

ABB madalpinge kaitselülite selektiivsus

1SDC007100G4901

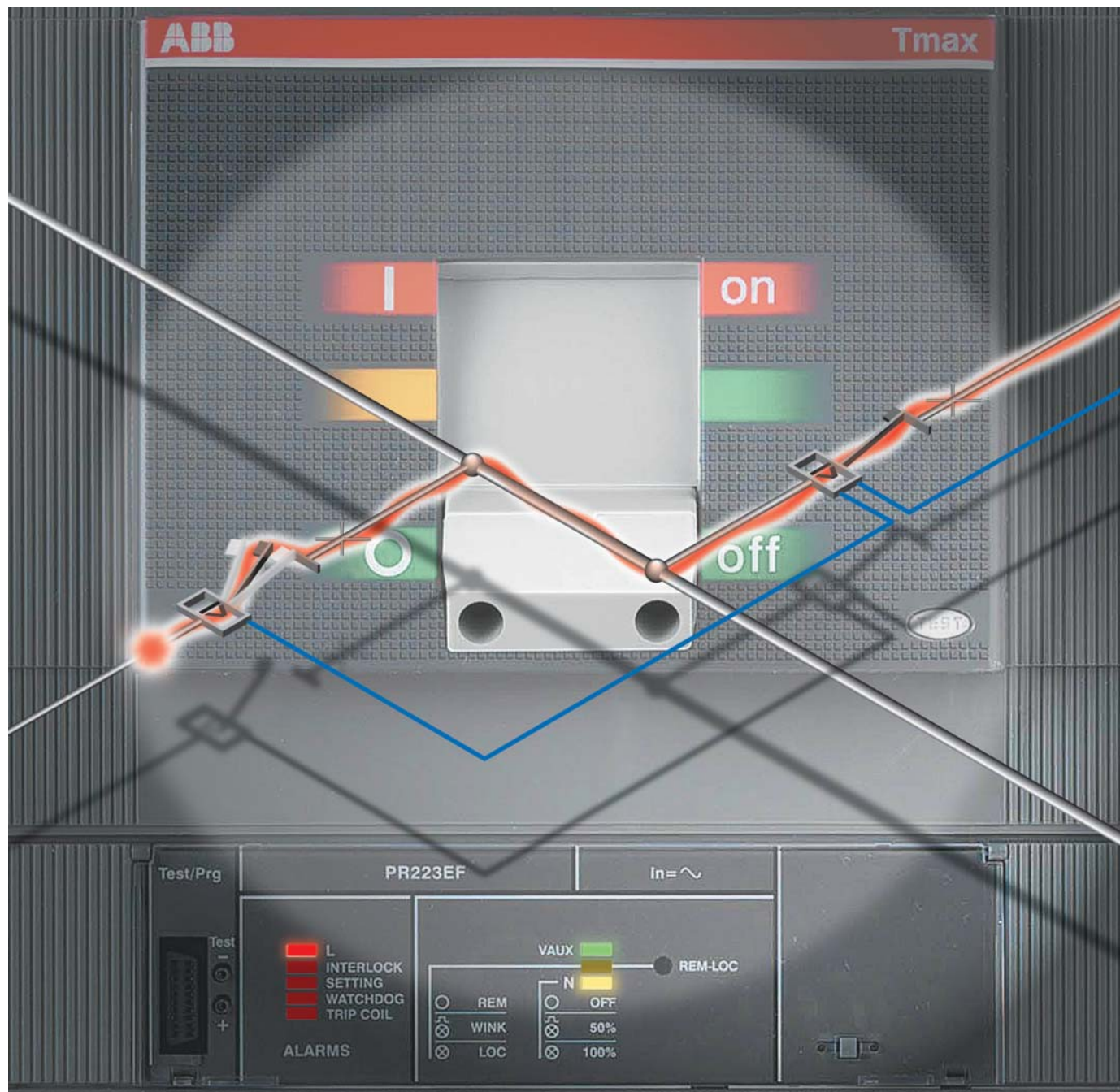


ABB madalpinge kaitselülite selektiivsus

Sisukord

Selektiivsuse teoreetiline kirjeldus

Sissejuhatus	2
--------------------	---

Üldmõisted

Selektiivsus	3
Täisselektiivsus – osaline selektiivsus	3
Liigkoormuspiirkond – lühisepiirkond	4
Tegelikud voolud kaitselülites	5

Selektiivsuse saavutamise viisid

Selektiivsus aja ja voolu järgi	7
Selektiivsus voolu järgi	8
Selektiivsus aja järgi	9
Selektiivsus energia järgi	10
Selektiivsus lühisekoha järgi	11

Selektiivsuse saavutamine ABB kaitselülitega

ABB kaitselülite tüübid	12
-------------------------------	----

MCB-MCB selektiivsus

Toite pool S200 / koormuse pool S200	13
Toite pool S290D-S500D / koormuse pool S200.	13

MCCB-MCB selektiivsus

Toite pool T1-T2-T3-T4 / koormuse pool MCB	14
Toite pool T5-T6-S7-S8 / koormuse pool MCB....	15

MCCB-MCCB selektiivsus

Selektiivsus voolu järgi	16
Selektiivsus aja järgi	17
Selektiivsus energia järgi	18
Selektiivsus lühisekoha järgi (T4L-T5L-T6L)	19

ACB-MCCB selektiivsus

Traditsiooniline lahendus	25
Emax ja Tmax selektiivsus lühisekoha järgi	26

ACB-ACB selektiivsus

Selektiivsus aja järgi	28
Selektiivsus lühisekoha järgi Emax vahel	29
Suundselektiivsus aja järgi	32
Suundselektiivsus lühisekoha järgi	34

Lisa A:

MV/LV selektiivsus	40
--------------------------	----

Lisa B:

Rikkevooluselektiivsuse üldised põhimõtted	43
--	----

Lisa C:

Selektiivsuse analüüsi näide	45
------------------------------------	----

Lisa D:

Täiendavad kaalutlused kaitselülites kulgevatest tegelikest vooludest	48
---	----

Sõnaseletused	52
---------------------	----

Selektiivsuse teoreetiline kirjeldus

Kaitseseadmete koordineerimise vajadus ja nõuded

Elektripaigaldise kaitsesüsteemi selektiivsuse tagamine on põhjapaneva tähtsusega tagamaks paigaldise nii majaduslikult kui ka elektriliselt optimaalne toimimine ning viia miinimumini elektripaigaldise ebaõige talitluse tõttu tekkivad rikked ja hoolduskulud.

Käesoleva analüüsi raames käsitletakse elektripaigaldise kaitsesüsteemi elementide omavahelist koordineerimist, lähtudes järgmistest aspektidest:

- tagada eeskätt paigaldise talitluse ja inimeste ohutus
- rikke esinemisel kiiresti identifitseerida ja eraldada ainult rikke põhjustanud ahelad, ilma et rikkega mitteseotud paigaldise osade elektrivarustus asjatult välja lülituks;
- vähendada rikke mõju paigaldise muudele osadele (pinge alanemine, pöörlevate masinate ebastabiilsuse teke);
- vähendada rikkega seotud seadmete ja elektripaigaldise osade kahjustusi ning ülekoormust;
- tagada elektrivarustuse pidevus ja selle kvaliteet;
- tagada parim võimalik kaitse ka selleks ettenähtud esmaste kaitseseadmete tõrkel;
- tagada teenindavale personalile kiire ja piisav informatsioon rikke likvideerimiseks
- saavutada piisavalt hea töökindluse, lihtsuse ja maksumuse omavaheline suhe

Seega peab hea kaitsesüsteem olema võimeline:

- tajuma, mis ja kus on toimunud, eristama oma kompetentsuse piires ebanormalseid, kuid siiski talutavaid olukordi rikestest, mitte esile kutsuma soovimatuid rakendusi, mis lülitaks välja paigaldise rikkevaba osa;
- toimima nii kiiresti kui võimalik piiramaks tekitatavaid kahjustusi (seadmete purunemine, enne- aegne vananemine) kindlustamaks toite jätkumist ja stabiilsust.

Lahendus on alati kompromiss kahe vastandliku nõude vahel – rikke täpne identifitseerimine ja kaitse kiire rakendamine sõltuvalt sellest, mis on tähtsam.

Näiteks juhul, kui on esmatähtis vältida soovimatuid rakendusi, eelistatakse pigem kaudset kaitse-süsteemi, mis põhineb erinevate seadmete vahelisel blokeeringul ja erinevate elektriliste suuruste mõõte-seadmete vahelisel andmeedastusel, samal ajal kui lühisvoolude poolt tekitatavate kahjustuste piiramine nõuab kiiret ja otsest reageerimist seadmetesse sisseehitatud kaitserелеede poolt. Madalpinge primaar- ja sekundaarjaotussüsteemides eelistatakse enamasti viimast lahendust.

Itaalia standard CEI 64-8 “Elektripaigaldised nimipingega alla 1000 V vahelduvpingel ja 1500 V alalispingel” Osas 5 “Seadmete valik ja paigaldamine” sätestab seda järgmiselt:

“Liigvoolukaitseseadmete vaheline selektiivsus (536.1)

Kui mitu kaitseseadet ühendatakse jadamisi, tuleb nende rakendustunnusjooned valida selliselt, et rikke korral lülitaks välja ainult rikk kohale lähim kaitseseade.”

Veelgi enam, järgnevas selgituses lisatakse:

“Talitusolukorrad, milliste puhul on selektiivsus vajalik, määratakse kliendi või projekteerija poolt.”

Seega standard nõuab, et kaitseseadmete tunnusjooned valitaks nii, et nad oleksid omavahel selektiivsed.

Laiemalt ei tähenda kaitsesüsteemi selektiivseks kujundamine mitte ainult kaasaegseima lahenduse realiseerimist vaid tegelikult vastab see kliendi nõuetele juba standardi seisukohast lähtudes.

Üldmõisted

Selektiivsus

Selektiivsuse definitsioon on toodud standardis IEC 60947-1 "Madalpingelised lülitusaparaadid. Osa 1: Üldreeglid"

"Liigvooluselektiivsus (441-17-15)"

Kahe või enama liigvoolu kaitseseadme tunnusjoonte selline koordineerimine, et liigvoolude tekkimisel etteantud piirväärtustes rakenduks see kaitse, mis peab neis voolupiirides rakenduma, ja ei rakenduks kaitse, mis rakenduma ei peaks", kus liigvoolu all mõeldakse igasugust nimivoolust suuremat voolu, sõltumata selle tekkepõhjusest (liigkoormusvool, lühisvool jne).

Seega on kahe jadamisi paigaldatud kaitseseadme vahel tagatud selektiivsus, kui liigvool, mis läbib mõlemat kaitselüliti, kutsub esile selle liigvoolu põhjustanud rühmaahela kaitseseadme rakendumise, samas kui toitepoolne kaitseseade jääb sisselülitatuks ja tagab ülejäänud elektripaigaldise energiaga varustatuse säilimise.

Täieliku ja osalise selektiivsuse definitsioonid on toodud sama standardi osas 2: EVS-EN 60947-2:2006 "Madalpingelised lülitusaparaadid. Osa 2: Kaitselülitid":

"Täisselektiivsus (2.17.2)"

Selektiivsus liigvoolu järgi, mille puhul kahest jadamisi ühendatud liigvoolukaitseaparaadist rakendub koormuspoolne aparaat, ilma et see põhjustaks

toitepoolse aparaadi rakendumist."

Osaline selektiivsus (2.17.3)

Selektiivsus liigvoolu järgi, mille puhul kahest jadamisi ühendatud liigvoolukaitseaparaadist rakendub koormuspoolne aparaat kuni liigvoolu etteantud väärtuseni, ilma et see põhjustaks toitepoolse aparaadi rakendumist."

Seega võib täisselektiivsusest rääkida vaid juhul, kui selektiivsus on tagatud antud elektripaigaldises liigvoolude mistahes esineda võivate väärtuste korral. Kahe kaitselüliti vahelisest täisselektiivsusest saab rääkida ainult siis, kui on olemas selektiivsus liigvoolu väärtuse korral kuni kahest kaitselüliti vähima I_{cu} väärtuseni, kuna paigaldise maksimaalne arvutuslik lühisvool on igal juhul väiksem või võrdne kui kaitselülite vähim I_{cu} .

Kahe kaitselüliti vahelisest osalisest selektiivsusest võib rääkida siis, kui esineb selektiivsus ainult teatava lühisvoolu väärtuseni I_s (selektiivsuse piirvool). Kui tegelik lühisvool on sellest väärtusest suurem, siis pole selektiivsus kahe kaitselüliti vahel enam tagatud. Kahe kaitselüliti puhul on tegemist osalise selektiivsusega, kui lühisvoolu selektiivsuse piirvool I_s on väiksem kui kaitselülite vähim I_{cu} . Kuid kui elektripaigaldise maksimaalne arvutuslik lühisvool on väiksem kui I_s väärtus, siis on selles konkreetses elektripaigaldises tagatud siiski täisselektiivsus.

Näide

Vaatleme kaht kaitselüliti:

toite pool T4N250 PR221 In250 ($I_{cu} = 36$ kA)
koormuse pool S294 C 100 ($I_{cu} = 15$ kA)

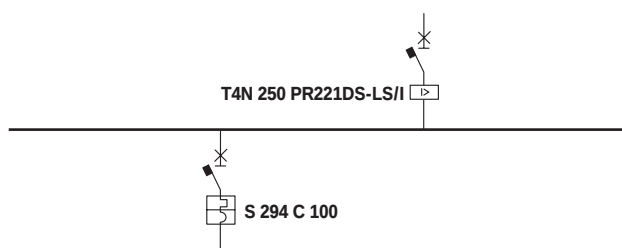
Tootekataloogis toodud "Koordinatsioonitabelitest" näeme, et nende kahe kaitselüliti vahel on täisselektiivsus (T). See tähendab, et selektiivsus esineb kuni vooluni 15 kA, ehk siis kahest I_{cu} väärtusest vähimani.

Tõenäoliselt on maksimaalne võimalik lühisvool kaitselüliti S294 C 100 paigalduskohas väiksem või võrdne kui 15 kA.

Vaatleme kaht järgmist kaitselüliti:

toite pool T4N250 PR221 In160 ($I_{cu} = 36$ kA)
koormuse pool S294 C 100 ($I_{cu} = 15$ kA)

Tootekataloogis toodud koordinatsioonitabelitest võib näha, et nende kahe kaitselüliti selektiivsuse piirvool $I_s = 12$ kA. See tähendab, et kui maksimaalne arvutuslik lühisvool kaitselülitist S294 C 100 koormuse pool on väiksem kui 12 kA, siis on tegemist täisselektiivsusega. Kui aga lühisvool võib olla ka suurema väärtusega, siis on tegemist osalise selektiivsusega lühisvoolude väärtusteni kuni 12 kA. Kui lühisvool peaks jääma vahemikku 12 kA kuni 15 kA, siis pole tagatud, et toitepoolne kaitselüliti samuti ei rakendu.



Tmax T4 - S290 @ 400/415 V

			Toite pool	T4							
			Version	N, S, H, L, V							
			Vabasti	TM, M				 250  320			
		I_{cu} [kA]	I_n [A]	250	320			250	320		
Koormuse pool	Tun.joon	 15	160	200	250	320	160	250	320		
S290	C-K		80	5	11	T	T	T	T	T	
			100	5*	8	T	T	12	T	T	
	C		125		8*	12	T		T	T	
	D		80	5	11	T	T	T	T	T	
			100		8	T	T	12	T	T	

* Väärtus kehtib ainult elektromagnetvabastiga kaitselüliti kasutamisel toite pool.

Üldmõisted

Liigkoormuspiirkond – lühisepiirkond

Selektiivsuse olemuse analüüsimiseks on käesolevas trükises kasutusele võetud "liigkoormuspiirkonna" ja "lühisepiirkonna" mõisted.

"Liigkoormuspiirkonna" all mõeldakse liigvoolude väärtuseid ja kaitselülite rakendumistunnusjoonte neid tinglikke osi, mis jäävad kaitselüliti nimivoolu ja selle 8-10 kordse väärtuse vahele.

See on piirkond, kus tavaliselt toimivad termomagnetilise kaitse termovabasti ja elektroonilise vabasti kaitsefunktsioonid L.

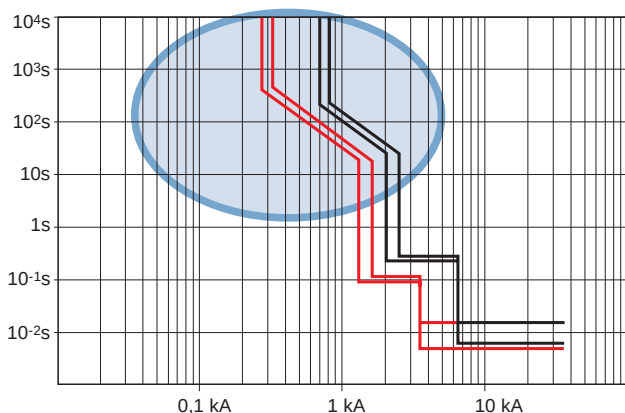
Need voolud tekivad enamasti ahelates, mis on liigselt koormatud või millede tarbijad on üle koormatud. Sellised juhtumid esinevad praktikas enamasti sagedamini kui päris rikked.

"Lühisepiirkonna" all mõeldakse liigvoolude väärtuseid ja kaitselülite rakendumistunnusjoonte neid tinglikke osi, mis on kaitselüliti nimivoolust rohkem kui 8-10 korda suuremad.

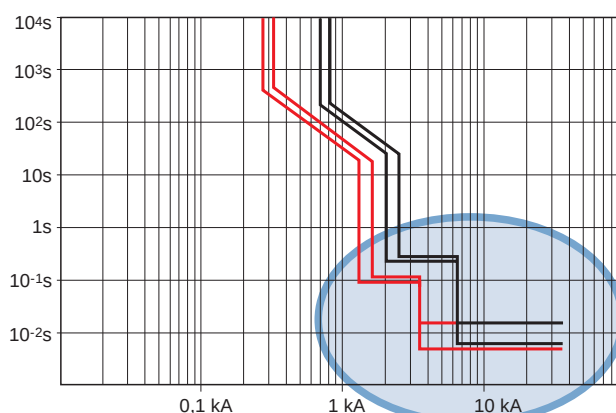
See on piirkond, kus tavaliselt toimivad termomagnetilise kaitse elektromagnetvabasti ja elektroonilise vabasti kaitsefunktsioonid S, D ja I.

Sellised liigvoolud tekivad enamasti elektripaigaldise jaotusliinide rikete korral ja neid esineb üldiselt harvemini kui liigkoormusi.

Liigkoormuspiirkond = $I_n \div 8-10I_n$



Lühisepiirkond = $> 8-10I_n$



Tegelikud voolud kaitselülitites

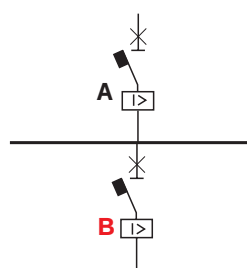
Kui kahe kaitselüliti rakendustunnusjooni omavahel võrreldakse, siis sageli eeldatakse nende rakendusaegade määramisel, et mõlemat seadet läbib üks ja seesama vool.

See eeldus on õige ainult juhul, kui need kaks seadet on ühendatud jadamisega ja kui ei ole muid paralleel-ahelaid, st. et sellesse sõlmpunkti on ühendatud ainult üks sisenev ja üks väljuv liin.

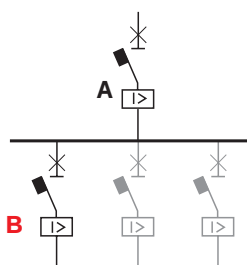
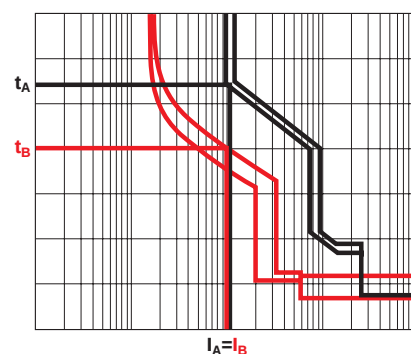
Kui aga toite pool paikneb mitu kaitselüliti, mis toidavad sama latistust, või on koormuse poolel mitmeid väljuvaid liine, siis võivad tegelikud seadmetes kulgevad voolud olla hoopis erinevad.

Kaitselüliteid läbivate tegelike voolude seisukohalt võib vaadelda kolme peamist juhtumit:

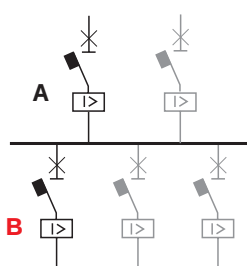
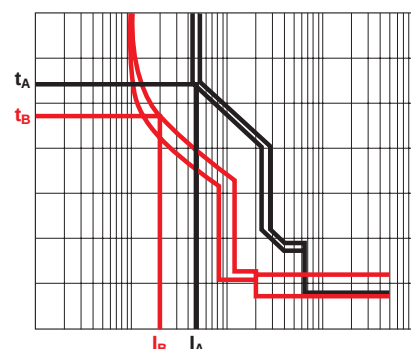
- üks kaitselüliti toite poolel ja üks kaitselüliti koormuse poolel (mõlemaid läbib üks ja seesama vool);
- üks kaitselüliti toite poolel ja mitu kaitselüliti koormuse poolel (toitepoolset kaitselüliti läbib vool kui mistahes üksikut koormuspoolset kaitselüliti);
- kaks või enam toitepoolset kaitselüliti ja mitu kaitselüliti koormuse poolel.



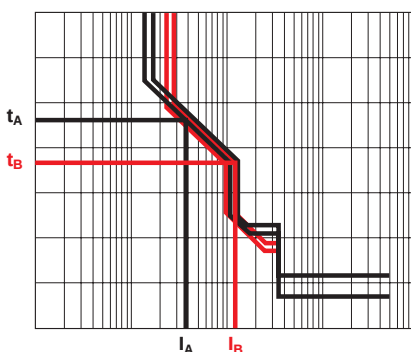
$$I_A = I_B$$



$$I_A = I_B + I_{\text{tarbijad}}$$



$$I_A = (I_B + I_{\text{tarbijad}}) / n$$



Kus:

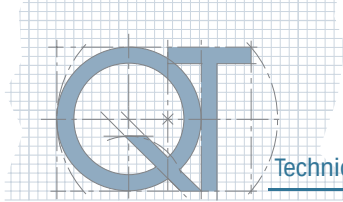
I_B on liigvool, mis läbib kaitselüliti B;

I_A on liigvool, mis läbib kaitselüliti A;

I_{tarbijad} on normaalolukorras kõigi tarbijate (välja arvatud B) poolt tarbitavate voolude summa, mis läbib kaitselüliti A. Seda summat võib vajadusel korrigeerida sobiva üheaegsus- ja koormusteguriga;

n on toite poolel paiknevate paralleelsete kaitselülite arv.

* Need valemid ei võta arvesse faaside erinevat koormatust või ahelate ebasümmeetriat; esimesed kaks valemit on siiski konservatiivsed ja kolmas on aktsepteeritav, kui kaks toitelini on võrdsed.



Selektiivsuse saavutamise viisid

Järgnevalt kirjeldatakse erinevaid selektiivsuse saavutamise viise ja nende kasutusalasid.

Kui kaitse peab töötama liigkoormuspiirkonnas, siis kasutatakse tavaliselt selektiivsust aja ja voolu järgi.

Kui kaitse peab töötama lühisepiirkonnas, siis võidakse kasutada erinevaid selektiivsuse saavutamise viise. Viisid, mida allpool lähemalt vaadeldakse, on:

selektiivsus voolu järgi;

selektiivsus aja järgi;

selektiivsus energia järgi;

selektiivsus lühisekoha järgi.

Iga selektiivsuse saavutamise viisi teoreetilise kirjeldamise järel on vaadeldud ka asjakohaseid näiteid erinevat tüüpi kaitselülititega.

Selektiivsuse aja ja voolu järgi

Liigkoormuskaitse omab alati teatud sõltuvust ajast, on siis tegemist kaitselüliti termovabasti või elektroonilise vabasti kaitsefunktsiooniga L.

Ajalise sõltuvuse graafik ongi rakendumistunnusjoon, kus voolu kasvades kaitselüliti rakendumisaeg lüheneb. Kui kaitse põhineb sellist tüüpi tunnusjoonel, on tegemist aja ja voolu järgi selektiivsuse saavutamise viisiga.

Aja ja voolu järgi rakendumine on selektiivne, kui kohaldada vabastid nii, et kõigi paigaldises esineda võivate liigkoormusvoolu väärtuste korral rakendub koormuspoolne kaitselüliti kiiremini kui toitepoolne. Kui mõlema kaitselüliti rakendumisajad on leitud, siis on vaja võtta arvesse ka:

- rakendumisläve ja rakendumisaja tolerantse;
- kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Praktiline näide

ABB SACE kaitselülite rakendumistunnusjooned koos tolerantidega on ära toodud tehnilises kataloogis ja DOCWin tarkvaras. DOCWin tarkvara tunnusjoonte moodulis sisaldavad tolerantse nii elektrooniliste kui ka termomagnetiliste vabastite tunnusjooned. Need vabastite rakendumistunnusjooned on kujutatud kahe kõverana, millest üks kujutab suurimat (ülemine kõver) ja teine vähimat rakendumisaega (alumine kõver).

Selektiivsuse korrektseks analüüsiks tuleb arvesse võtta halvimad tingimused, st:

- toitepoolne kaitselüliti rakendub oma alumise kõvera järgi;
- koormuspoolne kaitselüliti rakendub oma ülemise kõvera järgi.

Kaitselülites kulgevate tegelike voolude arvesse võtmine.

- Kui mõlemat kaitselüliti läbib sama vool, siis on piisav, kui toitepoolse ja koormuspoolse kaitselüliti kõveratel ei esine omavahelisi kattumisi.
- Kui kahte kaitselüliti läbivad erinevad voolud, siis on vajalik valida aeg-voolu tunnusjoonel rida kriitilisemaid punkte ja kontrollida, et toitepoolse kaitselüliti rakendumisaeg oleks alati suurem kui vastav koormuspoolse kaitselüliti rakendumisaeg.

Elektrooniliste vabastitega kaitselülite (mille tunnusjoonte trend on $I^2t = \text{const}$) puhul enamasti piisab, kui kontrollida kaht järgnevat voolu väärtust:

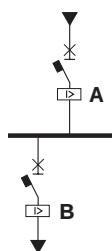
$1,05 \times I_1^{(1)}$ toitepoolse kaitselüliti puhul (voolu väärtus, millest madalamal toitepoolne kaitselüliti kunagi ei rakendu);

$1,20 \times I_3$ (või $I_2^{(2)}$) koormuspoolse kaitselüliti puhul (voolu väärtus, millest suurema puhul koormuspoolne kaitselüliti lühise korral kindlasti rakendub).

$1,05 \times I_1$ toitepoolse kaitselüliti puhul

Eeldades, et $I_A = 1,05 \times I_1$, ja võttes arvesse, mis on öeldud kaitselülite tegeliku voolu kohta, leiame koormuspoolset kaitselüliti läbiva voolu I_B .

Seejärel leiame aeg-voolu tunnusjoontelt mõlema kaitselüliti rakendumisajad.



$1,20 \times I_3$ (või I_2) koormuspoolse kaitselüliti puhul

Eeldades, et $I_B = 1,20 \times I_3$ (või I_2), leiame samamoodi toitepoolset kaitselüliti läbiva voolu I_A ja seejärel aeg-voolu tunnusjoontelt mõlema kaitselüliti rakendumisajad.

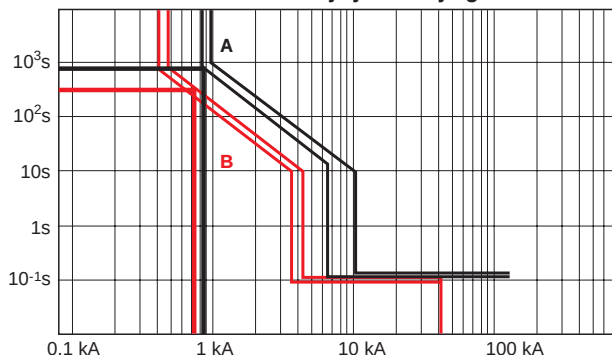
Kui mõlemas punktis on täidetud järgmine tingimus:

$$t_A > t_B$$

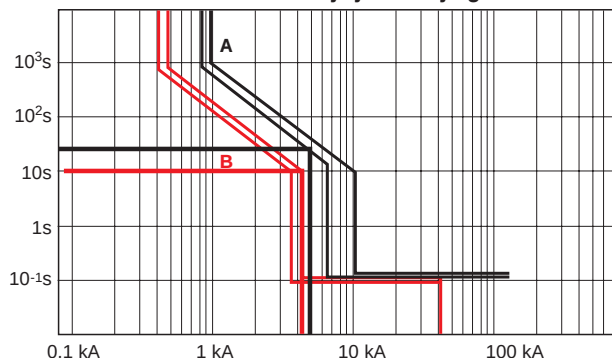
siis on selektiivsuse liigkoormuspiirkonnas tagatud.

