

TRAFODE KESKPINGEKAITSMETE VALIKU SELGITUS

Sisukord

1. PK ja ПCH tüüpi kaitsmete kasutamine	1
2. Üldine sulavkaitsmete liigitus	2
3. Trafo kaitse	3
4. Sulavkaitsmete valik uutes komplektalajaamades	4
5. Sulavkaitsmete valik mastalajaamades	5
6. Sulavkaitsmete valik maandus-omatarbetrafo kaitseks	9

1. PK ja ПCH tüüpi kaitsmete kasutamine

Siin peatükis vaadeldakse PK ja ПCH tüüpi sularite valikut vanades õhkisolatsiooniga jaotusseadmes.

Sulari koormamisel nimivooluga peab ta vastu pidama kestvalt. Normid näevad ette, et sular peab püsima vähemalt 1 tunni, kui vool olenevalt kaitsme tüübist ületab 1,3...1,5 kordselt sulari nimivoolu. Vooluga 1,6...2 sulari nimivoolu peab ta 1 tunni jooksul läbi põlema. Suuremate nimivoolude korral on kontrollaeg 4 tundi.

Trafo keskpinge sulavkaitse on ette nähtud kaitseks kõrgepingepoolel või trafo sees tekkiva lühise vastu. Madalpingelühisel peab ta olema selektiivne, s.t. ei tohi läbi põleda hetkeliselt. Selleks valitakse sulari nimivool 2 korda suurem kui trafo nimivool $I_s \approx 2I_{tr}$. Selliselt valitud kaitse ei kaitse trafot ülekoormuse vastu. Ülekoormuse ja välislühise vastu kaitseb trafot madalpinge kaitse. Selle nimivool valitakse trafo nimivooluga võrdne või kuni 5% väiksem. Kui selles piiris sularit või termovabastit ei valmistata, võtta lähim suurim.

Tabel 1. PK tüüpi sulavkaitsmete valimine vanades jaotusseadmetes.

Trafo nimi- võimsus kVA	PK sularid, A				ПCH sularid, A	
	6kV	10kV	15kV	35kV	10kV	35kV
10	3/2	3/2				
16	5/2	3/2				
20	5/2	3/2	2/2			
25	8/5	5/2	3/2			
30	8/5	5/3	3/2			
40	10/5	8/3	5/2			
50	10/8	8/5	5/2		7/5	
63	16/8	10/5	8/3		10	
100	20/10	16/8	10/5		15/7,5	7,5
160	32/20	20/10	16/8	5/2	20/10	7,5
180	40/20	32/16	20/10	8/3	20/10	7,5
250	50/32	40/20	32/16	8/3	30/15	10/7,5
320	50/32	40/20	32/16	10/5	40/20	10/7,5
400	80/40	50/32	40/20	16/8	40/30	15/7,5
560	160/80	80/40	50/32	20/10	75/40	20/10
630	160/80	80/40	50/32	20/10	75/40	20/10
750	160/80	100/50	80/40	30/20	100/50	30/20
1000	200/100	160/80	100/40	40/20	100/75	40/20

Märkus: nimetajas toodud väärtusi tuleb kasutada juhtumil, kui madalpinge peakaitse puudub.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	28.01.2025	Dokumendi tähis:	P364 / 5
	Kinnitas:	A. Mazikas	Ülemdokument:	J3338

Tabel 2. Tootja NIKDIM „VvPr“ tüüpi sulavkaitsmete valimine vanades jaotusseadmetes (ПК sularitega sama gabariit, kuid back-up karakteristikuga). Karakteristikuid vaata Joonis 4.

Trafo nimivõimsus, kVA	NIKDIM sularid, A		
	6 kV	10 kV	15 kV
30	5-8	3,2-5	3,2
40	8-10	5-8	3,2-5
50	10-16	6,3-8	5
63	10-16	10-20	5-8
100	16-31,5	10-20	8-16
160	31,5-40	16-31,5	10-20
250	-	20-31,5	16-31,5

Tuleb arvestada, et üleval tabelis toodud „back-up“ tüüpi sulavkaitsmed on ette nähtud vaid lühise kaitseks, aga mitte ülekoormuse kaitseks (vt peatükk 2).

