



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PIENJÄNNITELAITTEISTON MITOITUS JA CADMATIC ELECTRICAL -OHJELMAN OMINAISUUDET

Opinnäytetyö

TEKIJÄ:

Tuomo Roponen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Tuomo Roponen	
Työn nimi Pienjännitelaitteiston mitoitus ja CADMATIC Electrical -ohjelman ominaisuudet	
Päiväys 23.4.2021	Sivumäärä/Liitteet 65/19
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani LT-Suunnittelu Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aihe tuli esimiesteni aihe-ehdotuksesta selvittää CADMATIC Electrical -ohjelman toimintoja, joita yritys ei ole vielä käyttänyt. Tämän lisäksi toimeksiantaja halusi tietää enemmän Febdok-pienjänniteverkon laskentaohjelmasta ja sillä mallintamisesta, koska sen käyttämisessä oli hankaluuksia.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää LT-Suunnittelun käyttämän CADMATIC Electrical -sähkösuunnitteluohjelman toimintoja, joilla voitaisiin helpottaa ja parantaa yrityksen suunnitteluprosessia. Opinnäytetyössä oli tarkoitus myös perehtyä Febdok pienjänniteverkon laskentaohjelmaan ja selvittää sen käyttämistä yritykselle sekä kertoa ohjelman perustoimintojen käytöstä.</p> <p>Ensimmäiseksi perehdyttiin CADMATIC Electrical -ohjelman toimintoihin ja selvitettiin sähkötekniisten laskelmien tekeminen, josta tehtiin esimerkkilaskelma toimeksiantajalta saatuun projektiin. Toiseksi perehdyttiin Febdok-pienjänniteverkon laskentaohjelmaan ja sen ominaisuuksiin. Tässä osassa mallinnettiin myös CADMATIC-ohjelman sähkötekniisissä laskelmissa käytetty pienjänniteverkko, jotta pystyttiin vertaamaan ohjelmien laskelmien tuloksia lopuksi keskenään.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena luotiin kaksiosainen opas CADMATIC Electrical -ohjelman sähkötekniisten laskelmien tekemisestä ja Febdok-ohjelman käyttämisestä. Tämän lisäksi opinnäytetyössä luotiin erillinen dokumentti CADMATIC Electrical -ohjelman muista ominaisuuksista, jotka eivät olleet toimeksiantajalle entuudestaan tuttuja ja joista olisi heille eniten hyötyä. Näihin ominaisuuksiin kuului tietokantojen käyttäminen, DB-työkalu, DIALux-linkki sekä CAD- ja DB-luettelot.</p>	
Avainsanat CADMATIC, FEBDOK,	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Tuomo Roponen	
Title of Thesis Dimensioning of Low Voltage Equipment and Features of CADMATIC Electrical Program	
Date 23 April 2021	Pages/Appendices 65/19
Client Organisation /Partners LT-Suunnittelu Oy	
<p>Abstract</p> <p>The topic of the thesis came from the topic proposal of my supervisors to find out the functions of the CADMATIC Electrical program that the company has not yet used. In addition to this, the client wanted to know more about Febdok low-voltage network calculation program and its modeling due to the difficulties in using it.</p> <p>The purpose of the thesis was to find out the functions of the CADMATIC Electrical design program used by LT-Suunnittelu, which could facilitate and improve the company's design process. The purpose of the thesis was also to get acquainted with the Febdok low voltage network calculation program and clarify its use for the company, as well as to tell about the use of the basic functions of the program.</p> <p>First, the functions of the CADMATIC Electrical program were studied and the electrotechnical calculations of the program were investigated, from which an example calculation was made for the project received from the client. Secondly, the calculation program of the Febdok low-voltage network and its features were examined. In this section, the low-voltage network used in the electrotechnical calculations of the CADMATIC program was also modeled to be able to finally compare the results of the program calculations with each other.</p> <p>As a result of the thesis, a two-part guide on how to make electrotechnical calculations in the CADMATIC Electrical program and how to use the Febdok program was created. In addition, a separate document was created in the thesis about other features of the CADMATIC Electrical program that were not already yet familiar to the client and that would be most useful. These features included access to databases, a DB tool, a DIALux link, and CAD and DB lists.</p>	
Keywords CADMATIC, Febdok	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	SÄHKÖLAITTEISTON SUOJAUS.....	8
2.1	Jakelujärjestelmät.....	9
2.1.1	TN-järjestelmät.....	9
2.1.2	TT-järjestelmä	11
2.1.3	IT-järjestelmä	11
2.2	Jännitteenalenema.....	12
2.3	Ylikuormitussuojaus	13
2.3.1	Rinnankytkettyjen johtimien ylikuormitustasuojaus.....	14
2.3.2	Ylikuormitustasuojan pois jättäminen	14
2.4	Oikosulkusuojaus	15
2.4.1	Rinnankytkettyjen johtimien oikosulkusuojaus.....	16
2.4.2	Oikosulkusuojan pois jättäminen	16
2.5	Vikasuojaus	17
2.6	Syötön automaattinen poiskytkentä	17
2.7	Selektiivisyys	18
3	CADMATIC.....	19
3.1	Sähkötekniset laskelmat CADMATIC Electrical -ohjelmalla.....	19
3.1.1	Sähkötekniset laskelmat esimerkki	24
4	FEBDOK-LASKENTAOHJELMA	28
4.1	Pienjännitelaitteiston simulointi Febdok-ohjelmalla	29
4.2	Aloitussivu	29
4.3	Laitteiston aloitus.....	30
4.4	Teholähde ja ensimmäinen pienjännitejakokeskus.....	32
4.4.1	Pienjänniteliittymä.....	35
4.4.2	Muuntaja	36
4.5	Päänäkymä.....	39
4.6	Jakokeskuksen lisäys.....	41
4.6.1	Suunnittelu ja suojaus	42
4.7	Kaapelin ja asennusolosuhteiden määrittely	44
4.7.1	Kaapelin valinta.....	45

4.7.2	Kaapelin jännitteenalenema	46
4.8	Suojalaitteen valinta ja tarkastelu	47
4.8.1	Suojalaitetyypit	47
4.8.2	Suojalaitteen valinta	47
4.8.3	Suojausvaatimusten toteutuminen ja suojauksen tarkastaminen	49
4.8.4	Suojalaitteen asettelu	52
4.8.5	Selektiivisyys	53
4.9	Kuormien mallintaminen	55
4.10	Valmis piiri.....	58
4.11	Dokumentointi	58
5	SÄHKÖTEKNISTEN LASKELMIEN TULOKSIEN VERTAILU	60
6	YHTEENVETO.....	62
6.1	CADMATIc Electrical -ohjelman ominaisuudet	62
6.2	Febdok.....	63
6.3	Pohdinta.....	63
	LÄHTEET	65
	LIITE 1: FEBDOK DOKUMENTAATIO	66

KUVALUETTELO

Kuva 1.	TN-S-järjestelmä (TAMK, TN-järjestelmä)	10
Kuva 2.	TN-C-järjestelmä (TAMK, TN-järjestelmä)	10
Kuva 3.	TN-C-S-järjestelmä (TAMK, TN-järjestelmä)	10
Kuva 4.	TT-järjestelmä (TAMK, IT- ja TT-järjestelmät)	11
Kuva 5.	IT-järjestelmä (TAMK, IT- ja TT-järjestelmät)	11
Kuva 6.	Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrät (UTU Oy)	18
Kuva 7.	Johdotus valikko	21
Kuva 8.	Tuloksien havainnollistaminen.....	23
Kuva 9.	Keskusten ja ryhmien hallinta	24
Kuva 10.	Nousukeskuksen syöttö	25
Kuva 11.	JK-0 0.01 jakokeskuksen syötön määrittäminen	26
Kuva 12.	Keskusten syötöt määritetty.....	26
Kuva 13.	Pääkeskuksen kiinteä oikosulkuvirta	27

Kuva 14. Sähköteknisten laskemien tulokset	27
Kuva 15. Febdokin aloitussivu	30
Kuva 16. Laitteiston tyyppi.....	31
Kuva 17. Laitteiston osoitteet.....	31
Kuva 18. Teholähteen valinta	32
Kuva 19. Ensimmäinen pienjännitekeskus	33
Kuva 20. Kuormitustiedot	34
Kuva 21. Edeltävä verkko, pienjänniteliittymä	35
Kuva 22. Jakelukaavio, pienjänniteliittymä	36
Kuva 23. Edeltävä verkko, muuntaja	37
Kuva 24. Jakelukaavio, muuntaja	38
Kuva 25. Muuntajan tiedot.....	39
Kuva 26. Päänäkymä	40
Kuva 27. Mallinnustyökalut	40
Kuva 28. Pääkeskuksen määrittely	41
Kuva 29. Suunnittelu & suojaus	42
Kuva 30. Kaapelin määrittely.....	44
Kuva 31. Kaapelivalikko	46
Kuva 32. Jännitteenalenema	46
Kuva 33. Suojalaite valikko (syötön alkupään sulakkeet).....	48
Kuva 34. Suojalaitteen oikosulkuvirrat	50
Kuva 35. Vikamallinnus.....	51
Kuva 36. Varmennuslaskennan tulokset.....	52
Kuva 37. Suojalaitteen asettelu	53
Kuva 38. Selektiivisyyskäyrä, syöttö	54
Kuva 39. Selektiivisyyskäyrä, Mallinnettavan verkon pisin ryhmä	55
Kuva 40. Mallinnetut kuormat	56
Kuva 41. Keskuksen tiedot.....	57
Kuva 42. Pikatyökalu	57
Kuva 43. Valmis piiri.....	58
Kuva 44. Dokumenttien valintaikkuna	59

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on LT-Suunnittelu Oy, joka on perustettu vuonna 1977. LT-Suunnittelu Oy on iisalmelainen sähkösuunnittelutoimisto. Yrityksen palveluihin kuuluu sähkösuunnittelun lisäksi sähkötöiden valvonta, sähköjärjestelmien kuntoarviointi sekä KNX- ja Dali-laitteiden ohjelmointi ja käyttöönotto.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä LT-Suunnittelu Oy:n käyttämään CADMATIC Electrical -sähkösuunnitteluohjelmaan sekä Febdok-pienjänniteverkon mitoitusohjelmaan. CADMATIC-ohjelmasta on tarkoitus selvittää sähkötekniisten laskelmien tekeminen ja tehdä siitä esimerkki toimeksiantajalta saatuun projektiin. FEBDOK-ohjelmasta on tarkoitus selvittää sen perusominaisuuksia sekä mallintaa CADMATIC-ohjelmassa käytetty projekti, jotta voidaan verrata molempien ohjelmien tekemien laskelmien tuloksia keskenään. Toimeksiantaja on ennenkin käyttänyt Febdok-ohjelmaa, mutta sen käyttämisessä on ollut hankaluuksia, kuten ohjelma ei ole antanut valita oikeaa kaapelia. Tämän takia opinnäytetyössä käytiin kaikki mallintamisen vaiheet tarkasti läpi, jotta toimeksiantaja saa hyvän näkemyksen ohjelman käyttämisestä. Opinnäytetyössä on tarkoituksena myös tutustua muihin CADMATIC-ohjelman toimintoihin, jotka eivät ole yritykselle ennestään tuttuja ja joista olisi heille eniten hyötyä.

Työn tavoitteena on tehdä toimeksiantajalle opas molempien ohjelmien sähköteknisistä mitoitus toiminnoista ja selvittää niiden käyttämistä. Tämän lisäksi opinnäytetyössä luodaan erillinen käyttö-opas CADMATIC-ohjelman muista ominaisuuksista, jotka helpottavat ja nopeuttavat yrityksen suunnitteluprosessia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan pienjännitelaitteiston mitoittamiseen liittyvistä asioista, joita on huomioitava mitoitusta tehdessä, kuten jakelujärjestelmät, ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus, jännitteenalenema sekä piirin selektiivisyys. Tämä teoria auttaa lukijaa ymmärtämään ohjelmien tekemiä laskelmia ja niistä saatavia tuloksia.

2 SÄHKÖLAITTEISTON SUOJAUS

Tässä luvussa käsitellään pienjännitelaitteiston mitoitukseen liittyvää teoriaa, jota tarvitaan CADMATIC- ja Febdok-ohjelman sähkötekniisten laskelmien ymmärtämiseen. Tämä luku sisältää olennaisimmat asiat sähköverkon ominaisuuksista ohjelmien mitoituksien kannalta.

Pienjännitesähköasennuksia käsittelevä standardisarja SFS 6000 määrittää säännöt, joiden mukaan Suomessa sähkölaitteisto pitää rakentaa. SFS 6000 -standardisarja uusitaan viiden vuoden välein, jonka uusin painos on vuodelta 2017. (SFS 6000 Pienjännitesähköasennusten standardisarja)

Suomessa sähköasennusten dokumentointiin liittyvät standardit ovat SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346, joiden vaatimuksien mukaan dokumentointi tulee laatia. SFS 600-1-1, kohdan 514.5 mukaan dokumentoinnista tulee erityisesti ilmetä seuraavat tiedot:

- Virtapiirien laji ja rakenne: kulutuspisteiden sijainti, johtimien lukumäärä ja koko, johtolaji ja -tyyppi
- Tiedot, joiden avulla suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja sijainti voidaan tunnistaa.

Näiden lisäksi dokumenttien tulee sisältää suojauksen toimivuuden tarkastamista varten seuraavat yksityiskohtaiset tiedot jokaisesta piiristä, siltä osin kuin ne ovat tarpeen kussakin asennuksessa.

- Johtimien tyypit ja poikkipinta
- Virtapiirien pituudet: tarvitaan jännitteenalenemaa ja suojausta koskevia laskelmia varten
- Suojalaitteiden lajit ja tyypit
- Suojalaitteiden mitoitusvirrat tai asettelut
- Prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt. (SFS ry, 2017)

2.1 Jakelujärjestelmät

Kiinteistöissä käytettävät vaihtosähköjakelujärjestelmät ovat yleensä 230/400 voltia. Nämä vaihtosähköjakelujärjestelmät jaetaan maadoitustavan perusteella TN-, TT- ja IT-järjestelmiin, joista TN-järjestelmä on yleisin. TN-järjestelmä jaetaan vielä suojajohtimen käytön perusteella omiin järjestelmiinsä. (SFS ry, 2017)

Jakelujärjestelmien kirjaintunnukset SFS-käsikirjan 600–1–1 mukaan:

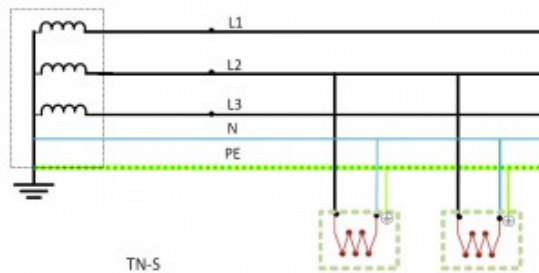
- Ensimmäinen kirjain
 - T: Yksi piste on yhdistetty maahan
 - I: Kaikki jännitteiset osat eritetty maasta tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta
- Toinen kirjain
 - T: Jännitteelle alltiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta
 - N: Jännitteelle alltiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen
- Mahdolliset kirjaimet
 - S: Suojamaadoitusjohdintoiminto on johtimella, joka on erillinen nollajohtimesta tai maadoitetusta äärijohtimesta
 - C: Nolla- ja suojamaadoitustoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen. (SFS ry, 2017)

2.1.1 TN-järjestelmät

TN-järjestelmissä on yksi maadoitettu piste, joka on yleensä tehölähteessä. Tähän pisteeseen on yhdistetty kaikki laitteiston sähkölle alltiit osat suojamaadoitusjohtimilla. TN-järjestelmä jaetaan kolmeen eri tyyppiin nolla- ja suojajohtimen järjestyksen perusteella. (SFS ry, 2017)

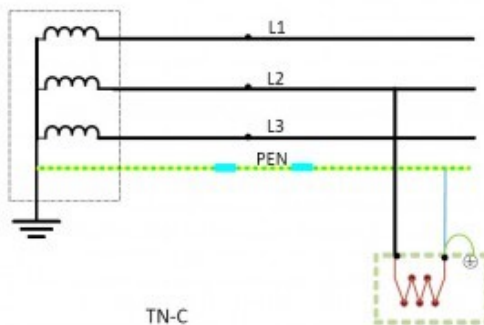
SFS 6000 standardisarjassa määrätään, että uudisrakennuksiin sekä peruskorjattaviin rakennuksiin, joihin tulee merkittäviä tietotekniikan laitteistoja, on tehtävä TN-S-järjestelmä liittymiskohdasta (pääkeskus) eteenpäin. Tämä vaatimus perustuu TN-S-järjestelmän parempaan turvallisuuteen ja häiriösuojaukseen TN-C-järjestelmään verrattuna. (SFS ry, 2017)

TN-S-järjestelmässä on erillinen suojamaadoitusjohdin (PE) koko järjestelmässä.



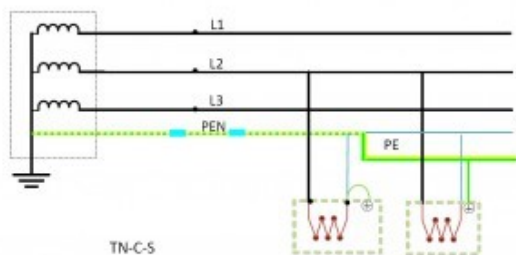
Kuva 1. TN-S-järjestelmä (TAMK, TN-järjestelmä)

TN-C-järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin (PEN) koko järjestelmässä.



Kuva 2. TN-C-järjestelmä (TAMK, TN-järjestelmä)

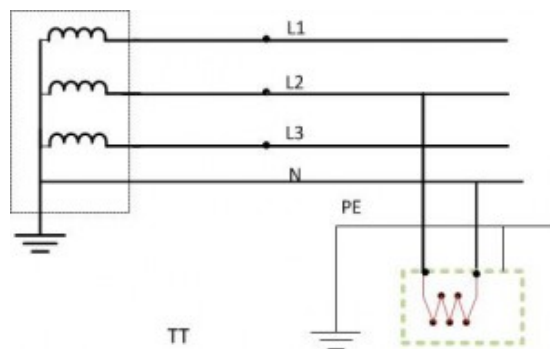
TN-C-S-järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin (PEN) osassa kohtaa järjestelmää.



Kuva 3. TN-C-S-järjestelmä (TAMK, TN-järjestelmä)

2.1.2 TT-järjestelmä

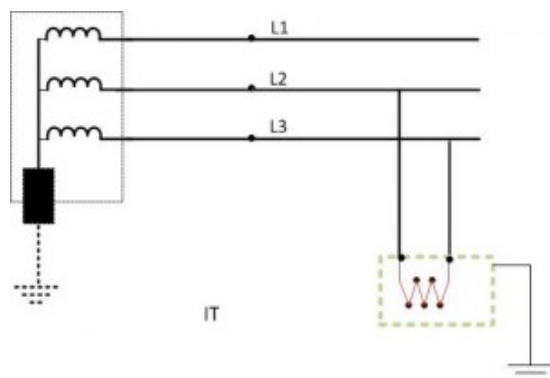
TT-järjestelmässä on vain yksi maadoitettu piste, yleensä teholähde. TT-järjestelmässä sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat ovat maadoitettu omilla erillisillä maadoituselektrodeillaan. TT-järjestelmää ei käytetä juurikaan Suomessa. (SFS ry, 2017)



Kuva 4. TT-järjestelmä (TAMK, IT- ja TT-järjestelmät)

2.1.3 IT-järjestelmä

IT-järjestelmä on maasta erotettu järjestelmä, eli siinä ei virtapiirin osia ole kytketty suoraan maahan. Sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on kytketty joko erillisiin maadoituselektrodeihin tai suojaohjimen välityksellä yhteiseen maadoituselektrodiin. IT-järjestelmissä ei suositella nollajohtimen käyttöä. IT-järjestelmää käytetään kohteissa, joissa halutaan varmistaa katkeamaton sähkönsyöttö, kuten sairaalan leikkaussalissa tai teollisuuden sähkönjakelussa. IT-järjestelmän etuna on se, että sähkönsyöttö ei katkea yksivaiheisen maasulun takia, mutta samalla tämän havaitseminen järjestelmän heikkous. Tämän takia IT-järjestelmissä käytetään maasulunvalvontaa, joka toteutetaan yleensä järjestelmän keskipisteen ja maan välillä olevalla vastuksella sekä sitä hyödyntävän valvontalaitteiston avulla. (D1-2017, s. 66)



Kuva 5. IT-järjestelmä (TAMK, IT- ja TT-järjestelmät)

2.2 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema tarkoittaa siirtoyhteyden syöttö- ja kulutuspään välistä jännite-eroa, eli jännitehäviötä. Jännitteenalenemaa tarkastellaan liittymispisteen ja kuormituspisteen välillä. Jännitehäviö riippuu käytetyn kaapelin pituudesta, impedanssista ja sen kuormitusvirrasta. SFS 6000 standardi suosittelee, että suoraan jakeluverkosta syötetyille sähkölaitteelle jännitteenalenema olisi maksimissaan 5 % ja valaistukselle 3 %. (SFS ry, 2017)

SFS 600-1-1 liitteessä 52G on määritelty jännitteenaleneman laskentakaava 9 ja suhteellisen jännitteenaleneman kaava 9:

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi \right) I_B \quad 1$$

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_n} \quad 2$$

Joissa:

u = Jännitteenalenema voltteina (V)

b = Kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille

ρ_1 = Johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä tai jos arvo ei ole tiedossa, niin kuparilla 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ja alumiinilla 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

L = Johtojärjestelmän pituus metreinä (m)

S = Johtimien poikkipinta (mm^2)

$\cos\varphi$ = Tehokerroin, jos ei ole tarkkaa arvoa, sen oletetaan olevan 0,8

λ = Johtimen reaktanssi johtimen pituusyksikköä kohden, jos ei ole tarkkaa arvoa, reaktanssin oletetaan olevan 0,8 $\text{m}\Omega/\text{m}$

I_B = Suunniteltu virta ampeereina (A)

Δu = Suhteellinen jännitteenalenema

U_n = Nimellisjännite (V)

Jännitteenalenema voidaan laskea myös muilla kaavoilla, kuten D1-2017 käsikirjasta löytyvillä 5.1–5.3 kaavoilla, joilla pystyy laskemaan tasajännitteen sekä yksi- ja kolmivaiheisen vaihtojännitteen jännitteenaleneman.

