

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jussi Korhonen

LIIKERAKENNUKSEN SÄHKÖVERKON MITOITUS FEBDOK-
OHJELMISTOA HYÖDYNTÄEN

Opinnäytetyö
Helmikuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
013 260 600

Tekijä(t)
Jussi Korhonen

Nimeke
Liikerakennuksen sähköverkon mitoitus FebDok-ohjelmistoa hyödyntäen

Toimeksiantaja
Insinööritoimisto Jormakka Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli tutustua FebDok sähköverkonmitoitusohjelmaan ja mallintaa kyseisellä ohjelmalla erään tuotantolaitoksen sähköverkko. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Insinööritoimisto Jormakka Oy.

Tehtävänä oli mallintaa rakenteilla olevan tuotantolaitoksen normaaliverkko, varmennettu verkko ja UPS-verkko sekä tarkastella saatuja tuloksia. Tuloksia tarkastelemalla selvisi, että joitain komponentteja oli vaihdettava, jotta saavutettaisiin standardien asettamat vaatimukset.

Lopputuloksena tuotantolaitoksesta saatiin hyvin kattavat dokumentit jokaisen verkon osalta. Kaikki saadut tulokset ja dokumentit eivät kuitenkaan ole suunnittelussa välttämättömiä, sillä tiedot löytyvät muista saaduista dokumenteista. Tehdyn laskelman avulla pystyttiin parantamaan tuotantolaitoksen sähköverkon asianmukaista toimintaa.

Kieli
suomi

Sivuja 28
Liitteet 1

Asiasanat

FebDok, suunnittelu, oikosulkuvirta, sähköverkko, mitoitus



THESIS
February 2016
Degree Programme in Electrical Engineering
Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author (s)
Jussi Korhonen

Title
Dimensioning of Manufacturing Facility's Electrical Network with FebDok Program

Commissioned by
Engineering company Jormakka Oy

Abstract

The purpose of this thesis work was to introduce FebDok, a software for measuring and modeling electrical networks, and to model one manufacturing facility's electrical network using the said software. The client for this thesis is Engineering company Jormakka oy.

The task was to model the normal network, reserve network and UPS-network, as well as analyze the received results, for a manufacturing facility that is under construction. Upon analyzing the results, it was found that some components should be replaced in order to achieve the required standards.

As the end result, comprehensive documents were obtained for each network, though all the documents and results are not necessary for planning, because the information can be found in other documents. With the calculations done, the functionality of the facility's electrical network was improved.

Language

Finnish

Pages 28

Appendices 1

Keywords

FebDok, design, short circuit current, electrical network, dimensioning

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Insinööritoimisto Jormakka Oy	7
3	FebDok	7
3.1	Nelfo Oy	7
3.2	FebDok	7
4	Sähköverkon suunnittelu	8
4.1	Oikosulkusuojaus	8
4.2	Vikasuojaus	9
4.3	Kuormitettavuus	10
4.4	Suojauksen selektiivisyys	12
4.5	Jännitteenalenema	13
5	Projektin toteutus	14
5.1	Suunnittelukohde	14
5.2	Projektin luominen	15
5.2.1	Laitteiston määrittely	15
5.2.2	Keskijännite verkko	16
5.2.3	Päämuuntajien muuntajatiedot	17
5.2.4	Ryhmäkeskukset	18
5.2.5	Suojalaitteet	18
6	Tulokset ja niiden tarkastelu	20
6.1	Oikosulkuvirran rajoittaminen	20
6.2	Tulosteet	21
7	Pohdinta	26
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1 Arvioidut liittymistehot

Käsitteet

Cos φ	Tehokerroin
Normaaliverkko	Tavanomainen syöttävä verkko
SFS	Finnish Standards Association Suomen Standardoimisliitto SFS ry
UPS	Uninterrupted Power Supply, keskeytymätön virransyöttö
UPS-verkko	Verkko, jonka toiminnallisuus on varmennettu akustolla
Varmennettu verkko	Verkko, jonka toimivuus on varmennettu sähkökatkojen varalta esim. generaattorilla