2. Üldine sulavkaitsmete liigitus

Madalpinge korkkaitsmed ja nugakontaktidega sulavkaitsmed

Tänapäevaste madalpinge sulavkaitsmete liigitamisel kasutatakse kahe tähe kombinatsiooni (näiteks gG jne). Esimene täht tähistab funktsiooni klassi:

- Funktsiooniklass g: tuleb saksakeelsest sõnast „Ganzbereichsicherung“ ja tähendab kogupiirkonnakaitse. Lahutab kõik voolud alates madalatest sulamisvooludest kuni nimilahutusvõimsuseni.
- Funktsiooniklass a: tuleb inglise keelsest sõnast „Accompanied fuses“ s.o. täiendavad (kaasas käivad, täiendavad) kaitsmed. Kaitsmed lahutavad kõik voolud alates 6,3 kordsest kaitsme nimivoolust kuni nimilahutusvõimsuseni. Kaitsmeid kasutatakse lühise kaitsena koos liigvoolukaitsesega (termorelee) mis kaitseb väikestel ülekoormustel.

Teine täht tähistab kaitstavat objekti:

- Kaitstav objekt L: liinikaitse, vastavalt VDE-le.
- Kaitstav objekt M: mootorite kaitse vastavalt EN-le.
- Kaitstav objekt B: kaevandustes kasutatavad kaitsmed „Bergbauanlageschutz“ vastavalt EN-le.
- Kaitstav objekt G: üldiselt kasutatavad, „General purpose“. Vastavalt EN-le.

Kaitsmetüübid gL (VDE) ja gG (EN) on kõige enam levinud. Nendel on nn. „aeglase kaitsmete“ karakteristikud ja sularite kasutamise korral tuleb kasutada just neid jaotusvõrgu madalpingeliinide kaitseks.

Keskpingekaitsmed

Vastavalt eesmärgile jagatakse tänapäevased keskpingsed kaitsmed kaheks.

- Osavoolupiirkonna kaitse. Nendel kaitsmetel on voolu mittekatkestav piirkond madalamatel vooludel, mis võivad põhjustada sulavelemendi sulamist, kuid mitte voolu katkestamist. Kaitsmeid nimetatakse nn. „back-up“ kaitsmeks ja on ette nähtud lühise kaitseks.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	28.01.2025	Dokumendi tähis:	P364 / 5
	Kinnitas:	A. Mazikas	Ülemdokument:	J3338

- Koguvoolupiirkonna kaitsmed. Kaitsmed lahutavad kõik sulamisvoolud. Kaitsmeid nimetatakse ka "General-purpose" ja on ette nähtud nii lühise kui ka ülekoormuskaitseks.

Jaotusvõrgu paigaldistes kasutada "back-up" tüüpi kaitsmeid.

Põhidefinitsioonid "back-up" kaitsmetele

U_r : *nimipinge*

Faasidevaheline kõrgeim lubatud talitluspinge (väljendatud kV) võrgus kus on kaitsmed paigaldatud. Nimipingete rida 7,2; 12; 17,5; 24; ja 36 kV. 12.4.

6,3 kV ülempingega jaotustrafo korral kasutada 6/12 kV nimipingega sulareid. 10,5 kV, 15,75 kV ja 21 kV ülempingega jaotustrafo korral kasutada 10/24 kV nimipingega sulareid. Sularite pikkus 442 mm.

I_r : *nimivool*

Vool mida kaitse talub ebanormaalse kuumenemiseta (peamiselt on see temperatuur 65°C).

I_1 : *maksimaalne nimilahutusvool*

Eeldatav lühisvoolu suurus mida kaitse on suuteline lahutama ja on vahemikus 20...63kA.

Eeldatav (oodatav) võrgu lühisvool peab olema võrdne või väiksem kui paigaldatud kaitsme nimilahutusvool I_1 .

3. Trafo kaitse

Koormuslahklülitle sularit valides tuleb reeglina lähtuda tootja kasutusjuhendis toodud tabelitest¹. Lahkkaitsete (nt mastalajaamades) korral ja ka juhul, kui ei ole leida keskpingseseadmete tootjate andmeid sularite valiku kohta, tuleb sulari õigel valikul lähtuda käesolevast peatükist.

