Trepte de curent pentru rele termice (exemple)

I_n [A]	Lamela	0,4	0,55	0,75	1,0	1,3	1,8	3,3	4,5	6	8	11	16	20	25	32	40	63
	Bloc rele termice	10											--					
		32											--					
		--											63					

Cursa unghiulară pe care trebuie să o efectueze extremitatea lamelei pentru a elibera dispozitivul de armare poate fi reglată, cu ajutorul unui șurub, într-o plajă indicată de constructor (de exemplu, *curentul de reglaj* poate fi situat între $I_r = 0,66 \dots 1 \cdot I_n$) pentru a putea acoperi toate valorile curentului din circuitul protejat.

Caracteristica de declanșare (timp-curent) a unui releu/declanșator termic exprimă dependența dintre timp și valoarea reglată a curentului I_r (uneori pe abscisă se reprezintă raportul I/I_r) și are o formă descrescătoare. Ea este indicată frecvent de constructor pentru funcționarea pornind din stare rece, odată cu diminuarea timpilor de declanșare pentru cazul când suprasarcina intervine după o perioadă de funcționare ce determină o preîncălzire. Declanșarea are loc după depășirea unui prag de $1,05 \dots 1,2 \cdot I_r$.

Caracteristica de declansare	Caracteristica de declansare pe clase de declanșare v. Dinculescu
------------------------------	---

În cazul particular al protecției la suprasarcină a motoarelor electrice, releele termice nu trebuie să interpreteze supracurentul de pornire drept curent de defect și nu trebuie să acționeze indiferent de tipul sau durata pornirii. În acest scop, s-au definit *clase de declanșare* (v. Tabelul 2.3)

Tabelul 2.3 Clase de declanșare

Clasa	Timpi de declanșare cu pornire din stare rece			
	$1,05 \cdot I_r$	$1,2 \cdot I_r$	$1,5 \cdot I_r$	$7,2 \cdot I_r$
10A	> 2 h	< 2 h	< 2 min	2 .. 10 sec
10			< 4 min	4 .. 10 sec
20			< 8 min	2 .. 20 sec
30			< 12 min	2 .. 30 sec

Curentul de autoprotecție este acea valoare a curentului (circa $10 \cdot I_n$) care provoacă declanșarea aparatului comandat de releu/declanșator înainte ca lamela bimetalică să depășească temperatura limită peste care caracteristicile de material pot fi afectate.

2.3 Relee cu termistori

Termistorii reprezintă o categorie specială de rezistoare a căror rezistență electrică variază semnificativ cu temperatura. Se folosesc uzual ca senzori de temperatură, ca limitatori de curent, ce elemente sensibile a releelor de suprasarcină sau ca elemente de încălzire autoregulatorie pentru cuptoare.

După cum își modifică rezistența electrică în raport cu temperatura, se deosebesc două categorii de termistori: cu coeficient de temperatură pozitiv (PTC – positive temperature coefficient) și cu coeficient de temperatură negativ (NTC – negative temperature coefficient).

În protecția la suprasarcină a instalațiilor electrice se folosesc termistori PTC, care în general sunt

Simbolul termistorului Simbolul releului cu termistoare	Caracteristica $R = f(\theta)$ a unui termistor PTC
---	--

de tip „comutator” adică își modifică brusc rezistența electrică atunci când ating o anumită temperatură critică (v. Fig. X.X).

Termistorii sunt realizați din ceramică polycrystalină cu conținut de titanat de bariu (BaTiO_3) sau din polymer care înglobează grăunți de carbon. Ei se construiesc sub forma unei pastile care are însușiri de semiconductor și se introduce în zona a cărei temperatură trebuie supravegheată.

Temperatura nominală θ_n a unui termistor este cea în jurul căreia se produce variația în salt a rezistenței. Prin modificarea compoziției se realizează o gamă largă de termistori, cu temperaturi nominale între 60 și 180°C.

Termistorii se folosesc pentru protecția motoarelor de putere mare, pentru controlul direct al temperaturii înfășurării motorului și sunt integrate în scheme de comandă automată.

2.4 Relee și declanșatoare electromagnetice

Releele (de curent, de tensiune, de timp, intermediare etc.) și declanșatoarele electromagnetice sunt care sunt dispozitive fie independente fie intră în componența unor aparate de comutație și

Simbolul releului
electromagnetic

Principiu constructiv al unui
releu electromagnetic

protecție (întrerupătoare automate, ruptoare etc.). Ele au ca element constructiv principal un electromagnet care acționează echipajul mobil care poartă contactele mobile sau, în cazul declanșatoarelor, acționează printr-un impuls mecanic asupra mecanismului de zăvorâre al întrerupătoarelor automate provocând declanșarea lor.

Bobina electromagnetului este traversată chiar de curentul supravegheat, sau de un curent proporțional cu acesta. Deoarece armătura electromagnetului este menținută în poziția „depărtat” cu ajutorul unui resort, asupra acesteia acționează două forțe antagoniste:

- forța dezvoltată de resort $F_r = k_r (\Delta - \delta)$

- forța de atracție electromagnetică $F_{em} = k_{em} \left(\frac{I}{\delta} \right)^2$

unde k_r și k_{em} sunt constante ce depind de construcția releului, I este intensitatea curentului din bobină, d este întrefierul (reglabil) dintre cele două armături fixă și mobilă, iar Δ este săgeata resortului pentru poziția cu armăturile lipite ($\delta=0$), de asemenea reglabilă.

Valoarea curentului din bobină pentru care releul își atrage armătura mobilă se numește *curent reglat* I_{em} și poate fi determinat cu

$$I_{em} = \sqrt{\frac{k_r}{k_{em}}} \cdot \delta_0 \cdot \sqrt{\Delta - \delta_0}$$

unde δ_0 reprezintă întrefierul maxim inițial dintre armături.

Modificarea curentului reglat poate fi făcută fie prin modificarea întrefierului inițial δ_0 (v.Fig.X.X), fie prin modificarea săgeții resortului (v.Fig.X.X)

Releele electromagnetice pot acționa cu temporizare independentă de curent (v.Fig.X.X) sau cu temporizare dependentă de curent (v.Fig.X.X) care poate fi realizată mecanic (cu mase inerțiale, de exemplu), electric sau electronic.

Modificarea curentului
reglat I_{em} prin
modificarea întrefierului

Modificarea curentului
reglat I_{em} prin
modificarea întrefierului

Modificarea curentului
reglat I_{em} prin
modificarea întrefierului

Modificarea curentului
reglat I_{em} prin
modificarea întrefierului

În cazul curenților de scurtcircuit foarte mari, pentru comanda întrerupătoarelor se folosesc relee ultrarapide, cu timpi de acționare sub câteva milisecunde, deschiderea contactelor având loc la o valoare inferioară curentului maxim de scurtcircuit.

Asocierea într-un singur dispozitiv de protecție a unui releu electromagnetic (împotriva curenților de scurtcircuit) și a unui releu termic (împotriva curenților de suprasarcină) poartă numele de *releu magnetotermic*.