

**TAL
TECH**

ALALISVOOLUÜHENDUSTE MÕJU VAHELDUV- VOOLUVÕRGU DISTANTSKAITSELE

Leino Schnur
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Inseneriteaduskond
Tallinna Tehnikaülikool

02.06.2022

MIKS, MIDA, MILLEGA, MILLINE, KUIDAS, MIS ???

- Miks uurimus tehti?
- Mida ja millega uuriti?
- Milline mudel tehti?
- Kuidas katsetati?
- Mis on tulemus?



ALALISVOOLUÜHENDUSED, AGA MILLEKS?



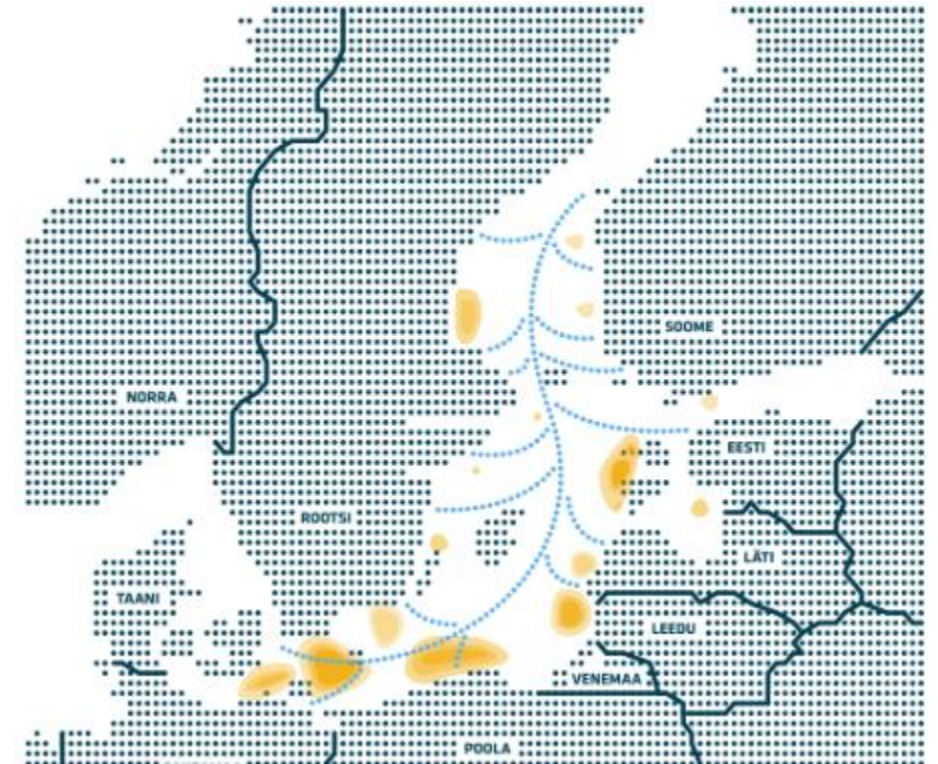
Alalisvool



Alalis-
vool



Vahelduvvool



Läänemere energiavõrk

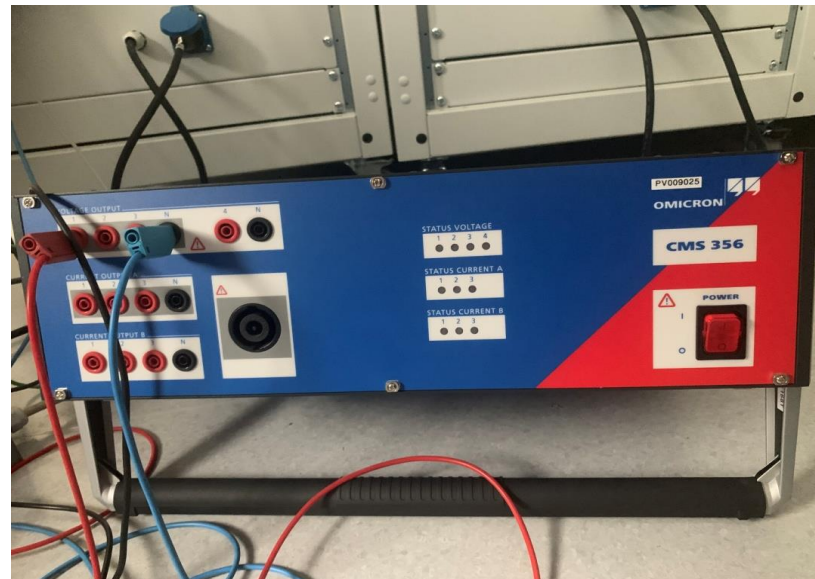
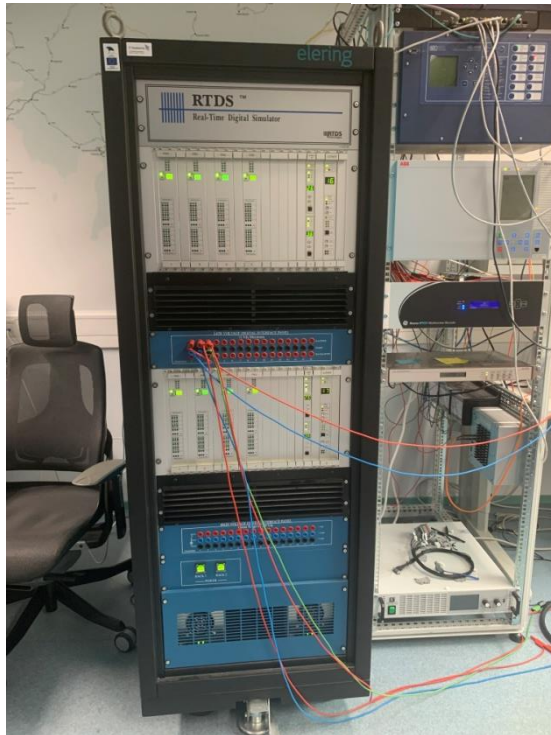
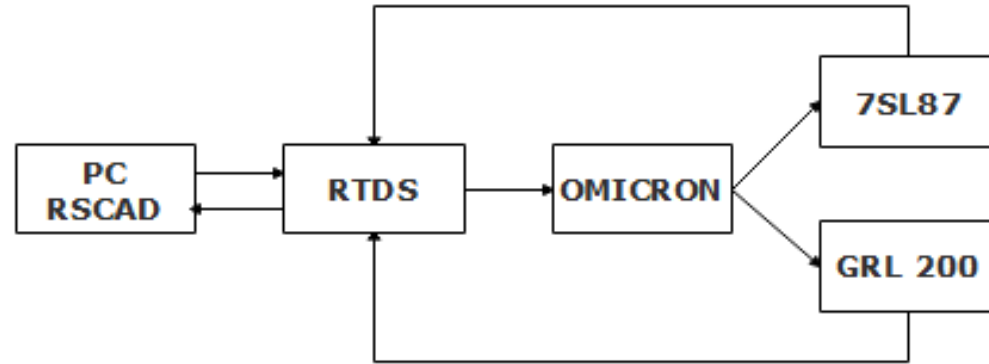
HÜPOTEES

