

Joonas Lauhikari

## **COMPACT-KATKASIJAN OMINAISUUDET JA ASETUSARVOT**

# COMPACT-KATKAISIJAN OMINAISUUDET JA ASETUSARVOT

Joonas Lauhikari  
Opinnäytetyö  
Syksy 2022  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-  
ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma.

---

Tekijä: Joonas Lauhikari

Opinnäytetyön nimi: Compact- katkaisijan ominaisuudet ja asetusravot

Työn ohjaaja: Ismo Pitkänen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 41 + 3 liitettä

---

Työssä tutustutaan Oulun ammattikorkeakoulun hybridilaboratoriossa olevan PK2:n Schneider Electricin Compact-katkaisijaan, katkaisijan asetusravoihin ja asetusravojen asettamiseen sekä muuttamiseen. Tässä työssä luodaan peruskuva katkaisijan ominaisuuksista ja asetusravoista yleisesti. Työn tavoitteena on tuottaa harjoitustyökuvaukset sekä opetusmateriaalia hybridilaboratorion kompaktikatkaisijoiden asetteluiden asettelemisesta ja muuttamisesta.

Työn tuloksena saavutettiin opetusmateriaalia kompaktikatkaisijoiden ominaisuuksista, erityisesti Schneider Electricin ComPact-sarjasta. Opetusmateriaalin olennaisena osana on Oulun ammattikorkeakoululle tuotetut harjoitustyökuvaukset katkaisijan asetusravojen asettelemisesta ja muuttamisesta.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KATKAISIJAT .....	7
2.1	Katkaisijatyypit.....	8
2.2	Katkaisukykyvirrat .....	9
2.2.1	Oikosulun nimellinen mitoituskatkaisukyky $I_{cu}$ .....	10
2.2.2	Käytönaikaisen oikosulun nimelliskatkaisukyky $I_{cs}$ .....	10
2.2.3	Nimellinen kytkentäkykyarvo $I_{cm}$ .....	10
2.2.4	Katkaisijan lyhytaikainen terminen kestävyys $I_{cw}$ .....	10
2.3	Ylikuormitussuojaus .....	11
2.4	Oikosulkusuojaus .....	11
3	VIRRRANRAJOITUS JA SELEKTIIVISYYS.....	12
3.1	Virranrajoitus .....	12
3.2	Selektiivisyys .....	13
3.2.1	Virtaselektiivisyys.....	13
3.2.2	Aikaselektiivisyys .....	14
3.2.3	Vyöhykeselektiivisyys .....	14
3.2.4	Virranrajoitusselektiivisyys .....	15
4	SCHNEIDER ELECTRIC COMPACT .....	16
4.1	Schneider Electric ComPact NSX -sarja.....	16
4.2	Micrologic-sarja .....	17
4.3	Ohjelmistot .....	18
4.3.1	EcoStruxure Power Commission .....	19
4.3.2	EcoStruxure Power Design – Ecodial .....	19
5	SUOJARELEEN ASETTELEMENEN.....	20
6	HARJOITUSTYÖKUVAUKSET .....	22
6.1	Oamk hybridilaboratorio .....	22
6.2	UPS-lähdön katkaisijan mitoitus .....	23
6.2.1	UPS-laite.....	23
6.2.2	Nykytilanne .....	24
6.2.3	UPS-laitteen katkaisijan ja syöttökaapelin mitoitus laskentaohjelmalla .....	26
6.2.4	Syöttökatkaisijan asettelut.....	30

6.2.5	Vertailu nykytilanteeseen .....	32
6.3	Sähköauton latausaseman katkaisijan asetteluarvot .....	33
7	POHDINTA .....	38
	LÄHTEET .....	39
	LIITTEET .....	43

# 1 JOHDANTO

Katkaisijoilla toteutetut suojaukset ovat yleistyneet viime vuosina niiden kustannusten laskettua. Lisäksi houkuttelevuutta katkaisijoiden kohdalla lisää niiden modulaarisuus ja monipuolinen kojevalikoima. Katkaisijoita yleisesti on montaa erilaista jo toiminnaltaan ja jänniteluokaltaan, joista tämä työ rajoittuu pienjännitekatkaisijatyypeistä kompaktikatkaisijaan. Työn teoriaosuudessa puhutaan myös ilmakatkaisijasta, sillä tämä toimii verrattavana katkaisijatyypinä ja täten avaa kompaktikatkaisijan toiminta- ja sovellusperiaatetta. Lisäksi pienjännitesähköverkon suojauksessa yleisesti käytetään sekä kompakti- että ilmakatkaisijoita, joten ilmakatkaisijan ominaisuuksia on oleellista avata tässä työssä.

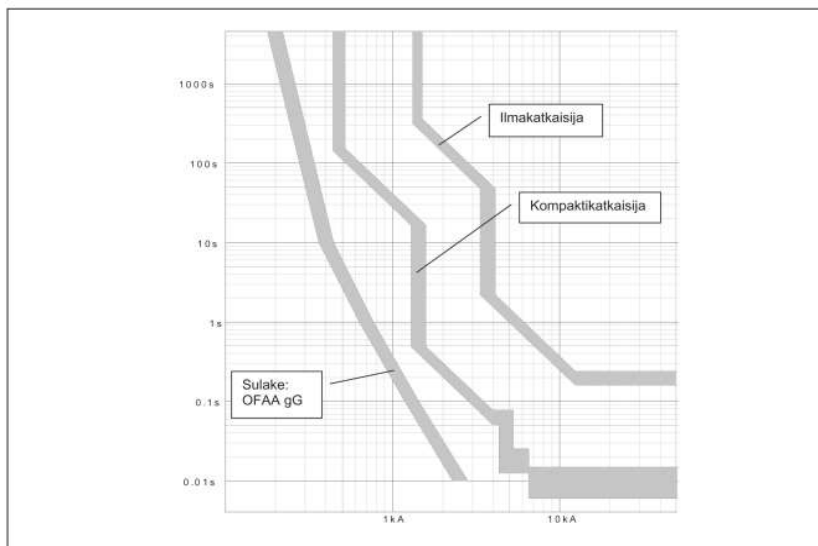
Tässä opinnäytetyössä tutustutaan Oulun ammattikorkeakoulun hybridilaboratoriossa olevan PK2: n (Pääkeskus 2) Schneider Electricin ComPact-katkaisijaan. Työn keskeisenä asiana on perehtyä katkaisijan asetusarvoihin ja asetusarvojen asettamiseen sekä muuttamiseen. Työssä luodaan peruskuvauksia katkaisijan asetusarvoista ja ominaisuuksista yleisesti. Tarkastellaan katkaisijaan sopivat suojareleet ja niiden ominaisuudet, sekä käydään läpi tämän työn kannalta olennaiset Schneider Electricin katkaisijoiden ohjelmistot.

Työn tavoitteena on tuottaa opetusmateriaalia hybridilaboratorion kompaktikatkaisijoiden ominaisuuksista sekä tehdä harjoitustyökuvaukset asetteluiden asettelemisesta ja muuttamisesta.

## 2 KATKAISIJAT

Katkaisija on sähköverkon suojalaite, joka katkaisee jännitteisen virtapiirin vikatilanteessa asetusarvojen mukaan automaattisesti tai manuaalisesti ohjattuna. Toiminta perustuu siihen, että katkaisija mittaa virtaa ja kun jokin tietty virta-arvo ylittyy, katkaisijassa oleva suojarole antaa avautumiskäskyn katkaisijalle. Näitä vikatilanteissa syntyviä virtoja voi olla esimerkiksi oikosulkuvirta tai maasulkuvirta. Katkaisijan ja kytkimen ero on siinä, että kytkin pystyy avaamaan virtapiirin vaurioitumatta tilanteessa, jossa virta on kytkimen mitoitusvirran suuruinen, kun taas katkaisija pystyy avaamaan ja sulkemaan virtapiirin vaurioitumatta, kun virta on moninkertainen katkaisijan mitoitusvirtaan nähden.

Kun käytetään katkaisijaa sähköverkon tai kaapelin suojana, puhutaan sulakkeettomasta suojauksesta. Jos sulake ei riitä piirin suojaustarpeisiin, voidaan käyttää sen sijasta katkaisijaa. Katkaisijan laukaisukäyrä ei muutu iän myötä, kun taas sulakkeen laukaisukäyrät herkistyvät vanhetessaan. Sulaketta käsiteltäessä puhutaan sulamisrajoista ja kestopajavirroista, mutta jotta voidaan verrata toiminta-aikoja katkaisijoiden kanssa, esitetään nämä vastaavina laukaisukäyrinä. Kyseiset laukaisukäyrät ovat sulakkeilla vakiokäyriä, kun se on katkaisijalle valittavissa kohteen vaatimusten mukaan. (1, s. 5) Toimintakäyrien vertailuja on havainnollistettu kuvassa 1.



KUVA 1. Katkaisijoiden ja sulakkeen toimintakäyrät (2, s. 6).

Katkaisijalla on vikatilanteessa kaikki-napainen katkaisu, mutta sulakkeelle tämä ei yleensä ole mahdollista. Työturvallisuuden kannalta kosketussuojattu katkaisija on turvallinen ja helppo kytkeä laukaisun jälkeen päälle, kun sulakkeen vaihdossa on omat riskinsä, ainakin kun verrataan työturvallisuuden kannalta näitä kahta tapaa keskenään. Katkaisijan etuna sulakkeeseen on myös sen modulaarisuus eli katkaisijoihin on enemmän lisävarusteita. Sulakkeen etuna on taas virranrajoitus, joka on tehokkaampi varsinkin suuremmilla jännitteillä sekä sulakkeellisen järjestelmän selektiivisyys on helppo toteuttaa. (1, s.5)

## 2.1 Katkaisijatyypit

Pienjännitepuolella eli <math><1000\text{ V}</math> yleisimmät katkaisijatyypit ovat ilma- ja kompaktikatkaisija. Johdonsuojakatkaisija lukeutuu näihin myös, mutta sitä ei käsitellä tässä työssä. Edellä mainittuja katkaisijoita on saatavilla kolmea eri mallia: kiinteä, ulosotettava sekä ulosvedettävä. Näistä kompaktikatkaisija voi olla ulosotettava. Kompaktikatkaisija (kuva 2) on katkaisija, jonka kotelo on valettu ja eristeaineinen. Sen pääkoskettimet sijaitsevat tämän valetun rakenteen sisällä, joten katkaisijan rakenne on kiinteä. Kompaktikatkaisijan pääkoskettimia käytetään suoraan käyttövirran avulla mekaanisesti. Kompaktikatkaisijaa käytetään mm. kaapelin tai kiskoston suojana, pääkytkimenä pienemmissä keskuksissa ja erilaisten laitteiden, esimerkiksi sähkömoottoreiden ja muuntajien suojauksessa. (1, s. 4, s. 5)



KUVA 2. Kompaktikatkaisija ComPact NSX (3.)

Ilmakatkaisija (kuva 4) taas on yleensä metallirunkoinen ja sen pääkoskettimet ovat vapaassa normaalipaineen tilassa katkaisijan rungon sisällä. Pääkoskettimien kiinni- ja auki-toiminnot suoritetaan jousitoiminnolla. Laukaisujouset viritetään joko käsin tai moottorilla. Käsin avaaminen ja sulkeminen tapahtuvat painonapeilla katkaisijan etulevystä tai työvirta alijännitekoteloilla kauko-ohjauksella. Kompaktikatkaisijan kiinni- ja auki-toimintoja voisi myös ohjata etänä. Ilmakatkaisijan käyttökohteita ovat kaapelien, kiskostojen ja keskusten suojaus pääkytkimenä sekä isojen moottorien suojaus. (1, s. 4, s. 5).