1 Johdanto

Sähköverkon mitoituksessa tärkein asia on verkon toimivuus, joka riippuu siitä, onko verkko mitoitettu oikein. Sähköverkon komponenttien yli- tai alimitoittaminen ei ole taloudellisesti tai toiminnallisesti järkevää, joten sähköverkko kannattaa laskea ennen sen toteuttamista. Ylimitoidut kaapelit lisäävät verkon hintaa ja ylimitoidut suojalaitteet eivät toimi tarkoitetulla tavalla, kun taas alimitoidut kaapelit ja suojalaitteet eivät kestä suunniteltua kuormitusta.

Tämä opinnäytetyö on tehty Joensuussa sijaitsevalle sähkösuunnittelutoimisto Jormakka Oy:lle. Työn tarkoituksena oli laskea erään kohteen sähköverkko FebDok-ohjelmalla, joka on sähköverkkojen mitoitukseen tarkoitettu ohjelma. Ennen työn aloittamista en ollut aikaisemmin käyttänyt FebDokia, joten vei aikaa ennen kuin opin käyttämään ohjelmaa kunnolla. Suunnittelukohteen vaatimuksen ja koon puolesta sen laskeminen ilman erillistä ohjelmaa olisi ollut todella työlästä. Insinööritoimistolta löytyi valmiiksi lisenssi FebDok-ohjelmaan, mutta työn tekemisen kannalta tarvittiin vielä generaattorit-lisäosa, joka ostettiin Sähköinfo Oy:ltä.

Tehtävänä oli mallintaa sähköverkko, suorittaa vikavirtojen ja tehonjaon laskenta sekä analysoida saatuja tuloksia ja näin todeta verkon toimivuus. Työstä käyvät ilmi käytetyt suojalaitteet, keskukset, muuntajat, generaattorit sekä kaapelityypit ja niiden pituudet.

2 Insinööritoimisto Jormakka Oy

Toimeksiantaja opinnäytetyölle on Joensuussa toimiva Insinööritoimisto Jormakka Oy, jonka toimitusjohtajana toimii Jussi Jormakka. Yrityksen toimintaan kuuluu LVI-, sähkö- ja rakennusautomaatiosuunnittelua sekä energiaselvityksiä, valaistussuunnittelua, kuntoarvioita ja rakennusten 3D-mallinnusta. Yritys on perustettu vuonna 1964 ja sillä on toimistoja Joensuussa sekä Kuopiossa. Työntekijöitä yrityksessä on kirjoitushetkellä yli 30 ja toteutettuja projekteja on yli 20000. Projektit vaihtelevat pienemmistä korjausrakennuskohteista suuriin teollisuuskiinteistöihin. [1.]

3 FebDok

3.1 Nelfo Oy

Nelfo on ammattijärjestö sähkö- ja tietotekniikan urakoitsijoille ja yrityksille Norjassa. Nelfon jäseniin kuuluu noin 1450 yhtiötä, joissa on yhteensä 27000 työntekijää. Järjestö toimii läheisessä yhteistyössä sisaryrityksien kanssa ympäri Eurooppaa. Pää tavoitteena Nelfolla on luoda ja ylläpitää tilannetta, joka varmistaa jäsenten tuottavuuden ja kilpailukyvyn. [2.]

