



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Elektroenergeetika ja mehhatroonikainstituut

ALALISVOOLUÜHENDUSTE MÕJU VAHELDUVVOOLUVÕRGU DISTANTSKAITSELE

IMPACT OF HVDC CONNECTIONS TO AC GRID DISTANCE PROTECTION

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Leino Schnur

Üliõpilaskood: 192342

Juhendaja: Marko Tealane, releekaitse ja
automaatika ekspert

Kaasjuhendaja: Jako Kilter,
professor

Tallinn 2022

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“18” mail 2022.

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“18” mail 2022.

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“18” mail 2022.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina _____ Leino Schnur _____ (autori nimi)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
ALALISVOOLUÜHENDUSTE MÕJU VAHELDUVVOOLUVÕRGU DISTANTSKAITSELE

_____,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on _____ Marko Tealane _____,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

18.05.2022

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loominguulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

<i>Autor:</i> Leino Schnur	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Alalisvooluühenduste mõju vahelduvvooluvõrgu distantsskaitsele	
<i>Kuupäev:</i> 18.05.2022	99 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> releekaitse ja automaatika ekspert Marko Tealane, professor Jako Kilter	
<i>Töö konsultant (konsultandid):</i>	
<i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida kõrgepinge alalisvooluühenduse toimet vahelduvvoolu võrgu distantsskaitsele. Energiasüsteemide arengus on trend alalisvooluühenduste suurenemisele, seda nii erinevate võrkude omavahelise ühendamise tõttu merealuste ühendusliinidega, kui ka tuule- ja päikeseparkide ühendamisel põhivõrguga.</p> <p>Tänapäeval on valdav distantsskaitse kasutamine kõrgepingeliste vahelduvvooluvõrkude põhikaitseks. Distantsskaitse on üldjuhul seadistatud reageerima sünkroongeneraatoritoiteliste lühistele, mistõttu põhjustavad alalisvooluühendused erinevaid distantsskaitserieleede väärtmeid. Töö eesmärgiks on nende tuvastamine ja kaardistamine. Selleks moodustati võrgumudel koos alalisvoolu konverterite ja liiniga. Reaalajasimulaatoriga (RTDS) testiti lühiseid nii kaitstava kui ka kaugreserveeritava liini osas, seda nii alalisvoolumuunduri alaldi kui vaheldi suunal. Katsetati kolme tüüpi alalisvoolumuunduri (voolumuunduri, pingemuunduri ja pingemuunduri koos pingelohu läbimise loogikaga) mõju.</p> <p>Töös teostati lühiskatsed erinevates asukohtades kogu kaitstava ja kaugreserveeritava liini ulatuses. Igas lühisekohas testiti ühe- ja kahefaasilise maalühise ning kahe- ja kolmeefaasilise lühise mõju distantsskaitserieleele. Alalisvooluühendusi koormati erineva võimsusega, et tuvastada selle mõju distantsskaitse reageerimisele. Lühiskatsete visualiseeritud detailsed tulemused on toodud käesoleva töö lisades. Töö tulemusena tehti kindlaks, et klassikalise distantsskaitse puhul tekib antud konfiguratsioonis olulisel määral väärtmeid, mistõttu tuleb alalisvoolu linkide kasutamisel releekaitse üles ehitada muundurite eripärasid arvestades.</p>	
<i>Märksõnad:</i> Kõrgepinge alalisvool, pingemuundur, võrgukommuteeritav muundur, distantsskaitse, Toshiba GRL200 ja Siemens 7SL87.	

ABSTRACT

<i>Author:</i> Leino Schnur	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Impact of HVDC connections to AC grid distance protection	
<i>Date:</i> 18.05.2022	99 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>School:</i> School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Supervisor(s) of the thesis:</i> Relay protection and automation expert Marko Tealane, professor Jako Kilter	
<i>Consultant(s):</i>	
<i>Abstract:</i> <p>The purpose of this thesis was to study the effect of high voltage direct current connection on the distance protection of the AC grid. In the development of energy systems, there is a trend towards increasing DC connections, both due to the interconnection of different networks by submarine interconnectors and connecting wind and solar parks to the transmission network.</p> <p>Today, the use of distance protection as the main protection for high-voltage AC networks is predominant. Distance protection is generally set to respond to synchronous generator-powered short circuits, which is the reason why DC connections cause different discords of distance protection relays. The purpose of this thesis was the identifying and the mapping of these discords. The grid model comprising DC converters and the line was designed. Real-time simulator (RTDS) was used to test short-circuits for both the protected as well as reserved line on the rectifier and on the inverter side of the DC converter. The effects of three types of DC converters (LCC, VSC and VSC with LVRT) were tested.</p> <p>Short-circuit tests were performed in different locations throughout the length of the protected as well as reserved line. At each short-circuit the effect of one-phase and two-phase ground short-circuit as well as two-phase and three-phase short-circuit on the distance relay was tested. DC connections were loaded with different levels of power to detect its impact on distance protection response. The detailed visualised results of short-circuit tests are presented in the appendices of the thesis. The results of the thesis showed that in the case of a conventional distance protection this configuration causes a significant degree of discord, which is the reason why in designing relay protection using DC links, the specificities of the converters must be taken into account.</p>	
<i>Keywords:</i> High-voltage direct current, HVDC, voltage source converter, line-commutated converter, distance protection relay, Toshiba GRL200, Siemens 7SL87..	

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Alalisvoolühenduste mõju vahelduvvooluvõrgu distantSKaitsele**

Lõputöö teema inglise keeles: **Impact of HVDC connections to AC grid distance protection**

Üliõpilane: **Leino Schnur, 192342**

Eriala: **Elektroenergeetika**

Lõputöö liik: **Magistritöö**

Lõputöö juhendaja: **Marko Tealane**

Lõputöö kaasjuhendaja: **Prof. Jako Kilter**
(ettevõtte, amet ja kontakt)

Lõputöö ülesande kehtivusaeg: **31.01.2023**

Lõputöö esitamise tähtaeg: **18.05.2022**

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	4
ABSTRACT	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	6
EESSÕNA	9
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	10
SISSEJUHATUS	11
1. ALALISVOOLUÜLEKANNETE ÜLEVAADE	13
1.1 Alalisvooluühenduste eelised	13
1.2 Voolumuundur	16
1.3 Pingemuundur	20
2. ALALISVOOLUÜHENDUSTE VÕIMALIKUD MÕJUD ELEKTRISÜSTEEMI RELEEKAITSELE	23
2.1 Distantkaitse olemus	23
2.2 Muundurite mõju distantkatsele	27
2.3 Distantkaitse toimimine reaalsetes tingimustes	32
3. KATSEMUDELI LOOMINE JA RELEESEADMETE KATSETAMINE	34
3.1 Mudel pingemuunduriga	35
3.2 Mudel voolumuunduriga	35
3.3 Distantkaitsesätete arvutamine	38
3.4 Katsetuste teostamine	44
4. KATSETULEMUSTE ANALÜÜS JA MÕJUDE UURIMINE	51
4.1 Katsetulemused latil 2 (muunduri importival poolel)	51
4.2 Katsetulemused latil 3 (muunduri eksportival poolel)	54
4.3 Katsetulemused latil 2 (muunduri importival poolel) koos generaatoriga	56
4.4 Katsetulemused latil 3 (muunduri eksportival poolel) koos generaatoriga	58
4.5 Katsetulemuste analüüs	60
4.6 Järeldused	68
KOKKUVÕTE	69
KASUTATUD KIRJANDUS	71
LISA 1. C++ script lühiste testimiseks voolumuunduriga liinil 1-2	73
LISA 2. Testitulemused liinil 2-1 LCC-ga	76
LISA 3. Testitulemused liinil 1-5 LCC-ga	77
LISA 4. Testitulemused liinil 2-1 VSC-ga	78
LISA 5. Testitulemused liinil 1-5 VSC-ga	79

LISA 6. Testitulemused liinil 2-1 VSC ja LVRT-ga	80
LISA 7. Testitulemused liinil 1-5 VSC ja LVRT-ga	81
LISA 8. Testitulemused liinil 3-4 LCC-ga	82
LISA 9. Testitulemused liinil 4-5 LCC-ga	83
LISA 10. Testitulemused liinil 3-4 VSC-ga	84
LISA 11. Testitulemused liinil 4-5 VSC-ga	85
LISA 12. Testitulemused liinil 3-4 VSC ja LVRT-ga	86
LISA 13. Testitulemused liinil 4-5 VSC ja LVRT-ga	87
LISA 14. Testitulemused liinil 2-1 LCC ja generaatoriga	88
LISA 15. Testitulemused liinil 1-5 LCC ja generaatoriga	89
LISA 16. Testitulemused liinil 2-1 VSC ja generaatoriga.....	90
LISA 17. Testitulemused liinil 1-5 VSC ja generaatoriga.....	91
LISA 18. TT-d liinil 2-1 VSC LVRT-ga ja generaatoriga.....	92
LISA 19. TT-d liinil 1-5 VSC LVRT-ga ja generaatoriga.....	93
LISA 20. Testitulemused liinil 3-4 LCC ja generaatoriga	94
LISA 21. Testitulemused liinil 4-5 LCC ja generaatoriga	95
LISA 22. Testitulemused liinil 3-4 VSC ja generaatoriga.....	96
LISA 23. Testitulemused liinil 4-5 VSC ja generaatoriga.....	97
LISA 24. TT-d liinil 3-4 VSC LVRT-ga ja generaatoriga.....	98
LISA 25. TT-d liinil 4-5 VSC LVRT-ga ja generaatoriga.....	99

EESSÕNA

Euroopa on energeetika arengus etappi, kus on toimumas rohepööre. Rohepöördega kaasneb suur hulk alalisvooluühendusi, sest nii päikese- kui ka tuuleenergeetika puhul on tegemist juhitamatute energiaallikatega, mida saab põhivõrguga ühendada ainult alalisvoolulinkidega. Turu areng nõuab hindade ühtlustumiseks ja turutõrgete kadumiseks erinevate hinnapiirkondade vaheliste ühenduste parandamist. Tihtipeale lahendatakse need ühendused veealuste merekaablitega. Et pikad vahelduvoolukaablid genereerivad suures koguses võrku koormavat reaktiivenergiat, on majanduslikult otstarbekas lahendus kasutada kõrgepinge alalisvooluühendusi. Viimased mõjutavad oluliselt põhivõrgu katsesüsteemide toimet.

Töö autor on teadlikult huvitunud releekaitsest ja läbis õppepraktika Elering AS releekaitse ja automaatika talitluses. Alalisvooluühenduste mõju vahelduvvoolu releekaitsele on Tallinna Tehnikaülikoolis väheuuritud teema. Sellest lähtuvalt võttis autor vastu juhendaja poolt pakutud väljakutse käesoleva teema osas.

Mudelite koostamisel olid suureks abiks CIGRE poolt avalikuks kasutamiseks disainitud voolu- ja pingemuundurite mudelid, mis võimaldasid uurimistöös arvestatavat ajakulu vähenemist. Erilist tänu soovib autor väljendada juhendajale, kelle näpunäited RSCAD-is modelleerimiseks ja relee testkoodide kirjutamiseks olid märkimisväärse väärtusega.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

AC - Vahelduvvool (*Alternating Current*)

CSC - Voolumuundur (*Current Source Converter*)

CIGRE - Suurte elektrisüsteemide rahvusvaheline nõukogu (*Conseil international des grands réseaux électriques*)

DC - Alalisvool (*Direct Current*)

HPF - Kõrgpääsfilter (*High Pass Filter*)

HVAC - Kõrgepingeline vahelduvvool (*High Voltage Alternating Current*)

HVDC - Kõrgepingeline alalisvool (*High Voltage Direct Current*)

IGBT - Isoleeritud paisuga bipolaartransistor (*Insulated-Gate Bipolar Transistor*)

LCC - Voolumuundur (*Line Commutated Converter*)

LPF - Madalpääsfilter (*Low Pass Filter*)

LVRT - Pingelohu läbimise loogika (*Low Voltage Ride Through*)

PWM - Pulsilaiusmodulatsioon (*Pulse Width Modulation*)

RTDS - Digitaalne reaajasimulaator (*Real Time Digital Simulator*)

SG - Sünkroongeneraator (*Synchronous Generator*)

VSC - Pingemuundur (*Voltage Source Converter*)

SISSEJUHATUS

Elektrivõrkude areng algas tsentraalsete elektrijaamade ehitamisega 19. sajandi lõpul. Algselt tekkisid lokaalsed vahelduvvooluvõrgud suuremate elektritarbijate ja -tootjate ümber 20 sajandi algul asuti lokaalseid võrke liitma ühtseteks kõrgepingelisteks vahelduvvooluvõrkudeks (*High Voltage Alternating Current, HVAC*). Kui esmaselt ehitati elektrisüsteemid vahelduvvooluvõrkudena, siis merealuste kaablite kasutuselevõtuga erinevate elektrisüsteemide ühendamiseks tekkis vajadus alalisvooluühenduste järele.

Ajalooliselt esimene tööstuslik katse alalisvooluühenduse abil võimsuse ülekannet teostad toimus 1889 aastal Moutiers ja Lyoni vahel Prantsusmaal ja selle tulemusel saavutati 20 MW võimsuse ülekanne pingel 125 kV 230 km kaugusele.[1] Esimene alalisvoolu merekaabel ehitati Rootsi mandriosa ja Gotlandi saare vahele aastal 1954.[1] Siit edasi on kõrgepingeliste alalisvooluühenduste (*High Voltage Direct Current, HVDC*) tähtsus erinevate elektrisüsteemide liitjatena pidevalt kasvanud. Lisaks merekaablitele on hakatud alalisvooluühendusi kasutama ka maismaal võimsuse transportimiseks suurte kauguste taha, sest alalisvooluliinidel puuduvad induktiivsed ja mahtuvuslikud piirangud. Sellega seoses on Kõrgepingelised alalisvooluühendused on muutunud järjest olulisemateks elektrisüsteemide osadeks.

Seoses kõrgepingeliste alalisvooluühenduste arvukuse kasvuga on kerkinud küsimused nende mõjust vahelduvvooluvõrkude releekaitsetsüsteemidele. Töö ülesandeks on simuleerida rikkeid paralleelselt toimivate alalis- ja vahelduvvoolu liinide puhul ning uurida nende toimet põhivõrgu distantskaitsele. Lähtuvalt erialasest kirjandusest ja eelnevalt teostatud uurimustest püstitati hüpotees, et klassikalise vahelduvvooluvõrkudele mõeldud distantskaitse reageerimisel alalisvooluühenduste toitelistele lühistele on oodata väärtoimeid. Töö eesmärgiks oli antud väärtoimed kaardistada ja pakkuda välja võimalikud lahendused nende vältimiseks.

Käesolevas uurimistöös käsitleti nii voolumuundureid (*Line Commutated Converter, LCC*), kui pingemuundureid (*Voltage Source Converter, VSC*), kusjuures täiendava variandina on katsetatud pingelohu läbimise loogikaga (*Low Voltage Ride Through, LVRT*) varustatud pingemuunduriga ühenduse mõju. Uuritavateks objektideks oli kahte eri tüüpi distantskaitserelle reageerimine lühisele, kui seda toitit alalisvoolumuundur. Alalisvooluühendust koormati vahemikus 100 - 600 MW 100 MW sammuga. Testitavateks kaitseadmeteks valiti Siemens SIPROTEC 7SL87 ja Toshiba GRL200. Katsed teostati releekaitsete kolme kaitsetsooni ulatuses ehk vaadeldi nii põhikaitse toimet esimesele liinile kui ka järgneva liini reserveeriva kaitse toimet kuni

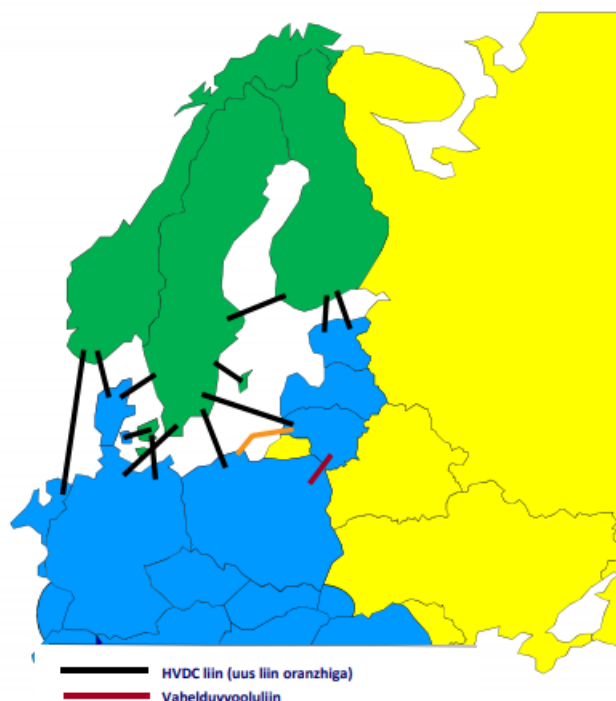
kaugreserveeritava objekti lõpuni. Releed testiti nii alaldi kui vaheldi suunale talitluses. Töö põhiosale täiendavalt testiti alalisvoolumuunduriga samale latile sünkroongeneraatori ühendamise mõjusid. Sünkroongeneraator töötas nominaalvõimsuse 170 MVA juures ja katsetused teostati analoogselt põhikatsega.

Töös on kasutatud süsteemi disainimiseks RSCAD-i ja testimiseks digitaalset reaalaajasimulaatorit (*Real Time Digital Simulator*). Releesätete edastamine releedesse Siemens SIPROTEC 7SL87 ja Toshiba GRL200 toimus vastavalt DIGSI ja GR-TIEMS tarkvarade abil. Katsete automatiseerimiseks kirjutati katseprogrammid tarkvaraga C++.

Käesolev töö jaguneb neljaks peatükiks, millest esimeses tutvustatakse alalisvooluühenduste tööpõhimõtet ja erinevaid alalisvooluühendusi. Teises peatükis näidatakse teoreetiliselt probleemi olemust. Kolmandas peatükis on kirjeldatud katsemudeli ülesehitust ja releekaitsetsätete määramist ning katsetoodikat. Neljandas osas on välja toodud katsetuste tulemused ja lõpuks on järeldusena välja toodud tähelepanekud ja lahendused püstitatud probleemi osas. Lisades 2-25 on ära toodud visualiseeritud katsetulemused nii tabelite kui ringdiagrammidena.

1. ALALISVOOLUÜLEKANNETE ÜLEVAADE

Ajalooliselt võeti alalisvool kasutusele enne vahelduvvoolu. Esimalt kasutati seda 19. sajandi teises pooles lokaalselt, hõõgniidiga valgusallikate toiteks. Elektrivõrkude areng tõi vajaduse võimsuse transpordiks suurematele kaugustele. Hakkas prevalveerima vahelduvvool, sest see võimaldas trafode abil pinget muuta ja seeläbi kadusid vähendada. 20. sajandi keskel alustati esimeste merealuste alalisvooluühenduste rajamist. Sellest alates on alalisvoolu ühenduste areng olnud väga kiire. Joonisel 1.1 on ära toodud tänapäeval Läänemere rajatud alalisvoolukaabelliinid. Neist üks Leedu-Poola alalisvoolu merealune ühendus on ehitusjärgus.



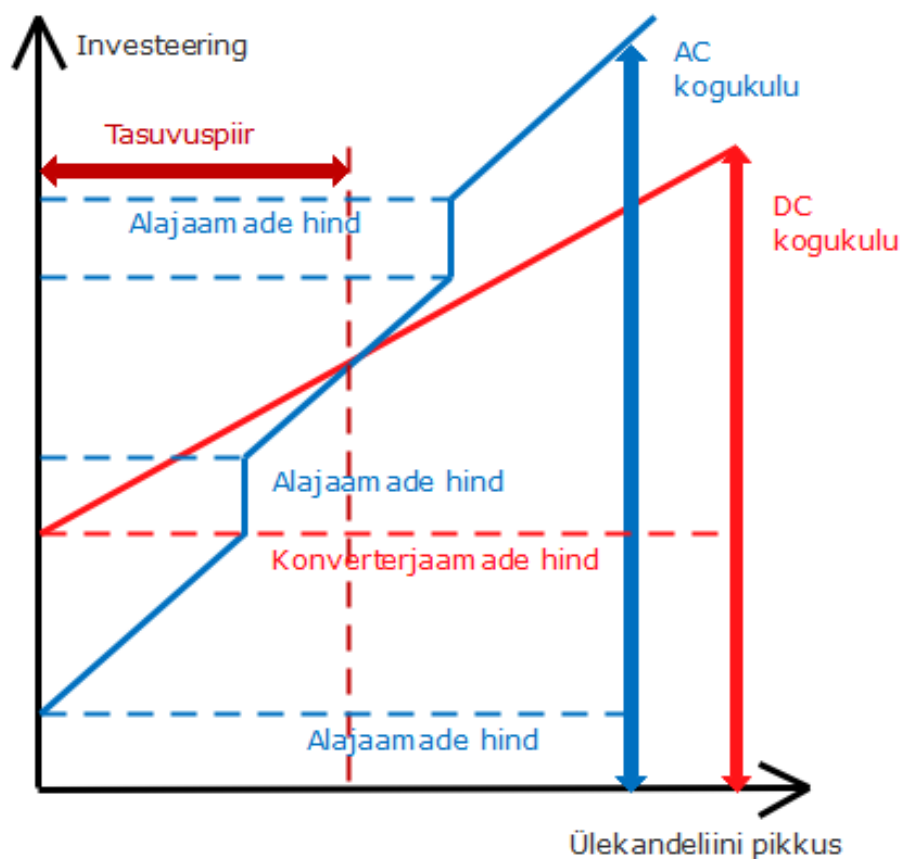
Joonis 1.1 Läänemere alalisvooluühendused[2]

1.1 Alalisvooluühenduste eelised

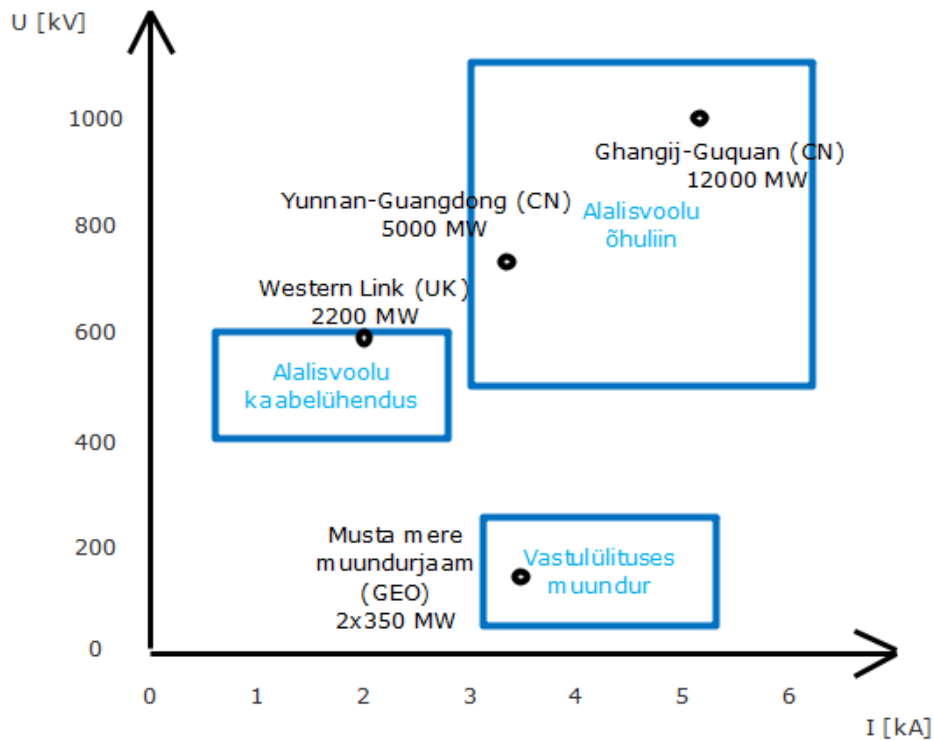
Alalisvoolu (*Direct Current, DC*) ühenduste võidukäiku toetavad mitmed põhjused. Pikkade kaabelliinide kasutamisel vahelduvvooluülekande (*Alternating Current, AC*) puhul toodaksid need suures koguses reaktiivenergiat, mille kompenseerimine on kulukas ja merekaablite puhul ka tehniliselt komplitseeritud. Vastulülitusega alisvoolumuundur (*back-to-back converter*) on ainuvõimalik lahendus ühendada kahte erinevat sünkroonala. Alalisvooluühendus piirab lühisvoolu ning on võimalik kiiresti ja vabalt valida ülekantavad võimsust ning selle liikumise suunda. Seetõttu tõstavad

kõrgepingelised alalisvooluliinid ka elektrisüsteemi stabiilsust ning võimaldavad summutada madalsageduslikke süsteemidevahelisi võnkumisi. Alalisvooluühendused on väiksemate kadudega, sest ei ole pinnaefekti (*skin effect*) ja puudub reaktiivvõimsuse ülekanne. Maismaal kasutatakse alalisvoolu õhuliine, nende eeliseks on kitsama koridori vajadus ja väiksem materjalikulu ning liinidel puuduvad induktiivsusest ja mahtuvusest tulenevad pikkusepiirangud.

Alalisvooluõhuliinid muutuvad tasuvaks reeglina üle 600 km pikkuste trasside puhul. Merekaablite korral on tasuvuspiiriks ca 40 km.[3] Põhjuseks nii vahelduvvoolu kompenseerimisseadmete kui ka suuremate kadude kulu. Tasuvuspiiri leidmine alalis- ja vahelduvvoolu ülekandeliinide vahel on toodud joonisel 1.2. Tänapäeval ulatuvad alalisvooluliinide pikkused 2000 km-ni ning võimsusülekanne ulatub pinge ± 800 kV juures 12000 MW-ni (joonis 1.3).[4]

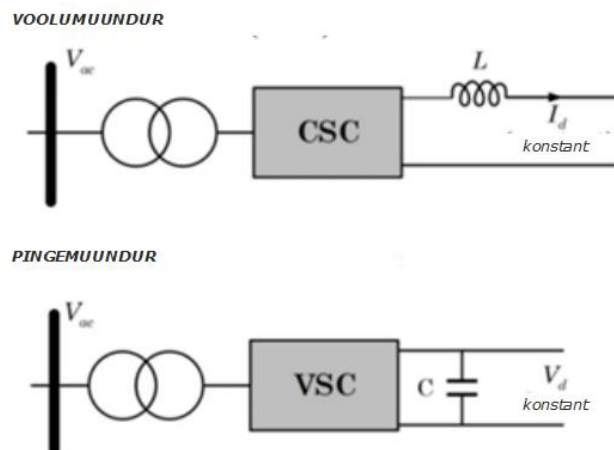


Joonis 1.2 Alalis- ja vahelduvvoolu ülekandeliinide kogukulu võrdlus[3]



Joonis 1.3 Suurimad alalisvooluühendused maailmas[4]

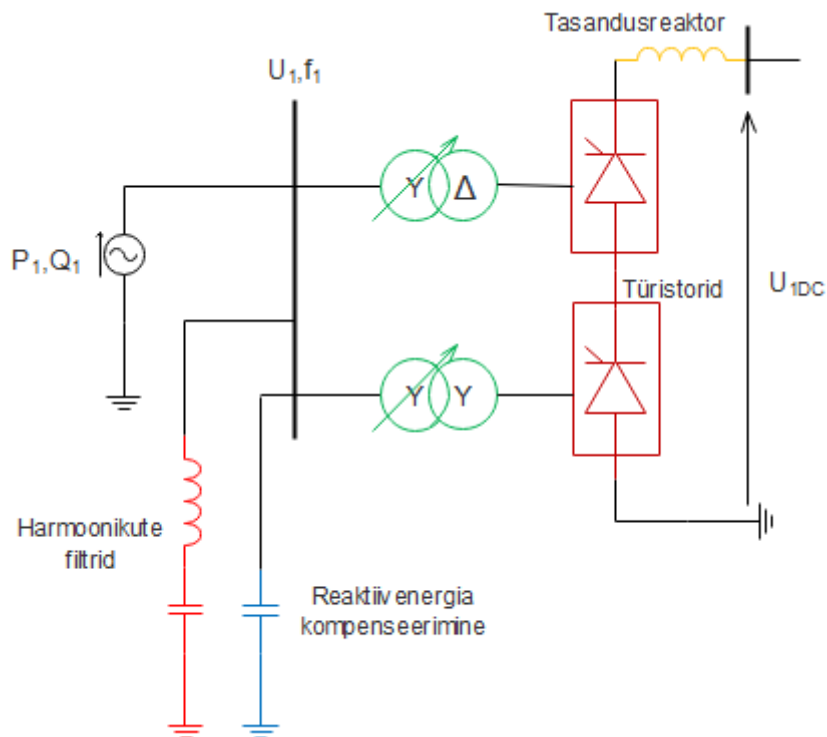
Alalisvoolumuundureid on kahte tüüpi, voolu- ja pingemuundurid. Esimesel puhul väljub konverterist konstantne ühesuunaline vool, teisel juhul on tegemist konverteriga, mis hoiab alalpinge poolal konstantset pinget. Muundurite tööpõhimõtted on nähtavad joonisel 1.4.[5] Esimene muundur on aluseks voolumuunduriga ja teine pingemuunduriga alalisvooluühendusele.



Joonis 1.4 Muundurite tüübid[5]

1.2 Voolumuundur

Voolumuundur tehnoloogia on vanim alaldusmeetod. Algselt toimus voolumuunduri puhul voolu alaldamine elavhõbedaaure kasutava lüliti abil. Türistoride võidukäik 1970-ndatel aastatel võimaldas selle asendada oluliselt kulutõhusama ja töökindlama pooljuhtlülitustega.[1] Türistoridel põhineva 12-pulsilise ühepooluselise alalisvoolu muunduri (*monopolar HVDC converter*) ühejooneskeem on toodud joonisel 1.5.



Joonis 1.5 Ühepooluselise voolumuundurjaama ühejooneskeem[6]

Muundurjaama võib teostada ka kahepooluselisena (*bipolar HVDC converter station*), sel juhul lisandub skeemile täiendavad kaks kuuepulsilist silda ühte ja kaks teise muundurjaama. Tagasivool on sel juhul negatiivse pingega ning maandatud punkt jääb teise ja kolmanda silla vahele.

Voolumuunduri põhilised koostisosad

LCC HVDC koosneb alljärgnevatest põhikomponentidest vaadates joonisel 3 vasakult paremale.

Filtrid (joonisel 1.5 punane) on mõeldud harmoonikute summutamiseks. 12-pulsilise skeemi puhul on suurima mõjuga 11 ja 13 harmoonik ja 6-pulsilise skeemi puhul 5 ja 7 harmoonik. filtrid disainitakse takistama vastavate harmoonikute pääsu HVAC võrku.

Kondensaatorpatarei (joonisel 1.5 sinine) on vajalik reaktiivenergia kompenseerimiseks, sest LCC vajab toimimiseks suurel hulgal reaktiivenergiat. Oluliselt lihtsam ja odavam on seda toota konverterjaamas, kui koormata võrku selle transpordiga.

Trafod (joonisel 1.5 roheline) on pinge all muudetavate astmelülititega ja spetsiaalselt projekteeritud konverterjaamaletalumaks harmoonikute suure osakaaluga voolu ja pinget. konverterjaamas on kaks trafot Ühe trafo lülitusgrupp on Δ ja teisel YY, et saavutada faasinihe 30° , mis laseb läbi ainult karakteristlikud harmoonikud ja tasandab alalisvoolusignaali.

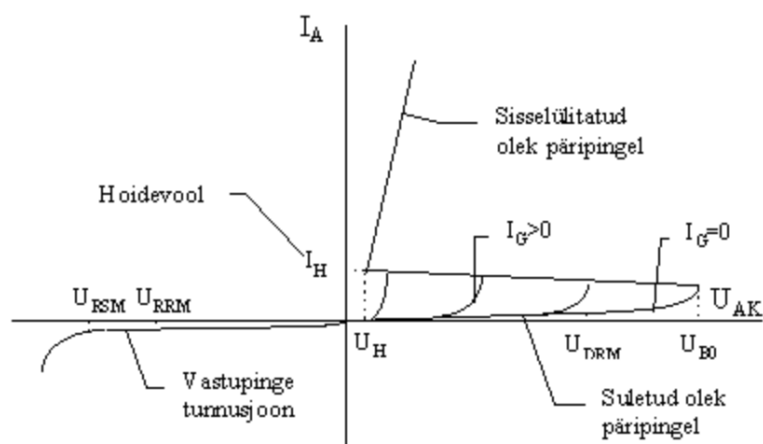
Muundur (joonisel 1.5 pruun) koosneb kuuepulsilistest türistorsildadest (Graetz'i sild)[7]. 12-pulsiline koosneb kahest sillast.

Türistorid (joonisel 1.5 pruun) on pooljuhid, mille ülesandeks on voolu alaldamine ja vaheldamine.

Silumisreaktori (joonisel 1.5 oranž) eesmärgiks on alalisvoolu signaalist elimineerida lainetus, ellimineerida kommutatsioonivead ning ühtlasi piirab see ka lühisvoole ning parandab dünaamilist stabiilsust. Silumisreaktor garanteerib positiivse voolu voo negatiivse poolperioodi ajal.[6]

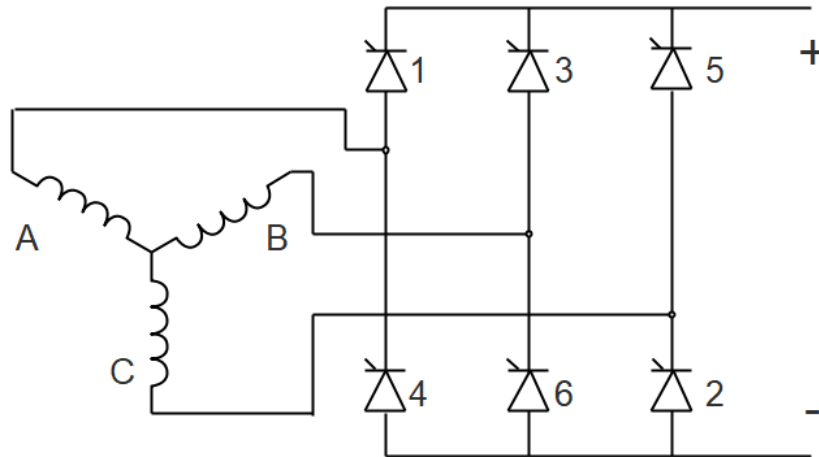
Kuuepulsilise türistorsilla toimimispõhimõte

Türistor on jõupooljuhtelement, mille puhul peale tüürvoolu impulsi saamist läbib seda päripinge puhul vool kuni voolu nullini jõudmiseni. Türistori pinge-voolu tunnusjoon on toodud joonisel 1.6. Türistoride eripäraks on juhtivuse katkemine voolu nulli läbimisel. See tähendab, et türistori väljalülitamiseks ei ole võimalik kasutada kontrollsignaali.



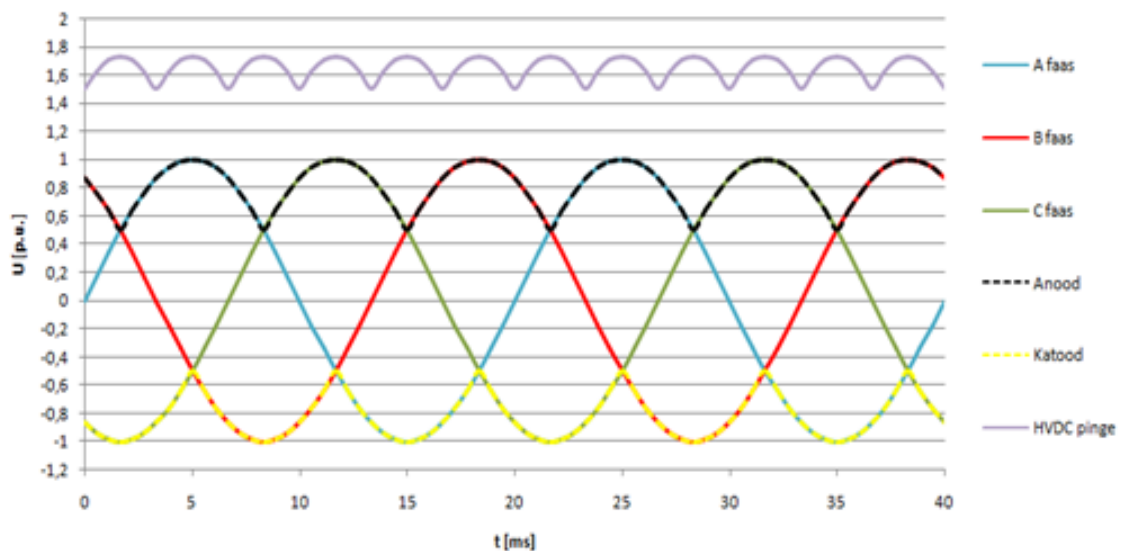
Joonis 1.6 Türistori pinge-voolu tunnusjoon[8]

Türistor on kaugelt võimsaimate parameetritega ja robustne pooljuhtseade, andes maksimaalseks vastupingeks kuni 8500 V ja voolutaluvuseks 4500 A, mistõttu on nende kasutamine alaldites ka väga levinud.[6] Kõige tavalisem ja lihtsam on kuuepulsiline alaldi. Kuuepulsilise türistoralaldi puhul on kasutusel 6 türistori 3 faasi kohta, mille skeem on nähtav joonisel 1.7.



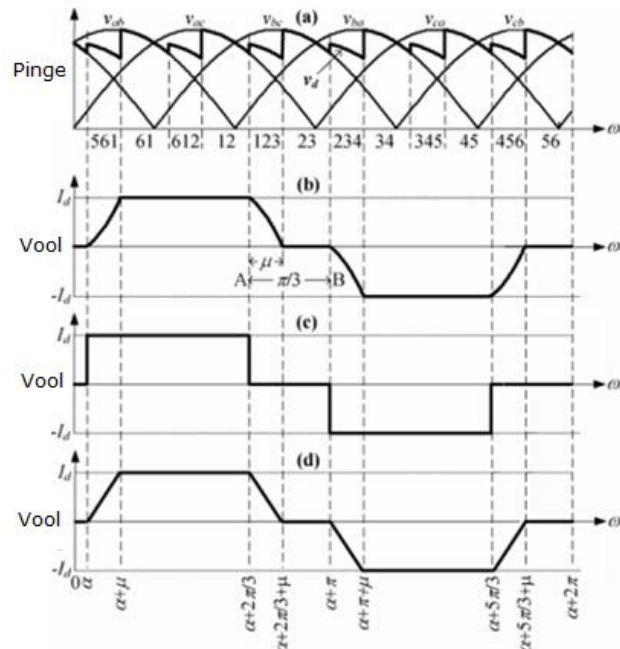
Joonis 1.7 Kuuepulsilise türistorisilla skeem[1]

Türistorid lülitatakse vastaval pinge muutusele. Joonisel 1.7 toodud kuuepulsilise türistorisilla puhul on türistoride lülitusjärjekord 1 ja 2, 2 ja 3, 3 ja 4, 4 ja 5, 5 ja 6 ning 6 ja 1. Pidevalt juhivad kaks türistori, üks anoodil ja teine katoodil. Lülituste tulemustena saadakse idealiseeritud joonisel 1.8 lilla värviga toodud signaal.



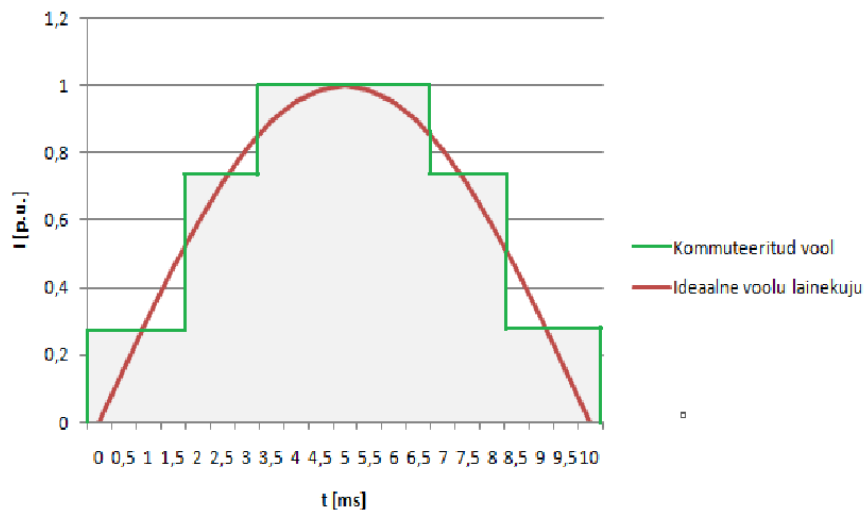
Joonis 1.8 Kuuepulsilise türistorisilla signaal

Kui kasutatakse 12 pulsilist konverterit, siis ühe signaali annab YΔ trafoga ühendatud sild ja teise YY trafoga ühendatud sild. Seetõttu on signaalid omavahel 30° ehk 2,5 ms võrra nihkes, mis omakorda tasandab pinget. Tegelik signaal erineb ideaalsest kadude võrra. Kadusid tekitavad süütenurk α ja kommutatsiooniaeg γ (joonis 1.9).



Joonis 1.9 Tegelikud alaldi pinge- ja voolusignaalid[9]

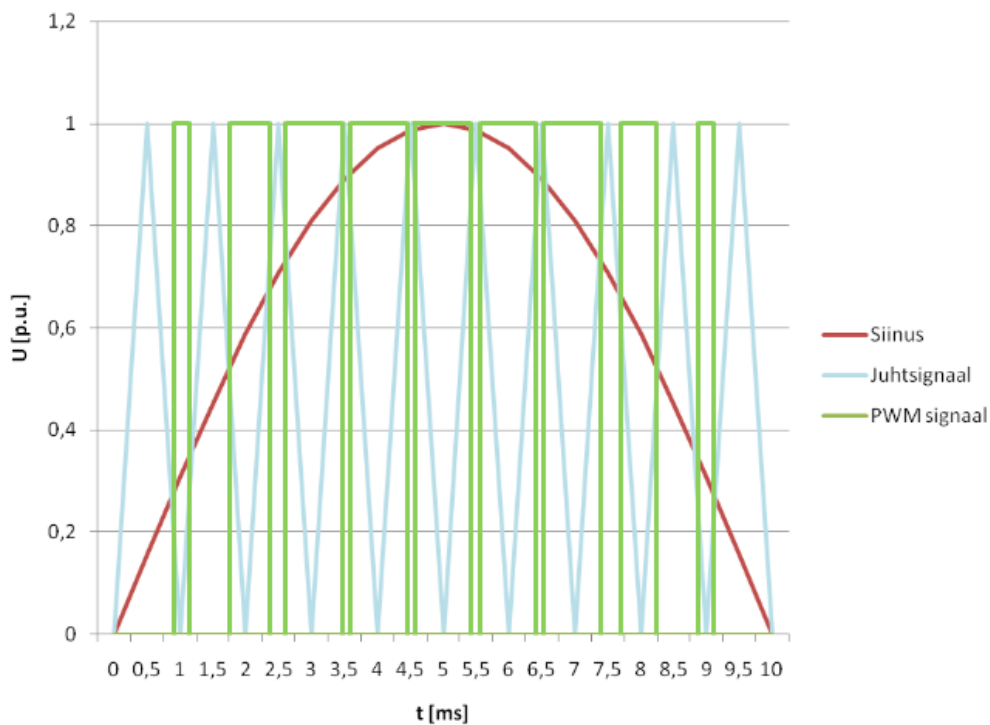
12-pulsilise konverter võimaldab vaheldipoolse voolusignaali muuta astmeliseks, et saavutada suuremat sarnasust AC voolusignaaliga. 12-pulsilise konverteri poolperioodi voolusignaal on nähtav joonisel 1.10.



Joonis 1.10 12-pulsilise inverteri vooluväljundi poolperiood

1.3 Pingemuundur

Pingemuunduri põhiosaks on isoleeritud paisuga bipolaartransistorid (*insulated gate bipolar transistor*, IGBT). Transistoritel eeliseks türistoride kasutamise ees on võimalus voolu lülitada paisu pinge reguleerimise teel, kui türistoride puhul katkeb juhtivus ainult voolu nullist läbimisel. IGBT transistorid on võimelised teostama lülitusi suure, kuni 50 kHz. sagedusega.[10] Kõrge sagedusega lülitused võimaldavad inverterina toimimisel kasutada pulsilaiusmodulatsiooni (*pulse with modulation*, PWM), toodud joonisel 1.11, millega saab saavutada täpsemalt pinge sinusoidaalse kuju, tekitades kõrgsagedusliku lülituse tõttu ainult kõrgemaid harmoonikuid. Neid saab filtreerida väiksemate filtritega kui voolumuunduri puhul, millest tuleneb väiksem maksumus ja väiksemad kaod.[11]

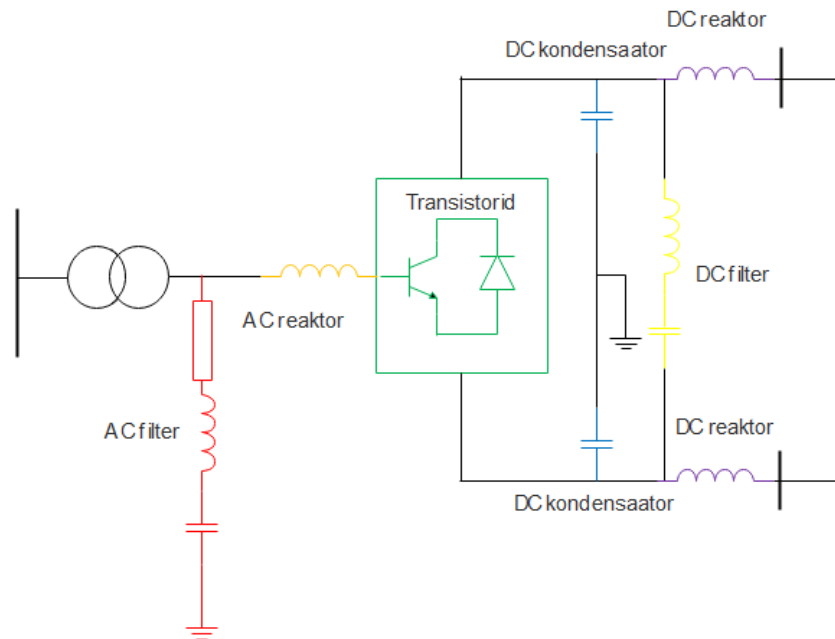


Joonis 1.11 Pulsilaiusmodulatsiooni signaal poolperioodil

Erinevalt voolumuundurist on pingemuunduri puhul võimalik kontrollida aktiiv- ja reaktiivvõimsust üksteisest sõltumatult. Konverter on võimeline nii tootma kui tarbima reaktiivenergiat sõltumatult aktiivenergiavoost. Seetõttu võimaldab pingemuunduriga alalisvooluühendus vahelduvvooluvõrgus teostada pingereguleerimist täiendavate lisakuludeta. Pingemuunduriga ühenduse puhul on võimsuse ülekande reverseerimine kiire (50-100 ms). Oluliseks omaduseks on VSC lingi puhul iseseisva võrgu pingestamise (*black start*) võimekus, s.t. muundur on võimeline pingestama väljalülitunud vahelduvvooluvõrgu ilma sünkroongeneraatoreid kasutamata.[6]

Pingemuunduri põhilised koostisosad

VSC konverterjaama ühejooneskeem on toodud joonisel 1.12.