KUVA 3. Ilmakatkaisija MasterPact MTZ (4)

## 2.2 Katkaisukykyvirrat

Katkaisijan katkaisukyky on suurin oikosulkuvirran arvo, jonka katkaisija kykenee katkaisemaan standardissa määritetyllä tavalla. Katkaisukyvyt koestetaan ja ilmoitetaan kahdella eri arvolla:  $I_{cu}$  oikosulun nimellinen mitoituskatkaisukyky ja  $I_{cs}$  käytön aikaisen oikosulun nimelliskatkaisukyky. SFS600-5-533.3 määrittelee, että suojalaite valitaan  $I_{cu}$ -arvon mukaan, mutta suositellaan, että liittymispisteessä ja muualla käyttötarkoituksen mukaan käytetään  $I_{cs}$ -arvoa. Yksikertainen jako on siten, että ilmakatkaisijat valitaan  $I_{cs}$ -arvon ja kompaktikatkaisijat  $I_{cu}$ -arvon mukaan. (1, s. 5)

### 2.2.1 Oikosulun nimellinen mitoituskatkaisukyky $I_{cu}$

Laitteen valmistaja ilmoittaa  $I_{cu}$ -arvon kullekin käyttöjännitteelle kiloampeereina kA. Arvot ovat valmistajan ilmoitettavissa. Yleisimmät ovat 16–25–36–50–70 kA / 400V, mutta tarvittaessa löytyy malleja aina 200 kA / 400V saakka. Käyttöjännitteellä on olennainen vaikutus katkaisijoiden katkaisukykyyn. Jännitteen kasvaessa katkaisukyky pienenee, joten arvot on ilmoitettava eri käyttöjännitteille erikseen, esimerkiksi  $I_{cu} = 50\text{kA} / 400\text{ V}$  ja  $20\text{kA} / 690\text{ V}$ . (1, s. 5)

### 2.2.2 Käytönaikaisen oikosulun nimelliskatkaisukyky $I_{cs}$

$I_{cs}$ -arvo ilmoitetaan prosentteina  $I_{cu}$ :sta. Esimerkiksi  $I_{cs} = 25\% I_{cu}$ . Käytetyt prosenttiarvot ovat 25–50–75–100 %. Jos  $I_{cs}$  on sama kuin laitteen terminen kestävyys ( $I_{cw}$ ), se voidaan ilmoittaa myös kA arvolla. (1, s. 5)

### 2.2.3 Nimellinen kytkentäkykyarvo $I_{cm}$

Kytkenäkykyarvo ilmaisee katkaisijan kykyä kestää oikosulkuvirran huippuarvon aiheuttamaa mekaanista rasitusta. Kytkenäkykyarvo IEC-6947-2 standardin mukaan lasketaan katkaisijan katkaisukykyä kertoimella, joka riippuu oikosulkuvirran suuruudesta ja on  $1,5\text{--}2,2 \cdot I_{cu}$ . Valmistaja voi ilmoittaa myös suurempia arvoja. (1, s. 5)

### 2.2.4 Katkaisijan lyhytaikainen terminen kestävyys $I_{cw}$

Katkaisijan lyhytaikainen terminen kestävyys  $I_{cw}$  ilmaisee katkaisijan kykyä kestää laukaisun hidastusta oikosulkutilanteessa, eli kuinka hyvin katkaisija kestää oikosulkuvirtaa termisesti. Se ilmaistaan yleensä 1 s:n arvona, mutta muita mahdollisuuksia ovat 0,05–0,1–0,25–0,5–1 s. Tyyppillisesti  $I_{cw}$ -arvo on lähellä  $I_{cs}$ -arvoa ilmakatkaisijoilla, mutta hyvin pieni kompaktikatkaisijoilla. Tämä johtuu ilmakatkaisijan avoimemmasta ja metallisesta rakenteesta. (1, s. 5)

### 2.3 Ylikuormitussuojaus

Käytettäessä katkaisijaa ylikuormitussuojaukseen on katkaisijan toimintavirta joko mitoitettava tai asetettava (releasettelu) enintään johdon kuormitettavuuden suuruiseksi. Ylikuormitus täytyy saada katkaistua ennen kuin se aiheuttaa liiallista lämpenemistä johdoissa. Katkaisijan ylikuormitussuojan katkaisuaika on käänteisesti verrannollinen virran neliöön ns. ”käänteisaikakatkaaisuun.” Käänteisaikaylireleen toimintahidastus on virtaan nähden käänteinen eli rele laukaisee suurivirtaiset viat nopeammin kuin pienivirtaiset. Käänteisaikavaikutus voidaan valita standardikäyriltä. Käänteisaikaylivirtareleen asetteluarvot ovat pj-puolella yleisesti 3 s tai 12 s. (5, s. 4)

### 2.4 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksessa on määriteltävä ensin katkaisijan asennuspaikan symmetrisen oikosulkuvirran tehollisarvo  $I_k$ . Tämän jälkeen valitaan katkaisija, jonka katkaisukyky on suurempi kuin tämän oikosulkuvirta. Suojalaitteen mitoituskatkaisukyvyyn ei sallita olevan pienempi kuin suojalaitteen asennuspaikalla esiintyvä oikosulkuvirta, ellei suojalaitteen syötön puolella ole riittävän katkaisukyvyyn omaava toinen suojalaite. Tällainen tapaus vaatii molempien suojalaitteiden ominaisuuksien yhteen sovittamista siten, ettei suojalaitteiden läpi kulkeva energia ( $I^2t$ ) ylitä arvoa, jota kuorman puoleinen suojalaite ja suojattavat johtimet eivät kestä.

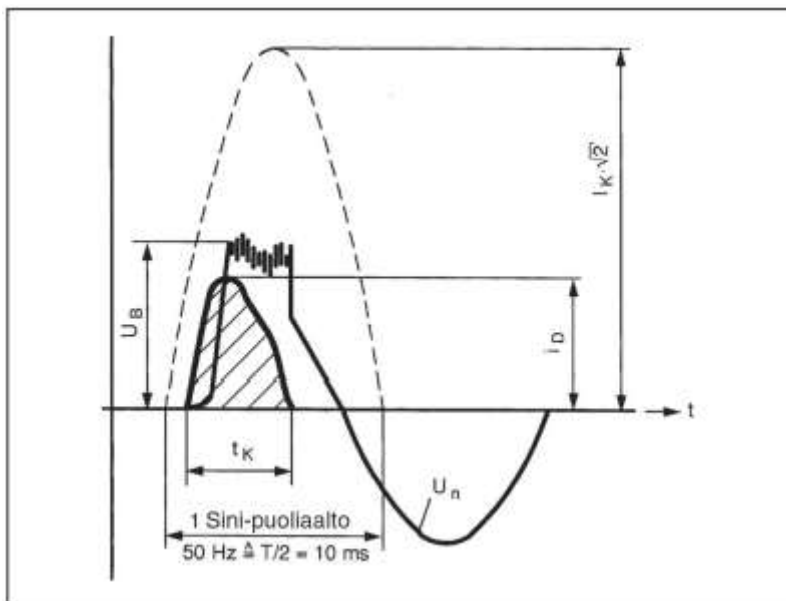
Katkaisijan asennuspaikan eli suojattavan kaapelin alkupään oikosulkuvirran lisäksi on selvitettävä suojattavan kaapelin loppupäässä esiintyvän pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran arvo  $I_{k1}$ . Näitä molempia arvoja tarvitaan, jotta kaapelin oikosulkusuojausta voidaan tarkastella luotettavasti. (1, s. 7)

### 3 VIRRANRAJOITUS JA SELEKTIIVISYYS

Tässä luvussa tarkastellaan katkaisijan virranrajoitusta ja selektiivisyyttä. Katkaisijan releasette-  
luilla voidaan vaikuttaa selektiivisyyteen niin virran puolesta kuin poiskytkentäaikojen puolesta.  
Selektiivisyyttä yleensä tarkastellaan suunnitteluvaiheessa.

#### 3.1 Virranrajoitus

Virranrajoituksella tarkoitetaan tilannetta, missä suojalaite toimii niin nopeasti, että se ”leikkaa”  
virranhuippuarvoa ja läpimenoenergiaa. Tämä on havainnollistettu kuvassa 4, jossa katkaisijan  
toiminta-aika  $t_K$  rajoittaa käytettävissä olevan huippuoikosulkuvirran arvon  $I_K$  oikosulkuvirran ar-  
voon  $I_D$ . (1, s. 12)



KUVA 4. Virranrajoitus havaintokuva (1, s.12)

Virranrajoitus mahdollistaa sen, että virtaa rajoittavan katkaisijan jälkeen voidaan valita kom-  
ponentit tai kesukset rajoittamatonta oikosulkuvirtaa pienemmän oikosulkukestoisuuden mu-  
kaan. Tällöin keskuksessa on oltava kilpi, josta ilmenee käytettävän suojalaitteen tyyppi sekä tällä  
suojalaitteella saavutettava ehdollinen oikosulkuvirta  $I_{cc}$ .

Kompaktikatkaisijat ja ilmatatkaisija rajoittavat virtaa. Tämä on yleisempää kompaktikatkaisijalle, mutta virtaa rajoittavia ilmatatkaisijoitakin on markkinoilla. Ilmatatkaisijan virranrajoituskyky on huonompi suuremman koon aiheuttaman mekaanisen hitauden vuoksi. (1, s. 12)

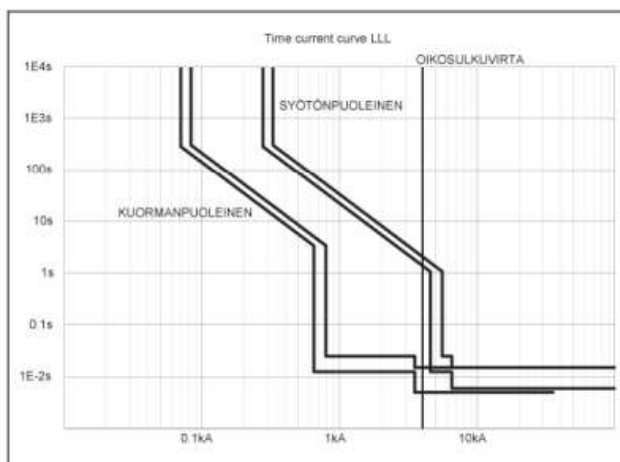
### 3.2 Selektiivisyys

Selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että lähinnä vikapaikkaa oleva suojalaite reagoi eli laukeaa ensimmäisenä, jolloin vika rajoittuu rajoitetulle alueelle sähköverkossa. Käytännön selektiivisyyttä määrittäessä katsotaan selektiivisyys taulukoista tai lasketaan laskentaohjelmilla.

Tilanteessa missä suojalaitteiden mitoitusvirrat ovat lähellä toisiaan, on vaikeaa saavuttaa selektiivisyyttä. Tällaiseen voidaan käyttää eri selektiivisyystapojen toiminta-aikakäyrien tarkastelua. Yleensä toiminta-aikakäyrillä verrataan eri valmistajien kojeiden selektiivisyyksiä. Tarkempi tarkastelu vaatisi oikosulkukokeita. (2, s. 2)

#### 3.2.1 Virtaselektiivisyys

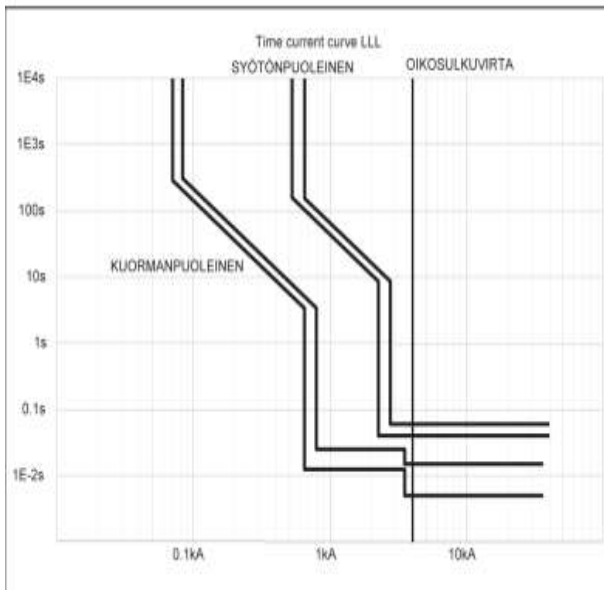
Virtaselektiivisyydessä selektiivisyys on voimassa oikosulkuvirroilla, jotka ovat pienempiä kuin syötön puoleisen katkaisijan pikalaukaisijan havahtumisarvo. Kuvan 5 syötön puolen katkaisijalla laukaisun havahtumisarvo on "oikosulkuvirta" -viivan kohdalla, joten kuorman puoleisella katkaisijalla laukaisun pitäisi olla tätä pienempi, jotta selektiivisyys toteutuu. (1, s.12)



KUVA 5. Virtaselektiivisyys havaintokuva (1, s.12)

### 3.2.2 Aikaselektiivisyys

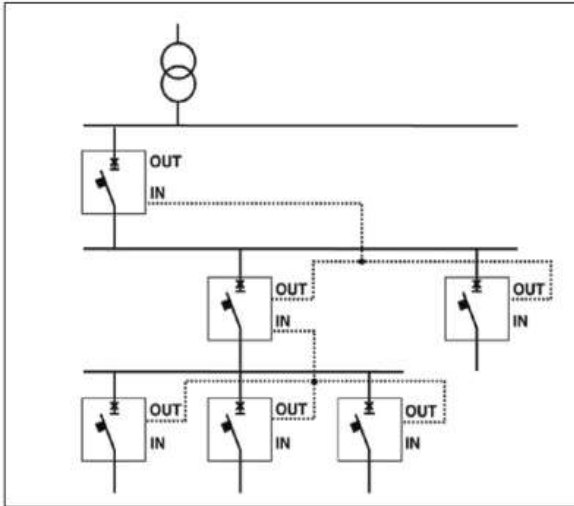
Aikaselektiivisydessä selektiivisyys saavutetaan hidastamalla syötönpuoleisen katkaisijan laukaisuaikaa kuorman puoleiseen katkaisijaan nähden. Kuvassa 6 on havainnollistettu toiminta-aikakäyrällä aikaselektiivisyyden toteutus, missä kuormanpuoleinen katkaisijan laukaisuaika on nopeampi kuin syötönpuoleisen. (1, s.12)



KUVA 6. Aikaselektiivisyys havaintokuva (1, s.12)

### 3.2.3 Vyöhykeselektiivisyys

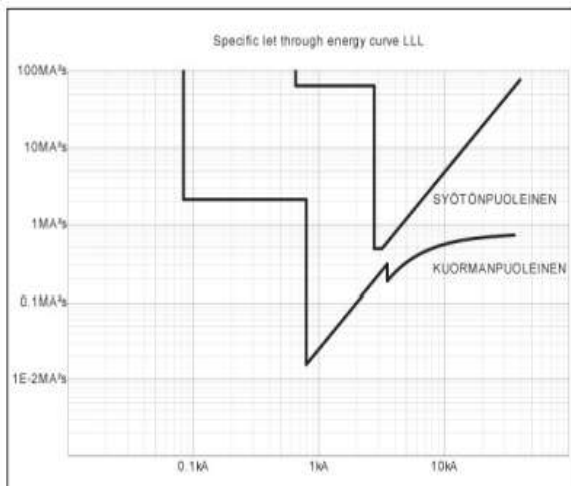
Vyöhykeselektiivisydessä selektiivisyys perustuu syötönpuoleisen katkaisijan suojarleen lukitukseen siksi aikaa, kunnes kuormanpuoleinen katkaisija toimii. Vyöhykeselektiivisyys on havainnollistettu kuvassa 7. (1, s.13)



KUVA 7. Vyöhykeselektiivisyys havaintokuva (1, s.13)

### 3.2.4 Virranrajoitusselektiivisyys

Virranrajoitusselektiivisydessä selektiivisyys on voimassa tilanteessa, jossa kuormanpuoleisen katkaisijan läpäisemä  $I^2t$ -arvo on pienempi kuin syötönpuoleisen katkaisijan havahtumisajan  $I^2t$ . Kuvassa 8 on havainnollistettu virranrajoitusselektiivisyystilanne. (1, s. 13)



KUVA 8. Virranrajoitusselektiivisyys havaintokuva (1, s.13)

## 4 SCHNEIDER ELECTRIC COMPACT

Schneider Electric (SE) on ranskalainen sähkötekniikan laitteita valmistava yritys. Pienjännitepuolella heiltä löytyy kattavasti ilma- ja kompaktikatkaisijoita. SE tarjoaa kompaktikatkaisijoita kolmella eri nimellisvirta-alueella. Nämä ovat NSXm, jolla virta-alue on 16-160A, NSX, jonka virta-alue on 16-630 A ja NS > 630 A, jonka virta-alue on 630-3200 A (6, 7). Tässä opinnäytetyössä keskitytään niistä ComPact NSX -sarjan kompaktikatkaisijoihin. (6, 7).