3.2 FebDok

FebDok on pienjännitesähköasennusten mitoitukseen ja dokumentointiin tarkoitettu ohjelma. FebDok tarkistaa sähköasennuksen standardinmukaisuuden standardin SFS 6000 mukaan. FebDokia voidaan käyttää asuin-, toimisto- ja liikerakennusten sekä sairaaloiden, teollisuusrakennusten sähköasennusten laskentaan ja dokumentointiin. Suomessa FebDokin voi hankkia Sähköinfo Oyn kotisivuilta. Ohjelma julkaistiin vuonna 1991 ja sitä ylläpidetään ja kehitetään

koko ajan käyttäjien toivomukset ja tarpeet huomioon ottaen. Käyttäjiä ohjelmalla ovat sähköurakoitsijat, -suunnittelijat ja myös oppilaitokset. FebDok on norjalaisvalmisteinen ohjelma, mutta sitä myydään Suomen lisäksi myös Ruotsissa Iso-Britanniassa sekä Tanskassa. [3.]

4 Sähköverkon suunnittelu

Suunniteltaessa sähköasennusta on varmistettava, että kotieläinten, ihmisten ja omaisuuden suojaus toteutuu sähköiskun, lämmön sekä sähkömagneettisen vaikutuksien osalta. Myös sähköasennusten toimivuus tarkoitetulla tavalla on varmistettava. [4, s. 31-32.]

4.1 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojaalle on kaksi keskeistä vaatimusta. Suojan on pystyttävä katkaisemaan suurin oikosulkuvirta piirissä. Lisäksi ennen suojattavienpiirien vaurioitumista suojalaitteen on katkaistava virta. [5, s.138.]

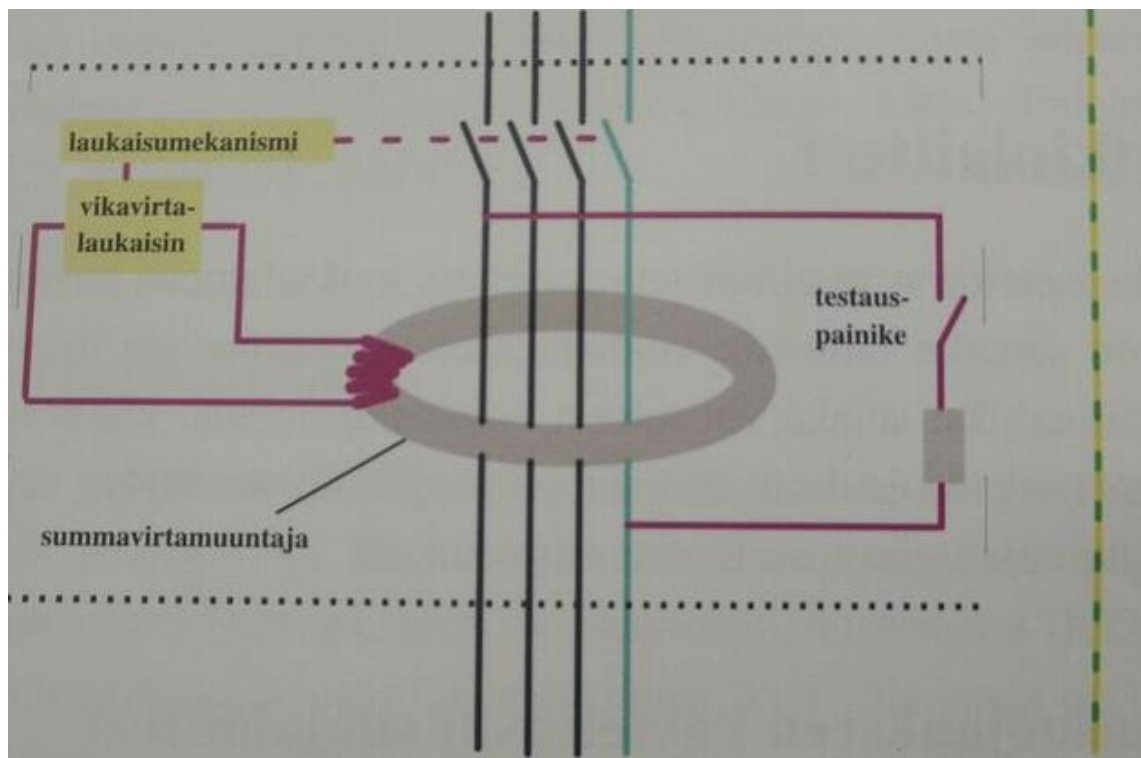
Oikosulkusuoja on sijoitettava sellaiseen kohtaan, jossa johtimen poikkipinta pienenee, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Jotta oikosulkusuojan voi jättää pois asennuksesta, täytyy johto asentaa niin, että oikosulun vaara on mahdollisimman pieni eikä johto saa olla sijoitettuna palavien materiaalien lähelle. Oikosulkusuoja ei vaadita, kun kyseessä on tietyt mittaussiirit tai johtimet, jotka liittyvät generaattoreita, muuntajia, tasasuuntaajia tai akkuja niihin liittyviin suojalaitteet sisältäviin keskuksiin, virtapiiriin, jonka katkeaminen voisi aiheuttaa vaaraa, esimerkiksi nostomagneettien syöttöpiirit. [4, s. 131-133.]