Tasajännitteellä:

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot r \cdot l \quad 3$$

Yksivaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot l \cdot (r \cos\varphi \pm x \sin\varphi) \quad 4$$

Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cos\varphi + x \sin\varphi) \quad 5$$

Joissa:

ΔU = Jännitteenalenema voltteina (V)

I = Kuormitusvirta ampeereina (A)

l = Johdon pituus metreinä (m)

r = Ominaisresistanssi (Ω/m)

x = Ominaisreaktanssi (Ω/m)

U_n = Nimellisjännite (V)

Φ = Jännitteen ja virran välinen vaihekulma

Δu = Suhteellinen jännitteenalenema. (D1-2017, 2017)

2.3 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitussuojan tarkoitus on suojata virtapiiriä ylikuormitusvirralta, ennen kuin siitä johtuvat termiset tai mekaaniset ilmiöt voivat aiheuttaa vahinkoa. Ylikuormitussuoja on sijoitettava kohtaan, jossa muutos johtimen poikkipinnassa, johdinlajissa tai asennustavassa pienentää johtimen kuormitettavuutta. Yleensä rakennuksien sähköverkossa käytetään suojalaitetta, joka toimii sekä ylikuormitussuojana ja oikosulkusuojana. Tällöin tulee suojalaitteen nimellisvirta valita siten, että se suojaa kaapelia ylikuormitukselta. (SFS ry, 2017)

Ylikuormitussuojan on täytettävä standardin SFS 6000 kohdassa 433 sille määritetyt seuraavat kaksi ehtoa:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad 6$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z \quad 7$$

Joissa:

I_B = Suunniteltu virta

I_n = Ylikuormitussuojan nimellisvirta

I_Z = Johtimen kuormitettavuus

I_2 = Ylikuormitussuojan toimintarajavirta

Ylikuormitussuoja ja kaapeli tulee mitoittaa siten, että piirin suunniteltu virta ei ylitä suojalaitteen nimellisvirtaa ja kaapelin on kestävä ylikuormitusta suojalaitteen toimimiseen vaaditun ajan. (SFS ry, 2017)

2.3.1 Rinnankytkettyjen johtimien ylikuormitustasuojaus

Rinnankytkettyjä johtimia voidaan suojata yhdellä ylikuormitussuojalla, jos niissä ei ole haaroituspiirejä tai erotus- tai kytkinlaitteita. Rinnankytkettyjen johtimien kuormitettavuus ja suojaus on käsiteltävä erikseen, jos yhden johtimen käyttö vaihetta kohti on epäkäytännöllistä tai rinnankytkettyjen johtimien virrat poikkeavat toisistaan yli 10 %. (SFS ry, 2017)

2.3.2 Ylikuormitustasuojan pois jättäminen

SFS 6000 standardin kohdassa 433.3.1 kerrotaan, että ylikuormitussuojaa ei vaadita seuraavissa sovelluksissa:

- Johdossa, joka on johtimen poikkipinnan, johdinlajin, asennustavan tai muun rakenteen muutoskohdan kuormituspuolella, jos syöttöpuolen suojalaite suojaa ylikuormitukselta

- Johdossa, joka ei ole haaroitettu eikä siinä ole pistorasioita, ei todennäköisesti ylikuormitu sekä on oikosulkusuojattu
- Liittymisjohdossa, joka täyttää SFS 6000 kohdan 801 mukaiset vaatimukset
- Tietoliikenne, ohjaus, merkinanto tai vastaava asennus
- Jakeluverkoista, jotka koostuvat maakaapeleista tai ilmajohdoista, joiden ylikuormitus ei aiheuta vaaraa.

2.4 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojan tarkoitus on suojata virtapiiriä oikosulun sattuessa, eli suojalaitteen on kyettävä katkaisemaan piirissä esiintyvä oikosulkuvirta, ennen kuin sen suojaamat piirit vaurioituvat. Oikosulku tapahtuu, kun kahden tai useamman jännitteisen virtapiirin osat kytkeytyvät yhteen. (SFS ry, 2017)

Oikosulun poiskytkentäajan laskemiselle on määritetty standardin SFS 6000 kohdassa 434.5.2 seuraava kaava:

$$t = \left(k \frac{S}{I}\right)^2 \quad 8$$

Missä:

t = Oikosulun sallittu kesto aika (s)

S = Johtimen poikkipinta-ala (mm²)

I = Oikosulkuvirta tehollisarvona (A)

k = Kerroin, joka ottaa huomioon johdinmateriaalin resistiivisyyden, lämpötilakertoimen, lämmönvarauskyvyn sekä sopivat alku- ja loppulämpötilat. Kertoimen k arvot löytyvät SFS 6000 kohdan 434.5.2 taulukosta 43.1.

Edellä esitetty kaava pätee oikosulkujen laskemiseen, jotka kestävät korkeintaan 5 sekuntia. Tätä kaavaa ei suositella pitempi aikaisten oikosulkujen laskemiseen, koska johdin alkaa luovuttaa lämpöä ympäristöönsä, eikä sitä ole kaavassa huomioitu. (SFS ry, 2017)

2.4.1 Rinnankytkettyjen johtimien oikosulkusuojaus

Rinnankytkettyjen johtimien suojauksessa on otettava huomioon se, että oikosulkuvirta jakautuu johtimien välille sekä oikosulkukohtaan voi tulla virtaa johtimen molemmista päistä. Rinnankytkettyjen johtimien oikosulkusuojaus voidaan toteuttaa yhdellä suojalaitteella, jos suojalaite toimii silloinkin, kun vika tapahtuu johtimien heikoimmassa kohdassa. (SFS ry, 2017)

SFS 6000 standardin kohdassa 434.4 on määritetty kolme menettelyä, joista suojauksen on noudatettava ainakin yhtä, kun yhden suojalaitteen käyttäminen ei ole tehokasta.

- Johto asennetaan siten, että minimoidaan rinnankytkettyjen johtimien oikosulunvaara esimerkiksi mekaanisella suojalla sekä johtimet asennetaan siten, että minimoidaan henkilö- ja paloriskit
- Kahden rinnankytketyn johtimen oikosulkusuojat asennetaan kunkin johtimen alkuun
- Kolmen tai useamman rinnankytketyn johtimen oikosulkusuojat asennetaan kunkin johtimen alku- ja loppupäähän.

2.4.2 Oikosulkusuojan pois jättäminen

Oikosulkusuojan voi jättää pois, jos johto ei sijaitse palavien materiaalien lähellä sekä se asennetaan niin, että oikosulun vaara on mahdollisimman pieni. (SFS ry, 2017)

SFS 6000 standardin kohdassa 434.2.3 määritetään, että oikosulkusuojaa ei vaadita seuraavissa sovelluksissa:

- Johtimet, jotka liittävät generaattoreita, muuntajia, tasasuuntaajia tai akkuja suojalaitteet sisältäviin keskuksiin.
- Virtapiiri, jonka katkeaminen aiheuttaisi vaaraa asennuksen toiminnalle.
- Tietyt mittauspiirit.

2.5 Vikasuojaus

Vikasuojauksen tarkoitus on suojata ihmistä tai eläintä vian aiheuttamalta kosketusjännitteeltä. Vikasuojauksessa tarkastellaan vaihe- ja suojajohtimen välistä vikaa. Vikasuojan toiminta edellyttää riittävän suurta oikosulkuvirtaa suojattavan johdon loppupäässä. Vikasuojaus on yleensä toteutettu ylivirtasuojalla, mutta se voidaan toteuttaa myös vikavirtasuojalla, jos oikosulkuvirta ei ole riittävä ylivirtasuojan toimimiselle. Vian tulee kytkeytyä pois 0,4 sekunnissa, kun suojalaitteen nimellisvirta on enintään 32 A, kun syötetään yhtä tai useampaa pistorasiaa ja 63 A, kun syötetään vain kiinteästi asennettuja sähkölaitteita. Pääjohdoilla ja yli 63 A tai 32 A ylivirtasuojatuilla johdoilla poiskytkentä-aika saa olla maksimissaan 5 sekuntia TN-järjestelmässä ja 1 sekunti TT-järjestelmässä. (SFS ry, 2017)

2.6 Syötön automaattinen poiskytkentä

Jotta syötön automaattinen poiskytkentä toimisi riittävän nopeasti, täytyy kaapelin loppupäässä olla tarpeeksi suuri yksivaiheinen oikosulkuvirta. Oikosulkuvirran suuruus riippuu vikavirtapiirin impedanssista, johon vaikuttaa kaapelin pituus, johtimien poikkipinta sekä edeltävän verkon impedanssi. Automaattisen poiskytkennän toteutumiseen voidaan vaikuttaa vaihtamalla kaapelin poikkipintaa, suojalaitetta, käyttämällä vikavirtasuojaa tai lisäämällä lisäpotentiaalintasaus. (SFS ry, 2017)

Kaapelin päässä oleva yksivaiheinen oikosulkuvirta voidaan laskea D1-2017 käsikirjan 4.6 kaavalla, jolla saadun tuloksen virhe on maksimissaan 10 %.

$$I_k = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

9

Jossa:

I_k = Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

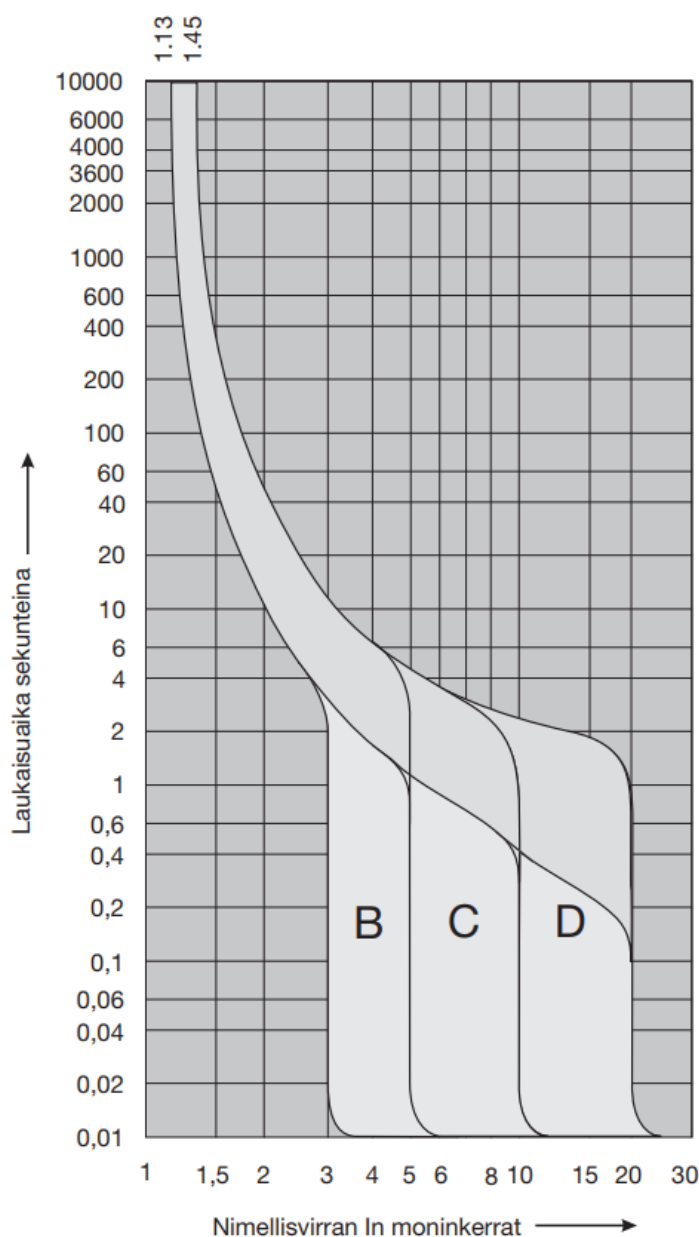
c = Kerroin 0,95, ottaa jännitteenaleneman huomioon

U = Pääjännite (V)

Z = Virtapiirin kokonaisimpedanssi

2.7 Selektiivisyys

Selektiivisyys tarkoittaa sitä, että vikatilanteessa vain vikapaikan lähin suojalaite toimii vikavirran seurauksena, eli suojalaite toimii vain omalla suojausalueellansa sattuvilla ylikuormitus- ja oikosulkuvirroilla. Esimerkiksi ryhmäjohtoa suojaavan johdonsuojakatkaisijan on toimittava ennen jakokeskuk- sen etusulakkeita. Tähän kuuluisi pyrkiä suunnittelussa, jotta vika saataisi rajattua mahdollisimman pienelle alueelle, jolloin välttyttäisiin turhilta sähkökatkoilta. Tämä ei ole kuitenkaan aina tarpeen, koska se voi johtaa kohtuuttomiin ylimitoituksiin. Piirin selektiivisyys voidaan tarkistaa vertaamalla suojalaitteiden laukaisukäyriä toisiinsa. (D1-2017, 2017)



Kuva 6. Johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrät (UTU Oy)

3 CADMATIC

Tässä luvussa kerrotaan hieman CADMATIC Electrical -ohjelmasta ja perehdytään sillä tehtyihin sähkötekniisiin laskelmiin. Tässä luvussa kerrotaan tarkasti, miten CADMATIC-ohjelmalla tehdään sähkötekniiset laskelmat ja mitä suunnittelijan on otettava huomioon niitä tehtäessä. Tämän lisäksi tehdään esimerkki sähkötekniisistä laskelmista toimeksiantajalta saatuun projektiin.

CADMATIC Oy on suomalainen ohjelmistoyhtiö, joka on osa Elomatic-konsernia. CADMATIC-liiketoiminta on jaettu kolmeen osaan: meri-, prosessi- ja rakennusteollisuuteen. CADMATIC Electrical on rakennusteollisuuden ohjelmista, jota käytetään sähkö- ja automaatio suunnitteluun ja dokumentointiin. CADMATIC Electrical on monipuolinen suunnitteluohjelma, jolla on mahdollista luoda sähkö- ja automaatio suunnitelmat ja dokumentoinnit tietomallipohjaisesta (BIM) suunnittelusta projektin lopputokumentointiin. (CADMATIC Oy)

3.1 Sähkötekniiset laskelmat CADMATIC Electrical -ohjelmalla

CADMATIC Electrical -ohjelman yhtenä ominaisuutena on sähkötekniisten laskelmien tekeminen, josta suunnittelija voi tarkastaa suunnitelmansa toimivuutta jo projektin suunnitteluvaiheessa. CADMATIC Electrical -ohjelman sähkötekniiset laskelmat kertovat suunnittelijalle ryhmän kaapelin pituuden (m) ja maksimipituuden (m), tehon (kW), minimioikosulkuvirran (A) sekä jännitteenaleneman (%). Electrical suorittaa laskelmat automaattisesti tiettyjen toimintojen yhteydessä, kun suunnittelija on syöttänyt tarvittavat lähtötiedot, piirtänyt johdotukset sekä määrittänyt niille kaapelitiedot. Sähkötekniisiä laskelmia käytetään ryhmien kaapeleiden pituuksien sekä suojalaitteiden toimivuuden tarkastamiseen. (CADMATIC Oy)

Toimiakseen laskelmat tarvitsevat keskuksen/keskukset, ryhmän ja johdotuksen. Mikäli projektissa on enemmän kuin yksi kerros, pitää kerrosasetukset olla määritetty oikein, koska pystysuuntaiset johdotukset lasketaan kerrosasetusten kautta. (CADMATIC Oy)

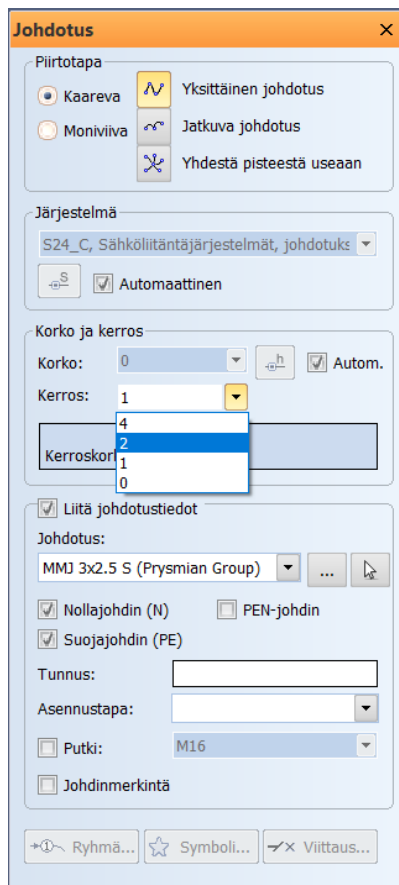
Keskus on sähkötekniisten laskelmien lähtöpiste. Keskukselle voidaan kertoa syöttääkö sitä jokin toinen keskus ryhmän välityksellä tai sille voidaan määrittää kiinteä oikosulkuvirran arvo, eli minimioikosulkuvirta. Oikosulkuvirran arvo voi olla saatu sähkölaitokselta tai pienjänniteverkon laskentaohjelmasta. (CADMATIC Oy)

Ryhmä on keskuksen ja johdotuksen välinen linkki, jolla kerrotaan myös millaisella kaapelilla keskusta tai pohjakuvassa olevaa ryhmää syötetään. Ryhmämerkki suositellaan sijoitettavaksi pohjakuvaan, koska silloin ohjelma laskee syötön pituuden automaattisesti keskukselta ryhmämerkille suorinta reittiä pitkin. Jos ryhmämerkkiä ei ole sijoitettu pohjakuvaan, pitää syötön pituus määrittää manuaalisesti kiinteänä arvona. (CADMATIC Oy)

Pohjakuvaan piirretty johdotus jatkaa johdotusreittiä ryhmämerkiltä eteenpäin sähkölaitteelle. Johdotukselle pitää määrittää johdotuksen tyyppi, koska sen perusteella laskelmille saadaan tieto poikkipinnasta ja materiaalista. Ohjelma laskee automaattisesti johdotuksen pituuden piirretystä johdotuksesta. Huonona puolena CADMATIC-ohjelmassa on se, että ohjelma ei huomioi johdotuksen asennustapaa ja siitä johtuvaa kuormitettavuutta laskelmissansa. (CADMATIC Oy)

Ohjelma hakee jokaisen ryhmän kaukaisimman pisteen automaattisesti ja laskee sen johdotuksen pituuden, joka on oleellista tietää minimoioikosulkuvirran kannalta. Tämä edellyttää, että kuvan johdotukset on piirretty oikein. (CADMATIC Oy)

Johdotuksen pituudeksi lasketaan suurin reitti keskukselta ryhmämerkille, johon lisätään reitti johdotusta pitkin kauimpaan pisteeseen. Tähän ohjelma ottaa huomioon mahdolliset pystysiirtymät. Ohjelma laskee pystysiirtymät johdotuksen, keskuksen ja symbolien korko erojen mukaan. Kuvien välisten pystysiirtymien huomiointi laskelmissa edellyttää sitä, että kerrosasetukset on määritetty ja kerrosten välinen kaapelointi on piirretty oikein. Kerrosten välinen kaapelointi piirretään siten, että kerrosta vaihdetaan johdotusvalikossa (Kuva 7) kesken johdotuksen, jolloin ohjelma tekee johdotusviittaukset ja avaa kyseisen kerroksen kuvan automaattisesti, jossa johdotusta voidaan jatkaa normaalisti. (CADMATIC Oy)



Kuva 7. Johdotus valikko

Kaikissa kaavoissa ohjelma käyttää $\cos\phi$ arvona 1. CADMATIC käyttää Thevenin menetelmän kaavaa 10 minimioikosulkuvirran laskemisessa, jossa johtimien impedanssit lasketaan poikkipinnan ja materiaalin ominaisvastuksen kautta. Oikosulkuvirtaa laskettaessa, ohjelma korjaa johtimien vastuksia lämpötilakertoimella, jotta ne vastaisivat oikosulkutilanteen lämpötilaa. Lämpötilakertoimena käytetään +80 asteen lämpötilaa. (CADMATIC Oy)

$$I_k = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

10

Jossa:

c = Jännitteen korjauskerroin

U_n = Pääjännite

Z = Impedanssi vikapaikasta katsottuna

Kaavalla 11 lasketaan johdotuksen maksimipituus, jolla suojauksen laukaisuehto täyttyy.

$$l_{max} = \frac{\left(\frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k} - Z \right)}{Z_k} \quad 11$$

Jossa:

c = Jännitteen korjauskerroin

U_n = Pääjännite

Z = Impedanssi vikapaikasta katsottuna

I_k = Pienin vaadittu oikosulkuvirta

Z_k = Kaapelin impedanssi / m

Ryhmän jännitteenalenema lasketaan joko yksi- tai kolmivaiheisena jännitteenalenema, joka riippuu käytettävän kaapelin vaihejohtimien lukumäärästä. Yksivaiheinen jännitteenalenema lasketaan kaavalla 12 ja kolmivaiheinen jännitteenalenema kaavalla 13. (CADMATIC Oy)

$$dU\%_{1v} = \frac{Z_k \cdot l \cdot 2 \cdot \frac{P}{U_n/\sqrt{3}}}{U_n/\sqrt{3}} \cdot 100 \quad 12$$

$$dU\%_{3v} = \frac{Z_k \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{P}{U_n/\sqrt{3}}}{U_n} \cdot 100 \quad 13$$

Joissa:

Z_k = Kaapelin impedanssi / m

l = Johdotuksen pituus

P = Teho

U_n = Pääjännite

Vaadittava oikosulkuvirran arvo voidaan selvittää taulukosta tai laskemalla kaavalla, joka riippuu suojalaitteen tyypistä. Tällä hetkellä CADMATIC-ohjelman tukemia suojalaitetyyppejä ja niiden käytämiä arvoja ovat B-, C-, D-, K- ja Z/A-tyypin johdonsuojakatkaisijat, sekä gG-tyypin sulakkeet. (CADMATIC Oy)

Ohjelma hakee gG-tyypin sulakkeiden vaaditut oikosulkuvirran arvot laskentaoletukset taulukosta sulakkeen nimellisvirran ja vaaditun poiskytkentäajan kautta. Ohjelma laskee johdonsuojakatkaisijoiden vaaditut oikosulkuvirran arvot seuraavilla kaavoilla:

$$B = 5 * I_n$$

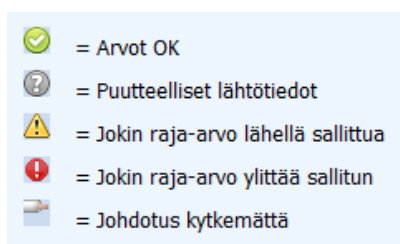
$$C = 10 * I_n$$

$$D = 20 * I_n$$

$$K = 12 * I_n$$

$$Z/A = 5 * I_n$$

Laskennan tulokset näkyvät keskusten ja ryhmien hallinnassa. Tulokset kirjautuvat myös automaattisesti keskuskaavioon, jos keskuskaaviopohjassa on näille tiedoille paikka. Tuloksia havainnollistetaan käyttäjälle Kuva 8 merkeillä. (CADMATIC Oy)



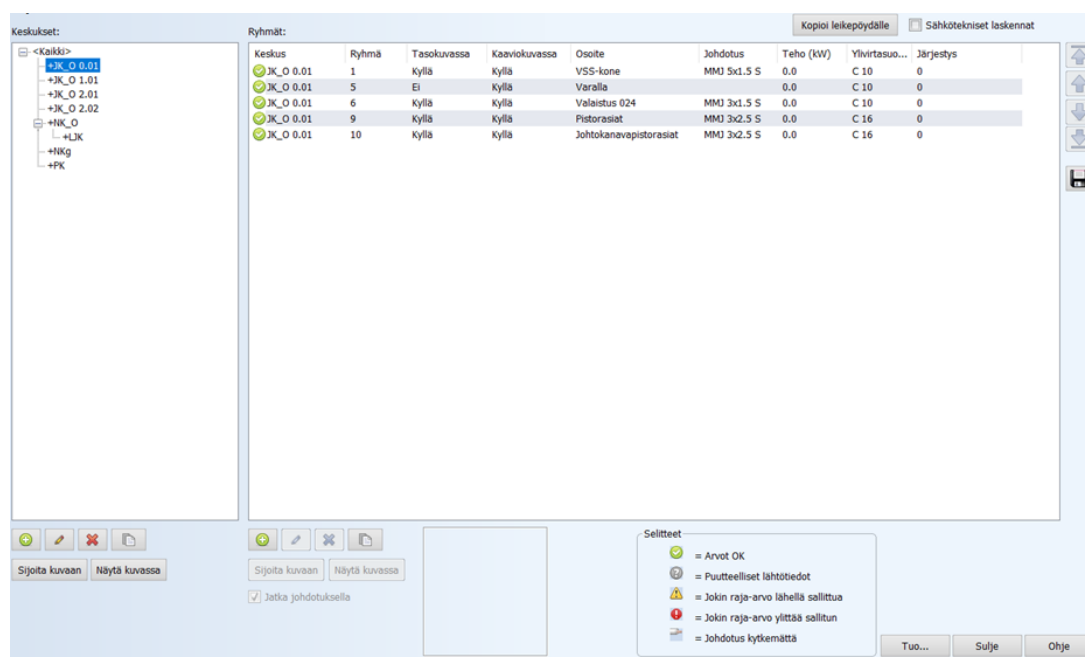
Kuva 8. Tuloksien havainnollistaminen

- Sähkötekniisten laskelmien tulokset ovat OK, kun oikosulkuvirran arvo on yli 20 % suurempi kuin vaadittu ja jännitteenalenema on alle 2 %.
- Harmaa kysymysmerkki tarkoittaa, että jokin ryhmän lähtötieto puuttuu, kuten kaapeli-tyyppi, jonka takia CADMATIC ei pysty laskemaan ryhmän arvoja.
- Keltainen huutomerkki tarkoittaa sitä, että joko oikosulkuvirran arvo on alle 20 % suurempi kuin vaadittu arvo tai jännitteen alenema on 2–5 %.
- Punainen huutomerkki tarkoittaa, että oikosulkuvirran arvo on pienempi kuin sallittu arvo tai jännitteenalenema on yli 5 %.
- Johtomerkki tarkoittaa, että jokin ryhmän johdoista on kytkemättä. (CADMATIC Oy)

3.1.1 Sähkötekniiset laskelmat esimerkki

Esimerkki on tehty toimeksiantajalta saatuun valmiiseen projektiin, jossa ei ole tehty sähkötekniisiä laskelmia. Sähkötekniisten laskelmien tekemisessä helpotti se, että projekti oli valmis, eikä siihen tarvinnut piirtää keskuksia ja johdotuksia. Projektin pääkeskus PK on eri rakennuksessa, kuin projektin muut keskuksia, joka syöttää O-rakennuksen nousukeskusta NK-O, joka syöttää jakokeskuksia JK-O 0.01, JK-O 1.01, JK-O 2.01 ja JK-O 2.02. Sähkötekniisiä laskelmia varten projektiin piti lisätä nousukeskusta syöttävä ryhmä pääkeskukseen, määrittää nousukeskuksen ja jakokeskusten syötöt sekä pääkeskuksen kiinteä oikosulkuvirta.