### 4.1 Schneider Electric ComPact NSX -sarja

ComPact NSX (KUVA 9) kompaktikatkaisijoiden suunnittelussa on optimoitu katkaisijan vaatima tilantarve ja katkaisukyky. Sarjasta löytyy kahta eri runkokokoa ja suuri määrä eri valinnaisia toimintoja sekä lisätarvikkeita. (6, 7)



KUVA 9. ComPact NSX kompaktikatkaisija.

Ominaisuuksista Schneider Electric lupaa joustavan asennustavan, joka mahdollistaa asennuksen kaikkiin asentoihin. Nimellisvirta-alue näillä kompaktikatkaisijoilla on 16- 630A. Näille nimellisvirta-alueen katkaisijoille on yhdeksän oikosulkukestoisuusarvoa, jotka ilmoitetaan seuraavasti:

- 250 A:iin saakka: 25, 36, 50, 70, 100, 150, 200 kA/ 415V
- 630 A:iin saakka: 36, 50, 70, 100, 150, 200 kA/ 415V
- lisäksi molemmissa runkokokoluokissa 75 & 100 kA / 690V.

Sovelluskohteita näille katkaisijoille on laajasti pienjännitesähköasennusten suojauksessa ja hallinnassa niin teollisuudessa, rakennuksissa kuin infrastruktuurissa. Monipuolisuudesta kertoo se, että katkaisijoita käytetään moottoreiden suojauksista syötönvaihtojärjestelmiin. Erikoissovelluksia on merialalla, öljyn ja kaasun keräyksessä sekä prosessoinnissa, kaivoksilla, metallien ja mineraalien tuotannossa sekä datakeskuksissa. (6, 7)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan erityisesti Schneider Electricin runkokokoluokkaa NSX-100-NSX250, sillä tulevaisuudessa harjoitustöissä käytetään näitä kyseisen runkokokoluokan katkaisijoita.

Katkaisijan runko valitaan napojen lukumäärän (3 p/ 4 p), nimellisvirran sekä katkaisukyvyyn mukaan. (6, 7)

Nimellisvirta  $I_n$  ilmoitetaan katkaisijan mallissa seuraavasti:

- NSX100  $I_n = 100A$
- NSX160  $I_n = 160A$
- NSX250  $I_n = 250A$ .

Katkaisukyky  $I_{cu}$ ,  $I_{cs}$  400V ilmoitetaan katkaisijan mallissa kirjaimena seuraavasti:

NSX100B / NSX160B / NSX 250B	25kA
NSX100F / NSX160F / NSX250F	36kA
NSX100N / NSX160N / NSX250N	50kA
NSX100H / NSX160H / NSX250H	70kA
NSX100S / NSX160S / NSX250S	100kA
NSX100L / NSX160L / NSX250L	150KA

## 4.2 Micrologic-sarja

Micrologic -sarjan suojarieleet tarjoavat kaikenlaisen vikasuojauksen, kehittyneen suojauksen, mittauksen ja tietoliikenteen. Suojareleellä on neljä eri suojaustasoa ylikuormia ja oikosulkuja vastaan sekä sisäänrakennettu maavuotosuojauks.

Suojareleissa on neljä eri mittaustapaa. Ne ovat ampeerimittari (A), energiamittari (E), tehomittari (P) ja harmonisten säröjen mittari (H). Suojareleissa on suuri mittaustarkkuus jopa 150 asetukselle ja mittaukselle.

Micrologic -suojareleen suojaustoiminnot on erotettu mittaustoiminnoista, ja niitä ohjaa ASIC-elektroniikkakomponentti. Sovelluskohteita ovat rakennukset ja infrastruktuuri, teollisuus, IT ja merenkulku. Näillä sovelluskohteilla Micrologic -suojareleita käytetään suojaukseen, mittaukseen, valvontaan ja energian laadun mittaukseen. Erikoissovelluksissa IT ja merenkulussa suojarelettä käytetään kriittisen sähkönsyötön suojaukseen ja suurvirtajakelun suojaukseen. (6, 7)

Micrologic -sarjasta löytyy useita eri suojareletyyppejä, mutta tälle työlle olennaisin niistä on 5.2E suojarele, sillä Oulun ammattikorkeakoulun hybridilaboratorion kompaktikatkaisijat on varustettu nimenomaan tällä kyseisellä suojareleellä. Hybridilaboratorion suojalaitteet on esitelty taulukossa 2.

Micrologic 5.2 on elektroninen suojarele kaapeli- ja laitesuojaukseen sähkönjakelun sovelluksissa. Micrologic 5.2 A suojarele sisältää virranmittauksen. Micrologic 5.2 E suojarele sisältää virran-, jännitteen-, tehokertoimen-, tehon-, energian- ja harmonisten säröjen mittauksen. Näillä suojareleillä on mahdollisuus väyläkommunikaatioon ja keskuksen kanteen asennettavan näyttöyksikön käyttöön. (6, 7)

Aseteltavat suojaukset:

pitkäaikainen ylivirtasuojaus	$I_r = 0,4...1 \times I_n$
lyhytaikainen ylivirtasuojaus	$I_{sd} = 1,5...10 \times I_r$
ylivirtasuojauksen aikaviiveet	$t_r$ ja $t_{sd}$ = aseteltavat
pikalaukaisu	$I_i$ = aseteltava. (6, 7)

### 4.3 Ohjelmistot

Kuten useilla laite- ja komponenttivalmistajilla, on myös Schneider Electricillä omat ohjelmistonsa sähkökeskusten suunnitteluun, käyttöönottoon ja valvontaan. Tässä luvussa esitellään niistä olennaisimmat työn aihepiiriin nähden.

#### **4.3.1 EcoStruxure Power Commission**

Digitaalinen sähkökeskusten käyttöönotto-ohjelmisto Ecostruxure Power Commission mahdollistaa pienjännitesähkökeskusten suojalaitteiden asettelemisen, testaukset ja käyttöönoton. Sillä voidaan luoda sähkökeskukselle oma QR-koodi, joka mahdollistaa digitaalisen yhteistyön niin urakoitsijoiden kuin laitteistoa hallinnoivien tahojen kanssa. Ohjelma on ladattavissa ja siitä on kattavasti opetusvideoita Schneider Electricin sivuilla. (8)

#### **4.3.2 EcoStruxure Power Design – Ecodial**

EcoStruxure Power Design – Ecodial on sähköverkon suunnittelu- ja laskentatyökalu. Työkalulla voi piirtää pääkaavion ja määrittää sähkötekniset ominaisuudet, kuten kuorman teho, napaisuus, maadoitusjärjestelmä, kaapelin pituus ja käyttöolosuhteet. Ohjelmalla voi tarkistaa laskettujen sähkökeskusten ja suositeltujen laitteiden välisten valintojen yhdenmukaisuuden. Ohjelma ilmoittaa kaikki poikkeamat pääkaaviossa. Ohjelma on ladattavissa ilmaiseksi ja sen käytöstä on kattavasti opetusvideoita Schneider Electricin sivuilla. (9)

## 5 SUOJARELEEN ASETTELEMINEN

Ilma- ja kompaktikatkaisijoille ei ole vastaavia laukaisukäyriä kuin johdonsuojakatkaisijoille. Standardi asettaa seuraavat rajavirrat termiselle ylikuormitussuojaukselle:

kestorajavirta =  $1,05 \times$  aseteltu (min. 2 h,  $\leq 63$  A min. 1 h)

laukaisurajavirta =  $1,30 \times$  aseteltu (maks. 2 h,  $\leq 63$  A maks. 1 h)

Oikosulkulaukaisu on valmistajan ilmoituksen mukaan laukaisutoleranssin ollessa  $\pm 20$  % ilmoituksesta. Selektiivisyyden saavuttamiseksi oikosulkulaukaisu voi olla myös hidastettavissa. Pääsääntöisesti ilma- ja kompaktikatkaisijoissa suojareleet ovat elektronisia. Laajat ja monipuoliset asettelalueet sekä erilaiset hälytystoiminnot ovat elektronisen suojareleen etuja. Lisäksi elektronisessa suojareleessä voi olla muita suojaustoimintoja, kuten maasulkusuojaus, yli- ja alijännitesuojaus sekä moottorin jumitusuojaus. (1, s. 5)

Micrologic 5.2E suojareleelle asetellaan seuraavat suojaukset

pitkäaikainen ylivirtasuojaus	$I_r = 0,4...1 \times I_n$
lyhytaikainen ylivirtasuojaus	$I_{sd} = 1,5...10 \times I_r$
ylivirtasuojauksen aikaviiveet	$t_r$ ja $t_{sd}$ = aseteltavat
pikalaukaisu	$I_i$ = aseteltava (6, 7)

Pitkäaikainen ylivirtasuojaus määritetään kuormitusvirran  $I_n$ -arvon mukaan ja sitä voidaan säätää kyseisessä suojareleessä kertoimilla  $0,4... 1 \times I_n$ . Tätä voidaan säätää pienemmäksi esimerkiksi, kun tarvitaan virtaselektiivisyyttä tai kaapelin kuormitettavuussuojausta. (6, 7)

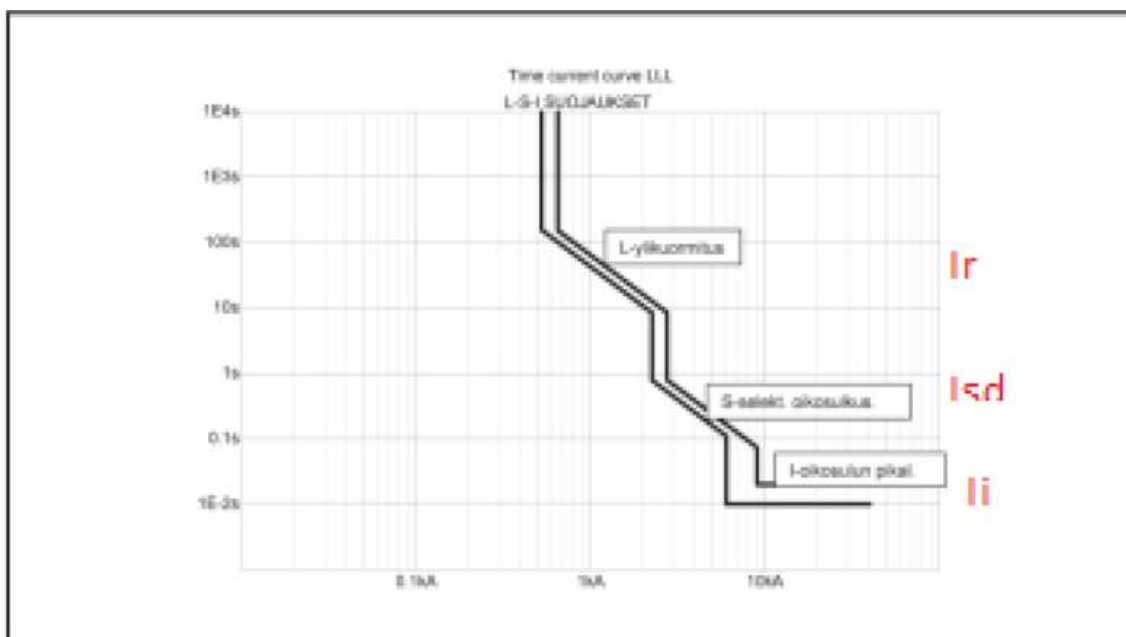
Lyhytaikainen ylivirtasuojaus on oikosulkuvirtasuojauksena, joka on säädettävissä pitkäaikaisen ylivirta-arvon  $I_r \times 1,5...10$ . Tämä säädetään riittäväksi katkaisemaan oikosulkuvirran. (6, 7) Kuvassa 10 havainnollistetaan näiden aseteluiden toimintakäyriä.

Asettelut  $t_r$  ja  $t_{sd}$  ovat pitkäaikaisen ylivirtasuojauksen ja lyhytaikaisen ylivirtasuojauksen aikaviiveitä ja ne ovat säädettävissä suojareleellä taulukon 1 mukaisesti. (6, 7) Kuvassa 10 on esitelty katkaisijan toiminta-aikakäyriä.