DistantSKaitse ei toimi korrektSelt, kui lühisvoolu toide on alalisvoolumuundurilt

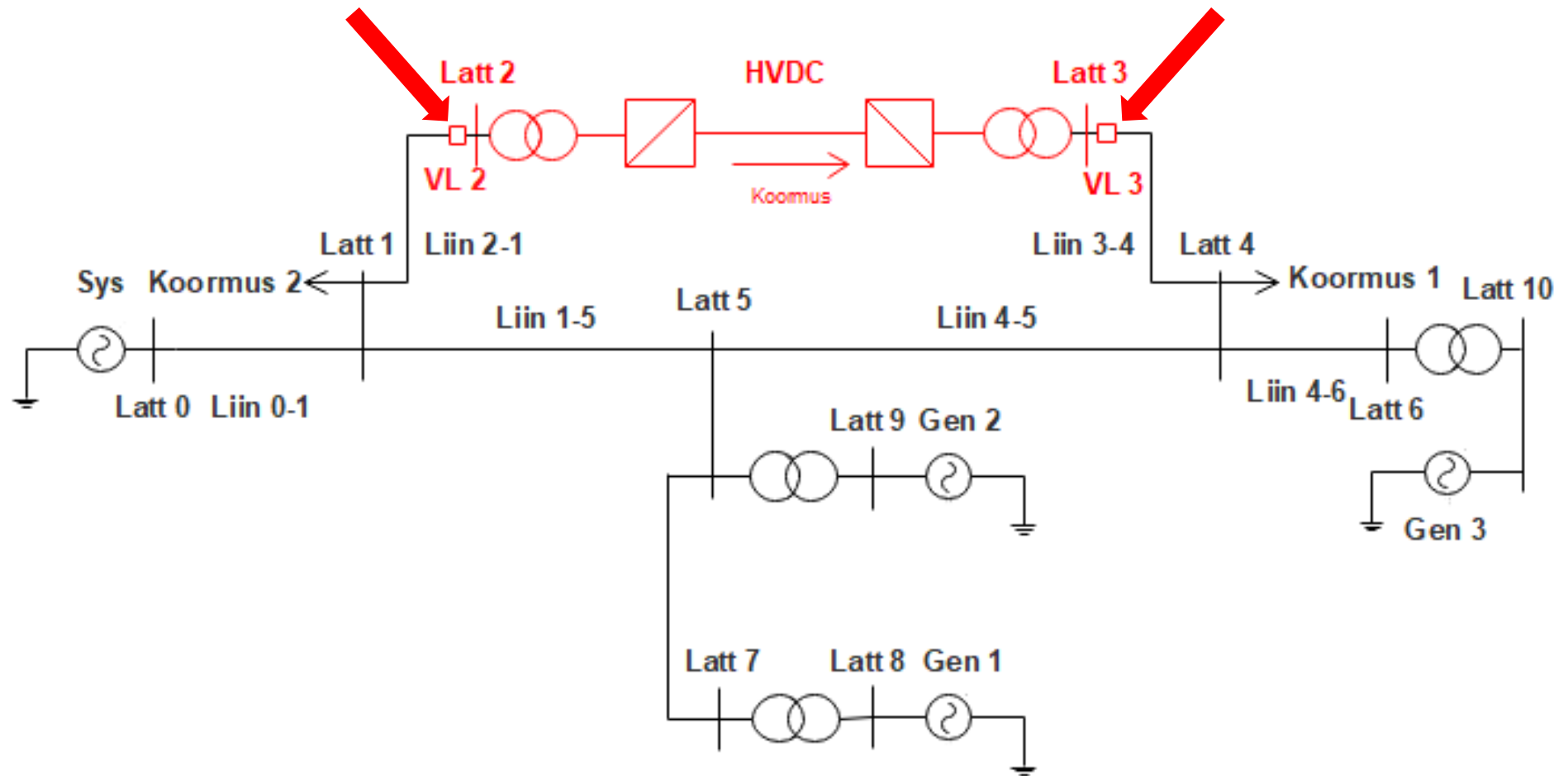
- Lühisvool on koormusvooluga võrreldava suurusega
- Muunduri filtrid on mittelineaarsete karakteristikutega
- Muundur genereerib vastujärgnevusvoolu ja see muudab lühisenurga ebastabiilseks
- Lühiste ajal tekivad voolumuunduris kommutatsioonihäired