Kõrvaloleval joonisel eeldatavalt puuduvad muude koormuste voolud.

Selektiivsuse aja ja voolu järgi



Selektiivsuse aja ja voolu järgi



⁽¹⁾ $1,05 \times I_n$ on standardi (IEC60947-2) poolt ette nähtud tingimusrakendumisvool liigkoormusel. Mõningate kaitselülite tüüpide puhul võib see väärtus olla teistsugune (täpsema informatsiooni jaoks vt. tootekataloogi).

⁽²⁾ $1,2 \times I_n$ on standardi (IEC60947-2) poolt ette nähtud tingimusrakendumisvool liigkoormusel. Mõningate kaitselülite tüüpide puhul võib see väärtus olla teistsugune (täpsema informatsiooni jaoks vt. tootekataloogi).

Selektiivsuse saavutamise viisid

Selektiivsus voolu järgi

See selektiivsuse tagamise viis põhineb asjaolul, et mida lähemal elektripaigaldise toiteallikale lühis toimub, seda suurem on tekkiv lühisvool. Seetõttu on võimalik kaitselülite hetkvabastitele erineva sätte asetamisega rikke tekkimise asukohta muust paigaldisest eraldada.

Täisselektiivsust on nii siiski võimalik saavutada vaid erijuhtudel, kui lühisvoolud pole eriti suured ja kui kahe kaitselülite vahel paiknevad suure näivtakistusega komponendid (trafo, pikk kaabelliin või vähendatud ristlõikega kaabel jne), mille tõttu lühisvoolud nende kaitselülite paigalduskohtades on väga erinevad.

Seda tüüpi koordineerimist saab kasutada eeskätt elektrivarustussüsteemi jaotuskilpides (väikesed nimivoolud ja lühisvoolud väärtused ning

ühenduskaablite suur näivtakistus). Selektiivsuse määramiseks piisab tavaliselt aeg-voolu tunnusjoonte võrdlemisest. Oma loomu poolest on selline lahendus suhteliselt kiire, lihtne realiseerida ning ka ökonoomne.

Sellegipoolest:

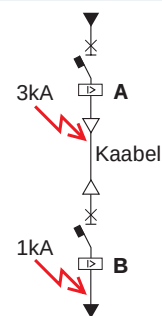
- selektiivsuse piirvool on tavaliselt väike ja seetõttu saavutatakse sageli vaid osaline selektiivsus;
- liigkoormuskaitse rakendumislävi kasvab kiiresti;
- juhul kui mõni kaitselülite ei toimi, ei ole kaitsesüsteem võimeline riket kiiresti välja lülitama.

See on selektiivsuse tagamise viis, mida saab kasutada ka sama gabariidiga ja kaitsefuntsiooni S mittemovavate kaitselülite puhul.

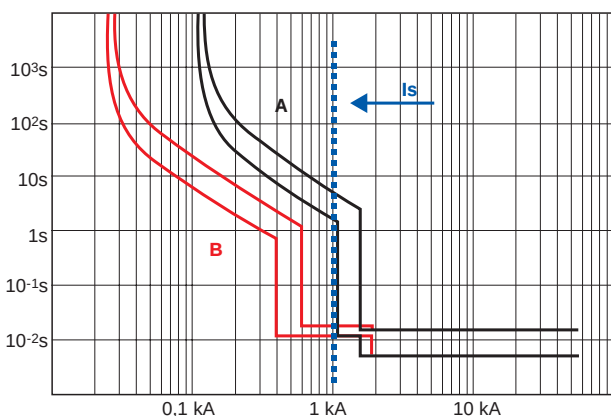
Praktiline näide

- Toitepoolse kaitselülite A lühisekaitse sätte valitakse nii suur, et see ei rakenduks koormuspoolse kaitselülite B järel esineda võivate rikete puhul (toodud näites $I_{3\min A} > 1 \text{ kA}$)
- Koormuspoolse kaitselülite B lühisekaitse sätte valitakse selline, et see rakenduks tema järel esineda võivate rikete puhul (toodud näites $I_{3\max B} < 1 \text{ kA}$)

Sätete määramisel tuleb loomulikult arvesse võtta kaitselülites tegelikult kulgevate voolude väärtuseid.



Selektiivsus voolu järgi



Suurim selektiivsuse väärtus, mida on võimalik saavutada, on toitepoolse kaitselülite hetkvabasti rakendumislävi miinus tolerants.

$$I_s = I_{3\min A}$$

Märkus

See selektiivsuspiir, mis on seotud toitepoolse kaitselülite elektromagnetvabasti rakendumislävega, ületatakse alati, kui realiseeritakse selektiivsust energia järgi. Kui soovitakse saavutada selektiivsust energia järgi, tuleb kaitselülite valikul kasutada ABB poolt avaldatud koordineerimistabelites toodud selektiivsuse piirvoolu väärtuseid, mitte eelpooltoodud valemi järgi arvatud väärtuseid.

Selektiivsuse aja järgi

See selektiivsuse tagamise viis on eelmise edasiarendus. Selle koordineerimisviisi puhul määratakse rakendamisvoolu lävele lisaks ka rakendusaeg (viide): teatud voolu väärtus kutsub esile vabasti rakendumise alles teatava aja möödudes, võimaldades enne rakenduda rikkekohale lähemal asuval kaitselülil ja rikke asukoht eraldada.

Sätete määramise strateegia siin on seega koormuse poolt toite poole liikudes suurendada astmeliselt vabastite rakendamisvoolude lävesid ja rakendusaegade viiteid. Sätete määramisel tuleb arvesse võtta ka kaitselülite tolerantsid ja nendes kulgevaid tegelikke voolusid.

Järjestikku ühendatud kaitselülite rakendamisviidete erinevus peab arvestama koormuspoolse kaitselülite poolt rikke avastamisele ja kõrvaldamisele kuluva aega ning toitepoolse kaitselülite inertsi (aeg, mille jooksul kaitselülite võib siiski rakenduda, kuigi rike on

juba kõrvaldatud).

Nagu ka eelmise selektiivsuse saavutamise viisi (selektiivsus voolu järgi) puhul, võrreldakse seejärel kaitselülite aeg-voolu rakendustunnusjooni.

Üldiselt see koordineerimisviis:

- on lihtne määratleda ja realiseerida;
- ei ole väga kallis;
- võimaldab saavutada suuremat selektiivsuse piirvoolu (kui I_{cw} on suur);
- pakub kaitsefunktsioonide liiasust.

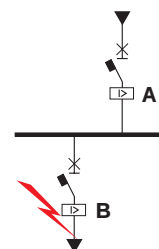
Sellegipoolest on rakendamisajad pikad (eriti toitele lähedal paiknevaid) ja kaitselüliteid läbivad energiahulgad on suured.

Seda selektiivsuse tagamise viisi saab kasutada ka sama gabariidiga kaitselülite vahel, mille elektroonilised vabastid omavad kaitsefunktsiooni S.

Praktiline näide

Kahe kaitselülite lühisekaitse sätete määramisel:

- lühisekaitse rakendamisvool viitega lühisekaitsel I_2 valida nii, et ei esineks tunnusoote kattumist, võttes arvesse tolerantsid ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid;
- lühisekaitse rakendusaeg t_2 valida nii, et koormuspoolne kaitselülite B kustutaks lühise, samal ajal kui toitepoolne kaitselülite A, olles ise ikka veel ooterežiimis, oleks võimaline "nägema" lühisvoolu sumbumist ja seetõttu jääma suletuks.



Saavutatav selektiivsuse piirvool on võrdne:

- toitepoolse kaitselülite hetkvabasti rakendamisvoolu miinus võimalikud tolerantsid:

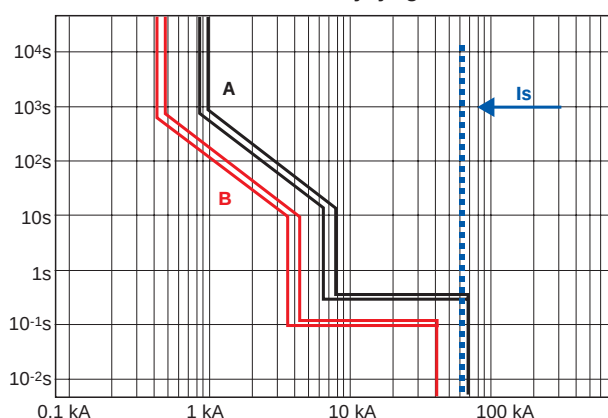
$$I_s = I_{3_{\min A}}$$

- toitepoolse kaitselülite I_{cw} väärtusega, kui selle kaitselülite kaitsefunktsioon I on asendis OFF.

Märkus

See selektiivsuspäir, mis on seotud toitepoolse kaitselülite elektromagnetvabasti rakendamisvoolu, ületatakse alati, kui realiseeritakse selektiivsust energia järgi. Kui soovetakse saavutada selektiivsust energia järgi, tuleb kaitselülite valikul kasutada ABB poolt avaldatud koordineerimisvoolude tabelites toodud selektiivsuse piirvoolu väärtuseid, mitte selles peatükis toodud arutluste põhjal saadud tulemusi.

Selektiivsus aja järgi



Selektiivsuse saavutamise viisid

Selektiivsus energia järgi

Koordinatsioon energia järgi on eriline selektiivsuse tagamise viis, mis kasutab ära kompaktkaitseühilite voolupiiravaid omadusi. On osutatud, et voolupiirav kaitseühili on "kaitseühili, mille väljalülitusaeg on piisavalt lühike, et vältida lühisvoolu kasvu muudel juhtudel saavutatava maksimumväärtuseni." (IEC 60947-2). Praktikas on kõigil ABB SACE Isomax ja Tmax tootesarjade kompaktkaitseühilitel, moodulkaitseühilitel ning E2L, E3L voolupiiravatel õhk-kaitseühilitel rohkem või vähem voolupiiravad omadused.

Need kaitseühilid on lühiseolukorras äärmiselt kiired (rakendamisajad jäävad mõne millisekundi piiridesse) ja avanevad hetkel, kui voolul on tugev

asümmeetriline komponent. Seetõttu pole selektiivsuse määramisel võimalik kasutada aeg-voolu tunnusjooni, mis on mõõdetud sümmeetrilise sinusoidaalse lainekuju puhul.

See nähtus on peamiselt dünaamiline (seetõttu võrdeline voolu hetkväärtuse ruuduga) ja sõltub tugevalt kahe jadamisi ühendatud kaitseühili omavahelisest toimest. Seetõttu ei saa lõppkasutaja ise energia järgi selektiivsuse saavutamiseks vajalikke suurusi arvutada.

Erinevate kaitseühilite kombinatsioonide selektiivsuse piirvoolu I_s väärtuse määramiseks selektiivsusel energia järgi tuleb seetõttu kasutada konkreetsete kaitseühilite tootjate poolt avaldatud tabeleid või arvutitarkvara. Need väärtused on määratud teoreetiliselt, integreerides standardi IEC 60947-2 lisas A toodud testide tulemusi.

Praktiline näide

Kahe kaitseühili lühisekaitseid peavad vastama allpooltoodud tingimustele.

- Termomagnetilise vabastiga kaitseühili toite pool

Elektromagnetvabastite rakendumisläved peavad olema sellised, et ei tekiks rakendumise kattumist, võttes arvesse tolerantse ja kaitseühilites kulgevaid tegelikke voolusid.

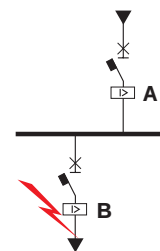
Toitepoolse kaitseühili elektromagnetvabasti rakendumislävi peab olema võrdne või suurem kui $10 \times I_n$ (või kui I_n on reguleeritav, siis selle maksimaalne väärtus).

- Elektroonilise vabastiga kaitseühili toite pool

Kõik viitega lühisekaitseid seatakse samadel alustel nagu selektiivsusel aja järgi.

Toitepoolse kaitseühili hetktoimelise lühisekaitse funktsioon I peab olema seatud asendisse OFF.

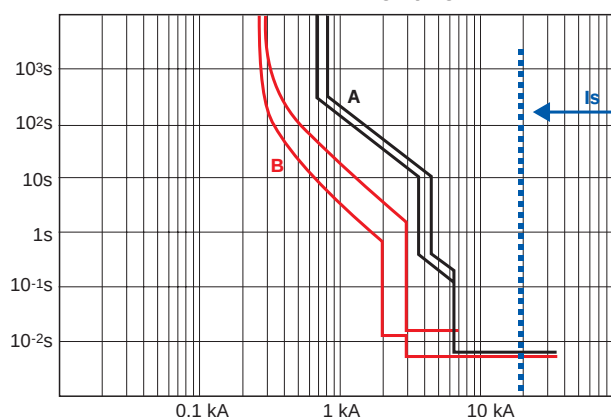
I3 = OFF



Saavutatav selektiivsuse piirvoolu väärtus I_s on toodud ABB SACE poolt avaldatud tabelites.

		Toite pool		T5						
Versioon				N,S,H,L,W						
Vabasti				TM			LL			
Koormuse pool		I_n [A]		I_n [A]			I_n [A]			
				400			630			
N	T3	TM	63	25	25	25	25	25	25	25
			80	25	25	25	25	25	25	25
			100	25	25	25	25	25	25	25
			125	20	20	20	20	20	20	20
			160			20	20	20	20	20
S	TM	200				20	20	20	20	
		250				20	20	20	20	
		63	25	25	25	25	25	25	25	
		80	25	25	25	25	25	25	25	
		100	25	25	25	25	25	25	25	
		125	20	20	20	20	20	20	20	
		160			20	20	20	20	20	
		200				20	20	20	20	
		250				20	20	20	20	

Selektiivsus energia järgi



Selektiivsus lühisekoha järgi

See koordineerimisviis on edasiarendus koordineerimisviisist aja järgi.

Sisuliselt saavutatakse selektiivsus lühisekoha järgi voolutugevust mõõtvate seadmete omavahelise suhtlemise abil pärast seda, kui ühe seadme poolt on avastatud rakendumisläve ületamine. See võimaldab täpselt määrata rikke asukohta ja korraldada selle toite väljalülitamise.

Seda saab teostada kahel viisil:

- mõõteseadmed saadavad informatsiooni voolu säteläve ületamisest jälgimissüsteemile ja viimane otsustab, milline kaitselüliti peab rakenduma;
 - kui voolude tegelikud väärtused ületavad säteläve, saadab iga kaitselüliti kas otseühenduse või siini kaudu hierarhias kõrgemalseisvale (arvestades voolu kulgemise suunda toite pool asuval) kaitselülitele keelusignaali ja enne rakendumist kontrollib, kas ei ole samasugune keelusignaali saanud hierarhias madalamal (koormuse pool) asuvalt kaitselülilt.
- Sel juhul rakendub ainult rikkekohale lähim toitepoolne kaitselüliti.

Teine variant võimaldab saavutada tunduvalt lühemaid rakendumisaegu. Võrreldes koordineerimisega aja järgi, pole enam vaja toite poole liikudes kaitselülite

vabastite rakendumisviiteid tahtlikult suurendada.

Viidet saab vähendada kuni ajani, mis on vajalik, et vältida võimaliku koormuspoolse kaitselülilt saabuva keelusignaali olemasolu. See selektiivsuse saavutamise viis sobib kasutamiseks radiaalvõrkudes, või kui on lisatud ka suundkaitse, siis ka silmusvõrkudes.

Võrreldes koordineerimisega aja järgi võimaldab selektiivsus lühisekoha järgi:

- vähendada rakendumisaegu (need võivad olla lühemad kui sada millisekundit);
- vähendada nii rikkest põhjustatavaid kahjusid kui ka mõju elektrivarustussüsteemile;
- vähendada paigaldise osadele mõjuvat termilist ja dünaamilist koormust;
- saavutada väga kõrge selektiivsustase.

Samas on seda keerukam ja kallim teostada ning nõuab täiendava toiteallika olemasolu.

Seetõttu kasutatakse sellist lahendust peamiselt suurte nimi- ja lühisvooludega süsteemides, mis nõuavad korraga nii kõrget ohutust kui ka toite katkematust enamasti on tegemist otse trafode ja generaatorite järel paiknevate primaarjaotussüsteemidega.

Praktiline näide

Seda selektiivsuse saavutamise viisi saab kasutada:

- Emax õhk-kaitselülite vahel, mis on varustatud PR122 ja PR123 vabastitega. Saavutatav selektiivsuse piirvool on võrdne nimi-lühiajataluvusvooluga $I_{cw} = I_s$
- Tmax T4L, T5L ja T6L kompaktkaitselülite vahel, mis on varustatud PR223 EF vabastitega.

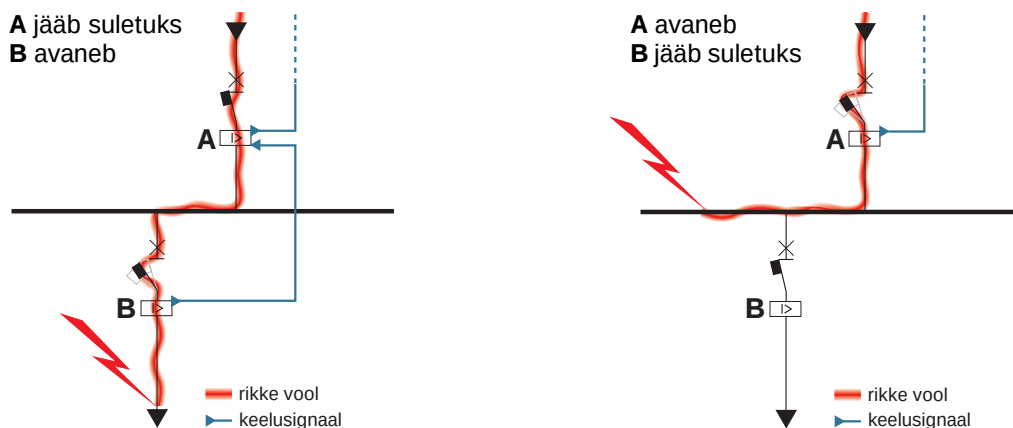
Saavutatav selektiivsuse piirvool on 100 kA

$I_s = 100 \text{ kA}$

Peale selle on täiendava IM210 mooduli abil võimalik luua Tmax ja Emax kaitselülite selektiivsuse lühisekoha järgi. Samuti on võimalik luua selektiivsuse lühisekoha järgi, mis sisaldab ABB keskpinge kaitseseadmeid.

ABB kaitselülite vahelise lühisekohajärgse selektiivsuse tööpõhimõte seisneb järgnevas.

Kui voolude väärtused ületavad vabastite sätteväärtusi, siis iga kaitselüliti saadab keelusignaali kas otseühenduse või siini kaudu hierarhias kõrgemal tasemel seisvale (toitepoolsele, arvestades energiovoo suunda) kaitselülitele ja enne rakendumist kontrollib, et samasugune keelusignaali pole saanud koormuspoolse kaitselülilt. Sel moel rakendub ainult rikkekohale lähim toitepoolne kaitselüliti.



Selektiivsuse saavutamine ABB kaitselülititega

Järgnevates peatükkides vaadeldakse detailsemalt, kuidas saavutada selektiivsust erinevat tüüpi ABB kaitselülititega.

Iga peatükk on pühendatud ühele kindlale kaitselülite kombinatsioonile ning nende vahelise selektiivsuse saavutamise meetoditele. Käesolev trükis annab põhimõtted ja suunised kaitselülite kiireks valikuks ning nende sätete seadmiseks, eesmärgiga saavutada kaitselülite vaheline selektiivsus. Need on üldised nõuded vabastite sätete kiireks valikuks.

Eriliste kaitselülite kombinatsioonide või eriliste paigaldustingimuste korral võib ABB SACE anda soovitusi, mis ei pruugi arvestada käesolevas trükises toodud reegleid, kuid tagavad siiski selektiivsuse. Järgnev on lühike ülevaade erinevatest ABB kaitselülite tüüpidest, mida käesolevas kirjutises käsitletakse.

ABB kaitselülite tüübid

MCB (Miniature Circuit-Breakers)

Minikaitselülid

Need on System *Pro-M* tootesarja minikaitselülid, mis on varustatud termomagnetiliste vabastitega ja mille rakendustunnusjooned vastavad standarditele IEC 60898 ja DIN VDE 0660. Nende kaitselülite lühisvoolu suurim nimiladustusvõime (*I_{cu}*) on vastavuses standardiga IEC 60947-2 ja selles toodud energiaselektiivsuse piirväärtustega.



MCCB (Moulded-Case Circuit-Breakers)

Kompaktkaitselülid

Need on Tmax ja Isomax tootesarja kaitselülid, mis on varustatud termomagnetiliste või elektrooniliste vabastitega.

Uusim Tmax tootesarja elektrooniline vabasti on PR223EF, mis võimaldab kompaktkaitselülite vahel saavutada selektiivsust lühisekoha järgi.



ACB (Air Circuit-Breakers)

Õhk-kaitselülid

Need on Emax tootesarja kaitselülid, mis on varustatud elektrooniliste vabastitega.

Kaasaegseimad Emax tootesarja vabastid on PR122/P (võimaldab saavutada selektiivsust lühisekoha järgi) ja PR123/P (lubab saavutada suunatud selektiivsust lühisekoha järgi).



MCB-MCB selektiivsus

Need kaitselülid on varustatud termomagnetiliste vabastitega ning seetõttu pole nende vahel selektiivsust aja järgi ja lühisekoha järgi võimalik saavutada. Kaht ülejäänud viisi - selektiivsust voolu järgi ja

selektiivsust energia järgi - saab kasutada. Sõltuvalt toite pool paikneva MCB tüübist on neist ühe või teise viisi abil selektiivsus saavutatav.

Toite pool S200 / koormuse pool S200

Kahe S200 tüüpi kaitselüliti vahel on võimalik saavutada vaid selektiivsust voolu järgi.

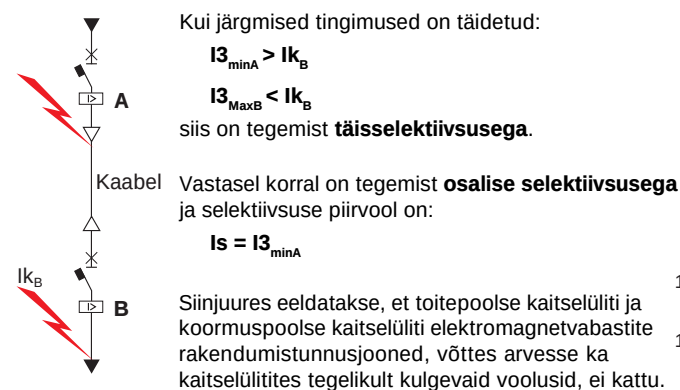
Sealjuures tuleb järgida järgmisi nõudeid.

- **Liigkoormuspiirkonnas** peab koormuspoolne kaitselüliti rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitselüliti, võttes arvesse tolerantse ja kaitselüliteid läbivaid tegelikke voolusid.
- **Lühisepiirkonnas** on vaja teada järgmisi suurusid:

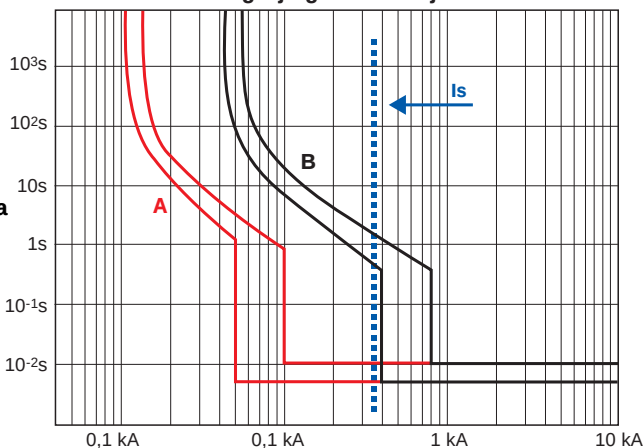
$I_{3\min A}$ toitepoolse kaitselüliti **A** elektromagnetvabasti alumine rakendumislävi;

$I_{3\max B}$ koormuspoolse kaitselüliti **B** elektromagnetvabasti ülemine rakendumislävi;

I_{k_B} suurim arvutuslik lühisvool kaitselüliti **B** koormuse pool.



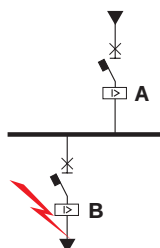
Selektiivsus energia järgi S200 D40 ja S200 C10 vahel



Toite pool S290D-S500D / koormuse pool S200

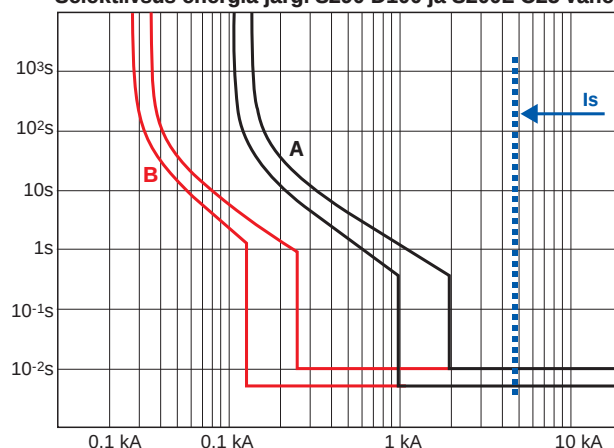
Toite pool paiknevate D tunnusjoonega S500 ja S290 ning koormuse pool paiknevate S200 tootesarja kaitselülite kombinatsioonide jaoks on ABB SACE tootekataloogis toodud selektiivsustabelid, mis annavad I_s väärtused selektiivsuse energia järgi. Täpsemalt, tabelites toodud väärtused kehtivad, kui on täidetud järgmised tingimused:

- **Liigkoormuspiirkonnas** peab koormuspoolne kaitselüliti rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitselüliti, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.
- **Lühisepiirkonnas** ei tohi toitepoolse kaitselüliti elektromagnetvabasti vähim rakendamisvool ja koormuspoolse kaitselüliti elektromagnetvabasti suurim rakendamisvool, võttes arvesse kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid, kattuda.



Saavutatav selektiivsuse piirvool I_s on toodud ABB SACE tootekataloogis avaldatud tabelites.

Selektiivsus energia järgi S290 D100 ja S200L C25 vahel



				Toite pool		S290		S500			
		Tunnusjoon				D		D			
		I_{cu} [kA]				15		50			
Koormuse pool			I_n [A]	80	100	32	40	50	63		
S200L	C	6	6-8	T	T	1.5	2	2	5.5		
			10	5	T	1	1.5	2	3		
			13	4.5	T		1.5	2	3		
			16	4.5	T			2	3		
			20	3.5	5						
			25	3.5	5						
			32		4.5						
			40								

MCCB-MCB selektiivsus

Järgnevalt vaadeldakse selektiivsuse saavutamise viise juhul, kui toite pool asub kompaktkaitseülitili (MCCB) ja koormuse pool minikaitseülitili (MCB).

Tänu kaitseülitite erinevatele gabariitidele on sel juhul alati võimalik saavutada selektiivsust energia järgi.

Toite pool T1-T2-T3-T4 / koormuse pool MCB

Trükises "Koordinatsioonitabelid" on toodud selektiivsustabelid omavahel jadamisi ühendatud kompaktkaitseülitite Tmax T1, T2, T3 ja T4 paiknemisel toite pool ning minikaitseülitite S200, S290 ja S500 paiknemisel koormuse pool. Tabelis toodud selektiivsuse piirvoolu väärtused kehtivad, kui on täidetud järgmised tingimused:

Liigkoormuspiirkond

Liigkoormuspiirkonnas peab koormuspoolne kaitseülitili rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitseülitili, võttes arvesse tolerantse ja kaitseülitites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühisepiirkond

Termomagnetilise vabastiga kompaktkaitseülitili toite pool

Elektromagnetvabasti rakendumislävi peab olema:

- suurem või võrdne $10 \times I_n$, kui elektromagnetvabasti rakendumislävi on fikseeritud (TMD);
- seatud maksimaalsele väärtusele, kui elektromagnetvabasti rakendumislävi on reguleeritav (TMA);
- selline, et võttes arvesse tolerantse ja kaitseülitites kulgevaid tegelikke voolusid ei tekiks rakendumise kattumisi koormuspoolse kaitseülitili vabastitega.