Pikalaukaisu eli asetus  $I_i$  on katkaisijan välitön laukaisu, joka on aseteltavissa niin aika kuin virta-  
arvon mukaan. Pikalaukaisu  $I_i$  asetellaan verkossa tapahtuvan suurimman oikosulkuvirran mu-  
kaan. Pikalaukaisulle asetellaan toiminta-aika 50–100 ms. välillä. (6, 7)

TAULUKKO 1. Aikaviiveasettelut

Asetus	s	s	s	s	s
tr	0.5	1	1.5	.....	16
tsd	0	0.1	0.2	0.3	0.4



KUVA 10.  $I_i$ ,  $I_{sd}$  ja  $I_r$  esimerkki toiminta-aikakäyriä (1, s. 6)

## 6 HARJOITUSTYÖKUVAUKSET

Harjoitustyökuvauksissa on kaksi eri mitoitustehtävää. Ensimmäisessä tehtävässä mitoitetaan katkaisijan asetteluarvot olemassa olevalle katkaisijalle 13Q0 UPSGEN-syöttö, toisessa mitoitetaan syöttökaapeli ja katkaisijan asetusarvot tulevalle 90 kW:n tehoiselle sähköauton latausasemalle. Sähköauton latausaseman mitoitus tehdään 12Q0 varasyöttöön. Mitoituksessa käytetään Schneider Electricin EcoStruxure Power Design – Ecodial Mitoitusohjelmaa.

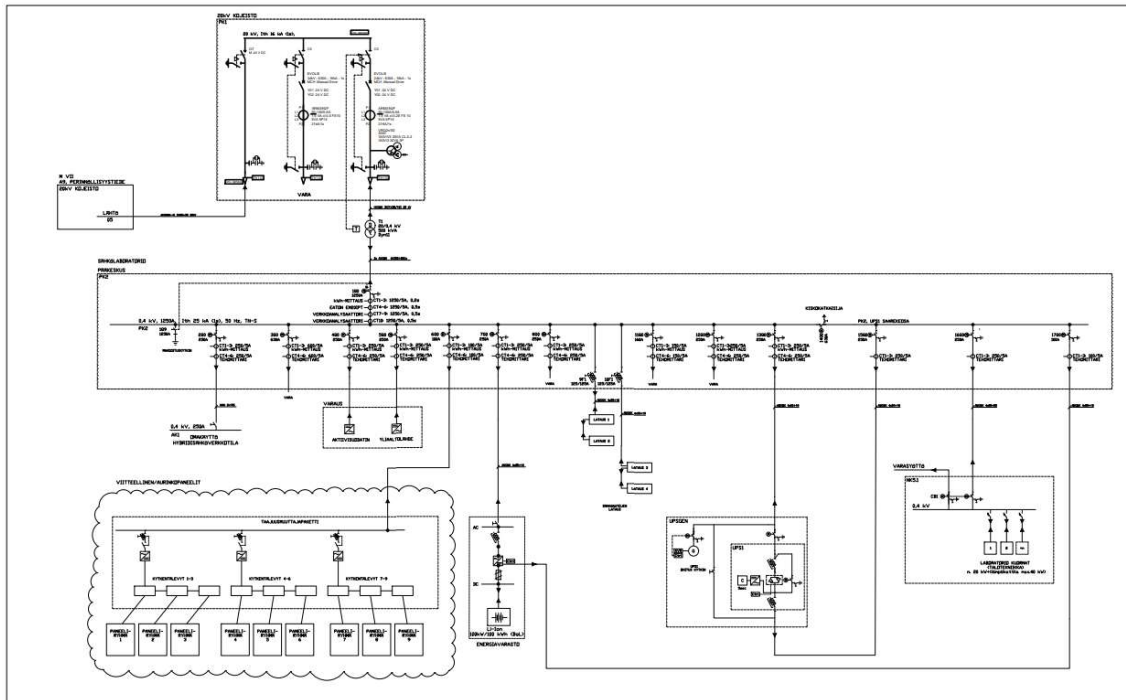
### 6.1 Oamk hybridilaboratorio

Oulun ammattikorkeakoulun hybridilaboratoriossa pääkatkaisijana käytetään Schneider Electric MasterPact MTZ2-ilmakatkaisijaa. Koje- ja jakelulähdöissä käytetään Schneider Electricin NSX-sarjan kompaktikatkaisijoita. Katkaisijat ovat suojauskäytön lisäksi opetuskäytössä. Taulukossa 2 on esitetty hybridilaboratorion PK2 koje- ja jakelulähtöjen katkaisijat ja niiden suojaareleet. Taulukon kaapeleiden poikkipinta-alat eivät välttämättä vastaa todellisuutta.

TAULUKKO 2. Hybridilaboratorion katkaisijat

Keskus PK2	Nimitys	Katkaisijatyyppe	Malli	Suojarele	Kaapeli mm <sup>2</sup>
1Q0	PÄÄKATKAISIJA	Ilmakatkaisija	Masterpact MTZ2	Micrologic 5.0X	2x AXCMK 3x300+88Cu
2Q0	Omakäyttö, Hybridisähköverkkotila	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2E	MMJ 5x 10S
3Q0	VARA	Kompaktikatkaisija	NSX630F	Micrologic 5.3E	
4Q0	VARAUS, Aktiivisuodatin	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2E	
5Q0	VARAUS, Yliaaltolähde	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2E	
6Q0	Aurinkosähkö	Kompaktikatkaisija	NSX100B	Micrologic 5.2 E	
7Q0	Energiavarasto	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2 E	AMCMK 4x50+16
8Q0	Sähköautojen lataus	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2 E	AMCMK 4x95+50Cu
12Q0	VARA	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2 E	
13Q0	UPSGEN syöttö	Kompaktikatkaisija	NSX250B	Micrologic 5.2 E	AXCMK C-pro 4x50 + 16Cu
14Q0	KISKOVAUNUKATKAISIJA	Ilmakatkaisija	Masterpact MTZ1	Micrologic 5.0X	
15Q0	VARMISTETTU SYÖTTÖ UPSGEN	Kompaktikatkaisija	NSX250B		AMCMK 4x50+16Cu
16Q0	Sähkölaboratorio NK5.1	Kompaktikatkaisija	NSX250B		AMCMK 4x95+50Cu
17Q0	Energiavarasto	Kompaktikatkaisija	NSX100B	Micrologic 5.2E	AMCMK 4x50+16Cu

Kuvassa 11 on esitelty hybridilaboratorion jakeluperiaate. Verkko koostuu jakelumuuntajasta, PK2 keskuksista ja sen kuormituslaitteista. PK2 keskus on varmennettu UPS-laitteella, jossa generaattori tuottaa sähköä verkkoon vikatilanteessa. Muuntajan mitoitus tiedot ovat liitteessä 3.



KUVA 11. Hybridilaboratorion jakeluperiaate

## 6.2 UPS-lähdön katkaisijan mitoitus

Oulun ammattikorkeakoulun hybridilaboratoriossa on Eatonin UPSGEN-järjestelmä. Laitteena on UPSG 93PM-50. Harjoitustyön tarkoituksena on mitoittaa tälle laitteelle syöttökaapeli ja katkaisija, sekä määrittää katkaisijan asetusarvot. Näitä omia mitoituksia tullaan vertaamaan olemassa olevaan mitoitukseen.

### 6.2.1 UPS-laite

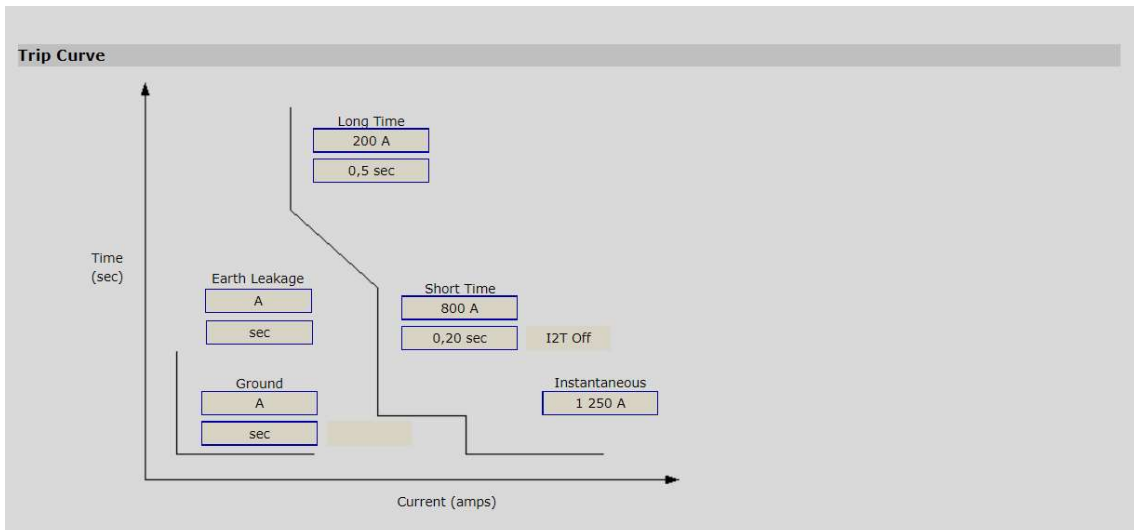
UPS on keskeytymättömän tehon järjestelmä. UPS-laite syöttää häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä kriittisille kuormille. Sähkönsyöttöön käytetään syöttävän sähköverkon energiaa silloin, kun sitä on saatavilla, ja muina aikoina käytetään akustoon varastoitua energiaa. Perustoimintoihin kuuluu vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi ja tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi puolijohdesiltoja käyttäen. Perustoimintoihin kuuluu myös automaattinen UPS-laitteen ohitustoiminto ylikuorma- ja vikatilanteita varten. Manuaalinen ohitustoiminto on tarpeen huoltoja suorittaessa (15, s.1). Kuvassa 12 on Oulun ammattikorkeakoulun UPSG-kontti.



KUVA 12. UPSG-kontti

### 6.2.2 Nykytilanne

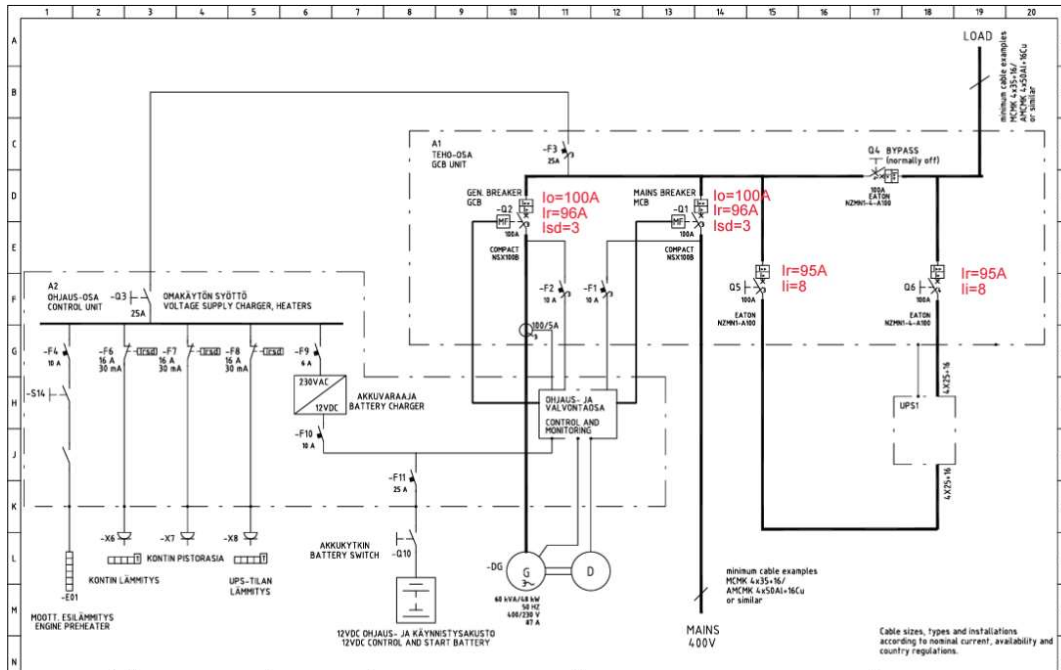
Nykytilanteessa (taulukko 2) UPSGEN syöttö 13Q0 suojalaitteena on ComPact NSX250B(3P), jossa on suojariele Micrologic 5.2E ja syöttökaapelina AXCMK-HF 4x50+16. Nykyisen katkaisijan asettelu on esitetty kuvassa 13, jossa  $I_r = 200$  A,  $t_r = 0,5$  s,  $I_{sd} = 800$ A,  $t_{sd} = 0.2$  s ja  $I_i = 1250$  A.



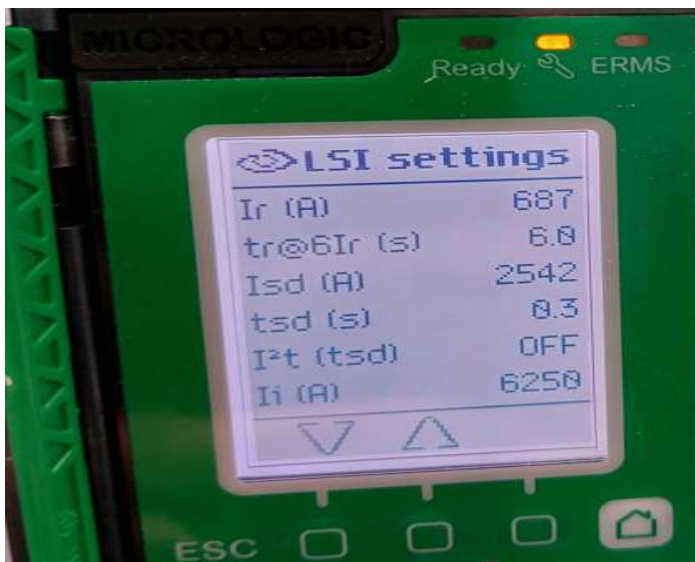
KUVA13. Syöttökatkaisijan asettelut.