KATSEMUDEL



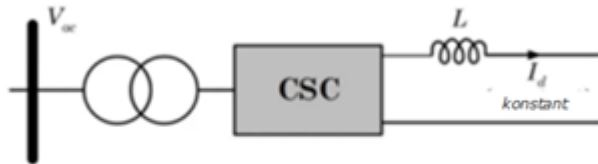
MUDELI ÜHEJOONESKEEM



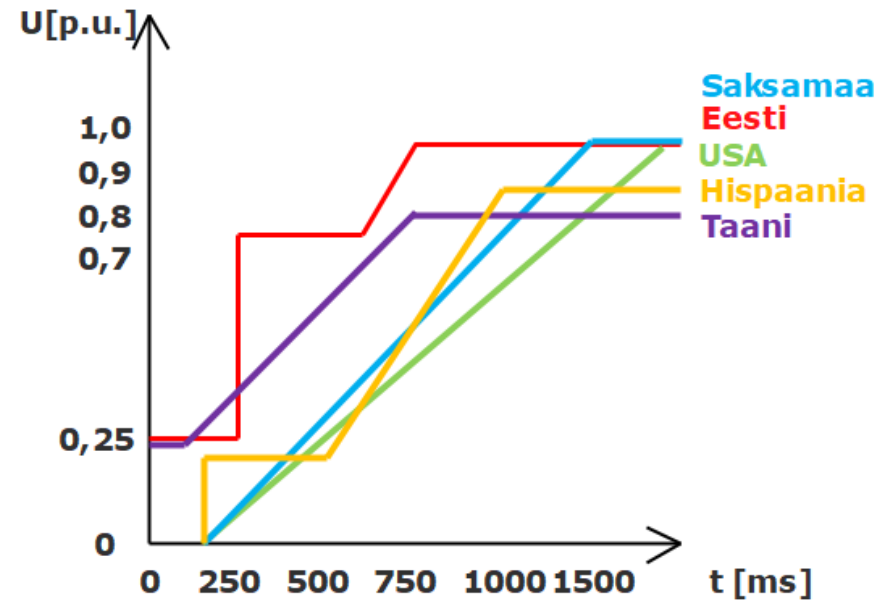
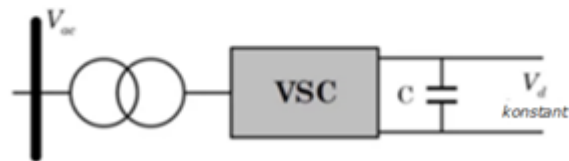
VÕRRELDAVAD MUUNDURID

- Voolumuundur (CIGRE LCC mudel)
- Pingemuundur (MIGRATE VSC projekt)
- Pingemuundur LVRT-ga* (MIGRATE VSC projekt)

VOOLUMUUNDUR



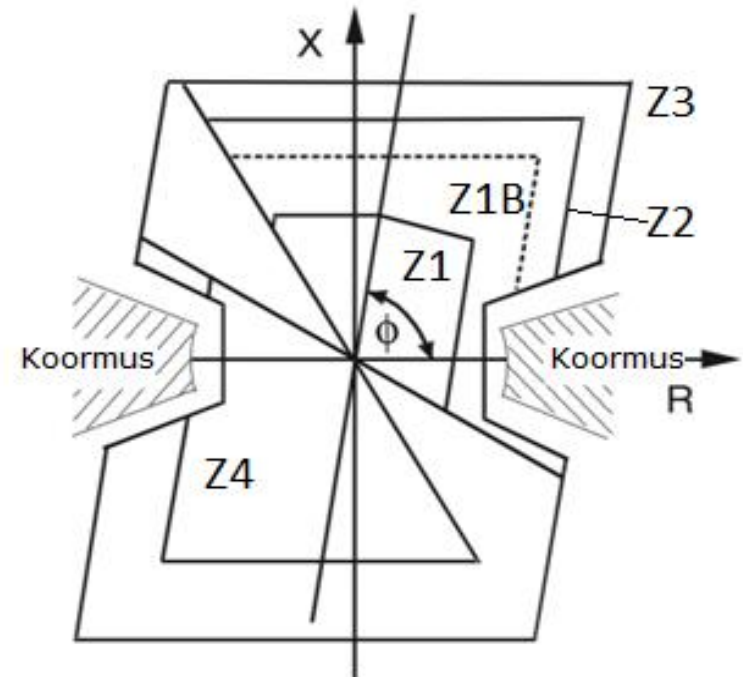
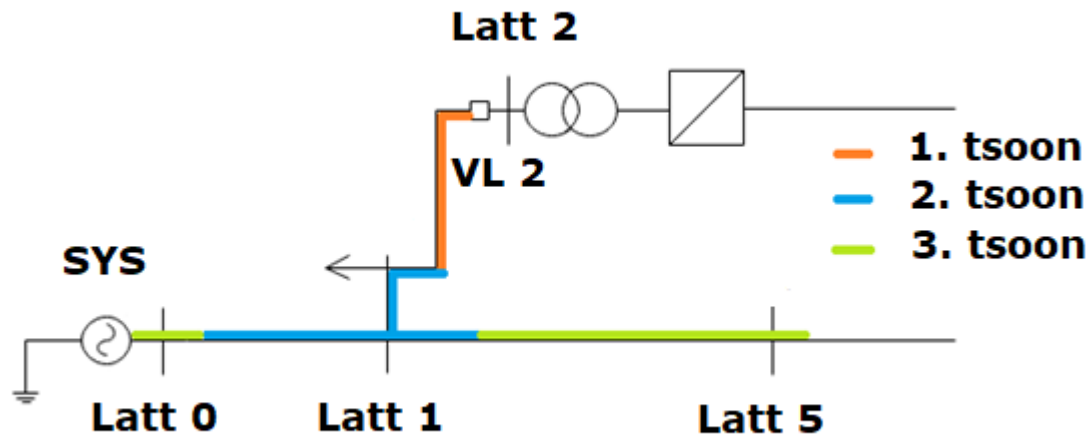
PINGEMUUNDUR