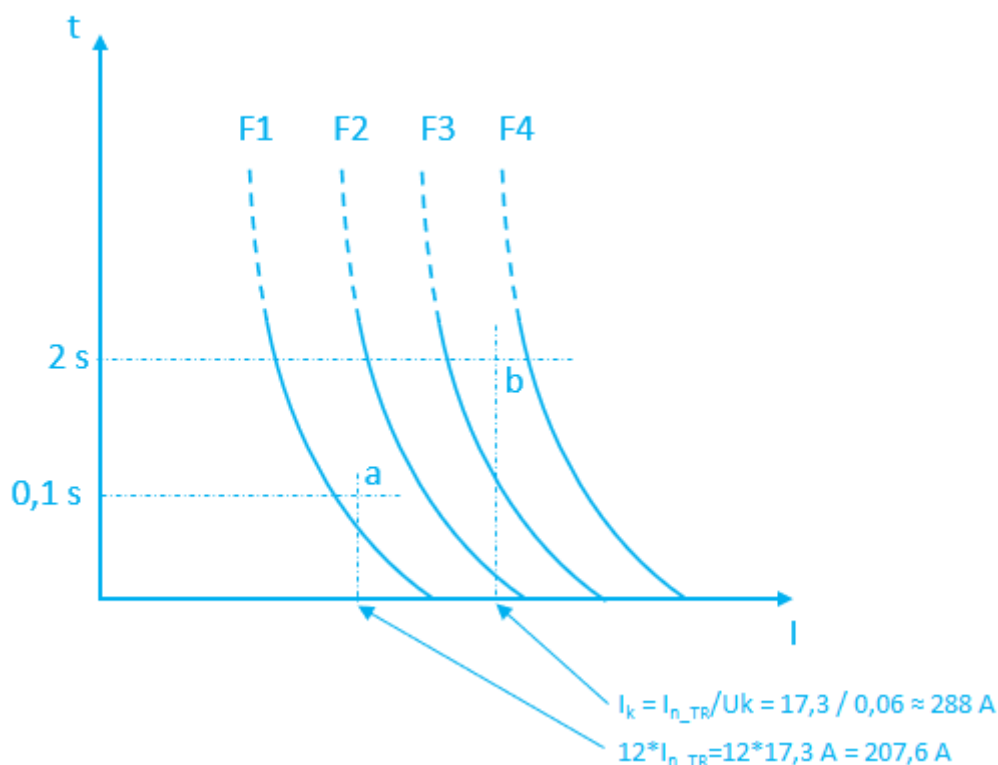
Trafode kaitsmisel on kolm tähtsamat nõuet:

- kaitsmed peavad vastu pidama trafode sisselülitamisvoolu. See on tagatud, kui kaitsme läbisulamisvool 0,1 s juures on suurem kui 12-kordne trafo nimivool ehk $I_{sk}(0,1s) > 12 \times I_{n_TR}$.
- kaitse peab rakenduma, kui lühis on trafo sekundaarklemmidel. Trafo kaitseks ette nähtud sulavkaitsmed peavad ära hoidma trafo vigastumise lühise korral trafo sekundaarmähise klemmidel ja rakenduma hiljemalt 2 sekundi jooksul. See on tagatud, kui kaitsme läbisulamisvool 2 s juures on väiksem kui lühisvool ehk $I_k > I_{sk}(2s)$.
- kaitsmed peavad vastu pidama trafo koormusvoolud ja ülekoormuse. Selleks peab trafo kaitsme nimivool olema 1,4 korda suurem kui trafo nimivool ehk $1,4I_{n_TR} < I_r$.

Näide

630 kVA trafo nimivool $I_{n_TR} = 17,3$ A, tööpinge 21 kV. Lühispinge U_k on 6%. Trafo peab taluma lühisvoolu 2 sekundit. Keskpinge sulavkaitse peab katkestama tekkiva lühisvoolu I_k kuni 2 sekundiga. Selline olukord on punktis b. Sulavkaitset F4 ei saa kasutada selle trafo jaoks, kuna kaitsme läbipõlemiseks on vaja rohkem aega kui 2 sekundit.

¹ Tootjate juhendite jälgimine tagab, et sulari rakendumisaeg ja lüliti väljalülitamise aeg oleks omavahel korrektselt koordineeritud. Vaid nii tagatakse lühise lõplik lahutamine sularis, mitte aga lüliti lahutuskontaktidel.



Joonis 1. Keskpingesularite valimine.

Sisselülitamise vool kestvusega 0,1 sekundit joonistab punkti a). Selle sisselülitamisvooluga ei tohi sulavkaitse läbi põleda ja selle tõttu ei saa kasutada kaitset, mille karakteristik on F1. Sulavkaitsmeid F2 ja F3 võib kasutada selle trafo kaitseks, kuna nende karakteristikud on punktide a) ja b) vahel. Trafol võib selle tõttu kasutada mitmesuguse suurusega sulavkaitsmeid.