Joonis 1.12 Pingemuunduri ühejooneskeem[6]

Pingemuundur koosneb alljärgnevatest põhikomponentidest vaadates joonisel 12 vasakult paremale.

Trafod (joonisel 1.12 must) on ühefaasilised iga faasi jaoks eraldi. Tavaliselt lisatakse ka neljas trafo, mis reserveerib kõiki trafosid, s.t. on võimeline asendama ükskõik millise faasi trafot. Trafode astmelülititega reguleeritakse konverteri poolset pinget, et maksimeerida aktiivenergia läbilaskevõimet ning reaktiivenergia tootmist ja tarbimist.

Vahelduvvoolu filtri (LPF, joonisel 1.12 punane) eesmärk on vähendada kõrgemaid harmoonikuid. Erinevalt voolumuundurist ei ole siin filtril reaktiivenergia tootmise funktsiooni ning seetõttu on pingemuunduri filtrid oluliselt väiksemad.

Vahelduvvoolu reaktori (joonisel 1.12 oranž) eesmärgiks on vähendada lühisvoolusid, seda eriti tugeva vahelduvvooluvõrgu korral. IGBT on suurte lühisvoolude osas tundlik ning üldjuhul on reaktori paigaldamine odavam, kui kõrgema lühisvoolutaluvusega transistorite soetamine.

Transistorid (joonisel 1.12 roheline) on pooljuhid, mille ülesandeks on voolu alaldamine ja vaheldamine. Iga konverteri lüüs sisaldab jadamisi ühendatud

transistoreid ja on disainitud nii, et ühe transistori purunemine ei blokeeri lüüsi tööd. Purunenud transistorid vahetatakse välja hooldustööde käigus.

Alalisvoolu kondensaatorite (joonisel 1.12 sinine) ülesandeks on ühtlase pinge hoidmine transistorite lülitushetkedel ja alalisvoolu poolele pääsevate harmoonikute summutamine.

Alalisvoolu filter (joonisel 1.12 kollane) võidakse paigaldada kindlate harmoonikute filtreerimiseks, aitab vähendada Alalisvoolu kondensaatorite mahtuvust.

Alalisvoolu reaktor (joonisel 1.12 lilla) on paigaldatud vähendamaks alalisvooluliini lühisvoolusid ja kombinatsioonis kondensaatoritega on disainitud vähendama süsteemi resonantsi.

2. ALALISVOOLUÜHENDUSTE VÕIMALIKUD MÕJUD ELEKTRISÜSTEEMI RELEEKAITSELE

Releekaitse eesmärgiks on kaitsta elektrisüsteemi seadmeid lühisvoolude mõjude eest. Releekaitse esmane ülesanne on lahutada lühisvool võimalikult kiiresti, et vältida seadmete hävimist, säilitades samal ajal selektiivsuse, et vältida elektrisüsteemist mitterikkeliste elementide eraldamine. Releekaitse peab täitma kõiki alljärgnevaid põhinõudeid[12]:

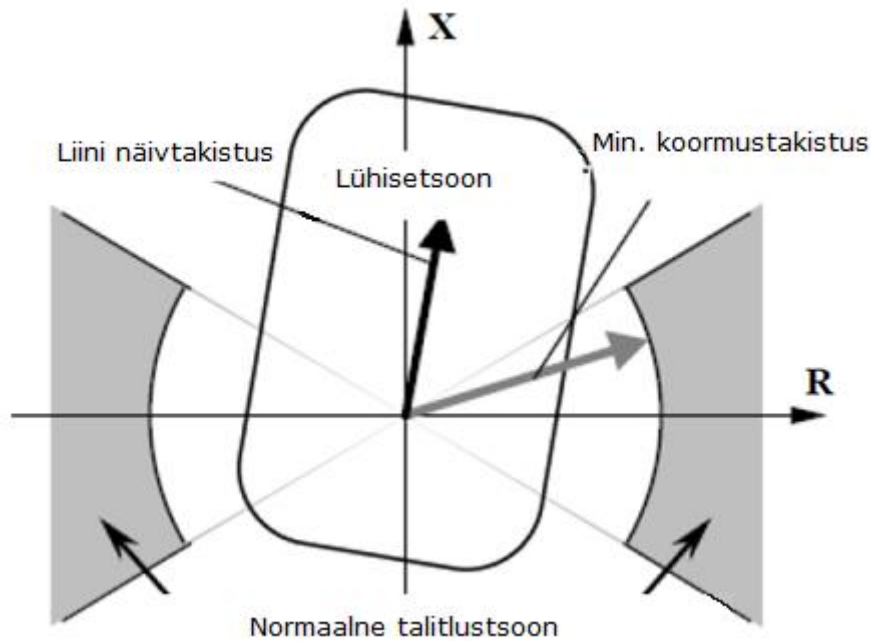
- Hõlmavus - kaitstud peavad olema kõik seadmed
- Selektiivsus - vigane element tuleb eraldada võimalikult väikese arvu elementide väljalülitamisega
- Tundlikkus - peab reageerima võimalikult väiksele tunnussuuruse muutumisele säilitades selektiivsust
- Töökindlus
- Töökiirus

2.1 Distantkaitse olemus

Kõrgepingeliinide kaitseks kasutatakse voolukaitset, distantkaitset ja vähemal määral ka pikidiferentsiaalkaitset. Voolukaitse on kasutuses keskpingeliinide põhikaitse ja kõrgepingeliinide puhul reservkaitse. Pikidiferentsiaalkaitse on kulukas ja piiratud liinipikkusega ning seetõttu kasutusel ainult kriitilisemates kohtades. Käesolevas töös on käsitletud distantkaitset, kui pikkade elektriliinide puhul valdavat põhikaitset. Distantkaitse mõõttelemendiks on takistusreele ja tööpõhimõte põhineb lühise kauguse arvutamisel näivtakistuse järgi. Kogu energiasüsteemi turvaliseks talitluseks on kriitiline, et antud arvutus toimiks õigetel alustel. Distantkaitse toimimisprintsipi ilmestab joonis 2.1. Korrektselt toimiv distantkaitse reageerib lühistele, kui näivtakistus osutub olema kaitsetsoonis, kaitsetsoone on tavaliselt mitu, ja ei reageeri normaalsele töökoormusele (joonisel 2.1 hall ala). Distantkaitse puhul on tegemist minimaalkaitsega, kus kaitse toimimise tingimuseks on valem 2.1

$$Z_s < Z_v, \quad (2.1)$$

kus Z_s - tunnussuuruse sätteväärtus,
 Z_v - kaitse välistatav tunnussuuruse väärtus[12]



Joonis 2.1 Distantkaitse toimimispõhimõte[13]

Kaitsetsätteid sisestatakse releesse sekundaarsuurustena. Takistusreleede puhul arvutatakse tunnussuurus valemiga 2.2[14]

$$Z_{sek} = \frac{\frac{U_{prim}}{n_{PT}}}{\frac{I_{prim}}{n_{VT}}} = \frac{U_{prim} \cdot n_{VT}}{I_{prim} \cdot n_{PT}} = Z_{prim} \cdot \frac{n_{VT}}{n_{PT}}, \quad (2.2)$$

- kus Z_{sek} - näivtakistuse sekundaarväärtus,
 Z_{prim} - näivtakistuse primaarväärtus,
 U_{prim} - pinge primaarväärtus,
 I_{prim} - voolu primaarväärtus,
 n_{PT} - pingetrafo ülekandesuhe (sisaldab skeemitegurit),
 n_{VT} - voolutrafo ülekandesuhe (sisaldab skeemitegurit).

Distantkaitse on suhteliselt selektiivne kaitse. Selektiivsuse saavutamiseks toimib distantkaitse tsoonidena. Esimene kaitsetsooni puhul põhikaitse reageerib rele viiteajata, järgmistes reserveerivates tsoonides on kasutusel juba viiteaeg, et enne jõuaks toimida vastava tsooni põhikaitse. Voolu- ja pingemõõturitel esinevad mõõtevead, seetõttu ei arvutata sätteid kogu kaitstavale liinipikkusele, vaid vähendatakse liinipikkust korrutades tunnussuurust välistusteguriga ($k_s < 1$), vastavalt valemile 2.3.

$$Z1_{säte} = Z1_{s3k} \cdot k_s, \quad (2.3)$$

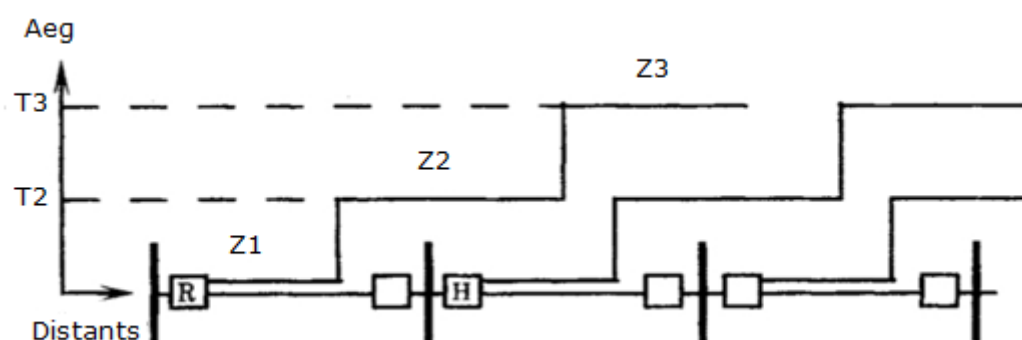
kus $Z1_{säte}$ - esimese kaitsetsooni sätteväärtus,
 Z_{sek} - kaitstava objekti näivtakistuse sekundaarväärtus,
 k_s - selektiivsustegur.

Järgnevatel kaitsetsoonidel on oluline, et kaitse oleks lisaks selektiivsusele ka tundlik, selleks korrutatakse tunnussuurus tundlikusteguriga ($k_t > 1$). Teise kaitsetsooni ülesandeks on garanteeritult kaitsta kogu kaitseobjekt, seega realsuses ulatub aste üle kaitstava objekti. Teises kaitsetsoonis peab releekaitsetsäte rahuldama valemities 2.4 toodud tingimusi.

$$\begin{cases} Z2_{min} \geq Z1_{sek} \cdot k_t \\ Z2_{max} \leq Z2_{sek} \cdot k_s \\ Z2_{min} \leq Z2_{säte} \leq Z2_{max} \end{cases} \quad (2.4)$$

kus $Z2_{säte}$ - teise kaitsetsooni sätteväärtus,
 $Z2_{min}$ - teise kaitsetsooni minimaalne sätteväärtus,
 $Z2_{max}$ - teise kaitsetsooni maksimaalne sätteväärtus,
 $Z1_{sek}$ - esimese kaitsetsooni näivtakistuse sekundaarväärtus,
 $Z2_{sek}$ - teise kaitsetsooni näivtakistuse sekundaarväärtus,
 k_t - tundlikkustegur,
 k_s - selektiivsustegur.

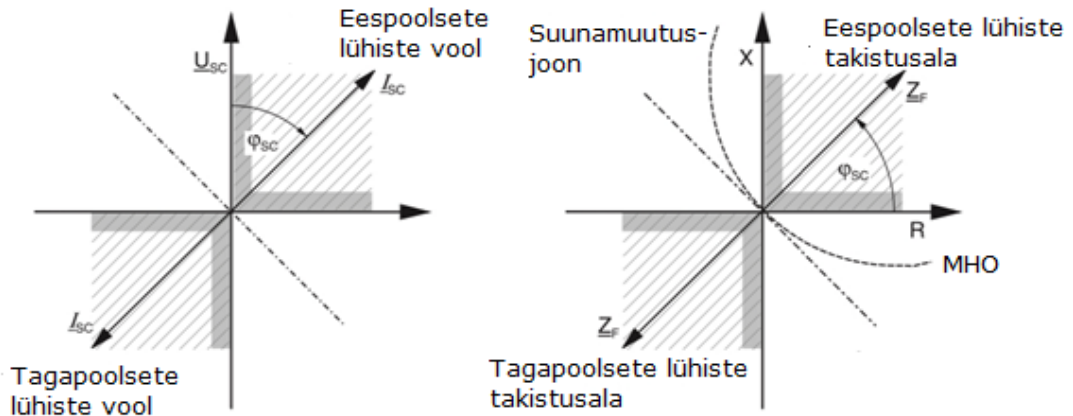
Analoogselt teise kaitsetsooniga arvutatakse ka kolmanda tsooni sätted. Skemaatilisel kujunevad distantskaitse kaitsetsoonid vastavalt joonisele 2.2.



Joonis 2.2 Distantskaitse tsoonid[14]

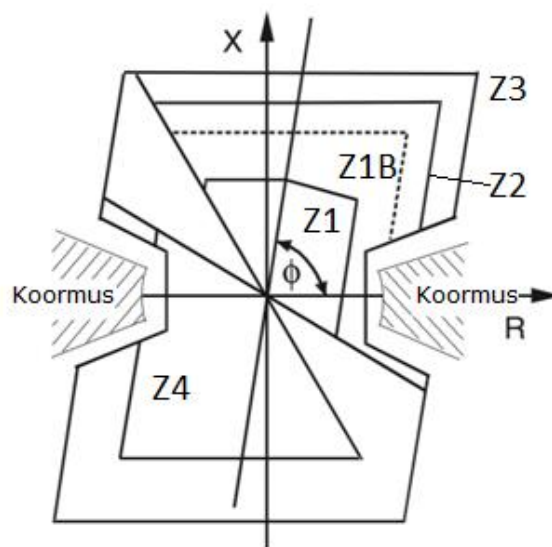
Distantkaitserielee enamastituvastab lühise suuna pingele ja voolu vahelise nurga järgi. Lühise korral on tegemist induktiivse vooluga, seega vool järgneb pingele. Kui pingele langeb nulli, ei ole võimalik tuvastada lühise suunda eelpool mainitud moel. Selleks juhiks on erivariandid, kus kasutatakse ristpolarisatsiooni ja tervete faaside pingetest

tuletatakse lühise suund, määratakse lühise suund näivtakistuse liikumise järgi X-R tasandil või kasutatakse viimast salvestatud rikkis faasi pingeturka. Rikkis faasi tuvastamine toimub X-R takistus tasandil. koormusvool on suuresti aktiivtakistusliku telje suunal, liini lühistumisel hakkab prevalveerima reaktiivne takistus (joonis 2.3)[15]



Joonis 2.3 Distantkaitse lühise suuna ja rikkis faasi määramine[15]

Distantkaitse kaitsetsoonid on toodud joonisel 2.4, kus tsoonid Z1-Z3 on ettevaatavad ja Z4 tahavaatav, ϕ on elektriliini takistuslik nurk. Ette- ja tahapoole vaatavate kaitsetsoonide vahel on kaitsetsoonidega katmata ala, kus rele ei suuda lühise suunda määrata, et vältida olukorda, kus piirsituatsioonis rele toimib mõlemas suunas.



Joonis 2.4 Distantkaitse tsoonid[15]

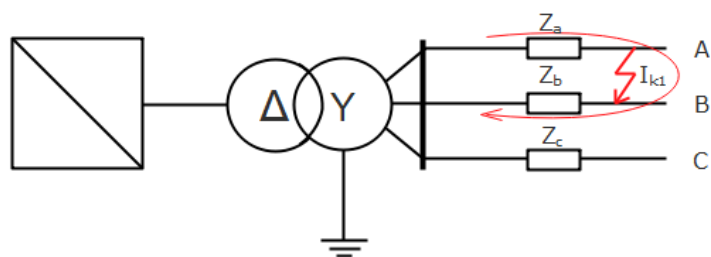
2.2 Muundurite mõju distantkatsele

Tehnoloogia kiire arengu tõttu omavad kõrgepingelised alalisvooluühendused võrreldes vahelduvvoolu kõrgepingeliinidega suuri eeliseid võimsusülekande stabiilsuse ja kontrolli osas, mis on muutunud võtmeteguriks nende ehitamisel. Alalisvooluühenduste projekteerimisel tuleb arvestada, et dünaamiline kontroll ja opereerimine on alalisvoolu puhul oluliselt erinev klassikalistest kõrgepingevõrkudest. Alalisvoolumuundur tekitab vahelduvvooluvõrku sünkroongeneraatoritest erinevaid siirdeprotsesse, mõjutades releekaitse ajalisi toimimisi ja mõningatel juhtudel on tulemuseks ka väärtoimed. Kaitsekeemide disainimisel tuleb nende eripäradega arvestada ning tihtipeale kasutada tavametoodikaga võrreldes alternatiivseid kaitseprintsipi.

Voolumuundurite puhul, eriti kui lühis on lähedasel vahelduvvooluliinil, on tagajärjeks kommutatsioonihäired. Võimsusülekande taastamine on raskendatud, sest pingelohu aegne voolupiirang muudab lühisvoolu koormusvoolust väiksemaks. Pingemuundurite kasutamisel on konverterjaama kontroll vahelduvvooluvõrgus tekkiva lühise puhul voolumuundurist erinev. Muundurjaam üritab reaktiivenergiat genereerides taastada lühisega liini pinget. Seetõttu mõlemad muundurid reageerivad lühistele erinevalt ja ühe tüübi kaitselahendus ei pruugi sobida teise tüübiga.[13]

Lühise tekkimisel vahelduvvoolu kõrgepingeliinil on voolumuundurist lähtuv lühisvool oluliselt piiratum, kui sünkroongeneraatorist tulev ja lähedane koormusvoolule. Väheneb võimsuse ülekanne mööda alalisvooluühendust kohati kuni selle katkemiseni.[1] Võimsuse ülekande vähenemist põhjustavad pinge langus, alaldi pooltel toimivate lühiste ajal vähenev alalisvoolu suurus ja vaheldipoolse lühisega kaasnevad kommutatsioonihäired.[6]

Puudub võimalus kasutada analüütilist valemit arvutamaks alalisvoolumuunduri poolt toidetavat lühisvoolu transienti, sest esinevad võimalikud konverteri kommutatsioonihäired, reaktiivenergia kompensatorite ja filtrite ebalineaarsus ning HVDC süsteemi kiire reageerimine.[13] Ühtlasi tuleb arvesse võtta, et alalisvoolumuunduri poolset lühisetoidet piirab türistoride/transistorite küllastuslimiit, mis on tavapäraselt 115-120 % nominaalvoolust.[16] Maaühenduseta lühise korral, skeem joonisel 2.5, liigub lühisvool koormusvoolule lähedase väärtusega faaside vahel. Ainult voolu väärtusest ei piisa, et rele suudaks lühise tuvastada.

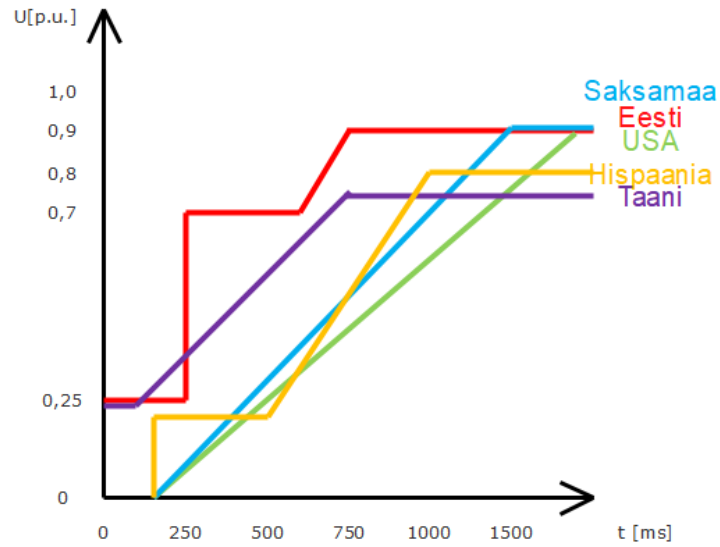


Joonis 2.5 Faasidevaheline lühis

Alalisvooluühenduste korral on karakteristikud harmoonikud on kuuepulsilise konverteri puhul 5. ja 7. harmoonik ning 12-pulsilise konverteri puhul 11. ja 13. harmoonik. Need tekivad normaaltalitluse käigus ja elimineeritakse spetsiaalselt disainitud filtritega. Ekstreemjuhtudel, näiteks lühiste puhul, genereeritakse kõrgepingelises vahelduvvooluvõrgus tekkinud transientidest mittekarakteristlikud harmoonikud. Nende harmoonikute filtreerimiseks elemendid puuduvad, seega tekitavad need oluliselt müra, mis mõjub releekaitsele.[13]

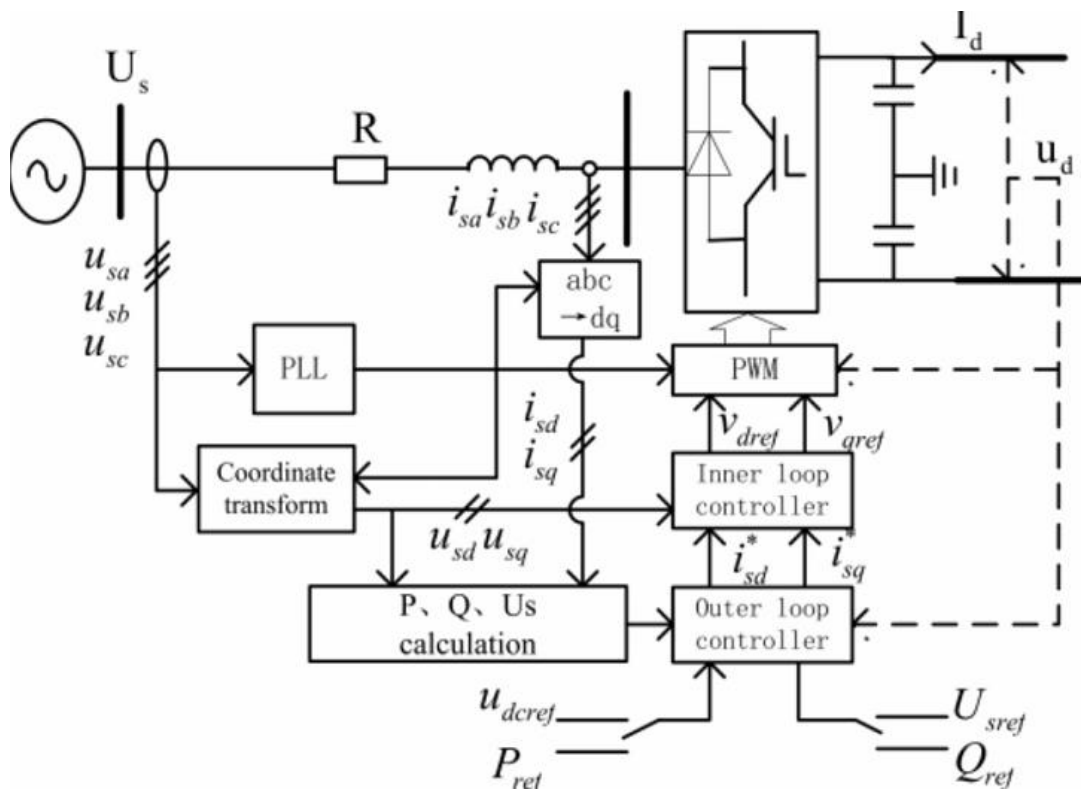
Pingemuunduri kasutamisel võrgupinge toetamiseks reatiivvõimsuse suurendamine samaaegselt lühisvoolu piiramisega võib põhjustada nii sümmeetriliste kui ka asümmeetriliste lühisvoolude puhul situatsioone, mis viivad distantsrelee väärtoimeteni. Samuti põhjustavad konverteri küllastuspiirid releede alatoimeid. Analüütilised arvutused näitavad, et distantsrelee poolt nähtav näivtakistus asümmeetriliste lühiste puhul pingemuunduriga ühendatud võrgus varieerub tugevalt, sõltudes konverteris tekkiva vastujärgnevuslühisvoolu, reaktiivenergia genereerimisest tuleneva pärijärgnevusvoolu ja trafot läbiva nulljärgnevusvoolu ning lühise enda takistuse suurustest.[17]

Kui võrrelda faasivoolusid enne ja pärast lühise tekkimist, siis pingemuunduriga ühenduse puhul on lühisvoolud oluliselt erinevad klassikalisest sünkroongeneraatori lühisvooludest. põhjuseks on siin pingelohu läbimise loogika kasutamine. Pingelohu läbimise loogika ülesandeks on garanteerida lingi reaktiivvõimsuse edastus lühiseaegse pingelohu korral, et toetada vahelduvvooluvõrgu pinge taastamist. Tänapäeval on süsteemioperaatorite võrgueeskirjadesse sisse kirjutatud ajalised parameetrid, mille jooksul pingemuunduriga ühendus ei tohi võrgust välja lülituda. Samuti nõutakse, olenevalt võrguettevõtte lähenemisest, lühise ajal võrgu toetamist reaktiivenergiaga kuni 100 % võimsuseni. Erinevate süsteemioperaatorite pingelohu läbimise nõuded on toodud graafiliselt joonisel 2.6.



Joonis 2.6 Pingelohu läbimise nõuded Eestis ja teistes riikides [18,19]

Konverteritoitelise lühise tuvastamine erineb oluliselt erinevalt võrreldes sünkroonseadme toitelise lühisega. Eelpool kirjeldatud pingelohu läbimise loogika kasutamisel toimub lühise tuvastamine alljärgnevalt. Lühise tuvastamiseks kasutatakse voolu nurga muutumist dq tasapinnal. Joonisel 2.7 toodud VSC kontrollskeemil on näha, aktiiv- ja reaktiivvõimsuse juhtimise põhimõtte.



Joonis 2.7 Pingemuunduri kontrollskeem[17]

Konverteri aktiiv- ja reaktiivvõimsuse juhtimine toimub vooluvektori liigutamisega dq-tasapinnal. Voolu aktiivosa i_{sd} ja reaktiivosa i_{sq} muutmine võimaldab muuta võimsuste balanssi vastavalt vastavalt valemitele 2.5[17]

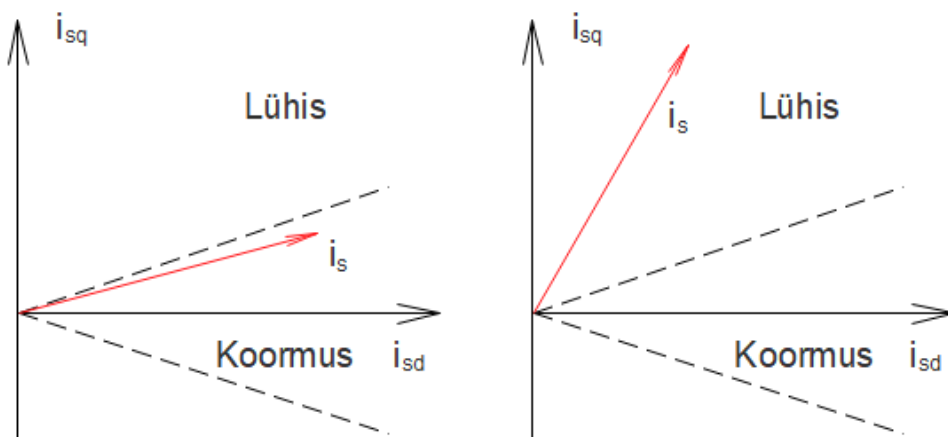
$$\begin{cases} P = U_s \cdot i_{sd} \\ Q = -U_s \cdot i_{sq} \end{cases} \quad (2.5)$$

kus P - aktiivvõimsus,
 Q - reaktiivvõimsus,
 U_s - AC pinge,
 i_{sd} - AC voolu aktiivkomponent,
 i_{sq} - AC voolu reaktiivkomponent.

Koormus- ja lühisvool kujutatuna dq-tasapinnal on toodud joonisel 2.8. Enne lühist väljenduvad vahelduvvooluvõrgu faasivoolud analoogselt sünkroongeneraatoriga valemitega 2.6.

$$\begin{cases} i_{sa0}(t) = I_{d0} \cdot \cos(\omega t + \theta) \\ i_{sb0}(t) = I_{d0} \cdot \cos\left(\omega t + \theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ i_{sc0}(t) = I_{d0} \cdot \cos\left(\omega t + \theta + \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases} \quad (2.6)$$

kus θ - algne faasinurk



Joonis 2.8 Koormus- ja lühisvool dq-tasapinnal[17]

Lühise tekkimisel väljendub lühisvool valemitega 2.7[15]

$$\begin{cases} i_{sa1}(t) = I_m \cdot \cos(\omega t + \theta + \varphi) \\ i_{sb1}(t) = I_m \cdot \cos\left(\omega t + \theta - \frac{2\pi}{3} + \varphi\right) \\ i_{sc1}(t) = I_m \cdot \cos\left(\omega t + \theta + \frac{2\pi}{3} + \varphi\right) \end{cases} \quad (2.7)$$

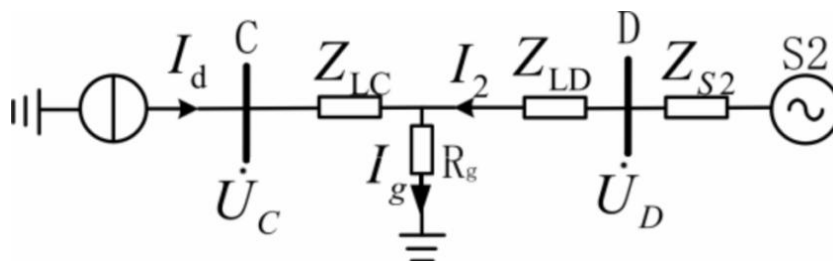
kus

$$\varphi = \arctan \frac{i_{q1}}{i_{d1}}$$

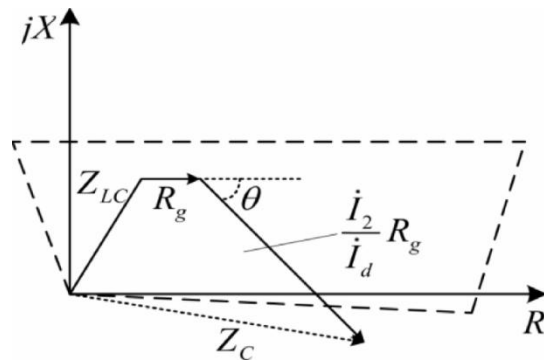
$$I_m = \sqrt{i_{d1}^2 + i_{q1}^2}$$

Eelnevast lähtub, et lühise tekkimisel P väheneb ja Q kasvab. Valemi 2.1 järgi reaktiivvõimsuse muutumiseks on vaja i_{sq} muutumist, mis automaatselt tähendab nurga φ muutumist (valem 2.7). Arvestades, et keerukamates süsteemides on lisaks alalisvooluühendusele mitu muud lühisvooluallikat, siis on nurk φ kaootiline ja stabiliseerub erinevates situatsioonides erinevalt, sõltudes lühise tüübist ja selle asukohast. Nurga muutumine lühise ajal genereerib vastujärgnevusvoolu.[16] Siinjuures on oluline märkida, et lühises faasi(de) pinge hoidmiseks reaktiivvõimsusega toetamine pingemuunduri puhul tekitab ülepinge riski toimiva(te)s faasi(de)s, sest reaktiivvõimsuse toodang ei ole selektiivselt faasipõhine ja võrdne kogus reaktiivenergiat edastatatakse kõiki kolme faasi.

Maalühisvoolude korral (ühe- ja kahefaasiline maalühis) toimub relee reageerimine nulljärgnevusvoolule.(joonis 2.9) Maalühise tuvastamine on lihtsam, sest koormusvool nulljärgnevusvoolu ei sisalda. Maalühise puhul on probleemiks lühisvoolude jagunemine erinevate allikate vahel ja sellest tulenev mõju näivtakistusele. Näivtakistus sõltub oluliselt lühise asukohast, sest lühisvoolude suhte I_2/I_d suurenedes liigub näivtakistus lühise tuvastamise alast välja.(joonis 2.10)

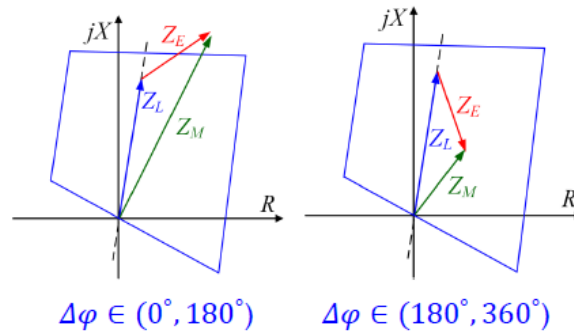


Joonis 2.9 Ühefaasilise lühise aseskeem[17]



Joonis 2.10 Näivtakistuse diagramm[17]

Relee poolt nähtav takistuse suurus sõltub võrgu koormatusest. Induktiivse koormusvoolu puhul on risk kaitse alaulatusele ehk tegelik liinipikkus on lühem relee poolt nähtavast ja mahtuvusliku voolu korral tekib kaitse üleulatus.(joonis 2.11)

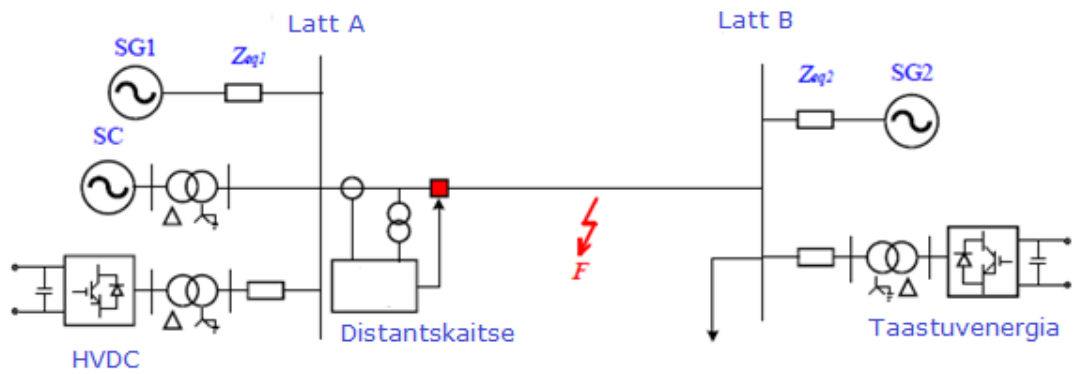


Joonis 2.11 Näivtakistus induktiivse ja mahtuvusliku voolu korral[20]

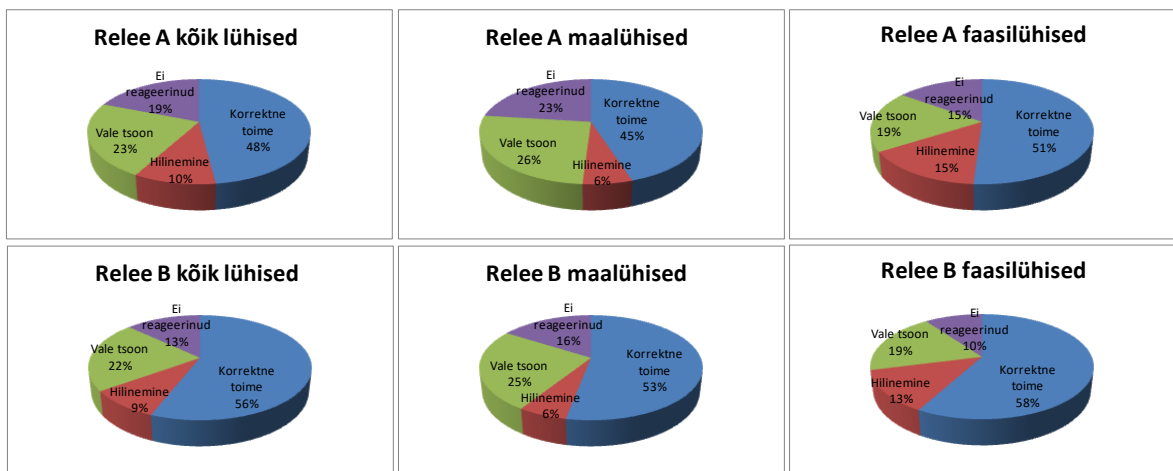
Joonisel 2.11 Z_L -liinitakistus,
 Z_E - takistuse viga,
 Z_M - relee poolt nähtav takistus

2.3 Distantkaitse toimimine reaalses tingimustes

HVDC lingi ja distantkaitsega seotud probleeme ilmestab Ühendkuningriigi *The National HVDC Centre* pool teostatud reaalaaja simulaatoril (RTDS) teostatud testid, mis baseerusid joonisel 2.12 toodud süsteemil. Analoogselt käesoleva tööga testiti kahte erinevat releed. Kõikide katsete summaarsed tulemused on toodud joonisel 2.13.



Joonis 2.12 Katseskeem[20]

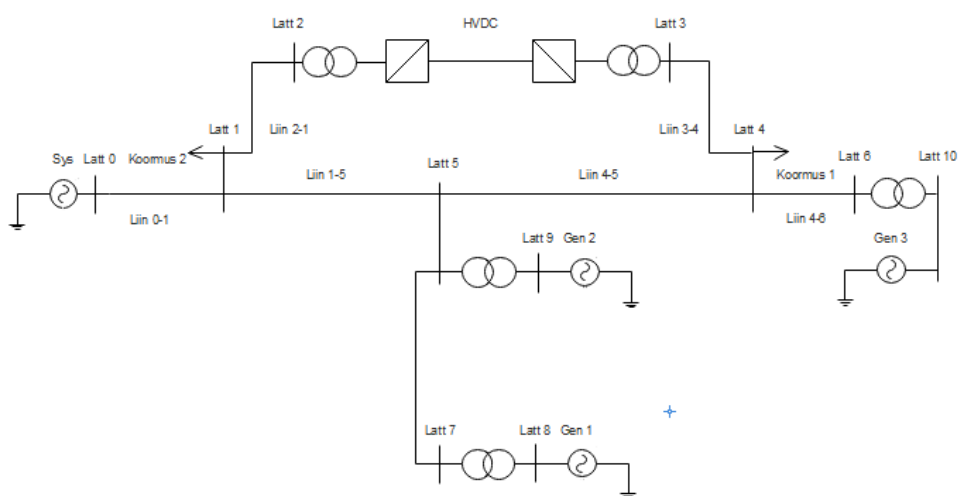


Joonis 2.13 Distsantskaitse testide summaarsed tulemused[20]

Tulemustest on näha, et ligikaudu pooltel kordadel oli distantskaitse toime korrektne, veerandil juhtudel toimis vale kaitsetsoon ja ülejäänud juhtudel toimis kaitse hilinemisega või toime puudus. Eelpooltoodu kokkuvõtteks saab järeldada, et tuleviku energiasüsteem, mis sisaldab järjest rohkem alalisvooluühendusi on tõeliseks väljakutseks releekaitse ülesehitamisel, seda eelkõige limiteeritud lühisvoolude, muunduris tekkivate vastujärgnevusvoolude ja pinget toetava reatiivvõimsuse genereerimisele. Parimaks lahenduseks on siin tõenäoliselt differentsiaalkaitsele üleminek ning tehisintellekti ja sünkrofaasoritel baseeruva laivõrgukaitse kasutamine.

3. KATSEMUDELI LOOMINE JA RELEESEADMETE KATSETAMINE

Katsemudel loodi spetsiaalselt testimaks alalisvoolulinkide mõjusid vahelduvvoolu võrkude releekaitsele. Süsteem koosneb seitsmest 400 kV vahelduvvoolu liinist, kolmest 170 MVA generaatorist, suure lühisvõimsusega süsteemist, ühest 500 kV alalisvooluühendusest, kahest koormusest ning trafodest ja lattidest. Skeem on esitatud joonisel 3.1.



Joonis 3.1 Süsteemi ühejooneskeem

Liinide takistused on ära toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Mudeli liinide takistused

		R, Ω	X, Ω	Z, Ω	Nurk, $^\circ$
Liin 1-2	pärijärgnevus	1,36	12,90	12,97	83,98
	nulljärgnevus	9,60	37,56	38,77	75,66
Liin 0-1	pärijärgnevus	0,59	6,17	6,20	84,54
	nulljärgnevus	6,00	19,76	20,65	73,11
Liin 1-5	pärijärgnevus	1,36	12,90	12,97	83,98
	nulljärgnevus	9,60	37,56	38,77	75,66
Liin 5-7	pärijärgnevus	1,03	10,84	10,89	84,57
	nulljärgnevus	10,53	34,68	36,24	73,11
Liin 3-4	pärijärgnevus	1,02	10,84	10,89	84,62
	nulljärgnevus	10,52	34,68	36,24	73,13
Liin 4-6	pärijärgnevus	1,02	10,84	10,89	84,62
	nulljärgnevus	10,52	34,68	36,24	73,13
Liin 4-5	pärijärgnevus	7,68	80,11	80,48	84,52
	nulljärgnevus	70,10	245,47	255,29	74,06

Seadmete parameetrid on alljärgnevad

Süsteem $U=400\text{kV}$; $L=0,02163\text{ H}$

Alalisvoolulingi trafod $U=420\text{ kV}$; $S=610\text{ MVA}$; $U_k=0,18$

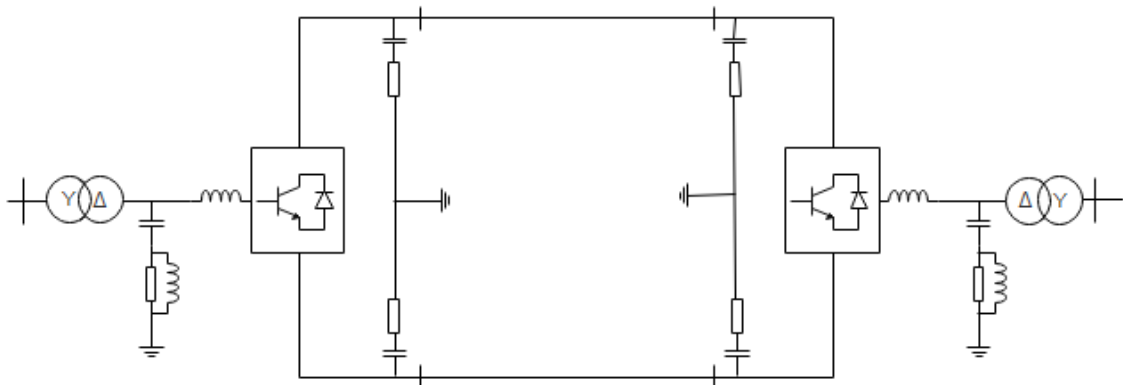
Generaatorid $U=13,8\text{ kV}$; $S=170\text{ MVA}$; $X_d''=0,14$

HVDC lingi puhul kasutati katsetustes nii VSC kui LCC tüüpi konverterjaamu.

Koormus 1 $P=50\text{ MW}$; $Q=10\text{ Mvar}$ ja koormus 2 $P=1000\text{ MW}$; $Q=200\text{ Mvar}$

3.1 Mudel pingemuunduriga

Pingemuunduriga alalisvooluühendus on disainitud võimsusele 600 MW. Mõlemas muundurjaamas on 3 ühefaasilist 200 MVA võimsusega $Y\Delta$ -trafot, igal faasil harmoonikute filtrid ja faasireaktorid. Voolu aldamine toimub kuuepulsilise lülitusskeemiga transistorjuhtimisega (IGBT) lülitite läbi. Alalisvoolu poolel olevad kondensaatorid hoiavad ühtlast pinget.[21] Lingi ühejooneskeem on toodud joonisel 3.2.

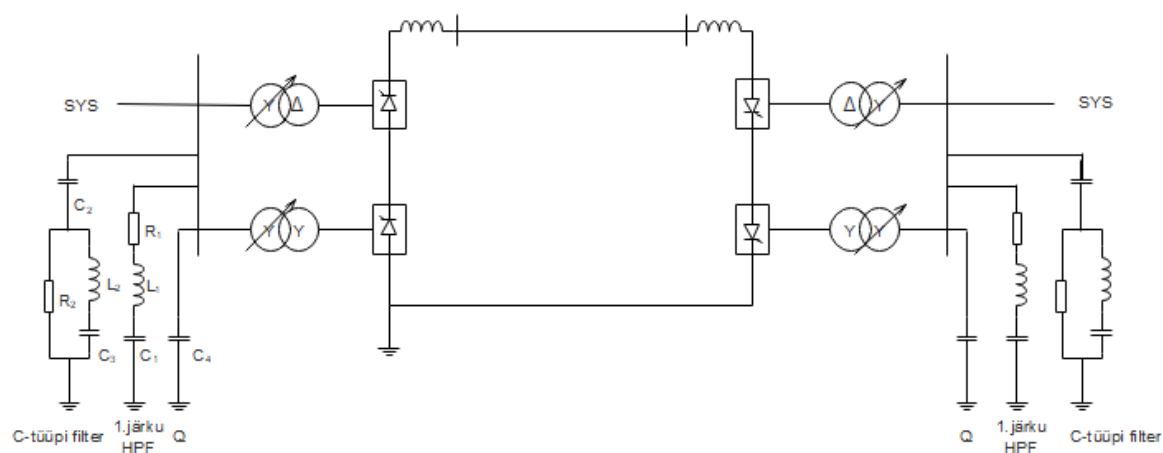


Joonis 3.2 Pingemuunduriga alalisvooluühenduse ühejooneskeem

3.2 Mudel voolumuunduriga

Voolumuunduriga ühenduse puhul kasutati CIGRE valmismudelit võimsusega 1000 MW, mis sobitati pingemuunduriga ühenduse asemel mudelisse. 12-pulsiline voolumuundurjaam koosneb kahest trafost ($Y\Delta$ ja YY), filtritest (HPF ja C-tüüpi), mis filtreerivad välja 11 ja 13 harmooniku ning reaktiivenergiat tootvast kondensaatorist.

Voolu alaldamine toimub türistorlülitustega ja alalisvooluühendus on varustatud ka silumisreaktoritega. Lingi ühejooneskeem on toodud joonisel 3.3.



Joonis 3.3 Voolumuunduriga alalisvooluühenduse ühejooneskeem

Voolumuundurjaam on suure reaktiivenergia tarbimisega ca 60 % ülekantavast aktiivenergiast. Reaktiivenergia tootmine jagatakse tavaliselt suhtega 40:40:20 vastavalt kõrgpääsfiltri, C-tüüpi filtri ja kondensaatorpanga vahel[21]. Kuna CIGRE mudelis oli voolumuunduriga ühenduse nominaalne võimsus 1000 MW võrreldes pingemuunduriga mudeli 600 MW-ga, siis oli vajalik filtrid ja kondensaatorpank ümber arvutada. Ümberarvutused on tehtud arvestades 300 Mvar kompenseerimist, sest võrgud genereerivad veel täiendavalt suurusjärgus 50 Mvar reaktiivenergiat.

Allpool toodud arvutuste algallikaks oli spetsiaalselt antud CIGRE mudeli analüüsiks tehtud uuring.[22]

1. järku kõrgpääsfiltri parameetrid arvutatakse valemitega 3.1 kuni 3.5.

$$X_c = \frac{U^2}{Q_1} = \frac{400^2}{120} = 1333 \Omega, \quad (3.1)$$

kus X_c - kondensaatori takistus,
 U - pinge,
 Q_1 - kõrgpääsfiltri poolt kompenseeritav reaktiivvõimsus.

$$C_1 = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{314 \cdot 1333} = 2,387 \cdot 10^{-6} F = 2,387 \mu F, \quad (3.2)$$

kus C_1 - esimese kondensaatori mahtuvus,
 X_c - kondensaatori takistus,
 ω - ringsagedus.

$$X_L = \frac{X_c}{hr^2} = \frac{1333}{11^2} = 12,09 \Omega, \quad (3.3)$$

kus X_L - reaktori takistus,
 X_c - kondensaatori takistus,
 hr - harmooniku järk.

$$L_1 = \frac{X_L}{\omega} = \frac{12,094}{314} = 0,0385 H, \quad (3.4)$$

kus L_1 - reaktori induktiivsus,
 X_L - reaktori takistus,
 ω - ringsagedus.

$$R_1 = q \cdot \sqrt{X_L \cdot X_c} = 1,8 \cdot \sqrt{12,09 \cdot 1333} = 233 \Omega, \quad (3.5)$$

kus R_1 - aktiivtakistus,
 X_L - reaktori takistus,
 X_c - kondensaatori takistus,
 q - kvaliteedifaktor (siin 1,8).