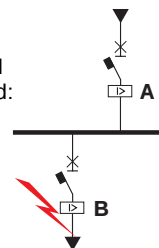
Elektroonilise vabastiga kompaktkaitseülitili toite pool

Hetktoimelise lühisekaitse funktsioon I peab olema seatud asendisse OFF I3=OFF

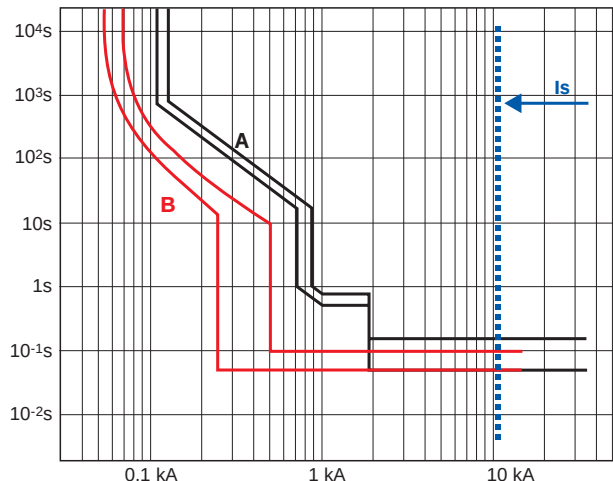
Kaitsefunktsiooni S rakendumislävi I2 peab olema seatud nii, et tolerantse ja kaitseülitites kulgevaid tegelikke voolusid arvesse võttes ei tekiks kattumisi koormuspoolse kaitseülitili elektromagnetvabasti ülemise rakendumislävega I3_{MaxB}

Kaitsefunktsiooni S rakendumisaeg t2 peab vastama tingimusele:

$$t_{2A} \geq 100 \text{ ms} \text{ nii } I^2t = \text{const} \text{ kui ka } t = \text{const} \text{ puhul}$$



Selektiivsus T2160 PR221 In100 ja S280 C50 vahel



Saavutatav selektiivsuse piirvool Is on toodud ABB SACE trükises "Koordinatsioonitabelid".

Saavutatav selektiivsuse piirvool on toodud ABB SACE trükises "Koordinatsioonitabelid".

A

			Toite pool																		
			T2																		
			Version																		
			N,S,H,L																		
			Vabasti																		
			TM,M														EL				
			I _u [A]																		
			160																		
Koormuse pool	Tunnusjoon	I _{cu} [kA]	I _n [A]	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	10	25	63	100	160	
S200P	C	25	≤2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		T
			3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	T	T	T	T	T		T	
			4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	T	T	T	T	T		T	
	B-C		6	5.5*	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	10.5	15	17	T	T		T	T		T	
			8			5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	10.5	15	17	T	T		T	T		T	
			10			3*	3	3	3	4.5	7.5	8.5	17	T	T		T	T		T	
			13			3*		3	3	4.5	7.5	7.5	12	20	T		T	T		T	
			16					3*	3	4.5	5	7.5	12	20	T			T		T	
			20						3*		3	5	6	10	15	T			T		T
			25								3*	5	6	10	15	T			T		T
			32								3*		6	7.5	12	T			T		T
			40										5.5*	7.5	12	T					T
			50										3*	5*	7.5	10.5				10.5	10.5
			63											5*		10.5					10.5

B

</

Toite pool T5-T6-S7-S8 / koormuse pool MCB

Toite pool asuvate Tmax T5, T6 ja Isomax S7, S8 tüüpi kompaktkaitaselülite korral on koormuse pool asuvate minikaitselülite suhtes alati tagatud täisselektiivsus, kui on täidetud allpoolkirjeldatud tingimused.

Liigkoormuspiirkond

Liigkoormuspiirkonnas peab koormuspoolne kaitselüliti rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitselüliti, võttes arvesse tolerantsi ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühisepiirkond

Termomagnetilise vabastiga kompaktkaitaselüliti toite pool

Elektromagnetvabasti rakendumislävi peab olema:

- suurem või võrdne $10 \times I_n$, kui elektromagnetvabasti rakendumislävi on fikseeritud (TMD);
- seatud maksimaalsele väärtusele, kui elektromagnetvabasti rakendumislävi on reguleeritav (TMA);
- selline, et võttes arvesse tolerantsi ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid ei tekiks kattumisi koormuspoolse kaitselüliti vabastitega.

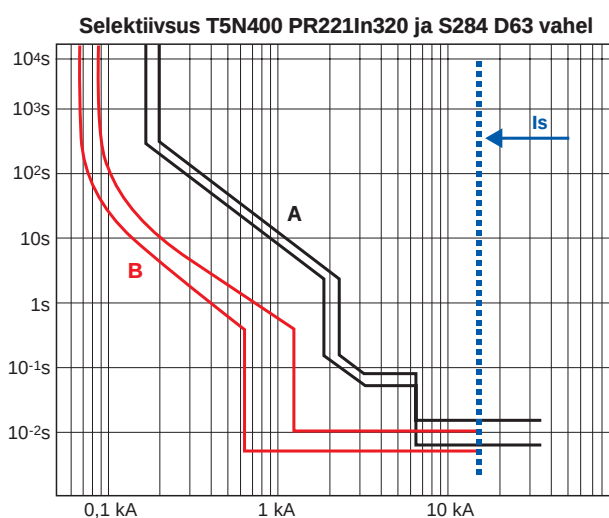
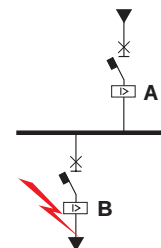
Elektroonilise vabastiga kompaktkaitaselüliti toite pool

Hetktoimeline lühisekaitse funktsioon I peab olema seatud asendisse OFF **I3=OFF**

Kaitsefunktsiooni **S** rakendumislävi **I2** peab olema seatud nii, et tolerantsi ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid arvesse võttes ei tekiks kattumisi koormuspoolse kaitselüliti elektromagnetvabasti ülemise rakendumislävega **I3_{MaxB}**

Kaitsefunktsiooni **S** rakendusaeg **t2** peab vastama tingimusele:

$t2_A \geq 100 \text{ ms}$ nii **$I^2 t = \text{const}$** kui ka **$t = \text{const}$** puhul



Selektiivsuse piirvool **Is** on võrdne väiksemaga nende kahe kaitselüliti lühisvoolu suurimast nimilahutusvõimest (**Icu**).

Ülalpool toodud näites:

S284D63	Icu = 15 kA
T5N400	Icu = 36 kA
Seega	Is = 15 kA

MCCB-MCCB selektiivsus

Järgnevalt vaadeldakse selektiivsuse saavutamist kahe kompaktkaitseüliti vahel. Nendel juhtudel on võimalik selektiivsust saavutada mitmel erineval viisil.

Selektiivsus voolu järgi

Selliste kompaktkaitseülitite kombinatsioonide puhul, kui kahe kaitseüliti vahel paikneb suure näivtakistusega võrgukomponente ja nende vahel ei ole tagatud selektiivsust energia järgi.

Selektiivsus aja järgi

Selliste kompaktkaitseülitite kombinatsioonide puhul,

kui kahe kaitseüliti vahel ei ole tagatud selektiivsust energia järgi ja toitepoolne kaitseüliti on varustatud elektroonilise vabastiga.

Selektiivsus energia järgi

Selliste kompaktkaitseülitite kombinatsioonide puhul, mis on toodud trükises "Koordinatsioonitabelid".

Selektiivsus lühisekoha järgi

PR223EF vabastitega Tmax kaitseülitite puhul.

Selektiivsus voolu järgi

Selektiivsust voolu järgi võib olla tarvis saavutada juhtudel, kui tegemist on kahe samagabariidilise kompaktkaitseülitiga, mille jaoks koordinatsioonitabelites puuduvad selektiivsuse väärtused energia järgi.

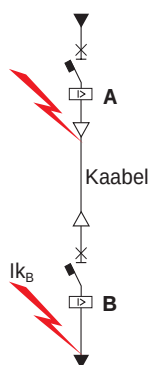
Igal juhul on nii võimalik saavutada vaid väikest selektiivsuse piirvoolu väärtust - maksimaalselt kümnekordset toitepoolse kaitseüliti nimivoolu I_n väärtust.

Selektiivsuse saavutamiseks voolu järgi peavad olema täidetud järgmised tingimused:

liigkoormuspiirkonnas peab koormuspoolne kaitseüliti rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitseüliti, võttes arvesse tolerantse ja kaitseülitites kulgevaid tegelikke voolusid.

lühisepiirkonnas, kus:

- $I_{3_{minA}}$ toitepoolse kaitseüliti A magnetvabasti al.rakendumislävi;
- $I_{3_{maxB}}$ koormuspoolse kaitseüliti magnetvabasti ül.rakendumislävi;
- I_{k_B} suurim arvutuslik lühisvool kaitseülitist B koormuse pool.



Kui järgmised tingimused on täidetud:

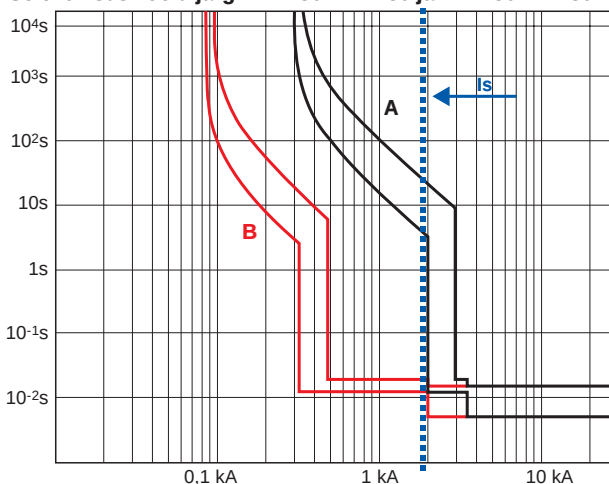
- $I_{3_{minA}} > I_{k_B}$
 - $I_{3_{maxB}} < I_{k_B}$
- siis võib rääkida **täisselektiivsusest**.

Vastasel juhul on tegemist **osalise selektiivsusega** ja selektiivsuse piirvool on:

$$I_s = I_{3_{minA}}$$

Siinjuures eeldatakse, et toitepoolse kaitseüliti ja koormuspoolse kaitseüliti elektromagnetvabastite rakendumistunnusjooned, võttes arvesse ka kaitseülitites tegelikult kulgevaid voolusid, ei kattu.

Selektiivsus voolu järgi T4N250 TMA250 ja T4N250 TMA80 vahel



Selektiivsus aja järgi

Vajadust saavutada selektiivsust aja järgi võib olla tarvis juhtudel kui tegemist on kahe samagabariidilise kompaktkaitaselülitiga, mille jaoks tabelites puuduvad selektiivsuse väärtused energia järgi ja kui toitepoolne kaitselüliti on varustatud kaitsefunktsiooni **S** omava elektroonilise vabastiga (T2-T4-T5-T6-S7-S8). Igal juhul on nii võimalik saavutada vaid väikest selektiivsuse piirvoolu väärtust - maksimaalselt kümnekordset toitepoolse kaitselüliti nimi-mittekatkestatava voolu **I_n** väärtust.

Selektiivsuse saavutamiseks aja järgi peavad olema täidetud järgmised tingimused.

Liigkoormuspiirkonnas peab koormuspoolne kaitselüliti rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitselüliti, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühisepiirkonnas

- toitepoolse kaitselüliti kaitsefunktsiooni **S** voolu rakendumislävi **I_{2A}** peab olema seatud nii, et ei tekiks kattumist koormuspoolse kaitselüliti lühisekaitsega (**I₃** või **I₂**), võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid
- toitepoolse kaitselüliti kaitsefunktsiooni **S** rakendumisaja **t₂** puhul tuleb arvestada järgmist

kui toitepoolse kaitselüliti rakendumislävi **I_{2A}** on suurem kui koormuspoolse kaitselüliti hetkoimelise lühisekaitse rakendumislävi (elektromagnetvabasti, **I₃ = ON** või enesekaitse) peab:

$$t_{2A} \geq 150 \text{ ms kui } I^2 t = \text{const}$$

$$t_{2A} \geq 100 \text{ ms kui } t = \text{const}$$

kui toitepoolse kaitselüliti rakendumislävi **I_{2A}** on suurem ainult koormuspoolse kaitselüliti kaitsefunktsiooni **S** rakendumislävest **I_{2B}**, siis kasutades samade tunnusjoonte kõveraid, peab kehtima võrdus:

$$t_{2A} - \text{tolerants} \geq t_{2B} + \text{tolerants} + 50 \text{ ms}$$

Seda suhet peab arvestama, kui kasutatakse elektroonilist sätestamist dialoogi või seadme PR010T kaudu. Enamikel juhtudel – sätestamisel mikrolülititega - peab järgima allpooltoodud tabelis esitatud väärtusi:

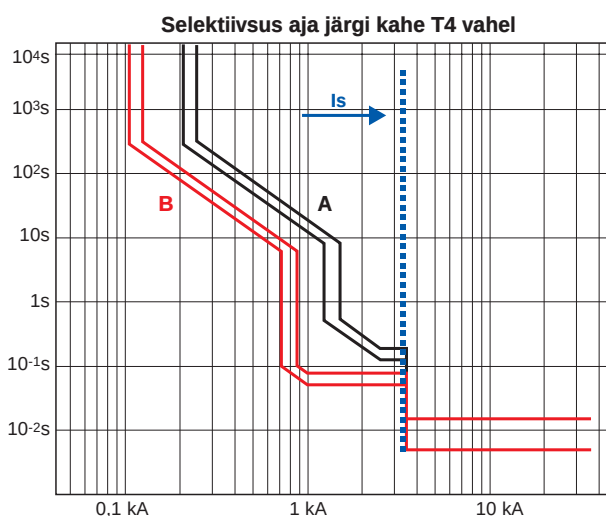
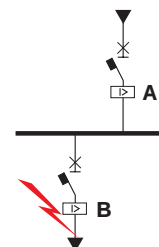
	aja t ₂ sätted (ms)		
MCCB toite pool	t _{2A} = 250	t _{2A} = 250	t _{2A} = 500
MCCB koormuse pool	t _{2B} = 50	t _{2B} = 100	t _{2B} = 250

Märkus

Ülalpooltoodud vabastite sätete näited on üldised ja kasutatavad sätete kiireks määramiseks selektiivsuse saavutamisel. Konkreetsete kaitselülite kombinatsioonide ja spetsiifiliste paigaldustingimuste korral võib ABB SACE anda soovitusi, mis ei pruugi vastata siin trükises toodud reeglitele, kuid tagavad sellegipoolest selektiivsuse.

Selektiivsuse piirvool on võrdne toitepoolse kaitselüliti hetkoimelise vabasti rakendumislävega **I₃** miinus tolerant

$$I_s = I_{3_{\min A}}$$



MCCB-MCCB selektiivsus

Selektiivsus energia järgi

ABB SACE on avaldanud selektiivsustabelid, mis sisaldavad võimalike kompaktkaitseülite kombinatsioonide selektiivsuse piirvoolu väärtuseid energia järgi pingel 415 V. Kuna kompaktkaitseüliteid võivad olla varustatud termomagnetiliste ja elektrooniliste vabastitega, mis mõlemad omakorda võivad olla reguleeritavad, siis peavad kasutajad selektiivsuse saavutamiseks kontrollima neis tabelites toodud lühisvoolude väärtusi.

Liigkoormuspiirkonnas peab koormuspoolne kaitselülite rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitselülite, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühisepiirkonnas

Termomagnetilise vabastiga kaitselülite toite pool

(T1-T2-T3-T4-T5-T6)

Elektromagnetvabasti rakendumislävi peab olema:

- suurem või võrdne $10 \times I_n$, kui elektromagnetvabasti rakendumislävi on fikseeritud (TMD);
- seatud maksimaalsele väärtusele kui elektromagnetvabasti rakendumislävi on reguleeritav (TMA);
- selline, et võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid, ei tekiks rakendumise kattumisi koormuspoolse kaitselülite vabastitega.

Elektroonilise vabastiga kaitselülite toite pool

(T2-T4-T5-T6-S7-S8)

- hetktoimeline lühisekaitsefunktsioon **I** peab olema seatud asendisse OFF **I3=OFF**
- toitepoolse kaitselülite kaitsefunktsiooni **S** voolu rakendumislävi **I_{2A}** peab olema seatud nii, et ei tekiks kattumist koormuspoolse kaitselülite lühisekaitsega (**I3** või **I2**), võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid

- toitepoolse kaitselülite kaitsefunktsiooni **S** rakendumisaja **t₂** puhul tuleb arvestada järgmist: kui toitepoolse kaitselülite rakendumislävi **I_{2A}** on suurem kui koormuspoolse kaitselülite hetkvabasti rakendumislävi (elektromagnetvabasti, **I3=ON** või enesekaitse) peab:

$$\begin{aligned} t_{2A} &\geq 150 \text{ ms} && \text{kui } I^2t = \text{const} \\ t_{2A} &\geq 100 \text{ ms} && \text{kui } t = \text{const} \end{aligned}$$

kui toitepoolse kaitselülite **I_{2A}** rakendumislävi on suurem ainult koormuspoolse kaitselülite kaitsefunktsiooni **S** rakendumislävest **I_{2B}**, siis kasutades samade tunnusjoonte kõveraid, peab kehtima võrdus:

$$t_{2A} - \text{tolerants} \geq t_{2B} + \text{tolerants} + 50 \text{ ms}$$

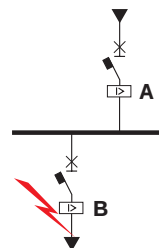
Seda suhet peab arvestama, kui kasutatakse elektroonilist sätestamist dialoogi või seadme PR010T abil.

Enamikel juhtudel – sätestamisel mikrolülitega – peab järgima allpooltoodud tabelis esitatud väärtusi:

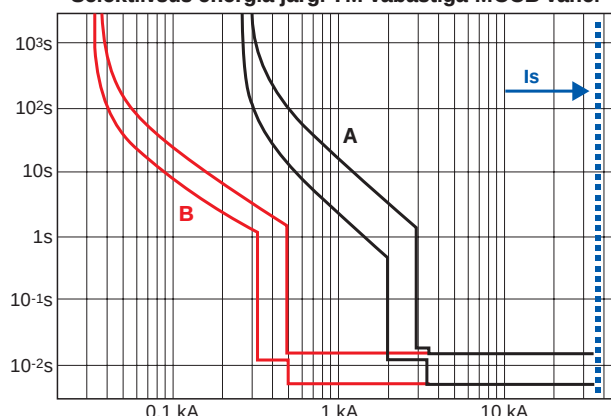
aja t ₂ sätted (ms)			
MCCB toite pool	t _{2A} = 250	t _{2A} = 250	t _{2A} = 500
MCCB koormuse pool	t _{2B} = 50	t _{2B} = 100	t _{2B} = 250

Märkus, Ülalpooltoodud vabastite sätete näited on üldised ja kasutatavad sätete kiireks määramiseks selektiivsuse saavutamisel. Konkreetsete kaitselülite kombinatsioonide ja spetsiifiliste paigaldustingimuste korral võib ABB SACE anda soovitusi, mis ei pruugi vastata siin trükises toodud reeglitele, kuid tagavad sellegipoolest selektiivsuse.

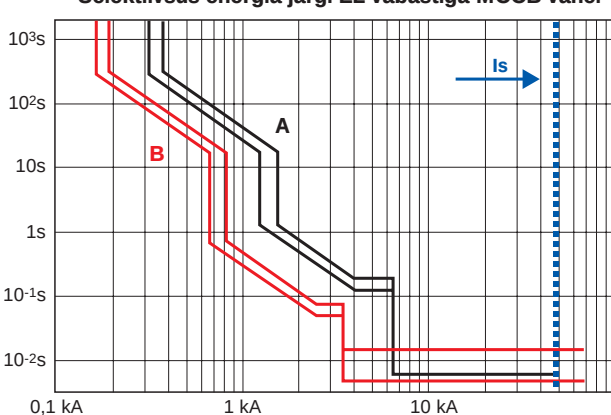
Saavutatava selektiivsuse piirvoolu **I_s** väärtus on toodud trükises "Koordinatsioonitabelid".



Selektiivsus energia järgi TM vabastiga MCCB vahel



Selektiivsus energia järgi EL vabastiga MCCB vahel



MCCB - Tmax T5 @ 400/415 V

		Toite pool		S6		S7	
		Versioonid		N,S,H,L		S,H,L	
		Vabasti		TM		EL	
		I _n [A]		800		1250	
		I _n [A]		800		1000	
Koormuse pool	T5	N, S, H, L, V	TM	400	320	30	30
					400	30	30
				630	500	30	T
					630	T	T
			EL	400	320	30	30
					400	30	30
				630	500	T	T
					630	T	T

Selektiivsus lühisekoha järgi (T4L-T5L-T6L)

Uue elektroonilise vabasti PR223EF abil on võimalik saavutada kompaktkaitaselülite TMax T4L, T5L ja T6L vahel ka selektiivsust lühisekoha järgi.

PR223EF kasutab **EF** kaitsefunktsiooni, mis on võimeline tuvastama lühise kohe selle tekkimisel.

Seda tänu lühise "ette ennustamisele", analüüsides voolu suhtelist kasvamiskiirust ajas, $di(t)/dt$ vs $i(t)$.

Kui kaitsefunktsioon **EF** on sisse lülitatud, siis ta sekkub suuremate rikete väljalülitamisse, asendades kaitsefunktsiooni **I**.

PR223EF vabastite vahel saavutatakse selektiivsus lühisekoha suhtes kaitsefunktsioonide S, G, ja EF üheaegse toimimisega. Selleks ühendatakse vabastid PR223EF omavahel sidekaabliga (täiendavat informatsiooni kasutatava kaabli kohta küsida ABB-lt) ning side toimub modbus RS485 ühendusprotokolliga (Interlocking, **IL**) kaudu.

Lühise avastamise korral korral saabab kaitselüliti infosiini vahendusel viivitamatult keelusignaali endast hierarhias kõrgemal (toite pool) paiknevale kaitselülile ja enne rakendumist kontrollib, kas samasugust keelusignaali pole saanud hierarhias madalamal (koormuse pool) paiknevalt kaitselülilt.

Süsteemi terviklikkust kontrollib monitoringufunktsioon: kui lühise korral leitakse viga blokeeringusüsteemis, siis kaitsefunktsioon EF rakendub (rakendumisaeg mõnikümmed ms), kuid selektiivsus lühisekoha järgi pole sel juhul tagatud.

Veelgi enam, kui koormuspoolne kaitselüliti ei suuda rakendada,

siis ta palub toitepoolsest kaitselülilt abi ja viimane avaneb isegi juhul, kui ta ei ole rikut tuvastanud (**SOS** funktsioon). Selektiivsuse saavutamiseks lühisekoha järgi on EF kaitsefunktsiooniga vabastite jaoks vaja alalisvoolu lisatoiteallikat pingega 24 V. Saavutatav selektiivsuse piirvool on 100 kA

Is=100kA

Kõiki kaitsefunktsioone saab programmeerida kaugjuhitavalt kasutades vabasti dialoogifunktsiooni, või koha pealt PR010T abil, mis on ühendatav PR223EF esipaneeli jadaväratisse.

Üks põhilisi eeliseid kompaktkaitaselülite vahelise selektiivsuse saavutamisel lühisekoha järgi on võimalus vähendada kasutatavate kaitselülite suurust.

Püüdes saavutada selektiivsust tavaliste viisidega on selektiivsuse piirvoolu paigaldise lühisvooluga vastavusse viimiseks sageli vaja suurendada toitepoolse kaitselüliti gabariiti. Sobivalt kaabeldatud PR223EF vabastite abil on võimalik saavutada 100 kA selektiivsus ka kahe sama gabariidiga kaitselüliti vahel.

Allpool toodud näite (vt. lk 22 ja 23) abil võib veenduda, kui palju on võimalik vähendada kompaktkaitaselülite vahelise lühisekohajärgse selektiivsuse kasutamise abil kaitselülite gabariite ning märkimisväärselt vähendada löökvoole ja Joule'i integraali (I^2t), omades siiski täisselektiivsust.

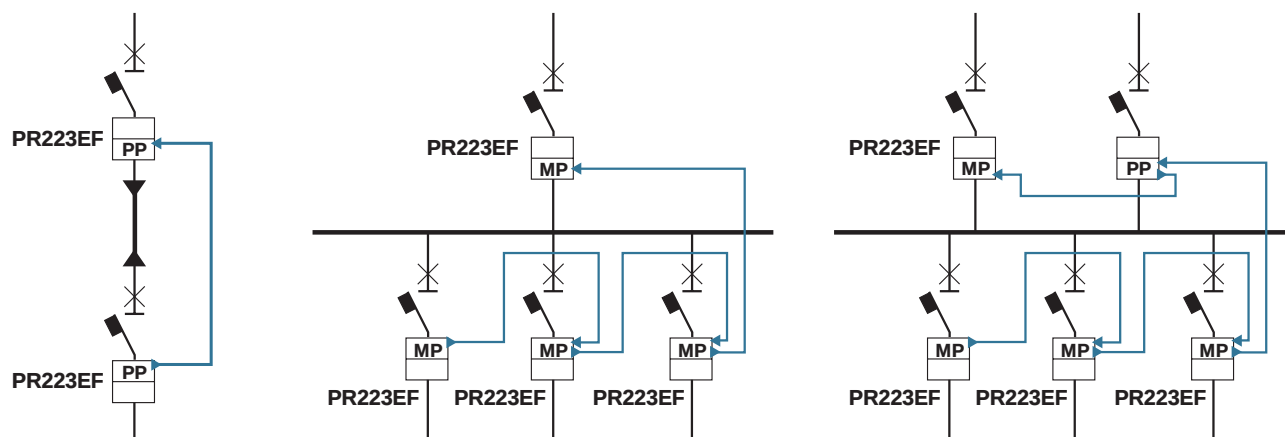
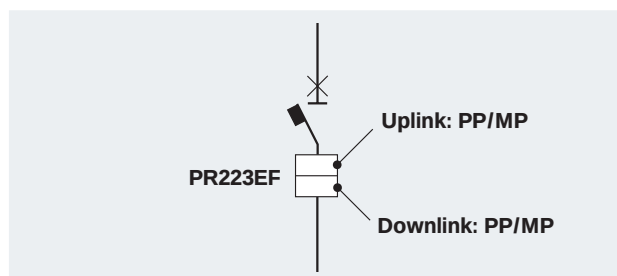
Ühenduse konfiguratsioon

Igal vabastil on:

- sisend ühendamiseks toite pool asuva vabastiga "**Uplink**"
- väljund ühendamiseks koormuspoolse vabastiga "**Downlink**"

Igaüks neist on seadistatav kahel viisil: **PP** (point-point) või **MP** (multi-point), vastavalt konkreetse paigaldise iseloomule.