*LVRT – pingelohu läbimise loogika (*low voltage ride through*)

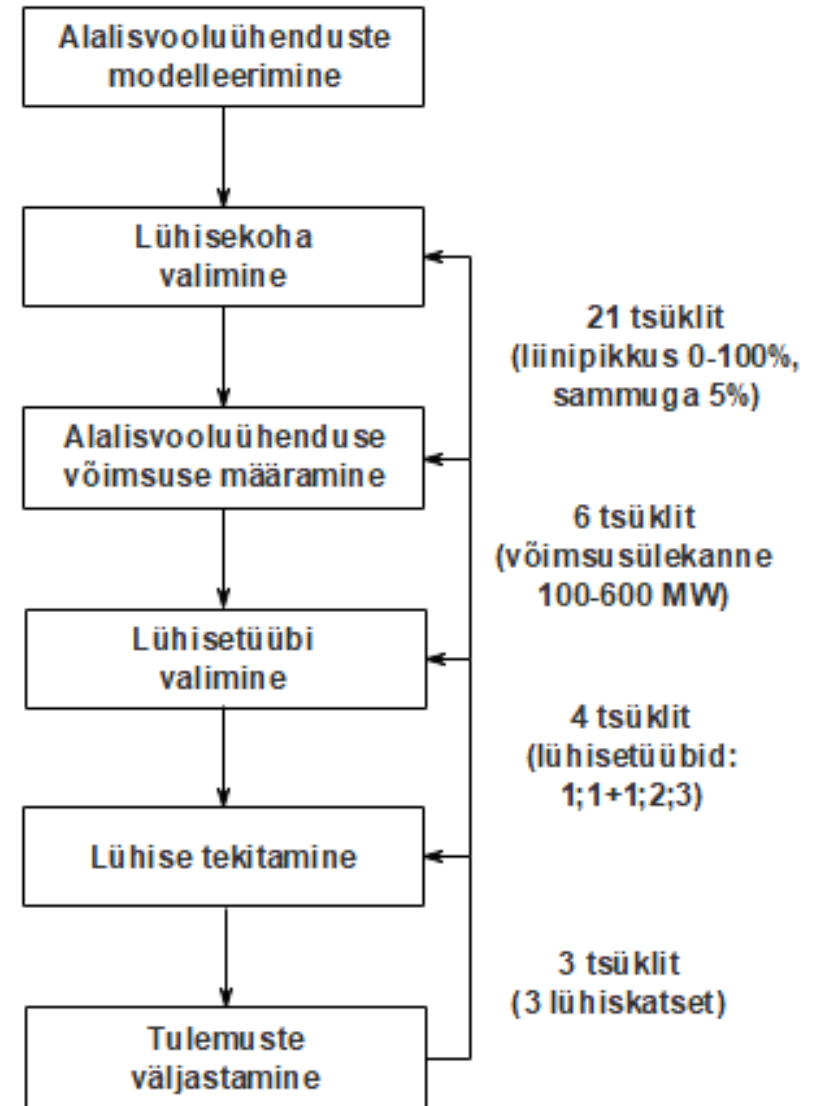
DISTANTSKAITSE TOIMIMINE

- Kolm ette vaatavat tsooni
- Üks taha vaatav tsoon
- Katsetused alaldi ja vaheldi poolele



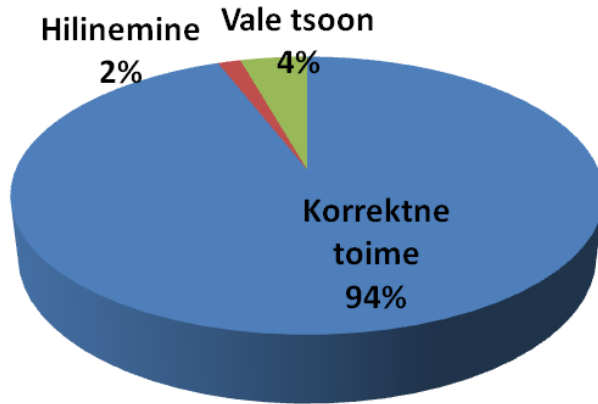
KATSETUSTE METOODIKA

- Liinid jagati 20 lõiguks
- Alalisvooluühenduse koormust muudeti astmeliselt 100 MW resolutsiooniga vahemikus 100-600 MW
- Katsetati nelja erinevat tüüpi lühist (1-faasiline maalühis, 2-faasiline maalühis, 2-faasiline lühis ja 3-faasiline lühis)
- Iga lõigu otstes iga alalisvooluühenduse koormusel tekitati 3 järjestikust korda iga tüüpi lühist
- analüüsis võeti relee reageerimisajaks kolme katse keskmine. Juhul, kui relee ei reageerinud 1,0 sekundi jooksul, loeti kaitse antud katsel mittetoimivaks