C-tüüpi filtri puhul on kondensaator C_2 võrdne kõrgpääsfiltri kondensaatoriga C_1 , muud parameetrid arvutatakse valemitega 3.6 kuni 3.8.

$$C_3 = \frac{hr^2 - 1}{m} \cdot \frac{Q_1}{2 \cdot U^2 \cdot \omega} = \frac{3^2 - 1}{0,36} \cdot \frac{120}{2 \cdot 400^2 \cdot 314} = 26,53 \cdot 10^{-6} F = 26,53 \mu F, \quad (3.6)$$

kus C_3 - kolmanda kondensaatori mahtuvus,
 hr - harmooniku järk,
 m - konstant, arvutatud algsetest parameetritest,
 U - pinge,
 Q_1 - C-tüüpi filtri poolt kompenseeritav reaktiivvõimsus,
 ω - ringsagedus.

$$L_2 = \frac{U^2}{(hr^2 - 1) \cdot \omega \cdot Q_1} = \frac{400^2}{(3^2 - 1) \cdot 314 \cdot 120} = 0,531 H, \quad (3.7)$$

kus L_2 - teise reaktori induktiivsus,
 hr - harmooniku järk,
 U - pinge,
 Q_1 - C-tüüpi filtri poolt kompenseeritav reaktiivvõimsus,
 ω - ringsagedus.

$$R_2 = \frac{q \cdot U^2}{hr \cdot Q_1} = \frac{1,8 \cdot 400^2}{3 \cdot 120} = 733 \Omega, \quad (3.8)$$

kus R_1 - aktiivtakistus,
 hr - harmooniku järk,
 U - pinge,
 Q_1 - C-tüüpi filtri poolt kompenseeritav reaktiivvõimsus,
 q - kvaliteedifaktor (siin 1,8).

Kondensaatoripatarei mahtuvus arvutatakse valemitega 3.9 ja 3.10.

$$X_c = \frac{U^2}{Q_2} = \frac{400^2}{60} = 2667 \Omega, \quad (3.9)$$

kus X_c - kondensaatori takistus,
 U - pinge,
 Q_2 - kondensaatoripatarei poolt kompenseeritav reaktiivvõimsus.

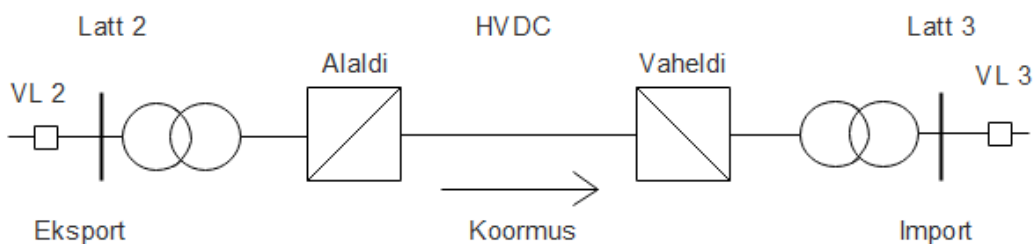
$$C_4 = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1}{314 \cdot 2667} = 1,194 \cdot 10^{-6} F = 1,194 \mu F, \quad (3.10)$$

kus C_4 - neljanda kondensaatori mahtuvus,
 X_c - kondensaatori takistus,
 ω - ringsagedus.

Arvestades seda, et voolumuunduriga ühendus genereerib reaktiivenergiat vastavalt läbivale võimsusele ning et reaktiivenergia kõikumine annab märkimisväärsed mõju pinge kõikumisele ja stabiilsusele oli vajalik kõrgpääsfiltri ja kondensaatorpatarei koormuse reguleerimine vastavalt linki läbivale võimsusele. Selleks muudeti kõrgpääsfiltri kondensaator 3 astmeliseks ja kondensaatorpatarei järgis lineaarselt linki läbivat võimsust. Antud meetodid võimaldasid lingi stabiliseerida ja teostada katseid 100-600 MW võimsuse edastamisel.

3.3 Distantkaitsetsätete arvutamine

Laboratooriumis katsetati kahte releekaitseaset Siemens 7SL87 ja Toshiba GRL200. Töö eesmärgiks on distantkaitse käitumise uurimine, seetõttu teisi kaitsetüüpe (voolukaitse, differentsiaalkaitse) ei käsitletud. Katsetamise ettevalmistuseks oli esimese sammuna vajalik arvutada releekaitsetsätted. Sätted arvutati lattidelt 2 ja 3 lähtuvate liinidele (joonis 3.4)



Joonis 3.4 Võimsuslülitite (VL) asukohad

Liini 2-1 ja liini 3-4 eraldi katsetamisel on võimalik leida releekaitse toimimise erisusi vastavalt võimsust eksportival ja importival suunal. Releekaitsetsätteid arvutati 3 tsooni jaoks. Allpool on ära toodud liini 2-1 sätete arvutus.

Esimese tsooni puhul (liin 2-1) on oluline selektiivsus, et kaitsetsoon ei ulatuks üle kaitstava objekti. Seetõttu arvutatakse kaitsetsätteid takistusele kuni 85% liinipikkusest. Vastavalt tabelile 3.1 saadi esimese tsooni säteteks

$$R_{\text{päri}} = 4,8 \, \Omega$$

$$R_{\text{null}} = 8,2 \, \Omega$$

$$X_{\text{päri}} = 11 \, \Omega$$

$$t = 0 \, \text{s}$$

Teine tsoon peab ulatuma kaitseobjekti lõpuni, seetõttu võetakse tundlikuse teguriks 1,2 ehk kaitsetsoon on 120% liini 2-1 takistusest. Siinkohal tuleb arvesse võtta voolude jagunemist, sest liinil 1-5 olevat lühist toidab ka süsteem. Sama kehtib ka liinil 1-0 oleva lühise kohta, seda toidavad latil 5 ühendatud generaatorid. (joonis 3.1) Selleks arvutati kõikide harude takistused. Kuivõrd tegemist on 400 kV süsteemiga, siis sätteid on arvutatud reaktiivtakistuste baasil. Trafo takistus arvutatakse valemiga 3.11.[23]

$$X_t = U_k \cdot \frac{U_t^2}{S_t} = 0,18 \cdot \frac{420^2}{1220} = 26,03 \, \Omega, \quad (3.11)$$

- kus X_t - trafo takistus,
 U_k - trafo lühispinge,
 U_t - trafo nimipinge,
 S_t - trafode nimivõimsus.

Tegemist on võrgu nimipingest erineva pingega, teisendati takistus võrgu nimipingele valemiga 3.12.[23]

$$X'_t = X_t \cdot \frac{U_n^2}{U_t^2} = 26,03 \cdot \frac{400^2}{420^2} = 23,61 \Omega, \quad (3.12)$$

kus X'_t - teisendatud trafo takistus,
 X_t - trafo takistus,
 U_t - trafo nimipinge,
 U_n - võrgu nimipinge.

Lisades sellele juurde liini 2-1 takistuse saadi alalisvoolu haru kogutakistuseks $X_{HVDC} = 36,51 \Omega$.

Süsteemiharu takistus arvutati valemiga 3.13.[23]

$$X_{sys} = X_{01} + \omega \cdot L_s = 6,17 + 314 \cdot 0,02163 = 12,96 \Omega, \quad (3.13)$$

kus X_{sys} - süsteemi takistus,
 X_{01} - liini 0-1 takistus,
 ω - ringsagedus,
 L_s - süsteemi induktiivsus.

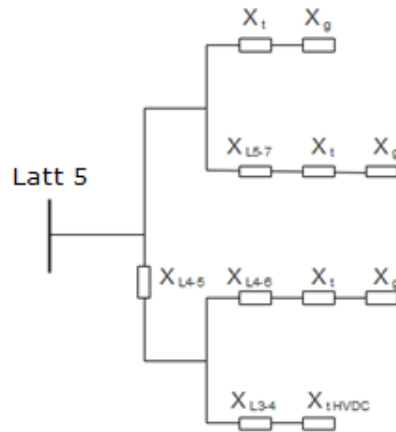
Generaatori ülümööduv takistus arvutati valemiga 3.14.[23]

$$X_g'' = X_d'' \cdot \frac{U_g^2}{S_g} = 0,14 \cdot \frac{13,8^2}{170} = 0,16 \Omega, \quad (3.14)$$

kus X_g'' - generaatori ülümööduv takistus,
 X_d'' - mähise ülümööduv takistus
 U_g - generaatori nimipinge,
 S_g - generaatori nimivõimsus.

Takistuse teisendamisel valemiga 3.12, saadi generaatori takistuseks 400 kV pingel $X_g' = 131,76 \Omega$.

Latile 5 tuleb liinil 1-5 oleva lühise puhul toide neljast erinevast allikast (joonis 3.5).



Joonis 3.5 Lati 5 lühistakistuste aseskeem

Lati 5 toite lühistakistus arvutati valemitega 3.15 kuni 3.17.

Ülemine haru

$$X_{\ddot{u}} = \frac{(X_{L57} + X_t + X_g) \cdot (X_t + X_g)}{X_{L57} + 2 \cdot X_t + 2 \cdot X_g} = \frac{(10,84 + 106,67 + 131,76) \cdot (106,67 + 131,76)}{10,84 + 2 \cdot 106,67 + 2 \cdot 131,76} = 121,87 \Omega \quad (3.15)$$

ja alumine haru

$$X_a = X_{L45} + \frac{(X_{L46} + X_t + X_g) \cdot (X_{tHVDC} + X_{L34})}{X_{L46} + X_t + X_g + X_{tHVDC} + X_{L34}} = \quad (3.16)$$

$$= 80,11 + \frac{(10,84 + 106,67 + 131,76) \cdot (23,61 + 10,84)}{10,84 + 106,67 + 131,76 + 23,61 + 10,84} = 110,38 \Omega,$$

- kus X_t - trafo takistus,
 X_g - generaatori takistus,
 X_{Lxx} - vastava liini takistus.

Mõlemad harud kokku

$$X_{kokku} = \frac{X_{\ddot{u}} \cdot X_a}{X_{\ddot{u}} + X_a} = \frac{121,87 \cdot 110,38}{121,87 + 110,38} = 57,92 \Omega. \quad (3.17)$$

Peale harude lühistakistuste leidmist on võimalik arvutada voolu jagunemistegurid. Juhul, kui lühis on liinil 1-5, toidavad lühist nii alalisvoolu haru kui süsteemiharu. Arvestades, et lühisvool on võrdeline vastasharu takistusega, arvutati jagunemistegur valemiga 3.18.

$$K_{HVDC} = \frac{X_{sys}}{X_{HVDC} + X_{sys}} = \frac{12,96}{36,51 + 12,96} = 0,262, \quad (3.18)$$

kus K_{HVDC} - voolujagunemistegur,
 X_{sys} - süsteemiharu takistus,
 X_{HVDC} - HVDC haru takistus.

Juhul, kui lühis on liinil 0-1, on voolujagunemistegur $K_{HVDC} = 0,613$.

Releekatse teine tsooni minimaalne takistuse väärtus on 120% liini 2-1 takistusest ehk 15,5 Ω . Maksimaalne tsooni takistus tuleb valida nii, et ei ulatuks üle lattide 0 ja 5 (joonis 3.1), kasutades selektiivsuskordajat 0,85. Seega lühise puhul liinil 0-1 on vastav näitaja valem 3.19 järgi:

$$X_{2ts} = \frac{X_{L21} + X_{L01} \cdot 0,85}{K_{HVDC}} = \frac{12,90 + 6,17 \cdot 0,85}{0,613} = 29,6 \Omega. \quad (3.19)$$

Lühise puhul liinil 1-5 on tulemuseks, valem 3.20.

$$X_{2ts} = \frac{X_{L21} + X_{L15} \cdot 0,85}{K_{HVDC}} = \frac{12,90 + 12,90 \cdot 0,85}{0,262} = 91,1 \Omega. \quad (3.20)$$

Järelikult teise tsooni pikkus peab jääma 15,5 ja 29,6 Ω vahele. Analoogselt arvutati ka aktiivtakistuste piirid. Teise tsooni säteteks valiti

$$\begin{aligned} R_{\text{päri}} &= 10,8 \Omega \\ R_{\text{null}} &= 21,1 \Omega \\ X_{\text{päri}} &= 26,1 \Omega \\ t &= 0,3 \text{ s} \end{aligned}$$

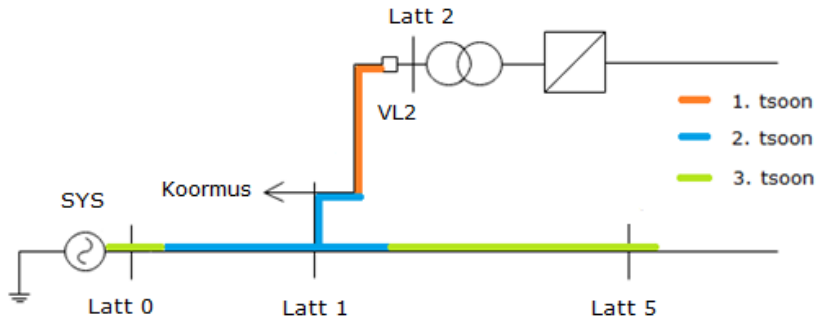
Kolmanda tsooni ülesandeks on kaitsta latid 0 ja 5.(joonis 3.1) Vaadates voolujagunemistegureid ja liinide pikkusi, on selge, et latt 5 asub kaugemal. Minimaalseks takistus arvutati valemiga 3.21

$$X_{2ts} = \frac{X_{L21} + X_{L15} \cdot 1,2}{K_{HVDC}} = \frac{12,90 + 12,90 \cdot 1,2}{0,262} = 108,3 \Omega. \quad (3.21)$$

Kolmanda tsooni säteteks valiti

$$\begin{aligned} R_{\text{päri}} &= 48 \Omega \\ R_{\text{null}} &= 84,5 \Omega \\ X_{\text{päri}} &= 113,6 \Omega \\ t &= 0,6 \text{ s} \end{aligned}$$

Liin 2-1 releekaitsetsoonid on graafiliselt toodud joonisel 3.6.



Joonis 3.6 Võimsuslülitite 2 releekaitse tsoonid

Sätete sisestamisel releesse tuleb need ümber arvestada sekundaarpoolele. Voolutrafo antud mudelis ülekandesuhtega 1000:1 ja pingetrafo 400:0,1. Takistuste üleviimisel sekundaarpoolele korrutati need koefitsendiga, valem 3.22.

$$K = \frac{K_{VT}}{K_{PT}} = \frac{1000}{4000} = 0,25. \quad (3.22)$$

kus K - teisenduskoefitsent,
 K_{VT} - voolutrafo ülekandesuhe,
 K_{PT} - pingetrafo ülekandesuhe.

Võimsuslülitite 2 ja 3 releekaitsetsätteid on toodud tabelis 3.2.

Tabel 3.2 Releekaitsetsätteid

	VL2					
	1.tsoon		2.tsoon		3.tsoon	
	Primaar	Sekundaar	Primaar	Sekundaar	Primaar	Sekundaar
$X_{päri}, \Omega$	11,0	2,75	26,1	6,525	113,6	28,4
$R_{päri}, \Omega$	4,8	1,2	10,8	2,7	48,0	12
R_{null}, Ω	8,2	2,05	21,1	5,275	84,5	21,125
t, s	0	0	0,3	0,3	0,6	0,6
	VL3					
	1.tsoon		2.tsoon		3.tsoon	
	Primaar	Sekundaar	Primaar	Sekundaar	Primaar	Sekundaar
$X_{päri}, \Omega$	9,2	2,3	83,2	20,8	122,8	30,7
$R_{päri}, \Omega$	3,6	0,9	31,2	7,8	46,8	11,7
R_{null}, Ω	8,9	2,225	80,5	20,125	108,6	27,15
t, s	0	0	0,3	0,3	0,6	0,6

Maalühise takistuse arvutamiseks kasutavad nii Siemens kui Toshiba tegureid K_x ja K_r . Tegurite arvutusvalemid erinevad tootjati. Toshiba arvutab tegurid protsentidena, kasutades valemit 3.23.[24]

$$K_x = \frac{X_0}{X_1} \cdot 100 \% = \frac{37,56}{12,9} \cdot 100 \% = 291 \% \quad (3.23)$$

kus K_x - teisendustegur,
 X_0 - nulljärgnevus reaktiivtakistus,
 X_1 - - pärijärgnevus reaktiivtakistus.

Siemens arvutab teguri valemiga 3.24.[15]

$$K_x = \frac{X_0 - X_1}{3 \cdot X_1} = \frac{37,56 - 12,9}{3 \cdot 12,9} = 0,632 \quad (3.24)$$

kus K_x - teisendustegur,
 X_0 - nulljärgnevus reaktiivtakistus,
 X_1 - - pärijärgnevus reaktiivtakistus.

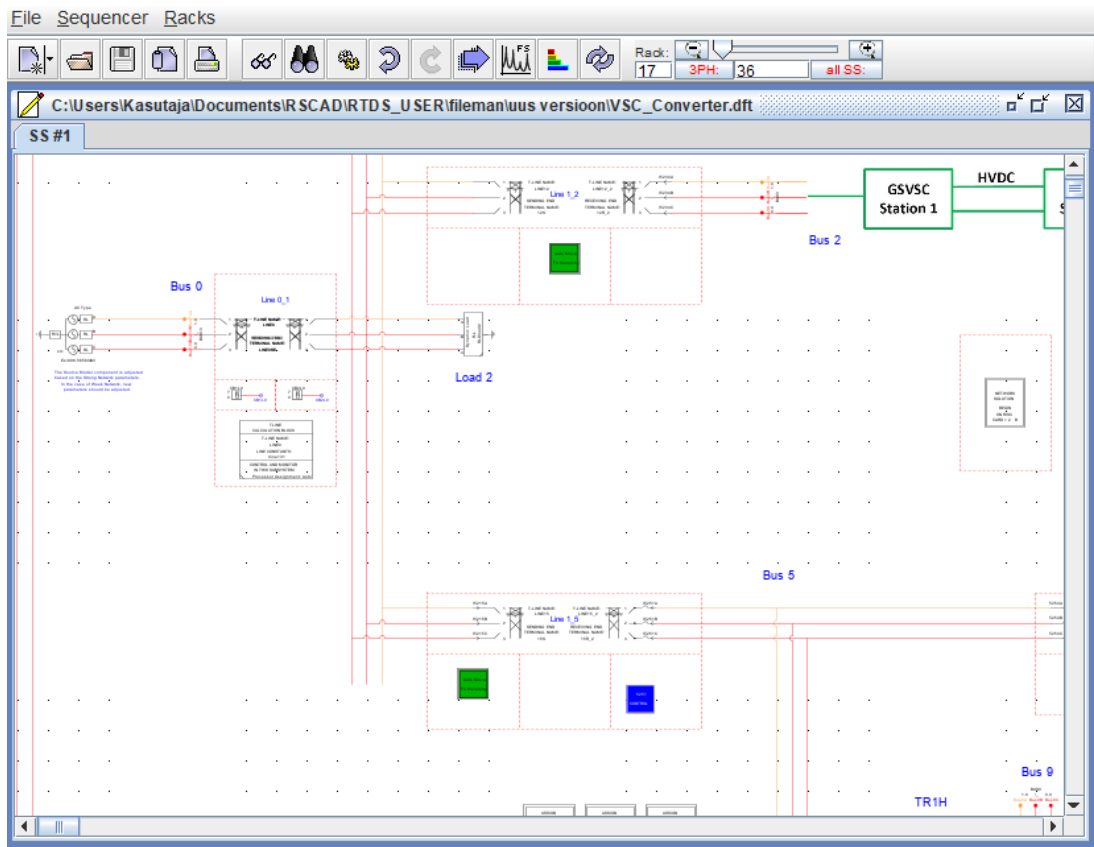
Analoogsete valemitega arvutati ka tegurid K_r , siis asendavad reaktiivtakistusi aktiivtakistused R_0 ja R_1 . Tegurid on toodud tabelis 3.3.

Tabel 3.3. Maalühiste teisendustegurid.

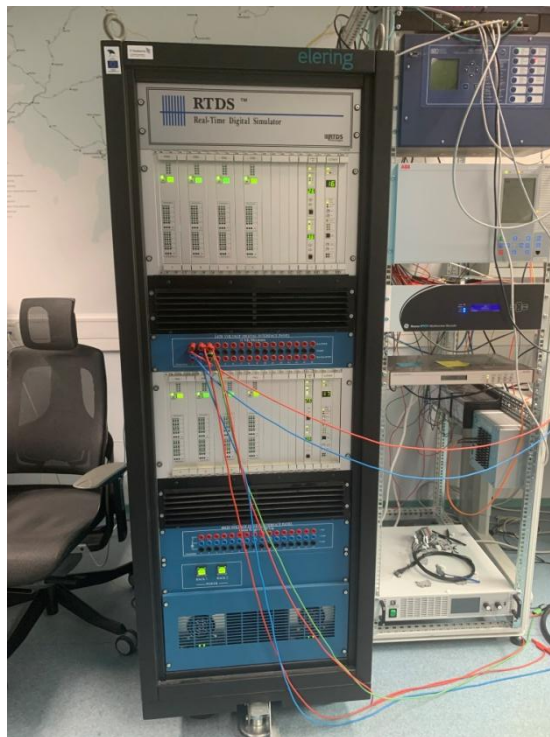
		Siemens	Toshiba
VL2	Kr	2,020	706%
	Kx	0,637	291%
VL3	Kr	3,105	1000%
	Kx	0,733	320%

3.4 Katsetuste teostamine

Katsetuste laboris teostamiseks disainiti võrgumudel RSCAD tarkvaraga. RSCAD võimaldab disainida elektriskeeme ja teostada vastavate skeemidega simulatsioone ning analüüsida nende tulemusi (joonis 3.7). RSCAD tarkvara on toodetud RTDS Technologies Inc. poolt ja kasutab simulatsioonide jooksumiseks RTDS reaalaja simulaatorit, nähtav joonisel 3.8, mis on välja töötatud sama tootja poolt ning on mõeldud spetsiaalselt keeruliste võrkude protsesside modelleerimiseks ja analüüsimiseks reaalajas.[25]



Joonis 3.7 Kuvatõmmis RSCAD-ist



Joonis 3.8 Reaalajasimulaator RTDS

Testitavateks releedeks valiti Siemens Siprotec 7SL87 (joonis 3.9) ja Toshiba GRL200 (joonis 3.10).

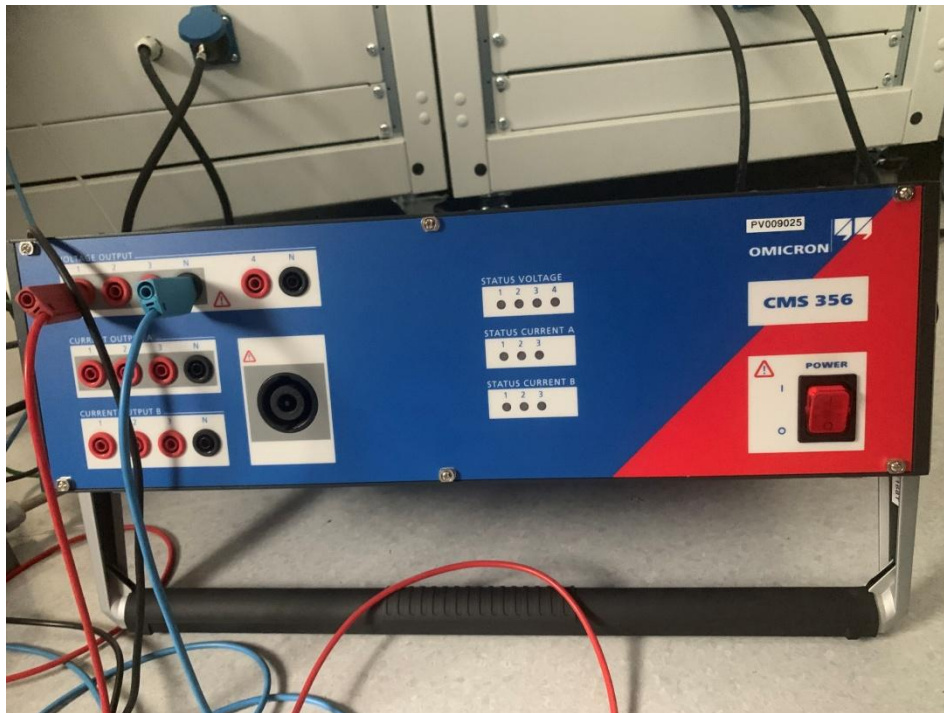


Joonis 3.9 Relee Siemens Siprotec 7SL87



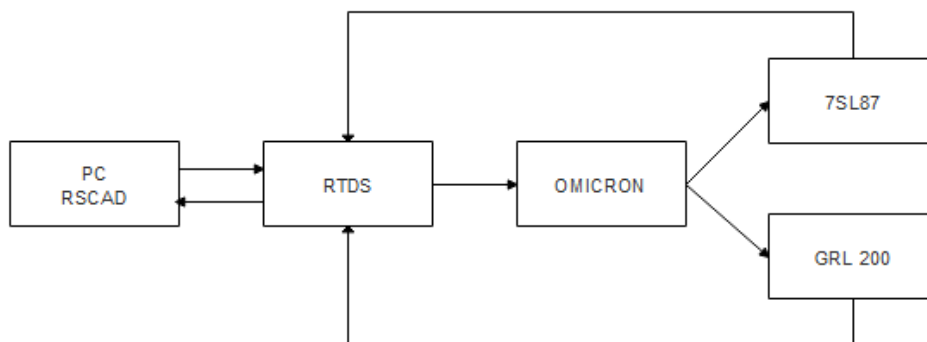
Joonis 3.10 Relee Toshiba GRL200

Releed ühendati Omicron CMS 356 releede testseadmega (joonis 3.11), mis on Omicron Electronics GmbH poolt spetsiaalselt kõikide releetüüpide analüsaator.[26]



Joonis 3.11 Omicron CMS 356 testseade

Omicron omakorda sai signaalid RTDS-ist. Joonisel 3.12 on toodud seadmete skemaatiline ühendus ja info liikumise suunad.



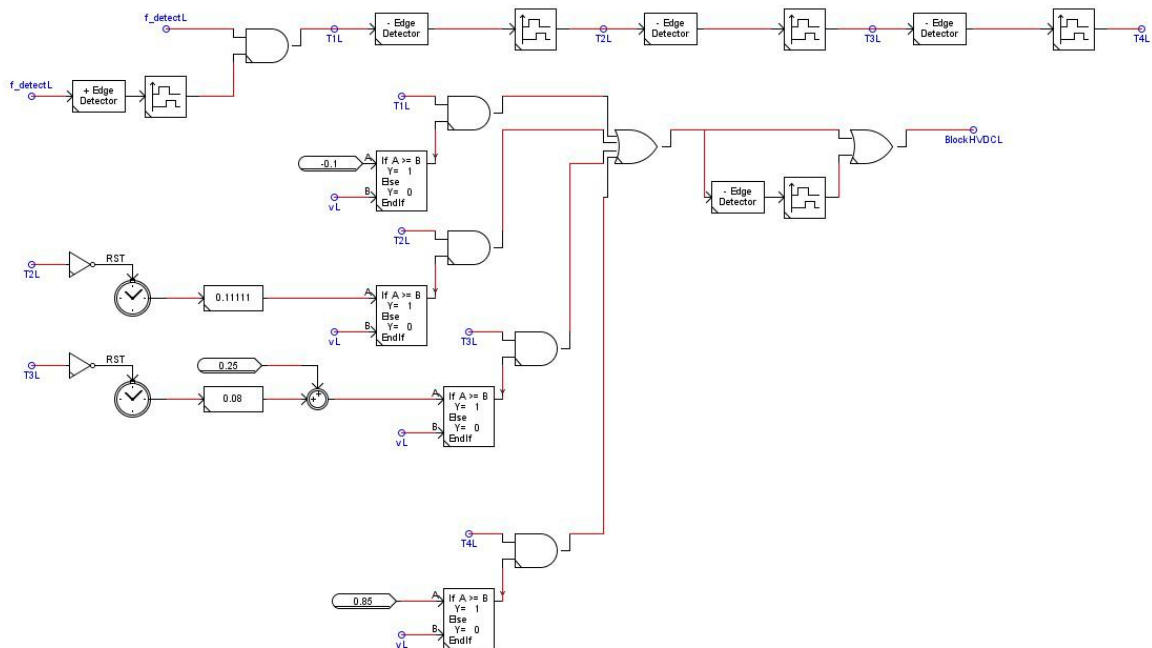
Joonis 3.12 Seadmete ühendusdiagramm

Testimine teostati paralleelselt mõlema kaitserelega. Testid toimusid eraldi nii võrgust energiat importival latil 2 kui ka energiat võrku eksportival latil 3, et tuvastada releekaitse toimimise erinevused sõltuvuses volusuunast. Mudelis kasutati 3 erinevat tüüpi alalisvooluühendust:

- volumuunduriga ühendus kuni 600 MW

- pingemuunduriga ühendus kuni 600 MW
- pingemuunduri ja pingelohu läbimise loogikaga ühendus kuni 600 MW

Pingelohu läbimise loogika ülesanne on vastavalt võrgueeskirjale pakkuda lühise ajal pinge toetust reaktiivenergia genereerimisega. Alalisvooluühendus peab jääma võrguga ühendatuks sõltuvalt lühise tugevusest ja kestusest. RSCAD-is on kujundatud toimimisloogika, mis vastavalt etteantud parameetritele jälgib, kas pingelohk on ülalpool lubatud kõverat. Juhul, kui pingelohu graafik läbib piirkõvera, toimub automaatne konverteri blokeerimine. Pingelohu läbimise toimimisloogika on ära toodud joonisel 3.13.[27]

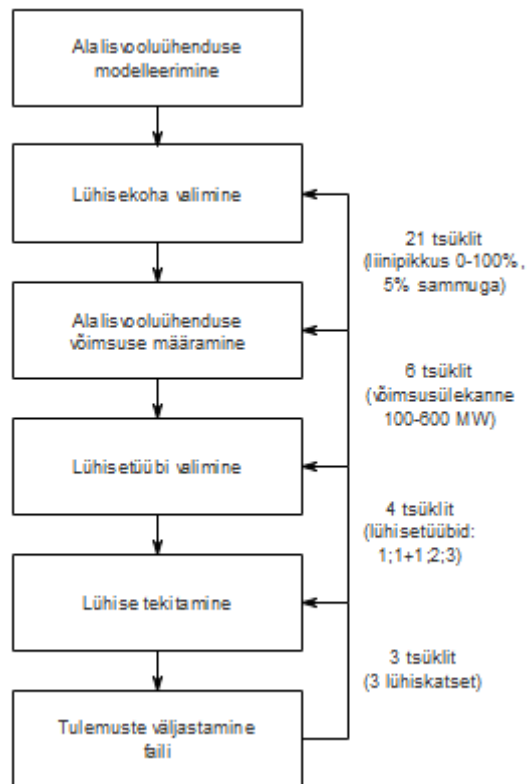


Joonis 3.13 Reaalajasimulaatoris olev pingelohu läbimise toimimisloogika

Katseprogrammi meetodika oli alljärgnev:

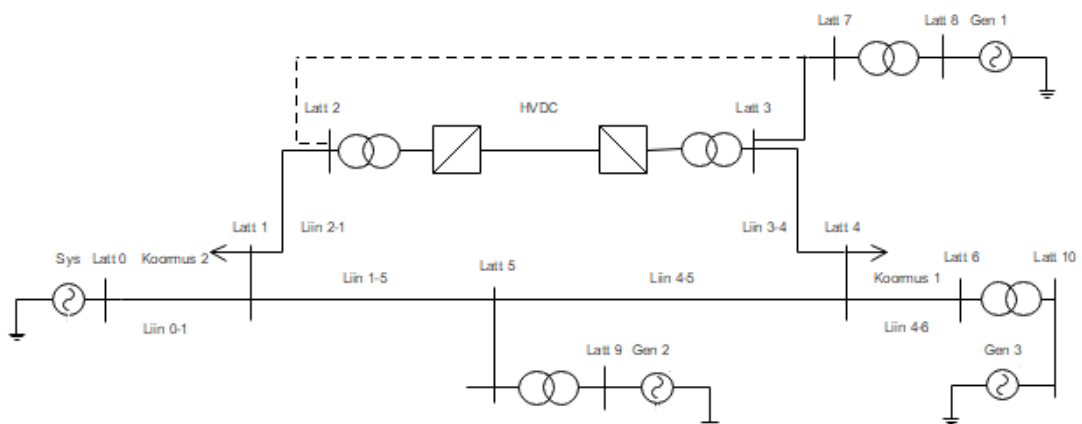
- Liinid jagati 20 lõiguks
- Alalisvooluühenduse koormust muudeti astmeliselt 100 MW resolutsiooniga vahemikus 100-600 MW
- Katsetati nelja erinevat tüüpi lühist (1-faasiline maalühis, 2-faasiline maalühis, 2-faasiline lühis ja 3-faasiline lühis)
- Iga lõigu otstes iga alalisvooluühenduse koormusel tekitati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

Testprogramm koostati programmeerimiskeeles C++.(Lisa 1) Ühe liini testimiseks tekitati 1512 lühist.Testiti nelja liini ja 3 konfiguratsioonis HVDC linki. Kokku kogu põhiprogrammi täitmise jooksul teostati 18 144 lühist. Katseprogrammi plokk skeem on toodud joonisel 3.14.



Joonis 3.14 Katseprogrammi plokk skeem

Lisatööna teostati mudeli modifikatsioon, kus generaator 1 tõsteti latile, mille juures olevat releekaitset testiti.(joonis 3.15)

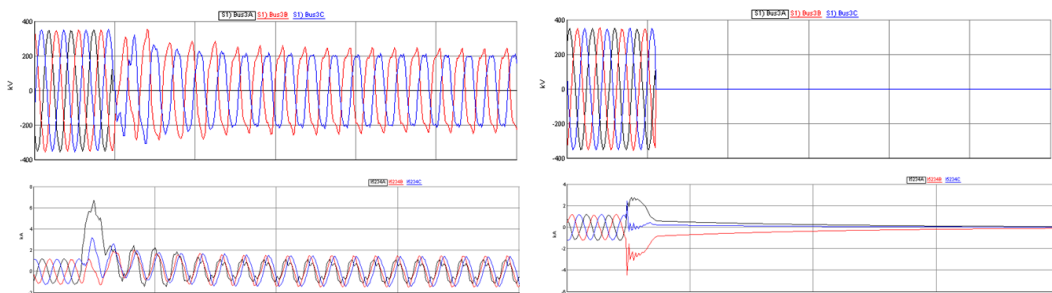


Joonis 3.15 Modifitseeritud mudel

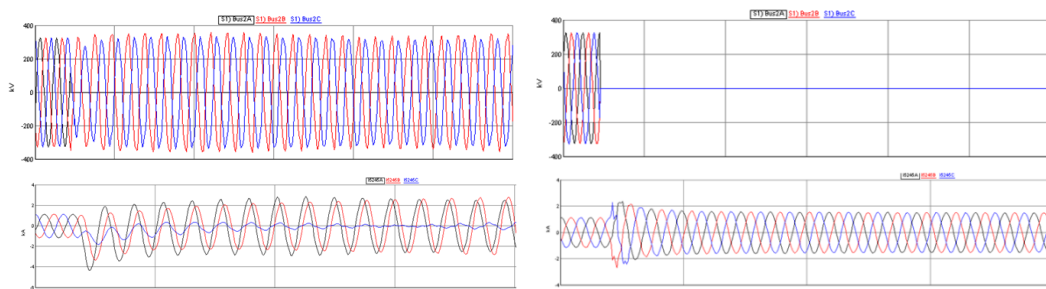
Generaator fikseeriti töötama nominaalvõimsuse 170 MVA juures. Generaatori 1 töstmist kasutati põhjusel, et see asus testitavatest releekaitsetest takistuslikus mõttes kõige kaugemal ehk avaldas kaitsete toimimisele kõige vähem mõju. Ideaalselt samade katsetingimuste saavutamiseks oleks olnud õige lisada täiesti uus generaator, paraku kasutada oleva reaalaja simulaatori sõlmede limiit 90 täiendava generaatori lisamist ei võimaldanud.

Lisakatse eesmärgiks oli kontrollida eeldust, et tavalise pöörleva elektrigeneraatori signaali lisamine alaldist või inverterist tulevale signaalile parandab oluliselt releekaitse toimet. Lisakatsel läbiti peale skeemi ümbermodelleerimist põhikatsesega analoogne katseprogramm.

Illustratiivselt on joonistel 3.16 ja 3.17 toodud reaalajasimulaatori genereeritud ühe- ja kolmefaasiliste lühiste pinge ja voolu lainekujud vastavalt voolu- ja pingemuundurite kohta. Lühised on teostatud vaheldi vahetus läheduses.



Joonis 3.16 Voolumuunduri ühe- ja kolmefaasiline lühis (pinge ja vool)



Joonis 3.17 Pingemuunduri ühe- ja kolmefaasiline lühis (pinge ja vool)

4. KATSETULEMUSTE ANALÜÜS JA MÕJUDE UURIMINE

Antud töös on katsetulemused toodud välja eraldi voolu suuna suhtes (alaldi ja vaheldi poolsed) ning muunduri tüübi suhtes. Lisades 2-13 on toodud tabelid vastavate lühiskatsete detailsete reageerimisaegadega ning ringdiagrammid lühistele reageerimise liigitusega. Reaktsioonid on liigitatud neljaks: korrektne toime (relee reageerimisaeg kuni 100 ms peale viiteaega), hiline mine (reageerimisaeg 100-300 ms peale viiteaega), vale tsoon (reageerimisaeg üle 300 ms peale viiteaega või enne viiteaega) ning mittereageerimine. Ära peab märkima, et vale tsoonina võeti katsetes arvesse ka ebaoluline viga, kus relee reageeris lühisele eeldatavast erineva ajaga kaitsetsooni arvutusliku vahetuskoha läheduses. Näiteks kaitsetsooni vahetus reaalsuses toimus 90 % liinipikkusel võrreldes arvutusliku 85 %-ga. Lisades toodud tabelistes on lühisele reageerimise aeg kolme katse keskmisena, ebaõnnestunud katsed tähistati tabelites alljärgnevalt:

x - ühel katsel kolmest relee ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest relee ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest relee ei reageerinud

Lisades 14-25 on analoogsed tulemused koos latile ühendatud sünkroongeneraatoriga.

4.1 Katsetulemused latil 2 (muunduri importival poolel)

Voolumuunduri katsetulemused

Korreektselt toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 96 % ja faasidevahelistel lühistel 21 % katsetest
- GRL200 maalühistel 70 % ja faasidevahelistel lühistel 65 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 83 % ja faasidevahelistel lühistel 2 % katsetest
- GRL200 maalühistel 29 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

Kaitstaval liinil toimis relee Siemens Siprotec 7SL87 ebapiisavalt. Minimaalsete häiretega suutis relee tuvastada mõlemad maalühised, nii ühe- kui kahefaasilise. 96 %-le lühistest reageeris relee korrektselt ja 4 %-l juhtudest eksis tsooniga. Viga ei olnud põhimõtteline, sest kaitsetsooni vahetus reaalsuses toimus osaliselt 90 % liinipikkuse juures võrreldes arvutatud 85 %-ga. Suuri probleeme oli kahefaasilise

lühise tuvastamisega, kusjuures relee poolt lühise tuvastamise muster oli seosetu. Kolmefaasiline lühis jäi praktiliselt fikseerimata, vaid 5-s punktis 126-st toimis relee laitmatult kõigi kolme lühiskatse korral. Kaitsetsooni muutus toimus 85-90 % liinipikkusel nagu sätete arvutusel eeldatud. Toshiba GRL200 relee puhul täheldati väärtõimeid. Vigadeta reageeris relee vaid ühefaasilise lühisele. Kahefaasilise ja kahefaasilise maalühise korral toimis relee kaootiliselt. Nähtavalt esines probleeme lühise tuvastamise kiirusega, toimeaeg ulatus kuni 1036 ms sätteväärtuse 300 ms piirkonnas. Kolmefaasilise lühise tuvastas relee kuni liinipikkuseni kuni 65 % veatult, edasi täheldati häired. Esimese kaitsetsooni pikkus oli vastavuses sätete arvutusega.(Lisa 2)

Kaugreserveeritava liinil toimis relee 7SL87 ootuspäraselt vaid kahefaasilise maalühise korral. Ühefaasiliste lühiste puhul tekkis probleem alates 75% liini pikkusest, millest alates voolude jagunemise tõttu relee lühiseid ei tuvastanud. Relee reageeris ühefaasilise maalühise puhul lõpuni minimaalse muunduri koormuse 100 MW puhul, kuid nähtava lühise tuvastamise viivitusega. Toimeaeg ulatus kuni 847 ms võrreldes sätteväärtusega 600 ms. Kahe ja kolmefaasiliste lühiste puhul relee praktiliselt ei funktsioneerinud. Üksikjuhtumina tuvastas relee lühiseid vaid liinipikkusel 0% ehk lati 1 vahetus läheduses, suuremal distant sil lühiseid ei fikseeritud. Mõningast relee GRL200 toimet täheldati ainult ühefaasiliste lühiste puhul. Kuni 200 MW muunduri koormuste puhul toimis relee kaitse liini lõpuni tõrgeteta, koormuse suurenedes hakkas tuvastustsoon lühenema ulatudes 35 %-ni liini pikkusest 600 MW ülekantava võimsuse korral. Kahe- ja kolmefaasilisi ning kahefaasilisi maalühiseid kaugreserveerival liinil ei olnud relee võimeline tuvastama.(Lisa 3)

Pingemuunduri katsetulemused

Korrektset toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 95 % ja faasidevahelistel lühistel 2 % katsetest
- GRL200 maalühistel 49 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

kaugreserveeritava objektil

- 7SL87 maalühistel 86 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest
- GRL200 maalühistel 26 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

Relee 7SL87 tuvastas kaitstaval liinil üldjoontes korrektset ühe- ja kahefaasilistel maalühistel (95 % katsetest), osaliselt kaitsetsoon ei vahetunud täpselt 85% liinipikkusel, vaid hiljem (5 %-l juhtudest). Kahe ja kolmefaasilised lühised olid tuvastatavad vaid vähesel määral ja kaitstava liini alguses. Relee GRL 200 tuvastas korrektset ainult ühefaasilised maalühised. Kahefaasiliste maalühiste reagerimine

oli minimaalne 12-s punktis 126-s. Relee toimeaeg kuni 1036 ms sätteväärtusega 0 ms piirkonnas viitab raskustele lühise suuna määramisega. Kahe- ja kolmefaasilist lühist relee ei suutnud tuvastada.(Lisa 4)

Kaugreserveeritava liini kogupikkuses reageeris relee 7SL87 analoogselt kaitstava liiniga korrektselt ühe- ja kahefaasilistele maalühistele 86 %-l kordadest. 14 % juhtudest oli tegemist hilinemise või vale tsooniga. Kahe- ja kolmefaasilised lühised olid täiesti tuvastamatud. GRL 200 reageeris piiratud ulatuses kuni 50% liini pikkusest ühefaasilistele maalühistele, teist tüüp lühiseid ei tuvastatud.(Lisa 5)

Pingelohu läbimise loogikaga pingemuunduri katsetulemused

Korrektset toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 95 % ja faasidevahelistel lühistel 92 % katsetest
- GRL200 maalühistel 61 % ja faasidevahelistel lühistel 51 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 88 % ja faasidevahelistel lühistel 4 % katsetest
- GRL200 maalühistel 27 % ja faasidevahelistel lühistel 7 % katsetest

Kaitstaval liinil toimis 7SL87 relee 95 % katsete osas veatult. 5 % osas täheldati reageerimise hilinemist või vale tsooni. Muundurist tulenevaid olulisi häireid ei täheldatud. Releekatse 2. kaitsetsoon rakendus vahemikus 85-90 % liini pikkusest nagu arvutustes eeldatud. Relee GRL200 toimis ühe- ja kolmefaasiliste lühiste puhul korrektselt, kahefaasilisel ja kahefaasilisel maalühisel ilmnes selge ala 300 MW ülekantaval võimsusel, kus relee ei suuda määrata lühise suunda. Üleminek esimeselt kaitsetsoonilt teisele toimus vastavuses arvutustega liinipikkusel 85-90 %.(Lisa 6)

70 % kaugreserveeritava liini ulatuses toimis relee 7SL87 ühe- ja kahefaasiliste maalühiste puhul väärtoimeteta. Liini lõpuosas tekkisid toimimisvead, põhjustatuna relee ekslikust lühise takistuslikust mõõtmisest. Liinil suutis relee GRL200 korrektselt reageerida vaid ühefaasilistele maalühistele liinipikkuseni 45%. Ülejäänud alas oli tõrkeid, kusjuures väärtoimed suurenesid liinipikkuse ja alalisvooluühendusel edastavate koormuste tõustes.(Lisa 7)

4.2 Katsetulemused latil 3 (muunduri eksportival poolel)

Voolumuunduri katsetulemused

Korrektse toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 94 % ja faasidevahelistel lühistel 19 % katsetest
- GRL200 maalühistel 82 % ja faasidevahelistel lühistel 27 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 66 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest
- GRL200 maalühistel 32 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

Kaitstaval liinil reageeris rele 7SL87 adekvaatselt ühe- ja kahefaasilistele maalühistele 94 % katsete osas, ülejäänud katsete puhul täheldati hiline mist või ebakorrektset viiteaega. Kahefaasilised lühised tuvastati, kuid problemaatiline oli reageerimisaeg. Kolme faasilistele lühistele rele ei reageerinud. Kui ühe- ja kahefaasiliste maalühiste puhul toimus kaitsetsoonide vahetus eeldatavas piirkonnas, s. t. 85-90% liinipikkusel, siis kahefaasiliste lühiste puhul oli toimeaeg kuni 508 ms ka esimese tsooni piirides. Eeldatavasti tekkis releel probleeme kas lühisvoolu tugevuse või lühise suuna määramise osas. Märkimist väärrib, et toimeaeg pikenes alalisvooluühenduse koormuse vähenedes ja lühise kaugenedes releest. GRL200 rele tuvastas korrektse ühe- ja kahefaasilised maalühised 82 %-l katsetest, ülejäänud juhtudel oli tegemist hiline mist või vale viiteaja rakendumisega. Kui ühefaasiliste maalühiste puhul toimus kaitsetsooni vahetus õiges piirkonnas (85-90% liini pikkusest), siis kahefaasiliste lühiste korral muunduri madalamal koormusel 100 ja 200 MW toimus esimese kaitsetsooni üleulatus kuni kaitstava liini lõpuni. Osaline lühiste tuvastamine toimus ka kahefaasiliste lühiste puhul, seda suuremal ülekantaval võimsusel (400-600 MW) ja eranditult esimese kaitsetsooni piires (liini pikkuseni 80 %). Kaugemas osas tekkis releel probleem lühise fikseerimisega. Kolme faasilist lühisele relele praktiliselt ei reageerinud, tulemuseks 8-s tuvastust 126-st. (Lisa 8)

Kaugreserveeritaval liinil fikseeris 7SL87 ainult ühe- ja kahefaasilised lühised, ühefaasilisi lühiseid tuvastas rele kuni 95 %-ni liinipikkusest. Antud tulemusest saab järeldada, et voolumuunduri takistus on eksportival poolel (vaheldi) suurem, kui importival poolel (alaldi). GRL200 registreeris ainult ühefaasilisi maalühiseid. Liini lõpuosas tekkis ka nende tuvastamisel analoogselt 7SL87-ga probleeme, kinnitades üle-eelmises lõigus tõstatatud hüpoteesi. (Lisa 9)

Pingemuunduri katsetulemused

Korrektse toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 91 % ja faasidevahelistel lühistel 3 % katsetest
- GRL200 maalühistel 39 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 70 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest
- GRL200 maalühistel 31 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

Kaitstaval liinil toimus korrektse relee 7SL87 ühe- ja kahefaasiliste maalühiste tuvastamine. Kahefaasilised lühised fikseeris relee ainult lati 3 vahetus läheduses ning kolmefaasilist lühist ei registreerinud üldse. Tähelepanu loetud lühiste korral esimese tsooni üleulatust kuni kaitstava objekti lõpuni. GRL200 tuvastas korrektse ainult ühefaasilisi maalühiseid. Märkati minimaalset tsooni 1 üleulatust liinipikkuseni 90-95 %. Kohati registreeris relee kahefaasilisi maalühiseid, kuid arvestades relee toimeaega 1. tsoonis (viiteaeg 0 ms) kuni 1038 ms, põhjustas lühise suuna määramine või lühisvoolu tuvastamine selgelt ajaülekulu. Kahe- ja kolmefaasilistele lühistele relee ei reageerinud. (Lisa 10)

Kaugreserveeritaval liinil reageeris 7SL87 kahefaasilistele maalühistele kogu liini ulatuses. Ühefaasiliste maalühiste puhul oli problemaatiline 300 MW ülekanav võimsus, mille puhul alates liini pikkusest 30 % relee lühist ei suutnud fikseerida. Registreerimata jäid liini lõpus olevad ühefaasilised lühised. Probleemsena saab välja tuua alates liinipikkusest 70 % reageerimise hiline mine ja kohatine vale viiteaeg. Kahe ja kolmefaasilistele lühistele relee ei reageerinud. GRL200 tuvastas ainult ühefaasilisi maalühiseid, alates liinipikkusest 90 % tähelepanu häiringuid. Teistele lühistele relee ei reageerinud. (Lisa 11)

Pingelohu läbimise loogikaga pingemuunduri katsetulemused

Korrektse toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 91 % ja faasidevahelistel lühistel 94 % katsetest
- GRL200 maalühistel 71 % ja faasidevahelistel lühistel 79 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 65 % ja faasidevahelistel lühistel 47 % katsetest
- GRL200 maalühistel 51 % ja faasidevahelistel lühistel 68 % katsetest

Kaitstaval liinil toimus relee 7SL87 kõikide lühisetüüpidega ja täies ulatuses korrektse 91 %-l katsetest. Ülejäänute juhtudel oli tegemist hiline mine või kaitsetsooni minimaalse üleulatusega. Esimese kaitsetsooni lõpp paiknes liinipikkusel 85 - 90 %.