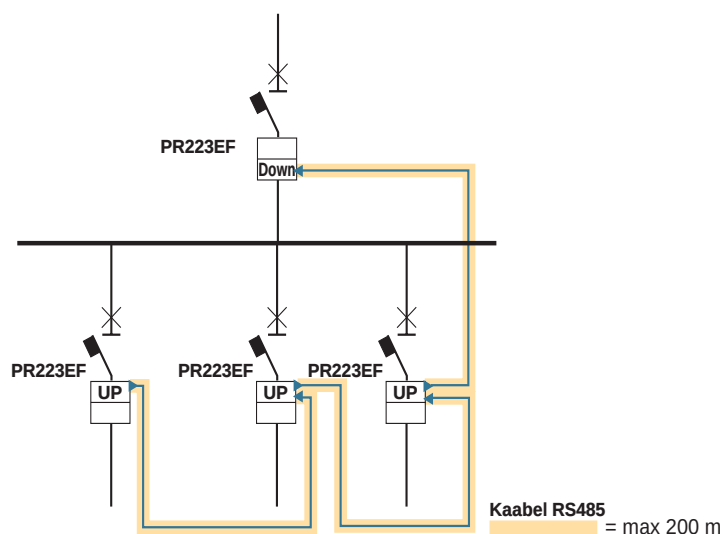
Peamised seadistused on toodud allpool:



MCCB-MCCB selektiivsus

Vabastit PR 223EF iseloomustavad peamised parameetrid on:

Rakendusviide	Selle parameetri lubamine võimaldab rakendust viivitada kui vabastist koormuse pool paiknevad väiksemad kompakt- või minikaitselülitid. Selle parameetri eesmärk on võimaldada selektiivsuse saavutamist koormuse pool paiknevate PR223EF vabasteid mitteomavate kaitselülititega. See parameeter on lubatud ainult kaitselülites, mis omavad seadmeid lühisekohajärgsest selektiivsusest koormuse suunas väljaspool.
EF lubatud/välistatud	Lubab/välistab EF kaitsefunktsiooni. Kui EF kaitsefunktsioon on lubatud, siis: välise toitepinge Vaux olemasolu välistab kaitsefunktsiooni I ja võimaldab kaitsefunktsiooni EF toimimise; välise toitepinge Vaux puudumine välistab EF toimimise ja võimaldab kaitsefunktsiooni I (kui see on lubatud).
100 kA	Selektiivsuse piirvool, mis on võimalik saavutada õieti kaabeldatud ja toidetud PR223EF abil.
16	Maksimaalne arv vabasteid, mida saab ühendada BUS tasandile.
200 meetrit	Maksimaalne ühenduskaablite kogupikkus. Vabastite kaabeldus toimub nagu tavalises BUS topoloogias (vt joonis).



Sätete näiteid

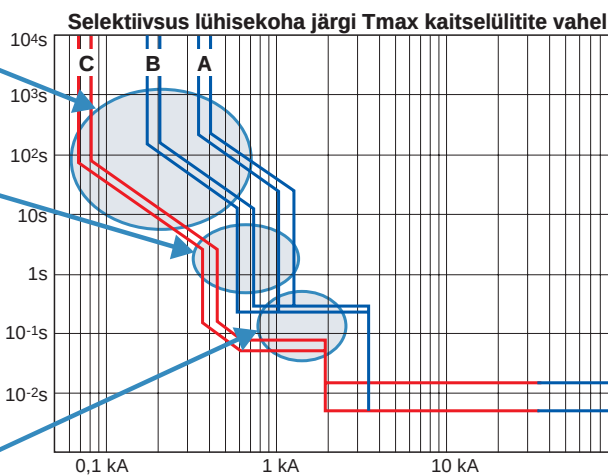
Et saavutada täisselektiivsust korrektselt kaabeldatud ja toidetud PR223EF vabastiga, on vaja teha kaitselülite ja sätete valikud arvestades järgmisi soovitusi.

Liigkoormus

- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsioonide **L** rakendumiste kattumist, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

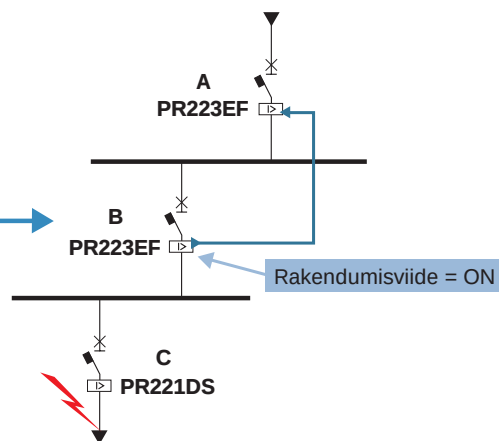
Lühis

- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsioonide **S** voolude rakendumislävede **I₂** kattumisi, võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid
- Rakendusaeg **t₂**
Seatud nii, et oleks tagatud selektiivsus aja järgi iga lühisekohajärgsest selektiivsusest väljaspool paikneva koormuspoolse kaitselülitiga.
Kui A on toitepoolne ja B koormuspoolne kaitselüliti, siis omavahel ühendatud PR223EF vabastitega kaitselülite puhul peab kehtima tingimus: **t_{2A} ≥ t_{2B}**.
Kui võimalik, siis veenduda, et omavahel ühendatud vabastitega kaitselülite vahel oleks tagatud ka selektiivsus aja järgi, et tagada osaline selektiivsus juhul, kui väline toitepinge Vaux peaks kaduma.
- Hetktoimeline kaitsefunktsioon **I**
See kaitsefunktsioon välistub automaatselt, kui kaitsefunktsioon EF on lubatud ja on olemas väline toitepinge Vaux. Tema sätted on olulised juhul, kui väline toitepinge Vaux peaks kaduma.



- Rakendumisviide (Trip delayed)

Selle parameetri lubamine vabastil PR223EF võimaldab saavutada selektiivsust vahetult vabastist koormuse pool paikneva ja PR223EF vabastit mitteomava väiksema Tmax kaitselülitiga või minikaitselülitiga.

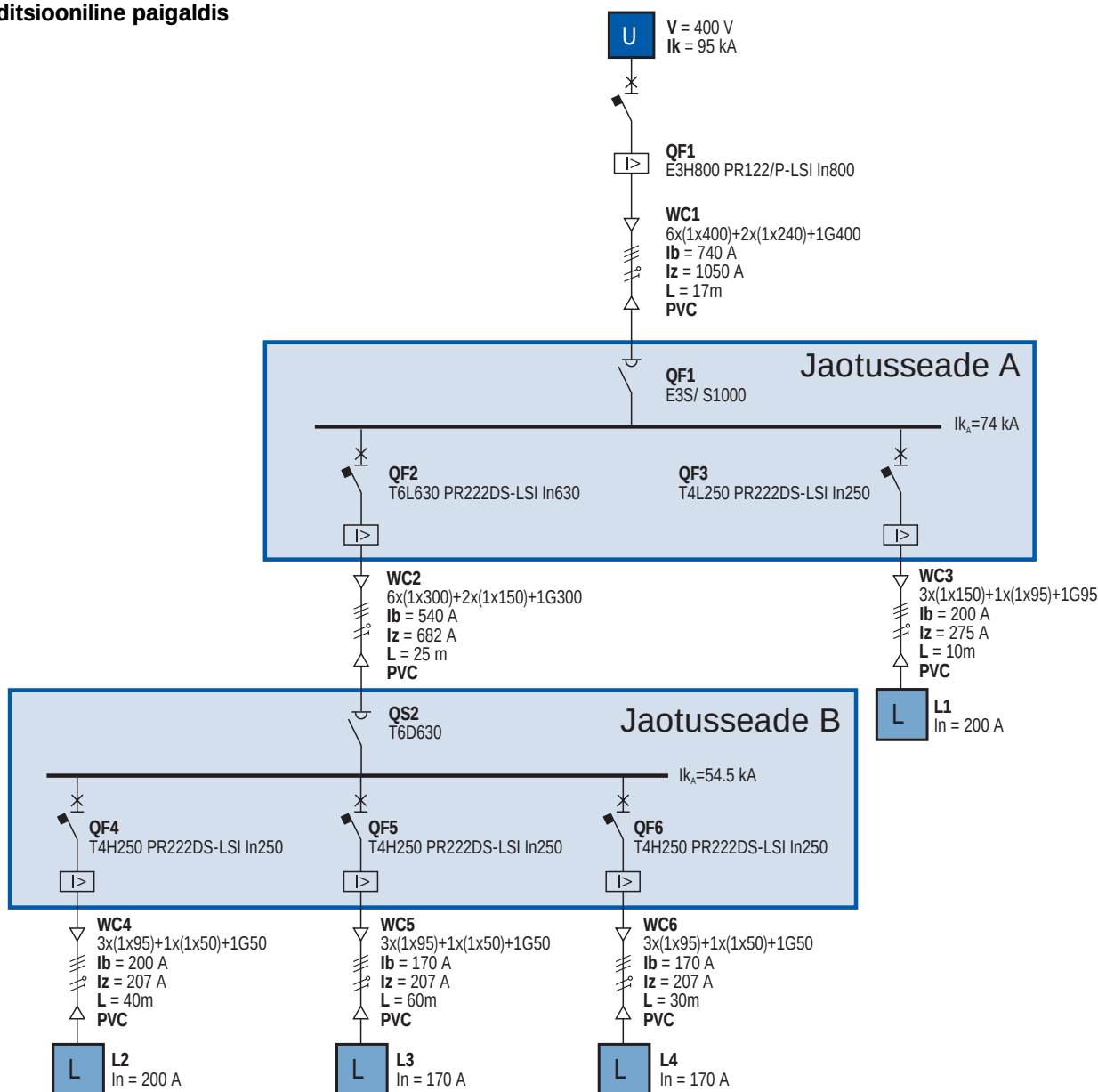


MCCB-MCCB selektiivsus

Kasutusnäide

Järgnevas näites on toodud kahe ühesuguse elektripaigaldise võrdlus. Esimeses on selektiivsus lahendatud traditsioonilisel viisil ja teises EFDP süsteemi abil.

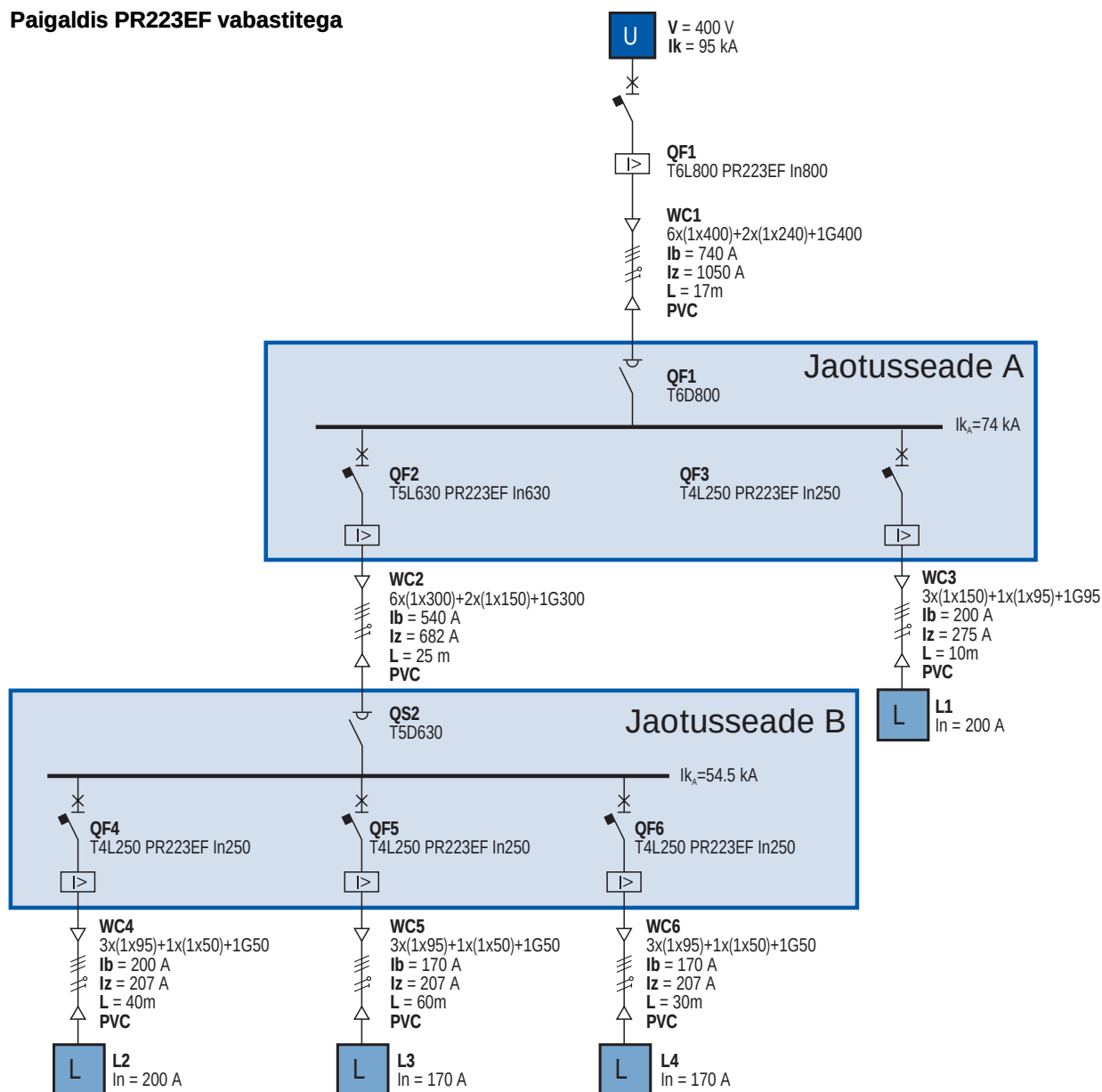
Traditsiooniline paigaldis



Kaitseseadmete valik toimub eeskätt koormuse nimivoolu ja latistuse lühisvoolu järgi. Seda valikut mõjutab ka selektiivsuse saavutamine traditsioonilisel viisil, kus selektiivsuse piirvoolude väärtused leitakse trükisest "Koordinatsioonitabelid". Jaotusseadme B latistuse lühisvool ($I_{k_B} = 54,5 \text{ kA}$) sunnib väljuvates fiidrites kasutama T4H 250 tüüpi kaitselüliteid. Selektiivsuse tagamiseks peab jaotusseadme B toite pool jaotusseadmes A kasutatav kaitselüliti QF2 olema T6L630. Jaotusseadme A latistuse lühisvool $I_{k_A} = 74 \text{ kA}$: see mõjutab tugevalt omakorda toite pool paikneva kaitselüliti valikut, mis nimivoolust hoolimata peab olema EMax õhk-kaitselüliti, täpsemalt Emax E3H, selleks, et oleks tagatud selektiivsus koormuse pool paiknevate seadmete suhtes. Igal jaotusseadmel on oma koormus-lahklüliti, mida tuleb kaitsta lühise ja liigkoormuse eest kaitselülitiga toite pool. Teiste sõnadega, kaitse tagamiseks on vaja kasutada koormus-lahklüliti, mis on tuletatud toite pool paiknevast kaitselülitist.

Seega on ilmne, et selektiivsuse nõuded mõjutavad tugevasti kaitseseadmete valikut ja suunavad seda, sõltuvalt paigalduskohast, erinevate kaitselülite gabariitide suunas.

Paigaldis PR223EF vabastitega



Kuna nimivoolud ja võrgu lühisvoolud on eelduse põhjal jäänud muutmata, siis uue vabasti PR223EF kasutamine võimaldab saavutada selektiivsuse kasutatavate aparatuuride gabariite oluliselt suurendamata. Täpsemalt, jaotusseadme B toitepoolse kaitselülitina QF2 saab kasutada PR223EF vabastiga kaitselülitit T5L630. Selle tulemusena saab vähendada ka jaotusseadme B sisendis paikneva koormus-lahklüliti suurust. Kõige silmapaistvam gabariidi vähenemine saavutatakse paigaldise peamisel seadmel: tänu PR223EF vabastite kasutamisele võib õhk-kaitselüliti asendada kompaktkaitselülitiga. Konkreetset juhul saab kasutada kaitselülitit T6L800 koos sama suure koormus-lahklülitiga jaotusseadme A sisendis.

MCCB-MCCB selektiivsus

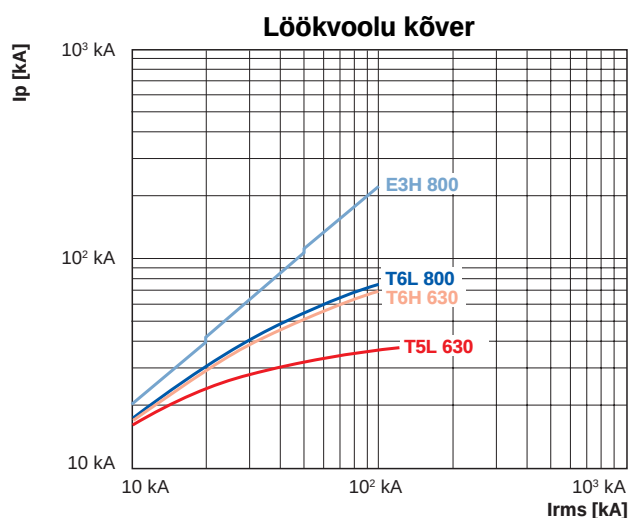
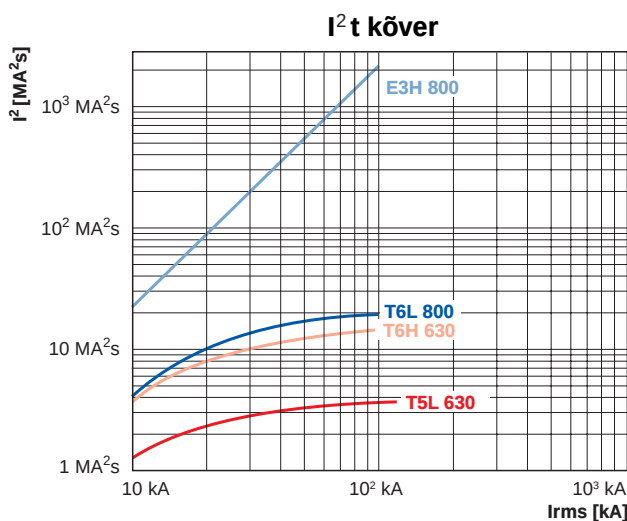
Järgnevas tabelis on võetud kokku vabasti PR223EF kasutamise eelised.

Sellega on võimalik:

- asendada suuremõõduline kompaktkaitseüliti väiksemaga – T6L630 PR221-LS asemel T5L630 PR223EF;
- asendada suuremõõduline õhk-kaitselüliti palju väiksema kompaktkaitseülitiga – E3H800 PR122/PLSIG asemel T6L800 PR223EF;
- asendada suuremõõduline koormus-lahklüliti väiksemaga – T6D630 asemel T5D630;
- asendada suuremõõduline õhk-kaitselüliti tuleatud koormus-lahklüliti palju väiksema kompaktkaitseülitist tuleatud koormus-lahklülitiga – E3S/MS1000 asemel T6D800.

	Traditsiooniline lahendus	EFPD lahendus
QF1	E3H800 PR122/P	T6L800 PR223EF
QS1	E3S/MS1000	T6D800
QF2	T6L630 PR221DS	T5L630 PR223EF
QS2	T6D630	T5D630

Lülite gabariidi tunduva vähenemisega kaasnevad (võrreldes traditsioonilise lahendusega PR223EF vabastitega kaitselülite kasutamisel) peale mõõtmete ja maksumuse vähenemise ka lühise korral paigaldise komponentidele rakenduda võivad elektrodünaamilised ja termilised koormused. Allpool on toodud näites kasutatud kaitselüliteid läbiva Joule'i integraali I^2t ja löökvoolu kõverad.



Ülaltoodud kõveratel tuleb täheldada, et 55 kA lühisvoolule vastav I^2t väärtus T6H630 puhul on 13 MA²s, samal ajal kui T5L630 puhul on see 3,5 MA²s. Samuti väheneb tugevasti ka löökvoolu tippväärtus – 54 kA asemel 35 kA.

Samuti ka 74 kA lühisvoolu puhul vähendab kaitselüliti T6L800 I^2t ja löökvoolu piiramisega tunduvalt enam paigaldises tekkivaid dünaamilisi ja termilisi koormuseid kui õhk-kaitselüliti E3H.

Konkreetsel juhul on kaitselüliti voolupiiravaid omadusi kasutades võimalik optimeerida jaotusseadme A latistust. Kasutades toite pool õhk-kaitselüliti tuleb latistust dimensioneerida nimi-lühiajataluvusvoolule (I_{cw}) 75 kA ja seega palju suuremale kestvalt lubatud voolule kui paigaldise töövool seda tegelikult nõuab.

Kaitselüliti T6L800 kasutamine jaotusseadme A toite pool võimaldab vastupidi vähendada latistust kuni I_{cw} väärtuseni 35 kA, mis on rohkem kooskõlas paigaldise nõutava kestvalt lubatud vooluga 800 A.

35 kA nimi-lühiajataluvusvooluga latistusele vastavad järgmised elektriliste suuruste väärtused:

- löökvool $I_p = (35 \times 2,1) = 73.5$ kA, mis on suurem kui kaitselüliti T6L800 poolt 75 kA lühisvoolul võimaldatav 66 kA;
- Joule'i integraal $I^2t = 35^2 \times 1 = 1225$ MA²s, on suurem kui kaitselüliti T6L800 poolt 75 kA lühisvoolul võimaldatav $I^2t = 20$ MA²s.

	Traditsiooniline lahendus	EFPD lahendus
Jaotusseadme A latistus	I _{cw} = 75 k	I _{cw} = 35 kA

ACB-MCCB selektiivsus

Järgmisena vaadeldakse selektiivsuse saavutamist toite poole paigaldatud õhk-kaitselüliti ja koormuse poole paigaldatud kompaktkaitselüliti vahel. Vaadeldakse kahte juhtumit:

- traditsiooniline lahendus selektiivsusega energia

või aja järgi;

- selektiivsus lühisekoha järgi, kui koormuspoolne Tmax kaitselüliti on varustatud PR223EF vabastiga ja toitepoolne Emax õhk-kaitselüliti on varustatud PR122/P või PR123/P vabastiga.

Traditsiooniline lahendus

Selle juhu jaoks on ABB SACE avaldanud selektiivsustabelid, mis sisaldavad võimalike õhk-kaitselülite ja kompaktkaitselülite kombinatsioonide selektiivsuse piirvoolu väärtuseid. On selge, et tabelis toodud selektiivsuse piirvoolu saavutamiseks on vaja vastavalt seada ka kaitselülite vabastite sätteid.

Tuleb täita järgmised tingimused.

Liigkoormuspiirkonnas peab koormuspoolne kaitselüliti rakenduma kiiremini kui toitepoolne kaitselüliti, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühisepiirkonnas:

- hetktoimeline kaitsefunktsioon I peab olema seatud asendisse OFF **I3=OFF**
- toitepoolse kaitselüliti kaitsefunktsiooni S voolu rakendumislävi I_{2A} peab olema seatud nii, et ei tekiks kattumist koormuspoolse kaitselüliti lühisekaitsega (I_3 või I_2), võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid
- toitepoolse Emax kaitselüliti kaitsefunktsiooni S rakendumisaja t_2 allpooltoodud säte, vastavalt koormuspoolse MCCB tüübile/sättele:

kui toitepoolse kaitselüliti I_{2A} rakendumislävi on suurem kui koormuspoolse kaitselüliti hetkvabasti rakendumislävi (elektromagnetvabasti, $I_3 = ON$ või enesekaitse) peab:

$$t_{2A} \geq 100 \text{ ms} \quad \text{kui} \quad I^2t = \text{cost} \text{ ja } t = \text{cost}$$

kui toitepoolse kaitselüliti I_{2A} rakendumislävi on suurem ainult koormuspoolse kaitselüliti kaitsefunktsiooni S rakendumislävest I_{2B} , siis kasutades samade tunnusoonte kõveraid, peab kehtima võrdus:

$$t_{2A} - \text{tolerants} \geq t_{2B} + \text{tolerants} + 50 \text{ ms}$$

Seda suhet peab arvestama, kui kasutatakse elektroonilist sätestamist dialoogi või seadme PR010T kaudu. Enamikel juhtudel – sätestamisel mikrolülititega – peab järgima allpooltoodud tabelis esitatud väärtusi.

aja t_2 sätteid

ACB toite pool	$t_{2A} = 200$	$t_{2A} = 200$	$t_{2A} = 400$	$t_{2A} = 700$
MCCB koormuse pool	$t_{2B} = 50$	$t_{2B} = 100$	$t_{2B} = 250$	$t_{2A} = 500$

Märkus

Ülalpooltoodud vabastite sätete näited on üldised ja kasutatavad sätete kiireks määramiseks selektiivsuse saavutamisel.

Konkreetsete kaitselülite kombinatsioonide ja spetsiifiliste paigaldustingimuste korral võib ABB SACE anda soovitusi, mis ei pruugi vastata siin trükises toodud reeglitele, kuid tagavad sellegipoolest selektiivsuse.

Saavutatava selektiivsuse piirvoolu I_s väärtus on toodud trükises "Koordinatsioonitabelid".

ACB - MCCB @ 400/415 V

Koormuse pool	Version	Vabasti	Toite pool I_n [A]	E1		E2				E3					
				B	N	B	N	S	L*	N	S	H	V	L*	S
				EL		EL				EL					
				800	1000	1600	1000	800	1250	2500	1000	1000	800	2000	4000
T1	B	TM	160	1000	1000	2000	1250	1000	1600	3200	1250	1000	1000	2500	
				1250	1250	1600	1600	1250			1600	1250	1250		
				1600	1600	2000	2000	1600			2000	1600	1600		
								2000			2500	2000	2000		
T2	N	TM,EL	160								3200	2500	2500		
											3200	3200	3200		
T2	S	TM,EL	160												
T2	H	TM,EL	160												

ACB-MCCB selektiivsus

Emax ja Tmax vaheline selektiivsus lühisekoha järgi

Kasutades ühendusmoodulit IM210 on võimalik laiendada selektiivsust lühisekoha järgi vabastitest PR223EF toite pool asuvate vabastiteni PR122/P või PR123/P.

See seade teeb võimalikuks andmevahetuse PR223EF IL protokolliga ja vabastite PR122/P ning PR123/P vahel.

Pärast Emax ja Tmax kaitselülite vahel selektiivsuse määramist saab selektiivsuse piirvoolu väärtuseks järgmistest väärtustest vähim:

- toitepoolse kaitselüliti nimi-lühiajaluvusvool (Emax kaitselüliti I_{cw});
- koormuspoolse kaitselüliti lühisvoolu suurim nimilahutusvõime (Tmax L versiooni I_{cu} → 100 kA)

Kahe toitepoolse kaitselüliti haldamine

Selleks, et PR223EF abil hallata mitme toite pool asuva Emax kaitselüliti vabasteid, tuleb toimida järgmiselt.

- Kaks kaitselüliti toite pool ilma sektioneeriva lüliti
- Paigaldise sellise konfiguratsiooni puhul peab koormuspoolne vabasti liigvoolu korral lukustama mõlemad toitepoolsed kaitselülid. Korrektseks monitooringusignaali haldamiseks ja koormuse poolt tuleva keelusignaali dubleerimiseks on vaja kasutada ühte IM210 moodulit.

- Kaks kaitselüliti toite pool koos sektioneeriva lüliti
- Paigaldise sellise konfiguratsiooni puhul võimaldab sektioneeriva lüliti olemasolu paigaldise lahutada kaheks eraldi osaks.

Kui sektioneeriv lüliti on suletud, peab koormuspoolne vabasti liigvoolu korral lukustama mõlemad toitepoolsed kaitselülid.

Kui sektioneeriv lüliti on avatud, siis on igal vabastil vaid üks toitepoolne kaitselüliti. Juhul kui koormuspoolne kaitselüliti tuvastab rikke, peab ta lukustama vaid selle kaitselüliti avanemise, mis tuvastab vea ka toite pool.

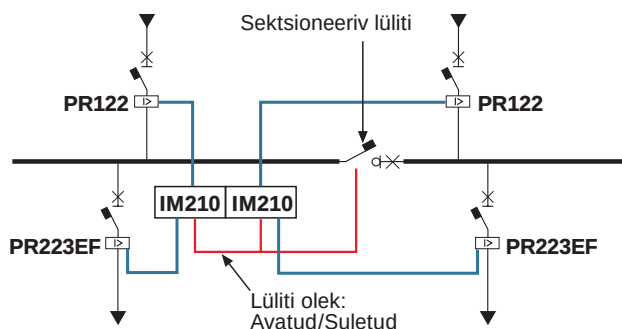
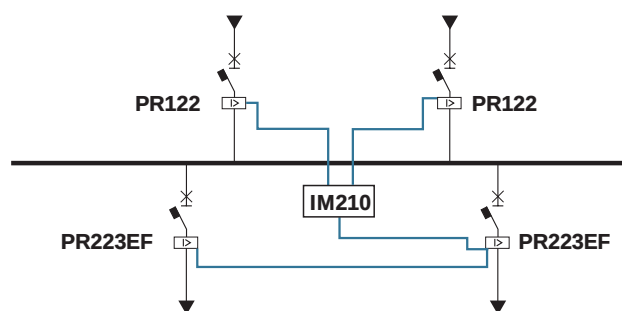
Sellisel juhul on vajalik kasutada kahte teineteisega ühendatud IM210 moodulit, mis saavad sektioneerivalt lülilt avatud/suletud signaali.