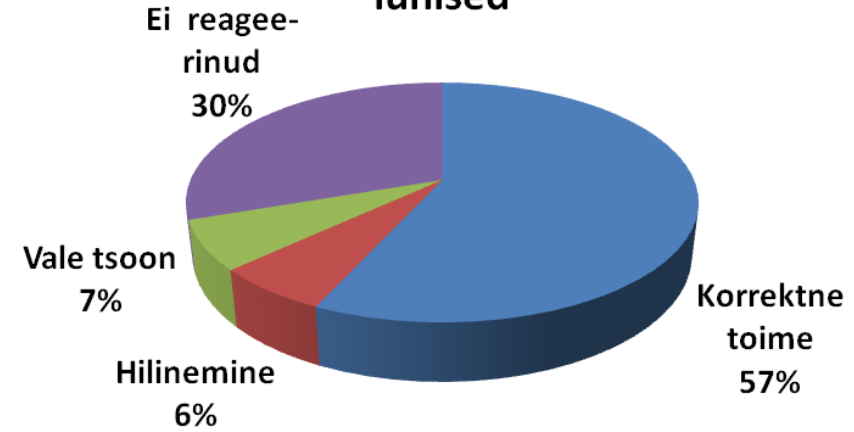


KATSETULEMUSED KAITSTAVAL LIINIL

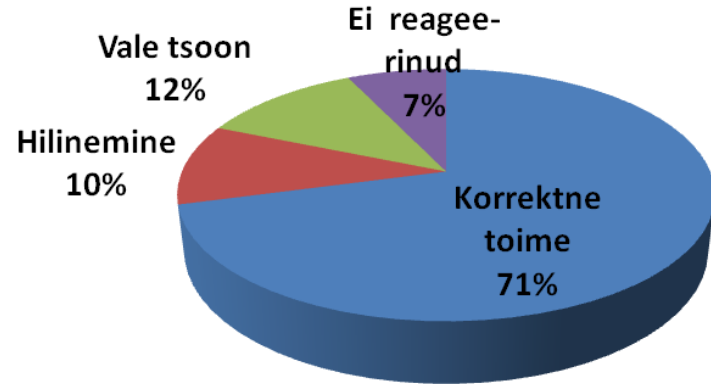
Siemens 7SL87 maalühised



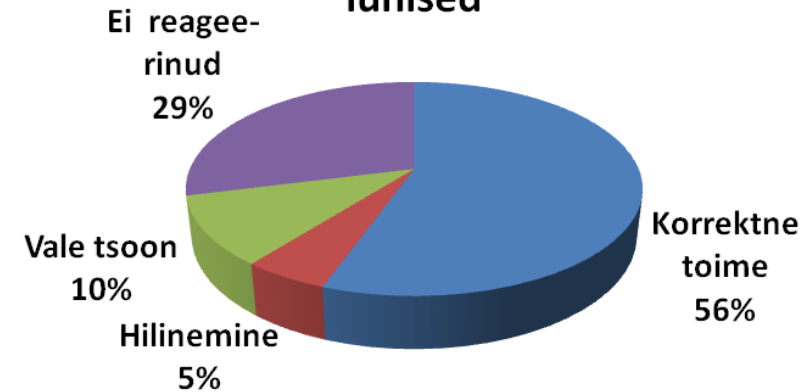