Silloin kun oikosulkusuojaus toteutetaan yhteisellä ylikuormitus- ja oikosulkusuojaalla, täytyy varmistua, että suojalaitteen katkaisukyky on riittävä. Tällöin se suojaa myös oikosulkuvirran lämpövaikutuksilta. [5. s138]

4.2 Vikasuojaus

Oikosulkusuojaus sekoitetaan monesti vikasuojaukseen. Siinä missä oikosulkusuojaus suojaa johdinta lämpövaikutukselta niin vikasuojaus suojaa ihmistä tai eläintä vian aiheuttamalta kosketusjännitteeltä. [5, s138]

Vikavirtasuojalla tarkoitetaan automaattisesti toimivaa suojalaitetta, jonka toiminta perustuu vaihe- ja nollajohtimen summavirran mittaamiseen. Mikäli summavirta ylittää toiminta-arvon, kytkin avaa virtapiirin hyvin nopeasti. Kuvassa 1. esitellään vikavirtasuojan toimintaperiaate. [5, s.244]



Kuva 1. Vikavirtasuojan rakenne [5, s. 244]

4.3 Kuormitettavuus

Kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttaa moni asia. Mitoitettaessa kaapelia tärkeimpänä kriteerinä on kuormitusvirta. Muita vaikuttavia asioita ovat johtimen materiaali, lämpötila, muiden virtapiirien läheisyys, asennustapa ja -paikka. Näiden asioiden perusteella pystytään varmistumaan, ettei kaapeli normaalikäytössä aiheuta tulipalovaaraa tai lämpene liikaa, lyhentäen kaapelin käyttöikä kiihdyttämällä eristeiden vanhenemista. [5. s.216-217]

Yleensä kaapelin mitoittaminen tarkasti ei ole perusteltua vaan käytetään valmiiksi laskettuja kuormitustaulukoita. Taulukossa 1. on esitetty yksinkertaistettu kuormitettavuustaulukko, josta näkee erilaisten kaapelien kuormitettavuuden neljällä eri asennustavalla. Taulukko sisältää arvot uppo- (A), pinta- (C), maa- (D) ja vapaasti ilmaan tehdylle asennukselle (E). [5. s217]