Ensiksi avattiin keskusten ja ryhmien hallinta (Kuva 9), joka on jaettu kahteen osaan, vasemmalla puolella olevaan keskuksia ja oikealla puolella olevaan ryhmiä. Keskuksia kohdassa näkyvät projektiin olevat keskuksia, kun taas ryhmät kohdassa näkyvät projektiin olevat ryhmät.



Kuva 9. Keskusten ja ryhmien hallinta

Ensimmäiseksi määritettiin projektista puuttuva nousukeskuksen syöttö, jota varten pääkeskukseen piti lisätä uusi ryhmä. Uusi ryhmä saatiin lisättyä klikkaamalla pääkeskus aktiiviseksi, jonka jälkeen painettiin ryhmät kohdan alapuolella olevaa vihreää uusi ryhmä -painiketta (Kuva 9). Tämän jälkeen ohjelma avasi ryhmät välilehden (Kuva 10), johon syötettiin nousukeskuksen syötön tiedot. Sähkötekniisten laskelmien kannalta tärkeimpiä tietoja ovat ylivirtasuojat, sähkötekniiset tiedot, johdotustiedot sekä syötön pituus.

Ryhmä

Symbolit

2D-symboli:

STPRYH101PV

Valitse...

Kuvasta...

Keskuskaaviosymboli:

SKKP049

Valitse...

Kuvasta...

Tyhjennä

Ryhmän tiedot

Keskustunnus: PK Nro: 1

Näkyvässä Teksti 0°

Osoite: NK-0

Tunnus:

Huomautus:

Ylivirtasuojaja

Tyyppi: Sulake gG

Nimellisvirta: 250 / 400

Poiskytkentäaika: 5 s

Sähkötekniset tiedot

Teho: Lue kuvasta: kW

Kiinteä arvo: kW

Oikosulkuvirta: 4009.9 A

Jännitealenema: 0.66 %

Johdotustiedot

Johdotustieto Arvo

Kaapelitunnus: #_W216

Kaapelityyppi: AMCMK 4x240/72

Pituus: 85.0

Kaapelityyppi näkyvässä

Korko: 0 m

Järjestelmä: S222_C, Pääjakelujärjestelmä, johdot

Syötön pituus

Lue kuvasta: m

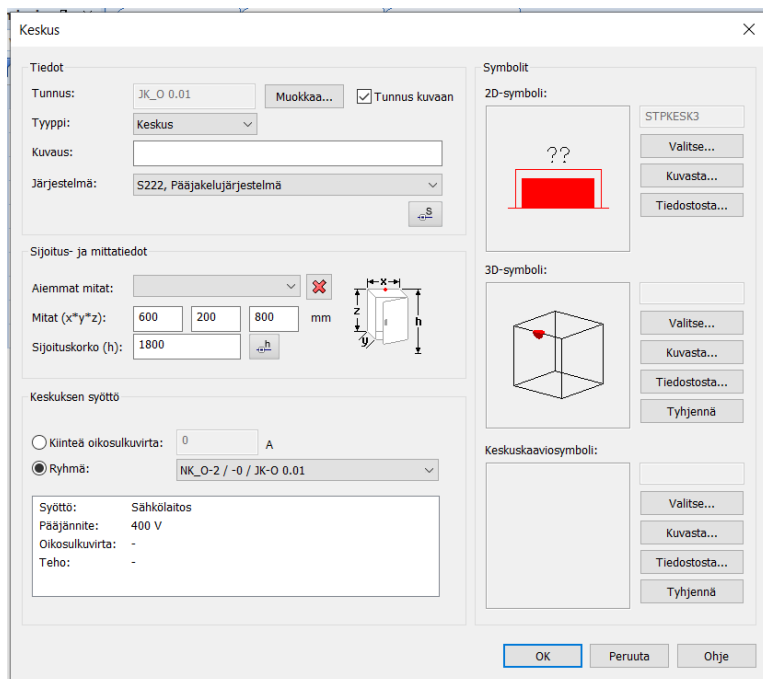
Kiinteä arvo: 85 m Määritä >

Asennusvara: 0 m

OK Peruuta Ohje

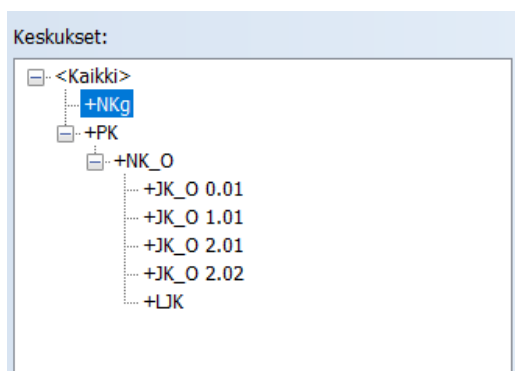
Kuva 10. Nousukeskuksen syöttö

Seuraavaksi määritettiin keskuksien syötöt. Keskusten ja ryhmien hallinnassa klikattiin JK-0 0.01 keskus aktiiviseksi ja painettiin keskuskeskus kohtaan alapuolella olevaa kynän kuvaa, jolla päästiin muokkaamaan keskusta (Kuva 11). JK-0 0.01 keskuksen syötön tavaksi valittiin ryhmä, jonka alasvetovalikosta valittiin JK-0 0.01 keskukselle tarkoitettu ryhmä, joka oli NK-0 keskuksen ryhmä 2. Lopuille jakokeskuksille sekä nousukeskukselle määritettiin syötöt samalla tavalla.



Kuva 11. JK-0 0.01 jakokeskuksen syötön määrittäminen

Keskusten syöttöjen määrittämisen voi tarkastaa joko projektipuusta tai keskusten ja ryhmien hallinnasta. Keskusten ja ryhmien hallinnan keskuksista (Kuva 12) huomataan, että NK-0 nousukeskus on siirtynyt pääkeskuksen PK alle ja jakokeskukset ovat siirtyneet nousukeskuksen alle. Tämä tarkoittaa, että keskuksien syötöt on määritetty oikein ja sähkön pääjakelujärjestelmä toimii suunnitelmien mukaisesti.



Kuva 12. Keskusten syötöt määritetty

Keskusten syöttöjen määrittämisen jälkeen projektista puuttui enää pääkeskuksen kiinteä oikosulkuvirta, joka oli saatu Febdok-ohjelmalla tehdystä laskelmasta. Keskusten ja ryhmien hallinnasta avattiin pääkeskuksen muokkaus (Kuva 13), jossa valittiin keskuksen syöttötavaksi kiinteä oikosulkuvirta. Kiinteä oikosulkuvirta kohtaan piti syöttää keskuksen minimi oikosulkuvirran arvo, joka tässä keskuksessa oli 7345 ampeeria.

Keskus

Tiedot

Tunnus: PK Muokkaa... Tunnus kuvaan

Tyyppi: Keskus

Kuvaus:

Järjestelmä: S222, Pääjakelujärjestelmä

Sijoitus- ja mittatiedot

Aiemmat mitat:

Mitat (x*y*z): 6000 800 1800 mm

Sijoituskorko (h): 1800

Keskuksen syöttö

Kiinteä oikosulkuvirta: 7345 A

Ryhmä:

Syöttö: Sähkölaitos

Pääjännite: 400 V

Oikosulkuvirta: 13305 A

Teho: 103.0 kW

Symbolit

2D-symboli:

3D-symboli:

Keskuskaaviosymboli:

OK Peruuta Ohje

Kuva 13. Pääkeskuksen kiinteä oikosulkuvirta

Pääkeskuksen kiinteän oikosulkuvirran määrittämisen jälkeen mentiin keskusten ja ryhmien hallintaan, jossa painettiin oikeassa yläreunassa olevaa sähkötekniset laskelmat ruutua, jonka jälkeen CADMATIC-ohjelma laski automaattisesti ryhmien kaapelipituudet, minimoioikosulkuvirrat ja jännitteenalenemat. Kuva 14 nähdään sähköteknisten laskelmien tulokset, jotka vaikuttavat olevan kunnossa lukuun ottamatta sitä, että muutaman ryhmän johdotukset ovat kytkemättä pohjakuvassa.

Ryhmät: Kopio leikkipöydälle Sähkötekniset laskelmat

Keskus	Ryhmä	Tasokuvassa	Kaavio kuvassa	Osoite	Johdotus	Kaapelipituus (m)	Max kaapelipit. (m)	Teho (kW)	Ylivirtaus (A)	Oikosulkuvirta (A)	Jännitealenema (%)	Järg...
JK_0.01	1	Kyllä	Kyllä	VSS-kone	MMJ 5x1.5 S	11.4	62.9	0.0	C 10	310	0.00	0
JK_0.01	5	Ei	Kyllä	Varalla		0.0	-	0.0	C 10	-	-	0
JK_0.01	6	Kyllä	Kyllä	Valaistus 024	MMJ 3x1.5 S	25.1	62.9	0.0	C 10	198	0.00	0
JK_0.01	9	Kyllä	Kyllä	Pistorasiat	MMJ 3x2.5 S	16.1	57.3	0.0	C 16	333	0.00	0
JK_0.01	10	Kyllä	Kyllä	Johdotuskeskipistorasiat	MMJ 3x2.5 S	5.6	57.3	0.0	C 16	459	0.00	0
JK_0.101	9	Kyllä	Kyllä	Sulanaapto, yhdyskatos	MMJ 5x1.5 S	24.2	66.3	5.4	C 10	224	0.95	0
JK_0.101	10	Kyllä	Kyllä	Sulanaapto, päässäänkyntti	MMJ 5x2.5 S	17.7	63.0	8.8	C 16	373	0.68	0
JK_0.101	11	Kyllä	Kyllä	Kurapesu lattialämmitys	MMJ 3x1.5 S	0.7	66.3	0.7	C 10	724	0.02	0
JK_0.101	12	Kyllä	Kyllä	Työpistepistorasiat 113	MMJ 3x2.5 S	9.9	63.0	0.0	C 16	484	0.00	0
JK_0.101	13	Kyllä	Kyllä	APK 113	MMJ 3x2.5 S	1.4	63.0	0.0	C 16	718	0.00	0
JK_0.101	14	Kyllä	Kyllä	Keittopisteen pistorasiat 113	MMJ 3x2.5 S	3.8	63.0	0.0	C 16	631	0.00	0
JK_0.101	15	Kyllä	Kyllä	Työpistepistorasiat 109	MMJ 3x2.5 S	13.2	63.0	0.0	C 16	429	0.00	0
JK_0.101	16	Kyllä	Kyllä	Työpistepistorasiat 112, 115, 116	MMJ 3x2.5 S	11.6	63.0	0.0	C 16	455	0.00	0
JK_0.101	17	Kyllä	Kyllä	Ulkoispuistorasiat	MMJ 3x2.5 S	15.7	63.0	0.0	C 16	396	0.00	0
JK_0.101	18	Kyllä	Kyllä	Sivupuistorasiat	MMJ 3x2.5 S	18.6	63.0	0.0	C 16	364	0.00	0
JK_0.101	19	Kyllä	Kyllä	WLAN pistorasiat	MMJ 3x2.5 S	19.9	63.0	0.0	C 16	351	0.00	0
JK_0.101	20	Kyllä	Kyllä	Pistorasiat 107	MMJ 3x2.5 S	11.4	63.0	0.0	C 16	458	0.00	0
JK_0.101	21	Kyllä	Kyllä	Sivupuistorasiat	MMJ 3x2.5 S	14.0	63.0	0.0	C 16	418	0.00	0
JK_0.101	22	Kyllä	Kyllä	APK 119	MMJ 3x2.5 S	1.6	63.0	0.0	C 16	710	0.00	0
JK_0.101	23	Kyllä	Kyllä	Keittopisteen pistorasiat 119	MMJ 3x2.5 S	7.3	63.0	0.0	C 16	537	0.00	0
JK_0.101	24	Kyllä	Kyllä	Tablettien laatus 107	MMJ 3x2.5 S	1.1	63.0	0.0	C 16	729	0.00	0
JK_0.101	25	Kyllä	Kyllä	Pistorasiat 122	MMJ 3x2.5 S	10.3	63.0	0.0	C 16	477	0.00	0
JK_0.101	26	Kyllä	Kyllä	Kuivatuskoppi 102	MMJ 3x2.5 S	2.4	63.0	0.0	C 16	678	0.00	0
JK_0.101	27	Kyllä	Kyllä	Työpistepistorasiat 119	MMJ 3x2.5 S	15.8	63.0	0.0	C 16	395	0.00	0
JK_0.101	28	Kyllä	Kyllä	Pistorasiat 119	MMJ 3x2.5 S	12.8	63.0	0.0	C 16	435	0.00	0
JK_0.101	29	Kyllä	Kyllä	Pistorasia 5K 108	MMJ 3x2.5 S	3.4	63.0	0.0	C 16	644	0.00	0
JK_0.101	30	Kyllä	Kyllä	Työpistepistorasiat 120	MMJ 3x2.5 S	9.9	63.0	0.0	C 16	484	0.00	0
JK_0.101	31	Kyllä	Kyllä	Kuivatusrumpu 121	MMJ 3x2.5 S	2.4	63.0	0.0	C 16	678	0.00	0
JK_0.101	32	Kyllä	Kyllä	Pyykkipesukone 121	MMJ 3x2.5 S	3.2	63.0	0.0	C 16	651	0.00	0
JK_0.101	33	Kyllä	Kyllä	Pistorasiat 120	MMJ 3x2.5 S	0.6	63.0	0.0	C 16	751	0.00	0
JK_0.101	34	Kyllä	Kyllä	Pistorasiat 120	MMJ 3x2.5 S	0.6	63.0	0.0	C 16	750	0.00	0
JK_0.101	35	Kyllä	Kyllä	Keittopisteen pistorasiat 122	MMJ 3x2.5 S	1.8	63.0	0.0	C 16	701	0.00	0
JK_0.101	36	Kyllä	Kyllä	Työpistepistorasiat 122	MMJ 3x2.5 S	10.6	63.0	0.0	C 16	471	0.00	0
JK_0.101	37	Kyllä	Kyllä	DIX-O 1.01	MMJ 3x2.5 S	0.9	63.0	0.0	C 16	739	0.00	0
JK_0.101	38	Kyllä	Kyllä	Mikroaaltouuni 113	MMJ 3x2.5 S	2.7	63.0	0.0	C 16	666	0.00	0
JK_0.101	39	Kyllä	Kyllä	Mikroaaltouuni 122	MMJ 3x2.5 S	2.6	63.0	0.0	C 16	670	0.00	0

Selitteet

- = Arvot OK
- = Puutteelliset lähtötiedot
- = Jokin raja-arvo lähellä sallittua
- = Jokin raja-arvo ylittää sallitun
- = Johdotus kytkemättä

Tuo... Sulje Ohje

Kuva 14. Sähköteknisten laskemien tulokset

4 FEBDOK-LASKENTAOHJELMA

Tässä luvussa tutustutaan Febdok-ohjelmaan ja sen mitoitustoimintoihin. Tämän lisäksi mallinnetaan CADMATIC-ohjelman sähköteknisissä laskelmissa käytetty pienjännitelaitteisto, jotta voidaan verrata ohjelmien laskelmien tuloksia keskenään.

Sähköasennusten suunnitteluun, mitoitukseen ja dokumentointiin on olemassa paljon ohjelmia. Monella laitevalmistajalla on oma mitoitushjelma, kuten ABB:lla on e-design DOC, Siemens:llä Simaris design ja Schneider Electric:llä on Ecodial Advance Calculation. Näillä ohjelmilla on heikkoutena se, että niillä pystyy käyttämään vain valmistajan omia suojalaitteita, mutta hyvänä puolena on ohjelmistojen ilmaisuus. Febdok-ohjelman etuna näihin ohjelmiin verrattuna on se, että sillä pystyy käyttämään eri valmistajien kaapeleita ja suojalaitteita.

Febdok on norjalaisen Nelfon kehittämä pienjännitesähköverkon laskentaohjelmisto, joka julkaistiin vuonna 1991. Febdok on pienjännitesähköasennusten mitoitukseen, laskentaan ja dokumentointiin tarkoitettu ohjelma. Febdok käyttää laskemisessa seuraavia kansainvälisiä laskentastandardeja, jotka on hyväksytty SFS 6000 standardisarjassa tarkastusmenetelmiksi. (Sähköinfo, 2020)

Febdok-ohjelman laskentastandardit:

- IEC 60909: Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents
- IEC 61363-1: Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units - Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c.
- EC 60287-1-1: Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General (Sähköinfo, 2020)

Febdok on helppokäyttöinen mitoitushjelma ulkonäkönsä ja selkeiden ohjeidensa ansiosta. Febdokilla pienjänniteverkon suunnittelu on nopeaa ja vaivatonta ohjelmiston valtavan tietokannan ansiosta. Febdok näyttää verkkoon tehdyt muutokset reaaliajassa ja ilmoittaa niistä syntyvät virheet punaisella tai sinisellä värillä, mikäli suunniteltu verkko ei ole standardien vaatimuksien mukainen. (Sähköinfo, 2020)

Febdok-ohjelman ominaisuuksia:

- Jännitteenaleneman mitoitus
- Oikosulku- ja vikavirran mitoitus

- UPS-järjestelmien määrittely ja laskenta
- Muuntajien määrittely
- Kaapelien ja suojalaitteiden valinta
- Verkon kapasiteetin tarkastelu
- Suojalaitteiden laukaisuaikojen tarkastelu
- Generaattorien määrittely
- Backup-suojauksen tarkastelu
- Selektiivisyysanalyysi. (Sähköinfo, 2020)

4.1 Pienjännitelaitteiston simulointi Febdok-ohjelmalla

Työn tavoitteena on selvittää Febdok-ohjelman käyttöä LT-Suunnittelu Oy:lle tuottamalla esimerkki pienjännitelaitteiston simuloinnista. Simuloitavaksi pienjännitelaitteistoksi päätettiin mallintaa CAD-MATIC-ohjelman sähkötekniisissä laskelmissa käytetty pienjänniteverkko, jotta voitaisiin vertailla molemmista ohjelmista saatuja tuloksia keskenään. Esimerkkiverkko eroaa CADMATIC-projektista siten, että se on simuloitu muuntamon jälkeisiltä jonovarokkeilta, kun taas CADMATIC-projektin pienjänniteverkko alkaa pääkeskukselta.

4.2 Aloitus sivu

Kun Febdok-ohjelma on käynnistynyt ja on kirjaututtu sisään, avautuu aloitus sivu (Kuva 15). Aloitus sivulta näkyy ohjelmistoversio ja sen julkaisupäivä, lisenssi ja käyttäjä. Aloitus sivulta voi aloittaa uuden laitteiston, avata viimeisimmän laitteiston tai laitteistorekisterin, josta voi avata haluamansa laitteiston. Asetukset kohdasta pääsee muokkaamaan Febdokin oletusasetuksia, kuten jakelutyyppejä, järjestelmän jännitettä, verkon taajuutta ja piirien oletusliitteitä. (Sähköinfo, 2020)



Kuva 15. Febdokin aloitussivu

4.3 Laitteiston aloitus

Uusi laitteisto aloitetaan painamalla uusi laitteisto -kohtaa, jolloin avautuu Laitteisto-välilehti (Kuva 16), jossa määritetään uuden laitteiston tunnistetiedot ja projektitiedot. Lisenssin tiedot kohdassa näkyy laskennan lisenssi tiedot, jotka tulevat palvelutarjoajan rekisteristä automaattisesti. Huomautukset kohtaan voi kirjoittaa esim. mistä lähtötiedot on saatu. Osoitteet-välilehdellä (Kuva 17) voidaan määrittää laitteiston ja sen haltijan tiedot sekä sinne voidaan lisätä laitteiston kuva. Laitteiston tunnistetiedot ja osoitetiedot näkyvät loppudokumentaatioissa, joten nämä kannattaa täyttää projektin oikeilla tiedoilla. Laitteiston kuva näkyy kansilehti tulosteessa, jos sellainen liitetään tietoihin. Tiedot hyväksytään lopuksi painamalla Ok-painiketta tai painamalla Enter-näppäintä. (Sähköinfo, 2020)

Laitteiston tyyppi

Harjoitus

? X

Laitteisto
Osoitteet
Ok Peruuta

Laitteiston nimi: Harjoitus

Laitteiston tunnistenumero: 1

Tilausnumero: 1

Laitteisto luotu: 20.1.2021

Vimeksi muutettu: 20.1.2021

Valitse projekti
 Ei projektia

Historia

Lisenssin tiedot

Lisenssi nro.: DEMO-FI

Nimi: _____

Osasto: _____

Katuosoite: _____

Postilokero: _____

Postinro./kurta: _____

Puh: _____

Faksi: _____

Huomautukset

Kuva 16. Laitteiston tyyppi

Laitteiston tyyppi

Harjoitus

? X

Laitteisto
Osoitteet
Ok Peruuta

Laitteiston haltija

Määritä

Nimi: _____

Osasto: _____

Katuosoite: _____

Postilokero: _____

Postinro./kurta: _____

Yhteyshenkilö: _____

Puh: _____ Faksi: _____

Laitteiston kuva

Määritä Poista

Osoite

Valitse

Kirjeiston nimi: _____

Katuosoite: _____

Postilokero: _____

Postinro./kurta: _____

Kuva 17. Laitteiston osoitteet

4.4 Teholähde ja ensimmäinen pienjännitejakokeskus

Laitteiston tietojen hyväksymisen jälkeen, tulee valita pienjänniteverkon teholähde, josta aloittaa laskennan. Laitteiston teholähteeksi voidaan valita pienjänniteliittymä, generaattori tai muuntajalähtö (Kuva 18). Pienjänniteliittymällä voi aloittaa laskennan keskeltä laitteistoa tai liittymän alusta, jolloin riittää verkkoyhtiöltä saatujen oikosulkuvirtojen arvot lähtötiedoiksi. Muuntajalähdössä tulee määritellä keskijänniteverkon ja muuntajan ominaisuudet, joiden perusteella ohjelma laskee verkon oikosulkuvirrat. Ohjelmalla pystyy mallintamaan rinnankytkettyjä muuntajia sekä tämän lisäksi laitteiston keskelle voidaan lisätä muuntajia. Opinnäytetyössä ei käydä läpi generaattorilähdettä, koska se vaatii toimiakseen erikseen hankittavan maksullisen lisäosan. (Sähköinfo, 2020)

Valitse teholähteen tyyppi



Kuva 18. Teholähteen valinta

Opinnäytetyössä mallinnettavan verkon teholähteeksi valittiin pienjänniteliittymä, koska verkkoyhtiöltä oli saatu lähtötiedoiksi muuntamon jälkeisille jonovarokkeille lasketut oikosulkuvirrat. Teholähteen valinnan jälkeen ohjelma avasi välilehden, jossa määritettiin ensimmäinen pienjännitekeskus (Kuva 19).

