

PROBLEMI ZAŠTITE OD KRATKOG SPOJA U ISTOSMJERNIM RAZVODIMA POSTROJENJA ZA PRIJENOS I DISTRIBUCIJU

Javor Š k a r e - Attila L ö v e i, Zagreb

UDK 621.316.12:621.3.024
PREGLEDNI ČLANAK

Objavlivanje norme IEC 61660-1 predstavlja značajan doprinos određivanju pravog pristupa proračunu kratkog spoja u sustavima za napajanje istosmjernim naponom elektroenergetskog postrojenja. Zbog toga će zahtjevi koje ona postavlja biti posebno razmotreni i komentirani u ovom članku.

Principi postizanja selektivnosti i određivanje zaštitnih elemenata u razvodima sustava za napajanje istosmjernim naponom također će biti predmet ovog članka.

Ključne riječi: rasklopna postrojenja, pomoćni istosmjerni razvod, kratski spoj, selektivnost i pouzdanost.

1. UVOD

Osiguranje efikasne i selektivne zaštite u svim razinama temeljni je zadatak pri projektiranju sustava za napajanje istosmjernim naponom. Projektiranje sustava za napajanje istosmjernim naponom, uz pokušaj njegovog optimiranja glede pouzdanosti, vrlo često može predstavljati ozbiljnu poteškoću. Proračunom kratkog spoja se dobiju ulazni podaci za izbor odgovarajućih zaštitnih elemenata. Zbog toga mu je nužno posvetiti primjerenu pozornost.

2. PRORAČUN KRATKOG SPOJA

2.1. Značenje objavljivanja norme IEC 61660-1 (1997-06)

Proračun kratkog spoja u razvodima istosmjernog napona je nužno provesti u svim strujnim krugovima.

Prekidna moće električnih zaštitnih uređaja treba biti viša od struje kratkog spoja na mjestu njihove ugradnje. Pri tom je potrebno obratiti pozornost i na vremensku konstantu istosmjernog kruga.

Provjerom vremena prorade električnih zaštitnih uređaja pri maksimalnoj i minimalnoj struji kratkog spoja, može se provjeriti selektivnost i pouzdanost isklopa električnih zaštitnih uređaja ugrađenih u razne razine zaštite.

Prije objavljivanja norme IEC 61660-1, nije postojao mjerodavan međunarodni standard koji se bavio problemom proračuna struja kratkog spoja u sustavima istosmjernog napona elektroenergetskih postrojenja. To je uzrokovalo korištenjem raznih postupaka proračuna

koji u većini slučajeva nisu uzimali u obzir sve čimbenike koji utječu na visinu i oblik struje kratkog spoja.

Osnovno značenje IEC-a je u tome što promatra i obrađuje sustav napajanja istosmjernim naponom kao integralnu cjelinu, uzimajući u obzir sve pasivne i aktivne elemente kruga i sve strujne krugove.

IEC 61660-1 je značajan i zbog analize utjecaja i načina uključivanja u proračun nekih bitnih elemenata, kao što su:

- tiristorskog ispravljača
- akumulatorske baterije
- kondenzatora
- DC motora.

U rasklopnim postrojenjima utjecaj DC motora na struju kratkog spoja je zanemariv. Kondenzator na izlazu iz ispravljača znatno doprinosi vrijednosti udarne struje kratkog spoja u blizini ispravljača. Međutim, kod kratkog spoja u blizini ispravljača, vremenska konstanta pražnjenja kondenzatora je mala, reda veličine 30-40 μ s, pa zbog toga pražnjenje kondenzatora nema značajnijeg utjecaja na izbor prekidne moći prekidača, budući da u tako kratkom vremenu prekidači ne počinju prekidati struju kratkog spoja. Kod "dalekih" kratkih spojeva vremenska konstanta pražnjenja naraste i do 10 μ s, ali tad su i ukupne vrijednosti struja kratkog spoja male, a na njih najviše utječu otpori napojnih kabela. Osim toga, kod "dalekih" kratkih spojeva kritičnije su minimalne struje kratkog spoja pa je opravdano zanemariti utjecaj kondenzatora. To su razlozi zbog kojih nećemo posebno komentirati dio IEC norme koji obrađuje utjecaj DC motora i kondenzatora na ukupnu struju kratkog spoja u razvodima pomoćnog istosmjernog napona.

IEC norma nalaže potrebu istovremenog proračuna maksimalne i minimalne struje kratkog spoja. Prilikom proračuna maksimalne struje kratkog spoja treba uzeti u obzir sljedeće pretpostavke:

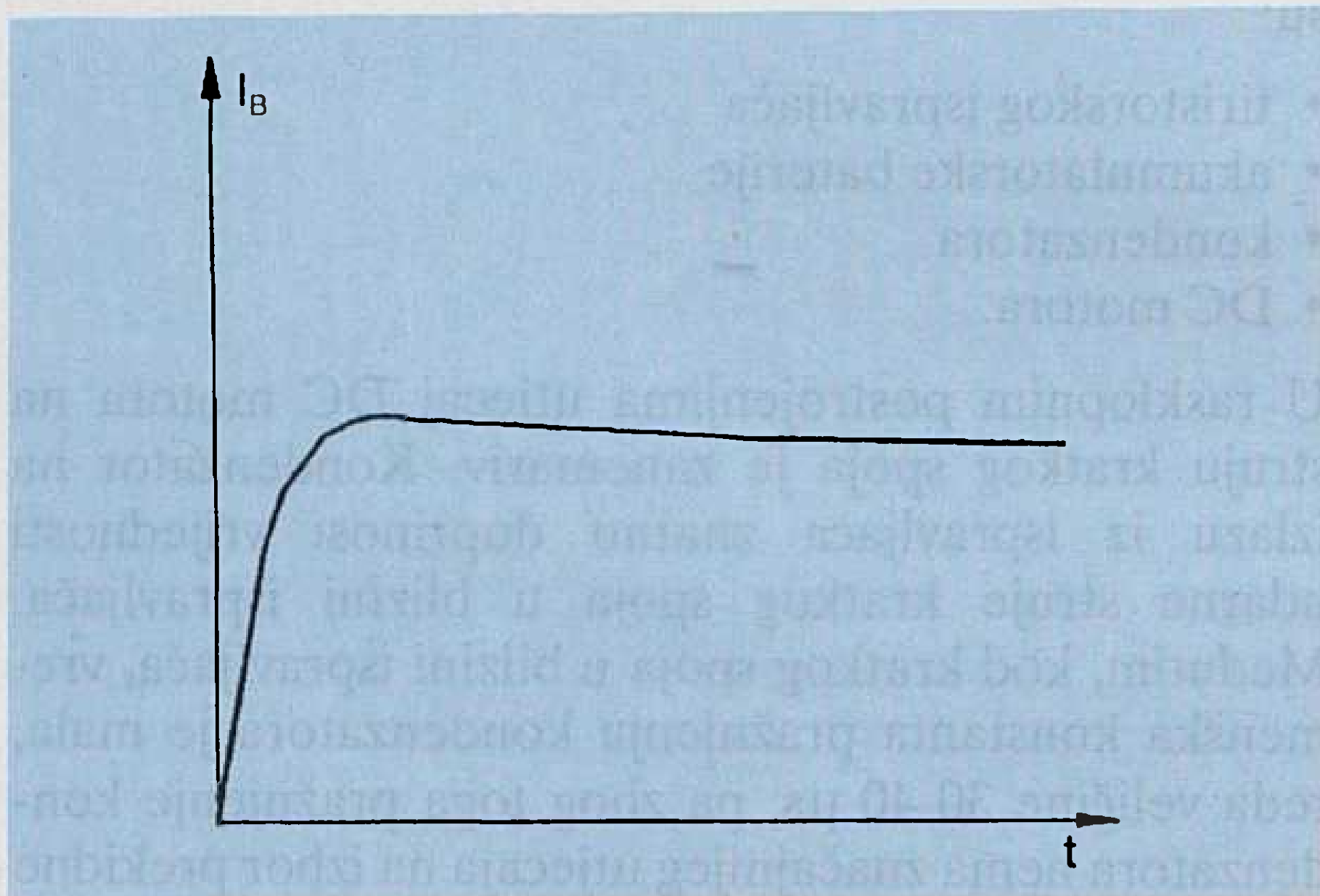
- otpor kabela i vodiča se uzima uz temperaturu 20°C
- otpori spojeva između baterijskih blokova i sabirnica su zanemarivi
- limitacija ispravljača nije u funkciji
- otpori dioda su zanemarivi
- akumulatorska baterija treba biti napunjena do nazivnog kapaciteta
- limitacija struje koju vrše električni zaštitni uređaji treba se uzeti u obzir.

Prilikom proračuna minimalne struje kratkog spoja nalaže se potreba uzimanja u obzir sljedećih pretpostavki:

- otpori kabela i vodiča se uzimaju uz maksimalnu radnu temperaturu
- otpori spojeva između baterijskih blokova i sabirnice se uzimaju u obzir
- utjecaj ispravljača je njegova nazivna struja kratkog spoja
- akumulatorska baterija je prazna
- otpori dioda se trebaju uzeti u obzir
- limitacija struje koju vrše električni zaštitni uređaji treba se uzeti u obzir.

2.2. Utjecaj akumulatorske baterije na struju kratkog spoja

Na slici 1 je prikazan vremenski odzivi akumulatorske baterije na kratki spoj.



Slika 1. Akumulatorska baterija

Kao što se vidi iz slike 1, kratki spoj iza akumulatorske baterije je definiran dvjema vrijednostima struje kratkog spoja. Prva je vršna vrijednost struje kratkog spoja koja nastupa nekoliko ms nakon što se kratki spoj pojavio u razvodu, a druga je trajna struja kratkog spoja koja nastupa otprilike 1 s nakon pojave kratkog spoja. Vršna vrijednost kratkog spoja iznosi:

$$i_{PB} = \frac{E_B}{R_{BBR}}$$

Trajna struja kratkog spoja iznosi:

$$i_{kB} = \frac{0.95 \cdot E_B}{R_{BBR} + 0.1 \cdot R_B}$$

$$R_{BBR} = 0.9 R_B + R_{BL} + R_Y$$

gdje je:

R_B - je unutrašnji otpor baterije definiran za punu i praznu akumulatorsku bateriju od strane proizvođača.

E_B - napon otvorenog članka za punu i praznu bateriju.

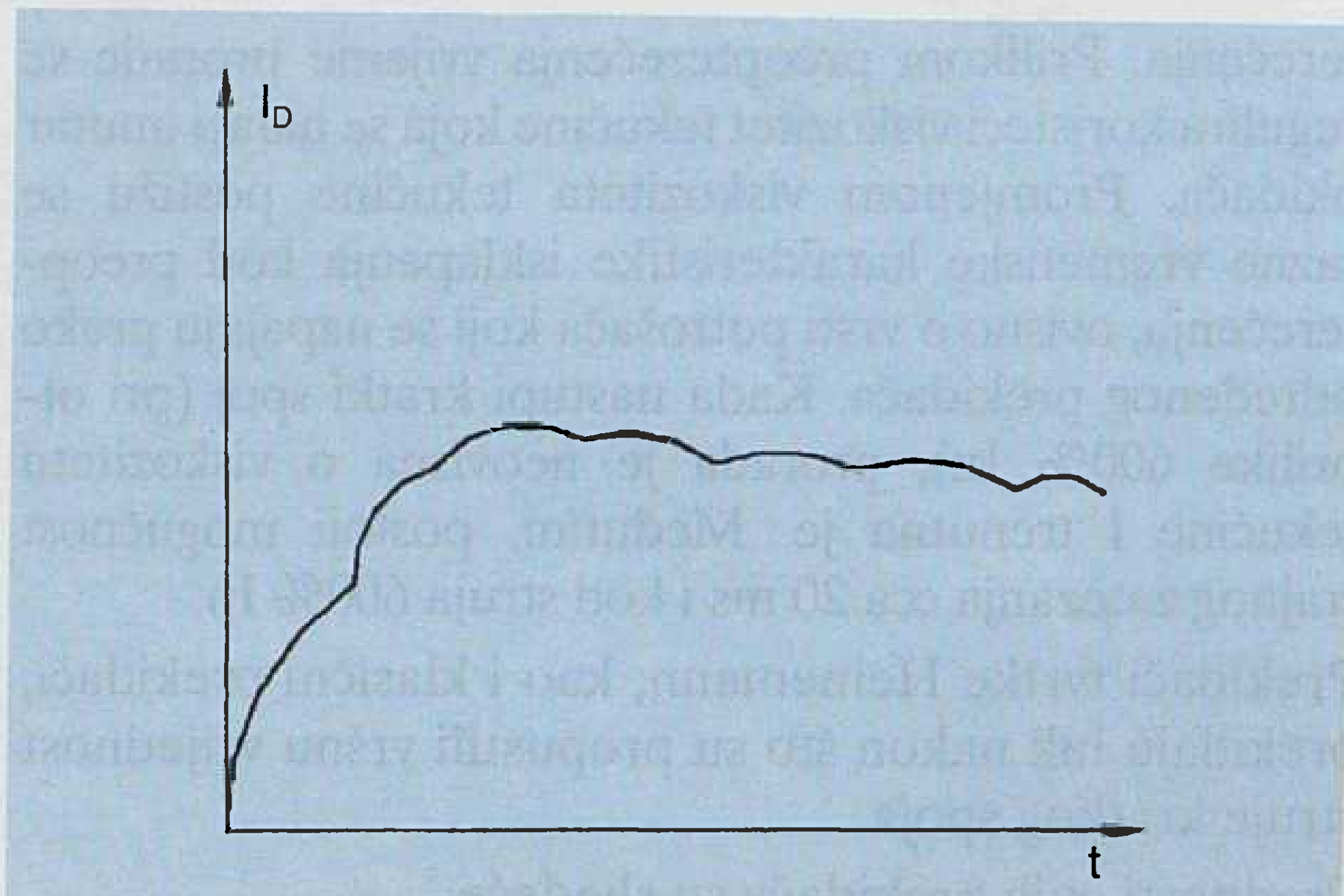
R_{BBR} - otpor koji uključuje i otpor baterije i otpor vodova.