Siemens 7SL87 faasidevahelised lühised



Toshiba GRL200 maalühised

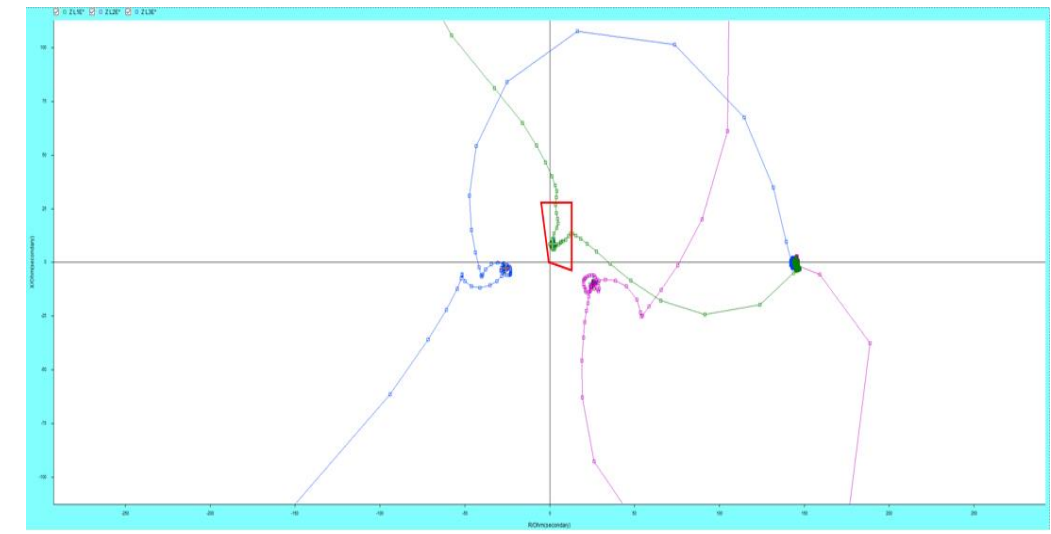
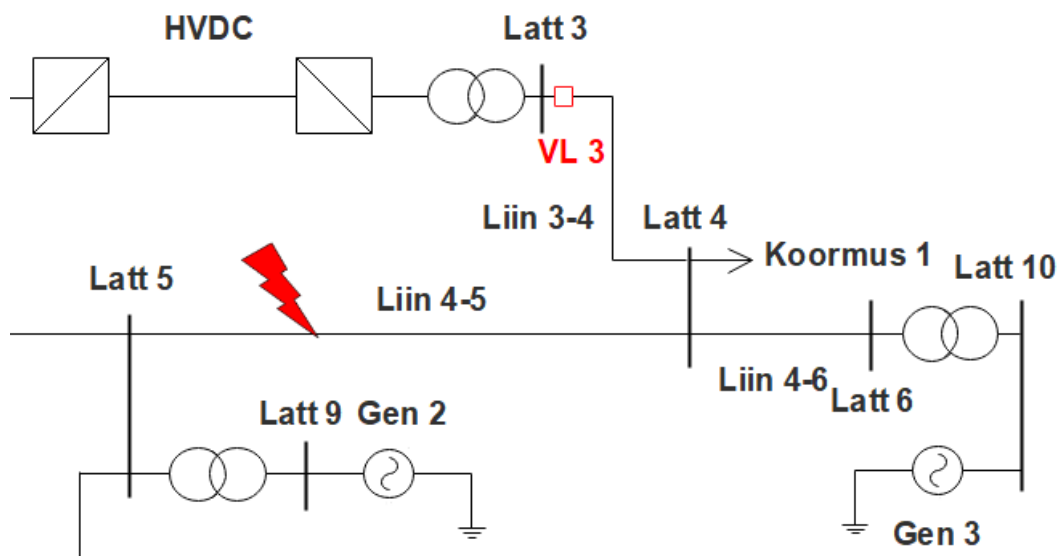
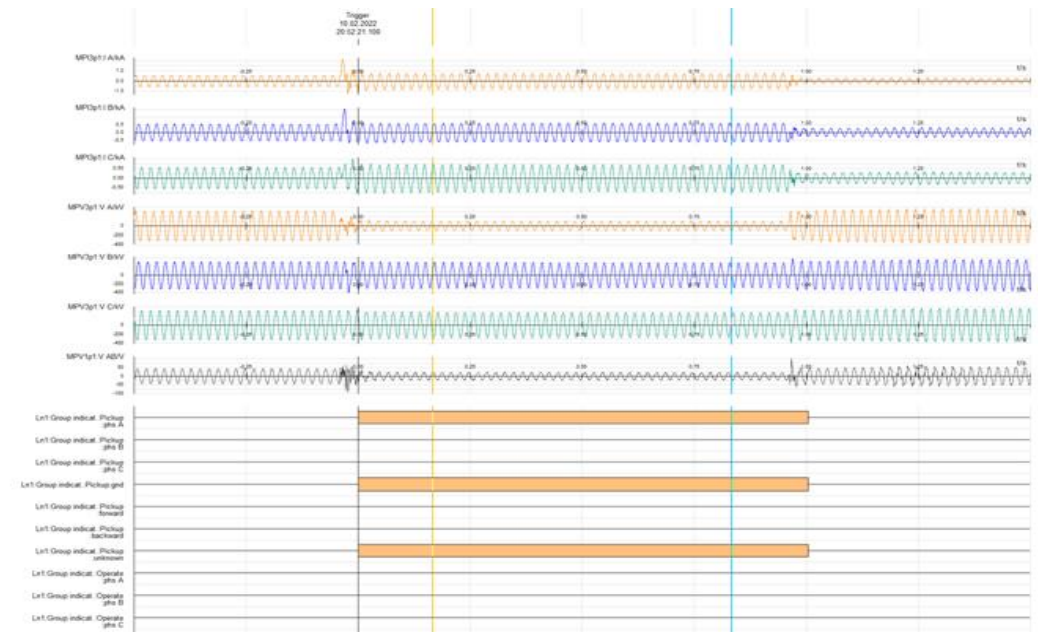