Analoogselt fikseeris GRL200 kõiki lühisetüüpe täies liiniulatuses. Probleemseks oli esimese tsooni üleulatus kuni objekti lõpuni nii kahe- ja kolmefaasiliste lühiste kui ka kahefaasiliste maalühiste korral ning ühefaasilistele maalühiste puhul relee toime hilinemine.(Lisa 12)

7SL87 suutis korrektselt määrata kõiki tüüpi lühiseid kaugreserveeritava liinil kuni pikkuseni 45 %. Edasi tekkisid häired kahe- ja kolmefaasiliste lühiste tuvastamisel. Alates 95 % liinipikkusest ilmnisid probleemid ka ühe- ja kahefaasiliste maalühiste registreerimisel. GRL200 oli võimeline korrektselt reageerima kõigi lühisetüüpide puhul kuni 60 %-ni liinipikkusest. Edasi täheldati häireid kõigi lühisetüüpide puhul. Konkreetset väärtoimete mustrit välja tuua ei olnud võimalik.(Lisa 13)

4.3 Katsetulemused latil 2 (muunduri importival poolel) koos generaatoriga

Voolumuunduri katsetulemused

Korrektselt toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 95 % ja faasidevahelistel lühistel 92 % katsetest
- GRL200 maalühistel 96 % ja faasidevahelistel lühistel 95 % katsetest

kaugreserveeritava objektil

- 7SL87 maalühistel 93 % ja faasidevahelistel lühistel 1 % katsetest
- GRL200 maalühistel 40 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

Kaitstaval liinil toimisid mõlemad releed kõikide lühiste määramisel korrektselt. Esimese kaitsetsooni ulatus oli liinipikkuseni 85 -90 %.(Lisa 14)

Kaugreserveeritava liinil registreeris 7SL87 kahefaasilist maalühist kõikide katsete puhul liini lõpuni. Ühefaasilise lühisega tekkis probleeme suurtel muunduri koormustel (500 ja 600 MW) alates liinipikkusest 95 %. Kahe- ja kolmefaasilised lühised olid tuvastatavad ainult liini alguses. GRL200 relee puhul oli kolmefaasiline lühis tuvastamatu, kahefaasiline ja kahefaasiline maalühis registreeriti liini alguses. Ühefaasilise maalühise korral toimis relee kogu liini pikkuses väiksematel (100-300 MW) muunduri koormustel vigadeta, ülejäänud juhtudel algasid tõrked koormuste kasvades ja lühisekoha kauguse suurenedes.(Lisa 15)

Pingemuunduri katsetulemused

Korrektset toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 97 % ja faasidevahelistel lühistel 87 % katsetest
- GRL200 maalühistel 96 % ja faasidevahelistel lühistel 91 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 92 % ja faasidevahelistel lühistel 3 % katsetest
- GRL200 maalühistel 18 % ja faasidevahelistel lühistel 0 % katsetest

Kaitstaval liinil toimisid mõlemad releed kõikide lühiste määramisel korrektset. Esimese kaitsetsooni ulatus oli liinipikkuseni 85 -90 %.(Lisa 16)

Kaugreserveeritaval liinil toimis relee korrektset 7SL87 ühe- ja kahefaasiliste maalühiste korral, kahe- ja kolmefaasilised lühised fikseeriti kuni liinipikkuseni 10 %. GRL200 reageeris ühefaasilistele maalühistele liinipikkuseni 35 % ning kahefaasilised lühised ja kahefaasilised maalühised tuvastas liini alguses. Kolmefaasilisi lühiseid releed ei fikseerinud.(Lisa 17)

Pingelohu läbimise loogikaga pingemuunduri katsetulemused

Korrektset toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 95 % ja faasidevahelistel lühistel 95 % katsetest
- GRL200 maalühistel 95 % ja faasidevahelistel lühistel 96 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 94 % ja faasidevahelistel lühistel 15 % katsetest
- GRL200 maalühistel 54 % ja faasidevahelistel lühistel 18 % katsetest

Kaitstaval liinil toimisid mõlemad releed kõikide lühisetüüpide määramisel korrektset. Esimese kaitsetsooni ulatus oli liinipikkuseni 85 -90 %.(Lisa 18)

Kaugreserveeritaval liinil reageeris relee 7SL87 ühe- ja kahefaasilistele maalühistele, kahefaasilised lühised tuvastas kuni 20 %-ni ja kolmefaasilised kuni 5 %-ni liinipikkusest. GRL200 reageeris ühefaasilistele maalühistele liinipikkuseni 55 % ning kahefaasilised lühised ja kahefaasilised maalühised fikseeriti liinipikkuseni 45 %, v.a. 100 MW ülekantava võimsusega kahefaasiline maalühis, kus häired tekkisid juba liinipikkusel 35 %. Kolmefaasilisi lühiseid registreeris releed ainult liini alguses.(Lisa 19)

4.4 Katsetulemused latil 3 (muunduri eksportival pool) koos generaatoriga

Voolumuunduri katsetulemused

Korrektse toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 97 % ja faasidevahelistel lühistel 87 % katsetest
- GRL200 maalühistel 88 % ja faasidevahelistel lühistel 81 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 92 % ja faasidevahelistel lühistel 48 % katsetest
- GRL200 maalühistel 44 % ja faasidevahelistel lühistel 48 % katsetest

Kaitstaval liinil toimisid mõlemad releed kõikide lühiste määramisel. Relee 7SL87 puhul oli esimese kaitsetsooni ulatus arvutuslikul kaugusel ehk liinipikkusel 85 -90 %. Kahefaasiliste lühiste korral täheldati kaitse hilinemist suurematel (300-600 MW) alalisvooluühenduse koormustel. GRL 200 puhul oli ühefaasiliste maalühiste esimene kaitsetsoon eeldatud pikkusega, kahe- ja kolme faasiliste lühiste ning kahefaasilise maalühise puhul ulatub esimene kaitsetsoon üle kaitstava objekti lõpu, põhjustades väärtõimeid. Tsooni üleulatuse põhjuseks oli mudeli konfiguratsiooni muutus (latil 3 toimis paralleelselt muunduriga 170 MVA generaator), mistõttu oleks pidanud ka releekaitsetsätteid ümber arvutama. Kuna antud töö esmaülesandeks ei olnud õigete releekaitsetsätete arvutamine ja käesolev katse ei ole põhifookuses, siis lubati releekaitse väärtõime koos selle põhjuste selgitamisega. (Lisa 20)

Kaugreserveeritaval liinil fikseeris relee 7SL87 kogu liini ulatuses kõik ühe- ja kahefaasilised maalühised. Teine kaitsetsoon lõppes ühefaasiliste lühiste puhul 5 % enne arvutuslikku piiri. Kahefaasilised lühised olid tuvastatavad kuni liinipikkuseni 70 % ja kolme faasilised 40 %-ni. GRL200 tundis ära ühefaasilised maalühised 20 %-ni liinipikkusest ja ülejäänud lühisetüüpide tuvastamisel tekkisid häired alates liinipikkusest 65 %.(Lisa 21)

Pingemuunduri katsetulemused

Korrektse toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 95 % ja faasidevahelistel lühistel 52 % katsetest
- GRL200 maalühistel 76 % ja faasidevahelistel lühistel 81 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 80 % ja faasidevahelistel lühistel 59 % katsetest
- GRL200 maalühistel 28 % ja faasidevahelistel lühistel 49 % katsetest

Kaitstaval liinil registreerisid mõlemad releed kõik lühisetüübid. Relee 7SL87 puhul toimus kaitsetsoonide vahetus ebastabiilselt liinipikkustel 80 - 95 %. GRL 200 puhul oli esimene kaitsetsoon ühefaasiliste maalühistekorral vastavuses arvatud pikkusega, kahe- ja kolmefaasiliste lühiste ning kahefaasilise maalühise puhul toimus reageerimine viiteajata üle kaitstava objekti lõpu, põhjustades väärtoimeid.(Lisa 22)

Relee 7SL87 reageeris kaugreserveeritava liini ühe- ja kahefaasilistele maalühistele probleemideta kogu liini ulatuses. Samas oli kahefaasiliste maalühiste puhul täheldada teise kaitsetsooni üleulatust liini lõpuni. Kahefaasilised lühised tuvastas relee probleemivabalt kuni 60 %- ni ja kolmefaasilised kuni 5 %-ni liinipikkusest. Ülejäänud alal olid tulemused kaootilised. GRL200 registreeris kõiki lühiseid kuni liinipikkuseni 10 %, kaugemal olid tulemused kaootilised, v. a. kolmefaasiliste lühiste puhul, kus tuvastuspiirkond ulatub 75 %-ni.(Lisa 23)

Pingelohu läbimise loogikaga pingemuunduri katsetulemused

Korrektset toimisid kaitstaval objektil

- 7SL87 maalühistel 93% ja faasidevahelistel lühistel 94 % katsetest
- GRL200 maalühistel 71 % ja faasidevahelistel lühistel 80 % katsetest

kaugreserveeritaval objektil

- 7SL87 maalühistel 76 % ja faasidevahelistel lühistel 55 % katsetest
- GRL200 maalühistel 39 % ja faasidevahelistel lühistel 63 % katsetest

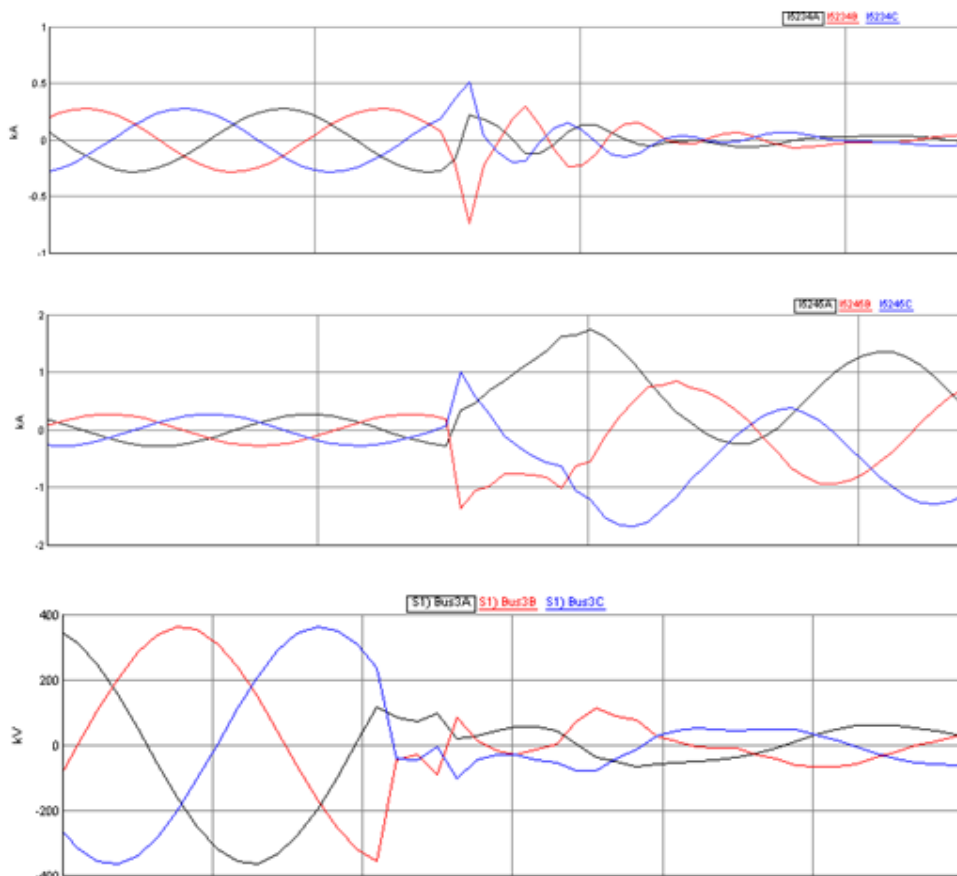
Kaitstaval liinil tuvastasid mõlemad releed kõik lühisetüübid. Relee 7SL87 puhul ulatus esimene kaitsetsoon liinipikkuseni 85 - 90 %. GRL 200 puhul oli ühefaasiliste maalühiste kaitsetsoon vastavuses arvatud pikkusega, kahe- ja kolmefaasiliste lühiste ning kahefaasilise maalühise puhul ulatus esimene kaitsetsoon üle kaitstava objekti, põhjustades väärtoimeid.(Lisa 24)

Kaugreserveeritaval liinil suutis relee 7SL87 valdavalt reageerida kõikidele lühisetüüpidele. Probleeme oli kahe- ja kolmefaasiliste lühiste puhul alates liinipikkusest 50 %, kusjuures täheldatav oli väärtoimete suurenemine alalisvooluühenduse koormuse suurenedes ja liinipikkuse kasvades. Järjekordselt oli täheldatav teise kaitsetsooni üleulatus objekti lõpuni. GRL200 puhul oli märgata kaootiliste lühisetuvastusprobleemide teke alates liinipikkusest 50 % kahe- ja kolmefaasiliste ning kahefaasiliste maalühiste puhul. Ühefaasilised maalühised registreeris relee kuni liinipikkuseni 15 %.(Lisa 25)

4.5 Katsetulemuste analüüs

Siemens SIPROTEC 7SL87 ja Toshiba GRL200 distantkaitserleedel tekib probleeme lühiste tuvastamisel, kui lühise toide on alalisvoolu muunduriga. Suurimaks põhjuseks on releede disain sünkroongeneraatorite poolt toidetavates vahelduvvooluvõrkudes toimimiseks, kus transiendid on klassikaliselt siinuse kuju säilitavad ja sumbuvad signaalid.

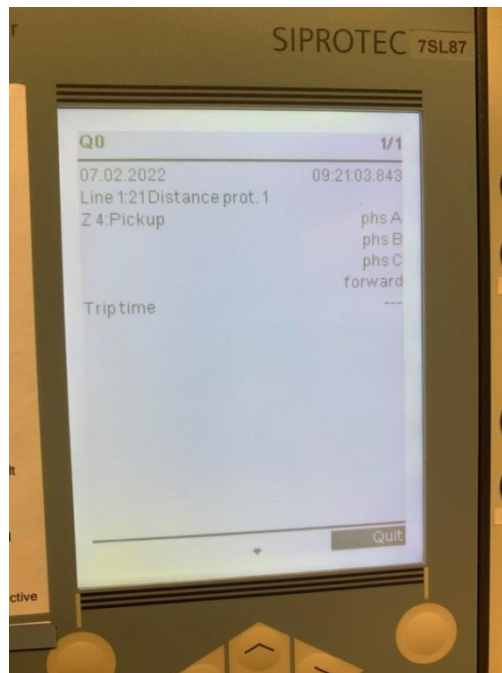
Muundurite puhul on transientide kuju hoopis keerukam, sest alalisvooluühendused on palju komplitseerituma ülesehitusega sisaldades harmoonikuid summutavaid filtreid. Filtrid on disainitud konkreetsete koormuste jaoks ja lühiste puhul ei toimi antud filtrid enam efektiivselt ja nii pinge- kui voolusignaalidesse tekivad kõrgemad harmoonikud. Pinge- ja voolusignaalid on toodud joonisel 5.1.



Joonis 4.1 RSCAD diagrammid: vool lattidel 3 ja 4 ning pingelatil 3 kolmefaasilisel lühisel liinil 4-5 voolumuunduri puhul

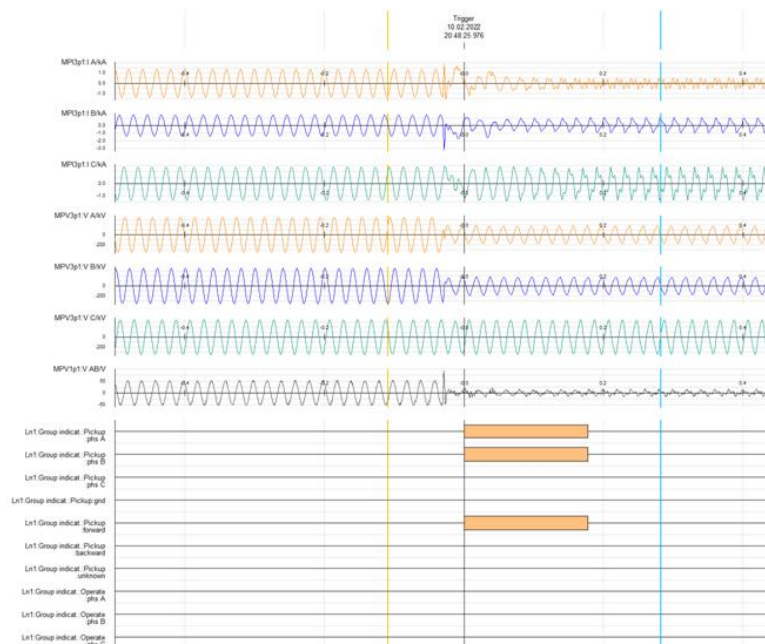
Alalisvooluühendus ei ole konstantse takistusega ja antud lühise puhul on ka näha, et voolude jagunemise tõttu osutub muundurist lähtuv lühisvool nõrgemaks, kui

koormusvool. Seetõttu tekibki releel raskusi kahe- ja kolmefaasilistele lühistele reageerimisel liinil 4-5, sest takistuslikult asub lühis sätetes määratud kaugemal. Joonisel 5.2 on nähtav vastav signaal rele ekraanil.



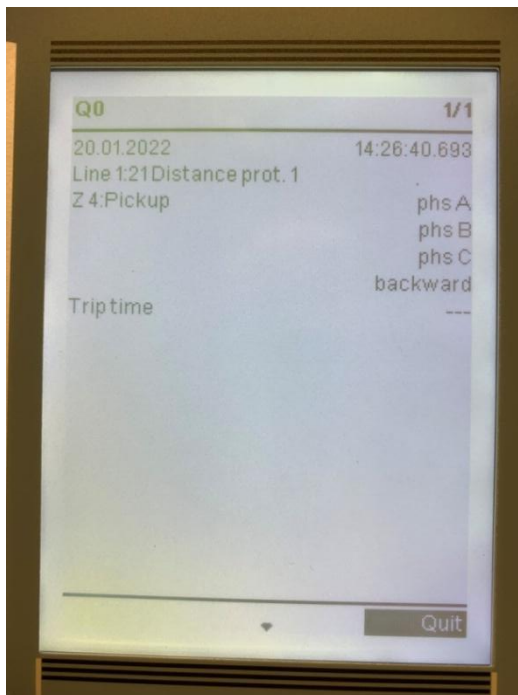
Joonis 5.2 Relee 7SL87 tuvastab lühise, aga ei väljasta täitekäsku

Joonisel 5.3 on toodud voolumuunduriga ühenduse lühis liinil 4-5, kus analoogselt eelpool toodud kolmefaasilise lühisega tuvastab rele kahefaasilise lühise, kuid lühisvoolu väärtus on voolujagunemise tõttu liiga väike, et rele toimiks.



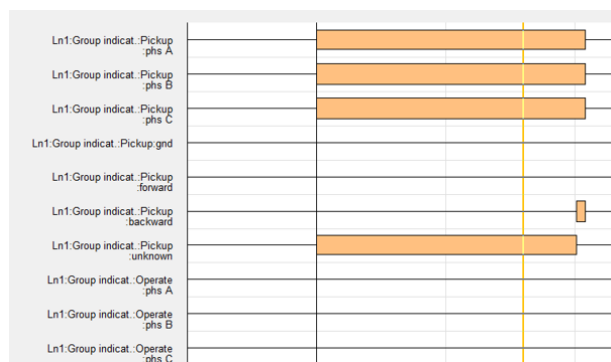
Joonis 5.3 7SL87 kahefaasilisele lühisele ei reageeri

Kahe- ja kolmefaasiliste lühiste puhul ei ole voolu ja pinge signaalid peale lühist siinuselised nagu nähtav jooniselt 5.1, seega tekib lühise suuna määramisel probleeme ka esimeses kaitsetsoonis. Joonistel 5.4 on näha, et rele eksib kolmefaasilise lühise suunda määramisel voolumuunduri puhul liinil 3-4.



Joonis 5.4 7SL87 määrab kolmefaasilise lühise suuna valesti

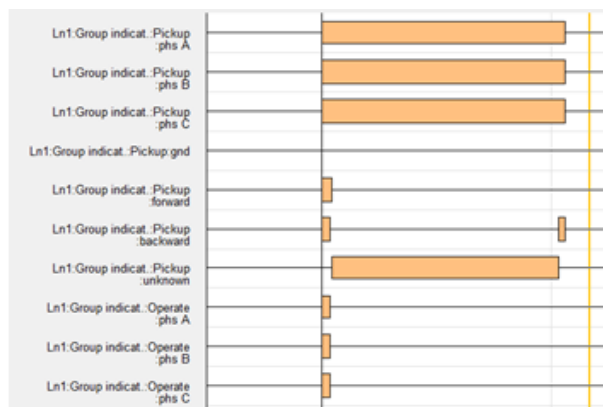
Joonisel 5.5 on näha, et algselt ei suuda rele eelpool mainitud lühise puhul tuvastada selle suunda ja lühise lõpuks väärtoimena fikseeritakse lühis releest tagapool.



Joonis 5.5 Relee 7SL87 toime kolmefaasilise lühise jooksul liinil 3-4

Esines ka situatsioone, kus rele lühise jooksul nägi korduvat suunamuutust. voolumuunduriga mudelis liinil 2-1 esimeses kaitsetsoonis on näha, kuidas rele 7SL87 tuvastab 3-faasilise lühise nii ees- kui tagapool ja lülitub. Sama lühise jooksul

muutub lühise suund tuvastamatuks ja lõpuks näeb relee lühist uuesti tagapool. Antud toime on nähtav joonisel 5.6.

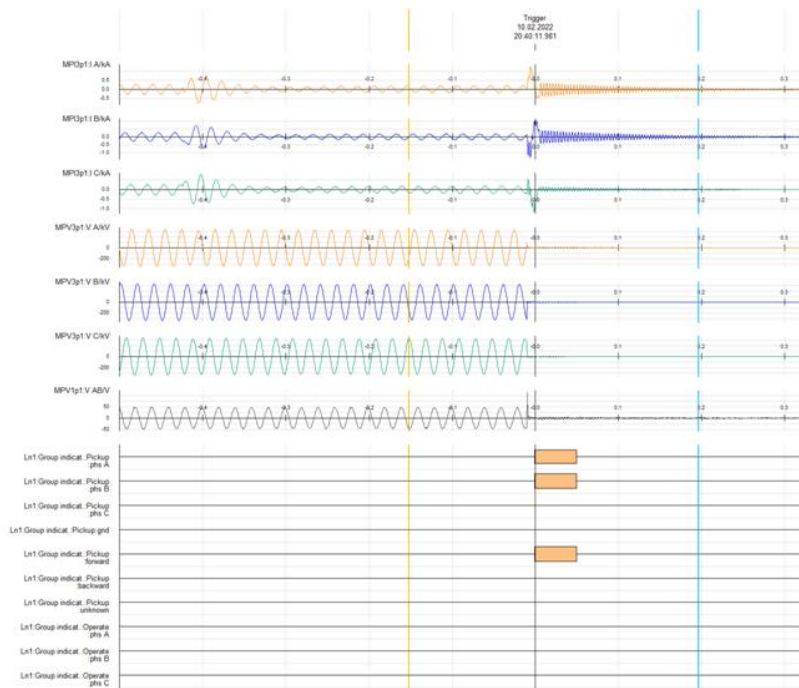


Joonis 5.6 Relee 7SL87 toime kolmefaasilise lühise jooksul liinil 4-5

Analoogsel juhul võib relee tegevus põhjustada lisaviiteaja tekkimist ja selgitab, miks on võimalik viiteajata kaitsetsoonis relee toimeaeg üle 1000 ms. Relee tuvastab lühist teadmata suunas või tagapool, kuni voolu ja pinge signaalide muutus võimaldab releel fikseerida lühise kaitsetsoonis ja reageerida.

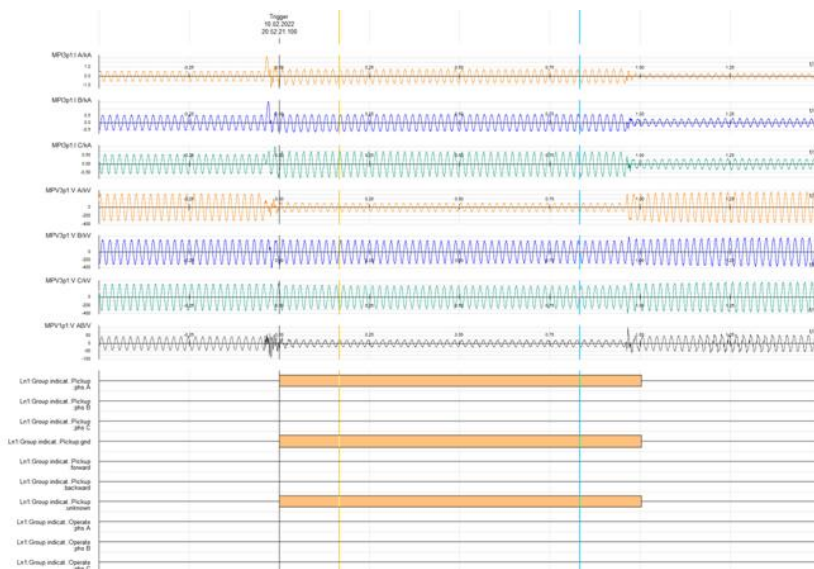
Pingemuunduri puhul tuvastasid releed ainult maalühiseid, sest pinge langemine nulli lähedale faasidevahelise lühise puhul katkestab võimsuse edastamise lingis ning voolu ja pinge puudumisel ei suuda relee lühist tuvastada. Omapärana saab siin välja tuua, et kui Siemens suudab esimesel liinil eksimatult reageerida nii ühe- kui kahefaasilistele maalühisele, siis Toshiba suudab tuvastada vaid ühefaasilise maalühise. Siit saab järeldada, et releed kasutavad erinevaid lühise suuna määramise algoritme.

Kui pingelohu läbimise loogikaga varustatud pingemuunduriga ühenduse puhul toimivad releekaitses esimeses kaitsetsoonis üldjuhul korralikult kõikide lühisetüüpidega (v.a. 300 MW ülekantava võimsusega tsoon Toshiba GRL200 importival poolel), siis teises kaitsetsoonis liinil 1-5 7SL87 enam kahefaasilisele lühisele ei reageeri, sest tuvastatav lühisekestus jääb viiteajale alla. Relee väljavõte on toodud joonisel 5.7.



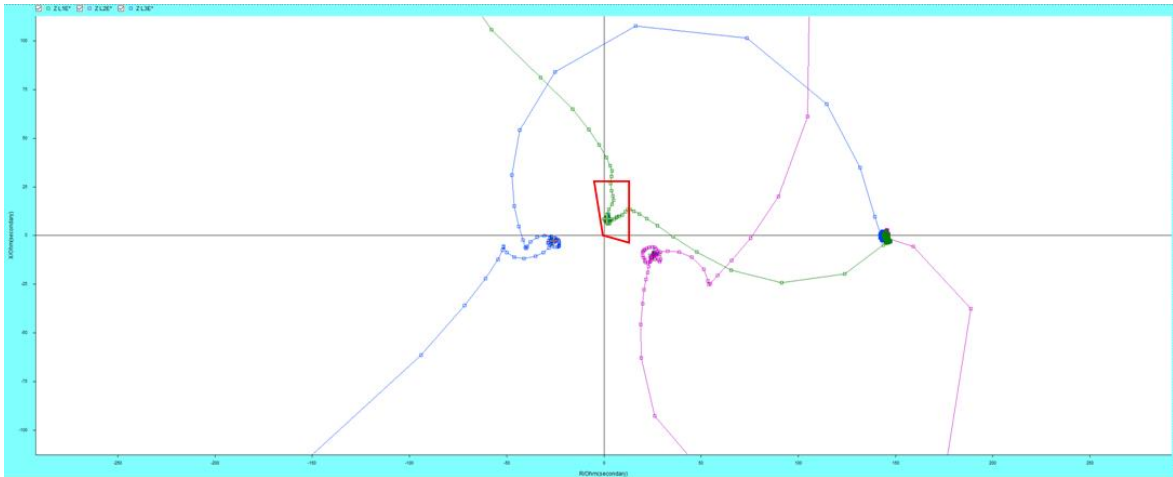
Joonis 5.7 Kahefaasiline lühis pingelohu läbimise loogikaga varustatud pingemuunduriga teises kaitsetsoonis

Pingemuunduriga mudelil korral esines liinil 4-5 ülekantaval võimsusel 300 MW piirkond, kus ühefaasiline maalühis osutus Siemens 7SL87 poolt tuvastamatuks, sest relee ei suutnud määrata lühise suunda. Relee väljavõtte on toodud joonisel 5.8.



Joonis 5.8 Ühefaasiline lühis pingemuunduriga ühendusega teises kaitsetsoonis

Vaadeldes lühise parameetreid X-R tasandil joonisel 5.9, on näha, et lühises faasi näivtakistus (joonisel tähistatud rohelisega) jõuab küll kaitsetsooni (joonisel punane), kuid vastavalt joonisel 5.8 toodud väljavõttele relee lühisele ei reageeri.



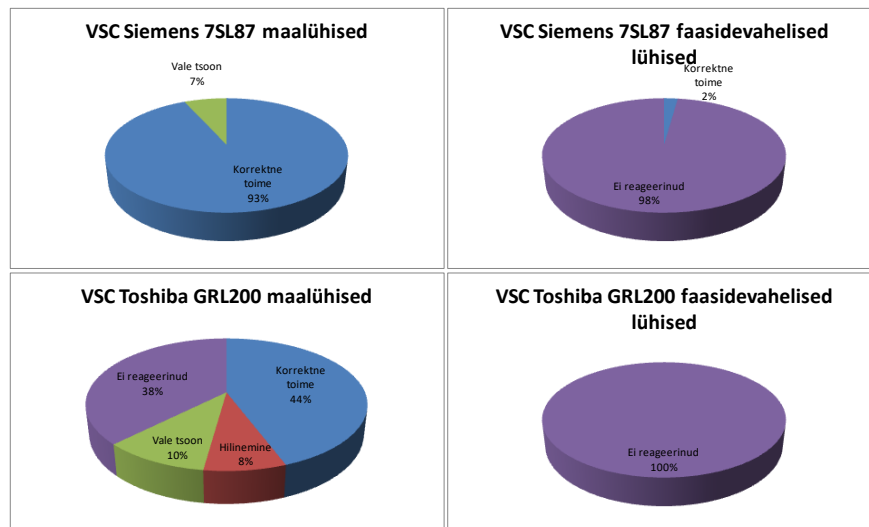
Joonis 5.9 Ühefaasiline lühis pingemuunduriga ühendusega teises kaitsetsoonis X-R tasandil

Üldised järeldused, mida saab teha releede katsetamisest

- Releede lühiste reageerimise efektiivsus sõltub alalisvooluühenduse puhul lühise tüübist. Lühiste tuvastamise kvaliteet vähenes järjekorras ühefaasilised maalühised, kahefaasilised maalühised, kahefaasilised lühised ja kolmefaasilised lühised
- Relee toimed on sarnased muunduri importival (alaldi) ja eksportival (vaheldi) poolel, erandina esineb vaheldi poolel 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. Antud mudelis Toshiba GRL200-I liinil 2-1 pingelohu läbimise loogikaga pingemuunuri 300 MW koormuse juures kahefaasilise lühise ja kahefaasilise maalühise puhul ning Siemens 7SL87-I liinil 4-5 pingemuunduriga ühenduse 300 MW koormuse juures ühefaasilise lühise puhul. (lisad 6 ja 11)

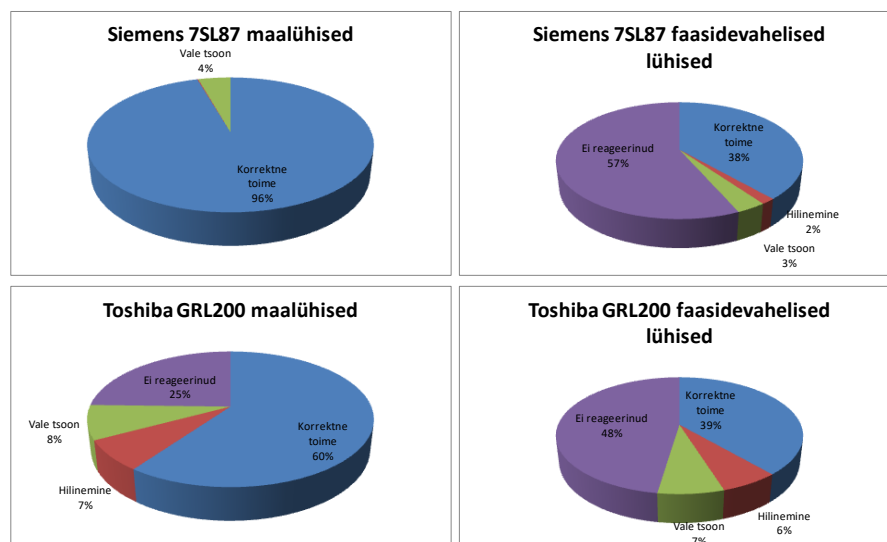
Lisakatsena tehti antud töös testid, kus lisati kontrollitava relee latile täiendavalt 170 MVA generaator. Eelduseks oli, et generaator annab piisavalt tugevad sünkronmasinale omased signaalid, et relee väärtoimeid vältida. Katsetuse tulemused näitasid, et sellise abinõu kasutuselevõtmisel kaitstaval liinil toimuva lühise korral, toimis releekaitse praktiliselt veatult. Lühise tekkimisel kahe erineva lühist toitava haruga võrgu osas tekkisid häired relee töös, mistõttu saab väita, et generaatori lisamisel toimib releekaitse korrektselt ainult kaitstava objekti lõpuni.

Pingelohu läbimise loogikata pingemuunduri puhul faasidevahelisi lühiseid kumbki rele praktiliselt ei tuvastanud, sest jäiklühisega kaasnev pingekadu lülitab konverteri toite välja enne reageerimisaega. (joonis 5.10)

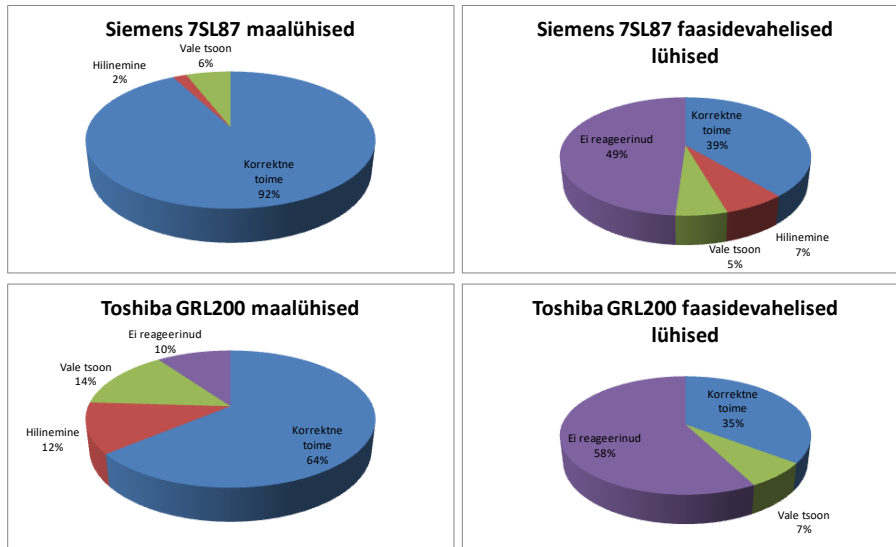


Joonis 5.10 Releede reagerimine pingemuunduri poolt toidetavatele lühistele kaitstava liini ulatuses

Releekaitse toimet vaadates ei olnud märgatavaid erinevusi kaitstava liini ulatuses sõltuvalt sellest, kas kaitse oli muunduri mõttes importival (joonis 5.11) või eksportival (joonis 5.12) suunal.

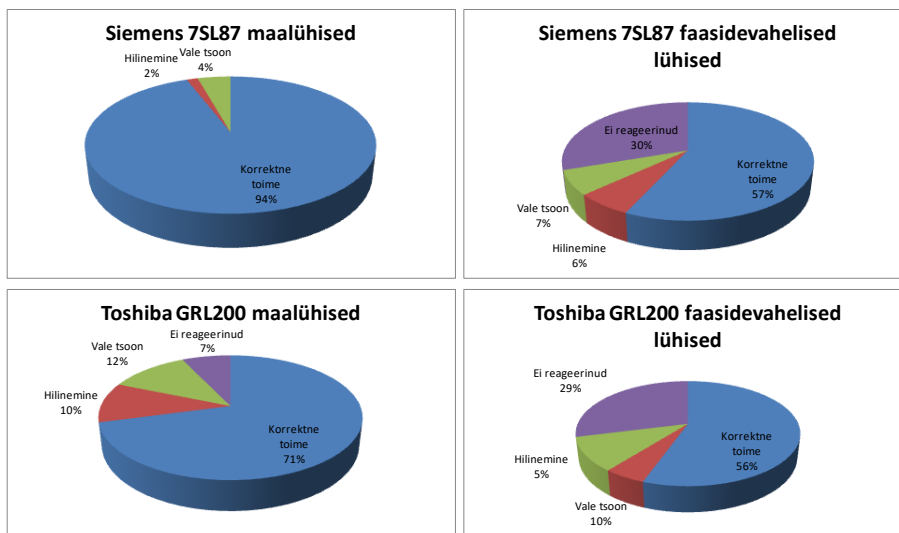


Joonis 5.11 Lühised alalisvoolühenduse importival latil



Joonis 5.12 Lühised alalisvooluühenduse eksportival latil

Releed käitusid lühise tuvastamisel erinevalt. Vaadeldes voolumuunduriga ja pingelohu läbimise loogikaga pingemuunduriga mudelite tulemusi kaitseobjekti osas saab väita, et Siemens SIPROTECH 7SL87 suudab määrata maalühiseid Toshiba GRL200-st mõnevõrra paremini. Faasidevaheliste lühiste puhul erinevust ei täheldatud. (joonis 5.13). Erinevust põhjustavad tõenäoliselt releeti erinevad voolu ja pinge mõõtmise algoritmid ja/või kaitsetsoonide erinevad piirid X-R tasandil.



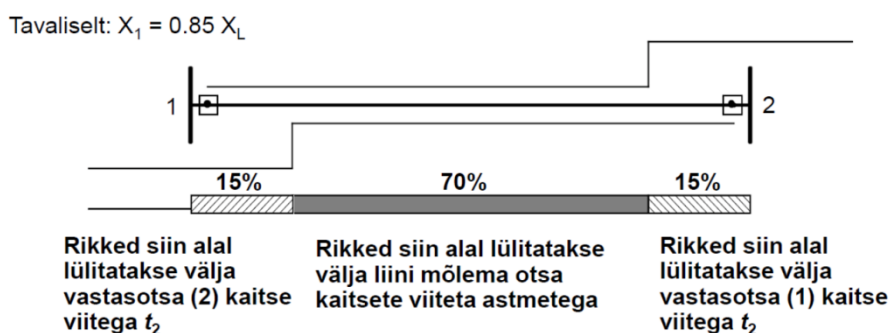
Joonis 5.13 Lühised voolumuunduriga ja pingelohu läbimise loogikaga pingemuunduriga kaitstava liini ulatuses

4.6 Järeldused

Katsetulemused kinnitavad, et releed Siemens SIPROTEC 7SL87 ja Toshiba GRL200 ei sobi oma distantskaitse funktsiooni osas liinikaitse elemendiks ainult alalisvooluühendusega ühendatud latil. Põhjuseks on, et releed on disainitud töötama sünkroongeneraatorite poolt toidetavates vahelduvvooluvõrkudes ja seetõttu on lühiste korral voolu suuna määramine tõsiseks probleemiks. Antud probleemi lahendamiseks on vaja muuta distantskaitsereleede lühise suuna määramise mooduseid.

Käesolevaid releesid on võimalik kasutada liinide kaitseks, kui lisada muunduri latile sünkroongeneraator või -kompensaator. Seejuures tuleb aga arvestada, et käesolevad distantskaitsereleed toimivad kuni lühisvoolu jagunemise kohani. Kahe lühisvoolu liitumine tekitab juba relee lühise tuvastamises häireid, mistõttu tuleks probleemi vältimiseks kaitseääted ümber arvutada.

Teise võimalusena saab käesolevas mudelis kasutada sidekanaliga kaitset, kus liini teises otsas VL1 või VL4 juures olev relee vaatab vastavalt lati 2 või lati 3 poole ning lühise tekkides liinil 2-1 või 3-4 tuvastab selle asukoha, sest releed läbiv lühisvool tuleb sünkroongeneraatorist. Peale relee reageerimist saadab see signaali vastavalt VL2 või VL3 juures olevale releele täitmiskorralduse. Antud juhul tuleb aga arvestada viiteajaga lühise tuvastamisest vastasotsa poolt kuni relee rakendumiseni. Sidekanaliga relee skeem on toodud joonisel 5.14.



Joonis 5.14 Sidekanaliga kaitse skeem[12]

Kolmanda võimalusena saab kasutada diferentsiaalkaitset, kus toimuvad voolu ja pinge mõõtmised liini erinevates otstes ning lühise tuvastamisel lahutatakse võimsuslülitid liini mõlemas otsas. Diferentsiaalkaitse on viiteajata absoluutselt selektiivne kaitse.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida kõrgepinge alalisvooluühenduste toimet vahelduvvoolu kõrgepingevõrgu distantskaitsele kasutades RSCAD tarkvara abil moodustatud mudelit, mida lühiskatsete käigus testiti reaajasimulaatoril (RTDS). Muunduri latilt algava vahelduvvoolu kõrgepingeliini releesätteid arvutati analoogselt sünkroongeneraatorite poolt toidetava relee sätetega. Probleemi püstituse eelduseks oli tees, et alalisvooluühenduse käitumine lühise ajal erineb kardinaalselt sünkroongeneraatori käitumisest, seega võis eeldada häireid releekaitsete töös.

Töö käigus testiti kahe relee, Toshiba GRL200 ja Siemens SIPROTECH 7SL87 distantskaitseleede reageerimist lühistele nii kaitstava kui ka kaugreserveeritava liini osas, seda alalisvoolulingi importival kui eksportival poolel. Nii kaitstaval kui kaugreserveerital liinil testiti maa- (1 ja 1+1) ning faasidevahelisi (2 ja 3) lühiseid ühtlaselt kogu liinipikkuse ulatuses ja erinevatel HVDC lingi koormustel (100-600 MW).

Katsetulemused näitasid mõlemad relee väärtoimeid. Põhjusteks olid eelkõige piiratud lühisvool, mis ei võimaldanud määrata täpset lühise asukohta ja seepärast esines relee poolt lühise tuvastamist vales kaitsetsoonis või kaitsetsoonidest väljaspool, ning lühisvoolu mittesiinuline kuju, mis takistas relee poolt lühise asukoha määramist ja põhjustas relee rakendumise hilinemist või mitterakendumist.

Oluliselt parem oli maalühiste määramine kaitseobjekti piires, sest nulljärgnevusvoolu tuvastamine ei tekitanud releedele suuri probleeme. Siin oli parema lühisetuvastusvõimega Siemens 7SL87, mis tuvastas 100 %-liselt maalühised ja 94 %-liselt reageeris õigeaegselt. Toshiba GRL200 ei suutnud märgata 7 % maalühistest ja õigeaegselt reageeris vaid 71 % lühistele. Kaugreserveeriva liini lühiste puhul olid tulemused lühisvoolude jagunemise tõttu oluliselt nõrgemad.

Faasidevaheliste lühiste korral erinevate releede puhul kvalitatiivset erinevust ei esinenud. Kaitstava liini puhul reageerisid releed õigeaegselt 56-57 % lühistest ja lühisele jäi reageerimata 29-30 % katsetest. Kaugreserveeriva liini lühiste puhul täheldati analoogset käitumist maalühistega.

Täiendavalt testiti mudelit, kus lisaks HVDC lingile toitis latti ka sünkroongeneraator, viimase lühisvool osutus võrreldes alalisvooluühendusega domineerivaks, mistõttu mõlemad releed reageerisid 100 %-liselt kaitstava objekti ulatuses. Kaugreserveeriva objekti puhul releede lühisetuvastuse võime langes. Selle küsimus lahendamine ei olnud antud töö skoobis ja vajab täiendavalt uurimist.