Kuva 19. Ensimmäinen pienjännitekeskus

Ensimmäiselle pienjännitekeskukselle määritettiin aluksi tunniste, mitoitusperusta, maadoitusjärjestelmä ja jakokeskuksen käyttäjä ja lämpötila. Ohjelman mitoitusperustana oletuksena on uusi SFS 6000:2017-standardi. Ohjelman tekemät laskelmat perustuvat mitoitusperustaksi valittuun standardiin. Saneerauskohtetta laskettaessa on mahdollista aloittaa vanhemmasta standardista ja vaihtaa se uudempaan seuraavalla keskuksella tai kuormalla (Sähköinfo, 2020).

Maadoitusjärjestelmä kohdassa valittiin kyseisen keskuksen jakelujärjestelmän tyyppi. TN-järjestelmän maadoitusjärjestelmäksi on valittavissa TN-S, TN-C ja TN-C-S. Näiden lisäksi jakelujärjestelmän tyyppiä voi valita IT, TT, DC tai ImpNet (Sähköinfo, 2020).

Maadoitusjärjestelmän valitsemisen jälkeen valittiin kytkentäjärjestys, eli jännitteisten johtimien järjestelmä. Ohjelma valitsee kytkentäjärjestyksen maadoitusjärjestelmän mukaan, jonka voi tarvittaessa muuttaa. Maadoitusjärjestelmän ja kytkentäjärjestyksen valitsemisessa kannattaa olla tarkkana, koska nämä vaikuttavat kaapelien ja suojalaitteiden valintaan. (Sähköinfo, 2020)

Jakokeskuksen käyttäjäksi valitaan joko ammattilainen tai maallikko. Käyttäjän valinnalla ei ole vaikutusta laskentatuloksiin, mutta maallikon valitseminen rajoittaa keskuksen valittavia suojalaitteita (Sähköinfo, 2020). Tämän takia opinnäytetyössä jakokeskuksen käyttäjäksi valittiin ammattilainen.

Jakokeskuksen lämpötilaan merkittiin jakokeskuksen korkein lämpötila. Tämä lämpötila vaikuttaa suojalaitteiden poiskytkentäaikoihin ja -virtoihin, koska suojalaitteen toimintavirtoja korjataan lämpötilan perusteella (Sähköinfo, 2020). Verkkotaajuus oli oletuksena 50 Hz, joten sitä ei tarvinnut muuttaa.

Pienjänniteliittymän kuormitustiedot (Kuva 20) sarakkeissa on valmiiksi oletuksena jännite 400 V ja tehokerroin 0,9. Suunnittelijan ei tarvitse täyttää kuin kuormitusvirta I_b , pätöteho P_n tai loisteho S_n , jonka jälkeen ohjelma laskee ja täydentää muut tyhjät sarakkeet. Pienjänniteliittymän ensimmäisen keskuksen arvot eivät vaikuta laskentaan muuten kuin jos sen perässä olevat summakuormavirrat ylittävät sille määritetyn kuormitusvirran I_b arvon. Febdok ilmoittaa kuormitusvirran ylittämisen punaisella värillä. (Sähköinfo, 2020)

I_b	<input type="text" value="1154,701"/>	A
$\cos \varphi$	<input type="text" value="0,9"/>	
P_n	<input type="text" value="720"/>	kW
S_n	<input type="text" value="800"/>	kVA
U_n	<input type="text" value="400"/>	V

Kuva 20. Kuormitustiedot

Maadoituselektrodilla ja potentiaalintasauksella ei ole merkitystä TN-järjestelmän laskelmassa, mutta tämä tieto tarvitaan IT-järjestelmien maadoitusvirtaa laskettaessa. Ylijännitesuojauksella ei ole vaikutusta ohjelman laskentatuloksiin. (Sähköinfo, 2020)

Jännitehäviölaskelmat kohdassa määritetään jännitehäviölaskelmat laitteistokohtaisesti. Jännitteenaleneneman nollatasoksi voi valita jonkun laitteistossa olevista keskuksista, joka on yleensä pääkeskus, kuten tässä opinnäytetyössä. Varoitustaso suurimmalle kokonaisjännitteenalenenemalle -kohtaan merkitään suurin hyväksytty prosentuaalinen jännitteenalenenema koko laitteistossa, joksi SFS 6000 suosittelee 5 %. Varoitustaso suurimmalle jännitteenalenenemalle jakokeskukseen -kohtaan merkitään suurin sallittu prosentuaalinen jännitteenalenenema jakokeskuksessa, joksi SFS 6000 suosittelee 3 %. Febdok suosittelee, että käytä kuormien summavirtoja laskennassa -kohta jätetään merkitsemättä,

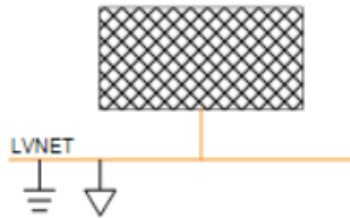
jos ohjelman käytöstä ei ole paljoa kokemusta. Jos tätä ei merkitä, ohjelma laskee jännitteenalennaman keskuksen kuormavirran perusteella. Jos tämä merkitään, niin ohjelma laskee jännitteenalennaman jakokeskukseen liitettyjen kuormien summavirralla. Tätä voidaan käyttää, jos tiedetään ettei keskuksiin tehdä lisäyksiä. Laskentapohjan muuttaminen -kohtaa ei yleensä tarvitse muuttaa, koska +-10 % toleranssin käyttöä vaaditaan yleensä kaikissa kohteissa. (Sähköinfo, 2020)

4.4.1 Pienjänniteliittyä

Edeltävän verkon tietoja päästiin syöttämään painamalla Edeltävä verkko -kohtaa. Pienjänniteliitymän tietoina kysytään verkon eri vikatilanteiden oikosulkuvirtoja (Kuva 21). TN-C- ja TN-C-S-järjestelmiä tehtäessä tärkeimpinä arvoina pitäisi syöttää suurin 3-vaiheinen oikosulkuvirta (Maks. 3p oikosulku) ja pienin 1-vaiheinen oikosulkuvirta (Min 1p maasulku). Nämä kyseiset arvot saadaan yleensä verkkoyhtiöltä. Jos muiden vikatilanteiden arvoja ei saada verkkoyhtiöltä, ne voidaan arvioida näiden väliin, koska ne eivät ole yhtä tärkeitä laskennan kannalta. TN-S-järjestelmällä tehtäessä laskentaa, ohjelma kysyy erikseen yksinapaista oikosulkuvirtaa N-johtimelle ja yksinapaista maasulkuvirtaa PE-johtimelle. (Sähköinfo, 2020)

Kuva 21. Edeltävä verkko, pienjänniteliittyä

Edeltävän verkon arvot on hyväksyttävä painamalla Hyväksy tiedot -kohtaa, jotta ohjelma käyttää niitä laskennassa. Tietojen hyväksyminen avaa ohjelman päänäkymän, jonka vasemmalla puolella on jakelukaavio, jossa näkyy rekisteröity verkko (Kuva 22). (Sähköinfo, 2020)



Kuva 22. Jakelukaavio, pienjänniteliittymä

4.4.2 Muuntaja

Muuntajälähdön edeltävän verkon tiedoiksi syötetään muuntajan ensiöpuolen tiedot (Kuva 23). Verkojännite -kohtaan syötetään edeltävän verkon jännite kilovolteissa, jota tarvitaan verkon resistanssien ja reaktanssien laskemiseksi. Suomessa yleensä käytetään 20 kV:n arvoa. Suurjänniteverkon tiedoiksi syötetään verkon oikosulkuteho (MVA) heikoimmassa ja vahvimmassa tilanteessa. Verkon vahvin tilanne määräytyy yleensä tilanteen mukaan, kun jakeluverkossa on matala kuormitus ja heikoin tilanne määräytyy tilanteen mukaan, kun jakeluverkossa on korkea kuormitus. Suomessa 20 kV:n verkossa vahvin tilanne on yleensä maaseudun 300 MVA:n ja muuntamoasemien läheisyyden 1000 MVA:n välillä, kun taas heikoin tilanne on 100 MVA:n ja 300 MVA:n välillä. Ohjelma laskee oikosulkuvirrat oikosulkutehojen ja jännitteen perusteella molemmissa tilanteissa. (Sähköinfo, 2020)

Verkko ja ensimmäinen pienjännite jakokeskus

Valitse teholähteen tyyppi

Enimmäinen pienjännitekeskus

Edeltävä verkko

Ok Peruta

Suurjänniteverkko

Verkojännite kV Hyväksy tiedot

Vähvin tilanne

Oikosuiku MVA

Ik max kA

Heikoin tilanne

Oikosuiku MVA

Ik min kA

Suurjännitejakokeskus

Tunniste

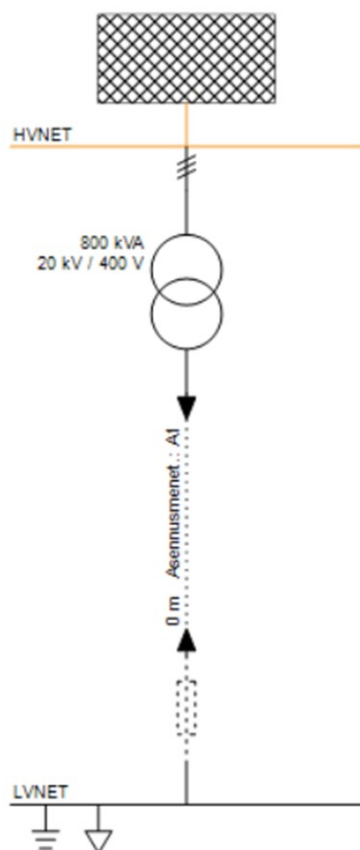
Tiedot saatu perjantai 19. helmikuuta 20

Verkonhaltijan viite

Huomautukset

Kuva 23. Edeltävä verkko, muuntaja

Edeltävän verkon tiedot on hyväksyttävä painamalla hyväksy tiedot -kohtaa, joka avaa päänäkymän. Päänäkymän vasemmalla puolella olevaan jakelukaavion ohjelma on lisännyt muuntajan ja siltä lähtevän ensimmäisen pienjännitekeskuksen syöttökaapelin (Kuva 24). (Sähköinfo, 2020)



Kuva 24. Jakelukaavio, muuntaja

Tuplaklikkaamalla muuntajasymbolia, ohjelma avaa uuden välilehden, johon pystytään syöttämään muuntajan tietoja (Kuva 25). Ohjelmaan pitää syöttää laskennan kannalta muuntajan oleellisia tietoja, jotka löytyvät yleensä muuntajan valmistajan nettisivuilta. Febdokissa on muuntajarekisteri, johon pystyy luomaan uusia muuntajia, sekä sieltä pystyy hakemaan aiemmin käytettyjä muuntajia uusiin projekteihin. (Sähköinfo, 2020)

Jakokeskus: HVNET Piiri: Jakokeskus Piirin nro: Vaadittu maasulun poiskyntäaika 5 s

0 m Asennusmenet. A1

Suunnittele & suojaus

Ok Peruuta

Muuntajan tunnus:

Valmistaja:

Tyyppi:

Muuntajakapasiteetti: kVA

Kytentäryhmä:

Valitse rekisteristä

Nimelljännite

Ensiö: V

Toisio: V

Nollapiste tai toisioin tähtipiste maadoitettu

Toisiokaapeli

Oikosulkujännite

ek, ez, Zk...: %

er, Rk...: %

ex, Xk...: %

Järnniteenalenema

Kuomaan: %

Edelliselle jakokeskukselle: %

Muuntajan yli: %

Nollaimpedanssi

R0 / R+:

X0 / X+:

Jännite liittimissä: V

Kuoman nimelljänn. Un: V

R0: m Ω

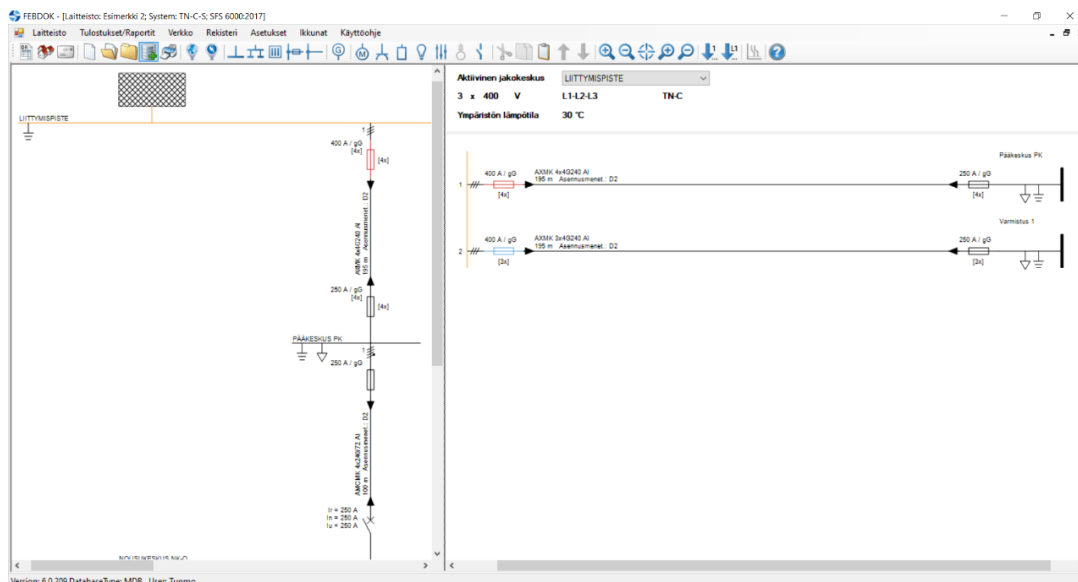
X0: m Ω

Anvot annettu:

Kuva 25. Muuntajan tiedot

4.5 Päänäkymä

Febdok-ohjelma avaa päänäkymän, kun laitteiston tehonlähde on valmis (Kuva 26). Päänäkymä on jaettu kahteen eri ikkunaan, vasemmanpuoleiseen jakelukaavion ja oikeanpuoleiseen keskuskaavioon. Päänäkymässä verkon aktiivista osaa indikoidaan oranssilla värillä. Aktiivisesta osasta lähtevät piirit näkyvät keskuskaavionäkymässä. Haluamansa keskuksen saa aktiiviseksi joko klikkaamalla sitä jakelukaaviossa tai vaihtamalla sitä keskuskaavion puolella olevasta pudotusvalikosta. Jakelukaaviossa pääsee muokkaamaan haluamansa osaa tuplaklikkaamalla sitä.



Kuva 26. Päänäkymä

Febdok-ohjelman mallinnustyökalut löytyvät päänäkymän yläpalkista. Mallinnustyökalut on jaettu jakelupisteisiin/haaroihin ja laitteiston kuormiin. Laitteiston osa pitää valita aktiiviseksi, jotta siihen pystyy lisäämään uuden jakelupisteen tai kuorman. (Sähköinfo, 2020)



Kuva 27. Mallinnustyökalut

1. Jakokeskus: Syöttö valitusta keskuksesta uuteen keskukseseen.
2. Ryhmittely: Keskuksen alakisko, esimerkiksi johdonsuojille
3. Virtakiskojakelu: Pääjakelun virtakiskot, ei kuormille
4. Haarapiste: Järeä runkokaapeli, josta jaetaan keskuksille tai muille haarapisteille
 - Oikosulkusuojaus syötössä, ylikuormitussuoja haaroituksilla
5. KytKentäpiste: Syötön vienti jakorasialle paksummalla kaapelilla, josta jatketaan ohuemmalla kaapelilla kuormille, ei pääjakeluun
6. Generaattori: generaattorin lisääminen keskelle verkkoa, esimerkiksi varavoimakone
 - Vaatii maksullisen generaattorilisäosan
7. Moottorilähtö: Soveltuu moottoreille, sekä käynnistyspiikin omaaville kuormille
8. Muuttuva kuorma/siirrettävä laite: Pistorasia- ja valaistusryhmien mallinnus
 - Suojattava oikosulkusuojalla ja ylikuormitussuojalla
9. Kiinteä kuorma: kuorma, jossa ei ylikuormitusvaaraa, esimerkiksi lattialämmitys
10. Jaettu kuorma: Runko kaapeli, joka haarautuu useille kuormille, esimerkiksi katuvalaistus

11. Ohjauspiiri: Ei vaadi suojamaata
12. Varapiiri: Käytetään reservitehojen tarkastamiseen. (Sähköinfo, 2020)

4.6 Jakokeskuksen lisäys

Teholähteen määrittämisen jälkeen verkkoon lisättiin pääkeskus jakokeskustyökalulla. Painamalla jakokeskus -työkalua, ohjelma avasi Jakokeskus-välilehden (Kuva 28). Välilehden yläosassa sinisellä pohjalla on virtapiirin esikatselu, jossa näkee kyseisen piirin rakenteen. Piirin rakenne on jaettu kolmeen osaan, joiden välillä liikkuminen tapahtuu eri osia aktivoimalla/klikkaamalla.

1. Suojalaite
2. Kaapeli
3. Kuorma/keskus

Jakokeskus: LIITYMISPISTE Piiri: Jakokeskus Piirin nro: 1 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 5 s

Suunnittele & suojaus

Selektiivisyys

Ok Peruuta

Piirin nro. Litin nro. Mitotusperusta

Tunniste

Kuvaus

Kytöntäjäjärjestys

Jakokeskuksen tiedot

Jakelutyyppi	<input type="text" value="TN-C-S"/>	I _b	<input type="text" value="352,825"/>	A	Virtojen summa L1 <input type="text" value="18,22"/> A L2 <input type="text" value="1,73"/> A L3 <input type="text" value="1,73"/> A N <input type="text" value="16,64"/> A
Kytöntäjäjärjestys	<input type="text" value="L1-L2-L3-N"/>	Cos φ	<input type="text" value="0,9"/>		
Jakokeskuksen lämpötila	<input type="text" value="30"/> °C	P _n	<input type="text" value="220"/>	kW	
Jakokeskuksen käyttäjä	<input type="text" value="Ammattilaiset"/>	S _n	<input type="text" value="244,4"/>	kVA	
		U _n	<input type="text" value="400"/>	V	

Standardin EN 61439 maallikoiden käyttämien keskuksien etusuoja voi olla korkeintaan 250A ja keskuksista lähtevien piirien suojat korkeintaan 125A. Nämä rajoitukset eivät koske ammattilaisia tai opastettuja henkilöitä.

Huomautukset

Kuva 28. Pääkeskuksen määrittely

Välilehdellä määritettiin pääkeskuksen kuormitustiedot, jakelutyypin ja kytkentäjärjestys. Kuormitustiedot kannattaa syöttää mahdollisimman tarkasti, koska niiden perusteella ohjelma tarkastaa kaapelin ja suojausten mitoituksen. Jakelutyypin ja kytkentäjärjestys vaikuttavat siihen, mitä kaapeleita ohjelma antaa valita keskuksen syöttökaapeliksi ja mitä kaapeleita keskukselta voi lähteä. Joten tässäkin kannattaa olla tarkkana. (Sähköinfo, 2020)

Piirin suojausta päästään määrittelemään Suunnittelu & suojaus -painikkeesta sekä piiriin voidaan lisätä muuntaja tai UPS-laite painamalla niiden kuvakkeista. Muuntajan voi lisätä esimerkiksi ohjauspiiriin muuntajaksi. (Sähköinfo, 2020)

4.6.1 Suunnittelu ja suojaus

Painamalla Suunnittelu & suojaus -painiketta, ohjelma avasi uuden välilehden (Kuva 29), jossa päästiin määrittämään piirin suojaus. Piirin suojauksen määrittämisessä kannattaa olla tarkkana, koska se vaikuttaa kaapelin valintaan (Sähköinfo, 2020).

Kuva 29. Suunnittelu & suojaus

Suojalaite piirissä -kohdassa valitaan mitä suojauksia piirissä on ja miten ne on järjestetty. Yhdistetty -suojalaite suojaa kaapelia ylikuormalta ja oikosululta, esim. sulake. Erilliset -suojalaite valitaan, jos halutaan käyttää erillisiä suojalaitteita ylikuormitus- ja oikosulkusuojaukseen. Valitsemalla Erilliset -suojalaite, ohjelma avaa uuden ylikuormitussuoja -kohdan, jossa valitaan ylikuormitussuojan sijainti, joko kaapelin päähän tai oikosulkusuojan perään. Ylikuormitussuojan sijainti vaikuttaa suojalaitteen katkaisukykyyn ja sen läpipääsevään energiaan, sillä oikosulkuvirta pienenee kaapelin loppupäätä kohden. (Sähköinfo, 2020)

VVS/VVM tarkoittaa vikavirtasuojaa tai -valvontaa. Valittaessa VVS/VVM ohjelma kysyy suojalaitteen tunnistetta, laukaisuvirran arvoa mA ja tietoa siitä, onko suojalaite sijoitettu kuormaan. Jos piiriin valitaan vikavirtasuoja, niin Febdok olettaa, että vikatilanteen syötön automaattinen poiskytkentä tapahtuu vikavirtasuojan avulla. Tällöin Febdok ei varoita, jos kaapelin ylivirtasuojan 0.4 s poiskytkentäaika ei toteudu. (Sähköinfo, 2020)

Piiriin voidaan lisätä ylijännitesuoja tai maadoituselektrodi, mutta kummallakaan näistä ei ole mitään merkitystä laskelmien kannalta TN-järjestelmässä. Jos piiriin lisätään potentiaalintasaus, Febdok olettaa, ettei siihen synny vaarallista kosketusjännitettä vian yhteydessä. Tällöin ohjelma ei varoita, jos automaattinen poiskytkentä ei toteudu vaaditussa ajassa. (Sähköinfo, 2020)

Kytkin / Kontaktori / Mittari -kohdasta piiriin voidaan lisätä kuormanerotin, kuormakytkin, erotuskytkin, kontaktori tai mittari. Nämä laitteet ovat mahdollista sijoittaa kaapelin alkuun tai loppuun kuorman yhteyteen. (Sähköinfo, 2020)

Piiri on suojattu vialta ja oikosululta -kohtaa voi käyttää, jos piiri täyttää SFS 6000:n esikuvastandardin IEC 60364 luvun 4–43 ehdot. Tämän käyttämistä kannattaa harkita, koska jos tämä valitaan ohjelma antaa valita vain yksijohdinkaapeleita. Kaksoiseritys tai vahvistettu erityys -kohtaa käytettäessä, ohjelma olettaa, että vikasuojaus toteutuu tämän avulla, jolloin se ei huomioi syötön automaattisen poiskytkennän toteutumista. (Sähköinfo, 2020)

Jos piirin syöttö tulee monella kaapelilla Suunnittelu & suojaus -välilehdelle ilmestyy kohta, jossa pystyy määrittämään jokaiselle kaapelille omat sulakkeet. Katkaise PE-vikatilanteessa ruksin voi ottaa pois, jos kaapeleissa on konsentrisen PE-johdin, koska tuon katsotaan Suomessa olevan niin kestävä, ettei se voi mennä poikki kuin villeimmissä teorioissa. Tällöin vikavirran laskelma tulee hie-man edullisemmaksi. (Sähköinfo, 2020)

4.7 Kaapelin ja asennusolosuhteiden määrittely

Painamalla välilehden yläreunassa sinisellä pohjalla olevaa katkoviivaa, ohjelma avasi uuden välilehden (Kuva 30), jossa määritettiin kaapelin ominaisuudet. Kaapelin ominaisuuksia pääsee myös määrittelemään tuplaklikkaamalla pääkavion viivaesitystä. Välilehdellä määritettiin kaapelin asennustapa, ympäristönlämpötila, käyttäjän korjauskerroin sekä kaapelin tyyppi ja pituus. Ohjelma laskee näiden tietojen perusteella kaapelin kuormitettavuuden I_z (Sähköinfo, 2020).