Vidljivo je da se rezultati proračuna kratkog spoja prema novoj IEC normi bitno razlikuju od rezultata dobivenih dosad uobičajenim proračunima. Dosad se obično računala samo trajna vrijednost struje kratkog spoja. Nakon pojave drafta IEC 1660-1 (1996-11), a prije objavljivanja novog IEC 61160 (1997-06), izvršena je usporedba rezultata dobivenih proračunom i ispitivanjem putem dinamičke simulacije, prethodno definiranog razvoda. Rezultati ispitivanja su pokazali da su vrijednosti struja kratkog spoja koje se dobiju koristeći gore navedene formule značajno više od vrijednosti dobivenih putem dinamičke simulacije. Zaključak je bio da su rezultati proračuna zadovoljavajući jer osiguravaju i određenu razinu sigurnosti. Prilikom proračuna minimalne struje kratkog spoja, nova IEC norma ne uzima u obzir smanjenje otpora uslijed starenja baterije i niskih temperatura okoline. Zbog toga su vrijednosti minimalnih struja kratkog spoja, koje se dobiju proračunom prema novoj IEC normi, znatno više od vrijednosti dobivenih do sad uobičajenim postupkom. Postavlja se ipak pitanje opravdanosti zanemarenja povećanja unutrašnjeg otpora baterije uslijed starenja baterije i niskih temperatura okoline.

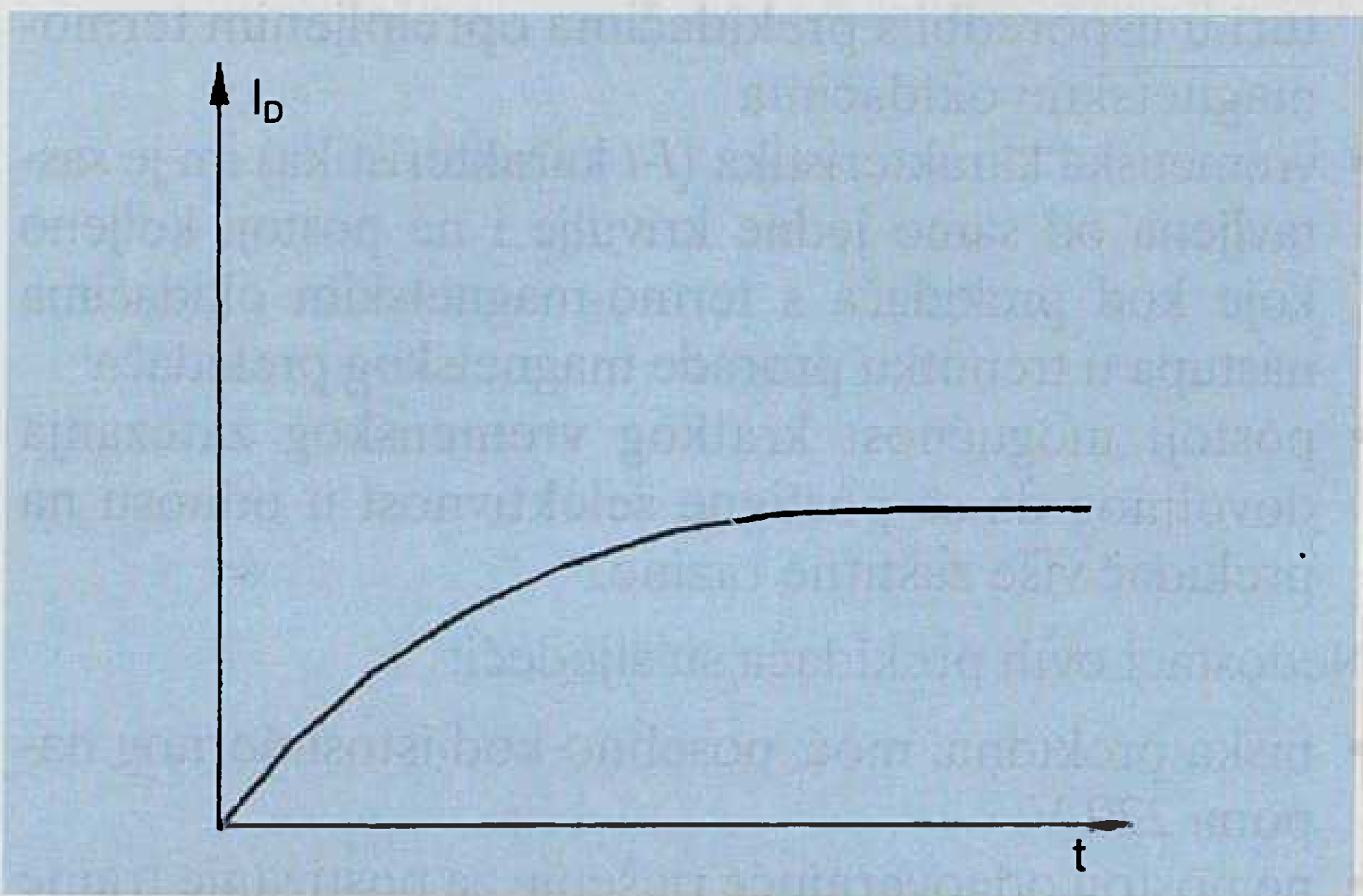
2.3. Utjecaj ispravljača na struju kratkog spoja

Na slikama 2a i 2b su prikazani vremenski odzivi ispravljača na kratki spoj.