UPS-laitteen sähköarvot ovat liitteessä 1. Kuvassa 14 on UPSG-laitteen omien katkaisijoiden asetteluarvot, jossa katkaisijan  $I_n = 100$ A,  $I_r = 96$ A ja  $t_r = 3$  s. Kuva on Oulun ammattikorkeakoulun

opetusmateriaaleista, josta huomioitavaa on merkintä  $I_o$ , jota ei tämän työn teoriasisältö käsitä. Merkintä kuitenkin viittaa katkaisijan nimellisvirtaan  $I_n$ , joka kyseisellä NSX100B:llä on 100 A. Toisena huomiona  $I_{sd} = 3$ , joka on taulukon 1 mukaan aseteltavissa 0–0.4 s, tarkoitetaan asetusta  $t_r$ . Kuvassa 15 on esitelty PK2 pääkatkaisijan 1Q0 katkaisija-asettelut.



KUVA 14. UPSG-katkaisijoiden asettelut.



KUVA 15. 1Q0 pääkatkaisijan asettelut.

Näitä edellä mainittuja arvoja käytetään kahdessa seuraavan luvun case-tyyppisissä työkuvaussissa.

### 6.2.3 UPS-laitteen katkaisijan ja syöttökaapelin mitoitus laskentaohjelmalla

Mitoitus aloitetaan piirtämällä ohjelmaan PK2-keskusta syöttävän muuntajan, pääkatkaisijan (1Q0) ja PK2 keskuksen. Kuvassa 17 on esitelty laskentaohjelman jakeluverkko.

Taustaverkon tietoja on käytössä rajallisesti, joten sinne on määriteltävissä kuvan 11 mukainen 20 kV:n kojeiston ja jakelumuuntajan välinen kaapeli sekä taustaverkon jännite. Kaapeli on AHXAMK-W 3x95+35, jonka pituutta ei tiedetä, joten sen pituudeksi on arvioitu 20 metriä. Maksimi 3-vaiheisen oikosulkuvirran arvoksi ohjelma laskee 15,999 kA. Tämän arvon varmentamiseen pitäisi saada jakeluverkkoa ylläpitävältä yhtiöltä kolmivaiheinen oikosulkuvirta. Tämä tarkkuus on kuitenkin riittänyt koulun aikaisemmissa mitoitus tehtävissä, joten sen oletetaan riittävän tässäkin. Kehitysehdotuksena näihin tehtäviin olisi hankkia jakeluverkkoa ylläpitävältä verkkoyhtiöltä mitoituksen kannalta tarvittavat tiedot ja laskea esimerkiksi kolmivaiheinen oikosulkuvirta käsin kaavalla 1.

Jakelumuuntajan arvot määritettiin laskentaohjelmaan liitteen 3 muuntajan testiraportin teho- ja jännitearvoilla. Jakelumuuntajan ja pääkatkaisijan 1Q0 välisen kaapelin pituudeksi määritettiin 5 metriä ja poikkipinta-alaksi 300 mm<sup>2</sup>. Poikkipinta-ala on esitetty taulukossa 2. Pääkatkaisijan tyyppi, suojarole ja releasettelut määritettiin taulukon 2 ja kuvan 15 mukaisesti.



KUVA 16. UPSGEN syöttökaapeli.

Kuorman mitoituksessa käytettiin pohjana laitteen valmistajan ilmoittamia UPS-laitteen teho- ja virta-arvoja (taulukko 3). Lisäksi näennäistehoon 5k VA ja pätötehoon 5 kW tehtiin pienet ylimerkit. Tehokerroin eli näennäistehon ja pätötehon suhde on valmistajan taulukon 3 mukaan. Taulukko 3 on ote liitteen 1 UPS-laitteiden sähköarvot taulukosta. Syöttökaapelina käytettiin olemassa olevaa kaapelia (kuva 16) eli AXCMK-HF 4x50+16. Kyseisen kaapelin valmistajan kaapelien ominaisuustaulukko on liitteessä 2.

TAULUKKO 3. UPS-laitteen sähköarvot. (15)

EATON UPS	JÄRJESTELMÄ ARVOT			TULOVERKKO			
	kVA	kW	Un(V) Input/Output	Fn(Hz)	Vaiheluku	Tulovirta In(A)	Tulosulake Fn(A)
93PM-50	50	50	230/400	50/60	3	76	100

Ohjelma laskee kolmivaiheisen oikosulkuvirran (kuva 17) virta-arvon  $I_{k3M}$  sekä yksivaiheisen oikosulkuvirran arvot. Yksivaiheisten oikosulkuvirtojen arvot  $I_{k1m}$  on laskettu tilanteessa, missä vaihejohdin ja N-johdin ovat oikosulussa ja  $I_{efmin}$  on laskettu tilanteessa, missä vaihejohdin on oikosulussa PE-johtimen kanssa. Nämä ovat laskettavissa ja tarkistettavissa myös käsin Thevenin menetelmällä.

Kolmivaiheisen oikosulkuvirran  $I_{k3}$  arvo saadaan laskettua Thevenin kaavasta (11, s. 24)

$$I_{k3} = (C \times U_n) / (\sqrt{3} \times Z_1), \quad (\text{KAAVA 1})$$

jossa

C = jännitekerroin

$U_n$  = pääjännite

$Z_1$  = myötäimpedanssi verkossa.

Yksivaiheinen oikosulkuvirta  $I_{k1}$  saadaan Thevenin kaavasta

$$I_{k1} = (\sqrt{3} \times C \times U_n) / (Z_1 + Z_2 + Z_0), \quad (\text{KAAVA 2})$$

jossa

C = jännitekerroin

$U_n$  = Pääjännite

$Z_1$  = verkon myötäimpedanssi

$Z_2$  = verkon vastaimpedanssi

$Z_0$  = verkon nollaimpedanssi

(11, s. 24)

Ohjelma laskee myös syöttökaapelin jännitteenaleneman. Tämä on todennettavissa seuraavasta kaavasta (12 s. 1)

jännitteenalenema  $U_h$

$$U_h = I ( R \cos\varphi + X \sin\varphi ) \quad (\text{KAAVA 3})$$

jossa

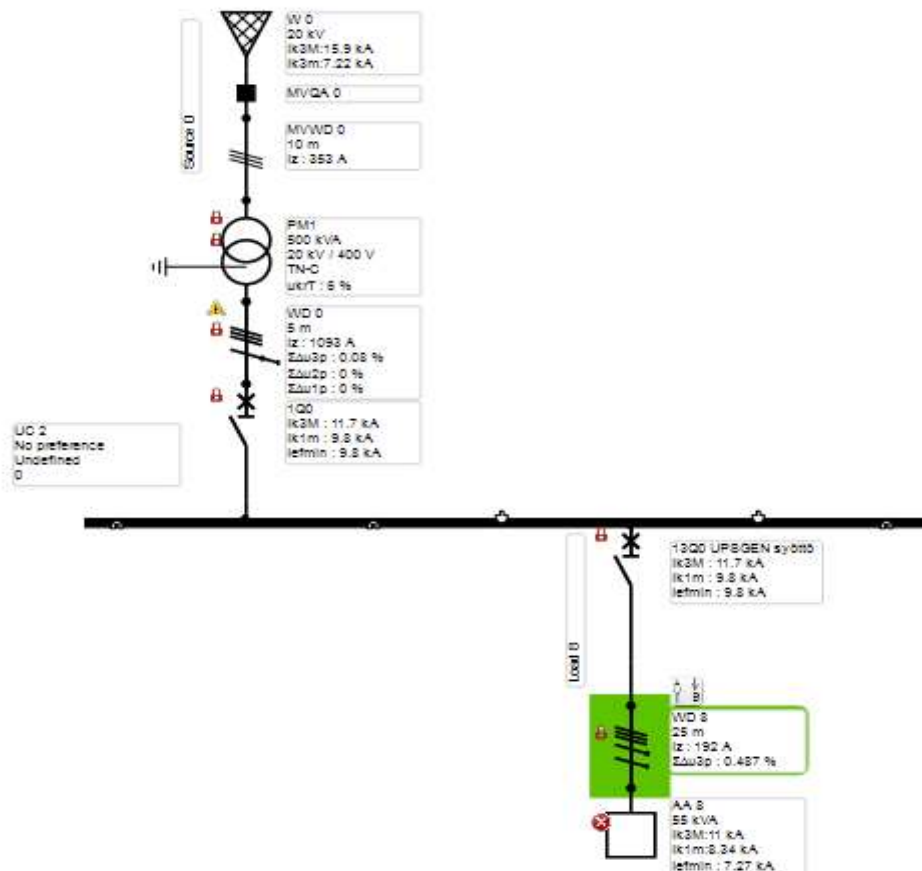
$I$  = johtimen virta

$R$  = johtimen vaihtovirtaresistanssi

$X$  = johtimen reaktanssi

$\varphi$  = vaihejännitteen ja -virran välinen vaihesiirtokulma.

(12 s. 1)



KUVA 17. Ecodial-ohjelman oikosulkuvirta ja kaapelin kuormitettavuuslaskennat.

Kaapelin kuormitettavuusvirta-arvo ja jännitteenalenema on tarkastettavissa standardin SFS 6000-5-52 taulukoista G.52 kuva 19 ja B.52.1 kuva 18. Laskentaohjelman tulokset jännitteenalenemalle 0.487 % ja maksimi kuormitettavuusvirta-arvo 192 A ovat SFS6000-taulukon mukaan linjassa (12). Huomioitavaa on, että SFS6000 taulukko G.52 antaa 50 mm<sup>2</sup> poikkipinta-alan kaapelille maksimi kuormitusvirta-arvoksi 192 A ja valmistaja liitteen 2 taulukossa 152 A. Tämä tulee ottaa huomioon katkaisijan suojarieleen asettelussa.








Asennuksen tyyppi	Valaistuskäyttö %	Muu käyttö %
A - Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B - Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä pienjänniteteholähteestä <sup>a</sup>	6	8

<sup>a</sup> Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja.

Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.

Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.

KUVA 18. SFS6000 Taulukko G.52.1 (13 s,62).

Johtimen nimellis- poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	Monijohdinkaapelit		Yksijohdinkaapelit				
	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta koskettavat toisiaan	Kolme kuormitettua johdinta kolmioissa	Kolme kuormitettua johdinta, tasossa Kosket-tavat toisiaan	Erillään	
						Vaakata-sossa	Pystytasossa
							
Tapa E	Tapa E	Tapa F	Tapa F	Tapa F	Tapa G	Tapa G	
1	2	3	4	5	6	7	8
1,5	26	23	-	-	-	-	-
2,5	36	32	-	-	-	-	-
4	49	42	-	-	-	-	-
6	63	54	-	-	-	-	-
10	86	75	-	-	-	-	-
16	115	100	-	-	-	-	-
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	-	-	940	823	868	1085	1008
500	-	-	1083	946	998	1253	1169
630	-	-	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362

KUVA 19. SFS6000 taulukko B.52.1(13, s. 46).

TAULUKKO 4. Ecodial-laskentaohjelman tulokset.

Ik	Selite	Kaapelin alkupäässä	Kaapelin loppupäässä
Ik3M	Kolmivaiheinen oikosulkuvirta maksimiarvo	11,7 kA	11 kA
Ik1m	Yksivaiheinen oikosulkuvirta minimiarvo	9,8 kA	8,34 kA
Iefmin	Pienin esiintyvä oikosulkuvirran arvo	9,8 kA	7,27 kA

Laskentaohjelmassa valittiin katkaisija ComPact NSX100B ja sille suojariele Micrologic 5.2E. Katkaisija on mitoitettu sen katkaisukyvyyn  $I_{cu}$  mukaan. Tässä tapauksessa liittymispisteessä eli PK2 keskuksen kolmivaiheinen oikosulkuvirta  $I_{k3M}$  on 11.7 kA ja ComPact NSX100B:n valmistajan ilmoittama  $I_{cu}$  on 25 kA. Näitä asioita käsiteltiin luvuissa 2.3 ja 4.1.

#### 6.2.4 Syöttökatkaisijan asettelut

Katkaisijan asetteluissa verrattiin UPS-laitteen omien katkaisijoiden asetteluarvoja (kuva 14) ja kaapelin valmistajan ilmoittamia maksimikuormitusvirta-arvoja. Kuormitusvirta-arvoja tarkastessa pitää ottaa huomioon, millä asennustavalla kaapeli on asennettu. Tässä tapauksessa tulee kyseeseen asennustapa E, joka tarkoittaa monijohdinkaapelia ilma-asennuksessa, jonka vapaa välimatka seinästä on vähintään 0,3-kertainen kaapelin halkaisijaan nähden. (11, s. 7)

Valmistajan UPS-laitteiden sähköarvot on ilmoitettu liitteen 1 taulukossa. Tälle kyseiselle UPS-laitteelle tuloverkon tulosulakekoko on 100A. Nyt kun suojaus tehdään katkaisijalla, on katkaisijan  $I_r$  asetettava maksimissaan 100A. Syöttökatkaisijan pitkäaikaiseksi ylivirraksi asetettiin  $I_r = 100A$  ja havahtumisajaksi  $t_r = 4$  s. Jos ylikuormitustilanteessa nimellisvirta nousee UPS-laitteella yli 100A, on UPS-laitteen omalla suojauksella aikaa havahtua hieman enemmän, kuin 13Q0 katkaisijan.