Lõpptulemusena selgus käesoleva töö käigus, et klassikaliselt rakendatud releekaitse ei sobi väärtimete tõttu muunduriga ühendatud vahelduvvooluliini kaitseks. Alalisvooluühenduse vahetus läheduses on vajalik kasutada sidekanaliga distantskaitset, mille puhul liini teises otsas olev relee annab lühise nägemisel korralduse liin välja lülitada või absoluutselt selektiivset pikidiferentsiaalkaitset, mis võrdleb voolu väärtusi ja suundasid samaaegselt liini mõlemas otsas.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] J. Arillaga, High Voltage Direct Current Transmission, Short Run Press Ltd., 1988
- [2] K. Kilk, Baltimaade elektrisüsteemid 2025+, AES0200 Energiasüsteemi strateegiline arendamine, loenguslaidid 23.10.2019
- [3] J. Kilter, EES5110 Alalisvoolurakendused elektrisüsteemides, loenguslaidid 24.11.2020
- [4] ABB Ltd., ABB overhead transmissionlines for HVDC, <https://www.hitachiabb-powergrids.com/offering/product-and-system/hvdc/overhead-lines>, 27.01.2022
- [5] F. M. Gonzales-Longatt, Introduction to Direct Current Transmission, <http://fglongatt.org/DownloadArea/DownloadArea.html#1Presentations>, 1.02.2022
- [6] D. Jovcic ja K. Ahmed, High Voltage Direct Current Transmission, John Wiley & Sons Ltd., 2015.
- [7] J. Dixon, Three-phase Controlled Rectifiers, <http://edge.rit.edu/content/P12026/public/Three%20Phase%20Rectification>, 03.02.2022
- [8] J.Joller, Jõuelektroonika, Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 1996
- [9] M. Daryabak ja S. Filizadeh, Analysis of Waveform Approximation for the AC Current of a Line-commutated Converter, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6713068>, 21.02.2022
- [10] B. B. Jayant, The IGBT Device: Physics, Design and Applications of the Insulated Gate Bipolar Transistor, Elsevier, 2018
- [11] A. M. Abbas ja P. W. Lehn, PWM Based VSC-HVDC Systems, <https://ieeexplore.ieee.org/document/5275751?msckid=ab8b9554a94211ec8271e7708d93717a>, 21.03.2022
- [12] M. Tealane, EES5020 Automaatika ja releekaitse, loenguslaidid 04.03.2020
- [13] X. Zhao, T. Priebe, J. B. Curis ja P. Holmberg, Impact of HVDC Stations on Protection of AC Systems, CIGRE raport, 2011
- [14] P. M. Anderson, Power System Protection, Wiley-IEEE Press Ltd., 1999
- [15] G. Ziegler, Numerical Distance Protection, Publicis Erlangen GmbH, 2011
- [16] M. M. Alam, Distance Protection of Networks Supplied from VSC-HVDC, <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111434/2/260183.pdf>, 28.02.2022
- [17] M. Tang, C. Xiao, J. Ouyang ja R. Yu, The Analysis of Distance Protection Operation Characteristics of Power System Based on VSC-HVDC

- Iinterconnection, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8245677>,
28.02.2022
- [18] I. Yahyaoui, *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*, Elsevier, 2018
- [19] Elering AS, Võrgueeskiri
<https://elering.ee/sites/default/files/public/Teenused/Liitumine/National%20implementation%20of%20RfG%20established%20by%20Elering.docx>,
7.04.2022
- [20] I. Cowan ja B. Marshall, Evaluation of HVDC Impact on AC Network Protection, veebiseminar 27.04.2021
- [21] P. B. Khoke, S. Malode, VSC Based HVDC Transmission Line,
https://ijariie.com/AdminUploadPdf/REVIEW__VSC_BASED_HVDC_TRANSMISSION_LINE_ijariie5260.pdf, 5.03.2022
- [22] W.C. Stemmet, J. Smith & G. Atkinson-Hope, AC Harmonic Filter Design Methodology for HVDC Systems,
<http://digitalknowledge.cput.ac.za/bitstream/11189/7843/1/AC%20harmonic%20filter%20design%20methodology%20for%20HVDC%20systems.pdf>,
5.03.2022
- [23] Ü. Treufeldt, *Lühised elektrisüsteemides*, Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2002
- [24] Toshiba Ltd., *Manual Relay Toshiba GRL200*,
<https://www.scribd.com/document/481615215/Manual-Relay-Toshiba-GRL200-pdf>, 7.03.2022
- [25] RTDS Technologies Ltd., *kodulehekülg*,
<https://www.rtds.com/applications/protection-systems/>, 8.03.2022
- [26] Omicron Electronics GmbH, *kodulehekülg*,
<https://www.omicronenergy.com/en/products/cmc-356/>, 8.03.2022
- [27] M. Popov, *Accurate Models for Desktop Protection Studies and Hardware-in-the-Loop (HiL) Tests*, Horizon2020 project MIGRATE, 2016.

LISA 1. C++ script lühiste testimiseks

voolumuunduriga liinil 1-2

```
float 7SL87_trip_time, GRL200_trip_time, Load;
int i, j, k, l;

external "Subsystem #1 : CTLs : Vars : 7SL87_trip_time"7SL87tr;
external "Subsystem #1 : CTLs : Vars : GRL200_trip_time"GRL200tr;

string filename;
filename="C:\Users\Kasutaja\Documents\RSCAD\RTDS_USER\fileman\uus versioon\LCC\L1_2fault.csv";
fopen(filename,"w");
fprintf(filename,"%s;\n","Testingresults on Line 1_2 fault");
SUSPEND 0.1;
MasterPlotLockState = 1;
SUSPEND 0.1;
SUSPEND 0.1;
SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : LATIVALIK" = 1;
SUSPEND 0.1;
SetSlider "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : FLTDURL12" = 2.0;
fprintf(filename, "%s;%s;%s;%s;\n","7SL87_trip_time","GRL200_trip_time","Fault type","HVDC Load
p.u.");
for (j=1;j<22;j=j+1)
{
    if(j==1){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 0% of Line 1-2");}
    if(j==1){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 0.0;}

    if(j==2){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 5% of Line 1-2");}
    if(j==2){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 5.0;}

    if(j==3){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 10% of Line 1-2");}
    if(j==3){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 10.0;}

    if(j==4){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 15% of Line 1-2");}
    if(j==4){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 15.0;}

    if(j==5){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 20% of Line 1-2");}
    if(j==5){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 20.0;}

    if(j==6){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 25% of Line 1-2");}
    if(j==6){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 25.0;}

    if(j==7){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 30% of Line 1-2");}
    if(j==7){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 30.0;}

    if(j==8){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 35% of Line 1-2");}
    if(j==8){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 35.0;}

    if(j==9){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 40% of Line 1-2");}
    if(j==9){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 40.0;}

    if(j==10){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 45% of Line 1-2");}
    if(j==10){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 45.0;}

    if(j==11){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 50% of Line 1-2");}
    if(j==11){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 50.0;}

    if(j==12){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 55% of Line 1-2");}
    if(j==12){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 55.0;}

    if(j==13){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 60% of Line 1-2");}
    if(j==13){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 60.0;}

    if(j==14){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 65% of Line 1-2");}
    if(j==14){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 65.0;}

    if(j==15){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 70% of Line 1-2");}
    if(j==15){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 70.0;}
```

```

if(j==16){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 75% of Line 1-2");}
if(j==16){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 75.0;}

if(j==17){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 80% of Line 1-2");}
if(j==17){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 80.0;}

if(j==18){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 85% of Line 1-2");}
if(j==18){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 85.0;}

if(j==19){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 90% of Line 1-2");}
if(j==19){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 90.0;}

if(j==20){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 95% of Line 1-2");}
if(j==20){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 95.0;}

if(j==21){fprintf(filename,"%s;\n","Fault at 100% of Line 1-2");}
if(j==21){SetSlider "DraftVariables : L12dist" = 100.0;}

Start;
SUSPEND 0.1;
for (i=1;i<7;i=i+1)
{
    SetSlider "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : IDCORDER" = i/10;
    SUSPEND 0.1;
    Load=i/10;

    for (k=1;k<5;k=k+1)
    {
        //MasterPlotLockState = 0;
        SUSPEND 0.1;
        SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFAL12" = 0;
        SUSPEND 0.1;
        SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFBL12" = 0;
        SUSPEND 0.1;
        SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFCL12" = 0;
        SUSPEND 0.1;
        SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFABL12" = 0;
        SUSPEND 0.1;
        SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFBC12" = 0;
        SUSPEND 0.1;
        SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFCA12" = 0;

        if(k==1){SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFAL12" = 1;}
        SUSPEND 0.1;
        if(k==2){SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFAL12" = 1;}
        if(k==2){SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFBL12" = 1;}
        SUSPEND 0.1;
        if(k==3){SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFABL12" = 1;}
        SUSPEND 0.1;
        if(k==4){SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFABL12" = 1;}
        if(k==4){SetSwitch "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : CONFCA12" = 1;}
        MasterPlotLockState = 1;

        for (l=1;l<4;l=l+1)
        {
            SUSPEND 0.1;
            PushButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : Start";
            SUSPEND 0.1;
            ReleaseButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : Start";
            SUSPEND 10.0;
            MasterPlotLockState = 0;
            SUSPEND 0.1;
            PushButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : Tosh_reset";
            SUSPEND 0.1;
            ReleaseButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : Tosh_reset";
            SUSPEND 0.1;
            PushButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : Sie_reset";
            SUSPEND 0.1;
            ReleaseButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : Sie_reset";
        }
    }
}

```

```
SUSPEND 0.1;
PushButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : FLTL12";
SUSPEND 0.1;
ReleaseButton "Subsystem #1 : CTLs : Inputs : FLTL12";
SUSPEND 0.1;

7SL87_trip_time=arraymax(7SL87tr);
GRL200_trip_time=arraymax(GRL200tr);
fprintf(filename,"%0.3f;%0.3f;%0.0f;%0.1f;\n",7SL87_trip_time,
        GRL200_trip_time, k, Load);
SUSPEND 0.1;
MasterPlotLockState = 1;
    }
}
}
Stop;
}
```

LISA 2. Testitulemused liinil 2-1 LCC-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,024	0,022	0,027	0,027	0,032	0,034	0,036	0,031	0,025	0,023	0,033	0,029	0,032	0,037	0,047	0,055	0,060	0,204	0,324	0,323	0,327	0,327
200MW	1	0,029	0,025	0,025	0,029	0,029	0,032	0,035	0,038	0,027	0,025	0,032	0,034	0,026	0,039	0,067	0,070	0,079	0,322	0,323	0,319	0,328	0,328
300MW	1	0,028	0,023	0,024	0,028	0,037	0,029	0,023	0,027	0,031	0,034	0,027	0,030	0,031	0,033	0,041	0,057	0,056	0,219	0,326	0,330	0,330	0,330
400MW	1	0,028	0,032	0,033	0,033	0,029	0,033	0,029	0,029	0,026	0,035	0,028	0,036	0,034	0,045	0,054	0,059	0,056	0,239	0,330	0,326	0,326	0,326
500MW	1	0,032	0,029	0,034	0,035	0,037	0,028	0,029	0,033	0,031	0,030	0,029	0,030	0,035	0,038	0,046	0,058	0,066	0,328	0,330	0,330	0,337	0,337
600MW	1	0,033	0,029	0,030	0,026	0,031	0,031	0,029	0,032	0,029	0,036	0,033	0,032	0,042	0,065	0,054	0,068	0,064	0,256	0,329	0,325	0,327	0,327
100MW	1+1	0,027	0,024	0,023	0,026	0,030	0,035	0,037	0,034	0,039	0,042	0,050	0,049	0,050	0,055	0,054	0,061	0,159	0,339	0,346	0,332	0,332	0,332
200MW	1+1	0,027	0,023	0,021	0,029	0,029	0,040	0,038	0,038	0,034	0,031	0,038	0,048	0,055	0,051	0,052	0,059	0,089	0,336	0,332	0,338	0,338	0,338
300MW	1+1	0,030	0,026	0,024	0,030	0,026	0,031	0,033	0,041	0,036	0,031	0,038	0,052	0,058	0,056	0,054	0,062	0,167	0,334	0,321	0,336	0,336	0,336
400MW	1+1	0,032	0,023	0,026	0,023	0,027	0,039	0,052	0,043	0,035	0,044	0,043	0,054	0,052	0,059	0,053	0,052	0,060	0,145	0,331	0,329	0,327	0,327
500MW	1+1	0,024	0,048	0,023	0,019	0,032	0,047	0,045	0,056	0,051	0,050	0,051	0,048	0,054	0,050	0,055	0,066	0,062	0,248	0,332	0,325	0,326	0,326
600MW	1+1	0,030	0,024	0,029	0,023	0,029	0,046	0,043	0,047	0,056	0,060	0,062	0,052	0,063	0,071	0,057	0,063	0,067	0,269	0,331	0,329	0,327	0,327
100MW	2	0,038	0,046	0,057	0,058	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,653	0,536	0,536	0,536	0,536
200MW	2	0,041	x	0,052	0,058	x	0,078	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,457	0,460	0,341	0,325	0,579	0,779	0,779
300MW	2	0,069	0,067	0,074	0,066	0,068	0,070	0,064	0,071	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,536	0,340	0,343	0,351	0,351
400MW	2	0,044	0,072	0,083	x	xxx	0,067	0,067	x	xxx	x	0,063	x	0,062	xxx	xxx	xxx	0,590	0,358	0,358	0,350	0,349	0,349
500MW	2	0,038	0,055	0,055	0,049	0,046	0,056	0,050	x	xxx	xxx	0,459	0,342	0,361	0,333	0,306	0,363	0,354	0,343	0,344	0,354	0,354	0,354
600MW	2	x	0,053	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xx	0,070	x	0,415	0,326	0,345	0,347	0,345	0,351	0,357	0,357
100MW	3	x	xx	x	x	x	x	0,053	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	0,071	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	x	0,044	x	0,053	x	x	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	x	x	0,051	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,033	0,029	0,034	0,035	0,037	0,038	0,040	0,037	0,032	0,030	0,048	0,043	0,032	0,029	0,041	0,049	0,048	0,049	0,326	0,334	0,335	0,335
200MW	1	0,036	0,031	0,031	0,036	0,033	0,035	0,040	0,043	0,033	0,031	0,047	0,048	0,042	0,033	0,031	0,048	0,043	0,043	0,333	0,330	0,334	0,334
300MW	1	0,034	0,029	0,027	0,033	0,041	0,032	0,026	0,032	0,037	0,040	0,041	0,083	0,033	0,035	0,034	0,038	0,040	0,046	0,335	0,333	0,336	0,336
400MW	1	0,035	0,036	0,038	0,038	0,033	0,036	0,038	0,035	0,032	0,039	0,043	0,105	0,038	0,064	0,036	0,064	0,039	0,044	0,328	0,336	0,334	0,334
500MW	1	0,037	0,033	0,041	0,039	0,033	0,031	0,033	0,037	0,035	0,036	0,044	0,126	0,040	0,043	0,036	0,046	0,047	0,128	0,330	0,340	0,338	0,338
600MW	1	0,038	0,033	0,037	0,031	0,033	0,034	0,033	0,037	0,032	0,040	0,062	0,165	0,045	0,052	0,049	0,057	0,060	0,180	0,330	0,331	0,329	0,329
100MW	1+1	0,067	0,060	0,059	xx	0,052	0,038	xxx	0,071	xx	xxx	x	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,067	0,060	0,059	xx	0,052	0,038	xxx	0,071	xx	xxx	x	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xx	xx	xxx	xx	xxx	xx	xxx	0,068	0,067	0,040	0,069	xxx	0,037	0,041	0,033	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1,036	0,811
400MW	1+1	xx	xxx	xx	xxx	xx	0,040	0,047	0,058	0,041	0,039	0,055	0,077	0,041	0,037	0,043	0,046	0,047	0,247	xxx	xxx	0,866	0,866
500MW	1+1	xx	x	x	xxx	xxx	0,041	0,037	0,043	0,037	0,035	0,044	0,046	0,035	0,044	0,055	0,050	0,043	0,222	0,776	xxx	0,896	0,896
600MW	1+1	xxx	xxx	0,039	xxx	xxx	0,040	0,033	0,041	0,039	0,043	0,050	0,046	0,035	0,044	0,051	0,052	0,050	0,257	xxx	x	0,929	0,929
100MW	2	0,060	0,056	0,061	0,041	0,048	0,064	0,070	0,067	0,074	0,059	0,058	0,054	0,065	0,063	0,060	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,924	0,746
200MW	2	0,059	0,036	0,057	0,047	0,046	0,067	0,065	0,073	0,066	0,071	0,058	0,059	0,059	0,072	0,055	xxx	xxx	x	0,851	0,953	0,653	0,653
300MW	2	x	0,066	0,073	0,066	0,064	0,071	0,066	0,073	0,064	0,071	0,071	0,068	0,071	0,071	0,049	xxx	xxx	0,063	xxx	x	1,018	0,656
400MW	2	xxx	xxx	0,068	xx	x	0,062	0,061	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1,032	0,696
500MW	2	x	0,061	x	0,058	0,053	0,062	0,054	0,055	0,055	0,058	0,062	0,060	0,064	0,058	0,054	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,775
600MW	2	0,065	xxx	xxx	0,059	xxx	0,073	x	xx	x	0,056	0,060	0,059	0,047	0,054	x	xxx	0,055	xxx	xxx	xxx	0,817	0,714
100MW	3	0,043	0,045	0,041	0,043	0,043	0,045	0,045	0,040	0,038	0,041	0,047	0,043	0,043	0,039	0,041	0,036	0,048	x	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,041	0,045	0,042	0,042	0,047	0,046	0,046	0,044	0,052	0,043	0,041	0,051	0,041	0,061	0,044	0,058	0,069	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,047	0,052	0,046	0,044	0,037	0,047	0,044	0,037	0,048	0,059	0,055	0,054	0,049	0,045	0,049	0,045	0,069	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,054	0,046	0,052	0,052	0,053	0,047	0,054	0,052	0,045	0,048	0,053	0,049	0,049	0,051	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,048	0,056	0,051	0,049	0,057	0,047	0,044	0,049	0,073	0,045	0,051	0,049	0,051	0,061	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,055	0,047	0,055	0,045	0,048	0,047																

LISA 3. Testitulemused liinil 1-5 LCC-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,328	0,332	0,326	0,623	0,627	0,627	0,641	0,626	0,642	0,635	0,660	0,648	0,644	0,650	0,659	0,652	0,652	0,653	0,704	0,847	0,870	0,769
200MW	1	0,323	0,330	0,318	0,317	0,423	0,328	0,331	0,657	0,642	0,656	0,658	0,660	0,663	0,664	0,674	0,755	0,651	0,663	x	x	x	x
300MW	1	0,329	0,323	0,328	0,629	0,643	0,648	0,646	0,641	0,661	0,658	0,655	0,651	0,658	0,652	0,648	xx	0,663	xx	xx	0,870	xxx	xxx
400MW	1	0,331	0,331	0,335	0,653	0,658	0,643	0,648	0,654	0,660	0,643	0,640	0,641	0,650	0,649	0,659	0,656	0,650	0,663	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,328	0,342	0,350	0,643	0,647	0,653	0,656	0,649	0,648	0,647	0,645	0,647	0,642	0,647	0,648	0,654	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,331	0,335	0,337	0,639	0,647	0,773	0,865	0,648	0,646	0,647	0,636	0,646	0,645	0,655	0,637	0,685	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,325	0,349	0,339	0,351	0,355	0,668	0,650	0,649	0,676	0,654	0,669	0,673	0,669	0,670	0,675	0,660	0,671	0,661	0,653	0,650	0,647	0,647
200MW	1+1	0,336	0,333	0,344	0,350	0,496	0,495	0,571	0,665	0,664	0,669	0,667	0,660	0,670	0,667	0,663	0,661	0,658	0,662	0,671	0,672	0,662	0,662
300MW	1+1	0,325	0,339	0,336	0,346	0,664	0,648	0,688	0,676	0,653	0,668	0,674	0,668	0,653	0,657	0,663	0,666	0,665	0,662	0,665	0,672	0,667	0,667
400MW	1+1	0,324	0,334	0,338	0,354	0,416	0,631	0,634	0,633	0,638	0,647	0,661	0,666	0,652	0,668	0,669	0,662	0,665	0,677	0,674	0,668	0,666	0,666
500MW	1+1	0,326	0,323	0,833	0,326	0,427	0,640	0,630	0,641	0,644	0,645	0,644	0,648	0,655	0,669	0,648	0,666	0,658	0,665	0,672	0,670	0,676	0,676
600MW	1+1	0,328	0,322	0,331	0,325	0,322	0,649	0,649	0,649	0,641	0,639	0,647	0,652	0,651	0,690	0,671	0,681	0,672	0,672	0,670	0,670	0,670	0,670
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,333	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,352	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,357	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,353	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,061	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

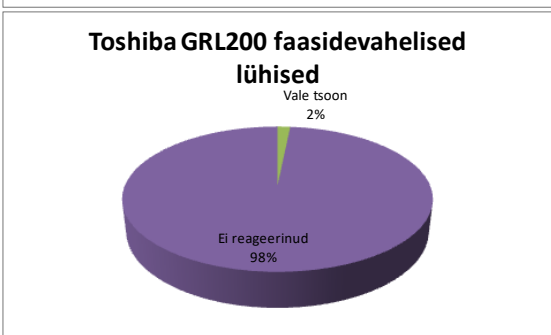
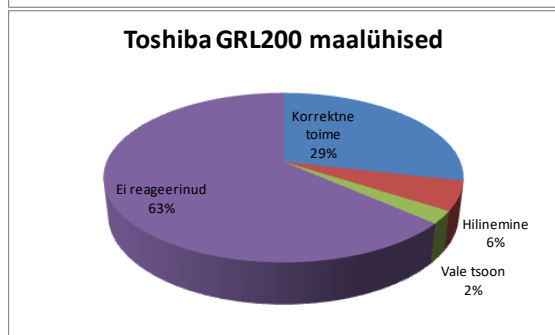
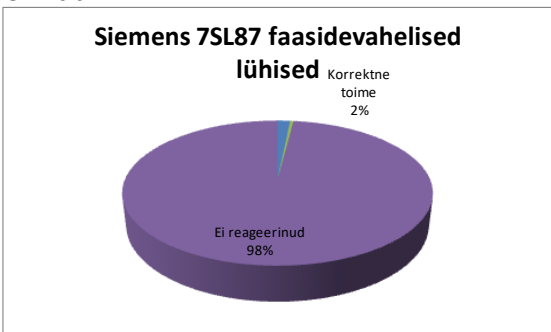
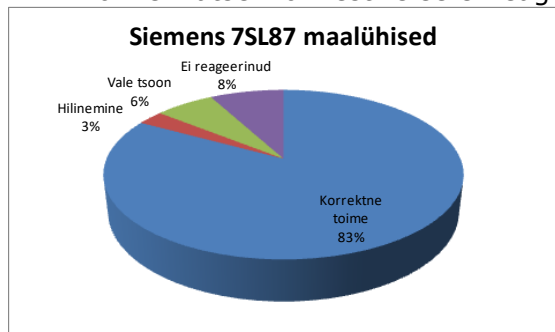
Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,334	0,336	0,334	0,620	0,629	0,623	0,631	0,628	0,683	0,683	0,662	0,632	0,682	0,687	0,688	0,677	0,687	0,686	0,686	0,682	0,689	0,689
200MW	1	0,327	0,334	0,331	0,340	0,649	0,651	0,674	0,683	0,676	0,668	0,686	0,681	0,683	0,689	0,738	0,681	0,687	0,687	0,686	0,686	0,808	0,733
300MW	1	0,332	0,332	0,337	0,626	0,631	0,685	0,684	0,678	0,683	0,681	0,680	0,683	0,680	0,773	0,827	0,772	0,815	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,336	0,335	0,335	0,638	0,684	0,683	0,681	0,681	0,633	0,659	0,738	0,734	0,741	0,736	0,793	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,332	0,340	0,343	0,627	0,677	0,683	0,675	0,674	0,790	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,334	0,337	0,335	0,661	0,667	0,671	0,684	0,703	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,836	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	0,822	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,769	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,827	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,060	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 4. Testitulemused liinil 2-1 VSC-ga

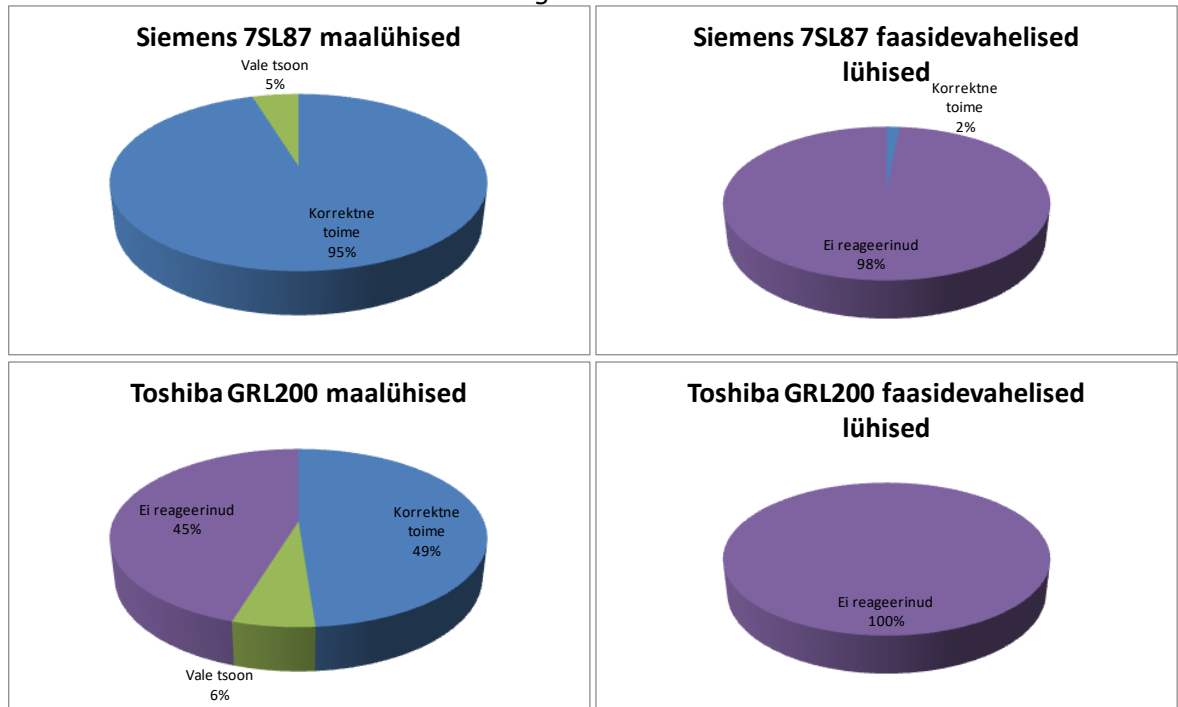
Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,018	0,018	0,015	0,018	0,017	0,016	0,018	0,020	0,018	0,019	0,020	0,021	0,023	0,019	0,035	0,032	0,036	0,133	0,314	0,319	0,317	0,317
200MW	1	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016	0,021	0,020	0,019	0,019	0,020	0,019	0,020	0,021	0,024	0,030	0,020	0,040	0,132	0,315	0,315	0,317	0,317
300MW	1	0,016	0,017	0,016	0,018	0,017	0,020	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,021	0,022	0,028	0,028	0,040	0,224	0,315	0,316	0,316	0,318
400MW	1	0,023	0,023	0,023	0,019	0,022	0,020	0,020	0,019	0,020	0,020	0,019	0,020	0,021	0,024	0,028	0,028	0,040	0,222	0,316	0,316	0,316	0,318
500MW	1	0,023	0,023	0,022	0,019	0,019	0,018	0,020	0,020	0,020	0,019	0,022	0,020	0,023	0,023	0,028	0,029	0,040	0,237	0,330	0,329	0,330	0,330
600MW	1	0,021	0,021	0,021	0,020	0,022	0,027	0,024	0,025	0,029	0,029	0,035	0,029	0,033	0,040	0,041	0,043	0,249	0,331	0,336	0,328	0,328	0,328
100MW	1+1	0,016	0,016	0,016	0,015	0,018	0,017	0,025	0,021	0,026	0,025	0,027	0,041	0,041	0,041	0,048	0,047	0,047	0,058	0,099	0,320	0,338	0,338
200MW	1+1	0,016	0,017	0,016	0,015	0,019	0,021	0,019	0,023	0,024	0,024	0,025	0,025	0,026	0,033	0,047	0,047	0,058	0,106	0,324	0,339	0,339	0,339
300MW	1+1	0,015	0,015	0,015	0,016	0,019	0,019	0,019	0,022	0,022	0,025	0,024	0,026	0,027	0,036	0,047	0,048	0,053	0,106	0,324	0,339	0,339	0,339
400MW	1+1	0,015	0,018	0,015	0,017	0,017	0,027	0,021	0,020	0,019	0,024	0,025	0,026	0,029	0,042	0,047	0,047	0,053	0,150	0,321	0,316	0,322	0,322
500MW	1+1	0,017	0,019	0,016	0,016	0,016	0,025	0,027	0,023	0,028	0,023	0,028	0,028	0,036	0,043	0,047	0,040	0,046	0,190	0,315	0,334	0,323	0,323
600MW	1+1	0,023	0,016	0,016	0,030	0,016	0,027	0,032	0,041	0,030	0,028	0,025	0,034	0,038	0,048	0,051	0,057	0,057	0,290	0,315	0,325	0,316	0,316
100MW	2	0,016	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,016	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,017	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx
100MW	3	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,028	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,036	0,041	0,037	0,041	0,038	0,035	0,040	0,037	0,036	0,036	0,034	0,037	0,036	0,039	0,038	0,039	0,037	0,041	0,339	0,339	0,341	0,341
200MW	1	0,039	0,042	0,040	0,041	0,039	0,041	0,040	0,039	0,042	0,041	0,039	0,040	0,042	0,040	0,039	0,041	0,039	0,151	0,341	0,340	0,341	0,341
300MW	1	0,042	0,041	0,041	0,041	0,042	0,041	0,040	0,043	0,042	0,042	0,043	0,043	0,042	0,042	0,041	0,042	0,160	0,340	0,343	0,341	0,341	0,341
400MW	1	0,043	0,042	0,043	0,041	0,042	0,041	0,040	0,043	0,042	0,042	0,043	0,043	0,042	0,042	0,042	0,041	0,042	0,182	0,343	0,343	0,341	0,341
500MW	1	0,042	0,042	0,043	0,041	0,042	0,036	0,043	0,042	0,041	0,041	0,043	0,043	0,042	0,043	0,042	0,044	0,042	0,264	0,343	0,343	0,343	0,343
600MW	1	0,041	0,038	0,038	0,038	0,041	0,045	0,037	0,042	0,041	0,042	0,043	0,043	0,042	0,043	0,042	0,044	0,042	0,157	0,343	0,343	0,344	0,344
100MW	1+1	x	x	1,033	1,034	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	xx	x	1,036	1,034	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xxx	xx	1,036	1,034	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	xx	xxx	1,036	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,058	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	xxx	xx	1,036	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,055	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	xxx	xx	0,719	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,054	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest relee ei reageerinud
 xx - kahel katsel kolmest relee ei reageerinud
 xxx - kolmel katsel kolmest relee ei reageerinud



LISA 5. Testitulemused liinil 1-5 VSC-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,321	0,316	0,317	0,617	0,611	0,615	0,613	0,615	0,618	0,619	0,617	0,623	0,618	0,623	0,619	0,624	0,640	0,638	0,645	0,648	0,654	0,854
200MW	1	0,317	0,317	0,317	0,518	0,617	0,616	0,624	0,621	0,624	0,618	0,618	0,619	0,619	0,622	0,621	0,627	0,643	0,647	0,647	0,730	0,647	0,872
300MW	1	0,318	0,318	0,318	0,519	0,618	0,616	0,615	0,617	0,620	0,621	0,619	0,615	0,618	0,618	0,622	0,628	0,646	0,645	0,650	0,652	0,652	0,651
400MW	1	0,318	0,325	0,326	0,520	0,619	0,619	0,615	0,626	0,623	0,621	0,625	0,616	0,619	0,617	0,623	0,624	0,630	0,644	0,702	0,647	0,647	0,645
500MW	1	0,329	0,334	0,337	0,532	0,630	0,631	0,620	0,619	0,619	0,624	0,625	0,620	0,622	0,618	0,624	0,623	0,624	0,637	0,642	0,634	0,634	0,634
600MW	1	0,328	0,328	0,329	0,333	0,634	0,622	0,617	0,615	0,618	0,621	0,621	0,623	0,622	0,624	0,725	0,626	0,627	0,641	0,651	0,628	0,628	0,628
100MW	1+1	0,333	0,316	0,340	0,322	0,323	0,333	0,613	0,621	0,639	0,649	0,627	0,632	0,626	0,675	0,674	0,675	0,429	0,619	0,634	0,619	0,857	0,857
200MW	1+1	0,337	0,324	0,341	0,333	0,317	0,316	0,614	0,616	0,615	0,615	0,618	0,614	0,612	0,616	0,616	0,617	0,618	0,618	0,624	0,615	0,615	0,615
300MW	1+1	0,330	0,316	0,330	0,324	0,318	0,317	0,627	0,612	0,616	0,616	0,619	0,615	0,616	0,616	0,615	0,619	0,617	0,618	0,618	0,631	0,636	0,636
400MW	1+1	0,319	0,316	0,327	0,318	0,314	0,312	0,616	0,613	0,616	0,617	0,615	0,616	0,619	0,617	0,623	0,626	0,615	0,619	0,619	0,853	0,824	0,824
500MW	1+1	0,320	0,329	0,315	0,316	0,315	0,318	0,617	0,617	0,617	0,617	0,618	0,622	0,627	0,618	0,636	0,620	0,621	0,840	0,867	0,832	0,743	0,743
600MW	1+1	0,332	0,315	0,316	0,317	0,316	0,319	0,617	0,615	0,618	0,618	0,616	0,636	0,621	0,619	0,623	0,628	0,421	0,958	0,836	0,812	0,777	0,777
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

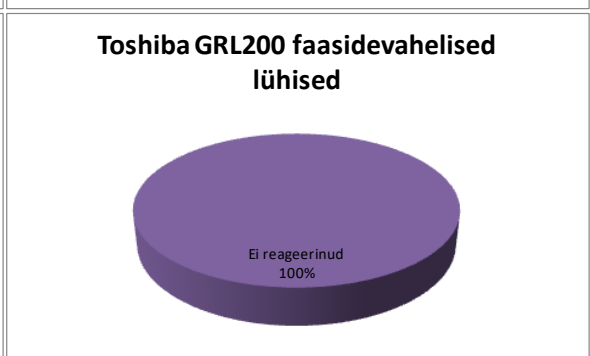
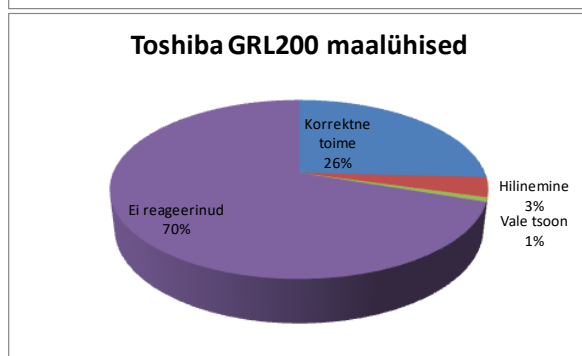
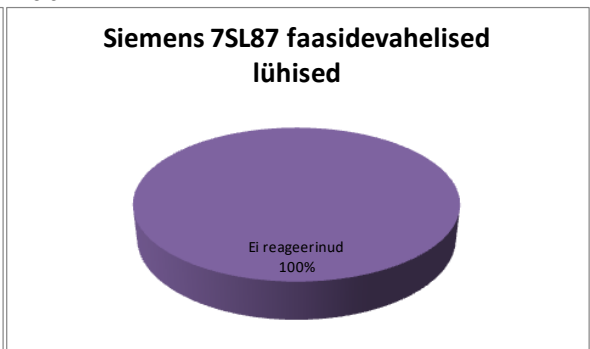
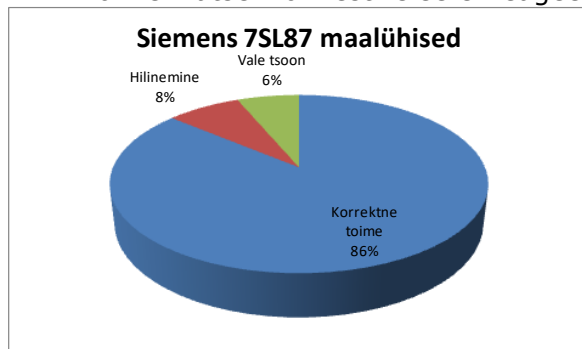
Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,329	0,341	0,341	0,640	0,641	0,651	0,640	0,659	0,654	0,654	0,654	0,649	0,635	0,636	0,713	x	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1	0,342	0,341	0,341	0,545	0,640	0,642	0,640	0,642	0,642	0,641	0,642	0,643	0,640	0,642	0,559	0,679	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1	0,342	0,341	0,341	0,544	0,641	0,642	0,643	0,642	0,641	0,661	0,737	x	x	x	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,342	0,341	0,341	0,546	0,644	0,642	0,643	0,642	0,645	0,644	0,690	x	x	x	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,342	0,344	0,341	0,544	0,644	0,642	0,643	0,645	0,645	0,644	0,705	x	x	x	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,343	0,344	0,345	0,543	0,644	0,645	0,643	0,645	0,645	0,644	0,661	0,716	x	x	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 6. Testitulemused liinil 2-1 VSC ja LVRT-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,012	0,017	0,017	0,016	0,017	0,017	0,020	0,019	0,017	0,017	0,019	0,020	0,022	0,021	0,021	0,021	0,038	0,046	0,046	0,316	0,315	0,316
200MW	1	0,016	0,016	0,015	0,015	0,016	0,022	0,019	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,022	0,022	0,022	0,026	0,037	0,037	0,318	0,315	0,317	0,318
300MW	1	0,017	0,016	0,018	0,016	0,020	0,020	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,022	0,022	0,038	0,038	0,037	0,318	0,316	0,318
400MW	1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,019	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,022	0,020	0,038	0,038	0,037	0,318	0,317	0,318
500MW	1	0,020	0,019	0,020	0,020	0,019	0,019	0,020	0,020	0,019	0,019	0,021	0,022	0,021	0,022	0,020	0,020	0,037	0,037	0,043	0,324	0,323	0,324
600MW	1	0,018	0,018	0,019	0,022	0,019	0,019	0,023	0,027	0,025	0,025	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,037	0,037	0,044	0,050	0,324	0,316	0,335
100MW	1+1	0,015	0,016	0,017	0,017	0,020	0,019	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,025	0,027	0,029	0,037	0,039	0,043	0,047	0,336	0,325	0,336	0,336
200MW	1+1	0,017	0,015	0,018	0,016	0,021	0,020	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,025	0,027	0,029	0,037	0,039	0,044	0,050	0,324	0,316	0,335	0,335
300MW	1+1	0,020	0,015	0,015	0,015	0,019	0,023	0,019	0,020	0,023	0,022	0,022	0,021	0,027	0,029	0,037	0,037	0,043	0,048	0,333	0,316	0,338	0,338
400MW	1+1	0,016	0,018	0,016	0,015	0,020	0,025	0,020	0,020	0,022	0,023	0,023	0,025	0,027	0,032	0,037	0,038	0,040	0,137	0,318	0,319	0,319	0,319
500MW	1+1	0,016	0,018	0,019	0,017	0,018	0,024	0,020	0,020	0,021	0,020	0,023	0,024	0,035	0,033	0,042	0,041	0,045	0,054	0,321	0,326	0,321	0,321
600MW	1+1	0,018	0,017	0,020	0,018	0,022	0,027	0,022	0,022	0,021	0,023	0,021	0,028	0,030	0,031	0,046	0,042	0,047	0,298	0,318	0,321	0,321	0,505
100MW	2	0,015	0,054	0,057	0,047	0,059	0,059	0,062	0,063	0,065	0,068	0,067	0,067	0,067	0,076	0,067	0,072	0,072	0,285	0,316	0,320	0,316	0,316
200MW	2	0,015	0,055	0,053	0,045	0,058	0,071	0,046	0,034	0,062	0,064	0,065	0,067	0,067	0,071	0,067	0,078	0,319	0,317	0,336	0,317	0,336	0,317
300MW	2	0,020	0,055	0,061	0,055	0,045	0,058	0,045	0,059	0,059	0,059	0,061	0,063	0,066	0,067	0,064	0,066	0,071	0,330	0,330	0,332	0,328	0,328
400MW	2	0,020	0,034	0,068	0,057	0,057	0,066	0,060	0,068	0,055	0,071	0,063	0,069	0,069	0,071	0,071	0,072	0,071	0,343	0,336	0,330	0,339	0,339
500MW	2	0,060	0,066	0,061	0,057	0,070	0,080	0,066	0,073	0,073	0,076	0,070	0,069	0,076	0,081	0,081	0,076	0,081	0,198	0,331	0,328	0,342	0,342
600MW	2	0,289	0,066	0,238	0,106	0,139	0,086	0,056	0,107	0,103	0,107	0,103	0,102	0,105	0,069	0,057	0,057	0,082	0,342	0,339	0,341	0,335	0,335
100MW	3	0,019	0,020	0,048	0,051	0,057	0,053	0,055	0,067	0,059	0,055	0,060	0,060	0,060	0,067	0,063	0,063	0,065	0,076	0,335	0,320	0,333	0,333
200MW	3	0,016	0,025	0,037	0,047	0,051	0,054	0,054	0,057	0,056	0,059	0,059	0,060	0,060	0,065	0,065	0,060	0,064	0,100	0,329	0,321	0,332	0,332
300MW	3	0,017	0,035	0,038	0,052	0,050	0,055	0,057	0,055	0,058	0,057	0,058	0,060	0,060	0,064	0,060	0,060	0,067	0,106	0,321	0,334	0,338	0,338
400MW	3	0,045	0,046	0,052	0,040	0,050	0,054	0,057	0,055	0,057	0,058	0,058	0,057	0,063	0,055	0,053	0,061	0,065	0,075	0,339	0,328	0,337	0,337
500MW	3	0,037	0,036	0,054	0,052	0,051	0,052	0,053	0,053	0,041	0,041	0,069	0,061	0,051	0,056	0,050	0,054	0,060	0,067	0,328	0,328	0,337	0,337
600MW	3	0,013	0,038	0,049	0,051	0,065	0,071	0,055	0,060	0,077	0,071	0,058	0,045	0,046	0,068	0,057	0,062	0,059	0,068	0,321	0,326	0,319	0,319

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,034	0,037	0,036	0,037	0,033	0,037	0,037	0,035	0,039	0,038	0,037	0,038	0,040	0,042	0,114	0,040	0,044	0,127	0,340	0,338	0,341	0,341
200MW	1	0,039	0,041	0,039	0,041	0,039	0,039	0,039	0,041	0,040	0,042	0,039	0,040	0,040	0,041	0,041	0,042	0,041	0,340	0,340	0,339	0,341	0,341
300MW	1	0,043	0,042	0,042	0,041	0,043	0,042	0,042	0,040	0,040	0,042	0,042	0,043	0,043	0,041	0,041	0,042	0,041	0,343	0,343	0,342	0,341	0,341
400MW	1	0,043	0,042	0,042	0,041	0,042	0,042	0,042	0,040	0,043	0,042	0,042	0,043	0,043	0,041	0,041	0,042	0,041	0,343	0,343	0,342	0,341	0,341
500MW	1	0,043	0,042	0,042	0,044	0,043	0,042	0,042	0,044	0,042	0,041	0,042	0,043	0,043	0,041	0,044	0,041	0,044	0,343	0,343	0,342	0,341	0,341
600MW	1	0,038	0,041	0,042	0,037	0,041	0,036	0,041	0,044	0,038	0,041	0,042	0,043	0,043	0,044	0,044	0,042	0,044	0,343	0,343	0,342	0,341	0,341
100MW	1+1	0,058	0,057	0,057	0,058	0,057	0,057	0,057	0,059	0,058	0,057	0,058	0,058	0,058	0,081	0,064	0,074	0,074	0,143	0,362	0,361	0,363	0,363
200MW	1+1	0,093	0,097	0,097	0,096	0,108	0,117	0,133	0,135	0,135	0,144	0,142	0,145	0,129	0,121	0,081	0,082	0,081	x	0,832	0,751	0,714	0,714
300MW	1+1	xxx	xxx	x	xxx	1,035	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	0,124	0,118	0,122	0,111	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	0,358	0,373	0,359	0,361	0,365	0,364	0,369	0,369	0,375	0,378	0,386	0,394	0,400	0,419	0,125	0,286	0,116	0,938	x	0,980	0,989	0,989
500MW	1+1	0,238	0,237	0,237	0,235	0,237	0,239	0,276	0,271	0,238	0,253	0,441	0,179	0,256	0,264	0,223	0,280	0,169	0,261	0,606	0,642	0,563	0,563
600MW	1+1	0,169	0,085	0,095	0,101	0,110	0,110	0,135	0,095	0,103	0,113	0,228	0,289	0,275	0,152	0,107	0,118	0,121	0,260	0,582	0,522	0,419	0,419
100MW	2	0,252	0,247	0,217	0,210	0,217	0,208	0,205	0,195	0,200	0,544	0,541	0,535	0,525	0,540	0,523	0,525	0,540	0,740	0,794	0,764	0,736	0,736
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0,713	0,488	0,487	0,488	0,491	0,501	0,526	0,492	0,520	0,513	0,626	0,818	0,807	0,799	0,799
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xx	0,262	0,264	0,264	0,265	0,269	0,271	0,273	0,282	0,284	0,287	0,296	0,294	0,318	0,313	0,333	0,634	0,638	0,656	0,656
500MW	2	0,561	0,349	0,187	0,087	0,121	0,194	0,194	0,195	0,199	0,199	0,202	0,205	0,208	0,216	0,211	0,162	0,043	0,158	0,423	0,458	0,418	0,418
600MW	2	0,543	0,303	0,126	0,083	0,142	0,126	0,042	0,159	0,076	0,147	0,102	0,129	0,129	0,082	0,052	0,107	0,056	0,139	0,433	0,451	0,426	0,426
100MW	3	0,038	0,043	0,040	0,040	0,038	0,038	0,039	0,037	0,037	0,044	0,043	0,041	0,042	0,046	0,044	0,047	0,045	0,086	0,340	0,340	0,341	0,341