Tiristorski ispravljač je preko pripadajućeg transformatora povezan na izmjeničnu mrežu pa ona napaja i mjesto kvara na istosmjernoj strani. Na slikama 2a i 2b su prikazana dva moguća odziva tiristorskog ispravljača na kratki spoj. Slika 2a karakteristična je za ispravljače bez ili sa slabim filtrom. Slika 2b odgovara ispravljačima s jakim filtrom. Noviji ispravljači, namijenjeni popunjenju hermetičkih akumulatorskih baterija, opremljeni su jakim filtrima, pa njihov odziv na kratki spoj odgovara krivulji 2b. Iako tiristorski ispravljači limitiraju struju kratkog spoja na 110% I_n , nova IEC norma zahtijeva da se pri proračunu maksimalne struje kratkog spoja ne uzima u obzir limitacija struje.



Slika 2a. Ispravljač bez filtriranja



Slika 2b. Ispravljač s filtriranjem

Nedostatak nove IEC norme je taj što ne obrađuje VF ispravljače već samo tiristorske, iako se VF ispravljači sve više koriste u istosmjernim razvodima. Zbog znatne razlike u principu rada tiristorskih i VF ispravljača postupak proračuna naveden u IEC normi nije prihvatljiv za VF ispravljače. Potrebno je obratiti pozornost i na to da je prilikom proračuna minimalne struje kratkog spoja potrebno struji baterije pridodati i struju kratkog spoja ispravljača, uzimajući u obzir limitaciju struje. Postavlja se ipak pitanje opravdanosti takovog pristupa, budući da kratki spoj može nastupiti i bez prisustva mreže.

3. KRITERIJI ZA POSTIZANJE SELEKTIVNOSTI ZAŠTITNIH UREĐAJA

3.1. Granice selektivnosti električnih zaštitnih uređaja

Razvodi istosmjernog pomoćnog napona koji se ugrađuju u elektroenergetska postrojenja HEP-a obično sadrže više zaštitnih uređaja, prekidača ili osigurača, spojenih u seriju između izvora istosmjernog napona i krajnjih istosmjernih potrošača. U novijim postrojenjima uobičajena su rješenja s maksimalno tri zaštitne razine, dok se u starijim postrojenjima susreću i razvodi s više razina zaštite. Zahtjev za selektivnošću isklopa jedan je od ključnih uvjeta koji utječe na odabir nazivnih vrijednosti zaštitnih uređaja koji se ugrađuju u pojedine razine zaštite istosmjernih razvoda.

Pod pojmom selektivnosti isklopa zaštitnih uređaja podrazumijeva se zahtjev da u slučaju napajanja struje kvara preko više serijskih spojenih zaštitnih uređaja, tu struju treba dovoljno brzo isključiti samo najbliži zaštitni uređaj gledajući od mjesta greške prema izvoru. Na taj način se postiže da se zbog kvara u jednom strujnom krugu ne isključe potrošači napajani iz ostalih strujnih krugova, tj. da se mjesto kvara odvoji od ostalog razvoda.

Gledajući sa stanovišta pouzdanosti sustava, sustav je pouzdaniji što je manji broj potrošača isključen iz mreže u slučaju greške u odvodima. To znači da se pouzdaniji sustav može postići s povećanjem broja strujnih krugova i razine zaštite, uz obvezno postizanje selektivnosti isklopa zaštitnih uređaja smještenih u raznim razinama zaštite. Pri tom treba obratiti pozornost da je selektivnost zadovoljena samo ako zaštitni uređaji selektivno isklapaju od najmanje do najviše struje greške (od struje preopterećenja prekidača niže razine do maksimalne struje kratkog spoja neposredno iza stezaljki prekidača više razine).

3.2. Električni zaštitni uređaji koji se koriste u istosmjernim razvodima HEP-e

3.2.1. Osigurač

U starijim postrojenjima često su za zaštitu istosmjernih strujnih krugova korišteni osigurači, i to:

- visokoučinski osigurači namijenjeni za industrijsku primjenu
- osigurači za domaćinstvo (D-ulošci, tromi ili brzi)

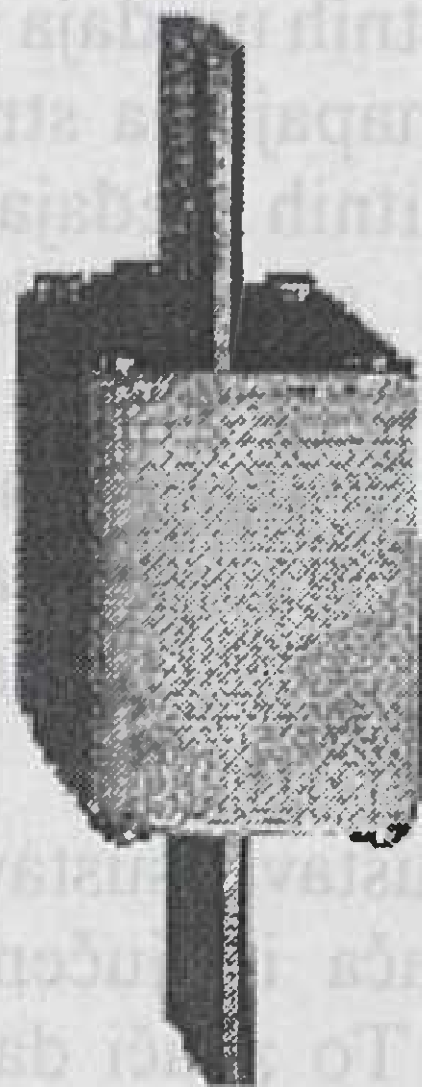
Osigurači općenito sadrže rastalni element koji se rastopi uslijed zagrijavanja prouzročenog strujom kvara. Promjenom veličine i oblika rastalnog elementa moguće je izraditi osigurače u širokom rasponu nazivnih vrijednosti. Osigurač je relativno jeftin, ali ima brojne nedostatke, dio kojih ćemo i navesti:

- točka prekidanja se mijenja u ovisnosti o temperaturi okoline, a tolerancija isklopa može biti i preko 50%
- potrebno je zamijeniti uložak svaki put nakon pregaranja
- daljinska signalizacija pregaranja osigurača je prilično komplicirana, te se obično standardno izvodi samo na skupim ultrabrzim ulošcima za zaštitu elektroničke opreme
- prekidna moć prekidača za domaćinstvo je svega 8 kA, 250 V-.