Toshiba GRL200 faasidevahelised lühised



KATSETULEMUSED KAUGRESERVEERI-TAVAL LIINIL PINGEMUUNDURIGA

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L4-5	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87	75L87
100MW	1	0,314	0,315	0,316	0,316	0,314	0,319	0,316	0,319	0,318	0,320	0,317	0,318	0,318	0,317	0,418	0,472	0,522	0,422	0,419	0,525	0,554	
200MW	1	0,224	0,314	0,315	0,316	0,314	0,357	0,317	0,315	0,319	0,318	0,318	0,320	0,320	0,317	0,419	0,620	0,520	0,623	0,422	x	xx	
300MW	1	0,314	0,314	0,313	0,317	0,322	0,358	xx	xx	xx	xx	xx	x	xx	x	x	xx	xx	x	x	0,622	x	
400MW	1	0,314	0,358	0,314	0,359	0,361	0,362	xx	xx	xx	xx	xx	0,317	0,317	0,319	0,416	0,593	0,622	0,620	0,623	0,623	x	
500MW	1	0,363	0,364	0,362	0,362	0,377	0,363	0,357	0,318	0,317	0,319	0,316	0,317	0,318	0,320	0,417	0,416	0,623	0,621	0,622	0,624	xx	
600MW	1	0,314	0,314	0,315	0,368	0,369	0,369	0,361	0,319	0,325	0,318	0,320	0,319	0,319	0,316	0,418	0,573	0,629	0,622	0,490	0,599	xx	
100MW	1+1	0,337	0,323	0,325	0,327	0,313	0,334	0,339	0,329	0,338	0,340	0,342	0,339	0,334	0,336	0,336	0,532	0,576	0,563	0,571	0,555	0,577	
200MW	1+1	0,338	0,344	0,324	0,329	0,322	0,328	0,337	0,340	0,334	0,342	0,335	0,342	0,343	0,339	0,337	0,498	0,560	0,585	0,581	0,468	0,470	
300MW	1+1	0,343	0,335	0,330	0,327	0,323	0,329	0,340	0,341	0,332	0,344	0,339	0,339	0,341	0,338	0,340	0,351	0,344	0,344	0,454	0,398	0,467	
400MW	1+1	0,345	0,335	0,336	0,331	0,324	0,322	0,336	0,339	0,343	0,338	0,337	0,340	0,342	0,344	0,339	0,349	0,354	0,353	0,462	0,538	0,518	
500MW	1+1	0,319	0,341	0,322	0,326	0,344	0,321	0,333	0,336	0,341	0,341	0,341	0,340	0,343	0,349	0,340	0,349	0,346	0,349	0,482	0,551	0,502	
600MW	1+1	0,321	0,320	0,340	0,315	0,543	0,327	0,333	0,339	0,337	0,340	0,340	0,337	0,336	0,338	0,341	0,337	0,347	0,360	0,514	0,580	0,461	



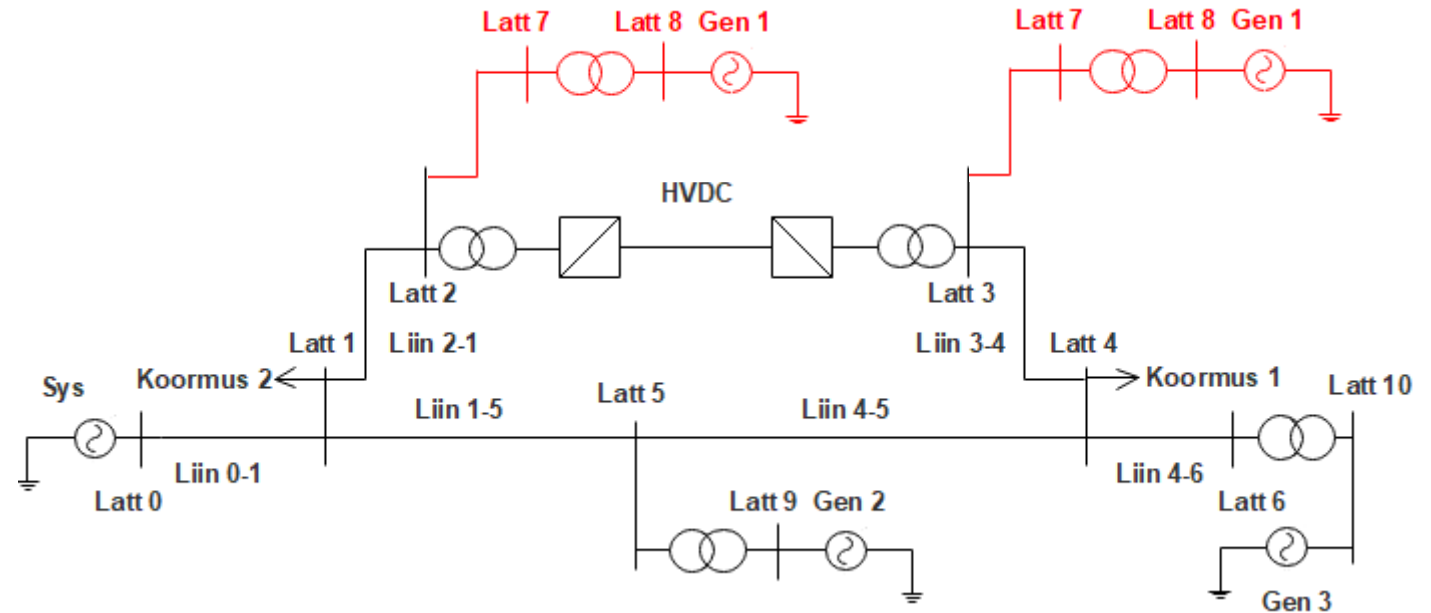
JÄRELDUSED

- Releede lühiste reageerimise efektiivsus sõltub alalisvooluühenduse puhul lühise tüübist. Lühiste tuvastamise kvaliteet väheneb järjekorras ühefaasilised maalühised, kahefaasilised maalühised, kahefaasilised lühised ja kolmefaasilised lühised
- Relee toimed on sarnased muunduri alaldi ja vaheldi poolele, erandina esineb vaheldi poolele kaitsetsoonide üleulatust
- Relee väärtoimete arv üldjuhul suureneb liini pikkuse kasvades ja muunduri koormuse tõustes
- Esinevad alalisvooluühenduse ülekantavad võimsused, kus relee väärtoimed joonistuvad katsetabelites selgelt välja selge piirkonnana.

