

METODE ȘI MIJLOACE MODERNE DE REDUCERE A CURENȚILOR DE SCURTCIRCUIT ÎN SISTEMELE ELECTRICE

Mihai GORII, Victor POGORA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Lucrarea prezintă o sinteză a metodelor inovatoare de reducere a curenților de scurtcircuit în sistemele electrice. Sunt prezentate și analizate principiile de funcționare și construcțiile diferitor tipuri de limitatoare a curenților de scurtcircuit (s.c.).

Cuvinte cheie: Limitatoare a curenților de scurtcircuit, limitatoare de comutație, limitatoare pe bază de semiconductoare, limitatoare pe bază de supraconductoare.

Introducere

Problema reducerii curenților de scurtcircuit este una de importanță majoră atât pentru sistemul electroenergetic, cât și pentru sistemele de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale.

În același timp, practica de mai mulți ani a arătat că metodele tradiționale de reducere a curenților de s.c. [1] au neajunsuri și nu satisfac cerințelor actuale. Această situație a determinat necesitatea elaborării unor concepte, metode și echipamente noi, mai eficiente de reducere a curenților de s.c. Studiile realizate în mai multe țări au arătat că sunt de perspectivă trei concepții ale limitatorului de viitor: de comutație, pe bază de semiconductoare, pe bază de supraconductoare.

Limitatorul de curent de comutație [2,3] este un dispozitiv de limitare a curenților de s.c. care se poate instala în paralel cu reactoarele de reducere a curenților de s.c., în serie cu întreruptoarele sau separat. La momentul actual sunt elaborate astfel de limitatoare de tip CLiP care se utilizează în sistemele cu tensiuni nominale de la 2,8 kV până la 38 kV și curenți nominali de până la 5000 A. Limitatoarele de acest tip sunt utilizate cu succes la întreprinderile corporațiilor SHELL, Ford Motor Company, IBM și altele pentru protecția transformatoarelor de putere, motoarelor, fiderelor de plecare și altor echipamente.

Construcția și principiul de lucru a limitatorului CLiP

Construcția limitatorului de comutație CLiP este prezentată în fig.1. În regim normal de lucru curentul circulă prin bara din cupru a limitatorului. În caz de s.c. acționează schemele electronice logice care includ în funcțiune dispozitivul de deconectare. Ultimul asigură ruperea barei prin mici explozii în mai multe porțiuni. Astfel apar mai multe intervale, iar curentul se transferă la elementul de protecție, conectat în paralel cu bara. Fuzibilul acestuia începe să se topească, asigurând limitarea curentului în decursul primei semiperioade, până la valoarea de vârf a curentului de s.c.

Este necesar de subliniat că selectivitatea acționării CLiP se datorează anume schemelor logice. Datorită acestora acționarea limitatorului nu depinde nici de caracteristicile “timp-curent”, nici de temperatură, nici de alte condiții. Importă doar valoarea curentului de s.c.

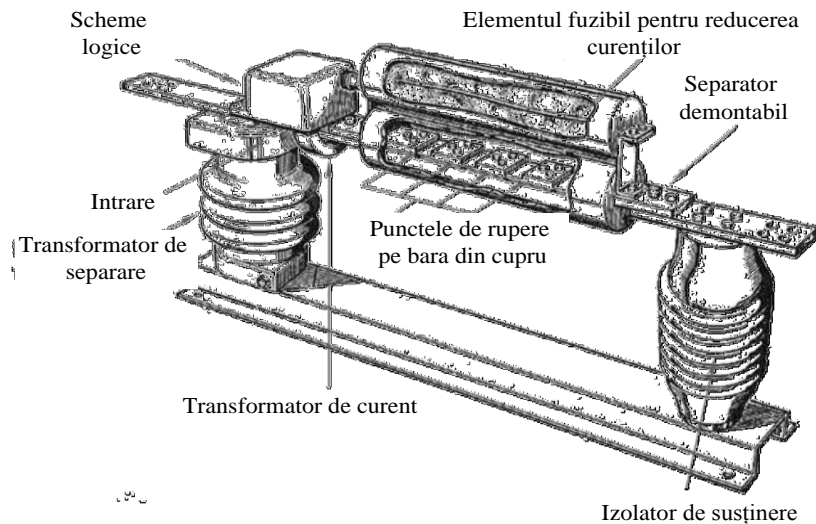


Figura 1- Limitatorul de curent de comutație de tip CLiP

În fig.2 sunt prezentate două variante de conectare a limitatorului CLiP în rețelele electrice.