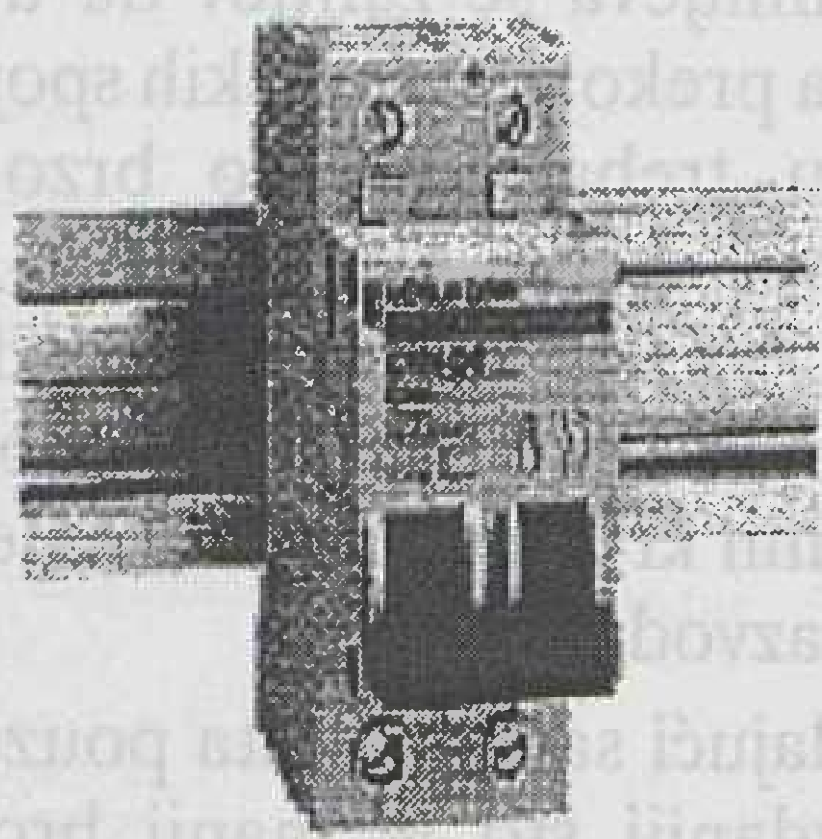
Navedeni nedostaci su utjecali da se u novijim istosmjernim razvodima osigurači kao zaštitni elementi rijetko koriste.

3.2.2. Prekidači klasične izvedbe

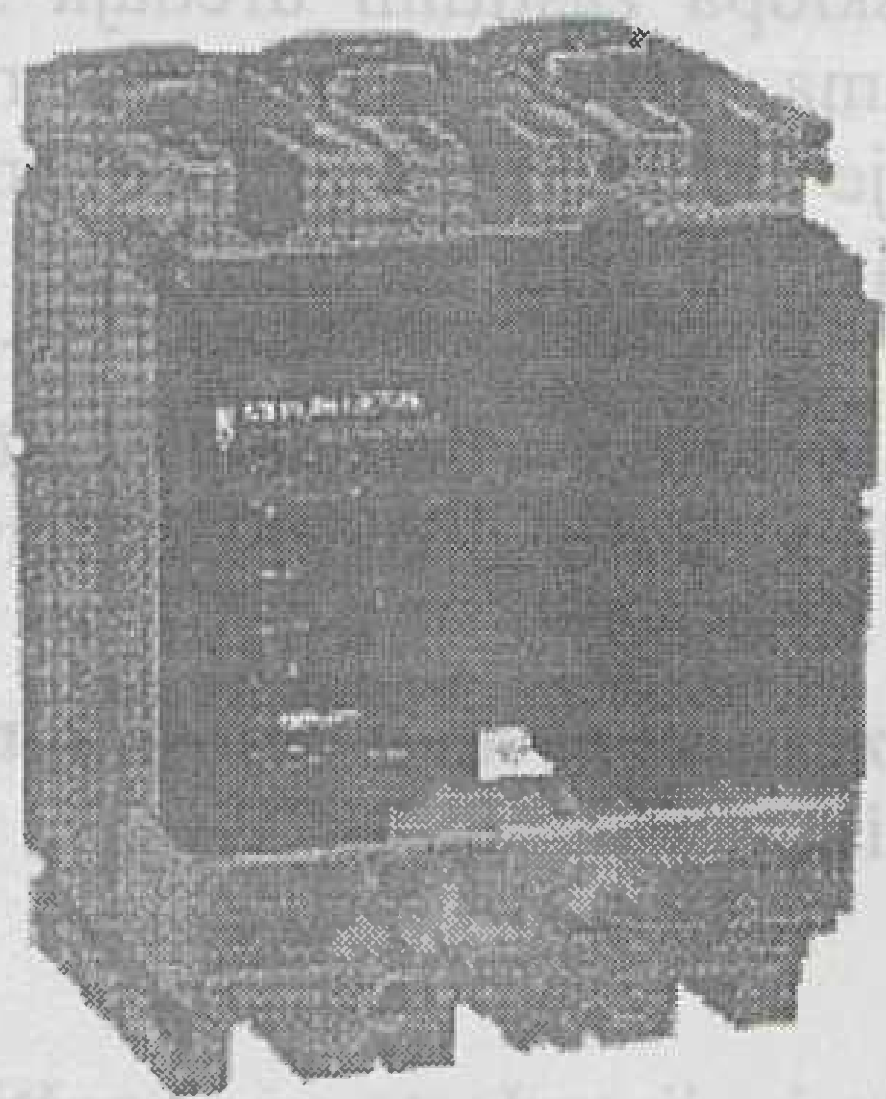
U starijim postrojenjima uz osigurače često su korišteni prekidači klasične izvedbe (najčešće se radi o prekidačima tipa AS-"Končar Zagreb").



Slika 3a. Osigurač



Slika 3b. Minijaturni prekidač



Slika 3c. MCCB

Prekidači klasične izvedbe su najčešće opremljeni termo-magnetskim okidačima koji služe za isklapanje prekidača pri preopterećenju i kod kratkog spoja. Odlika im je ta da u kratkom spoju gašenje luka nastupa nakon što prekidač propusti vršnu vrijednost struje kratkog spoja. U izmjeničnim mrežama se koristi trenutak prolaska struje sinusnog oblika kroz nulu pa se za njih koristi i engleski naziv "current zero cut off breaker". Nedostaci prekidača klasične izvedbe su sljedeći:

- niska prekidna moć, što je posebno izraženo kod prekidanja istosmjerne struje zbog znatno kompliciranijeg principa gašenja luka
- otežano postizanje selektivnosti s nekoliko prekidača klasične izvedbe u seriji.

Navedeni nedostaci, te pojava modernijih izvedbi prekidača, su utjecali da se u novijim istosmjernim razvodima prekidači klasične izvedbe kao zaštitni uređaji rijetko koriste.