Kui sektioneeriv lüliti on avatud:

- kaks liini jäävad eraldatuks; iga IM210 ühendab kaks vabasti
- kommunikeerumiseks jadamisi.

Kui sektioneeriv lüliti on suletud:

- signaal saadetakse Sysbusi abil ühelt seadmelt teisele ja keelusignaali saadetakse alati mõlemale toite pool paiknevale kaitselülile.



Soovitavad sätted

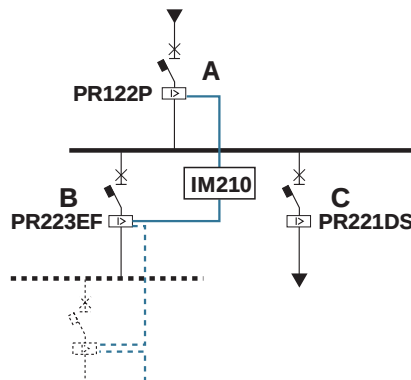
Peatükis, mis käsitleb Emax lülite selektiivsust lühisekoha järgi, kirjeldatakse lähemalt, et kui selektiivsusel lühisekoha järgi on vabastitel PR122 või PR123 kaitsefunktsioon S lubatud, siis võib esineda kaks olukorda:

- Emax lüliti vabasti saab keelusignaali: kui tema rakendumislävi I2 on ületatud, siis ta rakendub vabastile seatud aja t2 möödudes;
- Emax lüliti vabasti ei saa keelusignaali: kui tema rakendumislävi I2 on ületatud, siis ta rakendub vabastile seatud "selektiivsusaaja" möödudes.

Selleks, et saavutada täisselektiivsust nii lühise kui ka liigkoormuse korral, on soovitatav jälgida allpooltoodud valikuid ja juhiseid, kus:

A on vabastist PR223EF toite pool PR122/P vabastiga Emax lüliti;
B on Tmax vabastiga PR223EF;
C on seade lühisekohajärgsest selektiivsusahest väljaspool;

A ja B on ühendatud IM210 mooduli abil.



Liigkoormus

- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsioonide L rakendumise kattumisi, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühis

- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsioonide S voolude rakendumislävede I2 kattumist, võttes arvesse tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

- Toitepoolse Emax lüliti rakendumisaeg t_2 ja "selektiivsusaeg" seada järgmiselt:

selektiivsusaeg

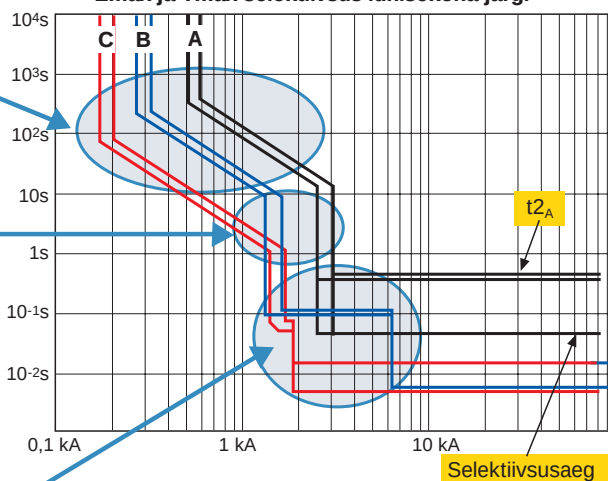
seada nii, et oleks tagatud selektiivsus aja/voolu järgi kaitselülitiga C, mis asub väljaspool lühisekohajärgset selektiivsusahest

t_{2A}

seada nii, et oleks tagatud keelusignaali saava kaitselüliti mitterakendumine, :
st vastavalt ingimusele
 $t_{2A} > t_{2B} + 70 \text{ ms}^*$

*At minimaalne kahe jadamsi ühendatud lisa-toitega ja pideva ajakõvera kaitselüliti rakendumisaegade vahe tagamaks, et ei rakendu toitepoolne kaitselüliti

Emax ja Tmax selektiivsus lühisekoha järgi



Kaitsefunktsioon I on seatud asendisse OFF:

I3 = OFF

ACB-ACB selektiivsus

Järgnevalt vaadeldakse selektiivsuse saavutamist kahe õhk-kaitselüliti vahel. Ka sel juhul saab kasutada erinevaid selektiivsuse saavutamise viise:

selektiivsus aja järgi

selektiivsus lühisekoha järgi

suundselektiivsus aja järgi

suundselektiivsus lühisekoha järgi

mistahes tüüpi vabastitega Emax lülite vahel
PR122 ja PR123 vabastitega Emax lülite vahel
PR123 vabastitega Emax lülite vahel
PR123 vabastitega Emax lülite vahel.

Selektiivsus aja järgi

Saavutamaks valitud selektiivsuse viisi puhul maksimaalset selektiivsustaset nii liigkoormuse kui ka lühise korral, on soovitatav valida kaitselülite järgmised sätted.

Liigkoormus

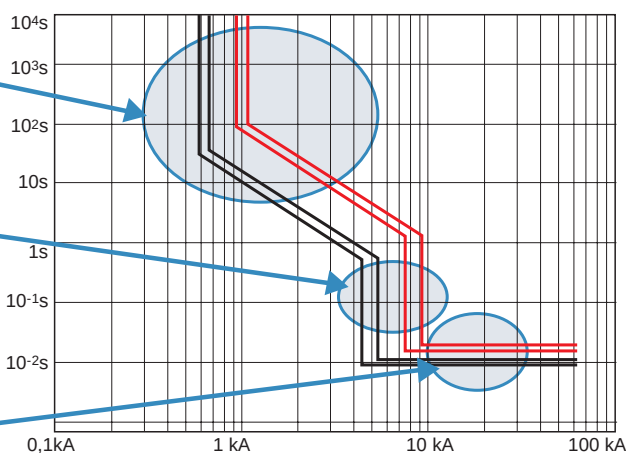
- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsioonide L rakendumiste kattumisi, võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühis

- Kaitsefunktsioon I peab olema seatud asendisse OFF

$I_{3A} = \text{OFF}$

- toitepoolse kaitselüliti rakendumislävi I_{2A} peab olema nii, et ei tekiks kattumisi koormuspoolse kaitselüliti lühisekaitsega (I_{3A} või I_{2A}), võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid
- kaitsefunktsioonide S rakendumisaegad t_2 : kõverad ei tohi kattuda ja täidetud peavad olema järgmised tingimused:



PR121, PR122 ja PR123 vabastitega Emax kaitselülite t_2 rakendumisaegade vahelised minimaalsed sätete erinevused:

$t = \text{const}$	$t_{2A} > t_{2B} + 100 \text{ ms}^*$	$^*70 \text{ ms}$ kui väline toide või omatoide on ebakindel
$I^2 t = \text{const}$	$t_{2A} > t_{2B} + 100 \text{ ms}$	$t_{2A} < 400 \text{ ms}$
$I^2 t = \text{const}$	$t_{2A} > t_{2B} + 200 \text{ ms}$	$t_{2A} \geq 400 \text{ ms}$

Märkus

sete kaitselülite

toodud reeglitele, kuid

tagavad sellegipoolest selektiivsuse.

Selektiivsuse piirvool:

- kui kaitsefunktsioon I on asendis ON ($I_3 = \text{ON}$), siis selektiivsuse piirvool on toitepoolse kaitselüliti rakendumislävi I_3 miinus tolerant:

$$I_s = I_{3\text{minA}}$$

- kui kaitsefunktsioon I on asendis OFF ($I_3 = \text{OFF}$), siis selektiivsuse piirvool on võrdne toitepoolse kaitselüliti I_{cw} väärtusega

$$I_s = I_{cw}.$$

Selektiivsus lühisekoha järgi kaitselülite Emax vahel

Emax kaitselülite vahel on võimalik saavutada selektiivsust lühisekoha järgi, vähendades märkimisväärselt rakendumisaega, mis omakorda lubab lihtsamalt saavutada selektiivsust keskpinge kaitselülititega.

Vähendades rakendumisaega vähenevad ka rikke tõttu paigaldise komponentidele mõjuvad termilised ja dünaamilised koormused. Emax kaitselülite vaheline selektiivsus lühisekoha järgi, kohaldatav kaitsefunktsioonide S ja G, on lubatud juhul kui:

- neil kaitsefunktsioonidel on valitud fikseeritud aja kõver;
- on olemas 24 V lisatoiteallikas;
- kaitselülid on varustatud vabastitega PR122 või PR123.

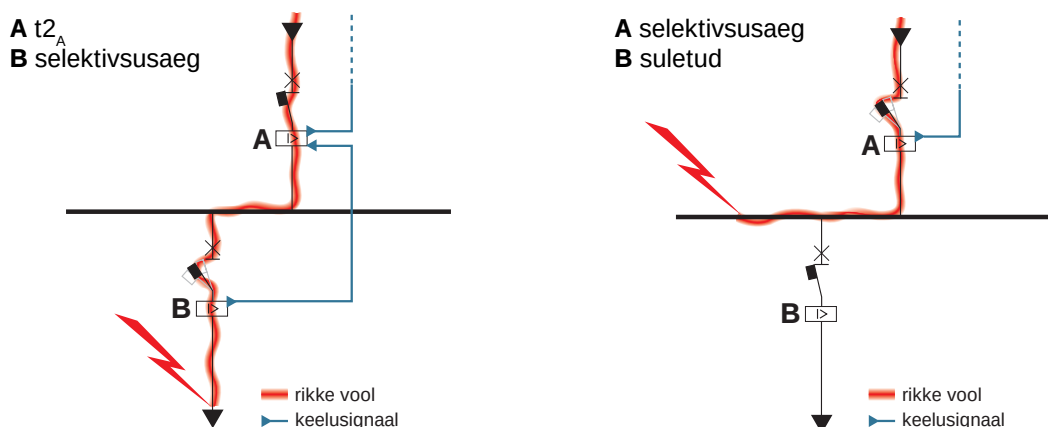
Saavutatav selektiivsuse piirvool on võrdne toitepoolse kaitselüliti I_{cw} väärtusega, kui tema hetktoimelise lühisekaitse funktsioon I on seatud asendisse OFF.

Alljärgnevalt on toodud Emax kaitselülite vahelise lühisekohajärgse selektiivsuse põhimõte.

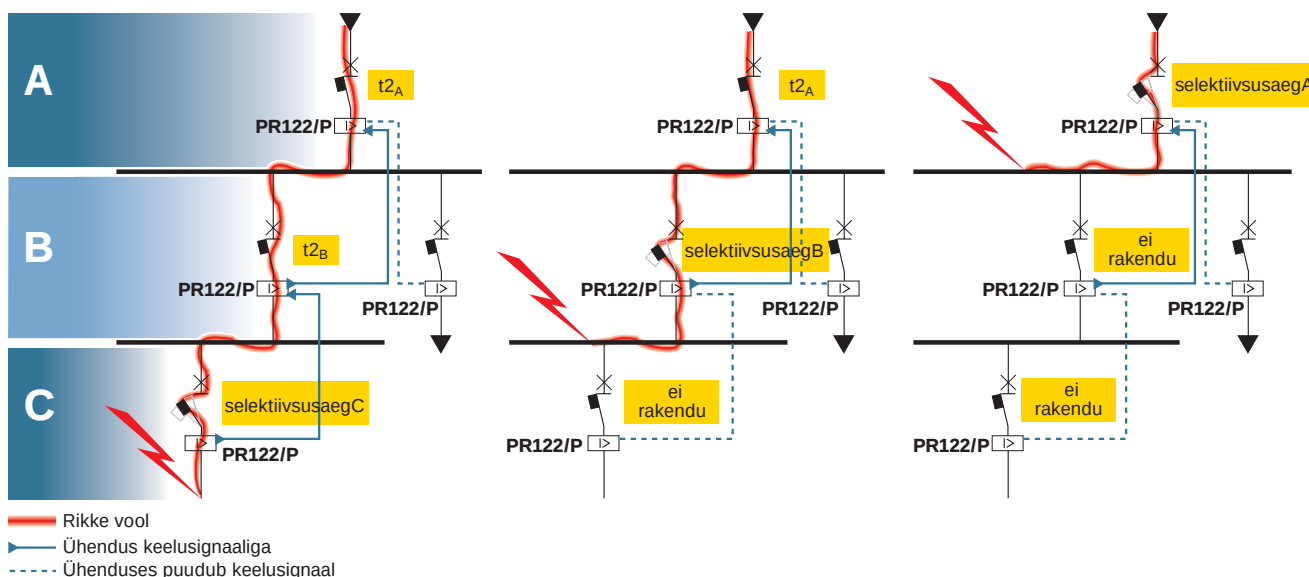
Rikkekoht asub koormuse pool kaitselülitist, mis rikke avastab. Iga kaitselüliti, mis rikke avastab, teatab sellest ühenduskaabli kaudu järgmisele toite pool paiknevale kaitselülile. Kaitselüliti, mis pole saanud koormuse poolt teadet, alustab rakendumist määratud selektiivsusaaja (seatav vahemikus 40 ms - 200 ms) möödudes.

Selektiivsusaaja eesmärk on realiseerida selektiivsus aja järgi ka nende koormuse poole ühendatud aparatuuride suhtes, mis on lühisekohajärgsest selektiivsusahest väljaspool (kaabeldamata seadmed).

Teiselt poolt: kaitselülid, mis saavad keelusignaali teiselt vabastilt, rakenduvad vastavalt kaitsefunktsiooni S rakendumisaaja t_2 sättele.



Nagu võib näha, siis juhul, kui allpooltoodud sätteid on järgitud, ei rakendu lühise korral aja t_2 jooksul ükski kaitselüliti, vaid kõik nad rakenduvad määratud selektiivsusaaja piires.



ACB-ACB selektiivsus

Soovitavad säted

Saavutamaks valitud selektiivsuse viisi puhul maksimaalset selektiivsustaset nii liigkoormuse kui ka lühise korral, on soovitatav valida kaitselüliteile järgmised säted:

Liigkoormus

- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsioonide **L** rakendumiste kattumisi, võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Lühis

- Kontrollida, et ei esineks kaitsefunktsiooni **S** voolude rakendumislävede **I₂** kattumisi, võttes arvesse ka tolerantse ja kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

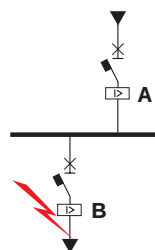
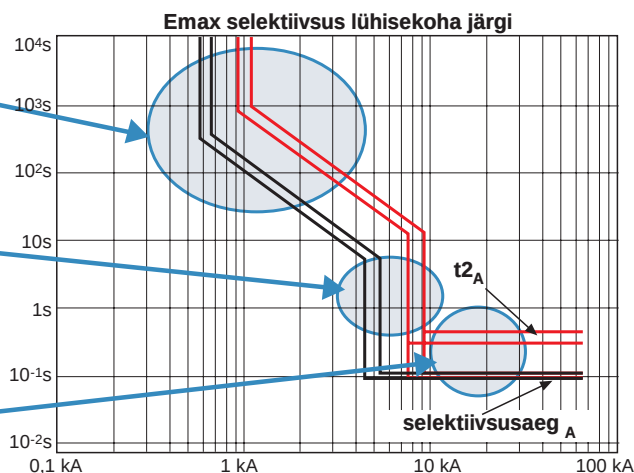
- Rakendumisaeg **t₂** ja "**selektiivusaeg**" seada järgmiselt:

selektiivusaeg seada nii, et oleks tagatud selektiivsus aja/voolu järgi kõigi seadmetega, mis asuvad väljaspool lühisekohajärgset selektiivsusahelat;

t₂ seada nii, et oleks tagatud keelusignaali saava kaitselüliti mitterakendumine, s.t. vastavalt tingimusele:

$$t_{2A} > t_{2B} + 70 \text{ ms}^*$$

* t - minimaalne kahe jadamsi ühendatud lisatoitega ja pideva ajakõveraga kaitselüliti rakendumisaegade vahe tagamaks, et ei rakendu toitepoolne kaitselüliti



Selektiivsuse piirvool:

- kui hetktoimelise lühisekaitse funktsioon **I** on asendis ON (**I₃ = ON**), siis selektiivsuse piirvool on toitepoolse kaitselüliti **I₃** rakendumislävi miinus tolerant:

$$I_s = I_{3_{\min A}}$$

- kui hetktoimelise lühisekaitse funktsioon **I** on asendis OFF (**I₃ = OFF**), siis selektiivsuse piirvool on võrdne toitepoolse kaitselüliti **I_{cw}** väärtusega:

$$I_s = I_{cw}$$

Soovitav kaabeldus

Kaabelduseks sobib kahesooneine varjestatud kaabel ($V_n \geq 50$ V; AWG 22; soonejuhi nimitakistus alalisvoolule 20°C juures ≤ 15 Ohm/1000ft; varjestuse nimitakistus alalisvoolule 20°C juures ≤ 3 Oom / 1000 ft).

Varje peab olema maandatud ainult toitepoolse kaitselüliti vabastil.

Maksimaalne kaabelduse pikkus kahe seadme vahel on 300 meetrit. Erivõtetega võib seda piirangut ületada.

Maksimaalne vabasti väljunditele ühendatavate kaitselülite arv on 20.

Vabasti keelusignaali on alalisvoolusignaali +24 V.

Signaalikordus

Tabelist on näha, et juhul kui vabasti saab koormuspoolset kaitselülilt keelusignaali, siis isegi juhul, kui ei ole sisestatud kaitsefunktsiooni **S** rakendumisläve, korratakse seda keelusignaali toite pool.

See on sättevigade vältimiseks, sest kui koormuspoolsele vabastile pole seatud rakendumisläve aga toitepoolsele on, siis kutsub see esile selektiivsuse kadumise:

Selektiivsus lühisekoha järgi	$I > I_2$	ZSI signaal	ZSO signaal	T rakendumisaeg
Välistatud	EI	0	0	ei rakendu
Välistatud	EI	1	0	ei rakendu
Välistatud	JAH	0	0	t2 programmeeritud
Välistatud	JAH	1	0	t2 programmeeritud
Sisestatud	EI	0	0	ei rakendu
Sisestatud	EI	1	1	ei rakendu
Sisestatud	JAH	0	1	selektiivsusaeg
Sisestatud	JAH	1	1	t2 programmeeritud

ZSA MOODUL

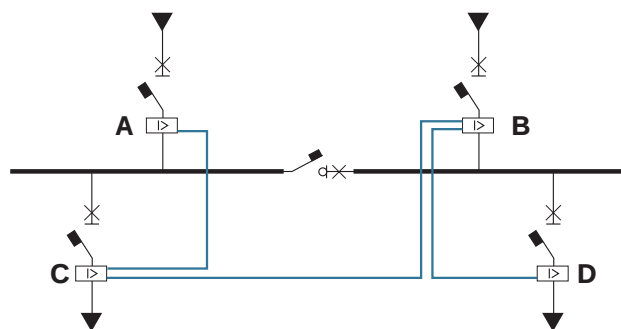
Juhul, kui mitu koormuspoolset kaitselüliti peavad lukustama mitut toitepoolset kaitselüliti, kuid erineval viisil, on vaja kasutada **ABB** poolt tarnitavat **ZSA** moodulit.

Vastavalt kõrvalasuvalde joonisele oletades, et:

C peab lukustama **A** ja **B**;

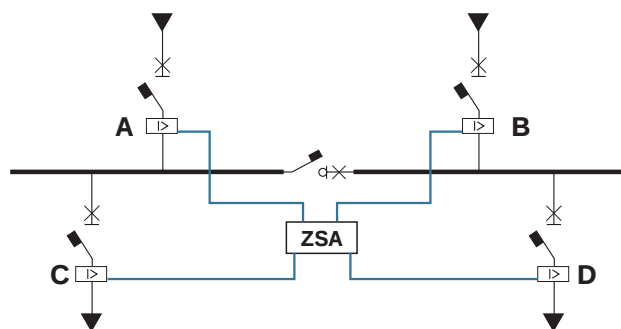
D peab lukustama ainult **B**.

Joonisel tehtud kaabeldusega ei saa soovitud tulemust saavutada, sest keelusignaali, mis tuleb kaitselülilt **D** saadetakse edasi ka ka lülisse **A** nende vahelise pideva elektrilise ühenduse tõttu, mis moodustub **B-C** ja **C-A** vahelistest ühendustest.



Õige kaabelduse korral liigub keelusignaali **ZSA** mooduli abil vaid ühes suunas nii, et lüliti **D** lülisse **B** saadetud signaali ei saadeta lülisse **A**.

ZSA mooduli kasutamist kirjeldab kõrvalolev joonis.



ACB-ACB selektiivsus

Suundselektiivsus aja järgi

Vabastitega PR123 varustatud Emax kaitselülid omavad suundkaitsefunktsiooni **D**, mis võimaldab kaitselülite vahel saavutada suundselektiivsust aja järgi.

See selektiivsuse viis omab samasuguseid eeliseid ja piiranguid nagu ka funktsiooni **S** abil teostatud selektiivsus aja järgi, kuid peale selle on siin võimalikud veel ka kaitselülite rakendused erinevate viidetega, sõltuvalt rikke suunast.

Seda selektiivsuse viisi on soovitatav kasutada kõigil nendel juhtudel, kui on tegemist rohkem kui ühe toiteallikaga. Ühe toiteallika lähedal toimunud rikke korral tagatakse sel juhul toite katkematus allesjäänud toiteallika abil, kasutades suundkaitset.

Suundkaitse

Suundkaitse põhineb kaitselüliti erineval rakendusel sõltuvalt lüliti läbiva rikkevoolu suunast, võrreldes kaitselüliti vabastile seatud etalonsuunaga.

Vabastile PR123 on võimalik, sõltuvalt lüliti läbiva voolu suunast, seada kaks erinevat rakendumisaega:

aeg (t7Fw) eelnevalt seatud etalonsuunaga samasuunalise ehk kooskõlas oleva (Fw) voolu jaoks;

aeg (t7Bw) eelnevalt seatud etalonsuunaga vastasuunalise ehk vastuolus oleva (Bw) voolu jaoks.

Neid rakendumisaegu kasutatakse ainult juhul, kui vool ületab vabastile PR123 seatud rakendumisläve (I7).

Kui rikkest põhjustatud vool on eelnevalt seatud etalonsuuna suhtes vastuolus (Bw), rakendub kaitse aja t7Bw jooksul pärast I7 rakendumisläve saavutamist (kui kaitsefunktsioonid S ja I pole seatud rakenduma enne kaitsefunktsiooni D).

Kui rikkest põhjustatud vool on eelnevalt seatud etalonsuuna suhtes kooskõlas (Fw), rakendub kaitse aja t7Fw jooksul pärast I7 rakendumisläve saavutamist (kui kaitsefunktsioonid S ja I pole seatud rakenduma enne kaitsefunktsiooni D).

Peale selle, kui kaitsefunktsioon I on lubatud ja lühisvool ületab I3 rakendumisläve, siis kaitselüliti avaneb sõltumata voolu suunast hetkeliselt.

Kaitselülitele on vaikumisi seatud voolu etalonsuund ülevalt alla (vabastite poolt alla).

Kõrvaloleval joonisel on kujutatud paigaldis, milles on kaks kaitselüliti.

Lülitele vaikumisi antud voolude etalonsuunad on kujutatud punaste nooltega.

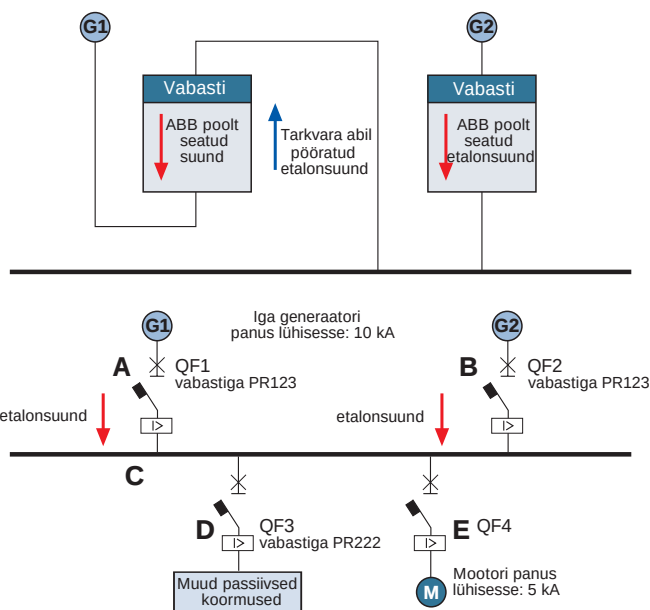
Kui kaitselüliti toite voolu suund on ülevalt alla (toide G2), siis see ühtib kaitselüliti ABB poolt vaikumisi seatud voolu etalonsuunaga.

Kui kaitselüliti toite voolu suund on alt üles (toide G1), siis PR123 vabasti võimaldab vaikumisi seatud voolu etalonsuunda oma tarkvara abil ümber pöörata (alt üles).

Sel juhul hinnatakse kõiki PR123 vabasti poolt mõõdetud suurusi nii, nagu ka tegelik energia kulgemine paigaldises toimub.

Pealegi on ka paigaldist kujutaval ühejoonediagrammil selektiivsuse ja Fw ning Bw rakendumise suunade määramiseks kasutatav voolu etalonsuund alati korrektne jätta ülevalt alla.

Kõrvalasuval ühejoonediagrammil on etalonsuunad kujutatud punasega. Kui kaitselüliteid on otsustatud toita eelmisel joonisel kujutatud viisil, siis QF2 jaoks on see vaikumisi seatud suund, samas kui QF1 jaoks on see tarkvara abil ümberpööratud suund.



Suundselektiivsuse realiseerimisel aja järgi on vajalik, eeldades lühise tekkimise võimalikkust olulistest rikkekohtades, määrata tekkida võivad lühisvoolud ning otsustada, millised kaitselülid ja millal peavad rakenduma.

Et olla kindel, et lühise korral kõik toimib nii nagu kavandatud, st. et kaitselülid tagavad suundkaitse, on soovitatav järgida allpooltoodud valikuid ja sätteid:

- valida kaitselülite nimi-lühiajataluvusvoolud suuremad kui on arvutuslikud lühisvoolud lülite paigalduskohas:

$$I_{cw} \geq I_{k_{MAX}}$$

- seada suundkaitsefunktsiooni **D** rakendumislävi madalamale kui minimaalne arvutuslik lühisvool, mis lüliti paigalduskohas võib esineda:

$$I7 < I_{k_{min}}$$

- seada kaitsefunktsioonide **S** ja **I** rakendumisläved selliselt, et ei esineks kattumisi kaitsefunktsiooniga **D**.

On vaja meeles pidada, et tagamaks vabastitega PR121/P, PR122/P või PR123/P varustatud kaitselülite rakendumist ja teiste samasuguste vabastitega kaitselülite mitterakendumist $t = \text{const}$ puhul, tuleb rakendumisaegade erinevus hoida võrdne:

$\Delta t = 100 \text{ ms}$ (mida võib vähendada kuni 70 ms, kui on olemas täiendav toiteallikas või kui on kindel, et rike võib ilmned vaid juhul, kui omatoitel olevad vabastid on püsiolekus).

Kasutusnäide

Järgnevalt analüüsime eelmisel joonisel kujutatud paigaldise näitel kaitselülite rakendumist rikke toimumisel erinevates punktides.

Rike lülitist QF1 toite pool

Rakenduma peab ainult QF1.

QF1 avastab voolu **15 kA**, mis on **vastuolus** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7BW_1} jooksul.

QF2 avastab voolu **10 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_2} jooksul.

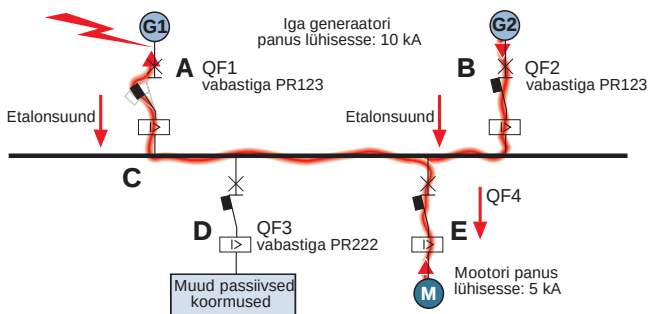
QF3 ei avasta liigvoolu.

QF4 avastab voolu **5 kA**, mis on **vastuolus** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7BW_4} jooksul.

kui: $t_{7FW_2} > t_{7BW_1} + 100 \text{ ms}^*$

$t_{7BW_4} > t_{7BW_1} + 100 \text{ ms}^*$

siis rakendub ainult **QF1**.