LISA 7. Testitulemused liinil 1-5 VSC ja LVRT-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,321	0,316	0,316	0,313	0,613	0,617	0,616	0,616	0,618	0,621	0,623	0,616	0,616	0,622	0,616	0,624	0,636	0,643	0,644	0,637	0,642	0,642
200MW	1	0,317	0,318	0,315	0,316	0,619	0,616	0,623	0,617	0,618	0,623	0,625	0,617	0,617	0,625	0,619	0,625	0,645	0,646	0,647	0,637	0,642	0,642
300MW	1	0,316	0,317	0,316	0,317	0,614	0,617	0,624	0,618	0,618	0,619	0,619	0,618	0,618	0,619	0,623	0,624	0,645	0,647	0,647	0,701	0,640	0,774
400MW	1	0,320	0,323	0,317	0,318	0,617	0,623	0,625	0,623	0,622	0,618	0,617	0,622	0,622	0,620	0,624	0,627	0,626	0,648	0,648	0,701	0,637	x
500MW	1	0,323	0,326	0,328	0,332	0,626	0,625	0,626	0,619	0,625	0,616	0,618	0,625	0,624	0,618	0,625	0,628	0,624	0,630	x	x	0,635	x
600MW	1	0,332	0,324	0,327	0,326	0,620	0,624	0,617	0,625	0,621	0,617	0,619	0,624	0,624	0,624	0,842	xx	0,625	0,629	0,625	0,622	x	x
100MW	1+1	0,329	0,330	0,338	0,315	0,323	0,630	0,626	0,631	0,632	0,631	0,630	0,616	0,616	0,650	0,630	0,614	0,634	0,630	0,624	xx	0,630	0,630
200MW	1+1	0,330	0,330	0,335	0,329	0,314	0,613	0,613	0,617	0,618	0,614	0,616	0,615	0,617	0,616	0,612	0,615	0,615	0,616	0,616	0,617	0,616	0,616
300MW	1+1	0,341	0,329	0,338	0,317	0,315	0,617	0,615	0,613	0,615	0,614	0,616	0,618	0,618	0,616	0,668	0,616	0,619	0,617	x	x	x	x
400MW	1+1	0,319	0,315	0,319	0,318	0,316	0,615	0,615	0,739	0,619	0,645	0,642	0,622	0,619	0,617	0,619	0,617	0,623	xx	0,420	0,624	0,643	0,643
500MW	1+1	0,318	0,315	0,318	0,316	0,316	0,617	0,643	0,614	0,615	0,616	0,618	0,618	0,618	0,615	0,620	0,618	0,617	0,620	x	0,630	x	x
600MW	1+1	0,321	0,324	0,316	0,323	0,416	0,615	0,644	0,617	0,614	0,617	0,619	0,619	0,617	0,619	0,681	0,631	0,625	0,632	x	0,739	0,761	0,761
100MW	2	0,337	0,626	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,331	0,634	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,332	0,630	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,415	0,641	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,331	0,645	0,626	xxx	x	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,326	0,528	0,641	xxx	xx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,320	xxx	0,866	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,331	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,332	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,329	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,331	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,326	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

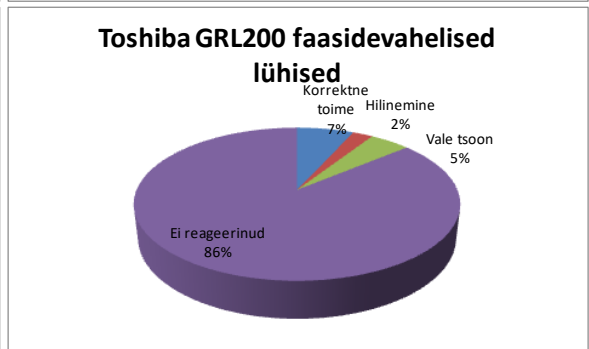
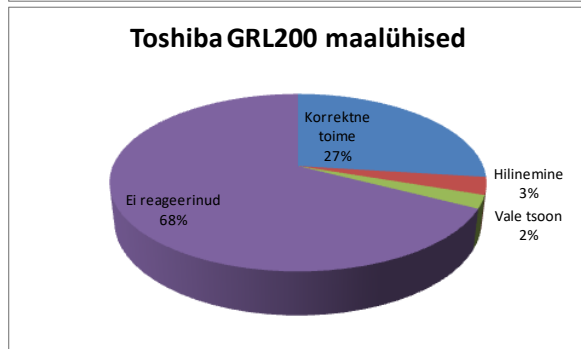
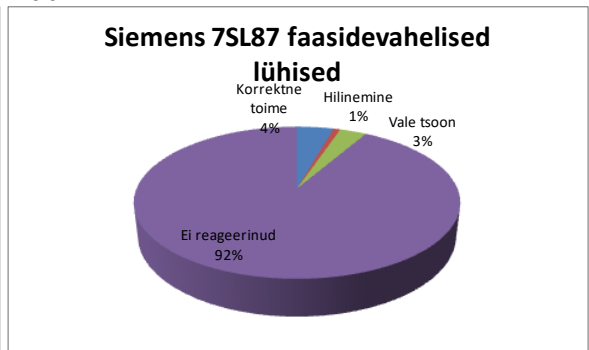
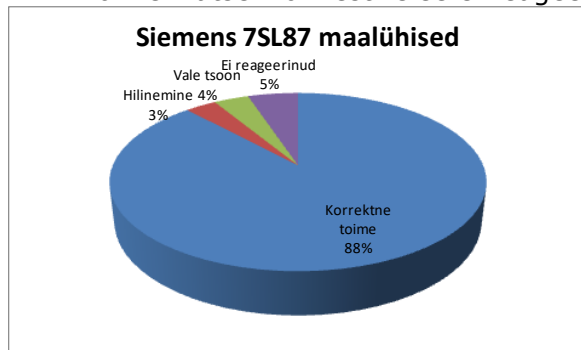
Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,341	0,337	0,341	0,348	0,641	0,652	0,638	0,639	0,427	0,649	0,652	0,653	x	x	x	0,662	0,662	xx	xx	xxx	xxx	xxx
200MW	1	0,341	0,339	0,341	0,355	0,641	0,640	0,642	0,640	0,640	0,640	0,641	0,642	0,641	0,641	0,666	0,706	0,722	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1	0,341	0,342	0,341	0,355	0,641	0,643	0,642	0,643	0,643	0,670	0,730	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,341	0,342	0,344	0,355	0,641	0,643	0,642	0,643	0,643	0,661	0,720	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,341	0,342	0,344	0,349	0,645	0,643	0,645	0,643	0,643	0,644	0,704	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,343	0,342	0,344	0,344	0,645	0,643	0,645	0,643	0,643	0,644	x	0,717	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,360	0,414	0,662	0,670	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,676	0,736	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	0,663	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
600MW	1+1	x	0,535	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
100MW	2	0,496	0,547	0,760	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,803	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,633	1,014	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,491	0,812	0,830	0,949	0,757	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,396	x	0,711	0,794	x	0,746	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
100MW	3	0,341	0,583	0,649	0,649	0,655	0,655	0,663	0,661	0,662	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,341	0,387	0,649	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,345	0,353	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,354	0,349	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,360	0,347	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,343	0,349	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 9. Testitulemused liinil 4-5 LCC-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L5-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,316	0,315	0,315	0,319	0,317	0,319	0,320	0,318	0,319	0,318	0,322	0,320	0,320	0,423	0,621	0,621	0,621	0,625	0,636	0,702	xx	xx
200MW	1	0,317	0,316	0,316	0,320	0,317	0,319	0,315	0,319	0,318	0,319	0,317	0,321	0,321	0,419	0,607	0,622	0,622	0,623	0,633	0,698	xx	xx
300MW	1	0,314	0,317	0,317	0,315	0,318	0,315	0,321	0,320	0,319	0,320	0,318	0,320	0,322	0,420	0,588	0,623	0,623	0,624	0,634	0,701	xx	xx
400MW	1	0,317	0,316	0,313	0,316	0,319	0,321	0,317	0,321	0,319	0,315	0,319	0,320	0,320	0,421	0,607	0,624	0,624	0,625	0,636	0,697	xx	xx
500MW	1	0,314	0,318	0,319	0,317	0,320	0,317	0,318	0,322	0,320	0,321	0,320	0,321	0,319	0,422	0,606	0,620	0,620	0,628	0,639	0,695	xx	xx
600MW	1	0,315	0,314	0,314	0,318	0,321	0,317	0,319	0,317	0,321	0,317	0,321	0,322	0,319	0,422	0,601	0,621	0,620	0,623	0,633	0,696	xx	xx
100MW	1+1	0,311	0,312	0,316	0,324	0,320	0,315	0,320	0,318	0,317	0,325	0,327	0,328	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,312	0,311	0,311	0,322	0,321	0,314	0,321	0,319	0,318	0,319	0,328	0,329	0,326	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	0,313	0,312	0,312	0,314	0,313	0,313	0,312	0,320	0,319	0,323	0,328	xx	0,327	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	0,314	0,313	0,313	0,311	0,317	0,316	0,314	0,321	0,320	0,109	0,324	xx	0,328	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	0,314	0,314	0,317	0,312	0,317	0,317	0,318	0,317	0,320	0,327	0,325	0,326	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	0,312	0,315	0,317	0,318	0,318	0,316	0,319	0,318	0,321	0,328	0,326	0,327	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

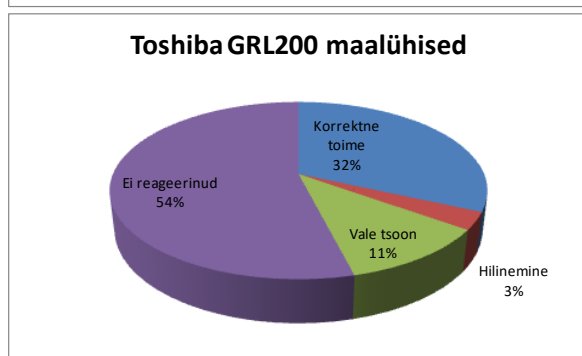
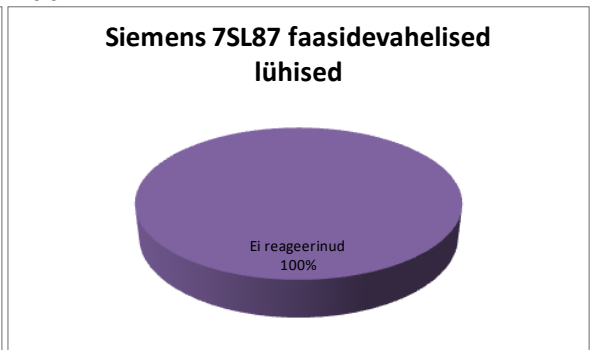
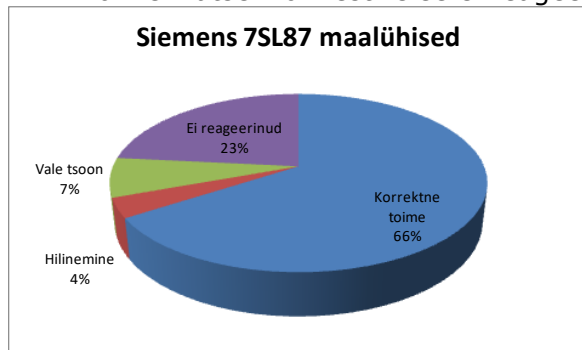
Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L5-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,326	0,325	0,327	0,327	0,335	0,341	0,348	0,339	0,351	0,342	0,339	0,453	0,633	0,641	0,631	0,640	0,637	0,647	0,625	xx	xxx	
200MW	1	0,327	0,325	0,330	0,332	0,367	0,338	0,335	0,337	0,347	0,344	0,338	0,623	0,621	0,622	0,622	0,624	0,622	0,628	0,628	xx	xx	
300MW	1	0,326	0,324	0,342	0,312	0,356	0,343	0,342	0,338	0,342	0,338	0,341	0,376	0,486	0,481	0,624	0,634	0,652	0,630	0,637	0,654	xx	xx
400MW	1	0,330	0,328	0,327	0,345	0,357	0,350	0,351	0,343	0,345	0,352	0,354	0,472	0,523	0,632	0,640	0,642	0,627	0,661	0,643	xx	xxx	
500MW	1	0,327	0,327	0,335	0,358	0,351	0,346	0,329	0,344	0,342	0,349	0,360	0,554	0,621	0,637	0,633	0,649	0,633	0,643	xx	0,670	xx	
600MW	1	0,326	0,326	0,327	0,324	0,323	0,348	0,336	0,338	0,350	0,336	0,355	0,623	0,432	0,622	0,641	0,641	0,642	0,630	0,637	0,668	xxx	
100MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 10. Testitulemused liinil 3-4 VSC-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%		
Võimsus	L3-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	
100MW	1	0,016	0,016	0,016	0,016	0,017	0,025	0,025	0,030	0,034	0,034	0,023	0,019	0,030	0,035	0,021	0,032	0,038	0,041	0,131	0,133	0,222	0,222	
200MW	1	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,026	0,017	0,026	0,036	0,026	0,034	0,018	0,026	0,027	0,028	0,035	0,040	0,127	0,220	0,133	0,316	0,316	
300MW	1	0,018	0,018	0,018	0,018	0,027	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,036	0,037	0,035	0,031	0,031	0,041	0,140	0,313	0,315	0,314	0,314	
400MW	1	0,018	0,018	0,018	0,018	0,027	0,038	0,035	0,034	0,041	0,035	0,041	0,036	0,036	0,040	0,035	0,035	0,051	0,224	0,221	0,367	0,313	0,313	
500MW	1	0,018	0,018	0,018	0,018	0,028	0,044	0,034	0,028	0,044	0,035	0,045	0,028	0,041	0,033	0,037	0,034	0,056	0,225	0,365	0,372	0,364	0,364	
600MW	1	0,018	0,018	0,018	0,017	0,018	0,029	0,033	0,033	0,037	0,035	0,040	0,029	0,028	0,042	0,041	0,041	0,049	0,139	0,209	0,117	0,225	0,225	
100MW	1+1	0,017	0,017	0,044	0,047	0,020	0,019	0,047	0,047	0,043	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,044	0,043	0,041	0,051	0,139	0,341	0,339	0,338	0,338
200MW	1+1	0,037	0,024	0,040	0,044	0,037	0,047	0,048	0,048	0,044	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,045	0,043	0,049	0,154	0,334	0,339	0,336	0,336	0,336
300MW	1+1	0,017	0,027	0,040	0,045	0,047	0,043	0,047	0,047	0,047	0,042	0,047	0,047	0,047	0,047	0,041	0,035	0,063	0,239	0,340	0,340	0,342	0,342	0,342
400MW	1+1	0,017	0,017	0,047	0,044	0,047	0,039	0,048	0,048	0,047	0,044	0,043	0,046	0,049	0,048	0,042	0,042	0,049	0,240	0,339	0,341	0,343	0,343	0,343
500MW	1+1	0,027	0,017	0,046	0,040	0,037	0,036	0,047	0,046	0,044	0,039	0,041	0,047	0,051	0,054	0,039	0,045	0,052	0,165	0,230	0,332	0,321	0,321	0,321
600MW	1+1	0,037	0,027	0,042	0,047	0,043	0,037	0,047	0,042	0,036	0,037	0,037	0,048	0,048	0,049	0,051	0,054	0,055	0,201	0,336	0,323	0,345	0,345	0,345
100MW	2	0,015	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,015	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,015	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,015	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,015	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,015	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,005	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

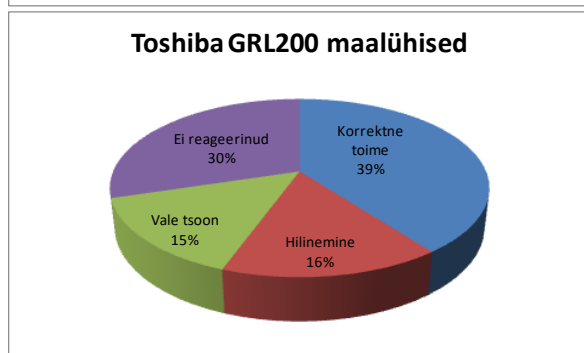
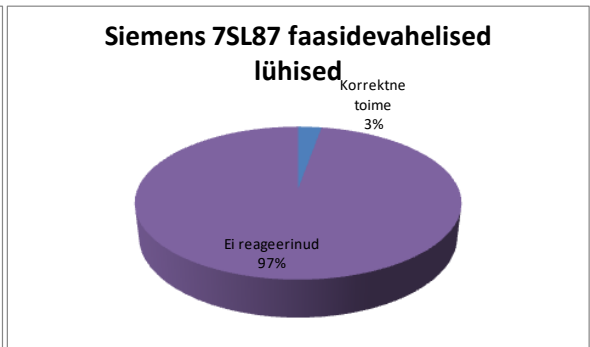
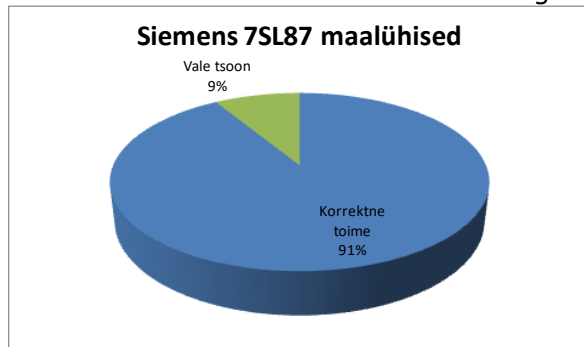
Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L3-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,029	0,031	0,032	0,034	0,035	0,030	0,038	0,041	0,036	0,038	0,043	0,044	0,041	0,036	0,045	0,044	0,043	0,046	0,139	0,237	0,335	0,335
200MW	1	0,040	0,038	0,037	0,039	0,043	0,039	0,040	0,047	0,038	0,048	0,053	0,053	0,051	0,045	0,059	0,058	0,063	0,240	0,238	0,337	0,339	0,339
300MW	1	0,040	0,038	0,039	0,038	0,044	0,049	0,038	0,053	0,062	0,070	0,143	0,143	0,141	0,143	0,143	0,143	0,143	0,240	0,161	0,338	0,340	0,340
400MW	1	0,040	0,038	0,039	0,042	0,046	0,052	0,069	0,140	0,139	0,140	0,140	0,143	0,140	0,140	0,140	0,140	0,143	0,240	0,171	0,338	0,340	0,340
500MW	1	0,040	0,038	0,041	0,042	0,050	0,080	0,143	0,140	0,139	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,145	0,140	0,240	0,172	0,239	0,341	0,341
600MW	1	0,040	0,037	0,034	0,034	0,066	0,135	0,142	0,139	0,141	0,136	0,135	0,147	0,135	0,140	0,142	0,136	0,140	0,237	0,338	0,339	0,341	0,341
100MW	1+1	x	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xx	1,034	1,033	0,053	0,053	0,084	1,034	0,053	0,036	0,053	0,066	0,102	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	xx	xxx	xx	xxx	xxx	x	1,035	xx	1,034	xxx	xxx	0,057	0,082	1,034	0,057	0,036	0,056	0,069	0,099	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	x	1,034	xxx	x	0,078	xxx	0,055	0,064	0,057	0,065	0,096	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	x	xxx	x	xxx	x	xxx	x	0,702	x	xxx	xxx	0,380	0,078	xxx	0,056	0,090	0,058	0,065	0,093	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	xxx	xxx	xx	xxx	x	xxx	x	xxx	x	xxx	x	xxx	0,078	0,705	0,056	xxx	0,060	0,085	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	xx	xx	xxx	xxx	xx	0,369	xx	xxx	xx	xxx	0,038	x	0,078	1,038	0,047	0,118	0,047	0,049	0,074	xxx	xxx	xxx
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest relee ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest relee ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest relee ei reageerinud



LISA 11. Testitulemused liinil 4-5 VSC-ga

Siemens 7SL87

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	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,314	0,315	0,316	0,314	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	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	xx
300MW	1	0,314	0,314	0,313	0,317	0,322	0,358	xx	xx	xx	xx	xx	x	xx	x	xx	xx	xx	x	x	0,622	0,623	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	0,624	xx
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	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	0,599	xx
100MW	1+1	0,337	0,323	0,325	0,327	0,315	0,334	0,339	0,329	0,338	0,340	0,342	0,335	0,342	0,343	0,339	0,337	0,498	0,560	0,585	0,581	0,468	0,470
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	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	0,344	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	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	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	0,340	0,337	0,336	0,338	0,341	0,337	0,347	0,360	0,514	0,580	0,461
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

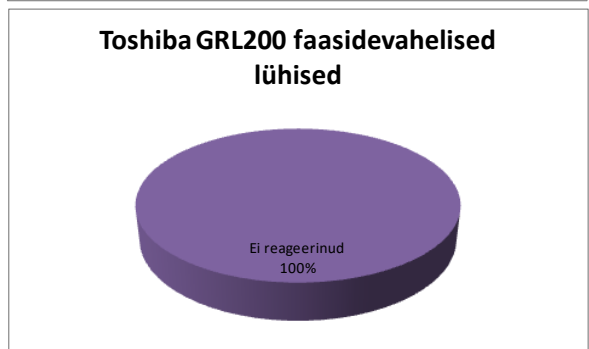
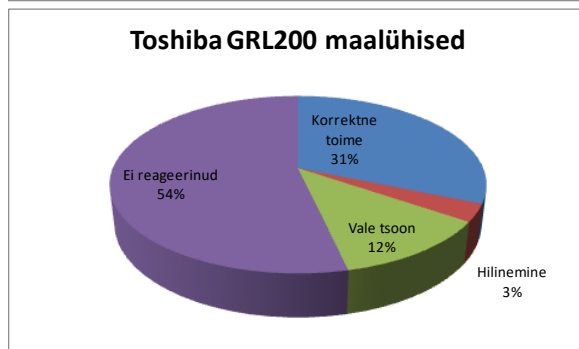
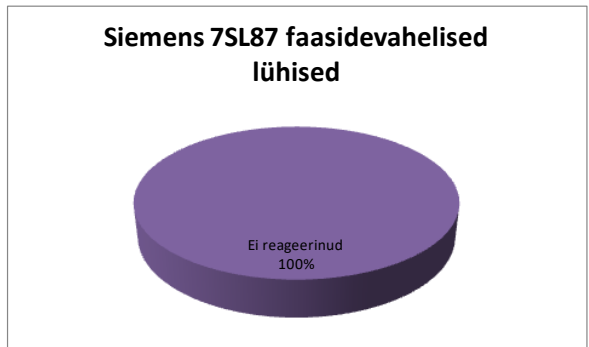
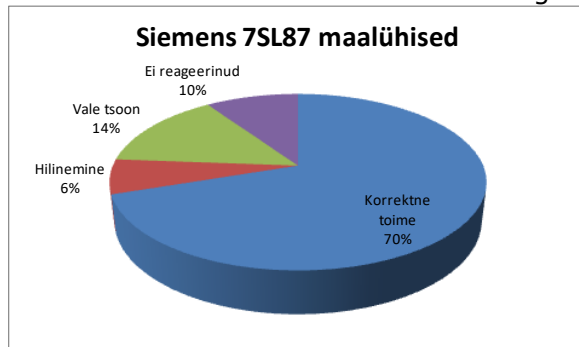
Toshiba GRL200

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	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,330	0,333	0,339	0,342	0,339	0,349	0,363	0,338	0,365	0,353	0,345	0,362	0,648	0,701	0,734	0,641	0,722	0,725	0,641	0,776	xxx	xxx
200MW	1	0,332	0,341	0,344	0,337	0,351	0,344	0,402	0,367	0,355	0,348	0,372	0,453	0,745	0,645	0,652	0,649	0,652	0,652	0,664	0,655	xxx	xxx
300MW	1	0,342	0,341	0,348	0,351	0,348	0,362	0,337	0,345	0,348	0,339	0,344	0,657	0,523	0,648	0,663	0,663	0,648	0,643	x	0,655	xx	xxx
400MW	1	0,331	0,342	0,353	0,338	0,337	0,347	0,364	0,344	0,342	0,346	0,337	0,345	0,467	0,639	0,639	0,652	0,648	0,651	0,646	0,656	xxx	xxx
500MW	1	0,345	0,347	0,451	0,346	0,381	0,340	0,341	0,338	0,341	0,347	0,349	0,481	0,651	0,640	0,639	0,647	0,654	0,646	0,645	0,668	xxx	xxx
600MW	1	0,339	0,334	0,333	0,342	0,352	0,339	0,365	0,343	0,355	0,356	0,350	0,665	0,651	0,644	0,634	0,707	0,647	0,646	0,641	x	xxx	xxx
100MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 12. Testitulemused liinil 3-4 VSC ja LVRT-ga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Võimsus	L3-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,016	0,015	0,019	0,016	0,016	0,021	0,020	0,018	0,019	0,013	0,019	0,018	0,019	0,019	0,024	0,030	0,030	0,123	0,111	0,315	0,386
200MW	1	0,016	0,015	0,016	0,016	0,016	0,018	0,020	0,017	0,018	0,019	0,018	0,018	0,019	0,018	0,023	0,028	0,029	0,029	0,312	0,314	0,312
300MW	1	0,018	0,017	0,018	0,018	0,020	0,019	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,021	0,022	0,023	0,028	0,029	0,029	0,313	0,312	0,314
400MW	1	0,018	0,017	0,026	0,018	0,019	0,019	0,020	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	0,025	0,026	0,028	0,032	0,042	0,404	0,451
500MW	1	0,018	0,018	0,018	0,018	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,023	0,028	0,034	0,044	0,462	0,459	0,518
600MW	1	0,018	0,017	0,017	0,018	0,019	0,019	0,019	0,020	0,019	0,022	0,020	0,020	0,021	0,024	0,024	0,026	0,038	0,139	0,313	0,316	0,514
100MW	1+1	0,016	0,016	0,017	0,024	0,031	0,035	0,038	0,025	0,031	0,024	0,031	0,031	0,029	0,031	0,031	0,046	0,046	0,059	0,328	0,330	0,329
200MW	1+1	0,017	0,016	0,020	0,029	0,031	0,037	0,038	0,025	0,034	0,029	0,031	0,031	0,029	0,031	0,033	0,046	0,046	0,059	0,327	0,326	0,327
300MW	1+1	0,016	0,019	0,019	0,019	0,021	0,032	0,055	0,033	0,031	0,030	0,029	0,034	0,034	0,031	0,034	0,043	0,083	0,141	0,325	0,324	0,322
400MW	1+1	0,017	0,015	0,015	0,019	0,033	0,033	0,030	0,032	0,028	0,031	0,028	0,033	0,030	0,031	0,036	0,038	0,044	0,102	0,224	0,316	0,322
500MW	1+1	0,016	0,016	0,020	0,022	0,027	0,028	0,020	0,030	0,032	0,032	0,028	0,028	0,030	0,034	0,035	0,040	0,040	0,140	0,226	0,541	0,321
600MW	1+1	0,017	0,019	0,018	0,019	0,024	0,023	0,024	0,026	0,030	0,029	0,030	0,032	0,029	0,026	0,036	0,022	0,038	0,304	0,452	0,346	0,325
100MW	2	0,015	0,047	0,027	0,038	0,047	0,047	0,052	0,081	0,078	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,085	0,085	0,089	0,319	0,320	0,317	0,318
200MW	2	0,015	0,041	0,042	0,041	0,047	0,047	0,047	0,047	0,051	0,063	0,063	0,081	0,061	0,081	0,085	0,085	0,089	0,319	0,320	0,317	0,318
300MW	2	0,015	0,035	0,047	0,047	0,051	0,047	0,052	0,051	0,059	0,066	0,073	0,069	0,070	0,049	0,080	0,080	0,063	0,319	0,320	0,317	0,318
400MW	2	0,016	0,046	0,033	0,045	0,039	0,063	0,040	0,041	0,044	0,043	0,044	0,054	0,047	0,050	0,046	0,049	0,061	0,320	0,320	0,319	0,318
500MW	2	0,015	0,031	0,141	0,039	0,038	0,040	0,040	0,047	0,121	0,044	0,046	0,049	0,047	0,050	0,047	0,052	0,070	0,321	0,320	0,319	0,319
600MW	2	0,015	0,038	0,038	0,032	0,041	0,215	0,043	0,058	0,045	0,045	0,062	0,044	0,042	0,050	0,279	0,047	0,059	0,229	0,318	0,322	0,450
100MW	3	0,016	0,031	0,037	0,036	0,027	0,039	0,041	0,039	0,051	0,051	0,059	0,059	0,059	0,059	0,064	0,063	0,066	0,066	0,387	0,317	0,321
200MW	3	0,016	0,036	0,031	0,036	0,031	0,037	0,043	0,038	0,044	0,044	0,042	0,049	0,042	0,072	0,054	0,053	0,051	0,079	0,318	0,317	0,320
300MW	3	0,016	0,035	0,035	0,031	0,037	0,036	0,038	0,038	0,037	0,039	0,040	0,046	0,049	0,043	0,045	0,057	0,049	0,141	0,318	0,317	0,318
400MW	3	0,016	0,030	0,031	0,035	0,036	0,036	0,041	0,036	0,038	0,040	0,045	0,044	0,041	0,048	0,040	0,042	0,048	0,143	0,319	0,319	0,320
500MW	3	0,016	0,035	0,036	0,036	0,031	0,037	0,036	0,037	0,036	0,036	0,040	0,041	0,042	0,036	0,038	0,037	0,041	0,051	0,320	0,408	0,320
600MW	3	0,015	0,057	0,031	0,036	0,036	0,037	0,037	0,038	0,038	0,039	0,038	0,039	0,038	0,040	0,036	0,044	0,046	0,054	0,318	0,318	0,328

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Võimsus	L3-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,028	0,026	0,030	0,028	0,030	0,042	0,129	0,046	0,144	0,040	0,046	0,042	0,042	0,145	0,048	0,048	0,048	0,052	0,052	0,308	0,334
200MW	1	0,038	0,040	0,038	0,038	0,038	0,050	0,039	0,053	0,057	0,058	0,060	0,060	0,060	0,084	0,095	0,101	0,105	0,108	0,340	0,338	0,340
300MW	1	0,038	0,040	0,038	0,038	0,038	0,056	0,059	0,065	0,063	0,069	0,069	0,109	0,108	0,119	0,338	0,340	0,339	0,338	0,235	0,340	0,342
400MW	1	0,034	0,040	0,034	0,033	0,053	0,067	0,094	0,093	0,174	0,340	0,340	0,261	0,235	0,340	0,338	0,141	0,139	0,338	0,285	0,340	0,339
500MW	1	0,038	0,040	0,038	0,052	0,069	0,190	0,239	0,340	0,341	0,340	0,340	0,242	0,340	0,341	0,339	0,340	0,313	0,339	0,338	0,340	0,338
600MW	1	0,033	0,035	0,033	0,042	0,165	0,145	0,134	0,136	0,139	0,136	0,131	0,139	0,139	0,240	0,234	0,236	0,240	0,239	0,239	0,329	0,329
100MW	1+1	0,036	0,035	0,032	0,033	0,033	0,034	0,032	0,035	0,032	0,034	0,034	0,032	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,036	0,038	0,041	0,082
200MW	1+1	0,037	0,035	0,036	0,035	0,033	0,034	0,034	0,035	0,036	0,035	0,034	0,035	0,035	0,035	0,034	0,035	0,033	0,036	0,038	0,041	0,086
300MW	1+1	0,036	0,035	0,030	0,032	0,032	0,034	0,034	0,033	0,033	0,036	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,034	0,035	0,034	0,033	0,038	0,042
400MW	1+1	0,036	0,035	0,033	0,033	0,033	0,035	0,035	0,033	0,035	0,035	0,033	0,033	0,031	0,034	0,035	0,035	0,035	0,035	0,037	0,041	0,053
500MW	1+1	0,034	0,035	0,036	0,035	0,035	0,032	0,033	0,033	0,036	0,036	0,032	0,033	0,035	0,035	0,032	0,034	0,034	0,035	0,038	0,042	0,070
600MW	1+1	0,035	0,034	0,034	0,035	0,035	0,036	0,034	0,032	0,033	0,036	0,035	0,035	0,035	0,033	0,035	0,035	0,034	0,035	0,040	0,041	0,055
100MW	2	0,037	0,037	0,035	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,035	0,034	0,034	0,035	0,035	0,035	0,033	0,035	0,033	0,036	0,043	0,042	0,090
200MW	2	0,036	0,036	0,036	0,036	0,033	0,035	0,034	0,035	0,035	0,035	0,034	0,035	0,035	0,035	0,033	0,035	0,033	0,036	0,042	0,041	0,081
300MW	2	0,036	0,035	0,036	0,033	0,033	0,035	0,054	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,039	0,035	0,042	0,042	0,059
400MW	2	0,035	0,039	0,035	0,042	0,035	0,039	0,085	0,035	0,034	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,036	0,035	0,035	0,035	0,041	0,042	0,057
500MW	2	0,326	0,035	0,113	0,035	0,035	0,035	0,034	0,119	0,096	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,036	0,035	0,040	0,039	0,041	0,041	0,052
600MW	2	0,035	0,035	0,035	0,042	0,035	0,160	0,036	0,039	0,035	0,034	0,349	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,048	0,035	0,058	0,042	0,045
100MW	3	0,036	0,035	0,036	0,036	0,037	0,034	0,033	0,034	0,032	0,034	0,034	0,032	0,035	0,033	0,033	0,035	0,033	0,036	0,042	0,041	0,040
200MW	3	0,036	0,033	0,036	0,036	0,036	0,034	0,034	0,033	0,033	0,033	0,032	0,031	0,033	0,031	0,034	0,034	0,033	0,035	0,041	0,041	0,135
300MW	3	0,035</																				

LISA 13. Testitulemused liinil 4-5 VSC ja LVRT-ga

Siemens 7SL87

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	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,311	0,314	0,315	0,317	0,316	0,314	0,317	0,317	0,317	0,319	0,318	0,319	0,315	0,319	0,319	0,619	0,421	0,522	0,570	0,528	x	
200MW	1	0,315	0,314	0,313	0,316	0,318	0,316	0,315	0,318	0,317	0,320	0,319	0,320	0,316	0,317	0,317	0,316	0,561	0,622	0,624	0,521	0,529	0,575
300MW	1	0,313	0,315	0,312	0,317	0,399	0,439	0,436	0,319	0,318	0,318	0,320	0,316	0,317	0,317	0,317	0,317	0,518	0,523	0,420	0,322	0,624	0,629
400MW	1	0,452	0,313	0,360	0,405	0,448	0,401	0,435	0,320	0,319	0,319	0,316	0,317	0,318	0,318	0,318	0,318	0,517	0,624	0,521	0,620	0,620	0,524
500MW	1	0,410	0,462	0,414	0,463	0,458	0,454	0,446	0,271	0,315	0,319	0,318	0,318	0,319	0,319	0,319	0,319	0,618	0,520	0,622	0,522	0,434	0,626
600MW	1	0,419	0,515	0,314	0,427	0,318	0,415	0,363	0,317	0,318	0,317	0,318	0,319	0,319	0,320	0,320	0,320	0,419	0,521	0,523	0,520	x	0,550
100MW	1+1	0,328	0,325	0,317	0,319	0,320	0,317	0,320	0,345	0,317	0,319	0,318	0,317	0,321	0,349	0,325	0,325	0,431	0,604	0,622	0,625	0,521	x
200MW	1+1	0,327	0,324	0,323	0,316	0,321	0,314	0,319	0,318	0,317	0,319	0,319	0,319	0,316	0,331	0,331	0,331	0,322	0,422	0,587	0,589	0,569	0,549
300MW	1+1	0,325	0,330	0,319	0,317	0,319	0,315	0,319	0,319	0,318	0,316	0,315	0,318	0,322	0,323	0,326	0,326	0,321	0,323	0,590	0,527	0,493	0,742
400MW	1+1	0,322	0,355	0,320	0,323	0,326	0,327	0,316	0,323	0,319	0,319	0,344	0,318	0,397	0,332	0,327	0,322	0,319	0,376	0,437	0,508	x	
500MW	1+1	0,324	0,570	0,542	0,549	0,318	0,349	0,313	0,317	0,322	0,321	0,446	0,362	0,326	0,348	0,326	0,324	0,325	0,341	0,481	0,460	0,529	x
600MW	1+1	0,315	0,491	0,319	0,520	0,536	0,323	0,491	0,397	0,530	0,505	0,689	0,520	0,322	0,476	0,473	0,704	0,428	0,472	0,408	x	0,593	
100MW	2	0,316	0,318	0,321	0,320	0,322	0,320	0,565	0,321	0,616	0,769	0,694	x	x	xx	x	0,861	0,882	0,753	0,785	x	xx	xx
200MW	2	0,317	0,319	0,319	0,318	0,322	0,318	0,321	0,323	0,626	0,658	0,679	0,715	xxx	0,831	0,918	0,849	0,829	0,762	0,766	0,825	xx	xxx
300MW	2	0,318	0,322	0,321	0,319	0,319	0,318	0,319	0,319	0,320	0,538	0,620	0,321	0,324	0,521	x	x	x	x	x	xx	xxx	xxx
400MW	2	0,319	0,319	0,319	0,321	0,324	0,320	0,319	0,378	0,423	0,322	0,426	0,373	x	0,470	x	x	x	0,818	xx	x	xxx	xxx
500MW	2	0,323	0,317	0,319	0,322	0,322	0,322	0,322	0,325	0,324	0,323	x	0,624	xx	0,328	0,342	x	x	x	xx	xx	xx	xx
600MW	2	0,549	0,318	0,322	0,318	0,317	0,327	0,323	0,331	0,321	0,526	xxx	xxx	xx	0,401	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,318	0,328	0,321	0,319	0,319	0,325	0,315	0,317	0,320	0,326	0,324	0,323	0,323	0,325	0,331	0,341	0,343	0,345	0,361	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,317	0,557	0,324	0,320	0,318	0,326	0,316	0,318	0,320	0,320	0,324	0,545	0,327	x	x	xx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,319	0,323	0,331	0,325	0,316	0,321	0,546	0,542	0,538	0,756	0,634	0,637	0,723	xx	x	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,323	0,319	0,320	0,323	0,316	0,549	0,321	0,320	0,587	0,323	0,623	0,609	0,560	0,435	0,391	xx	x	xx	x	xx	xx	xxx
500MW	3	0,327	0,322	0,319	0,320	0,322	0,320	0,545	0,317	0,321	0,364	x	0,429	0,234	x	0,606	x	0,427	xx	0,361	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,324	0,484	0,319	0,317	0,317	0,320	0,321	0,320	0,539	0,673	0,693	0,320	0,478	xxx	0,491	xx	0,563	xx	x	x	xxx	xxx

Toshiba GRL200

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	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,330	0,326	0,337	0,338	0,341	0,348	0,485	0,464	0,349	0,523	0,513	0,562	0,505	0,582	x	0,775	0,754	0,782	0,782	0,783	xxx	xxx
200MW	1	0,339	0,332	0,348	0,352	0,357	0,360	0,363	0,367	0,371	0,379	0,385	0,392	0,403	0,407	0,691	0,723	0,757	0,829	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1	0,339	0,338	0,355	0,362	0,374	0,400	0,429	0,675	0,412	0,455	0,399	0,420	0,532	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,340	0,327	0,362	0,373	0,716	0,503	0,340	0,479	0,578	0,511	0,444	0,456	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,341	0,338	0,387	0,362	0,458	0,487	0,532	0,387	0,374	0,345	0,348	0,433	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,340	0,340	0,338	0,320	0,397	0,389	0,375	0,345	0,368	0,366	0,367	0,608	xx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,338	0,336	0,336	0,356	0,359	0,358	0,345	0,343	0,356	0,363	0,365	0,372	0,393	0,397	xx	xxx	xxx	xx	x	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,338	0,336	0,343	0,335	0,339	0,343	0,337	0,339	0,343	0,338	0,339	0,338	0,339	0,338	0,338	0,343	0,637	0,637	x	x	xx	xxx
300MW	1+1	0,338	0,336	0,330	0,333	0,337	0,343	0,337	0,339	0,343	0,336	0,336	0,338	0,339	0,338	0,339	0,345	0,343	0,338	x	x	xx	xxx
400MW	1+1	0,337	0,342	0,335	0,332	0,332	0,338	0,347	0,335	0,417	0,511	0,477	0,337	0,560	x	0,339	0,338	x	xx	xx	xx	xxx	xxx
500MW	1+1	0,337	0,336	0,335	0,333	0,333	0,334	0,337	0,338	0,482	0,394	0,388	0,337	0,337	0,338	0,450	0,529	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	0,337	0,335	0,333	0,390	0,334	0,462	0,337	0,343	0,337	0,334	0,338	0,338	0,485	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx
100MW	2	0,338	0,337	0,336	0,352	0,362	0,362	0,365	0,356	0,364	0,367	0,370	0,384	0,401	0,463	x	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,338	0,337	0,337	0,341	0,365	0,365	0,368	0,367	0,368	0,370	0,374	0,379	0,430	0,525	0,659	0,702	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,338	0,338	0,333	0,333	0,365	0,368	0,370	0,374	0,375	0,377	0,387	0,390	0,388	x	0,456	0,594	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,338	0,334	0,334	0,338	0,338	0,360	0,349	0,352	0,353	0,375	0,389	0,488	x	0,647	x	0,539	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,345	0,335	0,339	0,435	0,334	0,348	0,354	0,336	0,354	0,356	0,662	0,334	x	0,437	0,441	x	0,646	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,338	0,337	0,336	0,335	0,337	0,384	0,337	0,368	0,393	0,335	0,459	0,541	0,619	0,439	0,468	0,379	0,610	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,334	0,332	0,334	0,333	0,336	0,336	0,337	0,338	0,336	0,339	0,339	0,337	0,333	0,343	0,349	0,360	0,367	0,377	0,448	0,905	0,801	
200MW	3	0,331	0,335	0,334	0,333	0,336	0,340	0,337	0,336	0,340	0,339	0,339	0,335	0,340	0,339	0,341	0,340	0,373	0,385	0,404	0,994	x	
300MW	3	0,334	0,337	0,337	0,331	0,335	0,331	0,336	0,338	0,338	0,334	0,335	0,336	0,330	0,337	0,333	0,337	0,339	0,360	0,354	0,391	0,622	xx
400MW	3	0,333	0,331	0,331	0,333	0,331	0,332	0,337	0,333	0,328	0,330	0,337	0,333	0,337	0,331	0,338	0,334	0,345	0,346	0,353	0,4		

LISA 14. Testitulemused liinil 2-1 LCC ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,028	0,028	0,024	0,025	0,037	0,030	0,032	0,029	0,027	0,031	0,031	0,026	0,032	0,035	0,056	0,050	0,057	0,327	0,327	0,334	0,327	0,327
200MW	1	0,025	0,028	0,023	0,031	0,029	0,036	0,033	0,037	0,025	0,029	0,028	0,026	0,029	0,030	0,056	0,060	0,061	0,258	0,328	0,327	0,327	0,326
300MW	1	0,028	0,024	0,029	0,029	0,025	0,034	0,033	0,034	0,027	0,032	0,027	0,034	0,025	0,025	0,052	0,054	0,060	0,067	0,324	0,319	0,319	0,319
400MW	1	0,026	0,030	0,032	0,029	0,033	0,031	0,036	0,029	0,030	0,029	0,024	0,029	0,035	0,031	0,034	0,051	0,050	0,149	0,320	0,335	0,330	0,330
500MW	1	0,023	0,020	0,031	0,023	0,031	0,030	0,023	0,030	0,026	0,022	0,031	0,034	0,030	0,034	0,057	0,058	0,063	0,082	0,328	0,322	0,331	0,331
600MW	1	0,023	0,031	0,028	0,020	0,029	0,027	0,032	0,036	0,028	0,034	0,029	0,035	0,034	0,029	0,052	0,058	0,056	0,272	0,332	0,332	0,316	0,328
100MW	1+1	0,030	0,032	0,028	0,023	0,030	0,028	0,037	0,041	0,034	0,029	0,046	0,050	0,050	0,044	0,048	0,048	0,055	0,405	0,565	0,514	0,332	0,332
200MW	1+1	0,039	0,036	0,027	0,034	0,024	0,033	0,034	0,028	0,027	0,029	0,030	0,045	0,050	0,050	0,053	0,049	0,062	0,122	0,341	0,346	0,346	0,338
300MW	1+1	0,026	0,033	0,026	0,029	0,028	0,031	0,033	0,032	0,031	0,040	0,034	0,041	0,053	0,047	0,051	0,053	0,064	0,067	0,326	0,334	0,328	0,328
400MW	1+1	0,031	0,037	0,023	0,030	0,022	0,039	0,035	0,032	0,035	0,039	0,047	0,039	0,038	0,059	0,049	0,061	0,059	0,311	0,337	0,330	0,335	0,335
500MW	1+1	0,033	0,031	0,026	0,042	0,030	0,042	0,039	0,042	0,049	0,037	0,037	0,051	0,032	0,043	0,051	0,056	0,062	0,062	0,322	0,331	0,332	0,330
600MW	1+1	0,032	0,029	0,020	0,035	0,030	0,038	0,054	0,051	0,024	0,053	0,052	0,036	0,057	0,057	0,057	0,063	0,061	0,194	0,329	0,322	0,337	0,337
100MW	2	0,029	0,049	0,046	0,039	0,057	0,053	0,057	0,060	0,063	0,064	0,067	0,060	0,059	0,057	0,114	0,121	0,072	0,405	0,334	0,325	0,324	0,324
200MW	2	0,036	0,052	0,046	0,052	0,049	0,056	0,059	0,059	0,056	0,056	0,063	0,065	0,067	0,071	0,090	0,061	0,290	0,332	0,327	0,329	0,330	0,330
300MW	2	0,031	0,046	0,049	0,050	0,058	0,060	0,055	0,057	0,064	0,065	0,063	0,065	0,067	0,071	0,090	0,061	0,290	0,332	0,327	0,329	0,330	0,330
400MW	2	0,037	0,051	0,055	0,053	0,051	0,052	0,055	0,055	0,062	0,057	0,059	0,063	0,063	0,064	0,066	0,061	0,223	0,324	0,326	0,328	0,328	0,328
500MW	2	0,031	0,052	0,047	0,048	0,047	0,047	0,062	0,064	0,063	0,062	0,065	0,071	0,092	0,088	0,122	0,143	0,265	0,330	0,327	0,322	0,325	0,325
600MW	2	0,029	0,049	0,050	0,057	0,053	0,053	0,063	0,054	0,053	0,063	0,068	0,071	0,097	0,121	0,131	0,128	0,332	0,325	0,337	0,334	0,329	0,329
100MW	3	0,033	0,047	0,044	0,045	0,046	0,046	0,052	0,053	0,045	0,048	0,047	0,056	0,050	0,057	0,052	0,055	0,056	0,050	0,346	0,345	0,347	0,347
200MW	3	0,021	0,032	0,052	0,045	0,043	0,047	0,047	0,051	0,047	0,047	0,047	0,056	0,050	0,059	0,065	0,062	0,057	0,152	0,333	0,335	0,340	0,340
300MW	3	0,038	0,041	0,041	0,047	0,050	0,051	0,050	0,054	0,055	0,051	0,055	0,048	0,054	0,064	0,055	0,065	0,061	0,147	0,341	0,330	0,349	0,349
400MW	3	0,030	0,051	0,047	0,042	0,044	0,046	0,051	0,054	0,047	0,042	0,045	0,057	0,061	0,077	0,080	0,109	0,057	0,213	0,343	0,340	0,335	0,340
500MW	3	0,032	0,040	0,054	0,055	0,042	0,044	0,049	0,043	0,044	0,049	0,049	0,043	0,051	0,053	0,081	0,082	0,058	0,244	0,330	0,332	0,339	0,339
600MW	3	0,032	0,032	0,047	0,048	0,044	0,046	0,045	0,048	0,051	0,049	0,055	0,046	0,048	0,045	0,055	0,052	0,080	0,196	0,344	0,337	0,333	0,333