Kuva 30. Kaapelin määrittely

Referenssi asennustapa -kohdassa kaapelille määritettiin sen koko matkalta asennustapa, jolla on huonoin kuormitettavuus. Asennus tavaksi voidaan valita jokin seuraavista:

- A1 – Yksijohdin upotettu eristeeseen
- A2 – Monijohdin upotettu eristeeseen
- B1 – Yksijohdin putkessa/kanavassa
- B2 – monijohdin putkessa/kanavassa
- C – Pinta-asennus
- D1 – Kaapelit suoraan maassa
- D2 – Kaapelit putkessa maassa
- E – Monijohdinkaapelit ilmassa (hyllyt yms.)

- F – Yksijohdinkaapelit ilmassa, koskettaen
- G – Yksijohdinkaapelit ilmassa, erillään
- S – Virtakisko

Ohjelma avaa asennustavan valinnan mukaan lisää asennustavan määrittäviä listoja, kuten ympäröivän maaperän terminen vastus, rinnakkaiset piirit ja niiden etäisyys. Ympäristön lämpötilaan merkitään kaapelin ympäristön korkein lämpötila, joka on oletuksena 30°C. Käyttäjän korjauskertoimella on mahdollista muuttaa kuormitettavuutta poikkeus olosuhteissa tai sillä voi muuttaa kaapelin kuormitettavuuden vastaamaan valmistajan ilmoittamaa arvoa. (Sähköinfo, 2020)

4.7.1 Kaapelin valinta

Febdok rajaa automaattisesti kaapeleita vaihejärjestyksen, suojauksen ja kaapelin kuormitusvirran perusteella. Kaapelin kuormitusvirtaan vaikuttaa aiemmassa kohdassa määritetyt asennusolosuhteet. Kaapelin pystyy valitsemaan kaapelivalikosta tai sen pystyy hakemaan kirjoittamalla sen tyyppin Kaapeli/järjestelmä -kenttään (Kuva 30), esim. AXMK. Tällöin ohjelma etsii halutun kaapelityypin mukaisen kaapelin, joka on johtimien määrältään ja kuormitettavuudeltaan sopiva kyseiseen piiriin. (Sähköinfo, 2020)

Klikkaamalla Valitse kaapeli -kohtaa ohjelma avaa kaapelivalikon (Kuva 31). Kaapelivalikossa näkyy kaikki kaapelit, jotka soveltuvat kyseiseen piiriin. Kaapeleita voi suodattaa erilaisilla suotimilla, kuten kaapelityyppi ja johdinmateriaali. Suurvirtaisissa piireissä, avatessa kaapelivalikko saattaa näyttää tyhjältä, koska minkään yksittäisen kaapelin kuormitettavuus ei ole piirin kuormitusvirtaan nähden riittävä. Tällöin on nostettava rinnankytkettyjen kaapelien lukumäärä, jotta pystytään valitsemaan piiriin sopiva kaapeli. (Sähköinfo, 2020) Opinnäytetyössä mallinnettavaan piiriin kaapeliksi valittiin 4x (AXMK 4x240).

Valitse kaapeli

Valmistaja: Standard
 Sovellus: Jakelu Laitteisto
 Kaapeliuokka: Eca
 Kaapelityyppi: AMCMK, AMKA, AXCCMK, AXCMK, AXCMK-PLUS, AXMK, AXMK-PLUS
 Johdinmateriaali: AL, CU
 Vaiheiden lkm: 3, 4
 Rinnankytketyt kaapelit: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Käyttäjän määrittelemä
 Näytä vanhentuneet kaapelit
 Näytä kaikki kaapelit
 Ib [A]: 352,83

Kaapeliluettelo

Valmistaja	Kaapelityyppi/järjestelmä	Eristys	Kaapeliuokka	Un [V]	Iz [A]	Vaiheet	Johtimet
Standard	AXMK 4G35 AI	XLPE		1000	353,85	3	3
Standard	AXMK 4G50 AI	XLPE		1000	422,45	3	3
Standard	AXMK 4G70 AI	XLPE		1000	519,94	3	3
Standard	AXMK 4G95 AI	XLPE		1000	621,04	3	3
Standard	AXMK 4G120 AI	XLPE		1000	711,31	3	3
Standard	AXMK 4G150 AI	XLPE		1000	794,35	3	3
Standard	AXMK 4G185 AI	XLPE		1000	902,67	3	3
Standard	AXMK 4G240 AI	XLPE		1000	1 047,10	3	3
Standard	AXMK 4G300 AI	XLPE		1000	1 177,09	3	3
Standard	MK90 5G25 Cu	PVC		750	380,74	4	1
Standard	MK90 5G35 Cu	PVC		750	455,23	4	1
Standard	MKEM90 5G185 Cu	PVC		750	1 150,49	4	1
Standard	MKEM90 5G240 Cu	PVC		750	1 324,31	4	1
Standard	MKEM90 5G300 Cu	PVC		750	1 485,71	4	1
Standard	MK90 5G50 Cu	PVC		750	538,00	4	1

Hakutuloksia: 108 Aktiivinen valinta: 3

Kuva 31. Kaapelivalikko

4.7.2 Kaapelin jännitteenalenema

Kaapelin valitsemisen jälkeen, ohjelma laski piirin prosentuaaliset jännitteenalenemat, sekä kaapelin maksimipituuden ja näytti ne kaapelin määrittely -välilehdellä. Jännitteenalenema näkymästä (Kuva 32) on helppo havaita piirin osa, joka aiheuttaa suurimman jännitehäviön. Jos jokin jännitteenalenema ylittää varoitustason, niin Febdok varoittaa tästä sekä ehdottaa automaattisesti kaapelin johdinpoikkipinnan kasvattamista. (Sähköinfo, 2020)

Jännitteenalenema

Kuumaan: 1,39 %
 Edelliselle jakokeskukselle: 0 %
 Kaapelissa / Virtakiskossa: 1,39 %
 Kaapelin/virtakiskon maksimi pituus: 422,4 m

Jännite liittimissä: 394,5 V
 Kuoman nimellisjänn. Un: 400 V
 Häviöt kaapeleissa / virtakiskoissa: 2,918 kW

Kuva 32. Jännitteenalenema

4.8 Suojalaitteen valinta ja tarkastelu

4.8.1 Suojalaitetyypit

Febdok-ohjelmassa on ylikuormitukselta, oikosululta ja henkilövaaralta suojaavia suojalaitteita. Febdok tarkastaa, että ylikuormitussuojana toimivan suojalaitteen nimellisvirta I_n on suurempi kuin kuormavirta I_b ja pienempi kuin kaapelin kuormitettavuus I_z . Ohjelma tarkastaa myös, että ylikuormitussuojan toimintarajavirta I_2 on pienempi kuin 1,45 kertaa I_z . (Sähköinfo, 2020)

Febdok tarkastaa, että oikosululta suojaavan suojalaitteen katkaisukyky on suurempi kuin suurin oikosulkuvirta I_{kmax} , sekä sen, että kaapeli kestää oikosulun yhteydessä suojalaitteen läpipääsevän energian. Ohjelma tarkistaa myös sen, että oikosulkusuoja katkaisee pienimmän oikosulkuvirran I_{kmin} ennen kaapelin vahingoittumista lämmön vaikutuksesta IEC standardien mukaisesti. (Sähköinfo, 2020)

Henkilövaaralta suojaaviksi suojalaitteiksi ohjelma laskee erilaiset ylivirta- ja vikavirtasuojat. Febdok laskee vikatilanteen vikavirrat ja tarkistaa, että ylivirtasuoja katkaisee piiriin vaatimusten mukaisesti. Jos piiriin on asennettu vikavirtasuoja, Febdok olettaa, että henkilösuojaus toteutuu tällä, eikä täten laske vikatilanteen vikavirtoja ja poiskytkentäaikoja. (Sähköinfo, 2020)

4.8.2 Suojalaitteen valinta

Kaapelin tietojen hyväksymisen jälkeen, päästiin valitsemaan piiriin sopivaa suojalaitetta. Suojalaittevalikkoon (Kuva 33) päästään painamalla tai tuplaklikkaamalla mitä tahansa ohjelman esittämää suojalaitteen symbolia (Sähköinfo, 2020).

FEBDOK vs. 6.0.209 - Suojalaitteen valinta oikosukusuojaukseen

Lista	Suojan tyyppi	Laukaisijaluokka	Valmistaja	Maksimi mitoitusvirta [A]	Katkaisuyksikkö	Katkaisukyky taso	Laukaisuyksikkö
Katso SL tiedot	Sulakkeet	NH-sulake		400			
Katkaisuyksikkö	Johdonsuojatkat	Dzazed	AEG	200	2000413_GG_500V_2	B	2000413.400_GG_...
EAN Katkaisuyksikkö	Katkaisija	Neozed	FS_LINDNER	224	2000513_GG_500V_3		2000513.400_GG_...
Katkaisukyky	Moottinsuojaus	NH-sulake	IEC	250	2012013_GG_500V_4		2012013.400_GG_...
IPt			JM	300	2021213_GG_690V_2		2021213.400_GG_...
I / t			SIBA	315	2021313_GG_690V_3		2021313.400_GG_...
Laukaisuyksikkö			SIEMENS	355	2022713_GG_690V_4		2022713.400_GG_...
EAN Laukaisuyksikkö				400	3NA2_2_500		3NA2_2_500.400
Laukaisuyksikön tiedot				425	3NA3_2_500		3NA3_2_500.400

Suunnitteluperusteet

Suojalaitteen näkemä kuormavirta 88,21 [A] Suurin vikavirta 22,07 [kA]

Kuormitettavuus (Iz) 282,75 [A] Pienin vikavirta 0,893 [kA]

Valmistaja	Laukaisijaluokka	Katkaisuyksikkö	In [A]	Laukaisuyksikkö	Katkaisukykytaso	Ic [kA]	Ok?	Termin
IEC	NH-sulake	IEC_gG	400	400A	B	120	EI	
JM	NH-sulake	M3_gL/690	400	M3_gL/690_400	B	50	EI	
JM	NH-sulake	M3_gL	400	M3_gL_400	B	50	EI	
JM	NH-sulake	M4_gL	400	M4_gL	B	40	EI	
JM	NH-sulake	M2_gL	400	M2_gL_400	B	50	EI	
JM	NH-sulake	M2_gL/690	400	M2_gL/690_400	B	50	EI	
JM	NH-sulake	M4_gL/690	400	M4_gL/690	B	40	EI	
FS_LINDNER	NH-sulake	NH2_GL/GG	400	NH2_GL/GG_400	B	120	EI	
FS_LINDNER	NH-sulake	NH3_GL/GG	400	NH3_GL/GG_400	B	120	EI	
SIBA	NH-sulake	2000413_GG_500V_2	400	2000413.400_GG_500V_4...	B	120	OK??	
SIBA	NH-sulake	2000513_GG_500V_3	400	2000513.400_GG_500V_4...	B	120	OK??	
SIBA	NH-sulake	2012013_GG_500V_4A	400	2012013.400_GG_500V_4...	B	120	OK??	
SIBA	NH-sulake	2021213_GG_690V_2	400	2021213.400_GG_690V_4...	B	120	OK??	
SIBA	NH-sulake	2021313_GG_690V_3	400	2021313.400_GG_690V_4...	B	120	OK??	
SIBA	NH-sulake	2022713_GG_690V_4A	400	2022713.400_GG_690V_4...	B	120	OK??	

Hakutuloksia 21 Aktiivinen valinta 1

Kuva 33. Suojalaittevalikko (syötön alkupään sulakkeet)

Avatessa suojalaittevalikon ohjelma esittää automaattisesti kaikki suojalaitteet, jotka soveltuvat piiriin käyttöön, eli suojalaitteet, joiden mitoitusvirta I_n on kuormavirran I_b ja kaapelin kuormitettavuuden I_z välissä. Esitettyjä suojalaitteita pystyy suodattamaan, valitsemalla suojalaitteen ominaisuuksia, kuten suojalaitetyyppi, valmistaja ja mitoitusvirta. (Sähköinfo, 2020)

Suojalaittevalikossa pystyy tarkastamaan piiriin soveltuvat suojalaitteet painamalla Tarkista suojal. Listassa -kohtaa. Tällöin ohjelma luo suojalaittevalikkoon uuden sarakkeen, jossa lukee joko OK, OK? Tai EI. Jos ollaan mallintamassa vanhempaa laitteistoa, saadaan painamalla Näytä vanhentuneet laitteet -kohtaa näkyviin vanhoja suojalaitteita, joita ei ole enää myynnissä. (Sähköinfo, 2020)

Haluttu suojalaitte hyväksytään painamalla Valitse -kohtaa. Sulakkeiden valinnassa kannattaa olla tarkkana, koska niiden välillä on suuriakin eroja niiden toiminnan kannalta (Sähköinfo, 2020). Opin- näytetyössä mallinnettavasta piiristä tiedettiin syötön sulakkeiden koot mutta ei niiden valmistajaa tai mallia, jonka takia valmistajaksi valittiin IEC. Syötön alkupään sulakkeiden nimellisvirta on 400 A ja katkaisukyky on 120 kA, kun taas loppupään sulakkeiden on 250 A ja 120 kA.

4.8.3 Suojausvaatimusten toteutuminen ja suojauksen tarkastaminen

Suojalaitteen tietojen hyväksymisen jälkeen avautui Oikosulkuvirrat -välilehti (Kuva 34), johon ohjelma on laskenut suojalaitteen näkemät oikosulkuvirrat sekä niiden poiskytkentäajat. Ohjelma havainnollistaa halutun vian välilehden yläosassa olevaan piirin esikatseluun, klikkaamalla sen oikosulkuvirran saraketta. Tällä välilehdellä näkyy suojalaitteen mahdolliset viat, joista Febdok antaa selitteen ikkunan alareunaan. Punainen väri tarkoittaa, että suojalaite ei täytä standardin vaatimuksia ja se pitää vaihtaa. Sininen väri tarkoittaa, että suojalaite on mahdollisesti mitoitettu väärin ja se pitää tarkastaa tai vaihtaa. Suojalaitteissa olevat virheet näkyvät myös pääkaaviossa samoilla väreillä. (Sähköinfo, 2020)

Suojalaitteen toimivuuden kannalta tärkeimmät arvot ovat I_{k3max} ja $I_{ef\ max}$ loppu. I_{k3max} tarkoittaa suurinta kolmivaiheista oikosulkuvirtaa kaapelin alussa. Suojalaitteen katkaisukyky tulee olla suurempi kuin suurin oikosulkuvirta, joka on yleensä tämä, mutta joissain tapauksissa se voi olla $I_{ef\ max}$. $I_{ef\ max}$ loppu tarkoittaa suurinta vikavirtaa kaapelin loppupäässä. Tällä virralla ohjelmisto varmistaa ylivirtasuojauksen automaattisen poiskytkennän toteutumisen. (Sähköinfo, 2020)

Poiskytkentäajat kohdassa SL-arvot ilmoittavat suojalaitteen toiminta-ajan kyseisen rivin vikavirralla. K^2S^2/I^2 -arvot ilmoittavat ajan, jossa johto lämpenee sen suurimpaan sallittuun lämpötilaan kyseisen rivin vikavirralla. Febdok ilmoittaa virheen punaisena, jos SL-arvo on suurempi kuin K^2S^2/I^2 -arvo ja sinisenä, jos SL-arvo on suurempi kuin 5 s, mutta pienempi kuin K^2S^2/I^2 . (Sähköinfo, 2020)

Jakokeskus: LIITTYMISPISTE Piiri: Jakokeskus Piirin nro: 1 Vaadittu maasulun poiskytkentäaika 5 s

400 A / gG AXMK 4x4G240 AI 195 m Asennusmenet.: D2 250 A / gG [4x]

Suunnitelte & suojaus
Selektiivisyys
Ok Peruuta

Määrittä Poista Tiedot **Oikosulkuvirrat** Asettelu

SL-tieto

Tunniste

Suojan tyyppi Sulakkeet

Valmistaja IEC

Katkaisukyky IEC_gG

Nimellisvirta 400 A

Laukaisuluokka NH-sulake

Laukaisukyky 400A

Katkaisukyky 120 kA_{ic}

Suojalaitte In-lämpötila korjattu 400 A

Johtimen kuomitettavuus suojalaitteen jännitetasolla 282,75 A

Suojalaitteen näkemät virrat [kA]

Virran tyyppi	Virran arvo [kA]
Ik3v max	22,07
Ik3v max loppu	3,326
Ik3v min	1,031
Ik2v max	19,113
Ik2v max loppu	2,881
Ik2v min	0,693
Ief max	20,7
Ief max loppu	2,353
Ief min	2,611

Poiskytkentäajat [s]

SL	k ^{2S} /I ²
0,01	1,045
2,572	46,008
623,707	478,807
0,01	1,393
4,367	61,319
1474,503	638,227
0,01	1,188
9,199	91,925
6,266	74,656

Paina ylläolevia kenttiä vian paikallistamiseksi

Suojalaitte ei katkaise oikosulkuvirtoja ennen kaapelin/virtakiskon yllämpenemistä.

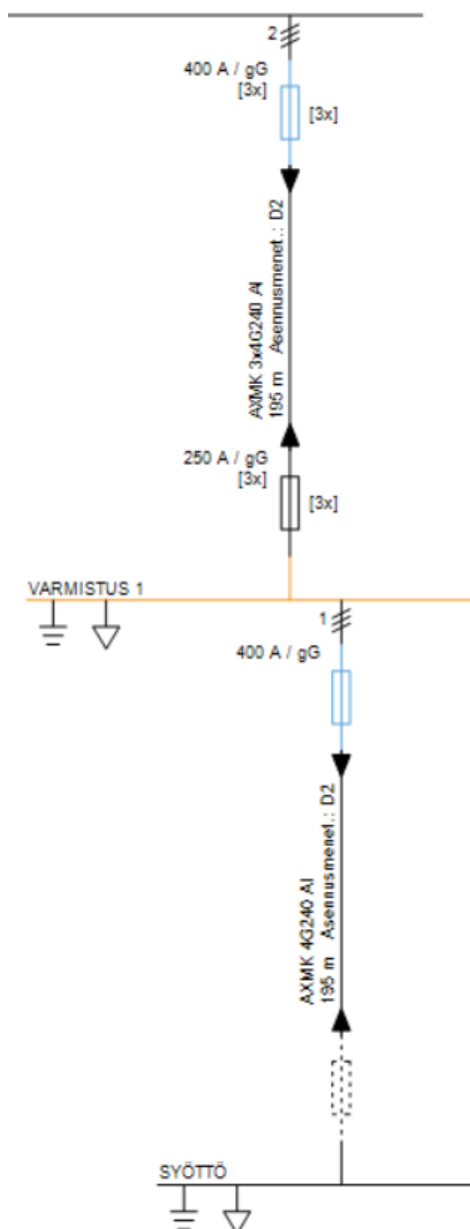
Suojalaitte kytkee maasulkuvirran pois liian myöhään suhteessa vikatilanteen sytön automaattiseen poiskytkennän vaatimukseen. Toinen syy jakokeskukselle on määrittely potentiaalintasaus, joten määräysten vaatimukset epasuoran katkaisuksen suojaamiseksi täyttyvät.

Suojalaitteen oikosulkuvirran poiskytkentäaika on pidempi kuin 5s. Yli 5s poiskytkentäajat lisäävät palonskiä vika kohdassa, eikä niitä suositella.

Kuva 34. Suojalaitteen oikosulkuvirrat

Kuva 34 nähdään 400 A sulakkeissa ilmenevät virheet punaisena ja sinisenä, sekä niiden selitykset välilehden alareunassa. Febdokin ilmoittavaa virhettä yritettiin selvittää ja korjata, mutta siihen ei löytynyt vastausta netistä tai SFS 6000 standardista. Jotenka asiasta päätettiin kysyä Febdokin tuelta, josta saatiin vastaukseksi, että ohjelma laskee minimoioikosulkuvirrat ylitarkasti, jos syöttö tulee monella kaapelilla. Tämä johtuu siitä, että Suomessa on hyväksytty kuorman päässä virtojen summautuminen vahingoittuneen linjan loppupään sulakkeilla, jotka toimivat siten vikasuojana myös syöttöön päin. Kun taas Febdokin norjalaiset kehittäjät eivät koe tämän olevan täysin standardin mukaista, jonka takia ohjelma ei ota tätä huomioon laskelmissa. Tämän takia ohjelmisto laskee monikaapelisten syöttöjen minimoioikosulkuvirrat liian pieniksi. Tämän virheen pystyy tarkistamaan joko käsilaskentana tai tekemällä Febdokilla varmistuslaskelman.

Febdokilla varmennuslaskenta tapahtui siten, että ohjelmalla tehtiin vikamallinnuspiiri (Kuva 35). Vikamallinnuksessa mallinnettiin piirin syöttö ilman yhtä kaapelia keskukselle, josta vedettiin poisjätetty kaapeli oletetulle vikapaikalle. Vikapaikka voidaan mallintaa kuormana tai keskuksena. Tällä tavalla ohjelma pitää kytkennän syöttökaapeleita ehjinä ja summaa oikosulkuvirrat yhteen pääkeskuksella, jolloin lähtevästä kaapelista pystyttiin katsomaan piirin oikeat minimoioikosulkuvirrat.



Kuva 35. Vikamallinnus

Vikamallinnuksesta huomattiin, että Febdok ilmoittaa vieläkin, ettei syötön sulakkeet toimisi oikein, koska ohjelma ei vielääkään tajua virtojen summautumista kuorman pään sulakkeilla. Ohjelma on muuttanut virheilmoituksen punaisesta lievempään siniseen. Varmennuslaskennan tuloksia päästiin tutkimaan avaamalla lähtevän kaapelin 400 A sulake (Kuva 36). Tuloksista huomataan, että minimioikosulkuvirrat ovat suuremmat, sekä niiden poiskytkentäajat ovat lyhyemmät, kuin aiemmin Kuva 34. Tuloksen $I_{ef\ min}$ arvoa ei tarvitse huomioida, koska kaapeli on oikeasti muiden kaapelien kanssa rinnan. Tuloksien mukaan piiri on oikeasti toimiva, vaikka Febdok näyttää, että piirissä olisi vika.