Rike lülitist QF2 toite pool

Rakenduma peab ainult QF2.

QF1 avastab voolu **10 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_1} jooksul.

QF2 avastab voolu **15 kA**, mis on **vastuolus** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7BW_2} jooksul.

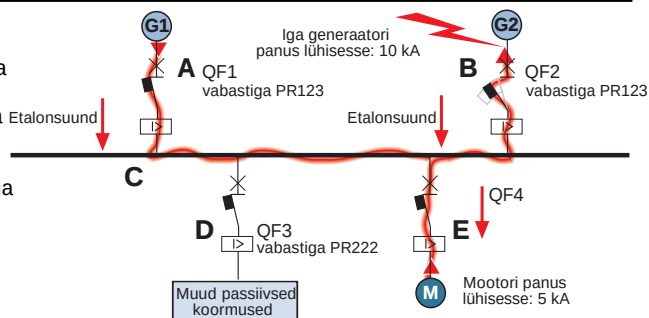
QF3 ei avasta liigvoolu.

QF4 avastab voolu of **5 kA**, mis on **vastuolus** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_4} jooksul.

kui: $t_{7FW_1} > t_{7BW_2} + 100 \text{ ms}^*$

$t_{7BW_4} > t_{7BW_2} + 100 \text{ ms}^*$

siis rakendub ainult **QF2**.



Rike lülitist QF3 koormuse pool

Rakenduma peab ainult QF3.

QF1 avastab voolu **10 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_1} jooksul.

QF2 avastab voolu **10 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_2} jooksul.

QF3 avastab voolu **25 kA**.

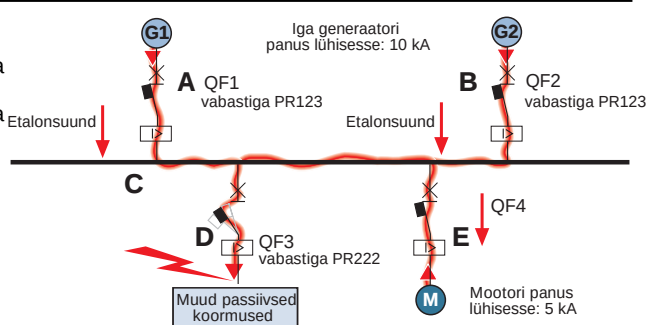
QF4 avastab voolu **5 kA**, mis on **vastuolus** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7BW_4} jooksul.

kui: $t_{7FW_1} > t_2 + 100 \text{ ms}^*$

$t_{7FW_2} > t_2 + 100 \text{ ms}^*$

$t_{7BW_4} > t_2 + 100 \text{ ms}^*$

siis rakendub ainult **QF3**.



Rike lülitist QF4 koormuse pool

Rakenduma peab ainult QF4.

QF1 avastab voolu **10 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_1} jooksul.

QF2 avastab voolu **10 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_2} jooksul.

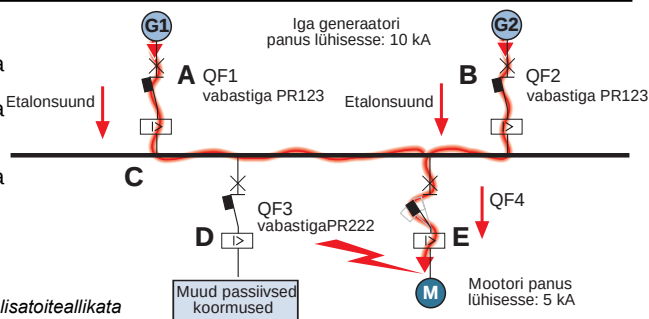
QF3 ei avasta liigvoolu.

QF4 avastab voolu **20 kA**, mis on **kooskõlas** tema etalonsuunaga ja rakendub seetõttu aja t_{7FW_4} jooksul.

kui: $t_{7FW_1} > t_{7FW_4} + 100 \text{ ms}^*$

$t_{7FW_2} > t_{7FW_4} + 100 \text{ ms}^*$

siis rakendub ainult **QF4**.



* Vähim Δt kahe jadamsi ühendatud kaitselüliti rakendumisaegade vahel, ilma lisatoiteallikata ja vabastite mitte olles püsiolekus, mis veel tagab toitepoolse kaitselüliti mitterakendumise.

Kokkuvõtteks: kehtestatud piiranguid arvestavad võimalikud sätted on järgmised:

Kaitsefunktsioonid	S		D			I
Kaitselüliti	I2	t2	I7	t7FW	t7BW	I3
QF1		OFF	3 kA	300 ms	200 ms	OFF
QF2		OFF	3 kA	300 ms	200 ms	OFF
QF3	3 k	200 ms	-	-	-	OFF
QF4		OFF	3 kA	200 ms	300 ms	OFF

Saavutatav selektiivsuse piirvool on võrdne kaitselülite Icw väärtusega, kui I3 = OFF.

ACB-ACB selektiivsus

Suundselektiivsus lühisekoha järgi

See kaitsefunktsioon võimaldab selektiivsust saavutada isegi silmusvõrkudes ja ringvõrkudes.

Seksioneeriva lüliti olemasolul on lühisekohajärgse suundselektiivsuse abil võimalik rikke toimumisel ühes sektsioonis teise sektsiooni toide siiski tagada.

Selleks, et oleks võimalik kohaldada selektiivsust lühisekoha järgi kaitsefunktsioonile **D** (suundselektiivsus lühisekoha järgi), peab olema täidetud rida tingimusi:

- selektiivsus lühisekoha järgi **S** ja **G** peavad olema seatud asendisse OFF
- on vaja lisatoiteallikat alalispingega 24 V
- õhk-kaitselülid Emax peavad olema varustatud vabastitega PR123.

Igal vabastil on neli vāratit:

- kaks sisendit (üks "kooskõlas" ja teine "vastuolus" suuna jaoks), mille kaudu vabasti saab keelusignaale teistelt vabastitelt;
- kaks väljundit (üks "kooskõlas" ja teine "vastuolus" suuna jaoks), mille kaudu vabasti saadab keelusignaale teistele vabastitele.

Vabasti toimib alljärgnevalt:

Kaitselülid, mis ei saa (voolu suuna järgi koordineeritud) keelusignaale, algatavad oma avanemiskāsu "selektiivsusa" (seatav 130 ms - 500 ms) jooksul.

Kaitselülid, mis saavad (voolu suuna järgi koordineeritud) keelusignaale, viivitavad sõltuvalt voolu suunast aja t_{7BW} või t_{7Fw} võrra. On oluline meele pidada, et kui kaitsefunktsioon **I** on lubatud ja lühisvool ületab talle seatud vārtuse (**I3**), avaneb kaitselüliti hetkeliselt, sõltumata voolu suunast ja saadud signaalidest.

Samuti, kui kaitsefunktsioon **S** on lubatud ja lühisvool ületab talle seatud vārtuse (**I2**), avaneb kaitselüliti aja **t2** jooksul (kui see on lühem teistest seatud aegadest), sõltumata voolu suunast ja saadud signaalidest.

Lühisekohajärgse suundselektiivsuse abil on võimalik saavutada selektiivsust isegi silmusvõrkudes kuni selektiivsuse piirvoolu vārtusteni, mis on võrdsed lähima toitepoolse kaitselüliti nimi-lühiajataluvusvooluga **Icw** (kui **I3 = OFF**).

Et olla kindel, et lühise korral kõik toimib nii nagu kavandatud, st. et kaitselülid tagavad suundkaitse, on soovitatav järgida allpooltoodud valikuid ja sätteid:

- valida kaitselülite nimi-lühiajataluvusvoolud suuremad, kui on arvutuslikud lühisvoolud lülite paigalduskohas:

$$I_{cw} \geq I_{k_{MAX}}$$

- seada suundkaitsefunktsiooni D rakendumislāvi madalamale kui minimaalne arvutuslik lühisvool, mis lüliti paigalduskohas võib esineda:

$$I_7 < I_{k_{min}}$$

- seada kaitsefunktsioonide **S** ja **I** rakendumislāved selliselt, et ei esineks kattumisi kaitsefunktsiooniga **D**.

Nende seadete abil on kindel, et iga paigaldises toimuda võiva rikke korral rakenduvad kaitselülid vastavalt kaitsefunktsioonile **D**.

Rakendumisajad tuleb seada pidades silmas, et:

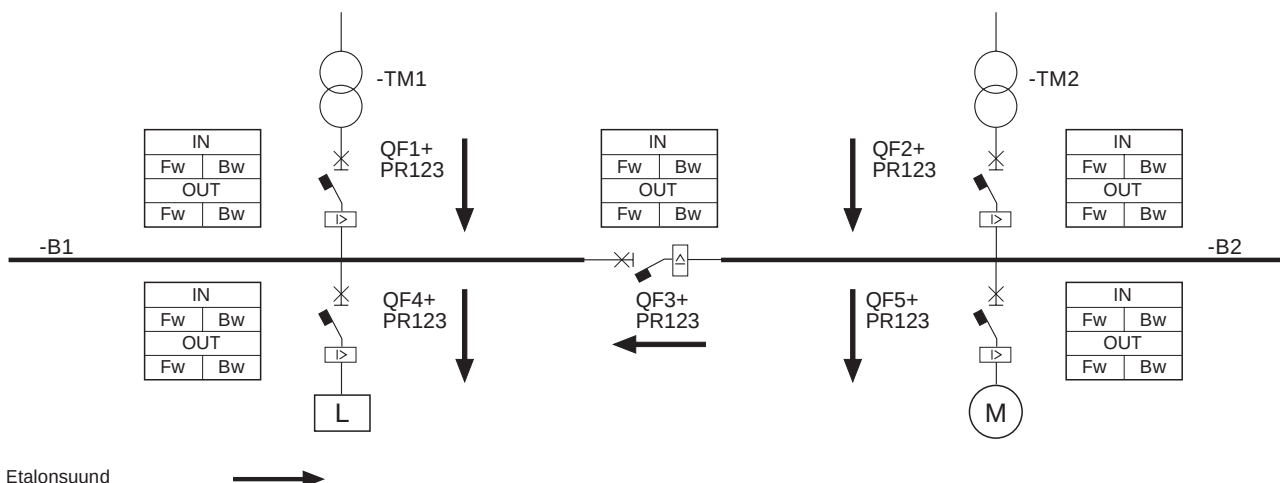
selektiivsusaeg	on "mittelukustatud" kaitselüliti (mis peab avanema) rakendumisaeg;
t7 FW/BW	on "lukustatud" kaitselüliti (mis peab mitte avanema) rakendumisaeg.

Nendest kaalutlustest lähtudes peab:

selektiivsusaeg	olema valitud nii, et oleks realiseeritud selektiivsus aja ja voolu järgi kõigi koormuse poole ühendatud seadmetega, mis asuvad lühisekohajärgsest selektiivsusaahelast väljaspool;
t7 FW/BW	olema valitud nii, et oleks tagatud keelusignaali saanud kaitselülite mitterakendumine, st vastavalt tingimusele:
	t7 > selektiivsusaeg + 70 ms*

*At vähim kahe jadamisi ühendatud kaitselüliti rakendumisaegade vaheline erinevus, lisatoiteallika olemasolul, tagamaks, et toitepoolne kaitselüliti ei rakendu.

Järgnevalt on esitatud selle selektiivsuse viisi rakendamise näide. See näitab muuhulgas ka, milliseid toiminguid peab vabastite vahelise kaabelduse määramisel järgima.



Kui on määratud joonisel kujutatud paigaldises võimalikud esineda võivad lühisvoolud, siis on järgmisena vajalik:

- oletuslikult määrata esineda võivate oluliste rikete asukohad;
- esimesele rikkele: määrata, milline kaitselüliti peab rikke eraldama;
määrata, milline kaitselüliti peab olema lukustatud ja mille poolt;
joonistada välja sobiv kaabeldus;
- korrata neid operatsioone kõigile olulistele riketele, et määrata kogu vajalik kaabeldus.

Lõpuks on vajalik kontrollida, et teostatud kaabeldus ei tekitaks vastuolusid.

Kasutusnäide

Olulisemad rikked, mida võib eeldada, on järgmised:

- Rike latistusel B1
- Rike latistusel B2
- Rike kaitselülitist QF4 koormuse pool
- Rike kaitselülitist QF5 koormuse pool
- Rike kaitselülitist QF1 toite pool
- Rike kaitselülitist QF2 toite pool

Märkus

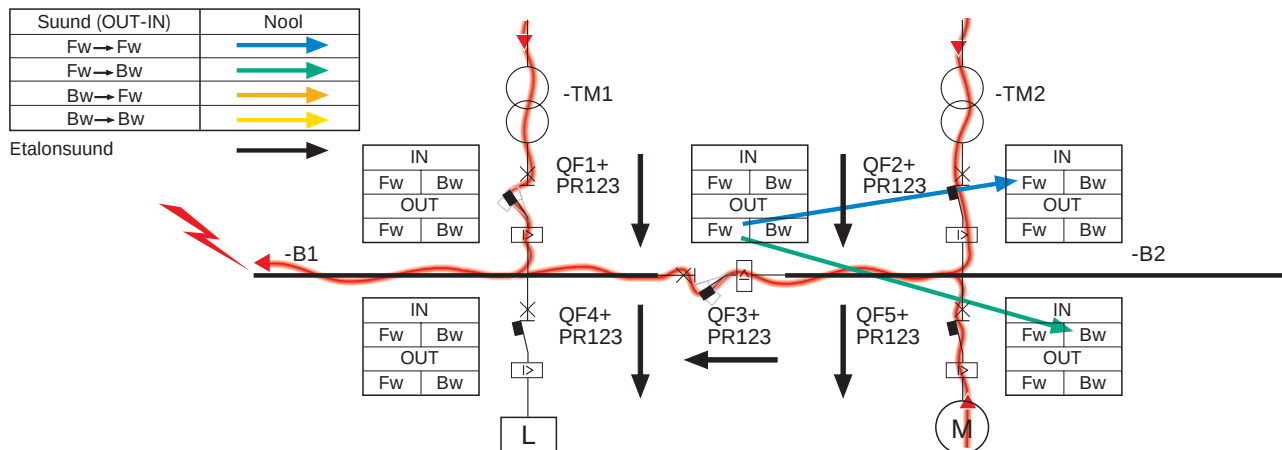
Kaitselüliti QF4 võib olla varustatud vabastiga PR122/P, sest passiivse koormuse tõttu saab selle lühisvool olla vaid ühesuunaline ja suundkaitse pole seega vajalik.

Vabasti PR122/P kasutamine koos lühisekohajärgse selektiivsuse kasutamisega kaitsefunktsioonil S tagab sisendi ja väljundi, mis lubavad realiseerida selektiivsust lühise puhul kaitselülitist QF4 koormuse pool.

ACB-ACB selektiivsus

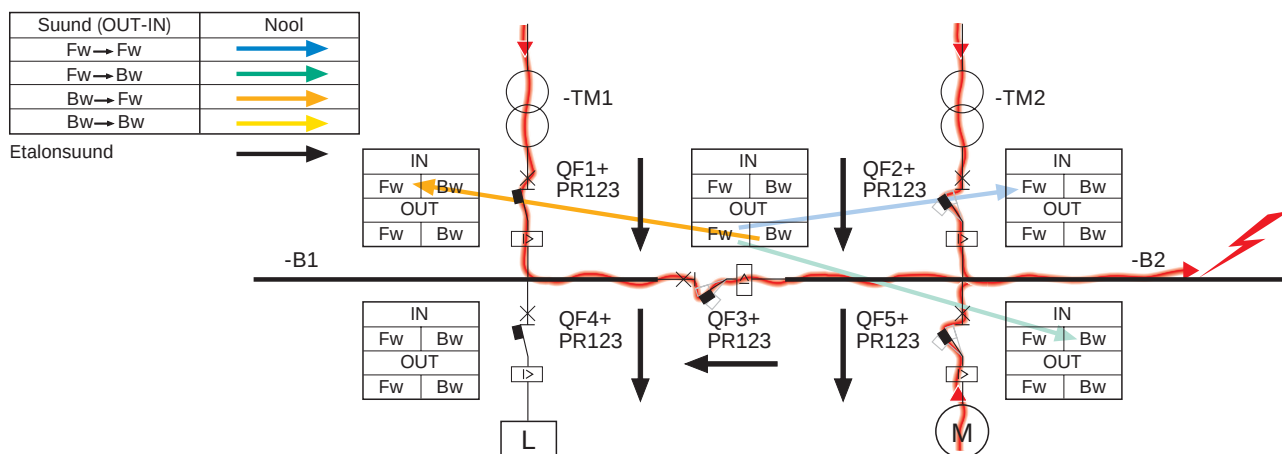
Rike latistusel B1

Rikke peavad välja lülitama katselülitid QF1 ja QF3: täpsemalt läbib lülitit QF3 vool, mis tuleb lattidelt B2 (olles seega kooskõlas etalonsuunaga); väljund OUT Fw saadab keelusignaali sisendile IN Fw lülitil QF2 (mida omakorda läbib trafolt TM2 tulev ja etalonsuunaga kooskõlas olev vool), ning sisendile IN Bw lülitil QF5 (mida läbib mootorist tulev ja etalonsuunaga vastuolus olev vool).



Rike latistusel B2

Rikke peavad välja lülitama katselülitid QF2, QF3 ja QF5: täpsemalt läbib lülitit QF3 vool, mis tuleb lattidelt B1 (olles seega vastuolus etalonsuunaga); väljund OUT Bw saadab keelusignaali sisendile IN Fw lülitil QF1 (mida omakorda läbib trafolt TM1 tulev ja etalonsuunaga kooskõlas olev vool).

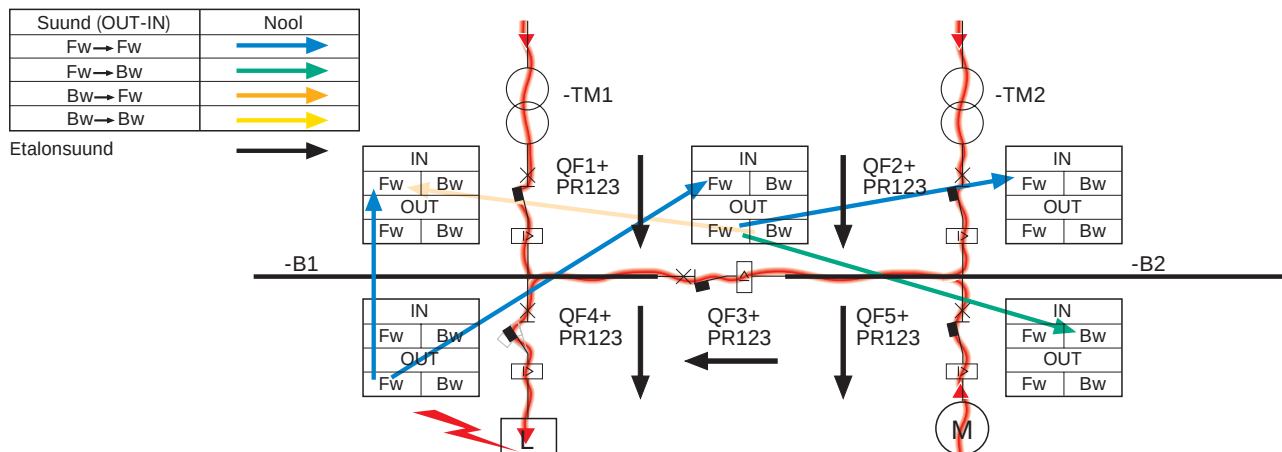


Kaabeldus			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW
IN	QF1	FW										
		BW										
	QF2	FW										
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
	QF4	FW										
		BW										
	QF5	FW										
		BW										

Rike kaitselülitist QF4 koormuse pool

Rikke peab välja lülitama ainult kaitselüliti QF4. Lüliti QF3 läbib vool, mis tuleb lattidelt B1 (olles seega kooskõlas etalonsuunaga); väljund OUT Fw saadab keelusignaali sisendile IN Fw lülilil QF1 (mida omakorda läbib trafolt TM1 tulev ja etalonsuunaga kooskõlas olev vool), ning sisendile IN Fw lülilil QF3 (mida läbib lattidelt B2 tulev ja etalonsuunaga kooskõlas olev vool). Seega tuleb teostada kaks täiendavat kaabeldust.

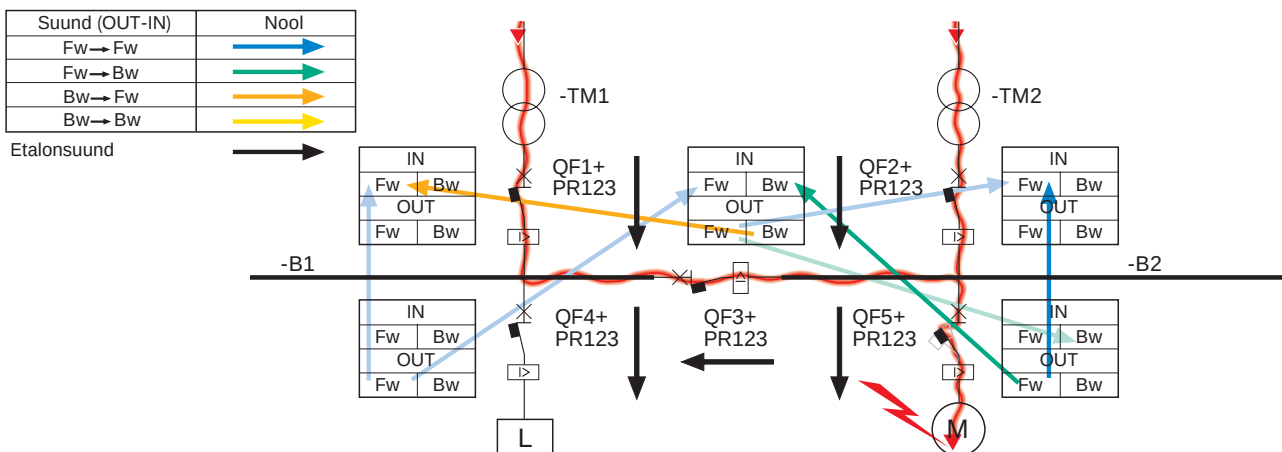
Lüliti QF3 lukustab lülid QF2 ja QF5, mis on ühendatud latistusega B2, juba varem teostatud kaabelduse abil.



Rike kaitselülitist QF5 koormuse pool:

Rikke peab välja lülitama ainult kaitselüliti QF5. Lüliti QF5 läbib vool, mis tuleb lattidelt B1 ja B2 (olles seega kooskõlas etalonsuunaga); lüliti QF5 väljund OUT Fw saadab keelusignaali sisendile IN Fw lülilil QF2 (mida omakorda läbib trafolt TM2 tulev ja etalonsuunaga kooskõlas olev vool), ning sisendile IN Bw lülilil QF3 (mida läbib trafolt TM2 tulev ja etalonsuunaga vastuolus olev vool). Seega tuleb jälle teostada kaks täiendavat kaabeldust.

Nii nagu varemgi lukustab lüliti QF3 lüliti QF1 juba olemasoleva kaabelduse abil.

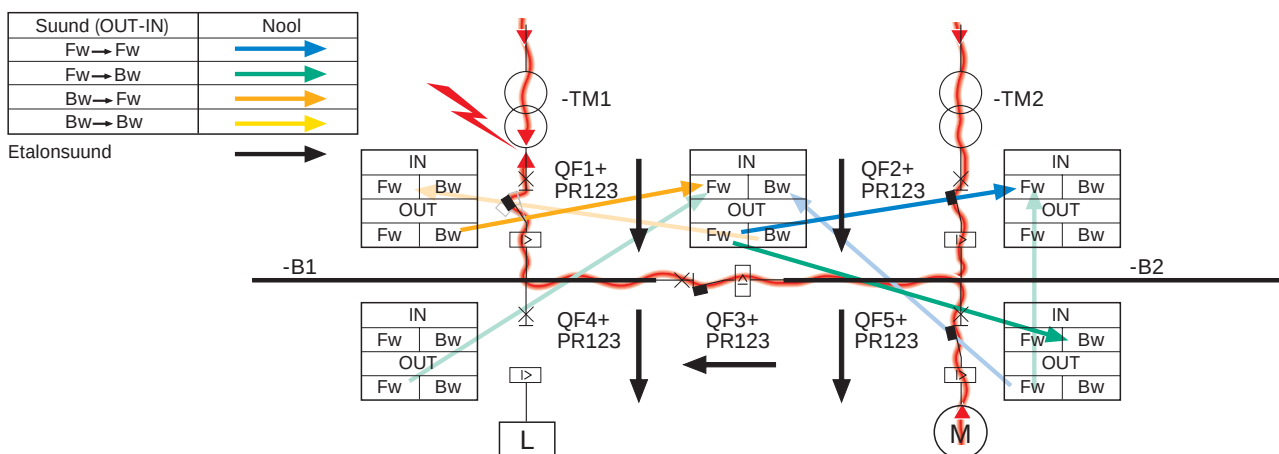


Kaabeldus			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW
IN	QF1	FW										
		BW										
	QF2	FW										
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
	QF4	FW										
		BW										
	QF5	FW										
		BW										

ACB-ACB selektiivsus

Rike kaitselülitist QF1 toite pool

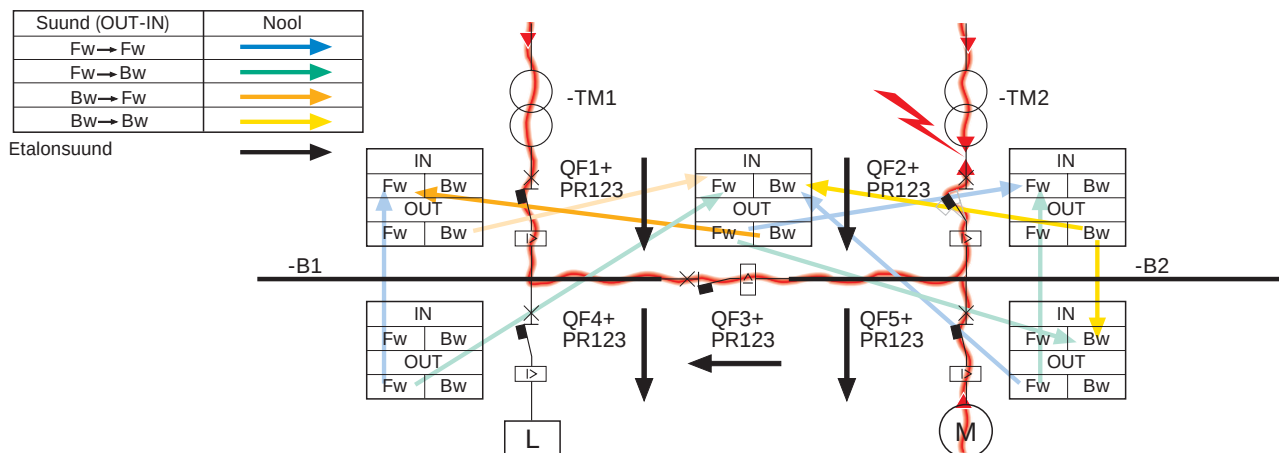
Rikke peab välja lülitama ainult kaitselüliti QF1. Lüliti QF1 läbib vool, mis tuleb lattelidelt B1 (olles seega vastuolus etalonsuunaga); lüliti QF1 väljund OUT Bw saadab keelusignaali sisendile IN Fw lüliti QF3 (mida omakorda läbib trafolt TM2 tulev ja etalonsuunaga kooskõlas olev vool). Seega tuleb teostada ka see täiendav kaabeldus. Lüliti QF3 lukustab latisusega B2 ühendatud lüliti juba olemasoleva kaabelduse abil.



Rike kaitselülitist QF2 toite pool

Rikke peab välja lülitama ainult kaitselüliti QF2. Lüliti QF2 läbib vool, mis tuleb lattelidelt B2 (olles seega vastuolus etalonsuunaga); lüliti QF2 väljund OUT Bw saadab keelusignaale sisendile IN Fw lüliti QF5 (mida omakorda läbib mootorilt tulev ja etalonsuunaga vastuolus olev vool) ja sisendile IN Bw lüliti QF3 (mida omakorda läbib trafolt TM1 tulev ja etalonsuunaga vastuolus olev vool). Seega tuleb teostada ka need kaks viimast uut kaabeldust.

Nagu varemgi lukustab lüliti QF3 juba olemasoleva kaabelduse abil lüliti QF1.