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,036	0,037	0,037	0,032	0,041	0,034	0,037	0,034	0,031	0,037	0,036	0,031	0,034	0,039	0,040	0,040	0,041	0,047	0,336	0,339	0,332	0,332
200MW	1	0,032	0,038	0,033	0,038	0,035	0,039	0,039	0,042	0,030	0,035	0,032	0,031	0,035	0,034	0,034	0,042	0,046	0,052	0,335	0,335	0,331	0,331
300MW	1	0,035	0,033	0,038	0,036	0,029	0,037	0,039	0,039	0,030	0,037	0,032	0,039	0,031	0,029	0,031	0,046	0,050	0,041	0,335	0,327	0,326	0,326
400MW	1	0,032	0,037	0,039	0,033	0,038	0,035	0,041	0,033	0,034	0,034	0,048	0,033	0,041	0,035	0,028	0,044	0,042	0,044	0,328	0,341	0,335	0,335
500MW	1	0,029	0,027	0,038	0,028	0,035	0,034	0,029	0,035	0,030	0,028	0,035	0,040	0,036	0,038	0,035	0,046	0,057	0,068	0,334	0,329	0,331	0,331
600MW	1	0,029	0,037	0,034	0,024	0,032	0,030	0,037	0,038	0,030	0,038	0,032	0,039	0,050	0,047	0,052	0,046	0,052	0,109	0,337	0,331	0,336	0,336
100MW	1+1	0,046	0,051	0,047	0,032	0,040	0,032	0,036	0,040	0,037	0,031	0,038	0,044	0,036	0,031	0,035	0,046	0,050	0,274	0,337	0,349	0,345	0,345
200MW	1+1	0,049	0,050	0,048	0,043	0,035	0,035	0,035	0,032	0,030	0,036	0,035	0,047	0,036	0,038	0,040	0,048	0,054	0,322	0,348	0,350	0,341	0,341
300MW	1+1	0,041	0,046	0,045	0,039	0,034	0,033	0,032	0,035	0,033	0,040	0,037	0,041	0,039	0,035	0,036	0,053	0,053	0,295	0,347	0,343	0,344	0,344
400MW	1+1	0,045	0,051	0,043	0,039	0,032	0,042	0,038	0,033	0,033	0,040	0,041	0,042	0,036	0,040	0,036	0,054	0,042	0,225	0,349	0,350	0,349	0,349
500MW	1+1	0,042	0,046	0,046	0,038	0,032	0,032	0,035	0,035	0,035	0,035	0,036	0,038	0,030	0,034	0,035	0,048	0,050	0,212	0,344	0,354	0,346	0,346
600MW	1+1	0,042	0,048	0,041	0,037	0,042	0,042	0,042	0,036	0,029	0,038	0,034	0,045	0,040	0,041	0,042	0,056	0,047	0,237	0,350	0,346	0,348	0,348
100MW	2	0,044	0,045	0,042	0,036	0,048	0,040	0,050	0,049	0,045	0,046	0,044	0,044	0,038	0,041	0,045	0,058	0,056	0,355	0,353	0,345	0,344	0,344
200MW	2	0,041	0,043	0,042	0,047	0,043	0,049	0,041	0,045	0,041	0,046	0,044	0,044	0,047	0,042	0,042	0,053	0,057	0,317	0,352	0,346	0,343	0,343
300MW	2	0,047	0,045	0,049	0,045	0,049	0,043	0,042	0,043	0,047	0,046	0,043	0,044	0,041	0,047	0,042	0,047	0,055	0,302	0,346	0,347	0,346	0,346
400MW	2	0,041	0,044	0,044	0,040	0,046	0,044	0,041	0,037	0,044	0,047	0,042	0,044	0,046	0,047	0,052	0,050	0,055	0,235	0,344	0,348	0,347	0,347
500MW	2	0,039	0,049	0,043	0,042	0,043	0,041	0,048	0,049	0,044	0,049	0,045	0,051	0,048	0,044	0,042	0,050	0,052	0,199	0,349	0,345	0,343	0,343
600MW	2	0,044	0,044	0,045	0,050	0,043	0,040	0,044	0,045	0,046	0,051	0,045	0,045	0,045	0,044	0,052	0,047	0,049	0,207	0,350	0,348	0,345	0,345
100MW	3	0,042	0,047	0,040	0,																		

LISA 15. Testitulemused liinil 1-5 LCC ja generaatoriga

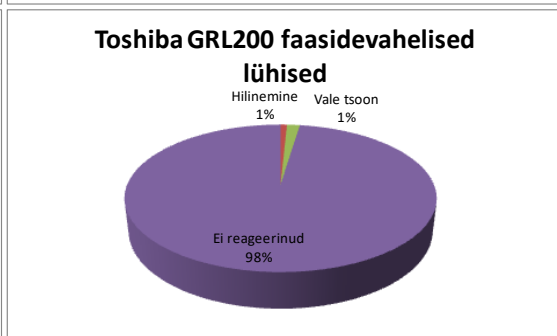
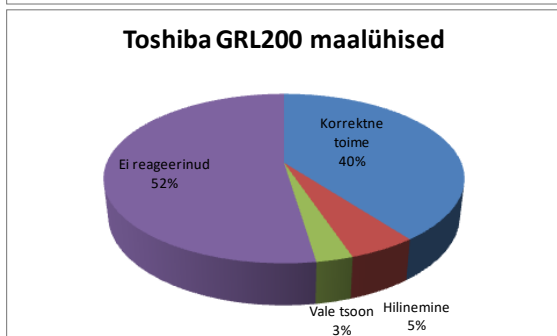
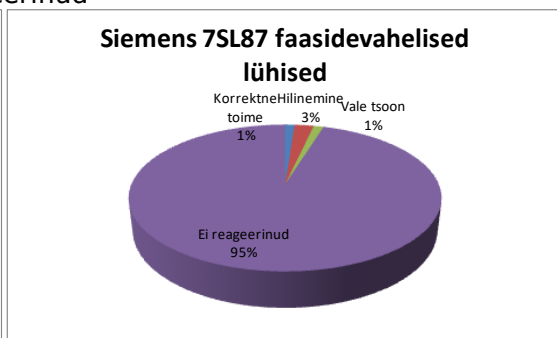
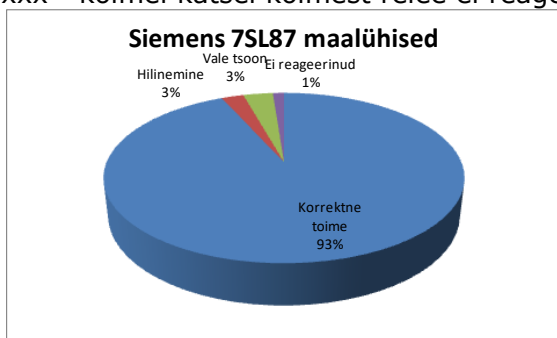
Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,330	0,330	0,333	0,324	0,630	0,631	0,624	0,630	0,646	0,649	0,646	0,649	0,648	0,650	0,647	0,638	0,642	0,645	0,646	0,645	0,641	0,647
200MW	1	0,192	0,322	0,318	0,325	0,628	0,636	0,636	0,638	0,650	0,655	0,643	0,644	0,644	0,640	0,644	0,645	0,642	0,647	0,652	0,641	0,651	0,647
300MW	1	0,331	0,330	0,319	0,333	0,629	0,641	0,635	0,645	0,644	0,637	0,648	0,656	0,641	0,639	0,639	0,650	0,642	0,658	0,654	0,652	0,651	0,667
400MW	1	0,331	0,334	0,326	0,341	0,632	0,633	0,647	0,645	0,643	0,650	0,645	0,644	0,651	0,669	0,667	0,658	0,647	0,660	0,655	0,644	0,649	0,667
500MW	1	0,330	0,333	0,329	0,327	0,646	0,648	0,648	0,658	0,649	0,660	0,646	0,650	0,662	0,641	0,657	0,652	0,648	0,658	0,640	0,649	xx	xx
600MW	1	0,330	0,332	0,340	0,635	0,640	0,647	0,634	0,628	0,641	0,639	0,637	0,634	0,637	0,642	0,645	0,642	0,640	0,640	0,643	xx	x	
100MW	1+1	0,339	0,451	0,519	0,522	0,543	0,850	0,874	0,653	0,660	0,661	0,658	0,656	0,629	0,630	0,645	0,629	0,661	0,661	0,665	0,656	0,652	0,652
200MW	1+1	0,331	0,346	0,334	0,347	0,348	0,646	0,652	0,656	0,667	0,653	0,659	0,651	0,629	0,632	0,622	0,630	0,668	0,671	0,671	0,670	0,668	0,668
300MW	1+1	0,335	0,332	0,327	0,347	0,344	0,630	0,636	0,641	0,625	0,625	0,630	0,628	0,624	0,624	0,667	0,669	0,671	0,671	0,669	0,669	0,669	0,669
400MW	1+1	0,340	0,329	0,332	0,349	0,334	0,639	0,623	0,634	0,624	0,644	0,628	0,630	0,659	0,681	0,674	0,673	0,671	0,670	0,671	0,669	0,663	0,663
500MW	1+1	0,322	0,338	0,330	0,335	0,329	0,633	0,624	0,624	0,672	0,631	0,683	0,689	0,672	0,680	0,684	0,684	0,682	0,682	0,677	0,670	0,672	0,672
600MW	1+1	0,327	0,334	0,333	0,331	0,344	0,627	0,627	0,645	0,627	0,690	0,657	0,696	0,683	0,685	0,676	0,657	0,648	0,670	0,667	0,665	0,667	0,674
100MW	2	0,628	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,630	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,478	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,622	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,379	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,355	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,342	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,473	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,447	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,486	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,503	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,537	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,333	0,338	0,341	0,331	0,630	0,625	0,627	0,633	0,633	0,629	0,632	0,632	0,631	0,632	0,632	0,658	0,629	0,662	0,662	0,684	0,682	
200MW	1	0,497	0,334	0,329	0,372	0,626	0,630	0,637	0,632	0,632	0,635	0,625	0,633	0,629	0,677	0,629	0,681	0,670	0,679	0,683	0,677	0,686	
300MW	1	0,336	0,338	0,334	0,629	0,628	0,629	0,628	0,633	0,627	0,625	0,682	0,687	0,681	0,680	0,681	0,680	0,681	0,683	0,674	0,729	0,818	
400MW	1	0,335	0,339	0,333	0,637	0,626	0,626	0,636	0,683	0,628	0,635	0,684	0,681	0,681	0,682	0,687	0,685	0,680	0,685	xxx	xxx	xxx	
500MW	1	0,331	0,340	0,337	0,626	0,634	0,630	0,634	0,678	0,635	0,683	0,683	0,687	0,680	0,677	0,828	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
600MW	1	0,338	0,337	0,335	0,629	0,631	0,660	0,674	0,678	0,681	0,681	0,682	0,680	0,847	0,858	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
100MW	1+1	0,642	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
200MW	1+1	0,510	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
300MW	1+1	0,434	0,743	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
400MW	1+1	0,425	0,607	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
500MW	1+1	0,395	0,482	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
600MW	1+1	0,418	0,500	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
100MW	2	0,639	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
200MW	2	0,643	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
300MW	2	0,641	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
400MW	2	0,633	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
500MW	2	0,473	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
600MW	2	0,482	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud
 xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud
 xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 16. Testitulemused liinil 2-1 VSC ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,015	0,033	0,034	0,027	0,030	0,036	0,031	0,035	0,036	0,030	0,030	0,045	0,052	0,041	0,042	0,042	0,042	0,035	0,025	0,025	0,032	0,033
200MW	1+1	0,015	0,021	0,037	0,030	0,029	0,036	0,033	0,036	0,026	0,023	0,037	0,029	0,040	0,042	0,041	0,035	0,036	0,036	0,023	0,023	0,025	0,033
300MW	1	0,016	0,033	0,027	0,028	0,029	0,032	0,034	0,030	0,021	0,096	0,033	0,033	0,034	0,026	0,040	0,042	0,034	0,030	0,021	0,021	0,024	0,034
400MW	1	0,016	0,030	0,034	0,038	0,032	0,038	0,031	0,034	0,035	0,035	0,030	0,030	0,035	0,038	0,037	0,040	0,042	0,036	0,037	0,040	0,042	0,034
500MW	1	0,034	0,030	0,028	0,030	0,036	0,024	0,038	0,026	0,033	0,036	0,025	0,033	0,038	0,036	0,043	0,040	0,041	0,031	0,020	0,020	0,024	0,036
600MW	1	0,019	0,021	0,019	0,018	0,023	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	0,020	0,019	0,024	0,030	0,020	0,036	0,041	0,032	0,020	0,020	0,024	0,036
100MW	1+1	0,015	0,034	0,034	0,033	0,025	0,036	0,033	0,033	0,042	0,042	0,036	0,041	0,035	0,044	0,051	0,041	0,044	0,031	0,031	0,031	0,032	0,037
200MW	1+1	0,015	0,026	0,040	0,042	0,040	0,037	0,037	0,036	0,038	0,040	0,031	0,032	0,038	0,045	0,042	0,050	0,046	0,036	0,033	0,033	0,032	0,036
300MW	1+1	0,015	0,043	0,030	0,040	0,036	0,037	0,040	0,029	0,033	0,044	0,034	0,044	0,050	0,040	0,045	0,042	0,053	0,036	0,032	0,032	0,031	0,039
400MW	1+1	0,049	0,028	0,039	0,032	0,034	0,031	0,041	0,037	0,032	0,039	0,039	0,036	0,039	0,039	0,043	0,039	0,042	0,034	0,033	0,033	0,033	0,033
500MW	1+1	0,040	0,050	0,042	0,046	0,034	0,039	0,031	0,032	0,035	0,041	0,040	0,040	0,037	0,039	0,039	0,039	0,048	0,048	0,040	0,037	0,036	0,035
600MW	1+1	0,015	0,017	0,031	0,017	0,020	0,017	0,018	0,021	0,021	0,035	0,029	0,035	0,032	0,039	0,041	0,038	0,039	0,053	0,034	0,034	0,032	0,039
100MW	2	0,015	0,047	0,043	0,046	0,045	0,048	0,050	0,048	0,113	0,071	0,102	0,093	0,097	0,143	0,111	0,146	0,105	0,330	0,327	0,331	0,331	0,347
200MW	2	0,015	0,047	0,048	0,042	0,046	0,048	0,045	0,044	0,044	0,150	0,105	0,135	0,079	0,144	0,141	0,082	0,084	0,331	0,335	0,325	0,331	0,339
300MW	2	0,015	0,041	0,045	0,044	0,044	0,045	0,047	0,049	0,051	0,053	0,146	0,052	0,056	0,076	0,060	0,074	0,111	0,329	0,336	0,331	0,331	0,329
400MW	2	0,035	0,036	0,043	0,039	0,045	0,036	0,049	0,042	0,043	0,047	0,040	0,048	0,060	0,046	0,058	0,062	0,099	0,236	0,333	0,327	0,330	0,330
500MW	2	0,037	0,047	0,045	0,046	0,041	0,044	0,042	0,047	0,047	0,055	0,049	0,049	0,063	0,055	0,057	0,073	0,067	0,276	0,327	0,333	0,332	0,332
600MW	2	0,016	0,041	0,039	0,038	0,044	0,041	0,043	0,045	0,041	0,043	0,046	0,059	0,041	0,066	0,078	0,048	0,050	0,235	0,316	0,318	0,319	0,319
100MW	3	0,016	0,041	0,044	0,032	0,041	0,044	0,097	0,041	0,095	0,077	0,117	0,202	0,096	0,126	0,100	0,116	0,245	0,324	0,333	0,327	0,331	0,331
200MW	3	0,262	0,040	0,040	0,036	0,044	0,040	0,039	0,040	0,137	0,046	0,047	0,051	0,051	0,148	0,097	0,060	0,176	0,252	0,331	0,335	0,328	0,338
300MW	3	0,247	0,037	0,040	0,034	0,038	0,040	0,038	0,041	0,049	0,043	0,091	0,042	0,101	0,045	0,091	0,047	0,175	0,199	0,327	0,374	0,342	0,332
400MW	3	0,038	0,040	0,039	0,039	0,036	0,040	0,039	0,037	0,061	0,060	0,044	0,038	0,044	0,040	0,053	0,050	0,048	0,309	0,327	0,327	0,331	0,335
500MW	3	0,040	0,040	0,040	0,045	0,040	0,039	0,037	0,041	0,037	0,040	0,037	0,039	0,047	0,045	0,041	0,047	0,043	0,201	0,327	0,331	0,331	0,331
600MW	3	0,016	0,030	0,030	0,036	0,036	0,036	0,035	0,036	0,040	0,038	0,054	0,038	0,044	0,063	0,040	0,039	0,039	0,044	0,316	0,319	0,320	0,320

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,038	0,038	0,038	0,030	0,038	0,033	0,031	0,035	0,034	0,037	0,035	0,035	0,036	0,039	0,031	0,052	0,038	0,053	0,334	0,328	0,333	0,333
200MW	1	0,024	0,036	0,029	0,031	0,040	0,029	0,037	0,041	0,036	0,038	0,035	0,034	0,032	0,039	0,035	0,038	0,039	0,150	0,329	0,332	0,332	0,333
300MW	1	0,041	0,035	0,034	0,027	0,041	0,025	0,039	0,041	0,038	0,038	0,025	0,035	0,038	0,039	0,037	0,039	0,039	0,069	0,330	0,340	0,338	0,338
400MW	1	0,041	0,035	0,041	0,040	0,041	0,037	0,042	0,041	0,040	0,041	0,040	0,040	0,039	0,041	0,041	0,040	0,040	0,089	0,341	0,337	0,337	0,340
500MW	1	0,041	0,040	0,041	0,042	0,041	0,041	0,041	0,041	0,040	0,041	0,040	0,041	0,040	0,041	0,041	0,040	0,040	0,156	0,342	0,340	0,340	0,340
600MW	1	0,041	0,041	0,041	0,042	0,041	0,043	0,041	0,041	0,042	0,042	0,040	0,043	0,043	0,041	0,041	0,043	0,043	0,142	0,340	0,342	0,342	0,343
100MW	1+1	0,036	0,036	0,036	0,034	0,036	0,034	0,033	0,032	0,033	0,035	0,031	0,033	0,035	0,034	0,035	0,039	0,040	0,206	0,339	0,337	0,337	0,338
200MW	1+1	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,035	0,035	0,034	0,035	0,032	0,034	0,034	0,036	0,038	0,039	0,078	0,341	0,338	0,338	0,338
300MW	1+1	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,033	0,034	0,035	0,035	0,034	0,035	0,033	0,035	0,033	0,030	0,039	0,039	0,212	0,339	0,337	0,337	0,338
400MW	1+1	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,035	0,034	0,035	0,036	0,040	0,040	0,041	0,057	0,339	0,337	0,337	0,338
500MW	1+1	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,036	0,037	0,033	0,035	0,034	0,035	0,037	0,038	0,038	0,041	0,156	0,339	0,337	0,337	0,338
600MW	1+1	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,036	0,034	0,033	0,035	0,034	0,034	0,036	0,036	0,041	0,041	0,339	0,339	0,337	0,337	0,338
100MW	2	0,036	0,036	0,036	0,034	0,036	0,034	0,035	0,036	0,035	0,034	0,036	0,035	0,034	0,036	0,038	0,039	0,041	0,240	0,339	0,338	0,338	0,339
200MW	2	0,036	0,036	0,036	0,034	0,036	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,036	0,035	0,034	0,036	0,036	0,041	0,041	0,339	0,339	0,338	0,338	0,339
300MW	2	0,036	0,036	0,036	0,034	0,036	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,036	0,034	0,035	0,036	0,036	0,041	0,041	0,318	0,339	0,337	0,337	0,339
400MW	2	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,036	0,035	0,034	0,036	0,036	0,041	0,041	0,339	0,339	0,337	0,337	0,338
500MW	2	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,036	0,034	0,035	0,036	0,036	0,041	0,041	0,256	0,339	0,337	0,337	0,338
600MW	2	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,036	0,035	0,035	0,036	0,036	0,041	0,041	0,239	0,339	0,337	0,337	0,338
100MW	3	0,033	0,035	0,036																			

LISA 17. Testitulemused liinil 1-5 VSC ja generaatoriga

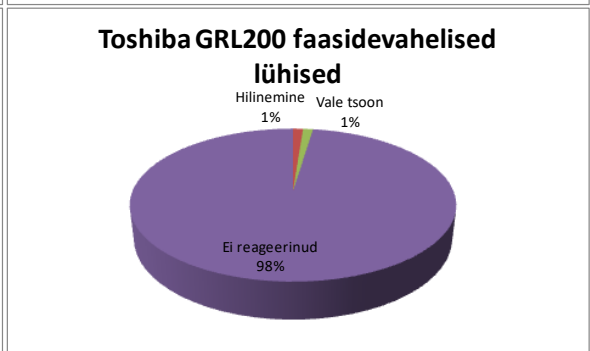
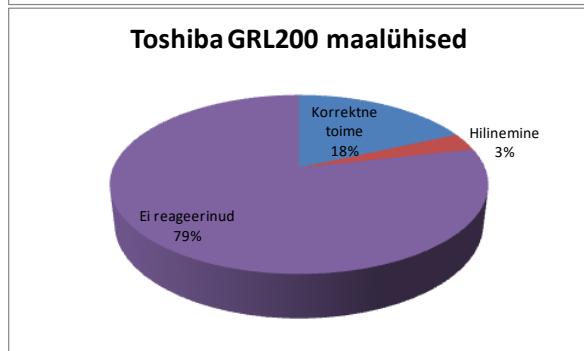
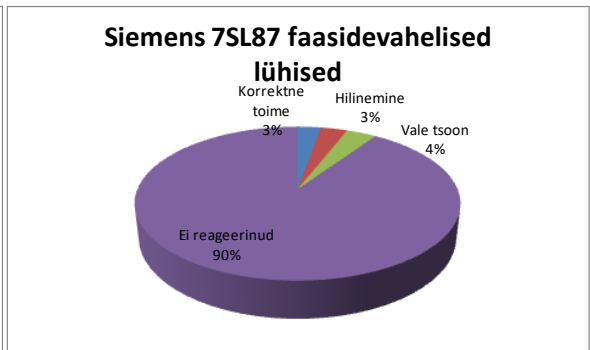
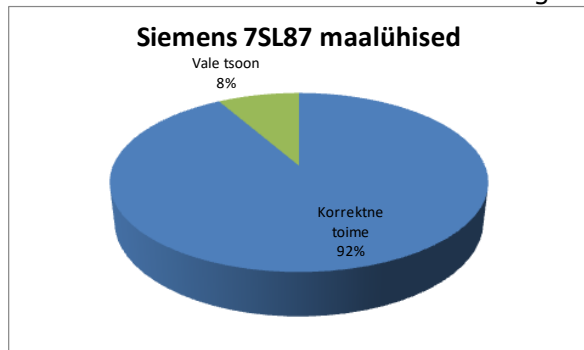
Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,315	0,315	0,315	0,313	0,615	0,610	0,614	0,615	0,616	0,617	0,617	0,617	0,615	0,618	0,617	0,618	0,618	0,618	0,618	0,615	0,620	0,617
200MW	1	0,316	0,316	0,315	0,314	0,613	0,611	0,614	0,616	0,617	0,616	0,618	0,617	0,616	0,618	0,617	0,616	0,619	0,619	0,619	0,621	0,620	0,619
300MW	1	0,317	0,316	0,316	0,314	0,616	0,614	0,615	0,617	0,618	0,619	0,619	0,618	0,617	0,620	0,616	0,618	0,620	0,615	0,617	0,621	0,620	0,619
400MW	1	0,318	0,317	0,317	0,316	0,616	0,618	0,616	0,617	0,619	0,615	0,615	0,619	0,617	0,615	0,617	0,618	0,615	0,618	0,618	0,617	0,620	0,619
500MW	1	0,319	0,318	0,318	0,316	0,615	0,619	0,617	0,618	0,619	0,615	0,616	0,615	0,618	0,616	0,618	0,616	0,616	0,621	0,618	0,618	0,621	0,619
600MW	1	0,323	0,319	0,321	0,317	0,616	0,615	0,618	0,619	0,615	0,616	0,617	0,616	0,619	0,617	0,619	0,617	0,617	0,617	0,619	0,627	0,619	0,619
100MW	1+1	0,334	0,335	0,327	0,323	0,314	0,323	0,322	0,322	0,619	0,612	0,612	0,617	0,625	0,623	0,625	0,620	0,643	0,623	0,640	0,645	0,643	0,643
200MW	1+1	0,326	0,331	0,331	0,319	0,313	0,319	0,320	0,629	0,625	0,620	0,613	0,612	0,631	0,629	0,626	0,629	0,636	0,637	0,631	0,419	0,206	0,614
300MW	1+1	0,330	0,323	0,323	0,325	0,316	0,317	0,316	0,622	0,615	0,626	0,614	0,613	0,617	0,620	0,617	0,625	0,620	0,640	0,637	0,616	0,614	0,614
400MW	1+1	0,330	0,327	0,332	0,316	0,315	0,318	0,315	0,616	0,615	0,627	0,615	0,614	0,614	0,616	0,614	0,616	0,616	0,616	0,616	0,618	0,617	0,620
500MW	1+1	0,314	0,333	0,333	0,316	0,316	0,314	0,317	0,613	0,614	0,629	0,626	0,615	0,613	0,616	0,616	0,616	0,617	0,616	0,617	0,619	0,618	0,616
600MW	1+1	0,317	0,319	0,329	0,320	0,316	0,315	0,315	0,622	0,615	0,616	0,640	0,639	0,626	0,614	0,619	0,618	0,617	0,618	0,620	0,619	0,416	0,416
100MW	2	0,509	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,506	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,440	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,434	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,434	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,372	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,308	0,597	0,722	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,311	0,593	0,724	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,314	0,602	0,728	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,317	0,513	0,731	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,316	0,610	0,737	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,319	0,790	0,835	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,340	0,333	0,334	0,333	0,631	0,632	0,631	0,633	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1	0,323	0,324	0,323	0,324	0,622	0,622	0,749	0,744	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
300MW	1	0,339	0,339	0,339	0,341	0,641	0,760	0,638	0,642	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
400MW	1	0,340	0,340	0,340	0,341	0,641	0,641	0,643	0,671	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
500MW	1	0,340	0,340	0,340	0,341	0,641	0,641	0,642	0,642	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
600MW	1	0,343	0,340	0,343	0,341	0,641	0,641	0,643	0,642	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
100MW	1+1	0,370	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,409	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	0,413	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	0,415	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	0,424	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	0,428	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	0,632	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,631	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,642	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,577	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,587	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,470	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest relee ei reageerinud
 xx - kahel katsel kolmest relee ei reageerinud
 xxx - kolmel katsel kolmest relee ei reageerinud



LISA 18. TT-d liinil 2-1 VSC LVRT-ga ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,027	0,044	0,021	0,028	0,032	0,027	0,028	0,033	0,026	0,026	0,029	0,028	0,033	0,040	0,027	0,032	0,038	0,049	0,324	0,325	0,320	0,322
200MW	1	0,029	0,035	0,029	0,034	0,035	0,027	0,027	0,033	0,029	0,030	0,033	0,038	0,037	0,026	0,038	0,039	0,035	0,230	0,267	0,320	0,322	0,321
300MW	1	0,029	0,023	0,022	0,032	0,032	0,031	0,017	0,025	0,034	0,032	0,033	0,030	0,036	0,037	0,039	0,038	0,038	0,133	0,326	0,322	0,321	0,322
400MW	1	0,028	0,023	0,027	0,024	0,028	0,032	0,031	0,020	0,042	0,033	0,029	0,035	0,038	0,034	0,036	0,038	0,039	0,150	0,317	0,319	0,322	0,323
500MW	1	0,022	0,025	0,030	0,035	0,032	0,028	0,031	0,028	0,033	0,035	0,038	0,035	0,036	0,035	0,041	0,038	0,041	0,230	0,324	0,317	0,323	0,323
600MW	1	0,023	0,020	0,020	0,020	0,028	0,028	0,020	0,019	0,019	0,019	0,020	0,025	0,020	0,025	0,022	0,032	0,037	0,229	0,320	0,316	0,322	0,322
100MW	1+1	0,026	0,025	0,017	0,032	0,022	0,033	0,032	0,029	0,039	0,030	0,034	0,037	0,039	0,038	0,040	0,042	0,048	0,133	0,331	0,329	0,323	0,323
200MW	1+1	0,068	0,028	0,037	0,037	0,033	0,047	0,034	0,038	0,031	0,040	0,036	0,038	0,039	0,038	0,043	0,056	0,041	0,048	0,328	0,330	0,329	0,329
300MW	1+1	0,039	0,033	0,024	0,033	0,035	0,054	0,030	0,032	0,038	0,035	0,030	0,036	0,036	0,033	0,037	0,040	0,042	0,137	0,328	0,322	0,329	0,329
400MW	1+1	0,039	0,031	0,034	0,032	0,037	0,034	0,041	0,032	0,031	0,021	0,037	0,042	0,035	0,041	0,036	0,041	0,041	0,121	0,325	0,330	0,336	0,336
500MW	1+1	0,035	0,036	0,024	0,041	0,042	0,033	0,019	0,038	0,041	0,037	0,040	0,038	0,040	0,027	0,037	0,039	0,040	0,055	0,329	0,326	0,328	0,328
600MW	1+1	0,016	0,016	0,019	0,023	0,017	0,017	0,019	0,021	0,022	0,042	0,040	0,038	0,036	0,040	0,030	0,036	0,041	0,232	0,321	0,331	0,331	0,321
100MW	2	0,036	0,035	0,035	0,047	0,042	0,045	0,045	0,042	0,051	0,048	0,048	0,055	0,042	0,053	0,056	0,073	0,068	0,329	0,371	0,325	0,328	0,328
200MW	2	0,032	0,046	0,041	0,045	0,044	0,041	0,044	0,044	0,053	0,048	0,046	0,051	0,042	0,050	0,059	0,052	0,138	0,297	0,325	0,323	0,324	0,324
300MW	2	0,038	0,042	0,041	0,054	0,039	0,043	0,049	0,044	0,042	0,050	0,043	0,052	0,051	0,054	0,049	0,057	0,061	0,157	0,324	0,327	0,324	0,324
400MW	2	0,040	0,045	0,040	0,044	0,042	0,042	0,043	0,047	0,047	0,041	0,049	0,045	0,047	0,054	0,049	0,049	0,056	0,147	0,330	0,328	0,326	0,326
500MW	2	0,044	0,040	0,041	0,040	0,051	0,047	0,040	0,043	0,047	0,042	0,048	0,050	0,052	0,054	0,048	0,047	0,059	0,052	0,324	0,326	0,331	0,331
600MW	2	0,016	0,037	0,037	0,029	0,037	0,041	0,043	0,043	0,045	0,044	0,038	0,043	0,042	0,043	0,043	0,046	0,052	0,147	0,318	0,316	0,319	0,319
100MW	3	0,031	0,023	0,029	0,037	0,039	0,035	0,038	0,042	0,038	0,039	0,040	0,042	0,042	0,046	0,045	0,045	0,047	0,073	0,331	0,333	0,332	0,332
200MW	3	0,040	0,007	0,026	0,039	0,041	0,038	0,042	0,041	0,042	0,037	0,044	0,039	0,038	0,045	0,041	0,047	0,047	0,060	0,331	0,327	0,338	0,338
300MW	3	0,038	0,027	0,039	0,033	0,038	0,041	0,035	0,039	0,039	0,041	0,041	0,044	0,045	0,044	0,045	0,045	0,052	0,060	0,326	0,331	0,327	0,327
400MW	3	0,036	0,037	0,040	0,039	0,033	0,039	0,036	0,037	0,038	0,038	0,039	0,026	0,039	0,043	0,048	0,046	0,046	0,049	0,322	0,323	0,329	0,329
500MW	3	0,041	0,027	0,021	0,039	0,040	0,039	0,048	0,040	0,041	0,041	0,041	0,042	0,043	0,040	0,040	0,042	0,046	0,060	0,328	0,328	0,330	0,330
600MW	3	0,015	0,035	0,019	0,035	0,030	0,036	0,037	0,036	0,035	0,037	0,038	0,042	0,043	0,040	0,043	0,042	0,047	0,058	0,318	0,327	0,319	0,319

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-2	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,036	0,037	0,033	0,035	0,034	0,034	0,038	0,038	0,033	0,029	0,037	0,043	0,067	0,035	0,035	0,037	0,039	0,050	0,339	0,339	0,339	0,330
200MW	1	0,038	0,027	0,035	0,034	0,033	0,034	0,036	0,035	0,040	0,034	0,031	0,036	0,039	0,034	0,043	0,036	0,037	0,055	0,338	0,333	0,335	0,335
300MW	1	0,038	0,038	0,032	0,038	0,028	0,037	0,039	0,040	0,034	0,041	0,034	0,037	0,040	0,039	0,036	0,039	0,038	0,116	0,335	0,338	0,338	0,338
400MW	1	0,037	0,038	0,041	0,039	0,040	0,039	0,038	0,042	0,040	0,042	0,039	0,040	0,037	0,042	0,039	0,041	0,040	0,080	0,339	0,341	0,340	0,340
500MW	1	0,040	0,040	0,041	0,041	0,040	0,040	0,041	0,041	0,041	0,041	0,042	0,041	0,041	0,041	0,041	0,042	0,041	0,041	0,093	0,343	0,341	0,342
600MW	1	0,040	0,040	0,041	0,041	0,040	0,042	0,043	0,042	0,040	0,042	0,042	0,043	0,040	0,041	0,042	0,042	0,042	0,278	0,343	0,340	0,343	0,343
100MW	1+1	0,043	0,038	0,033	0,031	0,035	0,036	0,029	0,044	0,032	0,031	0,033	0,035	0,032	0,032	0,033	0,039	0,040	0,094	0,343	0,345	0,338	0,338
200MW	1+1	0,035	0,035	0,036	0,034	0,032	0,034	0,034	0,033	0,035	0,034	0,033	0,034	0,033	0,033	0,034	0,040	0,040	0,122	0,338	0,339	0,338	0,338
300MW	1+1	0,035	0,035	0,036	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,035	0,036	0,033	0,035	0,035	0,035	0,034	0,040	0,040	0,119	0,338	0,339	0,338	0,338
400MW	1+1	0,035	0,035	0,036	0,037	0,036	0,035	0,034	0,033	0,035	0,036	0,037	0,035	0,035	0,037	0,034	0,041	0,041	0,113	0,338	0,339	0,338	0,338
500MW	1+1	0,035	0,035	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,035	0,036	0,037	0,035	0,035	0,036	0,034	0,041	0,041	0,130	0,338	0,339	0,338	0,338
600MW	1+1	0,035	0,035	0,036	0,037	0,036	0,034	0,035	0,034	0,035	0,036	0,036	0,035	0,035	0,036	0,034	0,040	0,041	0,114	0,338	0,339	0,337	0,337
100MW	2	0,035	0,035	0,036	0,039	0,035	0,034	0,035	0,034	0,035	0,034	0,033	0,035	0,036	0,033	0,034	0,041	0,041	0,166	0,338	0,337	0,338	0,338
200MW	2	0,035	0,035	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,034	0,035	0,036	0,034	0,035	0,035	0,035	0,034	0,041	0,041	0,156	0,338	0,339	0,338	0,338
300MW	2	0,035	0,035	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,034	0,035	0,035	0,034	0,035	0,036	0,034	0,041	0,041	0,174	0,338	0,339	0,338	0,338	
400MW	2	0,035	0,035	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,034	0,035	0,036	0,037	0,035	0,036	0,034	0,041	0,041	0,250	0,338	0,339	0,338	0,338	
500MW	2	0,035	0,035	0,036	0,037	0,035	0,034	0,034	0,033	0,035	0,036	0,036	0,035	0,035	0,037	0,034	0,041	0,041	0,271	0,338	0,339	0,338	0,338
600MW	2	0,035	0,035	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,034	0,035	0,036	0,036	0,035	0,035	0,037	0,034	0,041	0,041	0,339	0,338	0,339	0,338	0,338
100MW	3	0,035	0,032	0,034	0,033	0,038	0																

LISA 19. TT-d liinil 1-5 VSC LVRT-ga ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,315	0,317	0,315	0,315	0,613	0,615	0,616	0,614	0,618	0,618	0,619	0,616	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618	0,619	0,615	0,620	0,619	0,620
200MW	1	0,315	0,316	0,316	0,314	0,614	0,615	0,617	0,615	0,613	0,615	0,616	0,618	0,619	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618	0,615	0,616	0,620	0,620
300MW	1	0,316	0,315	0,317	0,315	0,615	0,612	0,618	0,616	0,619	0,616	0,616	0,617	0,619	0,615	0,618	0,619	0,616	0,617	0,621	0,621	0,621	0,622
400MW	1	0,317	0,314	0,318	0,315	0,616	0,618	0,618	0,617	0,615	0,615	0,616	0,618	0,615	0,616	0,619	0,619	0,615	0,617	0,618	0,618	0,620	0,622
500MW	1	0,318	0,315	0,318	0,316	0,617	0,619	0,616	0,618	0,616	0,616	0,618	0,619	0,616	0,617	0,615	0,622	0,617	0,619	0,620	0,617	0,618	0,618
600MW	1	0,317	0,319	0,324	0,319	0,578	0,614	0,615	0,619	0,617	0,617	0,618	0,615	0,622	0,411	0,624	0,617	0,623	0,619	0,619	0,618	0,618	0,619
100MW	1+1	0,328	0,322	0,330	0,315	0,313	0,315	0,616	0,615	0,614	0,618	0,614	0,618	0,618	0,618	0,614	0,620	0,623	0,617	0,620	0,624	0,634	0,620
200MW	1+1	0,326	0,325	0,323	0,316	0,314	0,317	0,612	0,616	0,613	0,617	0,618	0,617	0,615	0,614	0,618	0,619	0,617	0,618	0,626	0,635	0,622	0,626
300MW	1+1	0,327	0,325	0,317	0,315	0,315	0,317	0,616	0,616	0,614	0,614	0,616	0,616	0,614	0,617	0,619	0,614	0,626	0,624	0,623	0,636	0,630	0,630
400MW	1+1	0,329	0,322	0,317	0,316	0,316	0,416	0,619	0,614	0,615	0,615	0,617	0,613	0,615	0,616	0,614	0,615	0,617	0,618	0,617	0,617	0,617	0,618
500MW	1+1	0,313	0,327	0,320	0,316	0,315	0,417	0,615	0,613	0,619	0,616	0,614	0,614	0,616	0,617	0,615	0,616	0,618	0,619	0,618	0,618	0,618	0,618
600MW	1+1	0,314	0,329	0,327	0,317	0,318	0,315	0,612	0,617	0,617	0,615	0,613	0,615	0,617	0,618	0,616	0,617	0,618	0,615	0,626	0,622	0,621	0,621
100MW	2	0,320	0,314	0,615	0,618	0,616	0,616	0,622	0,620	0,656	0,668	0,676	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,319	0,320	0,616	0,614	0,615	0,622	0,622	0,671	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,320	0,322	0,620	0,615	0,626	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,317	0,322	0,623	0,616	0,616	0,618	0,759	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,322	0,330	0,619	0,617	0,620	0,631	0,630	0,663	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,317	0,419	0,522	0,617	0,618	0,632	x	0,657	0,968	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,320	0,622	0,709	0,786	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,316	0,518	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,317	0,519	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,318	0,520	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,318	0,528	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,319	0,421	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

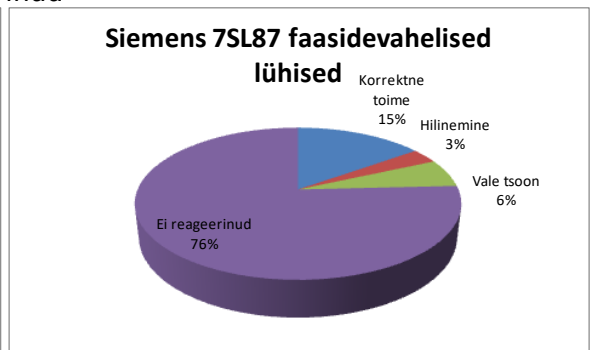
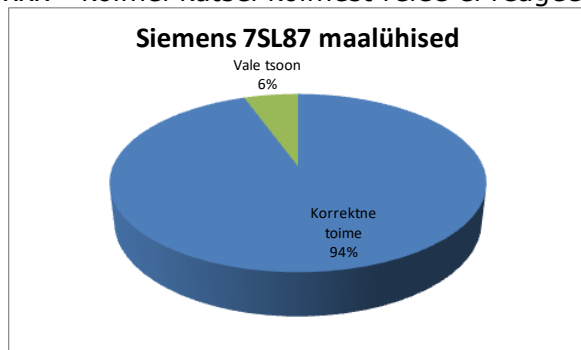
Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L1-5	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,340	0,332	0,335	0,332	0,638	0,640	0,631	0,626	0,630	0,635	0,635	0,634	0,632	0,638	0,636	0,637	0,636	0,640	0,635	0,637	0,638	0,638
200MW	1	0,323	0,325	0,326	0,326	0,621	0,622	0,622	0,622	0,622	0,620	0,622	0,623	0,623	0,623	0,621	0,624	0,624	0,624	0,629	0,629	0,635	0,638
300MW	1	0,339	0,341	0,339	0,342	0,640	0,640	0,642	0,642	0,640	0,640	0,642	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
400MW	1	0,340	0,341	0,340	0,342	0,640	0,640	0,642	0,642	0,642	0,641	0,641	0,643	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642
500MW	1	0,340	0,341	0,342	0,342	0,641	0,643	0,642	0,642	0,642	0,641	0,642	0,643	0,642	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643
600MW	1	0,343	0,341	0,342	0,342	0,644	0,644	0,642	0,642	0,642	0,816	0,726	0,884	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643	0,643
100MW	1+1	0,338	0,353	0,641	0,643	0,645	0,645	0,647	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,338	0,350	0,641	0,640	0,642	0,642	0,643	0,647	0,652	0,655	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	0,345	0,349	0,641	0,640	0,642	0,655	0,660	0,663	0,670	0,672	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	0,338	0,347	0,641	0,640	0,642	0,641	0,651	0,663	0,668	0,672	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	0,338	0,347	0,642	0,644	0,642	0,641	0,644	0,643	0,664	0,671	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	0,338	0,343	0,639	0,643	0,645	0,645	0,644	0,643	0,644	0,669	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	0,338	0,355	0,644	0,644	0,645	0,648	0,647	0,648	0,654	0,656	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,338	0,353	0,641	0,644	0,642	0,643	0,644	0,647	0,651	0,656	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,345	0,350	0,641	0,640	0,642	0,642	0,663	0,670	0,731	0,759	0,854	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,338	0,350	0,641	0,640	0,642	0,642	0,640	0,671	0,726	0,750	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,338	0,346	0,642	0,643	0,642	0,642	0,643	0,643	0,714	0,731	0,784	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,343	0,445	0,541	0,643	0,642	0,645	0,644	0,643	0,685	0,715	0,751	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,329	0,528	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,326	0,532	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,337	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,337	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,334	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,335	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

x - ühel katsel kolmest rele ei reageerinud

xx - kahel katsel kolmest rele ei reageerinud

xxx - kolmel katsel kolmest rele ei reageerinud



LISA 20. Testitulemused liinil 3-4 LCC ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Võimsus	L3-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,025	0,025	0,027	0,028	0,024	0,024	0,026	0,023	0,030	0,030	0,026	0,031	0,025	0,033	0,033	0,072	0,063	0,325	0,324	0,330	0,332
200MW	1	0,025	0,027	0,030	0,033	0,029	0,037	0,031	0,028	0,031	0,033	0,033	0,031	0,035	0,029	0,028	0,046	0,084	0,220	0,320	0,320	0,319
300MW	1	0,025	0,026	0,026	0,032	0,028	0,026	0,046	0,039	0,051	0,033	0,032	0,026	0,031	0,033	0,031	0,078	0,089	0,221	0,319	0,330	0,324
400MW	1	0,029	0,031	0,028	0,027	0,026	0,045	0,038	0,040	0,059	0,070	0,082	0,043	0,034	0,030	0,072	0,083	0,091	0,116	0,325	0,320	0,319
500MW	1	0,030	0,024	0,021	0,024	0,057	0,066	0,066	0,071	0,065	0,069	0,074	0,074	0,062	0,057	0,071	0,074	0,097	0,248	0,319	0,324	0,319
600MW	1	0,032	0,027	0,031	0,026	0,020	0,070	0,068	0,070	0,073	0,055	0,067	0,043	0,078	0,067	0,057	0,070	0,076	0,268	0,337	0,316	0,331
100MW	1+1	0,049	0,043	0,044	0,035	0,042	0,031	0,047	0,041	0,047	0,034	0,048	0,047	0,044	0,042	0,046	0,055	0,063	0,240	0,333	0,346	0,346
200MW	1+1	0,044	0,039	0,043	0,028	0,040	0,036	0,039	0,032	0,039	0,037	0,041	0,034	0,040	0,057	0,054	0,065	0,067	0,321	0,329	0,335	0,337
300MW	1+1	0,038	0,028	0,045	0,037	0,036	0,036	0,033	0,035	0,043	0,043	0,039	0,043	0,042	0,051	0,051	0,065	0,075	0,298	0,333	0,332	0,335
400MW	1+1	0,049	0,049	0,045	0,036	0,044	0,038	0,048	0,041	0,050	0,041	0,046	0,043	0,043	0,043	0,042	0,054	0,072	0,337	0,337	0,340	0,347
500MW	1+1	0,049	0,044	0,049	0,041	0,047	0,056	0,037	0,035	0,040	0,038	0,034	0,040	0,037	0,048	0,056	0,061	0,073	0,235	0,341	0,331	0,338
600MW	1+1	0,033	0,045	0,047	0,048	0,045	0,037	0,045	0,055	0,039	0,045	0,040	0,043	0,044	0,042	0,050	0,062	0,083	0,341	0,339	0,333	0,341
100MW	2	0,033	0,050	0,032	0,037	0,028	0,049	0,047	0,055	0,061	0,069	0,065	0,065	0,075	0,090	0,092	0,099	0,105	0,325	0,325	0,322	0,328
200MW	2	0,070	0,055	0,041	0,049	0,073	0,069	0,067	0,069	0,080	0,080	0,073	0,087	0,092	0,090	0,096	0,086	0,167	0,334	0,339	0,332	0,338
300MW	2	0,068	0,058	0,072	0,066	0,072	0,079	0,072	0,078	0,094	0,109	0,111	0,115	0,121	0,133	0,127	0,265	0,239	0,285	0,339	0,341	0,337
400MW	2	0,072	0,064	0,066	0,069	0,069	0,072	0,073	0,093	0,089	0,086	0,114	0,108	0,113	0,194	0,246	0,231	0,337	0,347	0,349	0,341	0,345
500MW	2	0,045	0,053	0,058	0,062	0,062	0,065	0,054	0,086	0,060	0,060	0,059	0,063	0,111	0,110	0,063	0,158	0,159	0,336	0,337	0,328	0,324
600MW	2	0,041	0,021	0,071	0,057	0,061	0,063	0,079	0,067	0,085	0,077	0,061	0,062	0,076	0,159	0,089	0,173	0,172	0,326	0,329	0,327	0,341
100MW	3	0,033	0,039	0,040	0,047	0,048	0,050	0,046	0,047	0,044	0,040	0,050	0,052	0,048	0,042	0,041	0,050	0,056	0,047	0,344	0,342	0,329
200MW	3	0,040	0,047	0,042	0,051	0,050	0,046	0,042	0,059	0,045	0,045	0,055	0,054	0,053	0,055	0,053	0,057	0,054	0,055	0,341	0,347	0,341
300MW	3	0,049	0,044	0,054	0,045	0,056	0,046	0,046	0,051	0,056	0,056	0,059	0,053	0,053	0,057	0,062	0,074	0,054	0,066	0,329	0,333	0,348
400MW	3	0,030	0,050	0,040	0,045	0,058	0,058	0,059	0,056	0,053	0,050	0,048	0,057	0,049	0,056	0,051	0,054	0,063	0,055	0,344	0,348	0,342
500MW	3	0,029	0,038	0,050	0,047	0,057	0,058	0,049	0,040	0,050	0,046	0,048	0,044	0,049	0,044	0,052	0,048	0,043	0,062	0,349	0,343	0,352
600MW	3	0,055	0,053	0,049	0,050	0,050	0,047	0,046	0,048	0,049	0,052	0,047	0,043	0,044	0,044	0,048	0,043	0,044	0,060	0,341	0,339	0,339