UPS-laitteen oman katkaisijan asettelut:

$$I_r = 96 \text{ A,}$$

$$t_r = 3 \text{ s.}$$

13Q0 katkaisijan asettelut:

$$I_r = 100A,$$

$$t_r = 4s.$$

Lyhytaikaisen ylivirran  $I_{sd}$  asettelussa on otettava huomioon syöttökaapelin oikosulkukestoisuus ja vikatilanteessa kaapelin loppupäässä syntyvän pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran arvo. Oikosulkutilanteessa kaapeliin kohdistuu termisiä ja dynaamisia vaikutuksia. Kaapelin valmistaja ilmoittaa kaapelille suurimman sallitun 1 sekunnin oikosulkuvirran kA:na, jonka kaapeli kestää vaurioitumatta. Tämä on laskettavissa seuraavasta kaavasta (11, s.4),

$$I_{kt} = I_{k1s} / \sqrt{t}$$

(KAAVA 4)

jossa

$I_{kt}$  = suurin sallittu oikosulkuvirta (A)

$I_{k1s}$  = suurin sallittu yhden sekunnin oikosulkuvirta (A)

$t$  = oikosulun kesto aika (s)

Tälle kyseiselle kaapelille valmistaja antaa liitteessä 2 suurimman sallitun 1 s oikosulkuvirran arvoksi 4,8 kA. Asettelemalla katkaisijan  $t_{sd}$ :n 0,1 s ja laskemalla pikalaukaisun li toiminta-ajan  $t_i$  50–100 ms. yhteen, saadaan tulos väliltä 0,15 s-0,2 s. Näin kaapelin oikosulkukestoisuus voidaan laskea sen pisimmän arvioidun oikosulkuvirran vaikutuksen mukaan eli 0,2 s.

$$I_{kt} = 4,8kA / \sqrt{0,2} = 10,7 kA.$$

Eli kaapelin oikosulkukestoisuus on 0,2 sekuntia kestävässä vian vaikutusajassa 10,7 kA. Katkaisijan  $I_{sd}$  ja  $I_i$  asetellaan seuraavasti:

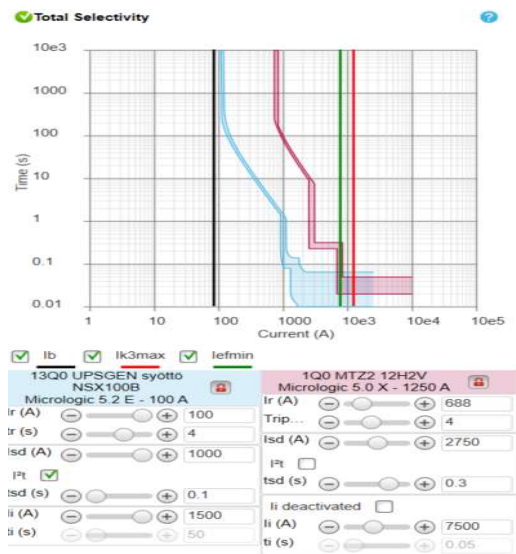
$$I_{sd} = 1000 A,$$

$$t_{sd} = 0,1 A,$$

$$I_i = 1500 A,$$

$$t_i = 50 ms.$$

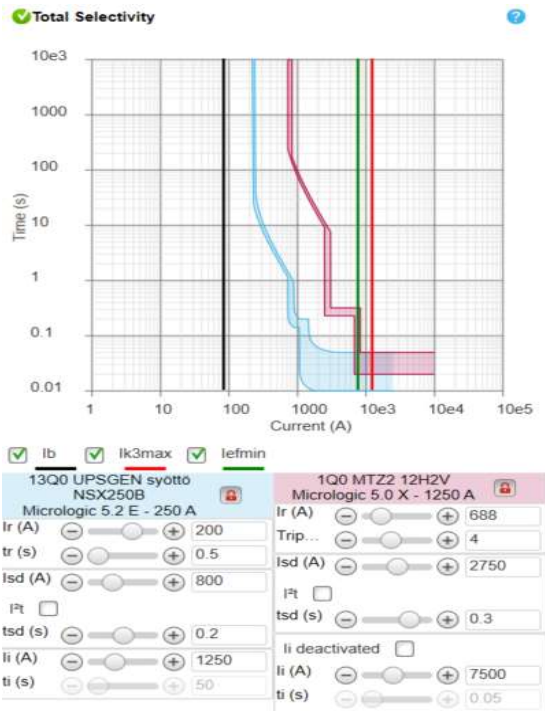
Mikäli tapahtuu 3-vaiheinen oikosulku, pikalaukaisu li laukaisee katkaisijan 50 millisekunnissa. Mikäli tapahtuu oikosulku jossain kauempana ja vian vaikutusaika on yli 1000 ampeerilla  $t_{sd} + t_{ti}$ , laukaisee asetus  $I_{sd}$  katkaisijan.  $I_{sd}$  asetuksen pitää toimia aina verkon pienimmän oikosulkuvirta-arvoon nähden. Tässä tapauksessa se on taulukon 4. mukaan kaapelin loppupäässä  $I_{fmin}$ . Kuvassa 20 on ohjelman antamat selektiivisyyskäyrät pääkatkaisijaa 1Q0 nähden ja tästä voidaan todeta, että selektiivisyys toteutuu.



KUVA 20. Pääkatkaisijan ja UPSGEN-syöttökatkaisijan asettelut.

## 6.2.5 Vertailu nykytilanteeseen

Laskentaohjelmalla luotiin myös nykyhetkeä kuvaava tilanne ComPact NSX250B katkaisijalla. Katkaisukyky kyseisellä katkaisijalla on 25 kA, joten voidaan todeta katkaisijan katkaisukyvyyn  $I_{cu}$  olevan riittävä kyseisessä katkaisijassa ja selektiivisyys 1Q0 nähden toteutuu. Asettelut ja selektiivisyyskäyrä on esitetty kuvassa 21.



KUVA 21. Pääkatkaisijan ja UPSGEN-syöttökatkaisijan asettelut.

Katkaisijan asetusarvot ovat liian suuret laitteen nimellisvirtaan ja valmistajan antamaan lähtösulakekokoon nähden. Liitteen 1 Eaton UPS-järjestelmien sähköarvotaulukossa laitteelle annetaan nimellisvirta  $I_n=76$  A ja maksimi lähtösulakekooksi 100 A. Nyt  $I_r$  on aseteltu 200 A. Tämä pitäisi asetella pienemmäksi, varsinkin kun syöttökaapelin johtimen suurin sallittu kuormitettavuusvirta-arvo valmistajan taulukon liitteen 2 mukaan on 152 A. Jotta kaapelin ylikuormitussuojaus toteutuisi ja valmistajan vaatimukset täyttyisivät, pitäisi katkaisijan  $I_r$  asetella maksimissaan 100 A. Siinänsä katkaisijaa ei ole ylimitoitettu, sillä NSX250B on kuitenkin aseteltavissa valmistajan vaatimusten mukaisesti. (6, 7)

### 6.3 Sähköauton latausaseman katkaisijan asetteluarvot

Tässä luvussa mitoitetaan Ecodial- ohjelmalla sähköauton latausasemalle syöttökatkaisijan asetusarvot ja syöttökaapeli. Syöttö otetaan PK2 keskuksen varalähdöstä 0602, joka on varustettu ComPact NSX250B katkaisijalla ja Micrologic 5.2E suojareleellä. Latausaseman nimellistehoksi on määritetty 90 kW pätötehoa ja syöttökaapelin pituudeksi 50 metriä.

Laskentaohjelmassa käytetään samaa pohjaa, kuin luvun 6.2 laskennassa. Kuormaksi lisätään 90kW ja kaapelin pituudeksi 50 m. Laskentaohjelma antaa nimellisvirraksi 153A ja laskee katkaisijan arvot ja syöttökaapelin siihen nähden. Kaapelin maksimikuormitettavuusvirta-arvoksi (kuva 22) ohjelma laskee 192 A asennustavalla E ja 135 A asennustavalla D. Asennustapa E tarkoittaa monijohdinkaapelia ilma-asennuksessa, jonka vapaa välimatka seinästä on vähintään 0,3 kertaa kaapelin halkaisija. Asennustapa E käsittää hyllyasennuksen. Asennustapa D tarkoittaa yhtä ja monijohdinkaapelia joko maassa olevassa kanavassa tai suoraan maahan asennettuna. (11, s.7)

Laskentaohjelma ottaa huomioon kaapelin eristemateriaalin käyttölämpötilat ja asennustavan mukaan ympäröivän ilman tai maaperän lämpötilan korjauskertoimet. Kuormitettavuusvirta-arvot ovat tarkastettavissa SFS6000 B.52.1-taulukoista (kuva 19 ja 22). Vaikka SFS-6000 antaa esimerkiksi 50mm<sup>2</sup> kuparikaapelille jonkin maksimi kuormitettavuusvirta-arvon, on se hyvä tarkastaa aina kaapelin valmistajan taulukoista siinä vaiheessa, kun tiedetään minkä valmistajan kaapelia käytetään.

**Taulukko B.52.5 Kuormitettavuus ampeereina Taulukon B.52.1 mukaisilla asennustavoilla**  
- PEX- tai EPR-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet/kolme kuormitettua johdinta  
- Johtimen lämpötila: 90 °C, ympäristön lämpötila: 30 °C ilmassa, 20 °C maassa

Johtimen nimellis- poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Kupari</b>							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419
<b>Alumiini</b>							
2,5	19	18	22	21	24	22	
4	25	24	29	28	32	28	
6	32	31	38	35	41	35	
10	44	41	52	48	57	46	64
16	58	55	71	64	76	59	82
25	76	71	93	84	90	75	98
35	94	87	116	103	112	90	
50	113	104	140	124	136	106	117
70	142	131	179	156	174	130	144
95	171	157	217	188	211	154	172
120	197	180	251	216	245	174	197
150	226	206	267	240	283	197	220
185	256	233	300	272	323	220	250
240	300	273	351	318	382	253	290
300	344	313	402	364	440	286	326

HUOM. 1 Sarakkeissa 3, 5, 6, 7 ja 8 oletetaan johtimien olevan pyöreitä poikkipinta-alaan 16 mm<sup>2</sup> saakka. Suuremmilla poikkipinta-aloilla arvot viittaavat muun muotoisiin johtimiin ja niitä voi turvallisesti käyttää pyöreisiin johtimiin.

HUOM. 2 PEX-eristeisen kaapelin vaipan lämpötila, katso Taulukko B.52.1.

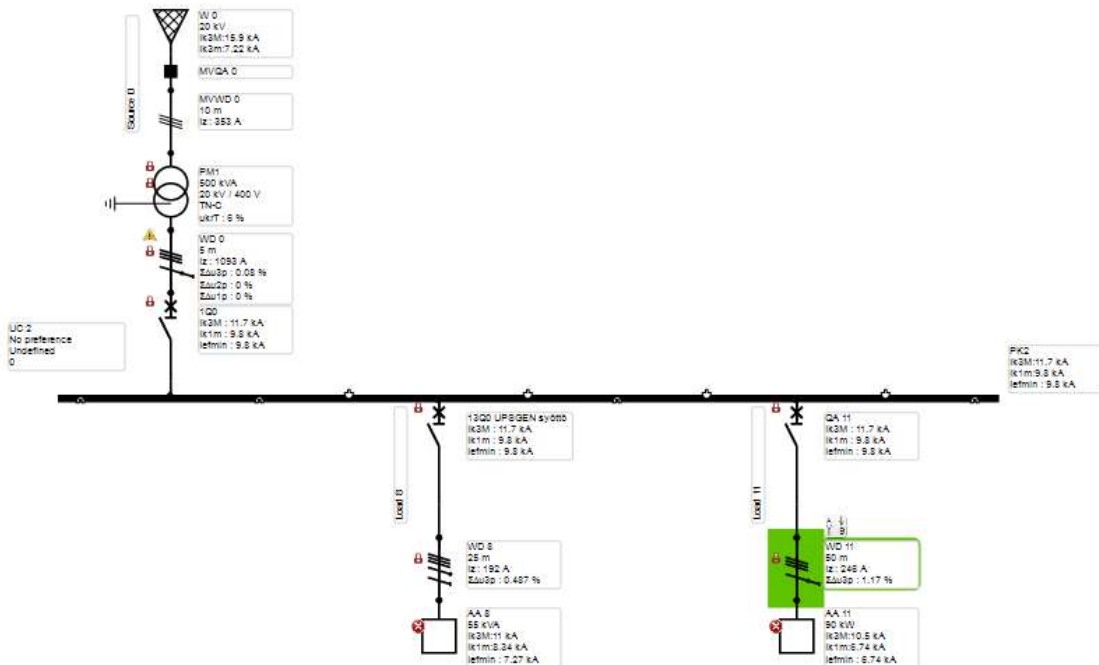
Tämä julkaisu on luettavissa SFS Online-palvelusta (opp. no) 21.9.2022.  
Lataus: P. Aijajärg, Vain Oulun ammattiliiton Oyj:ltä.

KUVA 22. SFS6000 taulukko B.52.1(13, s. 39)

Katkaisijan NSX250B katkaisukyky  $I_{cu}$  on esitelty luvussa 4. Se on 25 kA. Kun katsotaan ohjelman antamia oikosulkulaskelmia kuvasta 21, on katkaisijan asennuspaikalla kolmivaiheisen oikosulkuvirran arvo 11,7 kA. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että katkaisijan katkaisukyky on riittävä.

Syöttökaapelin terminen oikosulkukestoisuus on laskettavissa kaavasta 4 ja suurin sallittu 1 s oikosulkuvirta tarkistettavissa liitteessä 2. Tämä pitää ottaa huomioon suojareleen  $I_{sd}$  asetusta aseteltaessa.