4. Sulavkaitsmete valik uutes komplektalajaamades

Tabel 3. Keskpingesularite valik UESA KLF 24 kV lülitiga alajaamades ETI, NIKDIM, ABB, EFEN ja SIBA sularite korral.

Võrgu nimipinge (kV)	Trafo nimivõimsus (kVA)			
	50	100	160	250
Keskpingekaitsmete nimivool I_n				
6,3	16 A	20 A - EFEN, ETI 25 A - kõik	31,5 - EFEN, ETI 40 A - kõik	50 A
10,5	10 A	16 A	20 - EFEN, ETI 25 A - kõik	31,5 - EFEN, ETI 40 A - kõik
15,75	6,3 A	10 A	16 A	20 - EFEN, ETI 25 A - kõik
21	2 A – EFEN 4 A – kõik	10 A	16 A	20 A
KP kaitsmetega selektiivsete madalpingesularite nimivool I_n (A) väljuval madalpingeliinil				
0,41	50	100	125	200

SF6 isolatsiooniga seadmetesse võib olla tarvidus valida suurema nimivooluga kaitsmeid, sest kaitsmete jahutustingimused on halvad. Sularite valikul lähtuda sel juhul tootjate kataloogidest.

5. Sulavkaitsmete valik mastalajaamades

Gevea TG N ja ABB SMIA-KRT sulavkaitsmed on “back-up” tüüpi sulavkaitsmed. Maksimaalne tööpinge 20 kV.

Tabel 4. TG N sularite piirvoolud.

Sulari nimivool 2,5	Sulari piirvool 4,3	Trafo nimivool
4	6,8	kaitstava trafo nimivool ei tohi ületada sulavkaitsme nimivoolu
6,3	10,7	
10	12,5	
16	27,2	
20	34	
25	42,5	
32	54,5	
40	68	
50	85	
63	107	

Sulavkaitsmed paigaldatakse kaitset hoidvate lahutusvedrude vahele. Sulavelement asub veekindlas torus ja ta kinnitatakse lahutusvedrude külge liblikmutritega. Kaitse rakendumisel eraldub torust gaasi, mis katkestab elektrikaare.

“piirvool” – sulavkaitse kannatab seda voolu, kuni selle vooluni sulavkaitse ei rakendu ja selle voolu ületades sulavkaitse rakendub vastavalt aja - voolukarakteristikule.

Tabel 5. Sularite valimine mastalajaama Gevea TG N ja ABB SMIA-KR sularite korral.

		Trafo võimsus (kVA)			
		50	100	160	250
10 kV	I _{tr}	2,9	5,8	9,2	14,4
	12I _{tr}	34,8	69,6	110,4	173,2
	I _{k0,4}	72,5	145	230	360
	I _n	4...10	6,3...16	10...25	16...40
15 kV	I _{tr}	1,92	3,85	6,15	9,6
	12I _{tr}	23	46	74	115
	I _{k0,4}	48	96	154	240
	I _n	2,5...6,3	4...10	6,3...16	10...25
20 kV	I _{tr}	1,44	2,88	4,62	7,21
	12I _{tr}	17,28	34,64	55,4	86,6
	I _{k0,4}	36	72	115	180
	I _n	2,5...4	4...10	6,3...10	10...20

I_{tr} – trafo nimivool KP poolel.

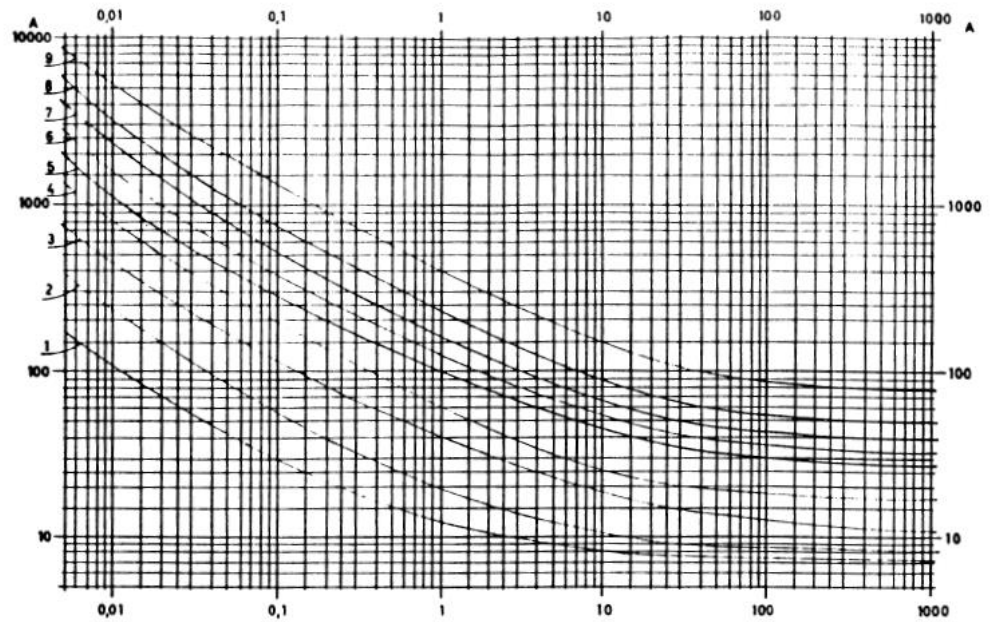
12I_{tr} – trafo sisselülitamisvool.