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Võimsus	L3-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,043	0,046	0,046	0,049	0,044	0,041	0,045	0,041	0,048	0,048	0,043	0,050	0,043	0,051	0,050	0,053	0,089	0,083	0,084	0,353	0,355
200MW	1	0,044	0,049	0,050	0,055	0,050	0,053	0,050	0,046	0,049	0,051	0,050	0,049	0,053	0,048	0,046	0,050	0,351	0,348	0,342	0,349	0,344
300MW	1	0,044	0,048	0,046	0,053	0,049	0,043	0,051	0,043	0,055	0,050	0,053	0,045	0,049	0,052	0,051	0,050	0,051	0,346	0,344	0,355	0,349
400MW	1	0,048	0,053	0,048	0,048	0,043	0,050	0,050	0,045	0,045	0,042	0,055	0,049	0,039	0,049	0,052	0,053	0,049	0,349	0,348	0,348	0,347
500MW	1	0,049	0,046	0,042	0,046	0,051	0,044	0,046	0,048	0,045	0,049	0,053	0,055	0,042	0,049	0,052	0,045	0,050	0,350	0,346	0,351	0,345
600MW	1	0,053	0,049	0,051	0,049	0,042	0,049	0,048	0,050	0,052	0,047	0,041	0,045	0,053	0,050	0,349	0,046	0,350	0,249	0,348	0,347	0,349
100MW	1+1	0,057	0,053	0,060	0,053	0,046	0,042	0,051	0,050	0,057	0,041	0,052	0,051	0,044	0,049	0,046	0,046	0,054	0,052	0,052	0,085	0,094
200MW	1+1	0,056	0,057	0,059	0,046	0,050	0,055	0,048	0,042	0,056	0,049	0,058	0,046	0,044	0,047	0,047	0,043	0,049	0,053	0,044	0,060	0,106
300MW	1+1	0,054	0,047	0,057	0,054	0,047	0,052	0,046	0,045	0,055	0,050	0,055	0,051	0,047	0,041	0,045	0,049	0,054	0,048	0,044	0,060	0,099
400MW	1+1	0,055	0,056	0,055	0,052	0,048	0,051	0,052	0,053	0,050	0,046	0,052	0,048	0,043	0,049	0,046	0,051	0,050	0,048	0,055	0,061	0,165
500MW	1+1	0,056	0,057	0,057	0,054	0,052	0,056	0,047	0,041	0,049	0,048	0,041	0,043	0,043	0,050	0,052	0,050	0,045	0,045	0,052	0,057	0,094
600MW	1+1	0,054	0,054	0,060	0,053	0,052	0,043	0,051	0,055	0,044	0,047	0,048	0,049	0,054	0,047	0,044	0,048	0,051	0,052	0,049	0,059	0,142
100MW	2	0,052	0,048	0,058	0,061	0,055	0,053	0,050	0,052	0,050	0,057	0,052	0,051	0,048	0,053	0,056	0,050	0,055	0,049	0,061	0,056	0,062
200MW	2	0,052	0,056	0,053	0,058	0,052	0,060	0,050	0,051	0,063	0,051	0,052	0,047	0,051	0,054	0,058	0,051	0,050	0,051	0,062	0,055	0,107
300MW	2	0,054	0,049	0,057	0,053	0,049	0,050	0,048	0,052	0,055	0,056	0,059	0,051	0,056	0,056	0,054	0,053	0,053	0,054	0,063	0,062	0,354
400MW	2	0,056	0,050	0,046	0,055	0,052	0,038	0,046	0,053	0,054	0,046	0,045	0,044	0,047	0,053	0,050	0,058	0,054	0,051	0,066	0,061	0,259
500MW	2	0,055	0,057	0,052	0,053	0,053	0,052	0,039	0,061	0,047	0,043	0,045	0,040	0,043	0,053	0,049	0,047	0,042	0,051	0,056	0,050	0,054
600MW	2	0,046	0,036	0,052	0,039	0,044	0,051	0,054	0,046	0,051	0,051	0,043	0,044	0,036	0,042	0,046	0,042	0,043	0,041	0,053	0,048	0,123
100MW	3	0,046	0,046	0,042	0,048	0,047	0,053	0,047	0,047	0,046	0,042	0,050	0,053	0,046	0,043	0,045	0,051	0,053	0,048	0,051	0,050	0,047
200MW	3	0,048	0,051	0,045	0,053	0,050	0,046	0,043	0,053	0,043	0,041	0,053	0,052	0,045	0,048	0,047	0,046	0,045	0,046	0,051	0,049	0,057
300MW	3	0,044																				

LISA 21. Testitulemused liinil 4-5 LCC ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L5-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	
100MW	1	0,317	0,318	0,316	0,316	0,319	0,317	0,316	0,318	0,320	0,319	0,317	0,318	0,318	0,318	0,320	0,621	0,622	0,624	0,624	0,624	0,624	0,626
200MW	1	0,312	0,315	0,317	0,317	0,315	0,314	0,315	0,315	0,321	0,319	0,318	0,318	0,319	0,319	0,321	0,622	0,623	0,623	0,619	0,620	0,624	0,627
300MW	1	0,313	0,314	0,312	0,318	0,314	0,319	0,315	0,316	0,320	0,320	0,319	0,319	0,317	0,319	0,321	0,618	0,624	0,620	0,620	0,623	0,623	0,627
400MW	1	0,314	0,315	0,313	0,318	0,316	0,319	0,316	0,317	0,319	0,321	0,319	0,315	0,316	0,320	0,320	0,619	0,619	0,621	0,621	0,626	0,624	0,628
500MW	1	0,315	0,316	0,314	0,314	0,317	0,315	0,317	0,316	0,321	0,317	0,315	0,316	0,317	0,321	0,320	0,619	0,620	0,622	0,622	0,622	0,624	0,628
600MW	1	0,316	0,317	0,315	0,315	0,318	0,316	0,315	0,319	0,317	0,318	0,316	0,317	0,317	0,317	0,319	0,620	0,621	0,624	0,623	0,623	0,616	0,625
100MW	1+1	0,324	0,318	0,319	0,318	0,319	0,317	0,319	0,320	0,320	0,319	0,322	0,320	0,318	0,318	0,320	0,332	0,625	0,624	0,624	0,626	0,634	0,636
200MW	1+1	0,323	0,318	0,317	0,319	0,320	0,318	0,320	0,321	0,319	0,320	0,323	0,320	0,321	0,319	0,321	0,321	0,422	0,626	0,625	0,625	0,632	0,632
300MW	1+1	0,324	0,318	0,318	0,318	0,321	0,318	0,321	0,318	0,320	0,320	0,319	0,320	0,320	0,320	0,320	0,323	0,323	0,622	0,625	0,626	0,630	0,636
400MW	1+1	0,324	0,320	0,318	0,319	0,318	0,319	0,316	0,317	0,320	0,320	0,321	0,320	0,321	0,321	0,317	0,319	0,625	0,626	0,626	0,627	0,632	0,633
500MW	1+1	0,323	0,321	0,319	0,319	0,317	0,320	0,319	0,318	0,319	0,320	0,320	0,321	0,322	0,321	0,318	0,319	0,625	0,625	0,627	0,627	0,632	0,634
600MW	1+1	0,326	0,317	0,320	0,320	0,320	0,322	0,318	0,319	0,317	0,318	0,321	0,325	0,322	0,317	0,319	0,331	0,628	0,623	0,625	0,633	0,635	0,635
100MW	2	0,317	0,318	0,321	0,322	0,319	0,322	0,319	0,320	0,320	0,319	0,327	0,641	0,639	0,643	0,640	0,642	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,321	0,319	0,320	0,322	0,320	0,321	0,320	0,321	0,319	0,320	0,338	0,639	0,635	0,639	0,641	0,641	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,322	0,320	0,318	0,320	0,321	0,319	0,321	0,321	0,320	0,321	0,319	0,636	0,635	0,640	0,642	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,320	0,320	0,319	0,319	0,322	0,320	0,322	0,319	0,321	0,322	0,320	0,635	0,639	0,638	0,639	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,320	0,318	0,319	0,320	0,322	0,320	0,322	0,321	0,321	0,319	0,320	0,636	0,642	0,636	0,643	0,640	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,318	0,317	0,320	0,321	0,318	0,321	0,318	0,319	0,320	0,323	0,334	0,642	0,640	0,642	0,639	0,642	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,315	0,316	0,316	0,328	0,324	0,320	0,319	0,320	0,341	xxx	x	xx	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,316	0,317	0,317	0,324	0,320	0,321	0,320	0,329	0,329	xxx	xx	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,315	0,314	0,316	0,320	0,324	0,319	0,316	0,322	0,338	xxx	xx	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,320	0,314	0,319	0,324	0,320	0,322	0,322	0,321	0,340	xxx	xx	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,321	0,315	0,317	0,335	0,322	0,320	0,323	0,318	0,338	xxx	xxx	xx	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,315	0,316	0,316	0,328	0,322	0,321	0,318	0,324	0,332	x	xxx	xx	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L5-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	
100MW	1	0,325	0,328	0,329	0,337	0,337	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1	0,328	0,328	0,331	0,332	0,335	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1	0,326	0,333	0,327	0,339	0,335	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,323	0,335	0,329	0,337	0,331	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,326	0,327	0,341	0,332	0,332	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,329	0,335	0,340	0,340	0,332	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,107	0,328	0,334	0,340	0,338	0,355	0,350	0,347	0,354	0,374	0,382	0,337	0,366	0,357	0,348	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1+1	0,098	0,338	0,334	0,347	0,332	0,367	0,366	0,372	0,342	0,351	0,379	0,349	0,375	0,377	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1+1	0,068	0,329	0,329	0,348	0,343	0,363	0,375	0,360	0,360	0,377	0,369	0,372	0,370	0,352	0,339	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1+1	0,120	0,330	0,335	0,349	0,338	0,347	0,345	0,359	0,365	0,378	0,376	0,369	0,370	0,343	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1+1	0,074	0,338	0,342	0,347	0,338	0,372	0,340	0,363	0,365	0,364	0,362	0,360	0,348	0,374	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1+1	0,069	0,338	0,330	0,346	0,334	0,375	0,353	0,336	0,342	0,357	0,372	0,372	0,354	0,366	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	2	0,056	0,339	0,337	0,345	0,345	0,360	0,358	0,364	0,376	0,379	0,351	0,650	0,659	0,656	0,654	0,637	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	2	0,056	0,339	0,339	0,345	0,347	0,375	0,354	0,364	0,377	0,349	0,354	0,650	0,661	0,651	0,657	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	2	0,064	0,336	0,334	0,343	0,337	0,354	0,352	0,375	0,349	0,352	0,342	0,643	0,654	0,650	0,645	0,622	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,056	0,342	0,349	0,342	0,346	0,362	0,348	0,367	0,350	0,382	0,370	0,649	0,654	0,657	0,641	0,625	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	2	0,137	0,343	0,332	0,344	0,349	0,348	0,371	0,351	0,368	0,356	0,368	0,647	0,656	0,644	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,107	0,349	0,342	0,341	0,344	0,368	0,345	0,371	0,371	0,348	0,365	0,658	0,660	0,649	0,642	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,042	0,339	0,333	0,339	0,336	0,345	0,337	0,341	0,356	0,372	0,367	0,643	0,653	0,644	0,755	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,042	0,337	0,338	0,332	0,337	0,345	0,342	0,352	0,352	0,356	0,363	0,653	0,656	0,643	0,752	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,042	0,336	0,337	0,332	0,336	0,358	0,376	0,364	0,377	0,372	0,338	0,654	0,645	0,642	0,762	0,743	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,041	0,337	0,338	0,338	0,336	0,368	0,362	0,343	0,361	0,358	0,367	0,654	0,648	0,653	0,743	0,759	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,042	0,332	0,337	0,339	0,337	0,365	0,372	0,361	0,373	0,357	0,366	0,654	0,640	0,638	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,041	0,332	0,343	0,333	0,336	0,338	0,353	0,349	0,340	0,3												

LISA 22. Testitulemused liinil 3-4 VSC ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L3-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,016	0,016	0,016	0,015	0,017	0,023	0,018	0,019	0,022	0,020	0,024	0,031	0,019	0,025	0,032	0,036	0,041	0,036	0,040	0,046	0,035	0,039
200MW	1	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,021	0,021	0,022	0,022	0,024	0,022	0,022	0,022	0,028	0,032	0,035	0,040	0,036	0,040	0,046	0,035
300MW	1	0,017	0,017	0,017	0,018	0,017	0,028	0,021	0,028	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,023	0,028	0,033	0,035	0,034	0,034	0,034	0,031	0,031
400MW	1	0,017	0,018	0,018	0,017	0,017	0,028	0,028	0,029	0,028	0,025	0,023	0,023	0,028	0,028	0,032	0,032	0,042	0,030	0,034	0,034	0,031	0,031
500MW	1	0,018	0,018	0,016	0,018	0,023	0,037	0,027	0,037	0,028	0,019	0,019	0,023	0,036	0,037	0,039	0,039	0,050	0,034	0,034	0,034	0,031	0,031
600MW	1	0,016	0,017	0,016	0,016	0,015	0,018	0,017	0,019	0,019	0,018	0,017	0,015	0,017	0,020	0,028	0,029	0,035	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
100MW	1+1	0,016	0,017	0,019	0,041	0,052	0,044	0,035	0,042	0,042	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,049	0,050	0,056	0,042	0,035	0,034	0,034	0,034
200MW	1+1	0,037	0,027	0,042	0,036	0,042	0,042	0,048	0,042	0,042	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,050	0,051	0,057	0,043	0,039	0,038	0,037
300MW	1+1	0,024	0,017	0,028	0,193	0,042	0,047	0,044	0,044	0,047	0,047	0,047	0,048	0,048	0,048	0,047	0,050	0,051	0,059	0,040	0,029	0,034	0,040
400MW	1+1	0,358	0,017	0,039	0,030	0,044	0,044	0,045	0,039	0,044	0,043	0,043	0,043	0,044	0,044	0,048	0,051	0,051	0,051	0,026	0,040	0,039	0,037
500MW	1+1	0,042	0,017	0,035	0,041	0,040	0,038	0,042	0,040	0,041	0,041	0,041	0,040	0,043	0,042	0,042	0,042	0,040	0,060	0,026	0,034	0,033	0,032
600MW	1+1	0,024	0,017	0,025	0,031	0,034	0,040	0,049	0,038	0,043	0,045	0,038	0,041	0,048	0,039	0,045	0,041	0,060	0,023	0,021	0,022	0,022	0,022
100MW	2	0,016	0,044	0,045	0,046	0,052	0,053	0,112	0,151	0,182	0,216	0,240	0,251	0,270	0,246	0,261	0,298	0,308	0,320	0,320	0,320	0,319	0,316
200MW	2	0,016	0,044	0,045	0,049	0,051	0,062	0,103	0,138	0,176	0,222	0,229	0,251	0,268	0,259	0,263	0,284	0,297	0,316	0,316	0,320	0,320	0,317
300MW	2	0,016	0,044	0,049	0,047	0,051	0,076	0,105	0,151	0,176	0,238	0,252	0,266	0,278	0,260	0,278	0,281	0,297	0,316	0,316	0,320	0,318	0,318
400MW	2	0,016	0,046	0,049	0,050	0,052	0,062	0,109	0,147	0,182	0,226	0,232	0,245	0,258	0,252	0,270	0,286	0,223	0,316	0,318	0,317	0,318	0,318
500MW	2	0,034	0,047	0,048	0,047	0,054	0,054	0,102	0,143	0,180	0,206	0,233	0,241	0,244	0,256	0,255	0,272	0,296	0,319	0,319	0,318	0,318	0,319
600MW	2	0,025	0,035	0,047	0,047	0,050	0,054	0,073	0,068	0,129	0,144	0,104	0,183	0,174	0,204	0,197	0,247	0,259	0,320	0,320	0,319	0,319	0,316
100MW	3	0,285	0,035	0,038	0,038	0,040	0,039	0,046	0,065	0,143	0,156	0,235	0,226	0,249	0,245	0,261	0,282	0,302	0,332	0,320	0,324	0,321	0,321
200MW	3	0,015	0,036	0,036	0,041	0,040	0,044	0,047	0,106	0,187	0,151	0,252	0,263	0,264	0,187	0,268	0,279	0,304	0,329	0,321	0,323	0,317	0,317
300MW	3	0,015	0,037	0,038	0,040	0,041	0,042	0,047	0,086	0,183	0,226	0,234	0,255	0,257	0,255	0,264	0,282	0,304	0,322	0,331	0,316	0,318	0,318
400MW	3	0,015	0,037	0,042	0,045	0,040	0,044	0,042	0,082	0,158	0,218	0,242	0,248	0,177	0,258	0,267	0,266	0,300	0,318	0,325	0,317	0,319	0,319
500MW	3	0,015	0,039	0,042	0,045	0,045	0,046	0,066	0,137	0,166	0,216	0,160	0,248	0,241	0,250	0,261	0,261	0,282	0,324	0,319	0,318	0,320	0,320
600MW	3	0,010	0,044	0,047	0,046	0,046	0,041	0,061	0,074	0,042	0,107	0,190	0,217	0,182	0,213	0,164	0,235	0,278	0,320	0,320	0,319	0,322	0,322

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L3-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,033	0,038	0,032	0,038	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,040	0,039	0,033	0,034	0,039	0,040	0,045	0,045	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
200MW	1	0,038	0,038	0,038	0,039	0,039	0,040	0,038	0,042	0,042	0,045	0,047	0,048	0,039	0,039	0,039	0,038	0,039	0,046	0,042	0,040	0,040	0,040
300MW	1	0,039	0,038	0,038	0,039	0,039	0,039	0,038	0,038	0,048	0,038	0,140	0,139	0,147	0,243	0,138	0,039	0,239	0,244	0,242	0,240	0,240	0,240
400MW	1	0,039	0,038	0,037	0,039	0,039	0,039	0,038	0,038	0,139	0,039	0,135	0,139	0,146	0,243	0,038	0,040	0,147	0,239	0,142	0,240	0,240	0,240
500MW	1	0,039	0,038	0,038	0,037	0,039	0,040	0,039	0,038	0,038	0,038	0,038	0,138	0,153	0,240	0,141	0,045	0,140	0,240	0,239	0,240	0,240	0,240
600MW	1	0,039	0,039	0,037	0,037	0,040	0,039	0,039	0,038	0,038	0,039	0,038	0,038	0,240	0,240	0,040	0,139	0,337	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340
100MW	1+1	0,037	0,037	0,035	0,035	0,034	0,034	0,036	0,033	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,035	0,035	0,035	0,034	0,035	0,037	0,038	0,040
200MW	1+1	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,035	0,036	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,035	0,033	0,035	0,034	0,038	0,038	0,045	0,045
300MW	1+1	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,035	0,036	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,035	0,033	0,033	0,035	0,035	0,038	0,045	0,045
400MW	1+1	0,035	0,037	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,037	0,036	0,035	0,036	0,036	0,036	0,034	0,034	0,033	0,034	0,036	0,037	0,038	0,083	0,040
500MW	1+1	0,037	0,034	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,036	0,033	0,036	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,034	0,036	0,037	0,038	0,158	0,176
600MW	1+1	0,036	0,034	0,036	0,036	0,033	0,033	0,034	0,034	0,035	0,034	0,036	0,035	0,035	0,035	0,033	0,034	0,036	0,035	0,038	0,039	0,116	0,116
100MW	2	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,036	0,036	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,036	0,034	0,035	0,035	0,035	0,038	0,040	0,045
200MW	2	0,037	0,037	0,035	0,035	0,034	0,034	0,036	0,036	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,036	0,034	0,038	0,035	0,035	0,037	0,039	0,047
300MW	2	0,036	0,037	0,035	0,035	0,034	0,034	0,034	0,036	0,035	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,034	0,035	0,035	0,038	0,039	0,142	0,142
400MW	2	0,034	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,036	0,036	0,034	0,035	0,036	0,034	0,034	0,033	0,034	0,035	0,035	0,035	0,038	0,039	0,125
500MW	2	0,036	0,034	0,036	0,035	0,034	0,035	0,034	0,033	0,036	0,033	0,036	0,036	0,034	0,035	0,033	0,034	0,036	0,035	0,038	0,040	0,046	0,046
600MW	2	0,034	0,034	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,036	0,033	0,036	0,036	0,034	0,035	0,034	0,034	0,036	0,037	0,055	0,058	0,091	0,091
100MW	3	0,033	0,033	0,035	0,																		

LISA 23. Testitulemused liinil 4-5 VSC ja generaatoriga

Siemens 7SL87

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	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,314	0,312	0,316	0,494	0,318	0,317	0,317	0,319	0,317	0,319	0,317	0,319	0,316	0,318	0,318	0,318	0,342	0,582	0,446	0,552	0,478	0,620
200MW	1	0,315	0,313	0,312	0,315	0,316	0,318	0,318	0,315	0,317	0,317	0,319	0,317	0,319	0,318	0,319	0,319	0,342	0,417	0,621	0,563	0,524	0,621
300MW	1	0,316	0,314	0,313	0,315	0,313	0,319	0,319	0,316	0,318	0,318	0,319	0,318	0,318	0,320	0,315	0,320	0,315	0,416	0,504	0,421	0,320	0,422
400MW	1	0,313	0,315	0,312	0,316	0,312	0,314	0,318	0,317	0,319	0,319	0,319	0,319	0,325	0,361	0,316	0,332	0,316	0,493	0,415	0,386	0,321	0,327
500MW	1	0,313	0,314	0,313	0,315	0,315	0,316	0,316	0,316	0,316	0,318	0,318	0,333	0,315	0,319	0,318	0,320	0,317	0,318	0,322	0,353	0,409	0,624
600MW	1	0,314	0,312	0,311	0,314	0,315	0,317	0,317	0,314	0,316	0,316	0,318	0,316	0,319	0,318	0,318	0,317	0,318	0,320	0,325	0,427	0,316	0,526
100MW	1+1	0,341	0,340	0,336	0,339	0,335	0,330	0,324	0,334	0,322	0,319	0,323	0,320	0,321	0,323	0,326	0,342	0,405	0,377	0,415	0,416	0,409	0,441
200MW	1+1	0,335	0,340	0,337	0,333	0,331	0,335	0,333	0,327	0,330	0,353	0,322	0,322	0,322	0,323	0,334	0,331	0,334	0,378	0,407	0,394	0,384	0,384
300MW	1+1	0,338	0,337	0,328	0,326	0,333	0,334	0,336	0,323	0,339	0,328	0,322	0,329	0,325	0,321	0,337	0,337	0,377	0,391	0,376	0,392	0,397	0,397
400MW	1+1	0,342	0,340	0,334	0,335	0,333	0,342	0,340	0,332	0,330	0,331	0,331	0,334	0,331	0,341	0,339	0,332	0,368	0,380	0,382	0,355	0,424	0,424
500MW	1+1	0,333	0,331	0,330	0,328	0,334	0,334	0,341	0,333	0,336	0,333	0,337	0,331	0,337	0,326	0,324	0,318	0,356	0,371	0,382	0,437	0,384	0,384
600MW	1+1	0,327	0,332	0,331	0,327	0,328	0,337	0,329	0,334	0,327	0,326	0,340	0,316	0,333	0,330	0,343	0,325	0,350	0,358	0,481	0,368	0,376	0,376
100MW	2	0,319	0,318	0,317	0,326	0,320	0,324	0,315	0,318	0,327	0,328	0,337	0,330	0,340	0,347	0,353	0,386	xxx	xx	xx	xx	0,463	0,441
200MW	2	0,320	0,318	0,318	0,320	0,321	0,331	0,323	0,327	0,333	0,329	0,334	0,331	0,346	0,347	x	0,366	xx	0,581	xx	0,557	xx	xx
300MW	2	0,316	0,319	0,319	0,321	0,317	0,332	0,318	0,317	0,332	0,330	0,342	0,337	0,345	0,351	0,359	x	xx	0,571	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	2	0,317	0,320	0,320	0,317	0,318	0,333	0,333	0,316	0,332	0,344	0,344	0,341	0,343	0,352	xxx	xx	xx	xxx	xx	x	xxx	xxx
500MW	2	0,318	0,317	0,321	0,318	0,319	0,334	0,324	0,332	0,336	0,342	0,347	0,346	0,347	0,365	0,346	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	2	0,319	0,317	0,315	0,316	0,340	0,330	0,315	0,329	0,330	0,342	0,344	0,342	0,353	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	3	0,330	0,318	xx	xx	x	xx	xx	x	x	x	0,338	0,339	0,348	0,346	0,365	0,352	x	0,353	xx	xxx	xxx	xxx
200MW	3	0,334	0,319	0,358	x	x	xxx	0,445	0,441	x	0,378	0,337	0,338	0,341	0,340	0,343	0,350	0,349	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	3	0,316	0,327	0,447	x	xxx	xx	0,410	0,447	0,337	0,342	0,341	0,337	0,341	0,354	0,348	0,350	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	3	0,318	0,324	x	xx	xx	x	0,445	0,387	0,338	0,338	0,337	0,343	0,344	0,344	0,344	0,344	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	3	0,325	0,332	x	x	xx	xx	x	0,372	0,341	0,332	0,342	0,337	0,339	0,335	0,335	0,346	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	3	0,319	0,326	x	x	xx	xxx	0,401	0,325	0,343	0,335	0,345	0,334	0,340	0,340	0,338	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx

Toshiba GRL200

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	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,333	0,338	0,335	0,382	x	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
200MW	1	0,337	0,340	0,340	0,394	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1	0,338	0,338	0,340	x	x	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,338	0,339	0,340	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
500MW	1	0,338	0,338	0,340	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,338	0,338	0,341	x	x	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,182	0,339	0,338	xx	xxx	xxx	xxx	xx	x	x	0,334	0,599	0,612	0,354	0,565	0,362	0,639	0,678	xx	xx	0,765	0,765
200MW	1+1	0,185	0,340	0,353	xxx	xxx	xxx	xx	xx	x	x	0,351	0,376	0,355	0,357	0,336	0,372	0,642	x	xx	xxx	xxx	
300MW	1+1	0,192	0,338	0,337	xx	xx	xxx	xx	0,666	x	0,641	0,340	0,361	0,367	0,375	0,339	0,619	x	0,646	0,675	xxx	xxx	
400MW	1+1	0,186	0,338	0,337	xx	xx	x	x	0,340	0,351	0,362	0,362	0,357	0,551	0,624	0,669	0,640	0,648	xxx	xxx	xxx	xxx	
500MW	1+1	0,173	0,337	0,337	xx	xxx	xx	x	0,355	x	0,439	0,331	0,340	0,392	x	0,335	0,361	0,645	0,650	xxx	xxx	xxx	
600MW	1+1	0,169	0,337	0,334	xx	x	0,510	0,323	0,337	0,365	0,321	0,392	0,366	0,534	0,655	x	0,478	0,640	xx	xx	xxx	xxx	
100MW	2	0,192	0,339	0,342	x	x	0,355	0,338	x	0,391	0,349	0,691	x	0,501	0,372	0,410	0,391	x	xx	xxx	xxx	xxx	
200MW	2	0,175	0,339	0,338	0,345	x	0,369	0,713	0,355	0,502	x	x	0,398	0,355	x	0,633	0,337	x	x	xxx	xxx	xxx	
300MW	2	0,215	0,341	0,338	x	0,338	0,341	0,402	0,354	0,630	x	0,363	0,333	0,338	x	0,349	0,666	0,650	x	xxx	xxx	xxx	
400MW	2	0,209	0,334	0,339	0,336	0,334	0,482	0,501	0,392	0,334	0,357	x	0,667	0,390	0,344	0,336	0,302	0,647	0,638	xxx	xxx	xxx	
500MW	2	0,199	0,339	0,338	0,389	0,604	0,382	0,341	0,355	0,335	0,622	0,358	0,371	0,330	0,356	0,394	0,354	0,640	x	xxx	xxx	xxx	
600MW	2	0,138	0,337	0,335	0,339	0,190	0,495	0,359	0,362	0,337	0,353	0,475	0,335	0,365	0,512	0,333	0,487	x	xx	xxx	0,892	0,876	
100MW	3	0,049	0,340	0,340	0,571	0,373	0,340	0,333	0,374	0,333	0,334	0,338	0,392	0,506	0,337	0,704	0,638	0,637	0,638	0,645	xxx	xxx	
200MW	3	0,083	0,339	0,336	0,340	0,365	0,328	0,370	0,640	0,367	0,695	0,639	0,491	0,333	0,573	0,538	0,375	0,637	0,642	x	xxx	xxx	
300MW	3	0,166	0,338	0,339	0,411	0,360	0,490	0,337	0,337	0,350	0,357	0,376	0,350	0,395	0,368	0,332	0,502	x	x	xxx	xxx	xxx	
400MW	3	0,170	0,339	0,340	0,332	0,335	0,643	0,495	0,444	0,424	0,561	0,337	0,658	0,350	0,777	0,331	0,333	0,639	x	x	xxx	xxx	
500MW	3	0,174	0,338	0,340	0,360	0,347	0,350	0,702	0,337	0,343	0,334	0,335	0,332	0,374	0,551	0,508	0,573	0,641	0,644	xx	xxx	xxx	
600MW	3	0,174	0,338	0,338	0,373	0,340	0,339	0,513	0,447	0,638	0,604	0,677	0,522	0,782	0,336	0,343	0,377	0,641	0,644	xxx	xxx	xxx	

LISA 24. TT-d liinil 3-4 VSC LVRT-ga ja generaatoriga

Siemens 7SL87

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L3-4	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,015	0,297	0,018	0,016	0,017	0,019	0,019	0,020	0,019	0,022	0,019	0,020	0,019	0,021	0,022	0,025	0,033	0,396	0,345	0,311	0,314	0,314
200MW	1	0,017	0,017	0,017	0,018	0,016	0,017	0,018	0,019	0,019	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,022	0,026	0,029	0,043	0,314	0,313	0,313	0,313
300MW	1	0,017	0,017	0,018	0,018	0,017	0,020	0,018	0,035	0,027	0,035	0,037	0,019	0,021	0,021	0,022	0,027	0,033	0,043	0,310	0,313	0,310	0,310
400MW	1	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,019	0,018	0,018	0,019	0,019	0,018	0,019	0,020	0,020	0,024	0,027	0,034	0,133	0,312	0,312	0,312	0,312
500MW	1	0,015	0,015	0,017	0,016	0,017	0,017	0,018	0,018	0,018	0,035	0,020	0,020	0,037	0,019	0,021	0,022	0,025	0,035	0,315	0,316	0,253	0,314
600MW	1	0,016	0,016	0,015	0,021	0,016	0,020	0,018	0,017	0,018	0,019	0,019	0,020	0,018	0,019	0,020	0,022	0,041	0,034	0,225	0,314	0,316	0,314
100MW	1+1	0,016	0,018	0,017	0,023	0,020	0,024	0,020	0,026	0,028	0,337	0,031	0,102	0,033	0,031	0,039	0,037	0,036	0,258	0,346	0,324	0,369	0,319
200MW	1+1	0,015	0,017	0,020	0,028	0,017	0,030	0,018	0,033	0,024	0,027	0,031	0,022	0,031	0,031	0,037	0,033	0,039	0,045	0,319	0,319	0,319	0,319
300MW	1+1	0,016	0,018	0,019	0,023	0,017	0,024	0,030	0,024	0,048	0,053	0,029	0,026	0,028	0,030	0,035	0,034	0,038	0,047	0,320	0,321	0,320	0,320
400MW	1+1	0,044	0,017	0,022	0,017	0,017	0,024	0,019	0,027	0,021	0,024	0,028	0,024	0,029	0,033	0,034	0,034	0,040	0,046	0,504	0,318	0,318	0,318
500MW	1+1	0,017	0,016	0,017	0,025	0,020	0,022	0,028	0,042	0,050	0,027	0,029	0,352	0,028	0,033	0,036	0,034	0,036	0,045	0,318	0,319	0,344	0,319
600MW	1+1	0,016	0,017	0,023	0,022	0,017	0,028	0,025	0,023	0,316	0,025	0,021	0,030	0,026	0,051	0,034	0,035	0,035	0,487	0,318	0,319	0,319	0,319
100MW	2	0,015	0,020	0,037	0,040	0,046	0,042	0,046	0,045	0,047	0,042	0,045	0,048	0,046	0,047	0,048	0,047	0,047	0,145	0,322	0,321	0,319	0,319
200MW	2	0,015	0,019	0,037	0,037	0,039	0,037	0,041	0,045	0,047	0,041	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,056	0,320	0,317	0,317	0,317
300MW	2	0,015	0,019	0,019	0,037	0,040	0,039	0,041	0,042	0,047	0,042	0,041	0,047	0,042	0,042	0,044	0,044	0,047	0,047	0,320	0,318	0,321	0,321
400MW	2	0,015	0,025	0,020	0,038	0,039	0,039	0,042	0,041	0,058	0,038	0,040	0,046	0,044	0,042	0,045	0,047	0,048	0,231	0,317	0,319	0,319	0,319
500MW	2	0,015	0,025	0,026	0,038	0,039	0,038	0,041	0,040	0,040	0,042	0,042	0,043	0,044	0,044	0,046	0,047	0,047	0,235	0,319	0,319	0,317	0,317
600MW	2	0,015	0,025	0,025	0,038	0,038	0,041	0,040	0,041	0,041	0,042	0,041	0,042	0,043	0,044	0,045	0,045	0,043	0,231	0,319	0,318	0,319	0,319
100MW	3	0,016	0,035	0,034	0,025	0,036	0,037	0,036	0,036	0,037	0,063	0,038	0,039	0,038	0,037	0,043	0,038	0,048	0,052	0,324	0,326	0,476	0,330
200MW	3	0,016	0,035	0,028	0,024	0,036	0,036	0,037	0,036	0,037	0,037	0,038	0,035	0,037	0,037	0,036	0,040	0,038	0,047	0,327	0,316	0,330	0,330
300MW	3	0,016	0,030	0,021	0,035	0,037	0,037	0,042	0,037	0,037	0,049	0,038	0,038	0,036	0,038	0,038	0,039	0,038	0,246	0,325	0,327	0,331	0,331
400MW	3	0,016	0,035	0,027	0,036	0,037	0,035	0,036	0,037	0,037	0,036	0,038	0,037	0,037	0,036	0,037	0,037	0,038	0,049	0,328	0,329	0,328	0,328
500MW	3	0,016	0,034	0,020	0,037	0,037	0,036	0,037	0,042	0,036	0,037	0,035	0,038	0,035	0,038	0,038	0,039	0,054	0,055	0,322	0,327	0,322	0,322
600MW	3	0,016	0,031	0,025	0,037	0,036	0,036	0,036	0,036	0,037	0,039	0,039	0,035	0,036	0,036	0,036	0,038	0,038	0,058	0,344	0,660	0,830	0,830

Toshiba GRL200

Liinipikkus		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Võimsus	L3-4	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,035	0,027	0,038	0,033	0,035	0,034	0,035	0,035	0,035	0,030	0,034	0,030	0,035	0,033	0,042	0,039	0,034	0,140	0,228	0,240	0,329	0,329
200MW	1	0,038	0,037	0,037	0,037	0,038	0,038	0,040	0,038	0,039	0,039	0,065	0,040	0,040	0,138	0,038	0,337	0,337	0,339	0,237	0,338	0,338	0,338
300MW	1	0,038	0,038	0,037	0,037	0,038	0,037	0,133	0,030	0,133	0,300	0,131	0,340	0,139	0,133	0,039	0,337	0,337	0,338	0,238	0,158	0,338	0,338
400MW	1	0,039	0,037	0,035	0,039	0,039	0,037	0,038	0,039	0,239	0,239	0,238	0,176	0,035	0,038	0,039	0,239	0,234	0,238	0,238	0,139	0,339	0,339
500MW	1	0,133	0,138	0,038	0,139	0,039	0,039	0,135	0,135	0,040	0,034	0,130	0,239	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,238	0,235	0,366	0,339	0,339
600MW	1	0,034	0,038	0,037	0,038	0,039	0,038	0,037	0,039	0,031	0,238	0,138	0,234	0,140	0,039	0,140	0,239	0,138	0,139	0,339	0,238	0,338	0,338
100MW	1+1	0,036	0,035	0,034	0,035	0,034	0,035	0,033	0,034	0,034	0,030	0,035	0,035	0,032	0,035	0,033	0,032	0,035	0,034	0,039	0,041	0,041	0,041
200MW	1+1	0,037	0,036	0,036	0,036	0,034	0,036	0,035	0,034	0,034	0,034	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,036	0,036	0,035	0,038	0,040	0,044	0,044
300MW	1+1	0,034	0,035	0,036	0,034	0,032	0,036	0,033	0,033	0,033	0,033	0,034	0,033	0,032	0,035	0,031	0,034	0,036	0,035	0,038	0,041	0,045	0,045
400MW	1+1	0,035	0,035	0,036	0,034	0,032	0,035	0,035	0,030	0,033	0,031	0,034	0,033	0,035	0,031	0,034	0,033	0,035	0,035	0,040	0,040	0,040	0,040
500MW	1+1	0,035	0,035	0,035	0,032	0,034	0,035	0,032	0,034	0,036	0,031	0,035	0,035	0,033	0,032	0,034	0,033	0,034	0,034	0,035	0,040	0,043	0,043
600MW	1+1	0,034	0,034	0,036	0,032	0,033	0,034	0,036	0,032	0,035	0,035	0,036	0,034	0,035	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,039	0,041	0,042
100MW	2	0,036	0,035	0,035	0,036	0,036	0,035	0,034	0,036	0,034	0,034	0,035	0,034	0,034	0,034	0,033	0,036	0,034	0,035	0,041	0,040	0,051	0,051
200MW	2	0,037	0,035	0,035	0,036	0,034	0,035	0,035	0,034	0,034	0,034	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,036	0,036	0,035	0,040	0,040	0,044	0,044
300MW	2	0,034	0,035	0,034	0,034	0,034	0,036	0,035	0,034	0,034	0,035	0,034	0,034	0,035	0,035	0,034	0,035	0,035	0,035	0,041	0,042	0,041	0,041
400MW	2	0,035	0,036	0,035	0,034	0,034	0,035	0,035	0,035	0,023	0,034	0,035	0,034	0,034	0,036	0,035	0,035	0,035	0,035	0,040	0,042	0,046	0,046
500MW	2	0,035	0,035	0,036	0,034	0,034	0,035	0,035	0,034	0,035	0,035	0,036	0,035	0,034	0,034	0,035	0,035	0,034	0,035	0,041	0,041	0,044	0,044
600MW	2	0,035	0,035	0,037	0,034	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,034	0,034	0,034	0,034	0,036	0,041	0,041	0,044	0,044
100MW	3	0,033	0,035	0,035	0																		

LISA 25. TT-d liinil 4-5 VSC LVRT-ga ja generaatoriga

Siemens 7SL87

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	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87	7SL87
100MW	1	0,313	0,312	0,312	0,313	0,314	0,313	0,315	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317	0,319	0,319	0,317	0,316	0,316	0,329	0,571	0,274	0,522	0,396
200MW	1+1	0,314	0,312	0,312	0,314	0,315	0,318	0,317	0,315	0,318	0,318	0,319	0,319	0,318	0,316	0,318	0,317	0,317	0,443	0,443	0,370	0,523	0,461
300MW	1	0,313	0,313	0,313	0,315	0,313	0,313	0,318	0,316	0,318	0,319	0,320	0,319	0,317	0,319	0,318	0,318	0,318	0,413	0,435	0,495	0,391	0,523
400MW	1	0,314	0,314	0,314	0,316	0,317	0,316	0,313	0,316	0,320	0,296	0,316	0,315	0,317	0,320	0,319	0,318	0,318	0,407	0,425	0,321	0,420	0,320
500MW	1	0,313	0,314	0,315	0,316	0,261	0,317	0,315	0,317	0,316	0,319	0,317	0,319	0,319	0,283	0,317	0,319	0,318	0,326	0,345	0,321	0,321	0,330
600MW	1	0,315	0,446	0,316	0,315	0,234	0,316	0,316	0,316	0,317	0,317	0,317	0,318	0,318	0,320	0,318	0,318	0,316	0,344	0,319	0,521	0,316	0,463
100MW	1+1	0,319	0,320	0,318	0,315	0,318	0,318	0,319	0,319	0,317	0,314	0,346	0,317	0,324	0,324	0,323	0,324	0,326	0,464	0,451	0,431	0,431	0,435
200MW	1+1	0,316	0,317	0,317	0,319	0,315	0,320	0,322	0,317	0,321	0,321	0,319	0,323	0,319	0,325	0,323	0,325	0,327	0,354	0,381	0,387	0,387	0,408
300MW	1+1	0,319	0,315	0,318	0,345	0,344	0,319	0,323	0,318	0,373	0,322	0,318	0,322	0,359	0,372	0,389	0,323	0,323	0,328	0,329	0,342	0,345	0,435
400MW	1+1	0,369	0,316	0,318	0,324	0,323	0,317	0,344	0,318	0,321	0,416	0,319	0,317	0,230	0,358	0,338	0,323	0,324	0,426	0,329	0,427	0,334	0,334
500MW	1+1	0,319	0,322	0,320	0,323	0,316	0,317	0,321	0,398	0,340	0,322	0,371	0,321	0,347	0,540	0,350	0,325	0,366	0,350	0,598	0,809	0,331	0,331
600MW	1+1	0,320	0,392	0,343	0,318	0,626	0,317	0,367	0,320	0,345	0,319	0,319	0,388	0,318	0,510	0,321	0,345	0,327	0,491	0,684	0,957	0,731	0,731
100MW	2	0,320	0,322	0,316	0,318	0,314	0,317	0,316	0,314	0,448	0,322	0,339	0,326	0,326	0,322	0,329	0,331	0,333	0,387	0,591	0,472	xx	xx
200MW	2	0,319	0,321	0,314	0,321	0,315	0,315	0,319	0,316	0,320	0,323	0,319	0,324	0,321	0,323	0,326	0,407	0,335	0,436	0,628	0,573	x	x
300MW	2	0,320	0,321	0,315	0,323	0,316	0,335	0,320	0,321	0,319	0,320	0,323	0,380	0,322	0,365	0,451	0,430	0,425	0,440	0,532	0,673	0,716	0,716
400MW	2	0,316	0,320	0,244	0,227	0,323	0,321	0,321	0,320	0,440	0,322	0,320	0,324	0,328	0,421	0,375	0,430	0,530	0,433	0,459	0,710	0,756	0,756
500MW	2	0,319	0,319	0,318	0,318	0,319	0,324	0,319	0,321	0,321	0,534	0,321	0,365	0,384	0,572	0,415	x	0,430	0,438	x	0,619	x	x
600MW	2	0,320	0,317	0,317	0,318	0,319	0,323	0,321	0,320	0,319	0,322	0,322	0,322	0,320	0,326	0,637	0,331	0,498	0,436	0,479	xx	1,373	1,373
100MW	3	0,330	0,317	0,332	0,323	0,325	0,317	0,316	0,547	0,317	0,322	0,321	0,319	0,321	0,323	0,325	0,359	0,333	0,334	0,327	0,380	x	x
200MW	3	0,331	0,323	0,338	0,319	0,320	0,323	0,317	0,526	0,523	0,320	0,725	0,916	x	xx	x	x	x	xx	xxx	xx	xx	xx
300MW	3	0,323	0,322	0,550	0,328	0,546	0,727	0,556	0,316	0,522	0,667	x	0,321	0,635	x	0,839	0,371	0,517	0,478	xx	x	0,459	0,459
400MW	3	0,492	0,325	0,324	0,326	0,319	0,319	0,530	0,317	0,318	0,321	x	0,342	x	0,342	x	0,687	0,371	0,418	x	xx	xx	xx
500MW	3	0,424	0,330	0,333	0,316	0,517	0,523	0,329	0,512	0,319	0,391	x	x	0,504	x	0,552	0,575	x	x	x	xx	xx	xx
600MW	3	0,661	0,662	0,325	0,663	0,839	0,524	0,323	0,845	0,500	0,317	0,508	0,318	0,661	0,323	0,719	xx	xxx	0,902	x	x	x	x

Toshiba GRL200

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	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200	GRL200
100MW	1	0,339	0,335	0,339	0,312	x	xx	xx	x	xx	xxx	xx	xx	xxx	x	xxx	0,657	x	x	xx	xx	xx	xxx
200MW	1	0,338	0,340	0,338	0,500	0,341	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
300MW	1	0,338	0,340	0,339	0,498	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
400MW	1	0,341	0,338	0,329	0,303	xx	xx	xxx	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx
500MW	1	0,339	0,341	0,334	0,338	xx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
600MW	1	0,467	0,340	0,340	0,506	xx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
100MW	1+1	0,054	0,337	0,380	0,388	0,587	0,330	0,331	0,338	0,333	0,342	0,336	0,341	0,340	0,339	0,612	0,365	0,385	0,392	0,733	x	x	
200MW	1+1	0,089	0,338	0,337	0,388	0,467	0,337	0,339	0,338	0,336	0,335	0,339	0,330	0,334	0,335	0,395	0,672	0,523	0,419	0,729	0,703	0,629	
300MW	1+1	0,057	0,337	0,337	0,367	0,339	0,334	0,338	0,340	0,335	0,339	0,338	0,337	0,338	0,335	0,544	0,708	0,710	0,693	0,431	0,547	0,393	
400MW	1+1	0,056	0,337	0,336	0,528	0,331	0,337	0,338	0,339	0,337	0,336	0,338	0,333	0,335	0,551	0,739	0,672	0,704	0,674	0,615	xx	xx	
500MW	1+1	0,160	0,336	0,337	0,337	0,338	0,555	0,338	0,322	0,343	0,330	0,335	0,341	0,335	x	0,740	x	0,642	0,728	0,403	0,580	x	
600MW	1+1	0,044	0,337	0,337	0,343	0,333	0,338	0,547	0,336	0,331	0,337	0,334	0,338	0,345	x	0,660	0,530	0,568	0,818	0,768	0,576	0,873	
100MW	2	0,070	0,338	0,337	0,482	0,334	0,335	0,334	0,335	0,337	0,335	0,337	0,335	0,340	0,337	0,416	0,437	0,413	0,532	0,588	0,570	0,485	
200MW	2	0,047	0,338	0,337	0,399	0,339	0,337	0,338	0,340	0,339	0,339	0,335	0,335	0,337	0,336	0,377	0,612	0,670	0,393	0,624	x	x	
300MW	2	0,070	0,338	0,337	0,339	0,339	0,337	0,340	0,338	0,338	0,341	0,339	0,340	0,336	0,355	x	0,644	0,639	0,646	0,650	0,639	0,449	
400MW	2	0,069	0,336	0,337	0,449	0,336	0,335	0,338	0,340	0,332	0,340	0,335	0,339	0,340	x	0,636	0,685	0,443	x	0,718	0,449	0,449	
500MW	2	0,057	0,339	0,337	0,342	0,334	0,419	0,335	0,339	0,338	0,581	0,338	0,337	0,338	0,337	x	0,639	0,461	0,462	0,541	0,505	0,417	
600MW	2	0,042	0,339	0,337	0,332	0,338	0,331	0,326	0,341	0,338	0,587	0,338	0,338	0,590	0,339	0,331	0,693	0,635	0,543	0,469	0,695	0,451	
100MW	3	0,041	0,337	0,336	0,336	0,585	0,337	0,332	0,336	0,337	0,340	0,337	0,337	0,335	x	0,584	0,563	0,399	0,434	0,625	0,418	0,600	
200MW	3	0,041	0,336	0,332	0,342	0,334	0,334	0,333	0,336	0,337	0,337	0,337	0,337	0,333	x	0,661	0,544	0,418	0,519	0,566	0,507	0,723	
300MW	3	0,041	0,336	0,336	0,334	0,327	0,337	0,331	0,340	0,333	0,333	x	0,335	0,338	x	0,539	0,471	0,427	0,487	0,625	0,647	0,724	
400MW	3	0,041	0,332	0,336	0,333	0,540	0,341	0,337	0,334	0,337	0,335	0,338	0,334	0,33									