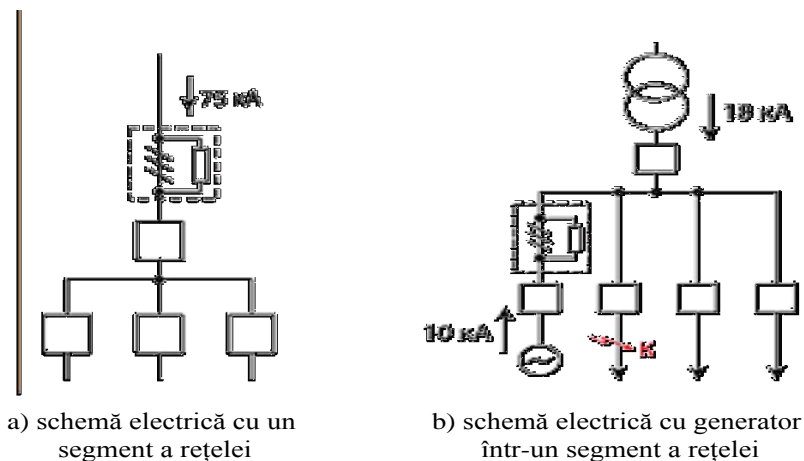


Figura 2 - Scheme electrice cu conectarea limitatorului CLiP

Pentru a exclude întreruperi în alimentarea consumatorilor, condiționate de necesitatea înlocuirii cartușului separatorului și a fuzibilului după înlăturarea curentului de scurtcircuit, limitatorul CLiP se conectează în paralel cu un reactor. În acest caz în regim normal curentul nu va trece prin reactor și numai în regim de s.c., după acționarea limitatorului, reactorul se va include în circuit.

Limitatoare pe bază de semiconductoare [4]

Principiul de funcționare a acestor dispozitive se bazează pe caracteristicile dispozitivelor semiconductoare. Utilizarea semiconductoarelor permite crearea nu doar a aparatelor de comutație similare cu cele existente având caracteristici îmbunătățite, dar și a aparatelor cu noi posibilități.

În fig.3 este ilustrat principiul de funcționare a limitatorului pe bază de semiconductoare fără contacte prin modelare pe calculator.

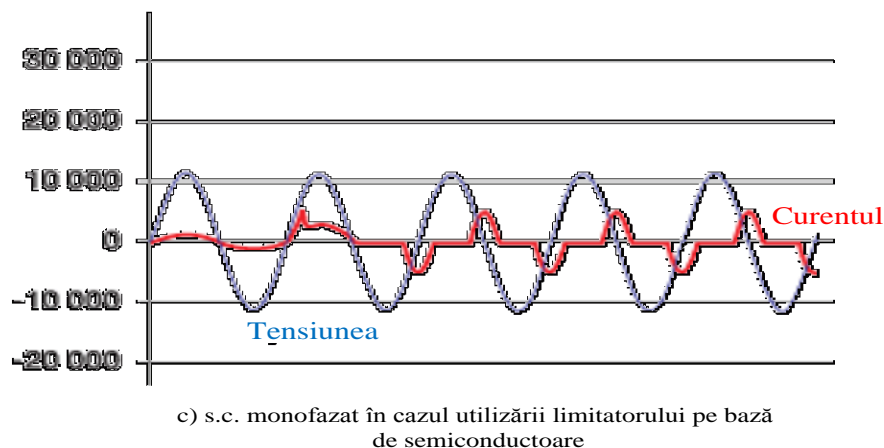
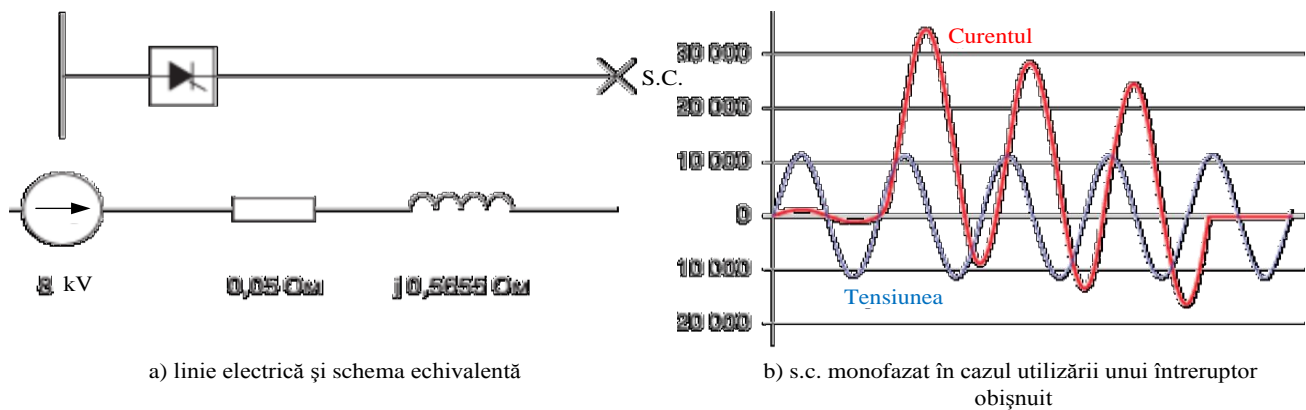


Figura 3-Linia electrică în circuitul căreia are loc un s.c. monofazat

La construirea limitatoarelor de acest tip este rațională varianta de realizare pe module (blocuri). Astfel de blocuri pot fi folosite pentru asamblarea limitatoarelor la diferite tensiuni, totodată și în caz de defecțiune ele pot fi ușor înlocuite.