Mitoitusohjelma antaa kuparikaapelille poikkipinta-alaksi 50 mm<sup>2</sup> ja alumiinikaapelille 70 mm<sup>2</sup>. Tarkastellessa SFS standardin kaapelin kuormitettavuustaulukoita huomataan, että 50 mm<sup>2</sup> kaapelilla asennustavoilla D (13, s. 39) ja E (13, s. 46) kuormitettavuus ei riitä tähän tarpeeseen. Kuormitettavuus asennustavalla D on 135 A ja tavalla E 192 A. Kaapelin poikkipinnaksi vaihdetaan 70 mm<sup>2</sup>, jolloin kuormitettavuudet ovat asennustavalla D 167 A ja tavalla E 246 A. Jännitteenalennemaksi ohjelma antaa 1,17 %, mikä on kohtuullinen standardin SFS 6000-5-52 taulukon G.52.1 raja-arvoihin nähden. Taulukko on esitetty kuvassa 18.



KUVA 22. Laskentaohjelman oikosulkuvirtalaskelmat.

Kuvassa 22 on esitelty laskentaohjelman tulokset, joista oikosulkuvirrat on esitelty taulukossa 5. Nämä laskelmat voidaan todentaa edellisen luvun 6.2.3 kaavoilla 1 ja 2.

TAULUKKO 5. Laskentaohjelman oikosulkuvirta-arvot.

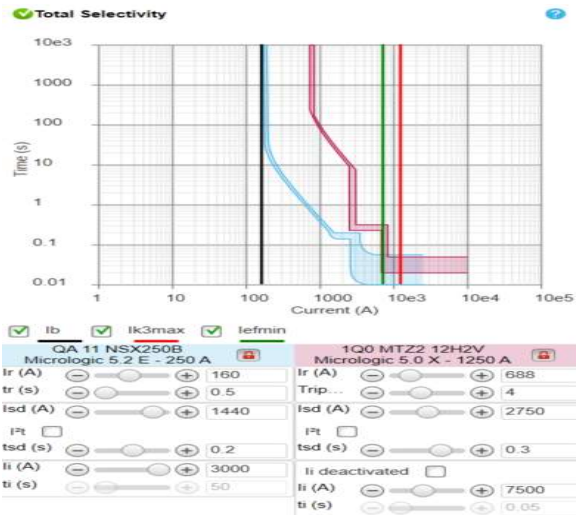
Ik	Selite	Kaapelin alkupäässä	Kaapelin loppupäässä
Ik3M	Kolmivaiheinen oikosulkuvirta maksimiarvo	11,7 kA	10,8 kA
Ik1m	Yksivaiheinen oikosulkuvirta minimiarvo	9,8 kA	6,74 kA
Iefmin	Pienin esiintyvä oikosulkuvirran arvo	9,8 kA	6,74 kA

Tässä toteutuksessa käytetään Prysmianin AXCMK 4x70+25 C-pro kaapelia. Kaapelin ominaisuudet ovat liitteessä 2. Kaapelivalmistajan maksimikuormitettavuusarvo on tarkistettavissa liitteen 2 taulukosta. Asennustavaksi oletetaan osittain tapa D, eli maassa, ja osittain tapa E, eli hyllyllä. PK2 keskukselta kaapelit lähtevät hyllyltä ja parkkipaikka, jolle latausasema oletetaan sijoitettavan, on koulun rakennuksesta n. 30 metrin päässä. Valmistajan taulukon mukaan maksimikuormitusvirta asennustavalla E on 194 A ja asennustavalla D 185 A.

Katkaisija asetellaan  $I_r = 160A$ , ja tähän tehdään tarkoituksella pieni ylimitoitus, jotta latausasema kestää päällä maksimikuormalla. Myös kaapelin kuormitettavuus sallii tämän.  $I_{sd}$  ja  $I_i$  arvoissa käytetään mitoitusohjelman oletusasetteluita. Tällä saavutetaan selektiivisyys pääkatkaisijaan nähden. Katkaisijan asettelut ja selektiivisyyskäyrä on esitetty kuvassa 23.

$I_{sd}$  asetellaan 1,44kA ja  $t_{sd}$  0,2 s, jotta saavutetaan virta- ja aikaselektiivisyyttä pääkatkaisijaan 1Q0 nähden. Kuten edellisen kappaleen mitoituksessa, tulee tässäkin ottaa huomioon kaapelin oikosulkukestoisuus. Kaavalla 4 saadaan laskettua kaapelin oikosulkukestoisuuden tarkka arvo tälle asetukselle, mutta kun katsotaan liitteen 2 valmistajan taulukkoa kaapelin ominaisuuksista, voidaan todeta oikosulkukestoisuus riittäväksi. Valmistaja antaa kyseiselle kaapelille suurimman sallitun 1 s oikosulkuvirta-arvoksi 6.7kA. Kaapelin loppupäässä esiintyvä pienin oikosulkuvirta-arvo on 6,74, joten  $I_{sd}$ :n asettelu 1,44 on riittävä.

Asettelu li eli katkaisijan pikalaukaisu asetellaan 3000 A ja ti eli toiminta-aika 50 ms. Toiminta-aika tulee vakiona ainakin ohjelmassa ja sitä ei pysty muuttamaan. Katkaisija toimii virtaselektiivisesti pääkatkaisijaan 1Q0 nähden, kun katkaisija 1Q0 on aseteltu li 7500 A (kuva 23).



KUVA 23. Pääkatkaisijan ja syöttökatkaisijan asettelut.

Siinä vaiheessa, kun tiedetään mikä latausasema hankitaan ja mitkä sen suojaukset ovat, on syytä tarkastella katkaisijan asetteluita uudelleen. Latausasemaa hankkiessa olisi suotavaa hankkia laite, missä suojalaitteet ovat saman valmistajan kuin PK2 suojalaitteet. Tämä helpottaa käytännön tarkasteluissa suojalaitteiden keskinäistä vertailua, koska eri laitevalmistajien ohjelmat tuntevat vain omat tuotteensa. Eri laitevalmistajien suojalaitteiden keskinäinen vertailu vaatii paljon käsityötä, jotta kokonaisuudesta saadaan riittävä selvyys. (2, s.2)

## 7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tehdä harjoitustyökuvaukset Oulun ammattikorkeakoulun opetuskäyttöön kompaktikatkaisijan asetusarvojen asettamisesta ja niiden muuttamisesta. Itse konkreettisen asetteluiden asettelemistyön tekee haasteelliseksi se, että koululla ei ole opetuskäyttöön laitteistoja ja ohjelmistoa, millä voisi katkaisijoita asettaa ja koestaa. Tästä syystä työnkuvaus vaihdettiin jo olemassa olevan UPSGEN-syöttökatkaisijan ja mahdollisesti tulevaisuudessa tulevan sähköauton latausaseman syöttökatkaisijan asetteluiden suunnittelemiseen. Nämä case-tyyppiset tehtävät voidaan ottaa opetuskäyttöön sellaisenaan tai niitä voidaan jalostaa pitemmälle. Työn teoriaosuudet nojaavat standardeihin ja laitevalmistajien lähteisiin, joten työn luotettavuuden voidaan todeta olevan hyvä.

Valittua aihetta olisi voinut laajentaa paljonkin, mutta rajasin työn aika tarkasti. Tämä johtuu siitä, että tässä työssä aiheena ovat nimenomaan kompaktikatkaisijan ominaisuudet ja asetusarvot. Jotta kykenee katkaisijaa suojalaitteeksi mitoittamaan, pitää olla tietämystä kaapelin mitoituksesta ja oikosulkuvirtojen laskemisesta. Nämä eivät kuitenkaan kuulu tämän työn teoriasisältöön, sillä näistä edellä mainituista aiheista on tehty useita opinnäytetöitä jo pelkästään Oulun ammattikorkeakoulussa.

Työ antaa tiiviin kuvauksen kompaktikatkaisijan ominaisuuksista ja asetteluarvoista. Harjoitustyökuvaukset olivat mielenkiintoisia ja yhtenä oppina tässä työssä oli laitevalmistajan suositusten ja vaatimusten huomioiminen suunnittelussa. Esimerkkinä näistä kaapeleiden kuormitettavuusvirta-arvot voivat poiketa aika paljonkin SFS6000- taulukoiden ja valmistajan taulukoiden välillä.

## LÄHTEET

1. ST 53.45. Sulakkeeton suojaus. 2015. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.  
<http://www.sahkoinfo.fi/severi>
2. ST 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys. 2017. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo. <http://www.sahkoinfo.fi/severi>
3. ComPact NSX Schneider Electric. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/1887-compact-nsx/?parent-subcategory-id=4230&filter=business-4-s%C3%A4hk%C3%B6njakelu>
4. MasterPact MTZ Schneider Electric. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/63545-masterpact-mtz/?parent-subcategory-id=4220&filter=business-4->
5. Schneider Electric, Discrimination with lv power circuit-breaker. 2001.  
<https://www.se.com/ww/en/download/document/ECT201/>
6. Compact NSX & NSXm Catalogue. <https://www.se.com/ww/en/product-range/39910433-compact-nsxm-new-generation/>
7. Schneider Electric tuoteluettelo 09.  
[https://www.se.com/fi/fi/download/document/NSX\\_tuoteluettelo09\\_web/](https://www.se.com/fi/fi/download/document/NSX_tuoteluettelo09_web/)
8. EcoStruxure Power Comission. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/62980-ecostruxure-power-commission/#overview>
9. EcoStruxure Power Design – Ecodial. <https://www.se.com/fi/fi/product-range/61013-ecostruxure-power-design-ecodial/#overview>
10. (ABB:n TT-käsikirja 2000–7, luku 7)  
[http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/07\\_1\\_Oikosulkusuojaus%20ja%20sulakkeet.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/07_1_Oikosulkusuojaus%20ja%20sulakkeet.pdf)
11. (ABB:n TT-käsikirja 2000–7, luku 19)  
[https://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/19\\_1\\_S%84hk%94johtojen%20mitoittaminen.pdf](https://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/19_1_S%84hk%94johtojen%20mitoittaminen.pdf)
12. SFS6000-5-52 pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät
13. 15.UPS-laitteiden sähköarvotaulukko.2016. Eaton. <https://docplayer.fi/59134332-Eaton-UPS-laitteiden-sahkoarvotaulukko.html>
14. SFS6000-5-52 pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät
15. ST 52.35.01. UPS-laitteet ja -järjestelmät. 2011. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo.  
<http://www.sahkoinfo.fi/severi>
16. Prysmian AXCMK-HF C-pro ominaisuudet taulukko.2018.  
[https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/business\\_markets/markets/downloads/datasheets/cpr%20AXCMK-HF%20C-PRO%200%2C6\\_1kV\\_180118.pdf](https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/cpr%20AXCMK-HF%20C-PRO%200%2C6_1kV_180118.pdf)
17. Oulun ammattikorkeakoulu. Teollisuuden sähköverkot kurssimateriaali. Muuntajan testi-raportti. 2018.