Kaabeldus			OUT									
			QF1		QF2		QF3		QF4		QF5	
			FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW
IN	QF1	FW										
		BW										
	QF2	FW										
		BW										
	QF3	FW										
		BW										
	QF4	FW										
		BW										
	QF5	FW										
		BW										

Kui kaabeldus on vastavalt eespooltoodud tabelile tehtud, siis tuleb järgmisena hakata seadma vabastite sätteid.

Kaitsefunktsioonid	S		D				I
Kaitselüliti	I2	t2	I7	t7FW	t7BW	Selektiivsusaeg	I3
QF1	OFF		$<I_{k_{min}}$	350ms	250ms	150ms	OFF
QF2	OFF		$<I_{k_{min}}$	350ms	250ms	150ms	OFF
QF3	OFF		$<I_{k_{min}}$	300ms	300ms	150ms	OFF
QF4	OFF		$<I_{k_{min}}$	250ms	350ms	150ms	OFF
QF5	OFF		$<I_{k_{min}}$	250ms	350ms	150ms	OFF

Peale lühisekohajärgse suundselektiivsuse saavutamise kaitselülite vahel on oluline tagada ka toitepoolsete lülite (QF1, QF2) ning tarbijapoolsete lülite (QF4, QF5) vaheline selektiivsus juhtumiks, kui lisatoitepinge peaks katkema.

Kaabeldus

Kaabeldamiseks võib kasutada kahesoonealist varjestatud kaablit. Kaabli varjestus tuleb maandada ühe vabasti juures kahest.

Soovitav on võimaluse korral valida selleks toite pool paiknev vabasti.

Kaabli maksimaalne pikkus kahe seadme vahel lühisekohajärgse selektiivsuse puhul on 300 meetrit. Seda piirangut saab erivõtete abil ületada.

Maksimaalne vabasti väljunditele (Z outs) ühendatavate kaitselülite arv on 20.

Vabasti keelusignaali on alalisvoolusignaali pingega +24 V.

Kui taotletakse suundselektiivsust lühisekoha järgi, on soovitatav kasutada lk 31 kirjeldatud **ZSA** moodulit.

Lisa A

MV/LV selektiivsus

Üldist

Enne keskpinge ja madalpinge kaitselülite vahelise selektiivsuse probleemidesse süvenemist on eelnevalt vaja selgitada nende lülite otstarvet.

- Trafost toite pool asuv keskpinge kaitselüliti peab:
 - kaitsma trafot lühise eest;
 - kaitsma trafot rikete eest madalpinge peakaitselüliti toite pool (kui eraldi selleks ettenähtud kaitse puudub);
 - mitte sekkuma trafo sisselülitamisel (tõukevool);
 - omama sätteid, mis vastavad võrguettevõtte poolt esitatud piirangutele;
 - omama sätteid, mis tagavad (kui on nõutud) selektiivsuse toite pool paiknevate kaitselülitega.
- Trafost koormuse pool paiknev madalpinge kaitselüliti peab:
 - kaitsma trafot lühise ja ülekoormuse eest (*);
 - omama sätteid, mis tagavad selektiivsuse teiste koormuspoolsete kaitselülitega.

Kesk- ja madalpinge kaitselülite vahelise selektiivsuse hindamiseks tuleb esmalt paigutada allpooltoodud suurused logaritmilisele diagrammile.

(*) trafo liigkoormuskaitset võimaldab tunduvalt parandada temperatuurikontrolli seadmete kasutamine.

Näide

Joonisel kujutatud elektripaigaldise selektiivsuse analüüs:

Andmed:

- jaotusvõrk:
 - nimipinge $U_n = 15 \text{ kV}$
 - kolmefaasiline lühisvool $I_{k3} = 12,5 \text{ kA}$
 - ühefaasiline maalühisvool $I_{k1E} = 50 \text{ A}$
 - liigvoolukaitse 51:
 - esimene rakendamislaev: $I > \leq 250 \text{ A}, t \leq 0,5 \text{ s}$
 - teine rakendamislaev: $I >> \leq 900 \text{ A}, t \leq 0,12 \text{ s}$
- 15/0,4 kV trafo:
 - nimivõimsus $S_n = 1600 \text{ kVA}$
 - lühispinge $u_k = 8 \%$
 - primaarnimivool $I_{t1} = 61,6 \text{ A}$
 - sekundaarnimivool $I_{t2} = 2309,4 \text{ A}$
 - käivituse vool $I_{i1} = 9 \text{ A}, I_{i2} = 554,4 \text{ A}$
 - käivituse ajakonstant $t_{the} = 0,4 \text{ s}$
 - käivituse voolu trend $= \frac{I_{it}}{\sqrt{2}} \cdot e^{\frac{t}{t_i}}$
 - lühisvool $I_{k3LV2} = 28,9 \text{ kA}^{(1)}$
 - lühisvool trafo lattel taandatud primaarparameetriteks $I_{k3LV1} = 770 \text{ A}^{(1)}$
 - terminiline vastupidavus: 770 A for 2 s
- Madalpinge kaitselülid ⁽²⁾:
 - QF2 E3H 2500 PR121/P-LSI In 2500A
 - QF3 T4H 320 PR222DS/P-LSI In 320A
 - QF4 T2S 160 TMD In 125A

(1) eeldades, et keskpingevõrgu näivtakistus on nullilähedane.

(2) eeldades, et on arvesse võetud kõiki koormuste ja kaabli poolt seatud piiranguid

1. Trafo:

- ühenduse karakteristik (käivitusvool);
- nimivool;
- lühisvool madalpingelattel;
- lühisvoolutaluvus,

2. Keskpinge jaotusvõrk:

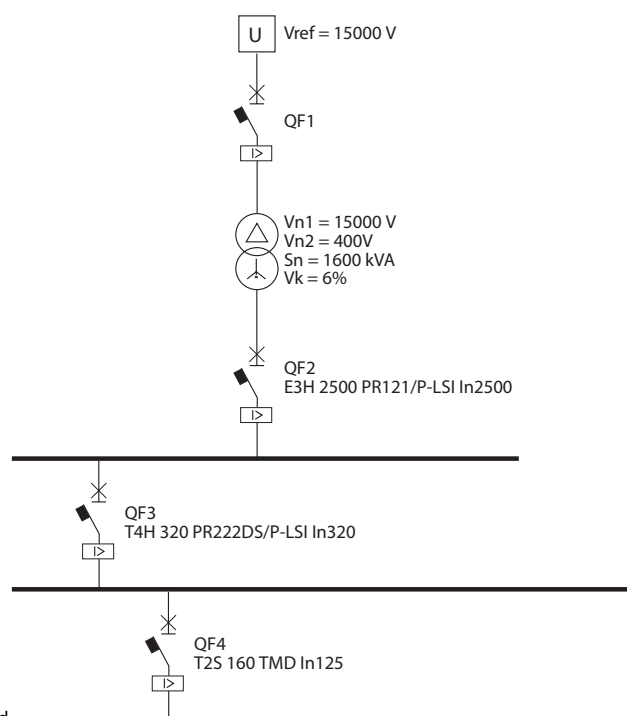
- kaitsetele seatavad maksimaalsed aja ja voolu piirväärtused,

Madalpinge peakaitselüliti tuleb valida nii, et see:

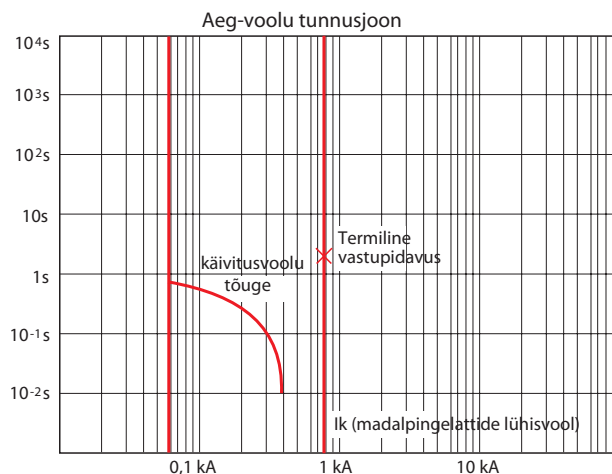
- tagaks trafo kaitse liigkoormuse vastu (kaitsefunktsiooni L rakendamislaevi oleks lähedane trafo nimivoolule);
- oleks selektiivne teiste koormuspoolsete madalpinge kaitselülite suhtes.

Kui madalpingekaitse on valitud, siis keskpinge kaitselüliti rakendustunnusjoon valitakse nii, et see:

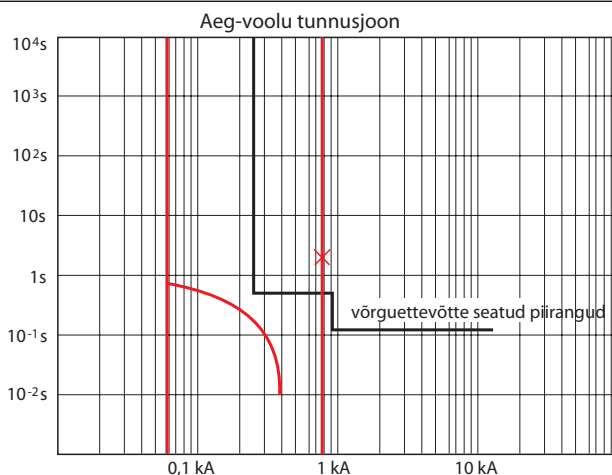
- kaitseks trafot liigkoormuse eest (see on tavaliselt tagatud madalpinge kaitselüliti poolt);
- oleks kõrgemal trafo käivitusvoolutõukest;
- oleks madalamal terminise vastupidavuse olulistest punktidest (see kaitse võib olla tagatud ka madalpinge kaitselülitega, kuid sel juhul jääb trafo ilma kaitseta iga lühise vastu, mis toimub trafo madalpingeklemmide ja madalpinge peakaitselüliti vahel);
- jääks võrguettevõtte poolt seatud piirväärtuste raamidesse.



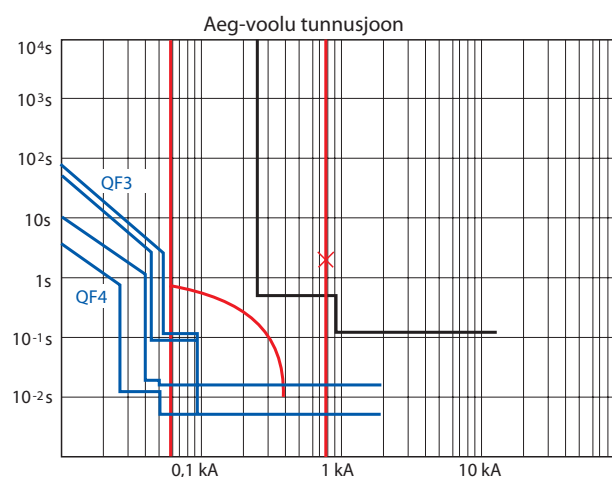
Vastavalt eelpoolöeldule kantakse diagrammile kõigepealt trafo andmed:



Seejärel kantakse diagrammile võrguettevõtte poolt seatud piirangud:



Trafo kaitsmise kõrval peab madalpinge peakaitseülitite tagama ka selektiivsuse teiste madalpinge kaitselülite suhtes. Seetõttu võib kanda diagrammile ka nende rakendustunnusjooned, et määrata alumised piirangud peakaitseülitite tunnusjoonetele:



Tagamaks selektiivsust QF3 ja QF4 vahel, tuleb kompaktkaitseülitite T4 kaitsefunktsioonide L ja S sätteid seada järgmiselt:

QF3 T4H 320 PR222DS/P-LSI R320

L:

Säte : $0.9 \times 320 = 288 \text{ A}$

Köver: 3 s

S: t = cons

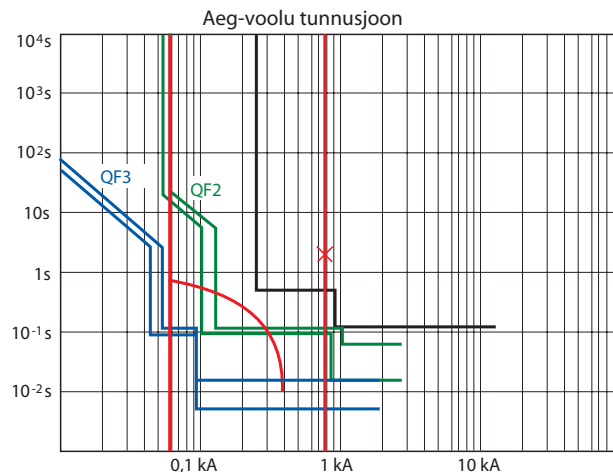
Säte $5.8 \times 320 = 1856 \text{ A}$

Köver: 0,1 s

I: OFF

Nüüd on võimalik valida peakaitseülitit QF2 rakendustunnusjoon, võttes arvesse järgmist:

- kaitsefunktsioon L:
 - rakendumislävi I₁ tuleb trafo kaitsmiseks liigkoormuse vastu seada trafo nimivoolule nii lähedale kui võimalik. Kuna trafo nimivool on 2309,4 A ja võttes arvesse kaitselüliti rakenduse määramatust vooludel vahemikus 1,05 kuni 1,2 kordne nimivool (vastavalt IEC 60947), saab rakendumislävi I₁ sätteks: $2309,4 / (1,2 \times 2500) \times I_n = 0,77 \times I_n = 1925 \text{ A}$ ⁽¹⁾
 - rakendumisaeg t₁ seatakse kaitselüliti QF3 rakendustunnusjoonest piisavalt kõrgemale.
- kaitsefunktsioon S:
 - rakendumislävi I₂ tuleb seada kõrgemale kui: $1856 \text{ A} + 10 \% = 2042,2 \text{ A}$
 - rakendumisaeg t₂ on võimalik seada 0,1 s, kui I₂ on seatud kaitselüliti QF3 enesekaitse väärtusest kõrgemale.
- kaitsefunktsioon I:
 - rakendumislävi I₃ tuleb seada kõrgemale kui on lühisvool kaitselüliti QF3 paigalduskohas. Vaadeldavas näites on see lühisvool trafo lattelid (eeldatakse, et QF2 ja QF3 paiknevad samas jaotuseadmes ja nendevaheline näivtakistus on tühine).



(1) kui masinate ülekoormusvõime on teada, siis võib kasutada vähem piiravaid sätteid.

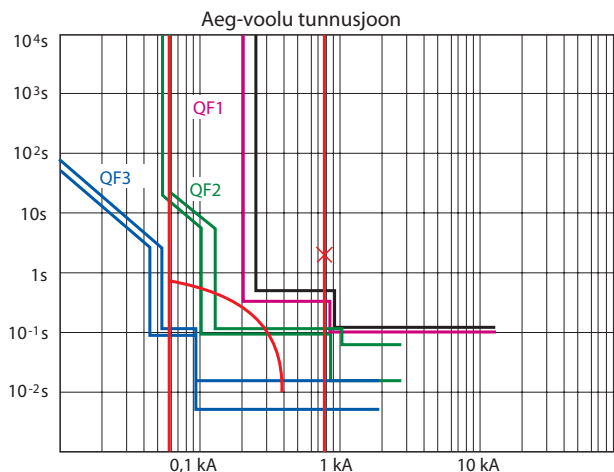
QF2 sätted on kokkuvõetult järgmised:

QF2 E3H 2500 PR122/P-LSI I_n=2500A

L:	Säte:	$0,77 \times 2500 = 1925 \text{ A}$	Köver: 3 s
S: t = const	Säte:	$1,7 \times 2500 = 4250 \text{ A}$	Köver: 0,10 s
I:	Säte:	$14 \times 2500 = 35000 \text{ A}$	

Seejärel määratakse keskpingeabasti rakendussätteid, võttes arvesse järgmist:

- esimene rakendumislävi:
 - vool suurem (30 - 35 % suurem kui koormuse poolel, vastavalt Itaalia Elektrotehnikakomitee publikatsioonile CEI 11 - 35), kui 125 A peamalpingekaitselüliti I₂ (I₂ + 10 % tolerants, antud 15 000 V juures);
 - viide, et oleks selektiivne, kuid madalam kui trafo lühisvoolutaluvus ja väiksem kui võrguettevõtte poolt kehtestatud piirang 0,5 s;
- teine rakendumislävi:
 - vool suurem (võimalusel 1,2 kuni 1,6 korda) kui rikkevool madalpingepoolel ja väiksem kui võrguettevõtte poolt kehtestatud piirang 900 A;
 - hetktoimeline rakendamine.



QF1 sätted on kokkuvõetult järgmised:

Esimene rakendumislävi I > 200 A, 0,35 s

Teine rakendumislävi I >> 820 A, hetktoimeline

Lisa B

Rikkevooluselektiivsuse üldised põhimõtted

Rikkevoolukaitselüliti võib üldjoontes määratleda järgmiselt:

seade, mis on tundlik lekkevoolule ja võimeline avama elektriühela teatud aja jooksul pärast seatud rakendamis- läve ületamist lekkevoolu poolt. Seda kasutatakse inimeste kaitseks (kõrge tundlikkusega seadmed) kaupuute puhul või isolatsiooni riknemisel.

Elektripaigaldistele kehtivad reeglid nõuavad alati, v.a erijuhud, maanduse olemasolu nii tsiviil- kui ka tööstushoonetes.

Enamgi veel, standard IEC 60364 teeb rikkevoolukaitselülite kasutamise inimeste kaitsmisel kohustuslikuks sisaldades ettekirjutusi rakendamisaja, -voolu, paigalduskoha, nimipingi ja olemasoleva juhistikusüsteemi suhtes.

Hea elektripaigaldise kaitse peab:

- tagama sellise pearikkevoolukaitsese, et oleks tagatud rakendamine rikete korral, mis võivad esineda peakaitselüliti ja jaotussüsteemi vahel;
- kaitsma rikkevoolukaitsmega iga üksikut ahelat eraldi.

Seetõttu on vaja rikkevoolukaitselüliteid nendevahelise selektiivsuse tagamiseks valida väga hoolikalt, et maaühendus mistahes jaotussüsteemi punktis ei tooks kaasa kogu paigaldise elektrivarustussüsteemi väljalülitumist.

Üldjuhul on kaks rikkevoolukaitseseadet omavahel selektiivsed iga rikkevoolu väärtuse juures, kui nende rakendustsoonid ei kattu. Seda juhul, kui on täidetud järgmised tingimused.

- toitepoolse rikkevoolukaitseseadme rakendamisvoolu lävi peab olema vähemalt kaks korda suurem kui koormuspoolse rikkevoolukaitseseadme rakendamisväli:

$$I_{\Delta n_{\text{Toite pool}}} \geq 2 \times I_{\Delta n_{\text{Koormuse pool}}}$$

Seda tingimust on vaja arvestada, kui kasutatakse nimmittarakendumis-rikkevoolu kontseptsiooni, mis on rikkevoolu enim väärtus mille puhul rikkevoolukaitselüliti kindlasti ei rakendu.

Standardites käsitletakse ka voolu väärtust $I_{\Delta n} / 2$ ja selle väärtuse juures rikkevoolukaitselülid võivad rakenduda ja võivad ka mitte rakenduda.

- Minimaalne toite pool paikneva kaitselüliti mitterakendumisaeg voolu iga väärtuse juures peab olema suurem kui koormuspoolse kaitselüliti maksimaalne rakendumisaeg:

$$T_{\text{min. toide}} > T_{\text{max. koormus}}$$

Rahvusvahelisele standardile IEC60947-2 (EVS-EN 60947-2) vastavate viiteta ja viitega rakenduvate rikkevoolukaitselülite rakendustunnusjoontele kehtivad nõuded on toodud standardi lisa B.

Rakendumisaegade eristamine saavutatakse kõige lihtsamalt, kasutades viitega rakenduvaid ($\Delta t =$ mitterakendumise piirkestus (ms) või $\boxed{S}$ kui $\Delta t = 60 \text{ ms}$) või pöördviitega rakenduvaid rikkevoolukaitselüliteid, kus rakendamine toimub seatava aja jooksul.

Sellised aparaadid paigaldatakse tavaliselt harilikest rikkevoolukaitselülitist toite poole ja on soovitatav nende rakendumislävede määramisel kasutada kordajat 3.

Kaitsefunktsioon G

Kaitseks maaühenduse vastu saab kasutada kompaktkaitseüliteid ja õhk-kaitselüliteid, mis on varustatud kaitsefunktsiooni G omavate elektrooniliste vabastitega. Rakendustunnusjooni saab sõltuvalt mudelist seada nii voolu ($0,2$ kuni $1 \times I_{\Delta n}$) kui aja järgi, kindla või pöördvõrdelise viiteajaga.

Sellise kaitsefunktsiooniga kaitse maaühenduse vastu realiseerimine nõuab jaotussüsteemi ja rikkevoolude hoolikat analüüsi.

Emax kaitselülite abil on võimalik realiseerida selektiivsust lühisekoha järgi kaitsefunktsiooni G suhtes samal põhimõttel, kui seda tehakse kaitsefunktsiooni S puhul. See võimaldab vähendada jadamisi ühendatud kaitselülite rakendumisaegu ja tõsta toitepoolse kaitselüliti ohutustaset, kuna rakendumisajad ei ole sel juhul nii pikad kui klassikaliste meetmetega selektiivsuse saavutamisel aja järgi.

Näide

Näites on toodud võrk, kus on realiseeritud rikkevooluselektiivsus kolmel tasandil.

Kasutatud on järgmiseid rikkevooluvabasteid

RC221 (Tmax T1-T2-T3)

Rakendumisläve sätteväärtused $I_{\Delta n}$ [A] 0,03 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3

Rakendumisaeg [s] hetktoimeline

RC222 (Tmax T1-T2-T3-T4-T5)

Rakendumisläve sätteväärtused $I_{\Delta n}$ [A] 0,03 – 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10

Rakendumisaeg [s] sätteväärtused hetktoimeline 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 1 – 2 – 3

RCQ

Rakendumisläve sätteväärtused $I_{\Delta n}$ [A] 0,03 – 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 30

Rakendumisaeg [s] sätteväärtused hetktoimeline 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,5 – 0,7 – 1 – 2 – 3 – 5

Selektiivsuse saavutamiseks võib kasutada järgmisi seadmeid:

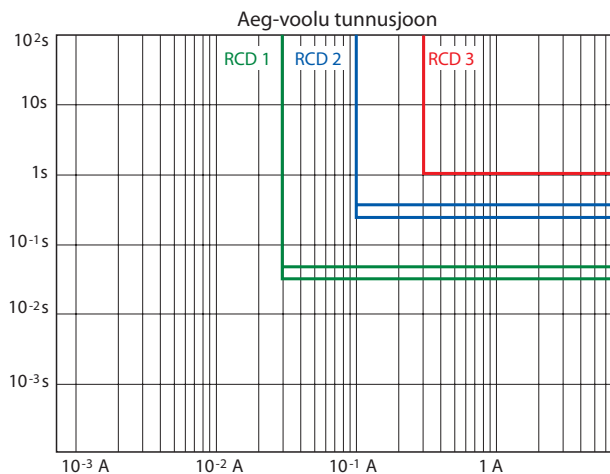
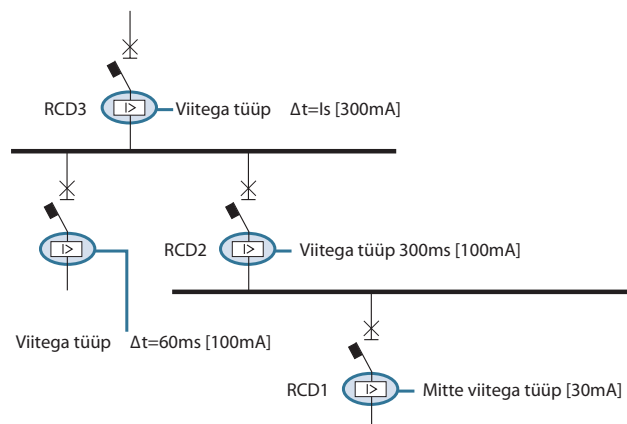
RCD 1 tüüp RC221 paigaldatud näit. kaitselülitile Tmax T1

RCD 2 tüüp RC222 paigaldatud näit. kaitselülitile Tmax T5

RCD 3 tüüp RCQ paigaldatud näit. kaitselülitile Emax E3

Neid iseloomustavad aeg-voolu tunnusjooned on toodud allpool lisatud diagrammil.

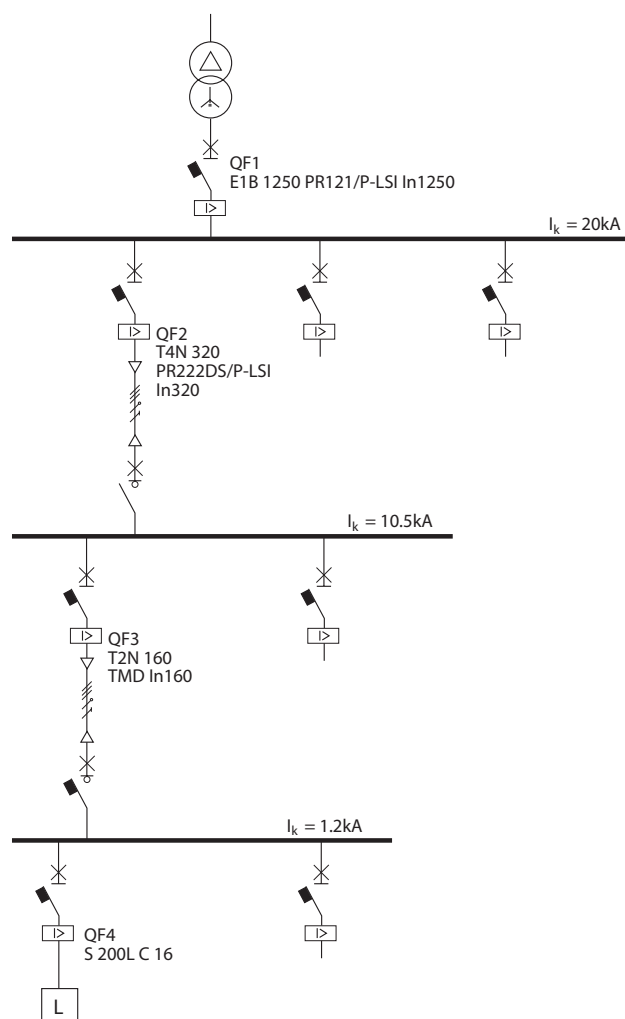
Võib näha, kuidas rikkevooluselektiivsuse saavutamiseks on hoidutud kolme erineva seadme aeg-voolu tunnusjoonte kattumisest.



Lisa C

Selektiivsuse analüüsi näide

Järgnevalt on teostatud joonisel kujutatud elektripaigaldise, mida toidetakse trafo 400 V sekundaarmähiselt, selektiivsuse analüüs:

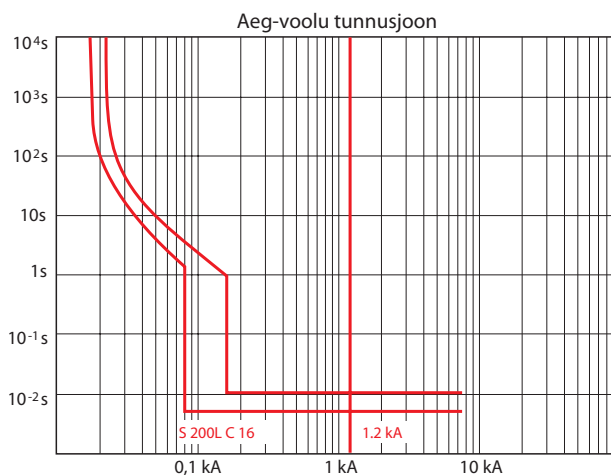


Paigaldisel on neli tasandit:

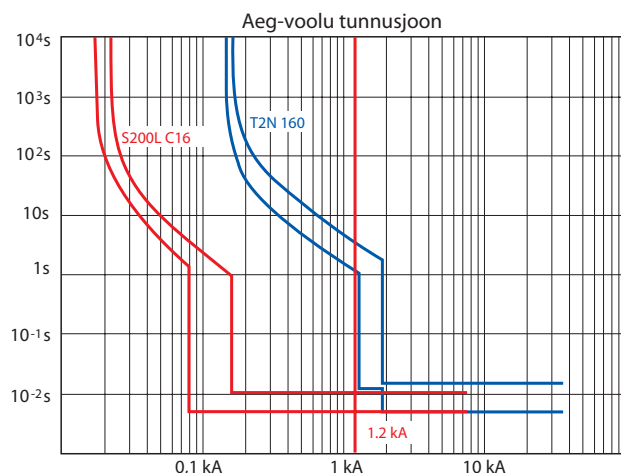
- QF1 E1B 1250 PR121/P-LSI In 1250A ($I_b = I_{n\text{trafo}} = 577 \text{ A}$, $I_z = 700 \text{ A}$)
- QF2 T4N 320 PR222DS/P-LSI In 320A ($I_b = 285 \text{ A}$, $I_z = 300 \text{ A}$)
- QF3 T2N 160 TMD160-1600 ($I_b = 120 \text{ A}$, $I_z = 170 \text{ A}$)
- QF4 S200L C16 ($I_b = 14 \text{ A}$, $I_z = 25 \text{ A}$)

Analüüsis eeldatakse, et erineva tasandi kaitselüliteid läbib sama rikkevool (kaitselüliteid läbivad tegelikke voolusid ignoreeritakse) ja samuti eeldatakse, et kaitselülitid on võimelised kaitsma kaableid, lahtklüliteid jne.