Jakokeskus: VARMISTUS 1 Piiri: Jakokeskus Piirin nro: 1 Vaadittu maasulun poiskytkentaika 5 s

400 A / gG AXMK 4G240 AI 199 m Asennusmenet.: D2

Suunnittele & suojaus
Selektiivisyys
Ok Peruuta

Määrittä Poista Tiedot **Okosulkuvirrat** Asettelu

SL-tieto

Tunniste:

Suojan tyyppi: Sulakkeet

Valmistaja: IEC

Katkaisusyksikkö: IEC_gG

Nimellisvirta: 400 A

Laukaisuluokka: NH-sulake

Laukaisusyksikkö: 400A

Katkaisukyky: 120 kA_{le}

Maks. pituus, jolla maasulun poiskytkennän vaatimus täyttyy: 93,2 m

Suojalaitte In. lämpötila korjattu: 400 A

Johdinten kuomitettavuus suojalaitteen jännitetasolla: 282,75 A

Suojalaitteen näkemät virrat [kA]

Ik3v max	11,742
Ik3v max loppu	4,86
Ik3v min	3,205
Ik2v max	10,169
Ik2v max loppu	4,209
Ik2v min	2,776
Ief max	7,959
Ief max loppu	2,789
Ief min	1,743

Poiskytkentaajat [s]

SL	k ² S ² /I ²
0,025	3,691
0,635	21,548
2,949	49,548
0,042	4,922
1,082	28,729
5,007	66,045
0,102	8,035
4,918	65,431
36,216	167,526

Paina ylläolevia kenttiä vian paikallistamiseksi

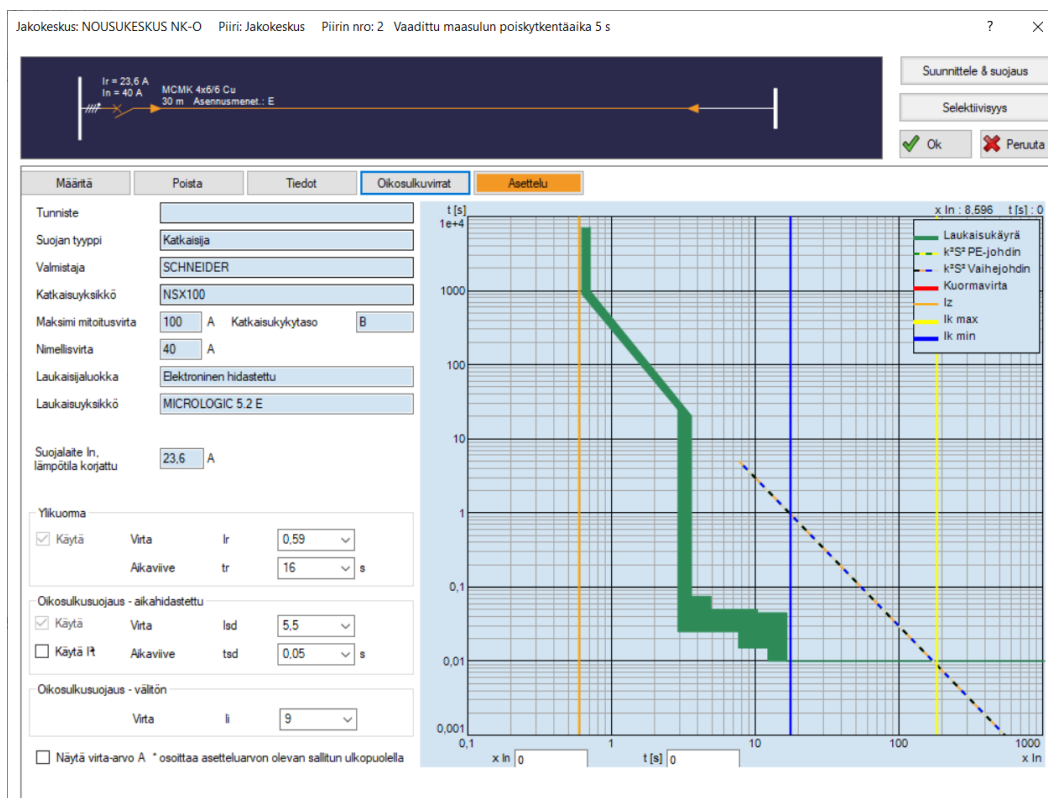
Suojalaitte kytkee maasulkuvirran pois liian myöhään suhteessa vikatilanteen syötiin automaattisen poiskytkennän vaatimukseen. Toisaalta jakokeskukseen on määritetty potentiaalintasaus, joten määrätyn vaatimukset epäsuoran kosketuksen suojaamiseksi täyttyvät.
Suojalaitteen oikosulkuvirran poiskytkentaika on pidempi kuin 5s. Yli 5s poiskytkentaajat lisäävät palotiliskää vikkakohdassa, eikä niitä suostella.

Kuva 36. Varmennuslaskennan tulokset

4.8.4 Suojalaitteen asettelu

Painamalla Asettelu -kohtaa Febdok avaa uuden välilehden (Kuva 37), jossa ohjelma esittää suojalaitteen laukaisukäyrän. Tällä välilehdellä on myös mahdollista muuttaa suojalaitteen laukaisukäyrää, jos suojalaitteeseen on mahdollista tehdä asetuseroita. Suojalaitteen säädettävyyden vastaa valmistajan oikea laite. (Sähköinfo, 2020)

Ylikuorman virtaa I_r on mahdollista säätää, jos suojalaitteen maksimivirta on suurempi, kuin laitteen rungon maksimivirta. Aikaviive valikosta voi säätää suojalaitteen laukaisu viivettä. Oikosulkusuojausta säädetään samalla tavalla kuin ylikuorman virtaa. Jos I^2t rastitetaan, niin ohjelma käyttää suojalaitteen läpipääsyenergiaa laukaisu kriteerinä, jolla on mahdollista saavuttaa parempi suojaustaso. Oikosulkusuojaus – välitön -kohtaan merkitään virran arvo, jonka ylittyessä suojalaitte toimii välittömästi. Rastittamalla Näytä virta-arvo A-kohdan, ohjelma muuttaa välilehden arvot virran todelliseksi arvoiksi. (Sähköinfo, 2020)



Kuva 37. Suojalaitteen asettelu

4.8.5 Selektiivisyys

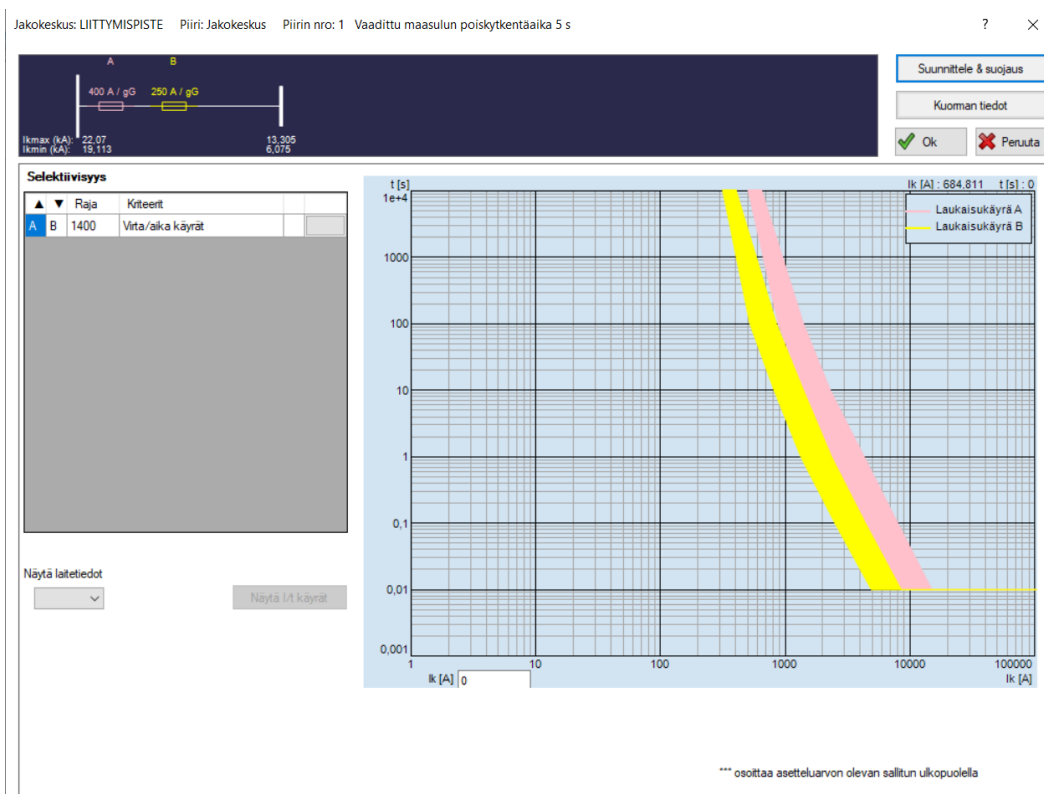
Pienjänniteverkon suojalaitteiden selektiivisyyttä päästään tarkastelemaan painamalla halutun keskuksen tai kuorman Selektiivisyys -kohtaa, jolloin ohjelma avaa uuden välilehden (Kuva 38). Febdok tuottaa selektiivisyysanalyysin korkeintaan kahdeksalta peräkkäiseltä suojalaitteelta. Tällä välilehdellä pystytään myös muokkaamaan säädettävien suojalaitteiden asetteluja. (Sähköinfo, 2020)

Febdok ei ilmoita virheitä selektiivisyysnäkyvässä, vaan käyttäjän on itse pääteltävä, onko suojalaitteet riittävän selektiivisiä keskenään. Tähän on apuna raja-arvo, joka kertoo ampeereina, mihin virta-arvoon asti piiri on selektiivinen. Vertailemalla raja-arvoja ja laitteiston oikosulkuvirta-arvoja voidaan päätellä, onko suojalaitteet riittävän selektiivisiä keskenään. (Sähköinfo, 2020)

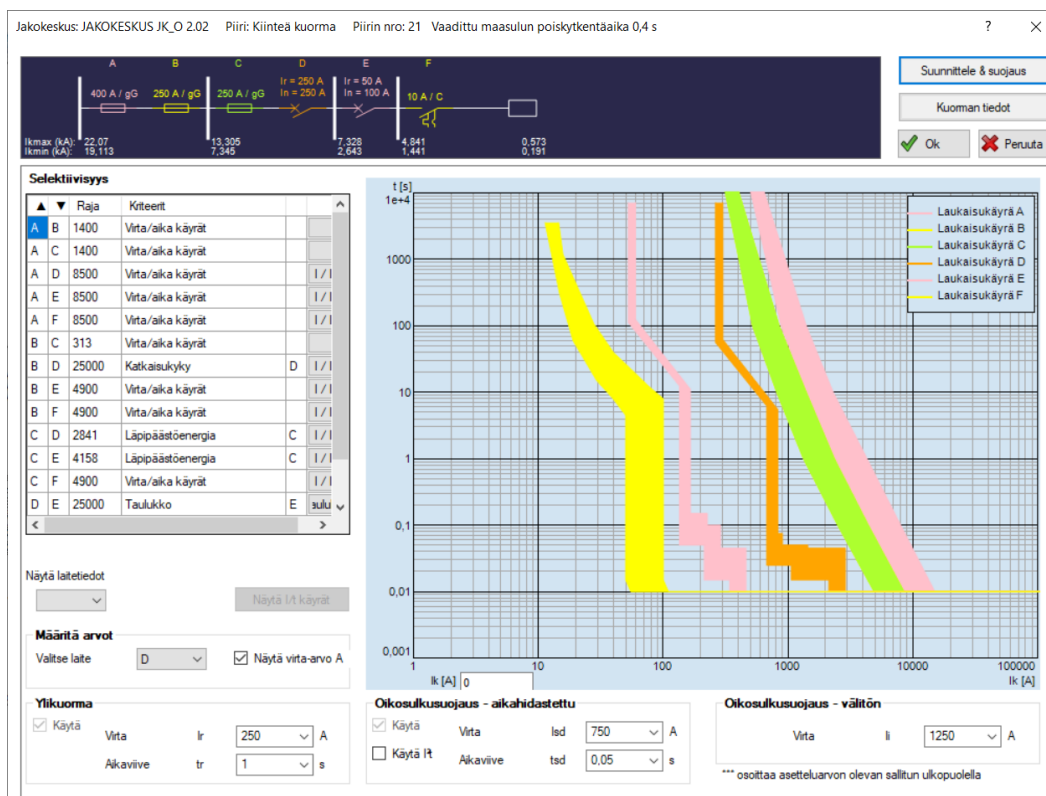
Kriteerit kohdassa näkyvät selektiivisyysanalyysin perustaksi asetettu kriteeri. Kriteerin vieressä on kirjain, joka kertoo mitä suojalaitetta on muutettava, jotta selektiivisyys muuttuisi. Kriteereitä on kuusi, jotka ovat seuraavanlaiset:

- Virta/aika käyrät: suojalaitetaulukkoa ei ole, Febdok arvioi selektiivisyyden.

- Käyrien arviointia ei sallita: suojalaitteen valmistaja ei halua, että suojalaitteen selektiivisyyttä verrataan toisen valmistajan suojalaitteeseen.
- Läpipäässyt energia: jälkimmäisen suojalaitteen katkaisuenergia on pienempi kuin edeltävän suojalaitteen sulamisenergian
- Katkaisukyky: selektiivisyys on rajoitettu suojalaitteen katkaisukykyyn.
- Identtiset suojalaitteet: peräkkäiset suojalaitteet ovat identtiset
- Taulukko: suojalaittevalmistaja on määrittänyt suojalaitteiden välille selektiivisyyden suojalaitetaulukon eli tietyillä yhdistelmillä valmistaja vakuuttaa testiensä perusteella olevan korkeampia selektiivisyyssarvoja, kuin ohjelmalla tarkastelussa havaittaisiin. (Sähköinfo, 2020)



Kuva 38. Selektiivisyyskäyrä, syöttö



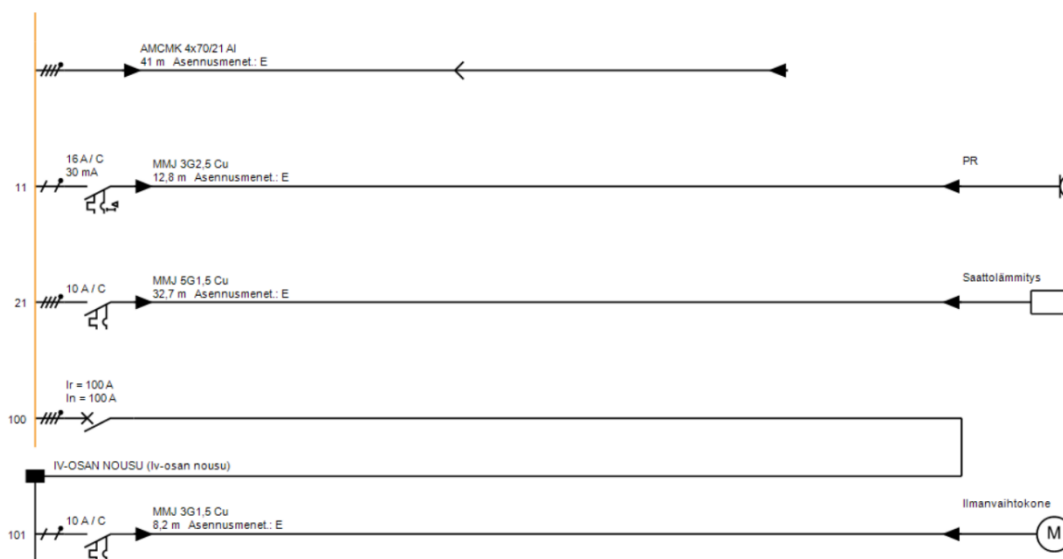
Kuva 39. Selektiivisyyskäyrä, Mallinnettavan verkon pisin ryhmä

4.9 Kuormien mallintaminen

Sähkösuunnitelmista tarkastetaan yleensä suurikuormaisten piirien toiminta, sekä automaattisen poiskytkennän toiminta heikoimpien pisteiden osalta, eli kaukaisimmat kuormat. Tällä tavalla voidaan todeta, että suojaus toimii myös muissa ryhmissä. Näiden piirien mitoitus/toiminta kannattaa tarkastaa Febdokilla käsin laskennan sijaan.

Kuormalähtöjen mallintaminen aloitettiin valitsemalla haluttu keskus aktiiviseksi, johon lähtö halutaan lisätä. Tämän jälkeen valittiin kuormantyyppi päänäkymän yläreunasta, joka haluttiin lisätä kyseiseen keskukseseen. Mallinnettavat kuormat tulevat näkyviin keskuskaavionäkymään (Kuva 40). Kuormien määrittäminen tapahtui melkein samalla tavalla kuin jakokeskuksen määrittäminen. Kuormille määritettiin tunniste, kytkentäjärjestys ja kuormitustiedot, jonka jälkeen valittiin piirille suoja-laite.

Aktiivinen jakokeskus JAKOKESKUS JK_O 2.02
 3 x 400 V L1-L2-L3-N TN-S
 Ympäristön lämpötila 30 °C



Kuva 40. Mallinnetut kuormat

Kuormalähtöjen mallintamisessa kannattaa käyttää piirien pikatyökalua (Kuva 42), jolla pystyy mallintamaan useita kuormia kerrallaan. Pikatyökalu löytyy keskuksen tiedot välilehdeltä (Kuva 41), jonka saa auki klikkaamalla hiiren oikealla haluttua keskusta jakelukaavionäkymässä. (Sähköinfo, 2020)

Jakokeskuksen tiedot

Tunniste Mitoitusperusta

Kuvaus Maadotuselektrodi
 Potentiaalintasaus

Kuomavirta A Kytentäjäjärjestys x V

Etusujan nimellisvirta In A Maadoitusjärjestelmä

Syötön kuormitettavuus Iz A Jakokeskuksen lämpötila °C Häviöt kuomassa kW

Virtojen summa

L1	<input type="text" value="0"/>	A
L2	<input type="text" value="0"/>	A
L3	<input type="text" value="0"/>	A
N	<input type="text" value="0"/>	A

Okosulkuvirrat [kA]

		Cos φ
Ik3v max	<input type="text" value="4,197"/>	<input type="text" value="0,941"/>
Ik3v min	<input type="text" value="3,07"/>	<input type="text" value="0,958"/>
Ik2v max	<input type="text" value="3,634"/>	<input type="text" value="0,941"/>
Ik2v min	<input type="text" value="2,659"/>	<input type="text" value="0,958"/>
Ik1v max	<input type="text" value="2,322"/>	<input type="text" value="0,953"/>
Ik1v min	<input type="text" value="1,644"/>	<input type="text" value="0,967"/>
Ief max	<input type="text" value="2,091"/>	<input type="text" value="0,954"/>
Ief min	<input type="text" value="1,478"/>	<input type="text" value="0,968"/>
Ipk max	<input type="text" value="6,055"/>	

Ylijännitesuoja
 Asennettu

Jakokeskuksen käyttö EN 61439 mukaan
 Ammattitaitoinen tai opastettu henkilö
 Maallikot
 Asuinhuoneisto

Standardin EN 61439 maallikoiden käyttämien keskuksien etusuoja voi olla korkeintaan 250A ja keskukselta lähtevien piirien suojat korkeintaan 125A. Nämä rajoitukset eivät koske ammattilaisia tai opastettuja henkilöitä.

Kuva 41. Keskuksen tiedot

Jakokeskuksen rakenne

Uusien piirien lkm

Jakokeskuksille

Mootoreille

Kierteille kuomille

Muuttuville kuomille

Jakokeskusten kokonaismäärä

Piirien kokonaismäärä

Uudet piirit jakokeskuksille

Ib (In) [A] Tasojen lkm

Referenssi asennustapa Piirin pituus [m]

Kaapelityyppi

Suoja

Valmistaja

Suojan tyyppi

Katkaisijayksikkö

Uudet piirit moottoreille

Ib (In) [A] Jokaisessa jakokeskuksessa

Referenssi asennustapa Piirin pituus [m]

Kaapelityyppi

Suoja

Valmistaja

Suojan tyyppi

Katkaisijayksikkö

Uudet piirit kierteille kuomalle

Ib (In) [A] Jokaisessa jakokeskuksessa

Referenssi asennustapa Piirin pituus [m]

Kaapelityyppi

Suoja

Valmistaja

Suojan tyyppi

Katkaisijayksikkö

Uudet piirit muuttuville kuomalle

Ib (In) [A] Jokaisessa jakokeskuksessa

Referenssi asennustapa Piirin pituus [m]

Kaapelityyppi

Suoja

Valmistaja

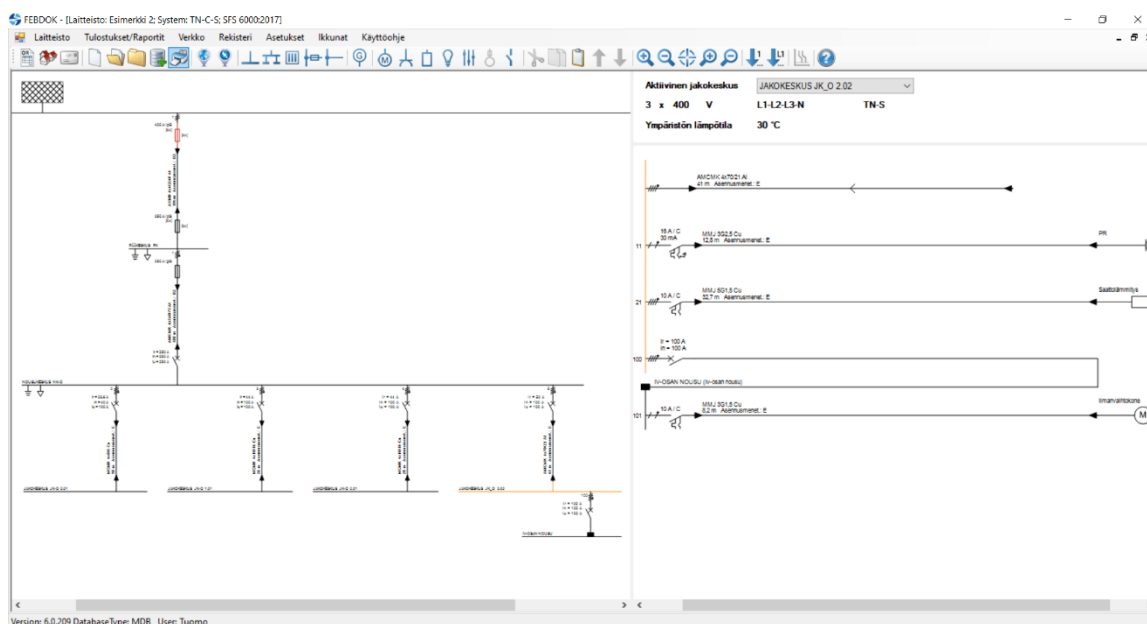
Suojan tyyppi

Katkaisijayksikkö

Kuva 42. Pikatyökalu

4.10 Valmis piiri

Opinnäytetyön esimerkkipiiri mallinnettiin loppuun edellä esitettyjen mallien mukaan. Piirin syöttö tulee neljällä AXMK 4x240 Al kaapelilla, jonka suojoina toimii syöttöpäässä 4x400 A jonovarokkeet ja loppupäässä pääkeskuksella 4x250 A kahvasulakkeet. Pääkeskus syöttää nousukeskusta AMCMK 4x240/72 kaapelilla, jonka suojoina toimii lähtöpäässä 250 A kahvasulakkeet ja loppupäässä nousukeskuksella 250 A Schneiderin MICROLOGIC 5.2 E kompaktikatkaisija. Nousukeskus syöttää neljää jakokeskusta eri kokoisilla kompaktikatkaisijoilla ja kaapeleilla. Piiriin on mallinnettu verkon heikoin piiri, sekä pari muuta kuormaa harjoitusta sekä vertailua varten.



Kuva 43. Valmis piiri

4.11 Dokumentointi

Mallinnetusta laitteistosta on mahdollista tulostaa 21 erilaista tulostetta, jotka on esitetty Kuva 44. Kaikkia tulosteita ei kuitenkaan kannata tulostaa, koska silloin tulosteita syntyisi kauhea määrä ja kuitenkin osa niistä tehdään CAD-ohjelmilla, niiden piirto- ja dokumentointiominaisuuksien takia. Sähkösuunnitelmien rinnalle tulostetaan yleisesti seuraavat tulosteet:

- Kansisivu
- Laitteiston tiedot
- Jakokeskustiedot ja piirit
- Jakokeskukset. oikosulkuvirrat
- Piiriluettelo. Oikosulkuvirrat

Mallinnetusta piiristä syntyi edellä mainituilla valinnoilla 23 sivua tulosteita. Mallinnetun pienjännite-laitteiston tulosteet ovat nähtävissä opinnäytetyön lopussa olevasta Liite 1.

Valitse asiakirjat

Kansisivu
 Laitteiston tiedot
 Jakelukaavio, pystyyn
 Jakelukaavio, vaakaan
 Keskuskaavio
 Jakokeskustiedot ja piirit
 Jakokeskukset, oikosulkuvirrat
 Piiriluettelo, oikosulkuvirrat
 Suojalaitteiden asettelut
 Mitoitustulokset
 Piiriluettelo, yleistiedot
 Selektiivisyyssanalyysi
 Piirien virhelista
 Piirien lisätiedot ja kommentit
 Tarkistuspöytäkirja
 Kaapeliluettelo
 Kiskoluettelo
 Suojalaiteluettelo
 Lyhenneluettelo
 UPS kyselylomake
 Generaattori kyselylomake

Tulostett. keskukset?

Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset

Tulostettavat piirit?

Kaikki Aktiiviset
 Kaikki Aktiiviset

Paperi

A4
 A3
 A2
 A1
 A0

Tulostuskieli

Englanti
 Suomi

Käyttöohjeet

Vikavirtasuojat
 Vikaviranvalonta

Kaikki / Tyhjennä

Ok Peruuta

Kuva 44. Dokumenttien valintaikkuna

5 SÄHKÖTEKNISTEN LASKELMIEN TULOKSIEN VERTAILU

CADMATIC Electrical ja Febdok -ohjelmien laskelmien tulokset on esitetty **Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** Ohjelmien tulokset eroavat toisistaan hieman, vaikka molempien ohjelmien piirit ovat samanlaiset. Tämä johtuu siitä, että ohjelmien laskentatavat ovat erilaiset. CADMATIC-ohjelma ei laske ollenkaan maksimioikosulkuvirtaa I_{kmax} tai jännitteenalenemaa kuormaan.