Limitatoare pe bază de supraconductoare [5]

De mai multe decenii se lucrează intens la proiectarea și exploatarea în rețele a echipamentului electric pe bază de supraconductoare: generatoare, transformatoare, cabluri. Au fost, de asemenea, întreprinse încercări de elaborare a unor tipuri de limitatoare pe bază de supraconductoare la temperaturi joase. Descoperirea în a. 1986 a supraconductoarelor la temperaturi ridicate a făcut posibilă realizarea unor construcții de astfel de limitatoare cu parametri performanți și costuri acceptabile. La momentul actual sunt elaborate două tipuri de limitatoare pe bază de supraconductoare: de tip rezistiv și de tip inductiv.

Limitatorul de tip rezistiv (fig. 4.a) este cel mai simplu și are cele mai mici gabarite. El este bazat pe neliniaritatea rezistenței supraconductorului și se realizează în două variante: consecutivă și cu șuntare. În exemplul din fig. 4.b limitatorul cu supraconductor de tip rezistiv fără inductivitate se conectează consecutiv în schema cu sarcina protejată. În regim normal de lucru rezistența limitatorului este aproape de zero, iar la apariția avariei limitatorul iese din starea de supraconductibilitate și intră în starea rezistivă. Astfel de limitator necesită o densitate mare de curent prin cablul supraconductor și evacuarea eficientă a unei cantități considerabile de căldură în regim de s.c. de la acesta pentru a-l

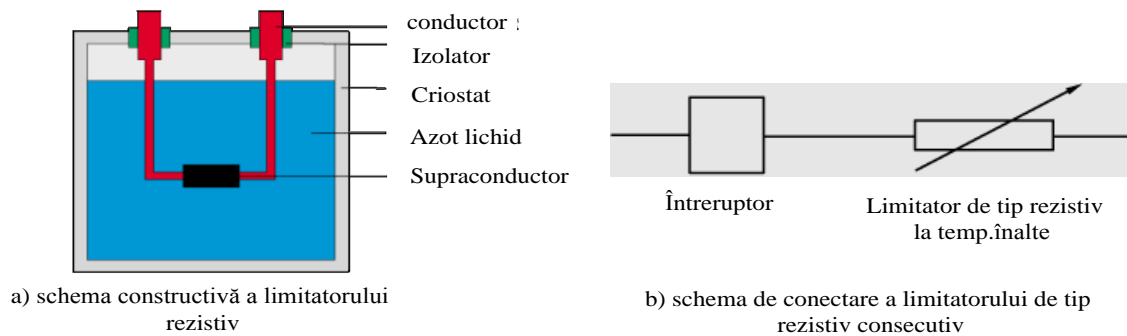


Figura 4- Limitator de tip rezistiv pe bază de supraconductor

reîntoarce în stare de supraconductibilitate într-un interval de timp cât mai scurt. În așa fel limitatorul de tip rezistiv consecutiv poate fi aplicat în circuite în cazul, în care sunt suficiente câteva minute pentru recuperare după avarie.

Mult mai eficient este limitatorul rezistiv cu șuntare. Principiul de limitare a curentului în acest caz este același ca și la limitatorul consecutiv, totodată, în această variantă în paralel cu supraconductorul se conectează un șunt – un rezistor „cald” sau o bobină de inductanță. În regim de s.c. curentul se redirecționează prin acest șunt.

Limitatorul de tip inductiv (fig.5.a) de asemenea se bazează pe neliniaritatea rezistenței supraconductorului. Un astfel de limitator poate fi prezentat ca un transformator cu un rezistor supraconductor neliniar în calitate de sarcină a înfășurării secundare (fig.5.b). În regim normal de lucru înfășurarea secundară a transformatorului este închisă pe supraconductor. Rezistența limitatorului în acest caz este aproape de zero. La apariția s.c. supraconductorul iese din starea de supraconductibilitate și rezistența acestuia crește semnificativ. În rezultat curentul de s.c. este limitat de reactanța inductivă a înfășurării primare.