Kõigepealt leitakse kaitselüliti QF4 rakendustunnusjooned:



Märkides, et maksimaalne lühisvool kaitselüliti QF4 paigalduskohas on 1,2 kA, siis on selektiivsuse tagamiseks piisav, kui valida toitepolse kaitselüliti QF3 elektromagnetilise vabasti rakendumislävi sellest väärtusest kõrgem, võttes arvesse ka tolerantse:

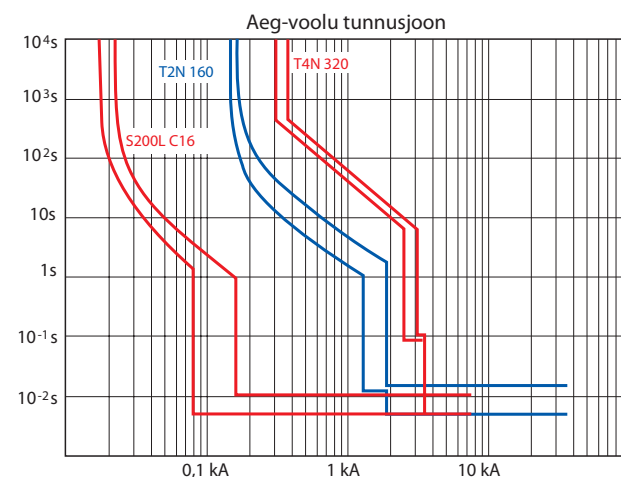


“Koordinaatsioonitabelitest” võib näha, et igal juhul on tagatud täis-selektiivsus energia järgi, mis on võrdne S200L lühisvoolu lahutus-võimega (6 kA). Kaitselüliti QF3 vabastite sätted on:

QF3, T2N 160 TMD In160

L:	Sätted:	136 [A]
I:	Sätted:	1600 [A]

Nüüd joonistatakse kaitselüliti QF2 T4N 320 rakendumistunnusjooned:



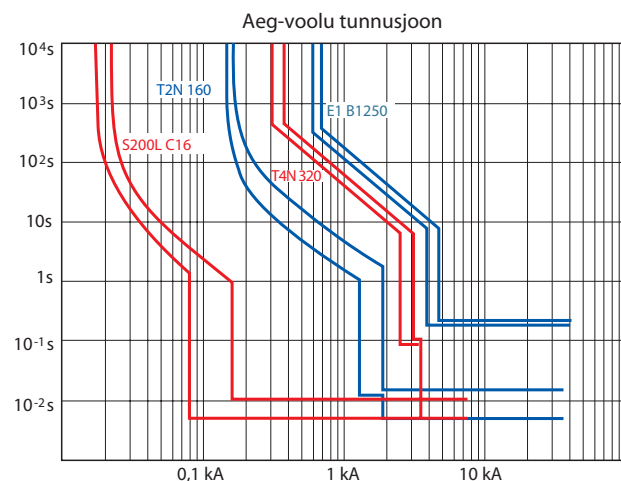
TVastavalt eelmistes peatükkides öeldule, kaitselüliti QF2 sätted on:

QF2, T4N 320 PR222DS/P-LSI In320

L	Sätted:	0,9	Köver:	12 s
S: t = const	Sätted:	8,8	Köver:	0,1 s
I: OFF				

Vastavalt “Koordinaatsioonitabelitele” on selektiivsuse piirvool 25 kA, mis antud konkreetsel juhul tähendab täis-selektiivsust.

Lõpuks joonistatakse kaitselüliti QF1 E1B 1250 rakendumistunnusjooned:



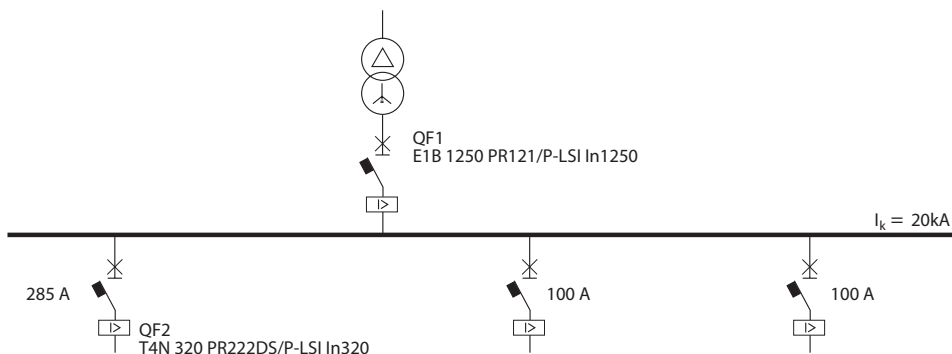
Vastavalt eelmistes peatükkides öeldule, kaitselüliti QF1 sätted on

QF1, E1B 1250 PR121/P-LSI In1250

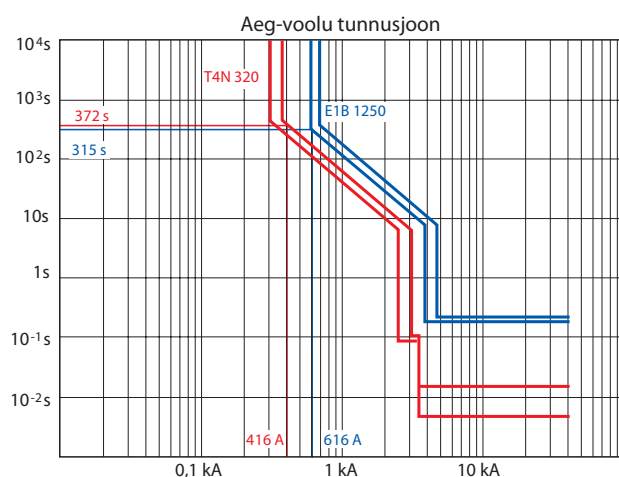
L:	Sätted:	0,47	Köver:	48 s
S: t = const	Sätted:	3,5	Köver:	0,2 s
I: OFF				

“Koordinaatsioonitabelitest” võib näha, et nende sätetega on tagatud täis-selektiivsus, st kuni kaitselüliti T4 suurima lühisvoolu nimilahutusvõime, mis on 36 kA.

Selleks, et võtta arvesse kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid, tuleb meeles pidada, et koormuse pool asuva kaitselüliti poolt tuvastatud liigkoormusvool on toitepoolse kaitselülitis võimendatud teiste ahelate voolude võrra. Vaadeldes eespooltoodud paigaldist ja eeldades, et seal on lisaks veel kaks muud 100 A koormust, on pilt järgmine:



Analüüsidest kõige kriitilisemat juhtu, võttes arvesse toitepoolse kaitselüliti rakendustunnusjoone alumist kõverat ning koormusepoolse kaitselüliti tunnusjoone ülemist kõverat, tuleb eeldada kaitselülitis QF2 liigkoormust 416 A. Vool kaitselülitis QF1 on seega 616 A:



Sellistel tingimustel rakendub toitepoolne kaitselüliti QF1 E1B 1250 315 sekundi jooksul, samal ajal kui koormuspoolne kaitselüliti QF2 T4N 320 rakendub veidi pikema aja, 372 sekundi jooksul. Selle voolu väärtuse jaoks on seega selektiivsus liigkoormuspiirkonnas tagatud.

Loomulikult ei rakendu 416 A väiksema voolu korral toitepoolne kaitselüliti üldse, samal ajal aga tunduvalt suuremate liigkoormuste väärtuste juures kui 416 A (näit. 700 A) rakendub toitepoolne kaitselüliti koormuspoolsega võrreldes veel aeglasemalt, sest muude koormuste voolude summa "kaalub vähem" summarses voolus, mis toitepoolset kaitselüliti läbib.

Lõpetuseks: kaitselülites tegelikult kulgevate voolude hindamine näitab, et teatud liigkoormused võivad kaitselülite vahelisele selektiivsusele olla kriitilised ja nendel juhtudel võib lahenduseks olla kaitsefunktsiooni L kõrgema kõvera kasutamine.

Lisa D

Lisa D

Täiendavad kaalutlused kaitselülites kulgevatest tegelikest vooludest

Vastavalt käesoleva trükise leheküljel 5 toodule, võib kaitselülites kulgevate tegelike voolude puhul täheldada kolme peamist juhtu:

- üks toitepoolne kaitselüliti ühe koormusepoolse kaitselüliti ees (neid läbib sama tugevusega vool);
- üks toitepoolne kaitselüliti mitme koormuspoolse kaitselüliti ees (toitepoolset kaitselüliti läbib tugevam vool

kui mistahes üksikut koormuspoolset kaitselüliti);

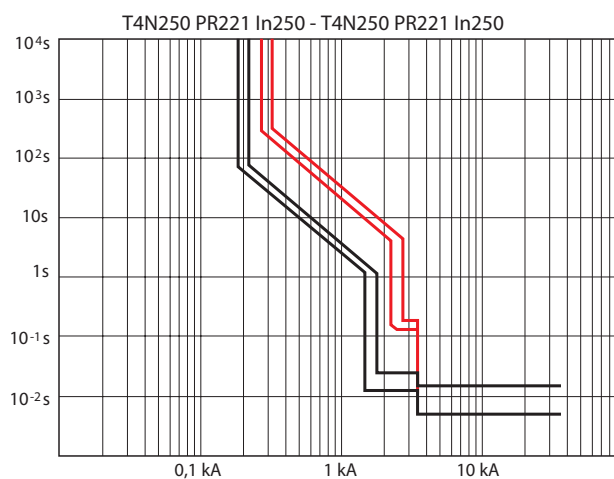
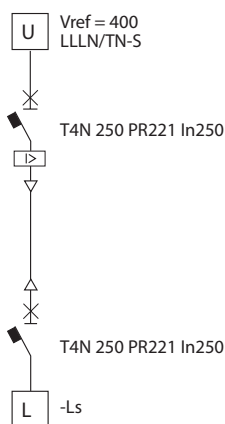
- kaks või enam toitepoolset kaitselüliti mitme koormuspoolse kaitselüliti ees.

Mõne lihtsa näite abil saab veenduda, kuidas kaitselüliteid läbivate tegelike voolude vale arvestamine võib viia selektiivsuse puudumiseni liigkoormuspiirkonnas või kaitselülite üledimensioneerimine puudulikule selektiivsusele lühisepiirkonnas.

Üks toitepoolne kaitselüliti ühe koormusepoolse kaitselüliti ees

Sel juhul läbib nii normaaltalitusel kui ka liigvoolu korral mõlemat kaitselüliti ühesugune vool.

Kontrollimaks selektiivsust aja ja voolu järgi liigkoormuspiirkonnas ja lühisepiirkonnas on sellisel juhul piisav, kui veenduda, et nende kahe seadme rakenduskõverad ei oma kokkupuutepunkte.



Üks toitepoolne kaitselüliti mitme koormuspoolse kaitselüliti ees

Selline paigaldis on praktikas kõige sagedamini kasutatav.

Kui koormuse pool on rohkem kui üks kaitselüliti, siis läbivad lüliteid, millevahelist selektiivsust on vaja saavutada, erineva tugevusega voolud.

Seetõttu tuleb koormuspoolse kaitselüliti rakendumisaega liigkoormusel võrrelda toitepoolse kaitselüliti rakendumisajaga summaarsel liigkoormusel, võttes arvesse ka teiste ahelate voolusid.

Näide

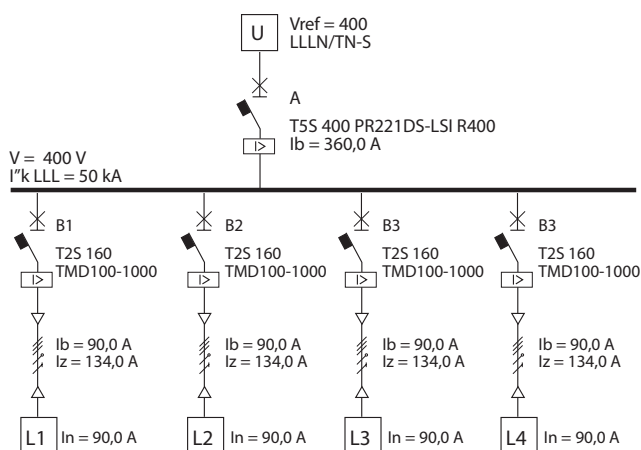
Joonisel toodud paigaldises läbib normaaltalitusel toitepoolset kaitselüliti vool 360 A, millest igat väljuvat fidrit läbib omakorda vool 90 A.

Kaitselüliteid läbivate voolude põhjal vabastitele seatud sätted on järgmised:

Kaitselüliti A: $I_1 = 0,92 \times 400 = 368 \text{ A}$ ($t_1 = 3 \text{ s}$)

Kaitselüliti B: $I_1 = 0,90 \times 100 = 90 \text{ A}$

Kaitselülite rakendumistunnusjooned koos sätetega on toodud kõrvalasuval diagrammil. Esialgse analüüsi põhjal peaks selektiivsus aja ja voolu järgi kahe kaitselüliti vahel olema tagatud.



Oletame nüüd, et tekib liigkoormus tarbijal L1, mille vool kasvab väärtuseni 200 A.

Kaitselüliti B1 läbib vool 200 A, samal ajal kui kaitselüliti A läbib 470 A, ($200 + 90 + 90 + 90$).

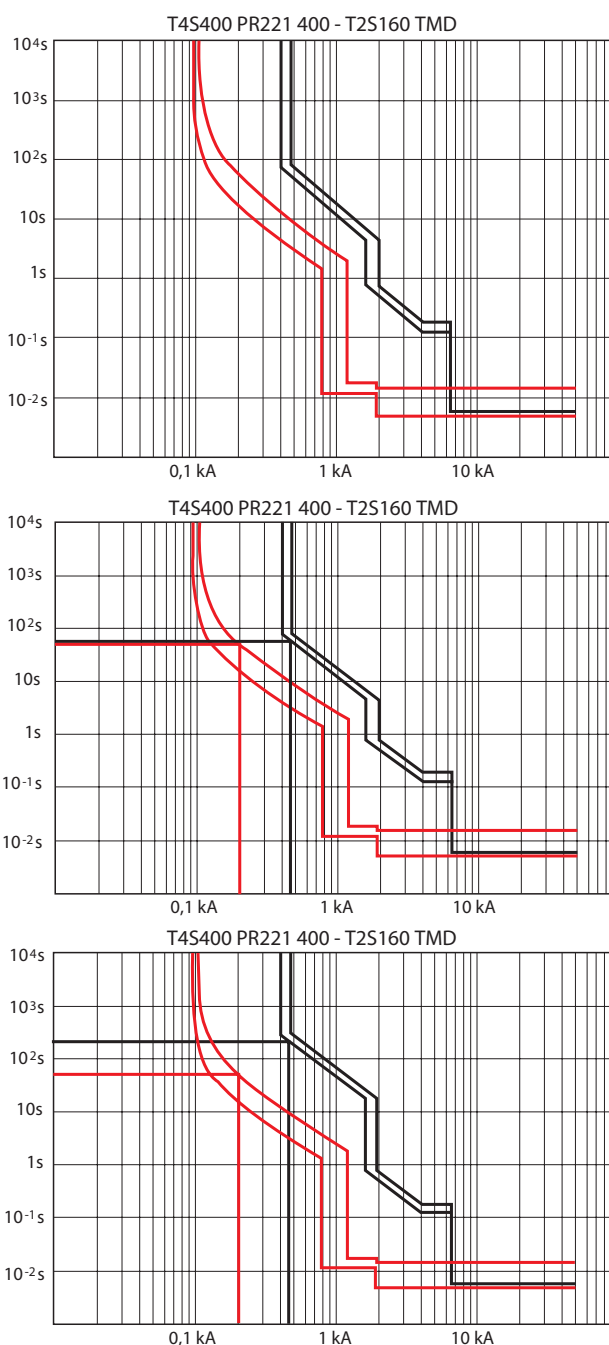
Ülalpooltoodud oletuslike sätete korral näeb kõrvalasuvalt diagrammilt, et mõlemad kaitselüliti rakenduvad ligikaudu 50 sekundi jooksul.

Järelikult eeldatud sätete korral liigkoormusolukorras vaadeldud kahe kaitselüliti vahel selektiivsus puudub.

Muutes toitepoolse kaitselüliti sätteid, näiteks pikendades tema liigkoormuskaitse L rakendumisaega:
kaitselüliti A: $I_1 = 0,92 \times 400 = 368 \text{ A}$ ($t_1 = 12 \text{ s}$)

Liigkoormuspiirkonnas on tagatud selektiivsus, kui:
koormuspoolne kaitselüliti B rakendumisaeg on ligikaudu 50 s;
toitepoolse kaitselüliti A rakendumisaeg on ligikaudu 200 s.

Enamikel juhtudel võimaldab toitepoolse ja koormuspoolsete kaitselülite rakendumisaegade eristamine saavutada selektiivsust aja ja voolu järgi.



Kaks või enam toitepoolset kaitselüliti mitme koormuspoolse kaitselüliti ees

Analüüsi tegemise lihtsustamiseks on eeldatud, et ahelad on sümmeetrilised ja seetõttu jaguneb summaarne koormusvool kolme toitepoolse kaitselüliti vahel kolmeks võrdseks osaks.

Näide

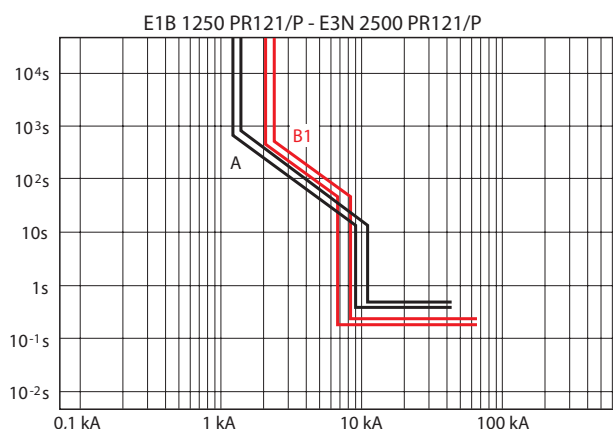
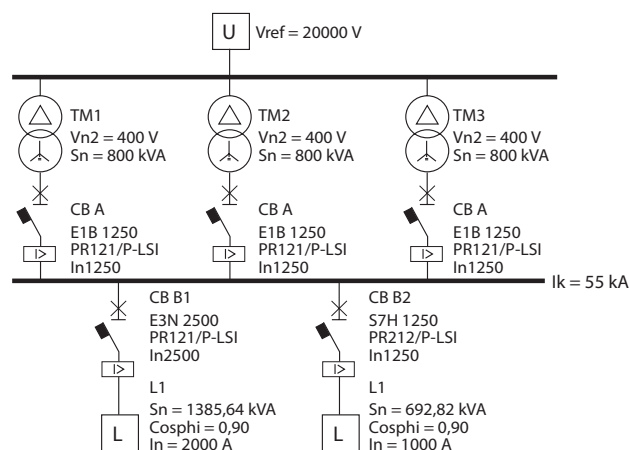
Joonisel toodud paigaldises läbib normaaltalitusel igat toitepoolset kaitselüliti vool 1000 A, samas kui ühte väljuvat fidrit läbib vool 1000 A ja teist vool 2000 A.

Järgnev analüüs näitab, et toitepoolse kaitselüliti A ja suurima väljuva fidri kaitselüliti B1 vahel on selektiivsus tagatud.

Kaitselüliteid läbivate voolude põhjal vabastitele seatud sätted on järgmised:

Kaitselüliti A: $I_1 = 0,925 \times 1250 = 1156 \text{ A}$ ($t_1 = 12 \text{ s}$)
 $I_2 = 8 \times 1250 = 10000 \text{ A}$ ($t_2 = 0,4 \text{ s}$)
 $I_3 = \text{OFF}$

Kaitselüliti B1: $I_1 = 0,80 \times 2500 = 2000 \text{ A}$ ($t_1 = 3 \text{ s}$)
 $I_2 = 3 \times 2500 = 7500 \text{ A}$ ($t_1 = 0,2 \text{ s}$)
 $I_3 = \text{OFF}$



Kaitselülite ülalpoolmainitud sätetele vastavad aeg-voolu tunnusjooned on kantud juuresolevale diagrammile.

Esmapilgul tundub, et selektiivsus aja ja voolu järgi nende kahe kaitselüliti vahel puudub.

Kuna tegemist on elektrooniliste vabastitega varustatud kaitselülititega, siis võrreldakse nende rakendumisaegu tähtsamatel voolude väärtustel.

Toitepoolse kaitselüliti $I_1 \times 1,05$

$$I_A = 1156 \times 1,05 = 1214 \text{ A}$$

mis vastab lüliti B1 voolule:

$$I_B = (1214 \times 3) - (1000) = 2642 \text{ A}$$

$$t_A = 700 \text{ s}$$

$$t_B = 450 \text{ s}$$

Koormuspoolse kaitselüliti $I_3 \times 1,1$

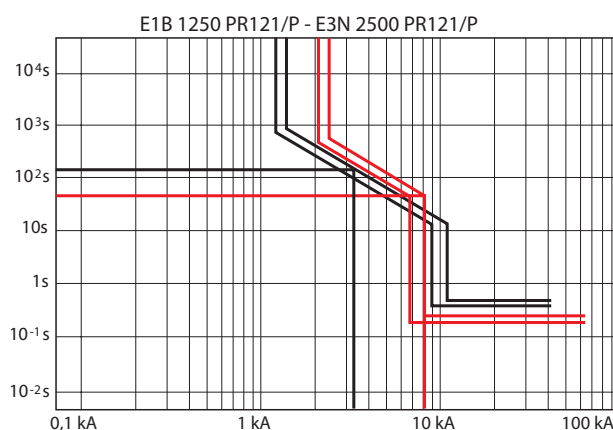
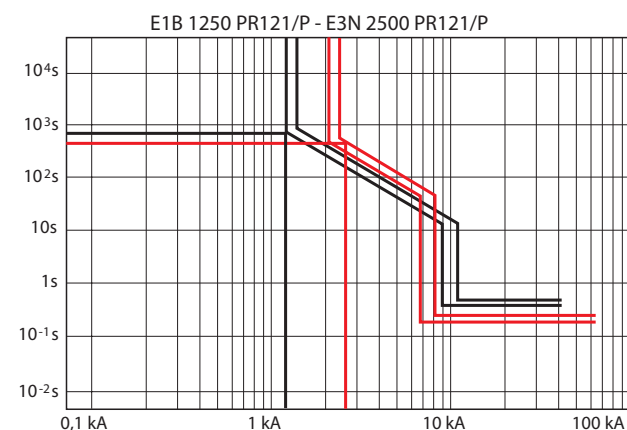
$$I_B = 7500 \text{ A} \times 1,1 = 8250 \text{ A}$$

mis vastab lüliti A voolule:

$$I_A = (8250 \text{ A} + 1000 \text{ A}) / 3 = 3083 \text{ A}$$

$$t_A = 45 \text{ s}$$

$$t_B = 174 \text{ s}$$



Nagu võib näha, ehkki rakendumistunnusjoonte kõverad kattuvad, on liigkoormuspiirkonnas selektiivsus aja ja voolu järgi siiski tagatud.

I_{CW} valikul peab samuti arvesse võtma kaitselülites kulgevaid tegelikke voolusid.

Kaitselüliteid A läbib maksimaalselt:

36 kA - kaitselüliti ja trafo vahel toimuva lühise korral;

18 kA - lattidel toimuva lühise korral.

Seetõttu tuleb nende kaitselülite valikul võtta:

$I_{CU} > 36 \text{ kA}$ sest lahutusvõime peab olema suurem kui maksimaalne lühisvool lüliti paigalduskohas;

$I_{CW} > 18 \text{ kA}$ sest selektiivsust aja järgi on vaja tagada ainult koormuspoolsete seadmete suhtes.

Selektiivsuse tagamiseks võimalike koormuspoolsete seadmete suhtes peab aga kaitselüliti B omakorda olema:

$I_{CW} > 55 \text{ kA}$.



Due to possible developments of standards as well as of materials, the characteristics and dimensions specified in this document may only be considered binding after confirmation by ABB SACE.

ABB SACE S.p.A.

An ABB Group Company

L.V. Breakers

Via Baioni, 35

24123 Bergamo - Italy

Tel.: +39 035.395.111 - Telefax: +39 035.395.306-433

<http://www.abb.com>

ABB AS

Madalpingeseadmed

Pärnu mnt. 148, 11317 Tallinn

Estonia

Tel.: +372 6801 800 - Telefax: +372 6801 810

<http://www.abb.ee>

Sõnaseletused

I_s	selektiivsuse piirvool
I_{cu}	lühisvoolu suurim nimilohutusvõime
I_{cw}	nimi-lühiajataluvusvool
Kasutuskategooria A	kaitselülitid ilma I_{cw} väärtuseta (kasutatavad selektiivsena energia järgi)
Kasutuskategooria B	kaitselülitid, millel on määratud I_{cw} (kasutatavad selektiivsena aja järgi)
I_n	kaitselüliti nimivool (tähistab ka vastava kaitselüliti paikneva vabasti nimivoolu)
I_u	kaitselüliti nimi-mittekatkestatav vool (see iseloomustab kaitselüliti "gabariiti")
$I_{3 \max} / I_{3 \min} =$	suurim/vähim hetktoimelise lühisekaitse rakendumislävi Näide: - minikaitselüliti (MCB) tunnusjoonel $C (I_m = 5 \dots 10 I_n) \rightarrow I_{3 \max} = 10 I_n, I_{3 \min} = 5 I_n$ - TMD kompaktkaitselüliti (MCCB) $(I_m = 10 I_n \pm 20\% *) I_n \rightarrow I_{3 \max} = 12 I_n, I_{3 \min} = 8 I_n$ - elektroonilise vabasti kaitsefunktsioon $(I_3 = 10 I_n \pm 10\% *) I_n \rightarrow I_{3 \max} = 11 I_n, I_{3 \min} = 9 I_n$
I_k	lühisvool
TMD	termomagnetiline vabasti seatava termilise ja fikseeritud magnetilise rakendumislävega
TMA	termomagnetiline vabasti seatava termilise ja seatava magnetilise rakendumislävega
EL	elektrooniline vabasti
Kaitsefunktsioon L	liigkoormuskaitse
Kaitsefunktsioon S	viitega lühisekaitse
Kaitsefunktsioon I	hetktoimeline lühisekaitse
Kaitsefunktsioon G	kaitse maaühenduse vastu
Kaitsefunktsioon D	suund-lühisekaitse
I_1	funktsiooni L rakendumislävi
t_1	funktsiooni L rakendumisaeg
I_2	funktsiooni S rakendumislävi
t_2	funktsiooni S rakendumisaeg
I_3	funktsiooni I rakendumislävi
I_4	funktsiooni G rakendumislävi
t_4	funktsiooni G rakendumisaeg
I_7	funktsiooni D rakendumislävi
t_7	funktsiooni D rakendumisaeg
selektiivsusaeg	elektroonilise vabasti rakendumisaeg, kui selektiivsus lühisekoha järgi on lubatud ja sisendkeeluse signaal puudub.
Enesekaitse	kaitse, mis võimaldab elektroonilise vabastiga kompaktkaitselüliti kiire väljalülitamise $(10-12) \times I_u$ väärtusest suuremate voolude korral isegi juhul, kui hetktoimeline lühisekaitse I on välja lülitatud.
ft (foot)	pikkusmõõt, väljendatuna jalgades.

* $\pm \dots \% =$ kaitse tolerants