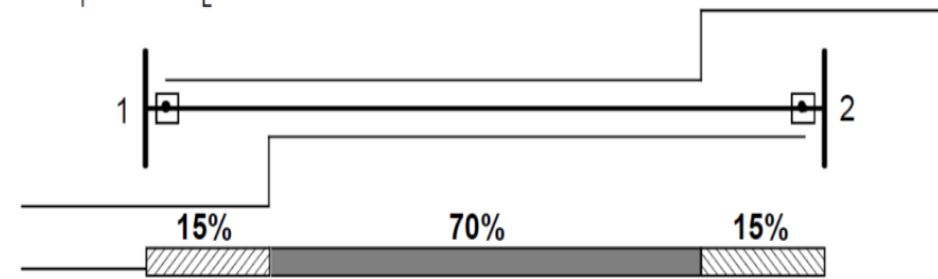


PROBLEEMI LAHENDUSED

- Sünkroonseadme (generaator, kompensator) lisamine alalisvooluühenduse kogumislatile
- Sidekanali lisamine distantkaitsele
- Distantkaitse asendamine pikidiferentsiaalkaitsega



Tavaliselt: $X_1 = 0.85 X_L$



Rikked siin alal
lülitatakse välja
vastasotsa (2) kaitse
viitega t_2

Rikked siin alal lülitatakse
välja liini mõlema otsa
kaitsete viiteta astmetega

Rikked siin alal
lülitatakse välja
vastasotsa (1) kaitse
viitega t_2

KOKKUVÕTE

- RSCAD-is on disainitud mudel, mis võimaldab testida erinevate alalisvooluühenduste (nii voolu- kui pingemuunduriga) mõju releekaitse seadmetele

- Tööd teostati ainult distantkaitsereleedega nii alaldi kui vaheldi poolel

Edasised sammud

- Analüüsida, mis tekitab lühise suuna määramise tõrkeid ja miks need on erinevatel seadmetel erinevad
- Kontrollida mudelil sidekanaliga releekaitse toimimist
- Sooritada testimine ka voolu- ja pikidiferentsiaalkaitsereleedega

**TAL
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,

Tel 620 2002 (E-R 8.30–17.00)

taltech.ee

TÄNAN TÄHELEPANU EEST!

Retsensendi küsimused:

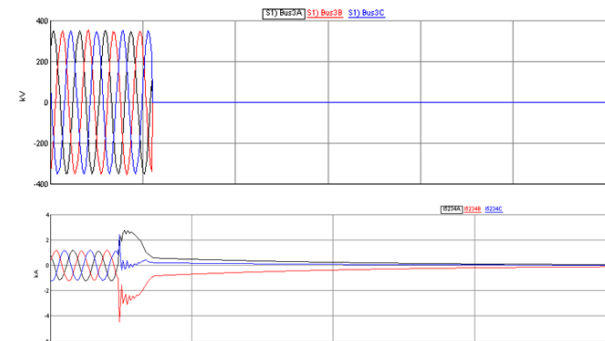
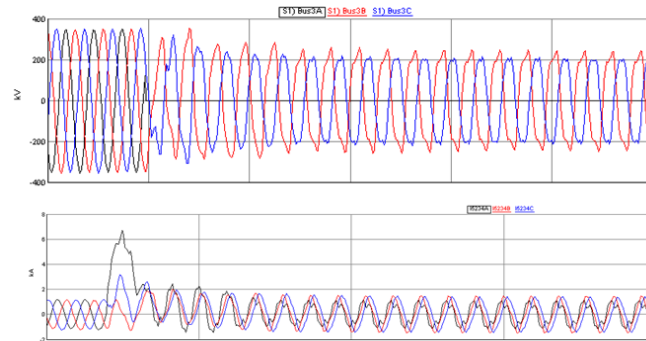
- Milliseid parendamisvõimalusi näeb töö autor töös kasutatud releedele?
- Kas need 0% tuvastamisedtekitasid küsimuse mingis põhimõttelises süsteemis veas releede seadistuse osas? Kas selle üle töö käigus on juureldud, põhjusi otsitud?
- Palun täpsustada joonisel 2.6 toodud Eesti pingelohu läbimise graafiku täpsemat tausta – millist tüüpi seadme nõudega on tegemist (B,C,D tüüpi tootmisseade, milline pingeklass)?

MUUNDURI SIGNAALID LÜHISE AJAL

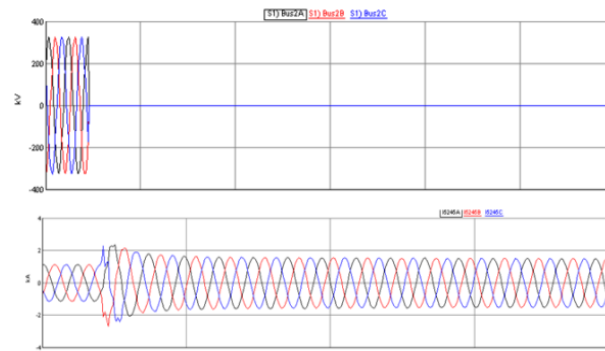
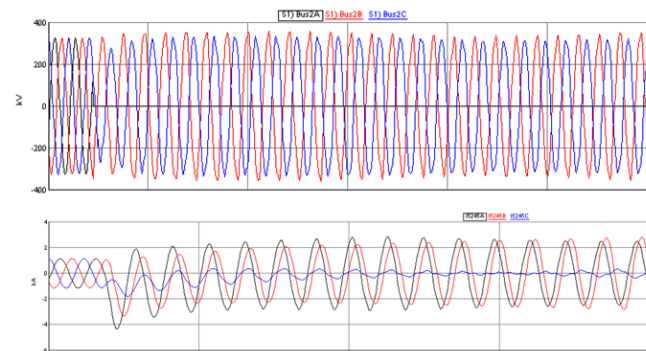
Ühefaasiline maalühis

Kolmefaasiline lühis

Voolumuundur



Pingemuundur



VOOLU JA PINGESIGNAALID LÜHISEL KAUGRESERVEERITAVAL LIINIL