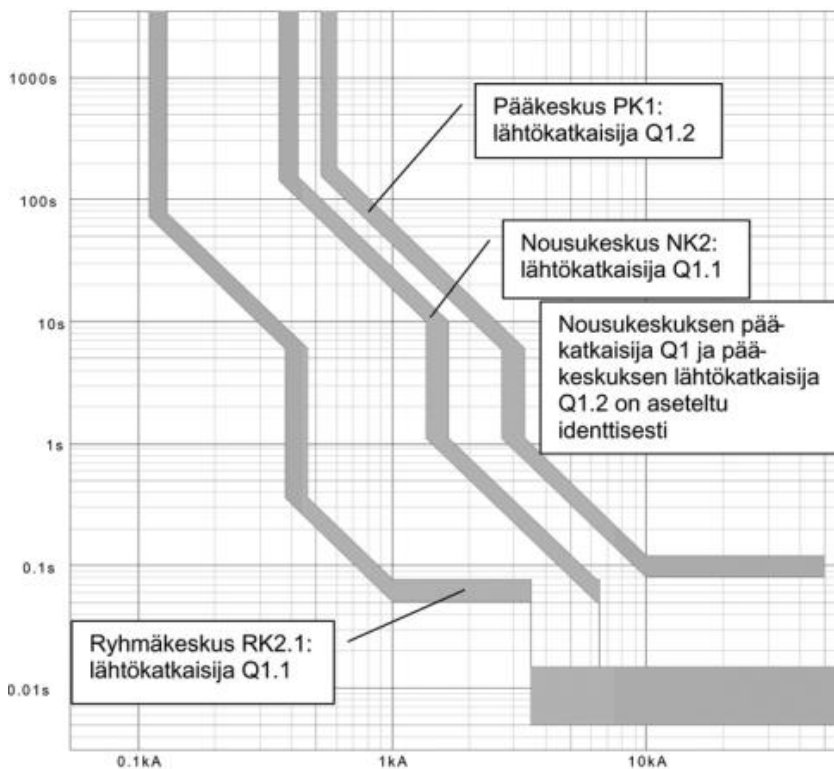
Taulukko 1. Johtojen kuormitettavuudet [5. s.217]

Johtimen nimellis- poikkipinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

4.4 Suojauksen selektiivisyys

Selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että vikapaikkaa lähinnä oleva suoja toimii ja erottaa vikapaikan ja mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. Mikäli verkon suunnitteluvaiheessa ei ole kiinnittänyt huomiota selektiivisyyteen ei puutetta huomaa yleensä ennen kuin vian sattuessa. Tällöin jakokeskustasolla aiheutunut vika voi katkaista sähköt koko kiinteistöstä väärän suojalaitteen toiminnan seurauksena tai jättää vikatilanteen päälle aiheuttaen näin vaaratilanteen. [6. s.1-2]

Selektiivisyyden tarkastelussa vertaillaan suojalaitteiden toimintakäyriä. Toimintakäyristä käy ilmi suojalaitteen toiminta-aika virran funktiona. Jotta suojaus olisi selektiivinen pitää, virtapiirissä jäljempänä olevan suojalaitteen käyrä olla edeltävän käyrän alapuolella. Käyrät eivät myöskään saa leikata toisiaan missään välissä tai leikkausvälillä oleva virta-alue ei ole selektiivinen.



Kuva 2. Ylivirtasuojien toimintakäyrät, käyttöjännite 400V [6. s.4]

4.5 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema johtuu virtapiirin johdoissa ja komponenteissa syntyvistä jännitehäviöistä. Virtapiirin impedanssin kasvaessa myös jännitteenalenema kasvaa. Aleneman suuruuteen vaikuttaa myös kuormituksen tyyppi. Kun puhutaan jännitteenalenemasta, yleensä tarkoitetaan suhteellista jännitteenalenemaa ja luku ilmoitetaan prosentteina. Mikäli jännitteenalenema ilmoitetaan voltteina, puhutaan absoluuttisesta jännitteenalenemasta. [7. s.41-42]

SFS-6000 -standardi suosittelee liittymispisteen ja kuormituspisteen välille korkeintaan 5%:n jännitteenalenemaa. Valaistuksessa suositeltu arvo on korkeintaan 3% verrattuna nimellisjännitteeseen. [4. s.262]

Jännitteenalenema voidaan laskea kaavalla 1.