3.2.3. Hidrauličko-magnetski prekidači

U zadnje vrijeme se u istosmjernim razvodima 48V često koriste prekidači tvrtke "Heinemann" koji su umjesto termo-magnetskim okidačima, opremljeni hidrauličko-magnetskim okidačima.

Kod ove vrste prekidača se magnetska sila koja se javlja uslijed protjecanja struje kvara ne koristi samo za isklapanje struje kratkog spoja već i za isklapanje od preop-

terecenja. Prilikom preopterećenja vrijeme prorade se regulira koristeći viskozitet tekućine koja se nalazi unutar okidača. Promjenom viskoziteta tekućine postižu se razne vremenske karakteristike isklapanja kod preopterećenja, ovisno o vrsti potrošača koji se napajaju preko određenog prekidača. Kada nastupi kratki spoj (pri otprilike 600% In), prorada je neovisna o viskozitetu tekućine i trenutna je. Međutim, postoji mogućnost trajnog zatezanja cca 20 ms i kod struja 600% In.

Prekidači tvrtke Heinemann, kao i klasični prekidači, prekidaju luk nakon što su propustili vršnu vrijednost struje kratkog spoja.

Prednosti ovih prekidača su sljedeće:

- karakteristika isklopa im je manje ovisna o temperaturi u usporedbi s prekidačima opremljenim termo-magnetskim okidačima
- vremenska karakteristika ($I-t$ karakteristika) im je sastavljena od samo jedne krivulje i ne postoji koljeno koje kod prekidača s termo-magnetskim okidačima nastupa u trenutku prorade magnetskog prekidača
- postoji mogućnost kratkog vremenskog zatezanja dovoljnog da se postigne selektivnost u odnosu na prekidač više zaštitne razine.

Nedostaci ovih prekidača su sljedeći:

- niska prekidna moć, posebno kod istosmjernog napona 220 V.
- ne postoji odgovarajuće rješenje za postizanje trajne selektivnosti pri korištenju ove vrste prekidača u sve tri razine. Kad bi u trećoj razini koristili prekidače s termo-magnetskim okidačem koji limitiraju struju kratkog spoja, uvijek bi kritično bilo koljeno koje kod prekidača s termo-magnetskim okidačima nastupa u trenutku prorade magnetskog okidača
- relativno sporo isklapanje i propuštanje vršne vrijednosti struje kratkog spoja stvara značajne podnapone i sklopne prenapone prilikom isklapanja jednog od prekidača u sustavu, što se kod sustava 48V - rješava dodavanjem otpornika u odvođe.

Navedeni nedostaci su razlog zbog kojih se ovi prekidači za sada koriste uglavnom u razvodima 48V - za potrebe telekomunikacija gdje obično imamo samo dvije razine zaštite.

3.2.4. Prekidači koji limitiraju struju kratkog spoja

U ovu skupinu spadaju prekidači koji prekidaju struju kratkog spoja prije nego što ona postigne vršnu vrijednost. Limitiranjem struje se skraćuje i samo trajanje kratkog spoja, te je ono znatno kraće nego kod prekidača klasične izvedbe.

Prednosti proizišle iz limitacije su sljedeće:

- znatno manje dimenzije prekidača i veća prekidna moć
- princip prekidanja struje kratkog spoja je sličan za istosmjernu i izmjeničnu struju
- limitacijom se smanjuju elektromagnetski i termički utjecaji koji se javljaju prilikom kratkog spoja na opremi koja se štiti ili se nalazi u blizini

- zbog limitacije struje kratkog spoja smanjuju se i mehaničke sile koje se javljaju na šticeim uređajima.

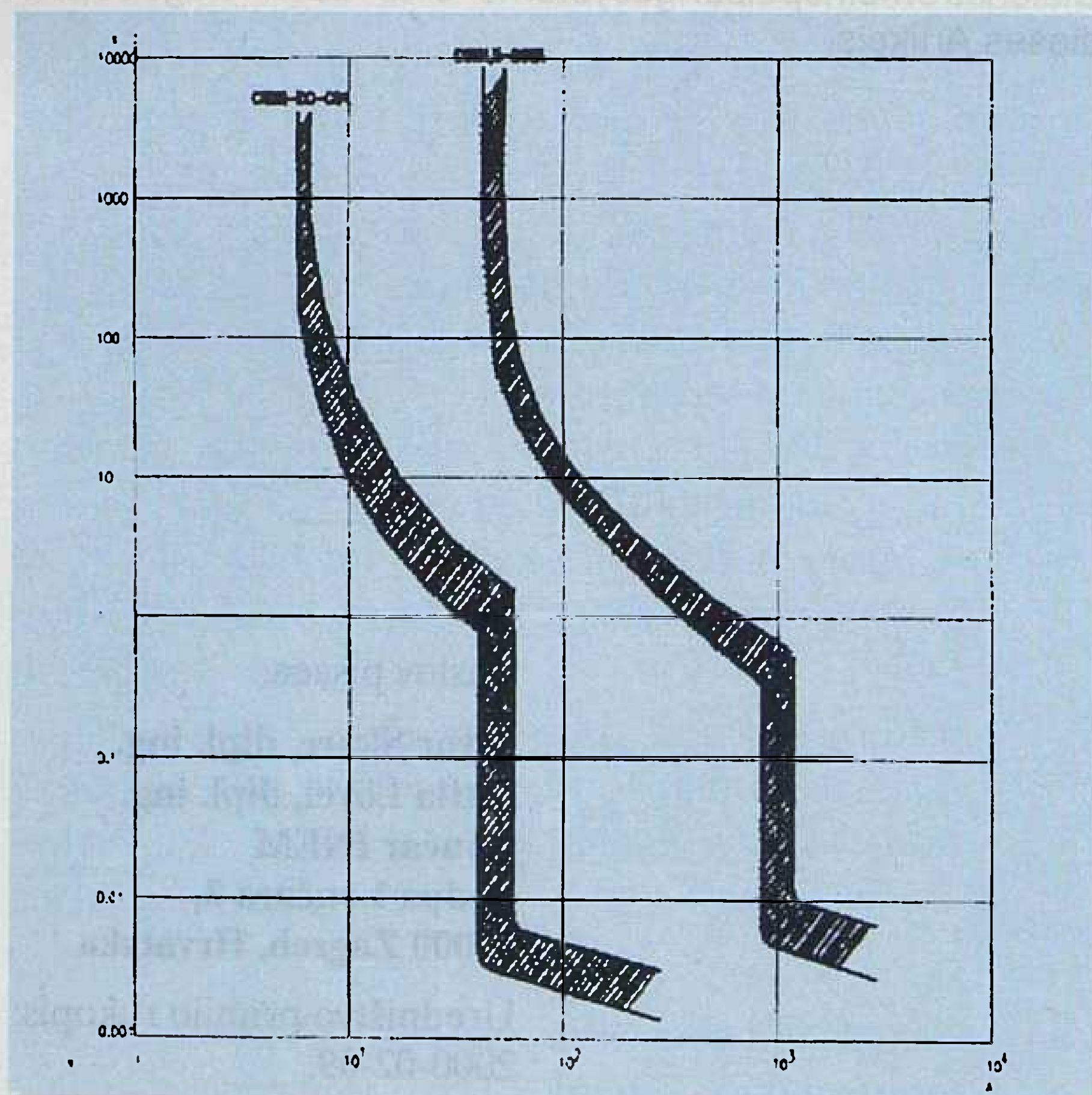
Navedene prednosti su utjecale da se u novijim sustavima za napajanje istosmjernim naponom uglavnom odabire ova vrsta prekidača. Oni se izvode, ovisno o namjeni, tako da koriste različite principe limitiranja. U istosmjernim razvodima susrećemo:

- MCCB (Moulded case circuit breaker), prikazan na slici 3c. Naziv im dolazi od plastičnog kućišta koji onemogućuje direktan dodir dijelova pod naponom. Značajka im je da imaju uklopnu ručicu s tri položaja (uklopljeno-isklopljeno zbog prorade zaštite-isklopljeno). Opremljeni su klasičnim TM-okidačima, a limitacija struje počinje kod velikih struja kratkog spoja, cca $25 \times I_n$. Ova vrsta prekidača se koristi za zaštitu baterija, te ponekad za zaštitu u drugoj razini.
- Minijaturni ili automatski prekidači su prekidači malih dimenzija s TM-okidačima ugrađenim u prekidaču (okidači nisu odvojivi od prekidača). Za brzo okidanje struje kratkog spoja koristi se zavojnica kroz koju prolazi struja. Javlja se jaka magnetska sila koja privlači magnetnu jezgru i uzrokuje isklapanje prekidača. Luk se gasi odmah nakon razdvajanja kontakata u posebnom dijelu prekidača gdje se on dijeli na mnogo malih lukova, kako bi se iskoristila nelinearna karakteristika luka. Minijaturni prekidači se koriste na svim razinama zaštite, a najčešće u drugoj i trećoj razini.

3.3. Selektivnost isklopa zaštitnih uređaja

3.3.1. Vremenska selektivnost

Koristi se u području od najmanjih struja kvara do struje kod koje započinje limitacija struje kratkog spoja prekidača niže razine. U tom području se uspoređuju



Slika 4. Provjera selektivnosti koristeći vremenske krivulje isklopa

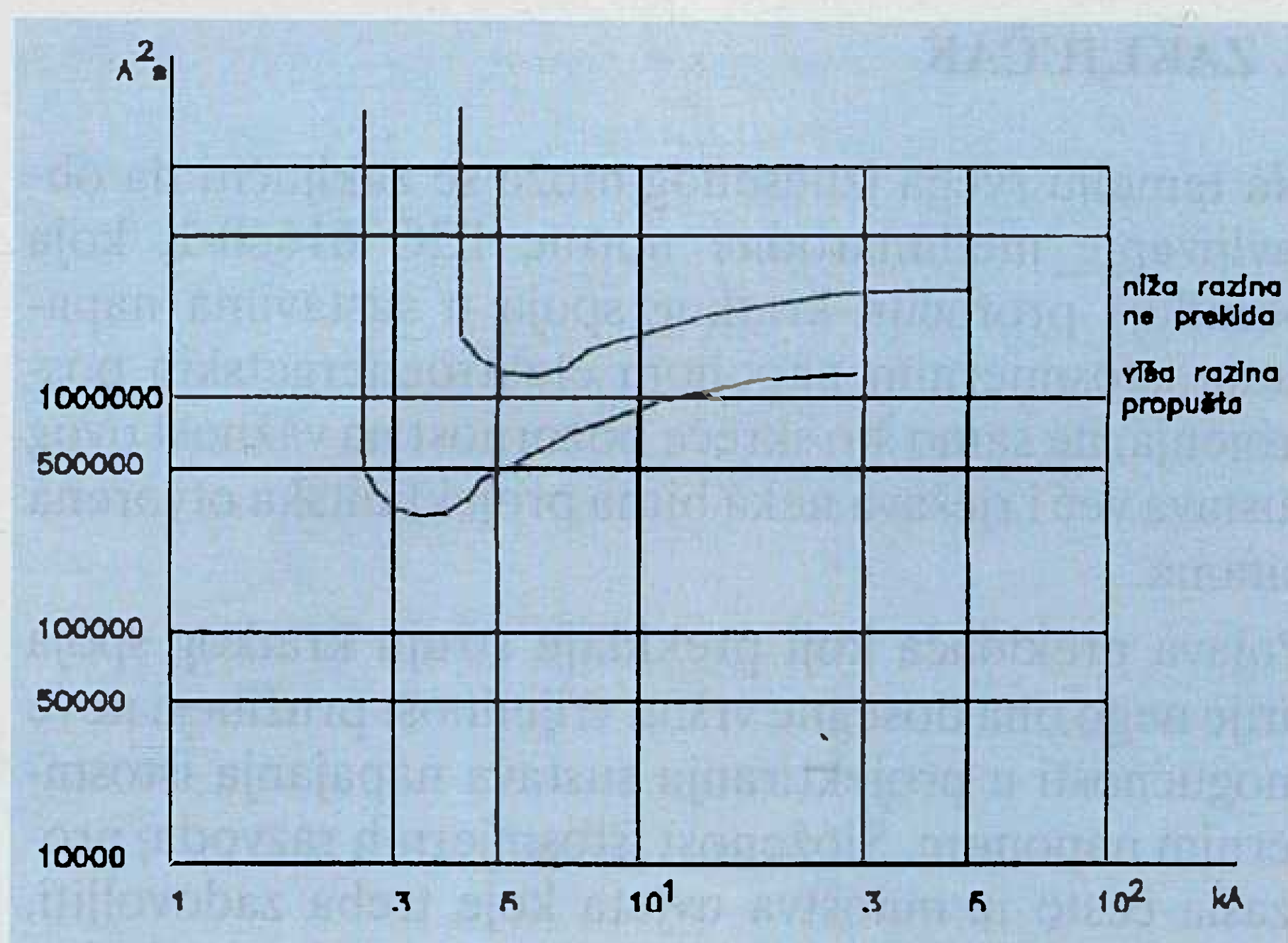
pripadajuće krivulje iskopa, a prekidač više razine, uzimajući u obzir i propisima definirana moguća odstupanja krivulja, u cijelom opsegu struja od 0 - I_{ks} , mora brže isključiti od prekidača niže razine.