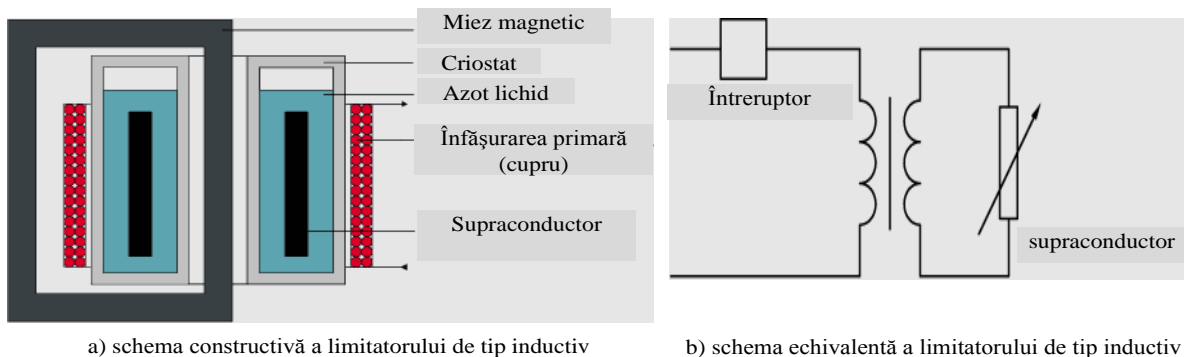


Figura 5 - Limitatorul de tip inductiv pe bază de supraconductor

Concluzii

- Limitatoarele de curent de comutație prezintă în sine niște siguranțe de limitare a curenților de s.c. care, la apariția scurtcircuitelor, se comutează prin niște explozii, evitând dezavantajele siguranțelor obișnuite. Aceasta duce la mărirea curenților nominali (de până la 6000 A) și la posibilitatea deconectării curenților de s.c. cu valori mari (mai mult de 300 kA). Viteza de acționare a limitatorului de comutație depășește viteza întreruptorului obișnuit, asigurându-se o limitare mai bună și o valoare mult mai mică a integralei Joule. Aplicarea acestor limitatoare permite instalarea în stațiile de distribuție a unui echipament cu un curent electodinamic mai mic și curenți de rupere mai mici, sarcina fiind preluată de limitatoare. Aplicarea în paralel a limitatoarelor de acest tip cu reactoarele de reducere a curenților de s.c. duce la alimentarea consumatorilor fără deconectări, totodată se micșorează semnificativ pierderile de energie electrică.

Din cele menționate rezultă, că această soluție (limitatoarele de comutație) este de perspectivă apropiată. Este de așteptat că caracteristicile acestui tip de limitator se vor îmbunătăți, iar costul lui se va reduce. La momentul actual se proiectează limitatoare de acest tip la joasă și înaltă tensiune.

- Limitatoarele pe bază de semiconductoare au următoarele avantaje: limitarea curenților de s.c.; limitarea curenților de pornire; rezultate bune privind rapiditatea în funcționare, frecvența comutărilor și resursa de comutare; reducerea supratensiunilor de comutație; îmbunătățirea calității energiei electrice.

Astfel de limitatoare ar fi cea mai bună soluție, dar la moment studiile și elaborările acestor tipuri de limitatoare sunt în fază de dezvoltare. Un impediment considerabil în calea implementării acestora îl constituie gabaritele mari și costurile ridicate.

- Limitatoarele pe bază de supraconductoare în comparație cu limitatoarele pe bază de semiconductoare au un cost mai ridicat și gabarite mai mari ceea ce este condiționat de utilizarea în primele a sistemului criogenic. Ca avantaj este capacitatea acestor limitatoare de a asigura reanclanșarea automată rapidă.

Compararea definitivă a caracteristicilor limitatoarelor pe bază de supraconductoare cu limitatoarele pe bază de semiconductoare nu este posibilă, deoarece nu sunt realizate modele industriale de astfel de tipuri de limitatoare.

Bibliografie

1. Rascet korotkih zamîcanii i vîbor electrooborudovania./ pod.obş. red. prof. I. P. Kriucikova i prof. V. A. Starşinova, M.: Academia, 2005.
2. G&W Publication, "Guide to the methodology of trigger level section for the G&W CLiP®", November 14, 1994.
3. P. Elaghin Komutaționnîe ograniciteli toka. Novîe ustroistva dlea zaşitî electrooborudovania. Novosti electrotehniki, nr. 4, 2004.
4. P. Elaghin Poluprovodnicovîi bescontactnîi tocoogranicivaiuşcii vîcliuciateli. Novoe slovo v komutaționnoi tehnike. Novosti electrotehniki, nr. 6, 2004.
5. P. Elaghin Sverhprovodnicovîi tocoograniciteli. Komutaționnîi aparat buduşcevo. Novosti electrotehniki, nr. 3, 2005.