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

u on jännitteenalenema voltteina

b on kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille

ρ_1 on johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä

L on johtojärjestelmän pituus metreinä

S on johtimen poikkipinta-ala neliömillimetreinä

$\cos \varphi$ on tehokerroin

λ on johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden

Ib on suunniteltu virta ampeereina

Prosentuaalinen jännitteenalenema voidaan laskea kaavalla 2

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0} \quad (2)$$

missä

u on jännitteenalenema voltteina

U0 on jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina

5 Projektin toteutus

5.1 Suunnittelukohde

Opinnäytetyötä varten mallinnettiin sähköverkko tuotantolaitokseen. Tässä työssä työn kohteesta käytetään ilmaisua tuotantolaitos. Pinta-alaa tuotantolaitoksella on noin 9300 m² ja kerroksia rakennuksessa on seitsemän.

Sähkö syötetään kohteeseen 20kV- keskijänniteverkosta neljän 1600kVA:n muuntajan kautta rakennukseen. Sähköverkonlaskenta on tehty näiltä neljältä muuntajalta eteenpäin, jokainen erillisenä kokonaisuutena.

Tuotantolaitoksen sähköverkko voidaan jakaa kolmeen suurempaan kokonaisuuteen, normaaliverkkoon, varavoimaverkkoon ja UPS-verkkoon. Näistä jokainen verkko on laskettu erikseen.

Normaaliverkko koostuu neljästä pääkeskuksesta ja 26 ryhmäkeskuksesta eri kerroksissa. Varmennettu verkko koostuu kahdesta 500kVA:n generaattorista, jotka syöttävät kahta pääkeskusta ja 22:ta ryhmäkeskusta. UPS-verkko koostuu UPS-laitteistosta ja yhdestä UPS-keskuksesta.

5.2 Projektin luominen

Tuotantolaitoksessa käytettävät kaapelit, komponentit ja suojalaitteet oli valmiiksi valittu, joten verkonmallintamisolosuorituksessa niitä ei tarvinnut enää valita, vaan mallinnus tehtiin jo valmiiksi valituilla komponenteilla. Mallinnuksessa käytössä oli rakennuksen pohjakuvat, keskus- ja piirikaaviot sekä komponenttiluettelo.

5.2.1 Laitteiston määrittely

Uusi projekti luodaan syöttämällä ohjelmaan perustiedot. Asetuksissa valitaan jakelujärjestelmä, järjestelmäjäännite, verkkotaajuus, jännitteenalenemalaskelmat ja sekä piste, josta laskelma aloitetaan. Oletuksena varoitustasona yhteenlasketulle jännitteenalenemalle ohjelmassa on 4% ja jännitteenalenema keskukseseen 2%. Kappaleessa 4.5 todettu standardin mukainen maksimi jännitteenalenemalle on 5%, joten näitä oletusarvoja ei muutettu. Oletuksena ohjelma tarjoaa liittymispisteeksi pääkeskusta, mutta tässä kohteessa se täytyi muuttaa muuntajaksi.

Kuva 3. Laitteiston määrittely

5.2.2 Keskijännite verkko

Laskelman aloittamista varten tulee selvittää laitteistoa edeltävän verkon tiedot. Verkon tiedot saa sähköverkkoyhtiöltä. Tässä kohteessa keskijänniteverkkoa ei ollut laskettu verkkoyhtiön toimesta, joten verkkoyhtiö joutui antamaan toimeksiantannon yritykselle, jolla oli tarvittavat ohjelmat verkon laskentaan.

FebDokiin tarvitaan tiedot verkkojännitteestä, oikosulkutehosta ja oikosulkuvirrasta sekä maksimi-, että minimi-tilasta.

5.2.3 Päämuuntajien muuntajatiedot

Rakennuksen sähköverkkoa syöttää neljä päämuuntajaa. Muuntajat ovat identtisiä toistensa kanssa ja ne ovat yhteydessä toisiinsa kiskosilloilla. Kuvassa 4 näkyy verkkoa syöttävän muuntajan tiedot.