3.3.2. Energetska selektivnost

Koristi se kod velikih struja kratkog spoja, a bazirana je na svojstvu nekih prekidača (npr. tip NS - Merlin Gerin) da ako prekidač više razine tijekom prekidanja struje kratkog spoja ne propusti dovoljnu energiju $I^2 t$, potrebnu za aktiviranje prekidača niže razine, taj prekidač se neće isključiti. Potrebno je napomenuti da je energija potrebna za aktiviranje prekidača uvijek niža od $I^2 t$, koju taj prekidač tijekom prekidanja struje kratkog spoja propusti.

3.3.3. Selektivnost na temelju limitiranja struje struje k.s. prekidača niže razine

Općenito je pravilo da se u svim strujnim krugovima u kojima prekidač više razine prekida struju kratkog spoja tako da limitira njezin maksimalni iznos, može postići selektivnost kod velikih struja kratkog spoja, ako je maksimalan iznos struje kratkog spoja koju prekidač propusti prije prekidanja manji od I_m (struje prorade magnetske zaštite) prekidača niže razine. Pri tom treba obratiti pozornost na vremensku konstantu i nazivni napon mreže koji znatno utječe na razinu limitacije struje.



Slika 5. Provjera selektivnosti koristeći krivulje propuštene energije

4. BRZINA ISKLOPA MINIMALNE STRUJE KRATKOG SPOJA

Proizvođači akumulatorskih baterija najčešće postavljaju zahtjev da se struja kratkog spoja koja nastane u blizini baterije isključiti u vremenu od 10 s. Međutim, za nazivne napone više od 80 V - potrebno je poštovati zahtjev proizašao iz važećih HRN normi da se za napojne strujne krugove, u sustavu zaštite IT, struja kvara uslijed dvostrukog zemljospoja treba isključiti

piti za $t \leq 5$ s. Prekidači koji za isklon koriste TM okidače imaju koljeno u vremenskoj krivulji prekidanja struje kvara. Dok magnetski okidač isklapa struju kvara ovisno o njenoj visini u vremenu od nekoliko ms do 25 ms, termički okidači isklapaju struju greške u vremenu od nekoliko sekunda do nekoliko desetina minuta. Zbog toga je potrebno struju kvara uslijed kratkog spoja iskloniti uz pomoć magnetskog okidača. To nije uvijek lako postići, s tim više što se na taj način često otežava postizanje selektivnosti isklopa zaštitnih uređaja. Zahtjev za što bržim isklopom kratkog spoja u skladu je s potrebom da se smanji vremenski period pada napona u cijelom razvodu zbog isklapanja struje kratkog spoja jednog prekidača.

Često je najveći problem postići zadovoljavajuće vrijeme isklopa baterijskog prekidača, u razvodima izvedenim s tri razine zaštite, ako je akumulatorska baterija malog kapaciteta. Za baterijski prekidač se tada najčešće koristi MCCB kojemu termički okidač isklapa struju greške u vremenu od 30 s na više. Zbog toga baterijski prekidač treba obvezno iskloniti minimalnu struju kratkog spoja pomoću magnetskog okidača. Kako bi se postigla selektivnost, nazivna struja baterijskog prekidača treba biti prilično visoka, a s tim i struja prorade magnetskog okidača. Stoga je praktički nemoguće postići dovoljno brzo isklapanje baterijskog prekidača uz istovremeno postizanje selektivnosti u tri razine, u istosmjernom razvodu s baterijom izuzetno niskog kapaciteta.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju svega iznesenog može se zaključiti da objavljivanje međunarodne norme IEC 61660-1, koja obrađuje proračun kratkog spoja u sustavima napajanja istosmjernim naponom elektroenergetskih postrojenja, ne samo što skreće pozornost na važnost ovog sustava već i rješava neka bitna projektantska otvorena pitanja.

Pojava prekidača koji prekidaju struju kratkog spoja prije nego ona dosegne vršnu vrijednost pružila je nove mogućnosti u projektiranju sustava napajanja istosmjernim naponom. Složenost istosmjernih razvoda, proizšla često iz mnoštva uvjeta koje treba zadovoljiti, ponajčešće međusobno oprečnih, razlog je, međutim, za povećan oprez prilikom njihovog projektiranja.

LITERATURA

- [1] IEC 61660-1 (1997-06) Short-circuit current in d.c. auxiliary installations in power plants and substations.
- [2] A. BERIZZI, A. SILVESTRI, D. ZANINELLI i S. MASSUCCO: "Evaluation of IEC Draft Standard Through Dynamic Simulation of Short-Circuit Currents in DC Systems."

- [3] P. SCHULLER: "LV breaking by current limitation"
- [4] HEINEMANN: "Hydraulic Magnetic Circuit Breakers"
- [5] C. REMOND: "LV electrical distribution system: Fundamental circuit breaker characteristics"
- [6] C. REMOND: "From current discrimination to energy discrimination"
- [7] M. SERPINET, R. MORE: "Energy-based discrimination for low-voltage protective device"
- [8] SCHURTER: "General information high performance CBEsAS168"

PROBLEM OF SHORT-CIRCUIT CURRENT PROTECTION IN DISTRIBUTION AND TRANSMISSION SUBSTATIONS

The publishing of the IEC 61660-1 Regulation represents a significant contribution in determining the right approach to calculate short-circuit current in substation's DC auxiliary installation. Requirements of the new regulation will be separately analysed and commented in this paper.

In this paper, principles of discrimination and determination of protection devices in substation's DC auxiliary installation are also discussed.

FRAGEN DES KURZSCHLUSSSCHUTZES IN GLEICHSTROMVERTEILUNGEN DER TRANSPORT- UND VERTEILUNGSANLAGEN

Die Veröffentlichung der Norm IEC 61660-1 stellt einen bedeutenden Beitrag zur Bestimmung des richtigen Beitritts der Kurzschlußrechnung in Gleichstromspeisungssystemen der Stromverteilungsanlagen dar. Verlangen dieser Norm sind deshalb in diesem Artikel betont betrachtet und erläutert worden.

Die Grundsätze der Erreichung der Trennschärfe und die Bestimmung der Schutzglieder in den Verteilungen des Gleichstromspeisungssystems sind auch Gegenstand dieses Artikels.

Naslov pisaca:

Javor Škarc, dipl. ing.
Attila Lövei, dipl. ing.
Končar INEM
Josipa Lončara 3,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-02-09.