Taulukko 1. Sähkötekniisten laskelmien tulokset

CADMATIC							
Keskus	PK	NK	JK0.01	JK1.01	JK2.01	JK2.02	Heikoin piste
Syöttökaapeli Max pituus (m)	-	229.3	142.7	137.1	137.1	137.1	69.9
Jännitteenalenema/kaapeli (%)	0	0.94	0.02	0.45	0.42	0.83	0.06
Jännitteenalenema/kuorma (%)	-	-	-	-	-	-	-
Teho (kW)	146	146	0.34	26.5	22.1	29.6	1.2
Ikmax (kA)	-	-	-	-	-	-	-
Ikmin (kA)	7.345	3.222	0.772	1.617	1.526	1.226	0.195
Febdok							
Keskus	PK	NK	JK0.01	JK1.01	JK2.01	JK2.02	Heikoin piste
Syöttökaapeli Max pituus (m)	-	168.1	1868.1	62.9	75.3	138.1	280.6
Jännitteenalenema/kaapeli (%)	0	1.53	0.03	0.66	0.59	0.46	0.35
Jännitteenalenema/kuorma (%)	0	1.52	1.54	2.13	2.07	1.96	2.31
Teho (kW)	220	146	0.34	26.5	22.1	29.6	1.2
Ikmax (kA)	13.305	7.858	2.094	4.197	4.047	5.063	5.063
Ikmin (kA)	7.345	2.924	0.722	1.478	1.423	1.52	0.193

Electrical-ohjelma laskee johdotuksen maksimipituuden kaavalla 11, johon ohjelma laskee vaadittavan oikosulkuvirran arvon I_k suojalaitteen nimellisvirran ja tyyppin mukaan. Tämä on huono CADMATIC-ohjelman laskelmien kannalta, koska ohjelman suojalaitteentyyppiä voi valita vain gG-tyypin sulakkeen tai B-, C-, D-, K- tai Z/A-tyypin johdonsuojakatkaisijan.

Febdok-ohjelma mitoitaa parissa kohdassa kaapelin maksimipituuden epätodellisen pitkäksi. Tämä johtuu siitä, että Febdok laskee kaapelipituuksien laskemisessa käytetyn pienimmän vaaditun oikosulkuvirran I_k kuormitusvirralla I_b , joka määräytyy ryhmän tehon mukaan pieneksi. Tämä virhe saataisiin korjattua muuttamalla kuormitusvirtaa isommaksi.

Febdok-ohjelmalla kannattaa olla tarkkana oikosulkuvirtojen laskemisessa, koska ohjelma laskee oikosulkuvirrat laskentastandardien mukaisesti aina rajoittamattomina ottamatta huomioon suojalaitteiden rajoittavaa vaikutusta. Suunnittelijan on itse huomioitava suojalaitteiden virranrajoitus. Febdok ottaa laskelmissansa huomioon kaapelien asennustavat, jotka vaikuttavat niiden kuormitettavuuteen ja siten laskelmiin, kun taas CADMATIC ei huomio asennustapoja.

Molempien ohjelmien laskelmat ovat hyviä, mutta Febdokin tulokset ovat oletetusti tarkemmat ja tarjoavat enemmän tietoa pienjännitelaitteistosta. Electrical-ohjelma sopii pienten ryhmien tarkastamiseen, kuten valaistus ja pistorasia ryhmät, kun taas Febdokilla on mahdollista tarkastaa monimutkaisemmat jakelukaaviot, oikosulkukestoisuudet ja selektiivisyydet. Electrical-ohjelman tuloksia saataisiin tarkennettua hieman määrittämällä jokaisen keskuksen syöttötavaksi kiinteä oikosulkuvirta eikä ryhmä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuotoksena luotiin opas pienjännitelaitteiston mitoittamisesta CADMATIC Electrical ja Febdok -ohjelmilla. Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa kerrottiin pienjännitelaitteiston mitoittamiseen liittyvää teoriaa, joka auttaa suunnittelijaa ymmärtämään ohjelmien käyttämistä sekä niiden tekemiä tuloksia. Toisessa osassa kerrottiin CADMATIC Electrical -ohjelmasta ja sillä tehtävistä sähköteknisistä laskelmista, joista tehtiin esimerkki toimeksiantajalta saatuun projektiin. Kolmannessa osiossa kerrottiin Febdok-ohjelmasta ja sen ominaisuuksista sekä tehtiin esimerkki toimeksiantajalle pienjännitelaitteiston simuloinnista. Toimeksiantaja on ennenkin käyttänyt Febdok-ohjelmaa, mutta sen käyttämisessä on ollut hankaluuksia esim. ohjelma ei ole antanut valita oikeaa kaapelia. Tämän takia opinnäytetyössä käytiin kaikki mallintamisen vaiheet tarkasti läpi, jotta toimeksiantaja saa hyvän näkemyksen ohjelman käyttämisestä. Opinnäytetyön neljännessä osiossa vertailtiin molempien ohjelmien laskelmien tuloksia keskenään ja kerrottiin mistä niiden eroavaisuudet johtuvat.

Tämän lisäksi opinnäytetyössä luotiin erillinen dokumentti CADMATIC Electrical -ohjelman muista ominaisuuksista, jotka eivät olleet toimeksiantajalle entuudestaan tuttuja ja joista heille olisi eniten hyötyä. Näihin ominaisuuksiin kuului tietokantojen käyttäminen, DB-työkalu, DIALux-linkki sekä CAD- ja DB-luettelot.

6.1 CADMATIC Electrical -ohjelman ominaisuudet

CADMATIC Electrical -ohjelmasta selvitettyihin ominaisuuksiin kuului tietokantojen käyttäminen, DB-työkalu, DIALux-linkki, CAD- ja DB-luettelot ja sähkötekniikan laskelmat. Näitä ominaisuuksia käyttämällä toimeksiantaja voi helpottaa ja nopeuttaa yrityksen suunnitteluprosessia.

Tietokantoja käyttämällä saadaan nopeutettua ja samankaltaistettua yrityksen sähkösuunnittelua. Yritykselle kannattaa tehdä tietokanta, joka sisältää tuotemallit ja kaapelit mitä yritys yleensä käyttää, josta niitä voidaan hakea uusiin projekteihin. Tällä tavalla yritys säästää aikaa, koska jokaiseen projektiin ei tarvitse tehdä enää omia tuotemalleja.

DB-työkalu toimii tietokannan toimintojen keskuksena, joka mahdollistaa projektin tietojen muokkaamisen yhdestä paikasta. DB-työkalulla pystytään esimerkiksi massamuokkaamaan projektin tietoja nopeasti. DIALux-linkkiä käyttämällä yritys säästää aikaa valaistuksen suunnittelussa sekä se mahdollistaa valaistuslaskennan yhdistämisen osaksi projektia.

CADMATIC-ohjelman luettelotoimintoja käyttämällä yrityksen ei enää tarvitse tehdä omia luetteloita käsin, vaan ne voidaan tulostaa suoraan ohjelmasta. Tällä toiminnolla saadaan tulostettua jokaisesta projektista samanlaiset dokumentit, jotka saadaan liitettyä osaksi projektitietokantaa. Tätä varten yritykselle on luotava omat luettelopohjat jokaiselle dokumentille.

Toimeksiantajan kannattaa ottaa Electrical-ohjelman sähkötekniiset laskelmat toimintoon käyttöönsä pienten ryhmien minimioikosulkuvirtojen ja kaapelipituuksien tarkastamiseksi, vaikka ohjelma ei ole tarkoin. Tämän toiminto kannattaa ottaa käyttöön projekteissa mahdollisimman aikaisin, jolloin laskelmia saadaan tarkasteltua jo suunnittelu vaiheessa.

6.2 Febdok

Febdok on selkeä ja helppokäyttöinen pienjänniteverkon mitoitusohjelma, jonka käyttämiseen pääsee kiinni kohtalaisella tutustumisella ohjelman pitkään käyttöohjeeseen. Ohjelmassa on paljon eri toimintoja ja ominaisuuksia, joiden oppiminen vie oman aikansa, jonka takia opinnäytetyössä niitä kaikkia ei käyty läpi. Febdokilla pienjänniteverkon mallintaminen etenee johdonmukaisesti teholähteen valinnasta jakokeskusten ryhmien mallintamiseen. Febdokin etuna muihin laskentaohjelmiin ja käsin laskentaan verrattuna on ohjelmiston laaja valikoima kaapeleita ja laitteita, helppokäyttöisyys ja ohjelman visuaalisuus.

Febdokin kaikki ominaisuudet eivät kuitenkaan ole aivan selkeitä, kuten laitteiston muokkaaminen. Laitteistoa ei voi muokata jakokaavionäkymästä, vaan se tapahtuu keskuskaavionäkymästä. Laitteiston muokkaamisen ominaisuudet ovat rajalliset ja ne ovat lähdon poistaminen, kopioiminen tai siirtäminen. Ohjelmasta puuttuu myös yleinen kumoa-painike, joka olisi hyödyllinen toiminto tässäkin ohjelmassa.

6.3 Pohdinta

Opinnäytetyön aikana molemmat ohjelmat ja niiden toiminnot tulivat tutuiksi. Molemmista ohjelmista saatiin selvitettyä ja kerrottua haluttuja asioita ja ominaisuuksia. Opinnäytetyö osoittautui isommaksi työksi kuin alussa oletettiin, jonka takia opinnäytetyö olisi voitu jakaa alkuvaiheessa vain toisen ohjelman käyttämiseen. Näin olisi ollut enemmän aikaa perehtyä yhteen ohjelmaan, jolloin olisi voinut kertoa tarkemmin ohjelmasta ja siitä mitä sen käyttäminen käyttäjältä vaatii.

Opinnäytetyötä voisi jatkaa ostamalla Febdok-ohjelman täysiversio, jolloin voisi perehtyä sen generaattorin mitoitus ominaisuuteen. Työtä voisi tämän lisäksi jatkaa perehtymällä UPS-järjestelmään ja sen suunnitteluun Febdok-ohjelmalla. Opinnäytetyössä keskityttiin Febdok-ohjelman käyttämiseen sekä CADMATIC Electrical -ohjelman ominaisuuksiin, joilla voidaan helpottaa suunnitteluprosessia. Opinnäytetyössä olisi voitu kertoa enemmän Electrical-ohjelmasta ja sen käyttämisestä, mutta se päätettiin jättää pois, koska tämä asia on erittäin laaja ja siitä syntyisi erittäin paljon tekstiä sekä ohjelma on kuitenkin toimeksiantajalle ennestään tuttu.

Opinnäytetyö oli haastava ja erittäin laaja, koska siinä perehdyttiin kahteen eri ohjelmaan. Toimeksiantajalta on tullut hyvää palautetta opinnäytetyöstä ja sen tuloksista. Kokonaisuutena opinnäytetyössä onnistuttiin hyvin ja sille määritetyt tavoitteet saavutettiin.

LÄHTEET


- CADMATIC. (25. 1. 2013). *Kaksisuuntainen yhteys DIALux-valaistuslaskentaohjelmaan*. Haettu 4. 3. 2021 osoitteesta Video. Youtube-videopalvelu: <https://www.youtube.com/watch?v=n4nX5czxJM8>
- CADMATIC Oy. CADMATIC Electrical käyttöohje 18.0.8. Haettu 26. 3. 2021
- CADMATIC Oy. *Yritys*. Haettu 31. 3. 2021 osoitteesta <https://www.cadmatic.com/fi/yritys/>
- D1-2017. (2017). *Käsikirja rakennusten sähköasennuksista*. Espoo: Sähköinfo Oy. Haettu 24. 3. 2021
- Electrical, C. *CADMATIC Electrical*. Haettu 17. 11. 2020 osoitteesta <https://my.cads.fi/hc/fi/articles/115001535969-CADMATIC-Electrical>
- Microsoft. *Accessin SQL: peruskäsitteet, sanasto ja syntaksi*. Haettu 3. 3. 2021 osoitteesta <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/accessin-sql-perusk%C3%A4sitteet-sanasto-ja-syntaksi-444d0303-cde1-424e-9a74-e8dc3e460671>
- SFS ry. (2017). *SFS-käsikirja 600-1-1*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Haettu 24. 3. 2021
- SFS ry. *SFS 6000 Pienjännitesähköasennusten standardisarja*. Haettu 22. 3. 2021 osoitteesta <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/sfs-6000-pienjannitesahkoasennusten-standardisarja/>
- Sähköinfo. (2020). *Febdok*. Haettu 11. 1. 2020 osoitteesta <https://www.sahkoinfo.fi/product/group/63>
- Sähköinfo. (2020). *Febdok*. Haettu 18. 1. 2020 osoitteesta Käyttöohje: <https://severi.sahkoinfo.fi/DocumentRoot/febdok/K%C3%A4ytt%C3%B6ohje,%20Febdok%206.x.pdf>
- TAMK, t. *IT- ja TT-järjestelmät*. Haettu 22. 3. 2021 osoitteesta <https://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/it-ja-tt-jarjestelmat/>
- TAMK, t. *TN-järjestelmä*. Haettu 22. 3. 2021 osoitteesta <https://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/>
- UTU Oy. *Johdonsuojakatkaisijat*. Haettu 23. 3. 2021 osoitteesta <https://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/johdonsuojakatkaisijat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf>

LIITE 1: FEBDOK DOKUMENTAATIO


Asennuksen dokumentointi
Esimerkki 2

Asennus	Asiakas, omistaja
	Puh:
Laatinut / Suunnittelut	
Puh:	

Päätiedot

ASENNUS/OMISTAJA	
Nimi	
Osoite	
Postinro / toimip.	
Puhelin	
OMISTAJA/ASIAKAS	
Nimi	
Osoite	
PL	
Postinro / toimip.	
Puhelin	
Faksi	
Yhteyshenkilö	
E-posti	
LAIKENNAAN LAATIJAN LISENSSIN TIEDOT	
Nimi	
Osoite	
PL	
Postinro / toimip.	
Puhelin	
Faksi	
E-posti	
LAITTEISTON PERUSTIEDOT	
Tilausnumero	
Aloituspäivämäärä	3.2.2021
Viimeksi muutettu	26.2.2021
Laitteiston nimi	Esimerkki 2
ASENNUKSEN MÄÄRITTELY	
Jakelujärjestelmä	TN-C
Järjestelmäjännite	400 V
Tehoalue	Laskettu jakokeskuksesta
Verkkotaajuus	50 Hz
Jännitteenalennus lasketaan jakokeskuksesta	RAAKEBUS PK
Varoitustaso – jännitteenalennus kuorman	5 %
Varoitustaso – jännitteenalennus jakokeskukseen	3 %
Jännitteenalennus jakokeskukseen lasketaan jakokeskuksen mitoitusvirran perusteella.	
D-kerroin EN 60909-0:2016 mukaan $\leq 10\%$	
RAASTUKAAN GAARA:	RAASTUKA: Pvm: 30.2.2021 13:07:43
	Esimerkki 2
	Päätiedot
	SP990002017 400 V TN-C
Puh:	 60.009 6.11.2020
	Sivu 1 (2) / 2

Päätiedot

Liittymispisteen tiedot			
Tunniste	LIITYMISPISTE		
Kuvaus	Liittymispiste		
Vaihteluiden lkm	3		
Kytkeäntilajärjestys	L1-L2-L3		
Mittoitava kuormavirta	1154,70 A		
Lämpötila jakokeskuksesta	30,00 °C		
Määrittelypotentiaalitus	/ Ei ole		
Jakelutyyppi	TN-C		
Summa-kuormavirta [A]	L1: 18,2 L2: 1,7 L3: 1,7		
Kokonaisohjot [kW]	18,000		
Kommentit			
EDELTVÄN VERKON TIEDOT			
U _{max}	: 22,1 kA	R _{max}	: 0,0104 Ω
cos φ	: 0,9	X _{max}	: 0,0080 Ω
U _{min}	: 19,1 kA	R _{min}	: 0,0085 Ω
cos φ	: 0,9	X _{min}	: 0,0041 Ω
U _{pp} max	: 20,7 kA	R _{pp} max	: 0,0124 Ω
cos φ	: 0,9	X _{pp} max	: 0,0080 Ω
U _{pp} min	: 19,7 kA	R _{pp} min	: 0,0118 Ω
cos φ	: 0,9	X _{pp} min	: 0,0086 Ω
		Z ₀	: 0,0108 Ω
Verkonhaltaja vllt:	:	Pvm annettu:	:
Kommentit			
Huomautukset			
RAATUUSKÄÄNTÄMÄ:	Asennus:	Pvm:	30.12.2021 12:07:42
	Esimerkki 2		
	Päätiedot	SP940002017	
		400 V TN-C	
Puh:	 60208 4.11.2020	Sivu 2 (2)	/ 2

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi: TN-C		I_{kmax} [kA]: 22,070 $\cos \phi$: 0,90		R^+ [Ω]: 0,0104		I_{kmin} [kA]: 22,070 $\cos \phi$: 0,90		R^+ [Ω]: 0,0085		
Summakuormavirta [A]: L1: 18,22 A L2: 1,73 A L3: 1,73 A		I_{kvm} [kA]: 19,113 $\cos \phi$: 0,90		X^+ [Ω]: 0,0050		I_{kvm} [kA]: 19,113 $\cos \phi$: 0,90		X^+ [Ω]: 0,0041		
		I_{PEmax} [kA]: 20,700 $\cos \phi$: 0,90				I_{PEmin} [kA]: 19,670 $\cos \phi$: 0,90				
						Z_0 [Ω]: 0,0106				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkinä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_1 k_p k_r	I_2 [A] I_3 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{max} [kA] I_{min} [kA] Istomin [kA]	Suojalaitte Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lim} [m]
1	PÄÄKESKUS PK Pääkeskus PK Tarkista s.laite Meadoluselektrodi, potentiaalintasaus	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-C-S	AXMK 4x4G240 AI D2	195	1,00 0,65 1,00	1131,00 352,83 1,39		22,070 0,883 2,353	IEC IEC_gG 400 A	400 [4x] 120 lc
								11,742 1,866 1,632	SIBA 2000413_GG_500V_2 250 A	250 [4x] 120 lc
2	VARMISTUS 1 Varmistus 1 Meadoluselektrodi, potentiaalintasaus	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-C-S	AXMK 3x4G240 AI D2	195	1,00 0,65 1,00	848,30 352,83 1,85		22,070 1,209 2,416	IEC IEC_gG 400 A	400 [3x] 120 lc
								9,504 2,337 1,780	IEC IEC_gG 250 A	250 [3x] 120 lc
Puh:		Asennuksen osoite		Asennus		Pvm: 26.2.2021 13.07.42				
		Asiain, omistaja:		Jakokeskus		SFS 6002:2017				
				LIITTYMISPISTE		400 V TN-C				
				v8.6.0.209		Sivu 1		(4)		
				Pvm: 6.11.2020		Febdok				

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi: TN-C-S		I_{kmax} [kA]: 13,305 $\cos \phi$: 0,86		R^+ [Ω]: 0,0165		I_{kmin} [kA]: 11,234 $\cos \phi$: 0,88		R^+ [Ω]: 0,0163		
Potentiaalintasaus		I_{kvm} [kA]: 11,523 $\cos \phi$: 0,86		X^+ [Ω]: 0,0097		I_{kvm} [kA]: 9,729 $\cos \phi$: 0,88		X^+ [Ω]: 0,0088		
Summakuormavirta [A]: L1: 18,22 A L2: 1,73 A L3: 1,73 A N: 16,64 A		I_{PEmax} [kA]: 9,411 $\cos \phi$: 0,86		R_{ON} [Ω]: 0,0165		I_{PEmin} [kA]: 7,345 $\cos \phi$: 0,89		R_{ON} [Ω]: 0,0163		
				X_{ON} [Ω]: 0,0097				X_{ON} [Ω]: 0,0088		
				R_{OPEN} [Ω]: 0,0368				R_{PEN} [Ω]: 0,0428		
				X_{OPEN} [Ω]: 0,0219				X_{PEN} [Ω]: 0,0215		
						Z_0 [Ω]: 0,0283				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkinä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_1 k_p k_r	I_2 [A] I_3 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{max} [kA] I_{min} [kA] Istomin [kA]	Suojalaitte Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lim} [m]
1	NOUSUKESKUS NK-O Nousukeskus NK-O Meadoluselektrodi, potentiaalintasaus	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AMCMK 4x240/72 AI D2	100	1,00 1,00 1,00	375,00 250,00 1,91		13,305 3,114 2,446	IEC IEC_gG 250 A	250 120 lc 174,1
								7,320 4,974 2,643	SCHNEIDER NSX250 250 A B MICROLOGIC 5.2	250 25 lcs 943,9
Puh:		Asennuksen osoite		Asennus		Pvm: 26.2.2021 13.07.42				
		Asiain, omistaja:		Jakokeskus		SFS 6002:2017				
				PÄÄKESKUS PK		400 V TN-C-S				
				v8.6.0.209		Sivu 1		(5)		
				Pvm: 6.11.2020		Febdok				

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi: TN-S		I_{k1max} [kA]: 7.328 $\cos \phi$: 0.84		$R+ [D]$: 0.0290		I_{k3min} [kA]: 5.743 $\cos \phi$: 0.87		$R+ [D]$: 0.0313		
Potentiaalitasausaajat		I_{k2max} [kA]: 6.346 $\cos \phi$: 0.84		$X+ [D]$: 0.0191		I_{k2min} [kA]: 4.974 $\cos \phi$: 0.87		$X+ [D]$: 0.0182		
Summakuomavirta [A]: L1: 18.22 A L2: 1.73 A L3: 1.73 A N: 16.64 A		I_{k1min} [kA]: 4.449 $\cos \phi$: 0.84		$R_{ON} [D]$: 0.0290		I_{k1min} [kA]: 3.314 $\cos \phi$: 0.88		$R_{ON} [D]$: 0.0313		
		I_{kPEmax} [kA]: 3.609 $\cos \phi$: 0.88		$X_{ON} [D]$: 0.0191		I_{kPEmin} [kA]: 2.643 $\cos \phi$: 0.91		$X_{ON} [D]$: 0.0182		
				$R_{OPE} [D]$: 0.0868				$R_{OPE} [D]$: 0.1029		
				$X_{OPE} [D]$: 0.0536				$X_{OPE} [D]$: 0.0532		
						$Z_1 [D]$: 0.0786				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuomatyypin Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkinä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_1 k_p k_r	I_z [A] I_2 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] Istonten [kA]	Suojalaitte Valmistaja Tyyppi	I_n [A] I_c [kA] I_{lim} [m]
2	JAKOKESKUS JK-O 0.01 JAKOKESKUS JK-O 0.01	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	MCMK 4x6/6 Cu E	30	1,00 0,79 0,70	23,80 0,56 1,93		7,328 0,746 0,704	SCHNEIDER NSX100 100 A B MICROLOGIC 5.2	40 / 23,6 25 los 2714,6
3	JAKOKESKUS JK-O 1.01 Jakokeskus jk-o 1.01	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	MCMK 4x16/16 Cu E	25	1,00 0,79 0,70	44,20 42,40 2,52		7,328 1,561 1,403	SCHNEIDER NSX100 100 A B MICROLOGIC 5.2	100 / 44 25 los 1010,0
4	JAKOKESKUS JK-O 2.01 Jakokeskus jk-o 2.01	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	MCMK 4x16/16 Cu E	28	1,00 0,79 0,70	44,20 35,40 2,46		7,328 1,519 1,383	SCHNEIDER NSX100 100 A B MICROLOGIC 5.2	100 / 44 25 los 1010,0
5	JAKOKESKUS JK-O 2.02 Jakokeskus jk_o 2.02	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-S	AMCMK 4x70/21 Al E	41	1,00 0,79 0,70	82,90 47,50 2,35		7,328 1,869 1,441	SCHNEIDER NSX100 100 A B MICROLOGIC 5.2	100 / 50 25 los 1490,1
Puh:		Asennuksen osoite		Asennus		Pvm: 26.2.2021 13.07.42				
		Asiakkas omistaja:		Esimerkki 2		Jakokeskus NOUSUKESKUS NK-O		SFS 6200:2017 400 V TN-S		
				Febdok		Vs. 6.0.209 Pvm: 6.11.2020		Sivu 1 (8) 1		