The screenshot shows a software window titled 'Laitteiston määrittely' (Equipment Configuration). The window has a sidebar on the left with buttons for 'Määrittely', 'Edeltävä verkko', 'Ensimmäinen keskus', 'Muuntaja' (with a sub-button '1'), 'Muuntajatieto' (highlighted in yellow), 'Kaapeli / virtakisko', 'Suoja' (with 'Valitse' and 'Poista' buttons), 'Kaapeli I/t', 'Säätö', and 'Tieto'. At the bottom of the sidebar are 'Asiakas', 'Laitteisto', 'Vast. lisenssinhaltija', 'OK', and 'Keskeytä' buttons. The main area displays the following data for 'MUUNTAJA 1':

Muuntajatunniste	MUUNTAJA 1										
Muuntajakapasiteetti [kVA]	1600	Ensiön nimellisjännite [kV]	20								
Kytkenäryhmä	Dyn11	Toision nimellisjännite [V]	400								
Oikosulkujännite [%]	<table border="1"> <tr> <td>ek</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>er</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ex</td> <td>5,92</td> </tr> </table>			ek	6	er	1	ex	5,92		
ek	6										
er	1										
ex	5,92										
Nollajärj. imp. [mOhm]	<table border="1"> <tr> <td>R0 / R+</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>X0 / X+</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>R0</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>X0</td> <td>0,0056</td> </tr> </table>			R0 / R+	1	X0 / X+	0,95	R0	0,001	X0	0,0056
R0 / R+	1										
X0 / X+	0,95										
R0	0,001										
X0	0,0056										

At the bottom right, there are buttons for 'Lisää muuntajarekisteriin' and 'Hae tiedot muuntajarekisteristä'. A note at the bottom left reads: 'Vihj. Tässä ilmoitetaan muuntajatiedot. Kenttä Kytkenäryhmä on ainoastaan tiedoksi eikä vaikuta laskentaan Oikosulkujännitteestä tarvitaan ainoastaan kaksi arvoa kolmesta. Kolmannen FEBDOK laskee. Yleensä valmistaja ilmoittaa arvot er ja ek.'

Kuva 4 Muuntajatiedot

Kuvassa 4. ek on muuntajan yhteenlaskettu oikosulkujännite prosenteissa. Se on kytköksissä muuntajan impedanssiin.

er on muuntajan oikosulkujännitteen reaaliosa prosenteissa. Reaaliosa on kytköksissä muuntajan resistanssiin.

ex on muuntajan oikosulkujännitteen imaginääriosia prosenteissa. Se on kytköksissä muuntajan reaktanssiin.

R0/R+ on muuntajan nollajärjestelmän resistanssin ja positiivisen järjestelmä-

resistanssin(muuntajaresistanssin suhde)

*X0/X+ on muuntajan nollajärjestelmän reaktanssin ja positiivisen järjestelmä-
reaktanssin (muuntajareaktanssin suhde)*

R0 on muuntajan nollajärjestelmän resistanssi

X0 on muuntajan nollajärjestelmän reaktanssi [8. s.63-64]

5.2.4 Ryhmäkeskukset

Kuormitustietojen saamiseksi täytyi keskuskaavioita, pohjakuvia ja laiteluetteloja hyväksikäyttämällä laskea jokainen kuormituspiste keskuskohtaisesti. Liitteessä 1 löytyvät supistetut tiedot normaaliverkon ryhmäkeskusten arvioiduista liittymistehoista.