EATON UPS		JÄRJESTELMÄARVOT				AKUUSO		TUULOVERKKO			OHITUVERKKO		LÄHTÖVERKKO						
		Nimelliteho kVA	W	U <sub>N</sub> (V) Input/Output	EFF (%) Normal ESS	U <sub>N</sub> (V) Nominal	U <sub>N</sub> (V) ESS	Vähe- Luku	Jalovirta (A)	Jalovirta P <sub>1</sub> (A)	Vähe- Luku	Ohitus- virta(A)	Vähe- Luku	Laatuvirta In. (A)	Ohitusvirta In. (A)	Ohitusvirta Out. (A)	Ohitusvirta Out. (A)	*Väestaprosentti impedanssi max (Ω)	** Suurin Lähtövirta (A)
BT5	8	7.2	230/220	50/80	91%	-	394	21	1	34	40	1	40	1	25	100	300	2.194	316C8
BT5	8	7.2	230/220	50/80	91%	-	394	21	3	11	76	1	40	1	25	100	300	2.194	316C8
BT5	10	9	230/220	50/80	91%	-	394	28	1	43	50	1	50	1	40	100	300	2.194	316C8
BT5	10	9	230/220	50/80	91%	-	394	28	3	14	25	1	50	1	40	100	300	2.194	316C8
BT5	12	10.8	230/220	50/80	91%	-	394	31	3	17	25	1	62	1	50	144	300	1.524	316C10
BT5	15	13.5	230/220	50/80	91%	-	394	38	3	22	25	1	80	1	65	144	300	1.524	316C10
BT5	20	18	230/220	50/80	90%	-	394	50	3	28	40	1	100	1	87	300	300	0.771	316C25
BT5	30	27	230/220	50/80	90%	-	394	76	3	42	50	1	160	1	130	300	300	0.731	316C25
BT5-S (15)	8	8	230/400	50/80	95%	90%	394	22	3	12	76	3	18	3	12	54	300	4.083	310C5
BT5-S (20)	8	8	230/400	50/80	95%	90%	394	22	3	12	76	3	18	3	12	72	300	3.047	310C5
BT5-S (15)	10	10	230/400	50/80	96%	90%	394	27	3	15	20	3	20	3	14	54	300	4.083	310C5
BT5-S (20)	10	10	230/400	50/80	96%	90%	394	27	3	15	20	3	20	3	14	72	300	3.047	310C5
BT5-S (15)	15	15	230/400	50/80	96%	90%	394	41	3	23	32	3	32	3	22	54	300	4.083	310C5
BT5-S (20)	15	15	230/400	50/80	96%	90%	394	41	3	23	32	3	32	3	22	72	300	3.047	310C5
BT5-S (20)	20	20	230/400	50/80	96%	90%	394	54	3	30	50	3	50	3	25	72	300	3.047	310C5
BT5-S (15+15)	8	8	230/400	50/80	95%	90%	394	22	3	12	76	3	18	3	12	108	300	2.031	316C10
BT5-S (20+20)	8	8	230/400	50/80	95%	90%	394	22	3	12	76	3	18	3	12	144	300	1.524	316C10
BT5-S (15+15)	10	10	230/400	50/80	96%	90%	394	27	3	15	20	3	20	3	14	108	300	2.031	316C10
BT5-S (20+20)	10	10	230/400	50/80	96%	90%	394	27	3	15	20	3	20	3	14	144	300	1.524	316C10
BT5-S (15+15)	15	15	230/400	50/80	96%	90%	394	41	3	23	32	3	32	3	22	108	300	2.031	316C10
BT5-S (20+20)	15	15	230/400	50/80	96%	90%	394	41	3	23	32	3	32	3	22	144	300	1.524	316C10
BT5-S (15+15)	20	20	230/400	50/80	96%	90%	394	54	3	30	50	3	50	3	20	144	300	1.524	316C10
BT5-S (20+20)	20	20	230/400	50/80	96%	90%	394	54	3	30	50	3	50	3	20	180	300	1.024	316C10
BT5-S (15+15)	30	30	230/400	50/80	96%	90%	394	81	3	45	85	3	85	3	45	108	300	2.031	316C10
BT5-S (20+20)	30	30	230/400	50/80	96%	90%	394	81	3	45	85	3	85	3	45	144	300	1.524	316C10
BT5-S (20+20)	40	40	230/400	50/80	96%	90%	394	108	3	60	80	3	80	3	58	144	300	1.524	316C10
BT5H-250	250	250	230/400	50/80	95%	90%	480	548	3	381	500	3	500	3	382	780	300	0.289	316**
BT5H-300	300	275	230/400	50/80	96%	90%	480	587	3	415	500	3	500	3	416	780	300	0.289	316**
BT5H-500	500	500	230/400	50/80	96%	90%	480	1089	3	765	1000	3	1000	3	726	1620	300	0.144	316**
BT5H-600	600	550	230/400	50/80	96%	90%	480	1194	3	830	1000	3	1000	3	870	1620	300	0.144	316**
BT5H-750	750	750	230/400	50/80	96%	90%	480	1623	3	1152	1250	3	1250	3	1087	2280	300	0.098	316**
BT5H-1000	1000	925	230/400	50/80	96%	90%	480	1780	3	1245	1400	3	1400	3	1304	2280	300	0.098	316**
BT5H-1000	1000	1000	230/400	50/80	96%	90%	480	2170	3	1510	1600	3	1600	3	1440	3040	300	0.072	316**
BT5H-1200	1200	1100	230/400	50/80	96%	90%	480	2387	3	1687	2000	3	2000	3	1738	3040	300	0.072	316**
BT5M-30	30	30	230/400	50/80	96%	90%	432-480	73/85	3	48	85	3	85	3	45	170	400	1.201	312C16
BT5M-40	40	40	230/400	50/80	96%	90%	432-480	97/87	3	81	80	3	80	3	58	170	400	1.201	312C16
BT5M-50	50	50	230/400	50/80	96%	90%	432-480	121/108	3	76	100	3	100	3	72	170	400	1.201	312C16
BT5M-60	60	54	230/400	50/80	96%	90%	432-480	130/117	3	87	100	3	100	3	87	170	400	1.201	312C16
BT5M-80	80	80	230/400	50/80	96%	90%	432-480	182/173	3	121	140	3	150	3	118	345	400	0.838	312C12
BT5M-100	100	100	230/400	50/80	96%	90%	432-480	247/217	3	161	200	3	200	3	148	345	400	0.838	312C12
BT5M-120	120	120	230/400	50/80	96%	90%	432-480	291/261	3	181	200	3	200	3	174	610	400	0.430	312C1
BT5M-150	150	150	230/400	50/80	96%	90%	432-480	362/328	3	228	316	3	315	3	218	610	400	0.430	312C1
BT5M-180	180	180	230/400	50/80	96%	90%	432-480	388/347	3	241	316	3	315	3	231	610	400	0.327	312C1
BT5M-200	200	200	230/400	50/80	96%	90%	432-480	403/404	3	301	400	3	400	3	289	610	400	0.327	312C1

\* Väikevirtapiirin suurin sallittu impedanssin arvo mΩ, jolla säätetään invertterin oikosuukivirran suurus  
 \*\* Tämä sulakekeen arvo on suuntaa antava, sähkösuunnittelijan pitää tarkastella tämä aina tapauskohtaisesti

Voimakaapelit 1 kV  
AXCMK-HF C-PRO

OMINAISUUDET

TUOTTEEN NIMI		AXCMK-HF C-PRO 4x35/7%	AXCMK-HF C-PRO 4x50/7%	AXCMK-HF C-PRO 4x70/7T	AXCMK-HF C-PRO 4x95/7S	AXCMK-HF C-PRO 4x120/41	AXCMK-HF C-PRO 4x150/41	AXCMK-HF C-PRO 4x185/57	AXCMK-HF C-PRO 4x240/72	AXCMK-HF C-PRO 4x300/88
Sähkönumero		0601990	0601991	0601992	0601993	0601994	0601996	0601997	0601998	0601999
<b>RAKENNETIETOJA (1)</b>										
Kaapelin ulkohalkaisija		mm	26	29	33	37	42	47	52	64
Massa		alumiini	kg/km	365	495	720	1000	1260	1550	1950
		kupari	kg/km	345	445	650	890	1120	1390	1750
Massa (1)		kaapeli	kg/km	900	1100	1500	2000	2600	3000	3800
		kaapeli+kela	kg	540	650	870	1100	1500	1900	2300
<b>TOIMITUSTIETOJA</b>										
Vaihtovirtajohdot		m	500	500	500	500	500	500	500	500
Toimituskela			K12	K12	K14	K16	K18	K20	K22	K24
Massa (1)		kg	540	650	870	1100	1500	1900	2300	2900
<b>MEKAANISIA ARVOJA (2)</b>										
Pienin sallittu taipuvuusaste asennusvedossa		m	0,32	0,35	0,40	0,45	0,51	0,57	0,63	0,70
Pienin sallittu taipuvuusaste lopullisessa asennuksessa (3)		m	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42	0,47
Suurin sallittu asennusvetovoima veropäältä		kN	2,1	3,0	4,2	5,7	7,2	8,5	9,5	9,5
Suurin sallittu asennusvetovoima veropäältä		kN	4,2	6,0	8,4	11,4	14,4	18,0	20,0	20,0
<b>SÄHKÖISIÄ ARVOJA (2)</b>										
Vaihe- ja nolajohdinten maks. tasavirtaresistanssi		johdin 20°C Ω/km	0,868	0,641	0,443	0,320	0,253	0,206	0,164	0,125
Vaihe- ja nolajohdinten vaihtovirtaresistanssi (1)		johdin 70°C Ω/km	1,0	0,77	0,53	0,39	0,31	0,25	0,20	0,15
PE-johdinten maks. tasavirtaresistanssi		johdin 20°C Ω/km	1,15	1,15	0,868	0,641	0,443	0,443	0,320	0,253
Induktanssi vaihetta kohti (1)		mH/km	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25
Käytökapasitanssi (1)		µF/km	0,32	0,35	0,40	0,42	0,44	0,46	0,49	0,52
<b>KUORMITETTAVUUS (2)</b>										
Maassa, asennustapa D		johdin 65°C A	125	150	185	220	255	280	330	375
Ilmassa, asennustapa E		johdin 70°C A	100	122	156	190	220	255	291	343
		johdin 90°C A	125	152	194	236	274	316	367	425
<b>TERMINEN OIKOSULUKESTOISUUS (2)</b>										
Suurin sallittu 1 sekuntin oikosulkuvirta		valhe- ja nolajohdin (4) PE-johdin (5)	kA kA	4,8 2,4	6,7 3,3	9,0 4,4	11,4 6,0	14,2 8,0	17,5 9,3	22,6 10,2

(1) Liktarvo

(2) Käyttöolosuhteiden lähtöarvot: kappaleesta Yleistä suojelusta, Energia-, turvallisuus- ja rakennuskaapelit -luokista.

(3) Taivutus on tehtävä varovaisesti ja tasaisella kiertämisnopeudella.

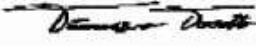
(4) Johdinten lämpötila on ennen oikosulkua 90°C ja oikosulun päättyessä 250°C.

(5) PE-johdinten lämpötila on ennen oikosulkua 65°C ja oikosulun päättyessä enintään 250°C.

18.01.2018 © Prysmian Group. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tämän asiakirjan sisältämää tietoa ei saa kopioida tai käyttää missään muodossa osaksi tai kokonaisuutena ilman Prysmian Groupin kirjallista lupaa. Informaation tarkoituksena on antaa tasalla julkaisujärjestelmän. Prysmian Group pidättää itsellään oikeuden korjata asiakirjan sisältämää tietoa ilman erillistä ilmoitusta. Spesifikaatio ei ole julkisesti pätevä ilman Prysmian Groupin erillistä suostumusta.



GBE S.p.A. TEST REPORT												
Order					Customer WESTIMQPOWER OY							
Type	ED3R24.0500		Serial Number	14004.1		Phase	3		KVA	500		
Voltage ratio (V)	20.000 -		± 2 X 2,50 % /		400 -				50 Hz			
Connection	Dyn11											
Currents	14,43 -		/ 721,69 -									
Insulation Class	F / F		Temperature Class	100 °C / 100 °C								
Voltage ratio					Insulation test							
Pos.	Theoretical	U Measured	V Measured	W Measured	Voltage test applied to the primary against secondary and ground:							
1-2	82,27	82,31	82,31	82,31	Test voltage	50000 V	t =	60 Sec	Result: POSITIVE			
2-3	84,44	84,47	84,47	84,47	Voltage test applied to the secondary against primary and ground:							
3-4	86,60	86,64	86,64	86,64	Test voltage	3000 V	t =	60 Sec	Result: POSITIVE			
4-5	88,77	88,79	88,79	88,79	Induced voltage test							
5-6	90,93	90,96	90,96	90,96	Supplied voltage	800 V f =	100 Hz	t =	60 Sec Result: POSITIVE			
Note												
Measurement of no-load loss and current												
Winding supply :		Secondary		Measured at		400,0 V		Frequency		50 Hz		
Voltage K =		1		Current K		1		K W =		1		
VMuv	VMuw	VMvw	VMm	Iu	Iv	Iw	Averag	W tot		Note		
400,91	400,30	400,44	400,55	2,14	1,88	2,36	2,13	889,45				
IO = 0,29 %				PO = 889,45 W								
Winding resistance measurement, Voltamperometric method t. amb. : 29 °C												
Primary winding			20.000 V		Secondary winding			400 V		Note		
Terminals	Volt	Amp.	Ohm	Terminals	mVolt	Amp.	mOhm					
1U1V	11,0149	1,2313	8,9454	2U2V	28,3030	14,9646	1,8913					
1U1W	11,0188	1,2265	8,9840	2U2W	28,1597	14,9648	1,8817					
1V1W	11,0194	1,2257	8,9903	2V2W	28,0585	14,9649	1,8750					
Average resistance (29,0 °C)			8,9732 Ohm	Average resistance (29,0 °C)			1,8827 mOhm					
Average resistance												
Measurement of short circuit impedance and load loss												
Winding supply :		Primary		A Current		14,43 A		Frequency		50 Hz		
Voltage K =		1		Current K		1		K W =		1		
Vuv	Vuw	Vvw	Vm	Iu	Iv	Iw	Averag	W tot		Note		
1,203	1,193	1,198	1,198	13,94	13,81	13,73	13,83	4,293,57				
Determination of short circuit impedance and load loss												
Ratio	20.000 /		400 V		Primary winding		Aluminium		Secondary winding		Aluminium	
Ambient temperature	29,0 °C		Reference temperature		120 °C		K Temp		1,36 /		1,36	
Vcc at rated current	1,251,52 V		Rln % = Rip % * KTemp		1,27 %		Ohmic losses primary windings		3,808,8 W			
Zlp % = (VCC/VNcc)*100 =	6,26 %		Xln % = Xlp %		6,19 %		Ohmic losses secondary		1,997,8 W			
Rip % (WCup/PN)*100 =	0,94 %		Zin % = ((Xln%) <sup>2</sup> + (Rln%) <sup>2</sup> ) =		6,32 %		Additional losses		297,5 W			
Xip % = ((Zlp%) <sup>2</sup> - (Rip%) <sup>2</sup> ) %	6,19 %		Load losses		6104,0 W							
Pcc at rated current	4679,0 W											
Efficiency			Voltage drop (%)			Partial discharge						
load	Cos φ =0,8	Cos φ =1	Cos φ =0,8	Cos φ =1	Phase	U	V	W				
100 %	98,282 %	98,621 %	4,780 %	1,410 %	Pre-stressing voltage V	720,0	720,0	720,0				
75 %	98,579 %	98,860 %	3,570 %	1,023 %	Test voltage V	520,0	520,0	520,0				
50 %	98,807 %	99,043 %	2,369 %	0,658 %	Partial discharge pC	< 10	< 10	< 10				
Tests carried out according to IEC 60726 and IEC 60076 Standards												
Instrument used Norma D5255 and Norma 4000												
The transformer is delivered with the following ratio					20.000 / 400 V							
Customer					Manufacturer							
												
					Date 31/05/0218							