I_{k0,4} – vool kõrgepingpool, kui lühis on 0,4kV klemmidel (trafode U_k = 4%).

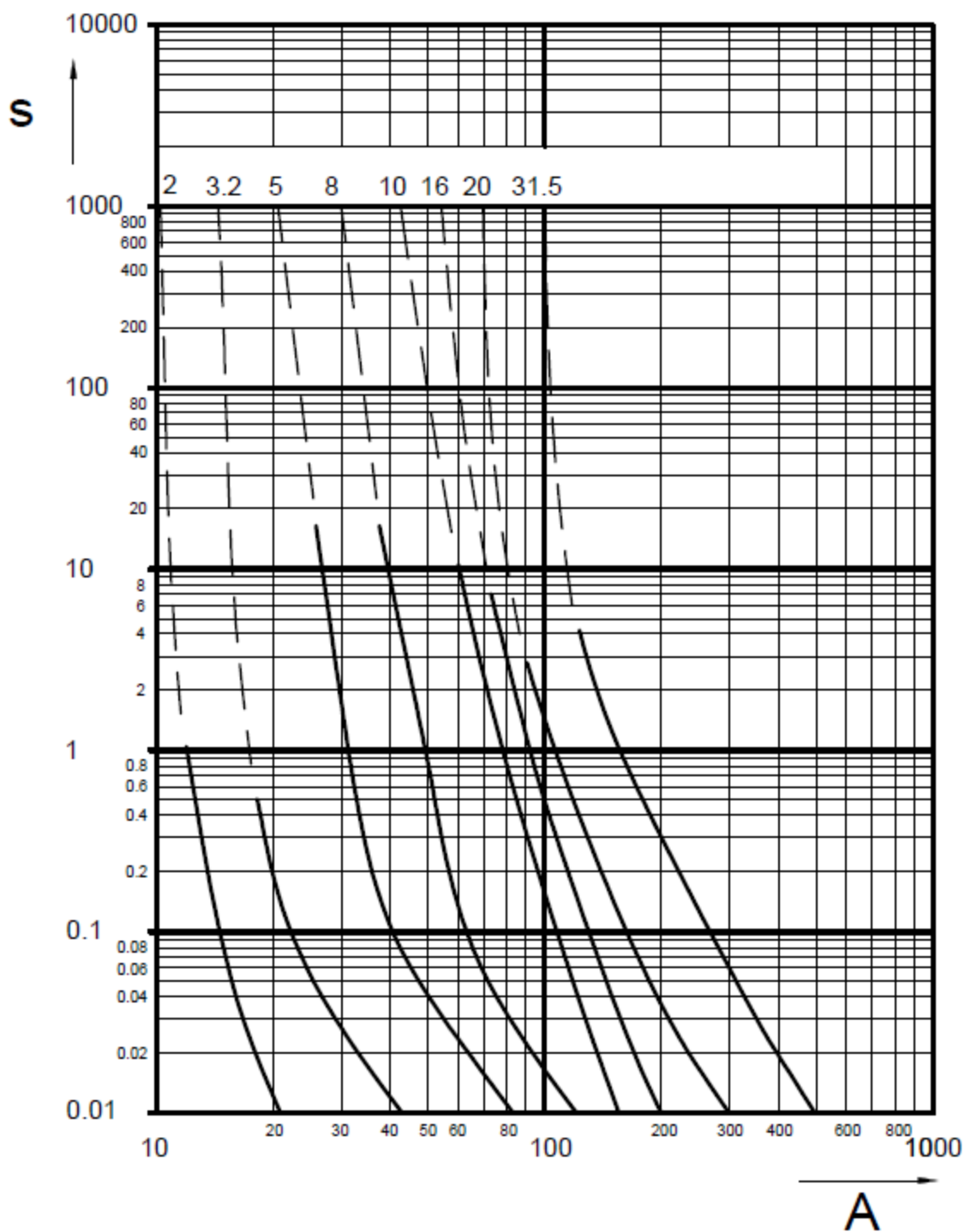
I_n – sulari nimivool. Soovitav on valida väiksemad suurused.