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi: TN-S		I_{k1max} [kA]: 2.058 $\cos \phi$: 0.98		$R+ [D]$: 0.1214		I_{k3min} [kA]: 1.448 $\cos \phi$: 0.99		$R+ [D]$: 0.1419		
Summakuomavirta [A]: L1: 0.00 A L2: 0.00 A L3: 0.00 A N: 0.00 A		I_{k2max} [kA]: 1.782 $\cos \phi$: 0.98		$X+ [D]$: 0.0225		I_{k2min} [kA]: 1.254 $\cos \phi$: 0.99		$X+ [D]$: 0.0216		
		I_{k1min} [kA]: 1.077 $\cos \phi$: 0.99		$R_{ON} [D]$: 0.1214		I_{k1min} [kA]: 0.746 $\cos \phi$: 0.99		$R_{ON} [D]$: 0.1419		
		I_{kPEmax} [kA]: 1.016 $\cos \phi$: 0.99		$X_{ON} [D]$: 0.0225		I_{kPEmin} [kA]: 0.704 $\cos \phi$: 0.99		$X_{ON} [D]$: 0.0216		
				$R_{OPE} [D]$: 0.4564				$R_{OPE} [D]$: 0.5451		
				$X_{OPE} [D]$: 0.0657				$X_{OPE} [D]$: 0.0653		
						$Z_1 [D]$: 0.2953				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuomatyypin Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkinä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_1 k_p k_r	I_z [A] I_2 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] Istonten [kA]	Suojalaitte Valmistaja Tyyppi	I_n [A] I_c [kA] I_{lim} [m]
Puh:		Asennuksen osoite		Asennus		Pvm: 26.2.2021 13.07.42				
		Asiakkas omistaja:		Esimerkki 2		Jakokeskus JAKOKESKUS JK-O 0.01		SFS 6200:2017 400 V TN-S		
				Febdok		Vs. 6.0.209 Pvm: 6.11.2020		Sivu 1 (7) 1		

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi:	TN-S	I_{k1max} [kA]: 4.047	$\cos \phi$: 0.94	R^+ [Ω]: 0.0589		I_{k1min} [kA]: 2.958	$\cos \phi$: 0.95	R^+ [Ω]: 0.0671		
		I_{k2max} [kA]: 3.505	$\cos \phi$: 0.94	X^+ [Ω]: 0.0218		I_{k2min} [kA]: 2.551	$\cos \phi$: 0.95	X^+ [Ω]: 0.0209		
		I_{k1max} [kA]: 2.233	$\cos \phi$: 0.95	R_{ON} [Ω]: 0.0589		I_{k1min} [kA]: 1.581	$\cos \phi$: 0.95	R_{ON} [Ω]: 0.0671		
Summauomavirta [A]:	L1: 0.00 A L3: 0.00 A L2: 0.00 A N: 0.00 A	I_{kPEmax} [kA]: 1.986	$\cos \phi$: 0.95	X_{ON} [Ω]: 0.0218		I_{kPEmin} [kA]: 1.403	$\cos \phi$: 0.97	X_{ON} [Ω]: 0.0209		
				R_{OPG} [Ω]: 0.2064				R_{OPG} [Ω]: 0.2460		
				X_{OPG} [Ω]: 0.0632				X_{OPG} [Ω]: 0.0628		
						Z_4 [Ω]: 0.1482				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadotus	Kuomattyyppi Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	kr kp kr	I_z [A] I_2 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{max} [kA] I_{min} [kA] Istos [kA]	Suojajäite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lim} [m]
Puh:		Asennuksen osote:		Asennus		Esimerkki 2		Pvm: 26.2.2021 13.07.42		
		Asiain omistaja:		Jakokeskus		JAKOKESKUS JK-O 1.01		SFS 6000:2017 400 V TN-S		
				Febdok		Vä: E0209 Pvm: 6.11.2020		Sivu 1 (8) 1		

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		
Jakelutyyppi:	TN-S	I_{k1max} [kA]: 3.908	$\cos \phi$: 0.94	R^+ [Ω]: 0.0612		I_{k1min} [kA]: 2.849	$\cos \phi$: 0.95	R^+ [Ω]: 0.0698		
		I_{k2max} [kA]: 3.384	$\cos \phi$: 0.94	X^+ [Ω]: 0.0221		I_{k2min} [kA]: 2.467	$\cos \phi$: 0.95	X^+ [Ω]: 0.0211		
		I_{k1max} [kA]: 2.148	$\cos \phi$: 0.95	R_{ON} [Ω]: 0.0612		I_{k1min} [kA]: 1.519	$\cos \phi$: 0.97	R_{ON} [Ω]: 0.0698		
Summauomavirta [A]:	L1: 0.00 A L3: 0.00 A L2: 0.00 A N: 0.00 A	I_{kPEmax} [kA]: 1.918	$\cos \phi$: 0.95	X_{ON} [Ω]: 0.0221		I_{kPEmin} [kA]: 1.353	$\cos \phi$: 0.97	X_{ON} [Ω]: 0.0211		
				R_{OPG} [Ω]: 0.2196				R_{OPG} [Ω]: 0.2570		
				X_{OPG} [Ω]: 0.0639				X_{OPG} [Ω]: 0.0635		
						Z_4 [Ω]: 0.1530				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadotus	Kuomattyyppi Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	kr kp kr	I_z [A] I_2 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{max} [kA] I_{min} [kA] Istos [kA]	Suojajäite Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{lim} [m]
Puh:		Asennuksen osote:		Asennus		Esimerkki 2		Pvm: 26.2.2021 13.07.42		
		Asiain omistaja:		Jakokeskus		JAKOKESKUS JK-O 2.01		SFS 6000:2017 400 V TN-S		
				Febdok		Vä: E0209 Pvm: 6.11.2020		Sivu 1 (8) 1		

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus			
Jakelutyyppi: TN-S		I_{kmax} [kA]: 4.841 $\cos \phi$: 0.90		R+ [Ω]: 0.0471		I_{kmin} [kA]: 3.610 $\cos \phi$: 0.92		R+ [Ω]: 0.0531			
		I_{k2max} [kA]: 4.192 $\cos \phi$: 0.90		X+ [Ω]: 0.0231		I_{k2min} [kA]: 3.126 $\cos \phi$: 0.92		X+ [Ω]: 0.0222			
		I_{k1max} [kA]: 2.742 $\cos \phi$: 0.91		R_{ON} [Ω]: 0.0471		I_{k1min} [kA]: 1.969 $\cos \phi$: 0.94		R_{ON} [Ω]: 0.0531			
Summauomavirta [A]: L1: 18.22 A L2: 1.73 A L3: 1.73 A N: 16.64 A		I_{kPEmax} [kA]: 2.034 $\cos \phi$: 0.94		X_{ON} [Ω]: 0.0231		I_{kPEmin} [kA]: 1.441 $\cos \phi$: 0.96		X_{ON} [Ω]: 0.0222			
				R_{OPE} [Ω]: 0.1594				R_{OPE} [Ω]: 0.1902			
				X_{OPE} [Ω]: 0.0674				X_{OPE} [Ω]: 0.0670			
						Z_0 [Ω]: 0.1442					
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Päätus [m]	k_1 k_2 k_3 k_4	z_1 [A] z_2 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{max} [kA] I_{min} [kA] Istomin [kA]	Suojalaitte Valmistaja Tyyppi	I_n [A] I_c [kA] I_m [m]	
11	PISTORASIAIT IV-KONEHUONE PR	Vaihteleva kuorma L1-N	MMU 3G2.5 Cu E	12.8	1.00 0.79 0.70	16.60 16.00 3.36	Suojalaitte 30.0 [mA]	2.742 0.633 0.565	ABB DS202C M C 16 A	16 10 67.6	
21	SAATTOLÄMMITYS 21 Saattolämmitys	Kiinteä kuorma L1-L2-L3-N	MMU 5G1.5 Cu E	32.7	1.00 0.79 0.70	10.20 1.73 2.71		4.841 0.199 0.191	ABB S200M C 10 A	10 10 66.9	
100	IV-OSAN NOUSU Iv-osan nousu	Ryhmittely L1-L2-L3-N TN-S				2.36		4.841 3.126 1.441	SCHNEIDER NSX100 100 A B MICROLOGIC 5.25	100 25 20.0	
101	312PK01PF01 Ilmanvaihtokone	Moottori L1-N	MMU 3G1.5 Cu E	8.2	1.00 0.79 0.70	12.20 0.64 2.00		2.742 0.614 0.560	ABB S200M C 10 A	10 10 66.9	
Puh:		Asennuksen osoite		Asennus		Pvm: 26.2.2021 13.07.42					
		Asiakas, omistaja:		Esimerkki 2		Jätkökeskus JAKOKESKUS JK_O 2.02		SFS 6020:2017 400 V TN-S			
				Va. 6.0.209 Pvm: 6.11.2020		Febdok		Sivu 1 1		(10)	

Piiriluettelo, oikosulkuvirrat

Jakelun tiedot		Max. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus		Min. oikosulkuvirrat ja impedanssit		Jakokeskus			
Jakelutyyppi: TN-C-S		I_{kmax} [kA]: 11.742 $\cos \phi$: 0.85		R+ [Ω]: 0.0185		I_{kmin} [kA]: 9.653 $\cos \phi$: 0.88		R+ [Ω]: 0.0189			
		I_{k2max} [kA]: 10.169 $\cos \phi$: 0.85		X+ [Ω]: 0.0112		I_{k2min} [kA]: 8.359 $\cos \phi$: 0.88		X+ [Ω]: 0.0103			
Potentiaalintasauvat		I_{kPEmax} [kA]: 7.959 $\cos \phi$: 0.86		R_{ON} [Ω]: 0.0185		I_{kPEmin} [kA]: 6.075 $\cos \phi$: 0.89		R_{ON} [Ω]: 0.0189			
Summauomavirta [A]: L1: 0.00 A L2: 0.00 A L3: 0.00 A N: 0.00 A				X_{ON} [Ω]: 0.0112				X_{ON} [Ω]: 0.0103			
				R_{OPE} [Ω]: 0.0449				R_{OPE} [Ω]: 0.0532			
				X_{OPE} [Ω]: 0.0271				X_{OPE} [Ω]: 0.0267			
						Z_0 [Ω]: 0.0342					
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Kytkentäjärjestys Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Päätus [m]	k_1 k_2 k_3 k_4	z_1 [A] z_2 [A] ΔU [%]	Laitteet	I_{max} [kA] I_{min} [kA] Istomin [kA]	Suojalaitte Valmistaja Tyyppi	I_n [A] I_c [kA] I_m [m]	
1	VARMISTUS 2 VARMISTUS 2 Maadoituselektrodi, potentiaalintasaus	Jakokeskus L1-L2-L3-N TN-C-S	AXMK 4G240 Al D2	195	1.00 0.65 1.00	282.80 250.00 5.90		11.742 2.776 1.740	IEC IEC_gG 400 A	400 120 93.2	
Puh:		Asennuksen osoite		Asennus		Pvm: 26.2.2021 13.07.42					
		Asiakas, omistaja:		Esimerkki 2		Jätkökeskus VARMISTUS 1		SFS 6020:2017 400 V TN-C-S			
				Va. 6.0.209 Pvm: 6.11.2020		Febdok		Sivu 1 1		(11)	

Jakokeskustiedot

Oikosulkuvirta		Asevakuus tiedot	
Jakokeskus: LIITTYMISPISTE		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö:	Tärkeää: Käyttäjän on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	
Ik Maks: 22,070 [kA]		Jakelijärjestelmä: TN-C	
Ik Min: 19,113 [kA]		Edellytettävä suojalaite	
Ief Maks: 20,700 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 19,670 [kA]			

Piiri no.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suoja-laite			Kaapeliin			Rivilläin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	B [mm²]	L [m]	Asenn. tapa.		
1	Pääkeskus PK	Tarkista	400	gG	240	195	D2		
		SUL	250	gG					
2	Varmistus 1	SUL	400	gG	240	195	D2		
		SUL	250	gG					

AAKUNNUSKÄYTTÖ:	AAKUNNUS:	Pvm:	20.2.2021 12.07.13
	Esimerkki 2		
	Jakokeskustiedot	IPN400020+7	400 VTN-C
Puh:	 40 209 4.11.2020	Siiv.	1 (12) / 8

Jakokeskustiedot

Oikeusluku		Asennuksen tiedot	
Jakokeskus: PAAKESKUS PK		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: LIITTYMISPISTE	Tärkeää: Käyttäjä on vastuussa sähkölaitteista ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	4 x 3 x 240 [mm ²]
Ik Maks: 13,305 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-C-S
Ik Min: 7,345 [kA]		Edellyttävä suojalaitte	SUL 4x250 A gG
Ief Maks: 9,411 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 7,345 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojalaitte			Kaapelin			Riviliitin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	S [mm ²]	L [m]	Asenn. tapo.		
0	Pääkeskus PK	SUL	250	gG	240	195	D2		
1	Nousukeskus NK0	SUL	250	gG	240	100	D2		
		KATKAISUJA	250						

JAKOKESKUSIN Osoite:	RAAJIUSK: Pvm: 20.2.2021 13.07.43
	Esimerkki 2
	Jakokeskustiedot
	gPa40002017 400 V TN-C-S
Puh:	 0.0.2008 4.11.2020 SIVU 2 (14) / 8

Jakokeskustiedot

Oikeuskuvime		Asennustiedot	
Jakokeskus: NOUSUKESKUS NK-O		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: PÄÄKESKUS PK	Tärkeää: Käyttäjän on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	4 x 240 mm ²
Ik Maks: 7,328 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-S
Ik Min: 3,314 [kA]		Edellyttävä suojalaitte	KATKAISUJA 4x250 A
Ief Maks: 3,609 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 2,643 [kA]			

Pilin nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojalaitte			Kaapeliin			Rivilläin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	S [mm ²]	L [m]	Asenn. tapa.		
0	Nousukeskus NK-O	KATKAISUJA	250		240	100	D2		
2	JAKOKESKUS JK-O 0.01	KATKAISUJA	23.6		6	30	E		
3	Jakokeskus [k-o 1.01	KATKAISUJA	44		16	26	E		
4	Jakokeskus [k-o 2.01	KATKAISUJA	44		16	26	E		
5	Jakokeskus [k_o 202	KATKAISUJA	50		70	41	E		

JAAKOKESKUS OAJA:	JAAKOKESKUS: Esimerkki 2	Pvm: 30.8.2021 12:07:43
	Jakokeskustiedot	#P#400000017 600 VTH-2
Puh:	 40 2028 4 11 2020	#P# 3 (19) / 6

Jakokeskustiedot

Oikeuskuvime		Asennuksen tiedot	
Jakokeskus: JAKOKESKUS JK-O 0.01		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: NOUSUKESKUS NIK-O	Tärkeää: Käyttäjä on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	4 x 6 mm ²
Ik Maks: 2,058 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-S
Ik Min: 0,746 [kA]		Edellyttävä suojalaitte	KATKAISUJA 4x40 A
Ief Maks: 1,016 [kA]		Maaditus Elektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 0,704 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojauslaite			Kaapeliin			Riviliitin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	S [mm ²]	L [m]	Asenn. tapa.	Nro	[mA]

JAKOKESKUS:	JAKOKESKUS	Pvm:	30.8.2021 12:07:43
	Esimerkki 2		
	Jakokeskustiedot	#P960002017	400 V TN-S
Puh:	 02020 4.11.2020	Siiv 4	(18)

Jakokeskustiedot

Oikeuskuvinta		Asennustiedot	
Jakokeskus: JAKOKESKUS JK-O 1.01		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: NOUSUKESKUS NIK-O	Tärkeää: Käyttäjä on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	4 x 16 mm ²
Ik Maks: 4,047 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-S
Ik Min: 1,581 [kA]		Edellyttävä suojalaitte	KATKAISUA 4x100 A
Ief Maks: 1,966 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 1,403 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojauslaitte			Kaapeliin			Riviliitin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	S [mm ²]	L [m]	Asenn. tapa.	Nro	[mA]

JAAHUTUKKALABE:	JAAHUTUK:	Pvm:	20.2.2021 12.07.43
	Esimerkki 2		
	Jakokeskustiedot	SP940000017	600 VTH-2
Puh:	 40 200 4-11-2020	sivu 2 / 2 (17)	

Jakokeskustiedot

Oikeuskuvinta		Asevakuuse tiedot	
Jakokeskus: JAKOKESKUS JK-O 2.01		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: NOUSUKESKUS NIK-O	Tärkeää: Käyttäjä on vastuussa sähkölaitteistoista ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	4 x 16 mm ²
Ik Maks: 3,908 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-S
Ik Min: 1,519 [kA]		Edellyttävä suojalaitte:	KATKAISIJA 4x100 A
Ief Maks: 1,918 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 1,353 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojauslaitte			Keskeliin			Riviliitin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	B [mm ²]	L [m]	Asenn. tapa.	Nro	[mA]

LAADUNVARMUUSGABLA:	LAADUNVARMUUSGABLA:	Pvm:	30.1.2021 12.07.12
	Esimerkki 2		
	Jakokeskustiedot	SP960002017	600 VTH-S
Puh:	 60 209 6 11 2020	600 VTH-S /	(14)

Jakokeskustiedot

Oikeusluku		Asennuksen tiedot	
Jakokeskus: JAKOKESKUS JK_O 2.02		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: NOUSUKESKUS NK-O	Tärkeää: Käyttäjän on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	4 x 70 mm ²
Ik Maks: 4,841 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-S
Ik Min: 1,969 [kA]		Edellytettävä suojalaite:	KATKAISUJA 4x100 A
Ief Maks: 2,034 [kA]		Maadituslaitteiden (Tyyppi):	
Ief Min: 1,441 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojauslaite			Kaapeli			Rivilläin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	B [mm ²]	L [m]	Asenn. tapa.		
11	PR	JSK.	16	C	2.5	12.8	E		30
21	Seattolämmitys	JSK.	10	C	1.5	32.7	E		
100	Iivosen nousu	KATKAISUJA	100						
101	Ilmanvaihtokone	JSK.	10	C	1.5	8.2	E		

AAKUNNAN GAARA:	AAKUNNAN Pvm: 20.2.2021 12.07.13
	Esimerkki 2
	Jakokeskustiedot
	IPN400000+7 400 VTN-S
Puh:	 40 209 4.11.2020
	Sivu 7 (19) / 8

Jakokeskustiedot

Oikosulkuvirta		Asevulkaavriedot	
Jakokeskus: VARMISTUS 1		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: LIITTYMISPISTE	Tärkeää: Käyttäjän on vastuussa sähkölaitteistosta ja sen käytöstä	Syöttökaapeli: 3 x 3 x 240 [mm ²]	
Ik Maks: 11,742 [kA]		Jakelujärjestelmä: TN-C-S	
Ik Min: 6,075 [kA]		Edellytys suojalaitteelle: SUL 4x250 A gG	
Ief Maks: 7,959 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 6,075 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojalaitte			Kaapeliin			Riviliitin	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	B [mm ²]	L [m]	Asenn. tapa.		
0	Varmistus 1	SUL	250	gG	240	195	D2		
1	VARMISTUS 2	SUL	400	gG	240	195	D2		

MAAILMAN Osoite:	Asennus: Pvm: 20.2.2021 13.07.43
	Esimerkki 2
	Jakokeskustiedot
	APR0000017 400 V TN-C-S
Puh:	 0.0.2009 0.11.2020
	 0 0 (00)

Jakokeskustiedot

Oikeuskuvinta		Asennustiedot	
Jakokeskus: VARMISTUS 2		Järjestelmäjännite / Verkkotaajuus: 400 [V] 50 [Hz]	
Syöttö: VARMISTUS 1	Tärkeää: Käyttäjä on vastuussa sähkölaitteistoista ja sen käytöstä	Syöttökaapeli:	3 x 240 mm ²
Ik Maks: 4,860 [kA]		Jakelujärjestelmä:	TN-C-S
Ik Min: 1,976 [kA]		Edeltävä suojalaji:	
Ief Maks: 2,789 [kA]		Maadoituselektrodi (Tyyppi):	
Ief Min: 1,976 [kA]			

Piiri nro.	Kuorman kuvaus/laitteisto	Suojauslaite			Keskeliin			Rivilläth	Vvsk
		Tyyppi	In [A]	Omin.	B [mm]	L [m]	Asenn. tapa.		
0	VARMISTUS 2				240	195	D2		

JAKOKESKUSNÄKÖ:	Asennus:	Pvm:	30.3.2021 12:07:42
	Esimerkki 2		
	Jakokeskustiedot	SP960002017	600 VTN-C-S
Puh:	 60 200 6 11 2020	600 V / 6	(21)

Jakokeskukset, oikosulkuvirrat

Jakokeskustunnus	I _Q max		I _Q min		I _Q max		I _Q min		I _Q max		I _Q min		I _Q max		I _Q min		Z _s		Max	
	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	I _g [kA]	cos phi	[ohm]	I [kA]
IV-OSAN NOUSU	4,841	0,90	3,610	0,92	4,192	0,90	3,126	0,92	2,742	0,91	1,969	0,94	2,034	0,94	1,441	0,96	0,1442			6,998
JAKOKESKUS JK-O 2.0	4,841	0,90	3,610	0,92	4,192	0,90	3,126	0,92	2,742	0,91	1,969	0,94	2,034	0,94	1,441	0,96	0,1442			6,998
JAKOKESKUS JK-O 0.0	2,068	0,98	1,448	0,99	1,782	0,98	1,254	0,99	1,077	0,99	0,746	0,99	1,016	0,99	0,704	0,99	0,2953			2,959
JAKOKESKUS JK-O 1.0	4,047	0,94	2,968	0,96	3,505	0,94	2,561	0,96	2,233	0,95	1,581	0,96	1,986	0,95	1,403	0,97	0,1482			5,839
JAKOKESKUS JK-O 2.0	3,908	0,94	2,849	0,96	3,384	0,94	2,467	0,96	2,146	0,95	1,518	0,97	1,918	0,95	1,353	0,97	0,1536			5,639
LIITTYMISPISTE	22,070	0,90	22,070	0,90	19,113	0,90	19,113	0,90					20,700	0,90	19,670	0,90	0,0106			31,898
NOUSUKESKUS NK-O	7,328	0,84	5,743	0,87	6,346	0,84	4,974	0,87	4,449	0,85	3,314	0,88	3,609	0,88	2,643	0,91	0,0786			10,678
PÄÄKESKUS PK	13,305	0,86	11,234	0,88	11,523	0,86	9,729	0,88	9,411	0,86	7,345	0,89	9,411	0,86	7,345	0,89	0,0283			19,305
VARMISTUS 1	11,742	0,85	9,653	0,88	10,169	0,85	8,359	0,88	7,959	0,86	6,075	0,89	7,959	0,86	6,075	0,89	0,0342			17,056
VARMISTUS 2	4,860	0,82	3,588	0,87	4,209	0,82	3,107	0,87	2,789	0,84	1,976	0,88	2,789	0,84	1,976	0,88	0,1052			7,102

Puh:	Aseennuksen osoite:	Aseennus:	Pvm: 26.2.2021 13.07.45
	Aseennuksen omistaja:	Esimerkki 2	
		Jakokeskukset, oikosulkuvirrat	SFS 6000:2017
		400 V TN-C	
		Febdok	Sivu 1 (22)
		Vs. 6.0.209	1
		Pvm. 6.11.2020	

Sisällysluettelo

Raportin nimi	Raportin sivu	Sivujen lukumäärä
Kansisivu	1	1
Päätiedot	2	2
Piiriluettelo, oikosulkuvirat	4	9
Jakokeskustiedot	13	9
Jakokeskukset, oikosulkuvirat	22	1