Juhul kui ühe sulavkaitsme taga on kaks trafot, tuleks arvestada summaarset sisselülitamisvoolu (sisselülitamisel sulavkaitse ei rakenduks) ja koormuse üheaegsustegurit.

Nr 1=4A
2=6A
3=10A
4=16A
5=20A
6=25A
7=35A
8=50A
9=63A



Joonis 3. Mastalajaama sularite ABB SMIA-KR karakteristikud.



Joonis 4. NIKDIM "VvPr" (ГОСТ 2213-79) sularite karakteristikud.

6. Sulavkaitsmete valik maandus-omatarbeträfo kaitseks

Maandus-omatarbeträfode (MOT) puhul kasutatakse „back-up“ sulavkaitsmeid kaitseks lühisvoolude eest. Sulavkaitse ei tohi rakenduda, kui MOTi läbib kompenseerimisvool, mis on reeglina 10-50 korda suurem kui omatarbeträfo nimivool.

Sulavkaitsme nimivoolu valikul tuleb lähtuda järgmisest valemist ning ümardada seda järgmise standardse nimivooluni:

$$I_r = I_{OT_MOT} + \frac{I_{komp_KKP}}{3}$$

kus I_r – sulavkaitsme nimivool, A

I_{OT_MOT} – maandusomatarbe träfo omatarbe mähise nimivool, A

I_{komp_KKP} – kaarekustutuspooli maksimaalne kompenseerimisvool, A

Sulavkaitsme nimivooludeks on: **20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A.**

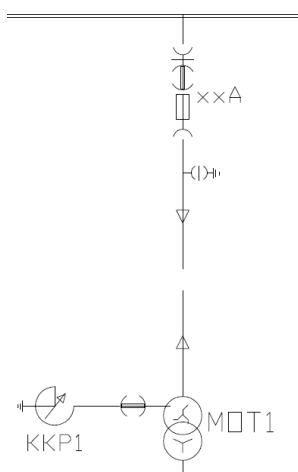
Kui ühe sulavkaitsme taga on kaks kompenseerimisaset (näiteks MOT+KKP ning TKKP), siis tuleb arvestada mõlema seadme maksimaalsete vooludega:

$$I_r = I_{OT_MOT} + I_{OT_TKKP} + \frac{I_{komp_KKP} + I_{komp_TKKP}}{3}$$

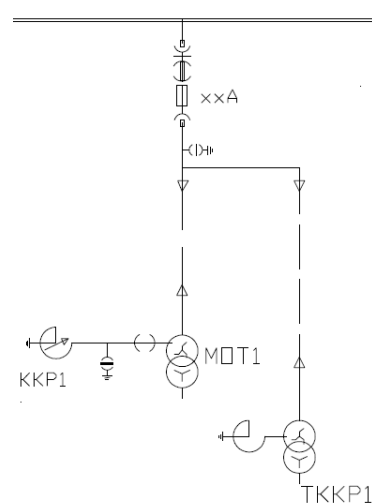
kus I_{OT_TKKP} – TKKP omatarbe mähise nimivool, A

I_{komp_TKKP} – TKKP maksimaalne kompenseerimisvool, A

Sulavkaitsme läbisulamisvool $I_{sk(t=2s)}$ peab olema piisavalt väike, et kaitse rakenduks lühise korral MOT või TKKP sekundaarklemmidel hiljemalt 2 sekundi jooksul. Kui ühe sulavkaitsme taga on kaks kompenseerimisaset, siis kummagi seadme lühisvoolu väärtused peavad olema suuremad, kui sulavkaitsme läbisulamisvool $I_{sk(t=2s)}$.



$$I_{k_MOT} = \frac{I_{OT_MOT}}{U_{k_MOT}} > I_{sk(t=2s)}$$



$$\begin{cases} I_{k_MOT} = \frac{I_{OT_MOT}}{U_{k_MOT}} > I_{sk(t=2s)} \\ I_{k_TKKP} = \frac{I_{OT_TKKP}}{U_{k_TKKP}} > I_{sk(t=2s)} \end{cases}$$