5.2.5 Suojalaitteet

Valittaessa suojalaitetta voi näytettäviä vaihtoehtoja rajata kuvan 5 mukaan erilaisin perustein. Rajauksen jälkeen suojalaitteen toimivuuden kyseisessä tilanteessa voi tarkistaa painamalla hiiren oikeaa näppäintä ja valitsemalla ”Tarkasta suojalaitteet listassa”. Toimiville suojille ohjelma antaa ilmoituksen ”OK” ja ne, jotka eivät toimi antaa ”Ei” varoituksen punaisella pohjalla. Mikäli ilmoituksessa lukee ”OK??” sinisellä taustalla asennus ei standardien vastainen, mutta siinä on jotain muuta huomioitavaa. Ilmoitus voi olla esimerkiksi: ”Suojalaitteen käytönaikainen katkaisukyky - Ics - on liian pieni suhteessa suurimpaan vikavirtaan. Suojalaitteen äärimmäinen katkaisukyky - Icu - antaa riittävän katkaisukyvyyn.”

Ylivirtasuojan valinta oikosulkusuojaukseen

Lista

Katso SL tiedot

Katkaisuyksikkö

EAN Katkaisija Yksikkö

Katkaisukyky

P t

I / t

Laukaisuyksikkö

EAN- Laukaisu Yksikkö

Laukaisuyksikön tiedot

L toiminto

S toiminto

I-toiminto

G toiminto

I / t

Tarkista suojal. listassa

Katso SL ilmoitukset

Valitse

Tulosta

Kesk

Katkaisijaluokka	Laukaisijaluokka	Valmistaja	Maksimi mitoitusvirta [A]	Katkaisuyksikkö	Katkaisukyky taso	Laukaisuyksikkö
Sulakkeet			80			
Johdonsuojakatk			80	2000013_GG_500V_0	B	2000013.80_GG_5
Katkaisija	Diazed	AEG	100	2000213_GG_500V_0		2000213.80_GG_5
Moottorisuojaus	Neozed	FS_LINDNER	125	2000313_GG_500V_1		2000313.80_GG_5
Sulakkeet	NH-sulake	IEC	160	2000413_GG_500V_2		2000413.80_GG_5
		JM	200	2020913_GG_690V_0		2020913.80_GG_6
		SIBA	224	2021113_GG_690V_1		2021113.80_GG_6
		SIEMENS	250	2021213_GG_690V_2		2021213.80_GG_6
			300	3NA2_0_500		3NA2_0_500_80

Näytä kaikki valmistajat Näytä ilman rajoituksia

Näytä vanhentuneet laitteet

Suunnitteluperusteet

Suojalaitteen näkemä kuormavirta 75,8 [A] Suurin vikavirta 23,303 [kA]

Kuormitettavuus (Iz) 110,6 [A] Pienin vikavirta 5,036 [kA]

Valmistaja	Katkaisuyksikkö	In [A]	Laukaisuyksikkö	Katkaisukyky taso	Ic [kA]	Ok?	Teminen säätö	Lyhytaika säätö	Välttön säätö
IEC	IEC_D_gG	80	IEC_D_gG_80	B	20	OK			
IEC	IEC_gG	80	80A	B	120	OK			
AEG	NT000_gL	80	NT000_GL_80	B	120	OK			
FS_LINDNER	NH2_GL/GG	80	NH2_GL/GG_80	B	120	OK			
FS_LINDNER	NH1_GL/GG	80	NH1_GL/GG_80	B	120	OK			
FS_LINDNER	NHC00_GL/GG	80	NHC00_GL/GG...	B	120	OK			
FS_LINDNER	NH00_AM	80	NH00_AM_80	B	120	OK			
JM	M2_gL/690	80	M2_gL/690_80	B	50	OK			
JM	M00_gL/690	80	M00_gL/690_80	B	50	OK			
JM	M1_gL	80	M1_gL_80	B	50	OK			
JM	M1_gL/690	80	M1_gL/690_80	B	50	OK			
JM	M2_gL	80	M2_gL_80	B	50	OK			
JM	M00_gL	80	M00_gL_80	B	50	OK			
JM	M3_gL	80	M3_gL_80	B	50	OK			
JM	M3_gL/690	80	M3_gL/690_80	B	50	OK			

Luettujen lukumäärä Aktiivinen asema 2

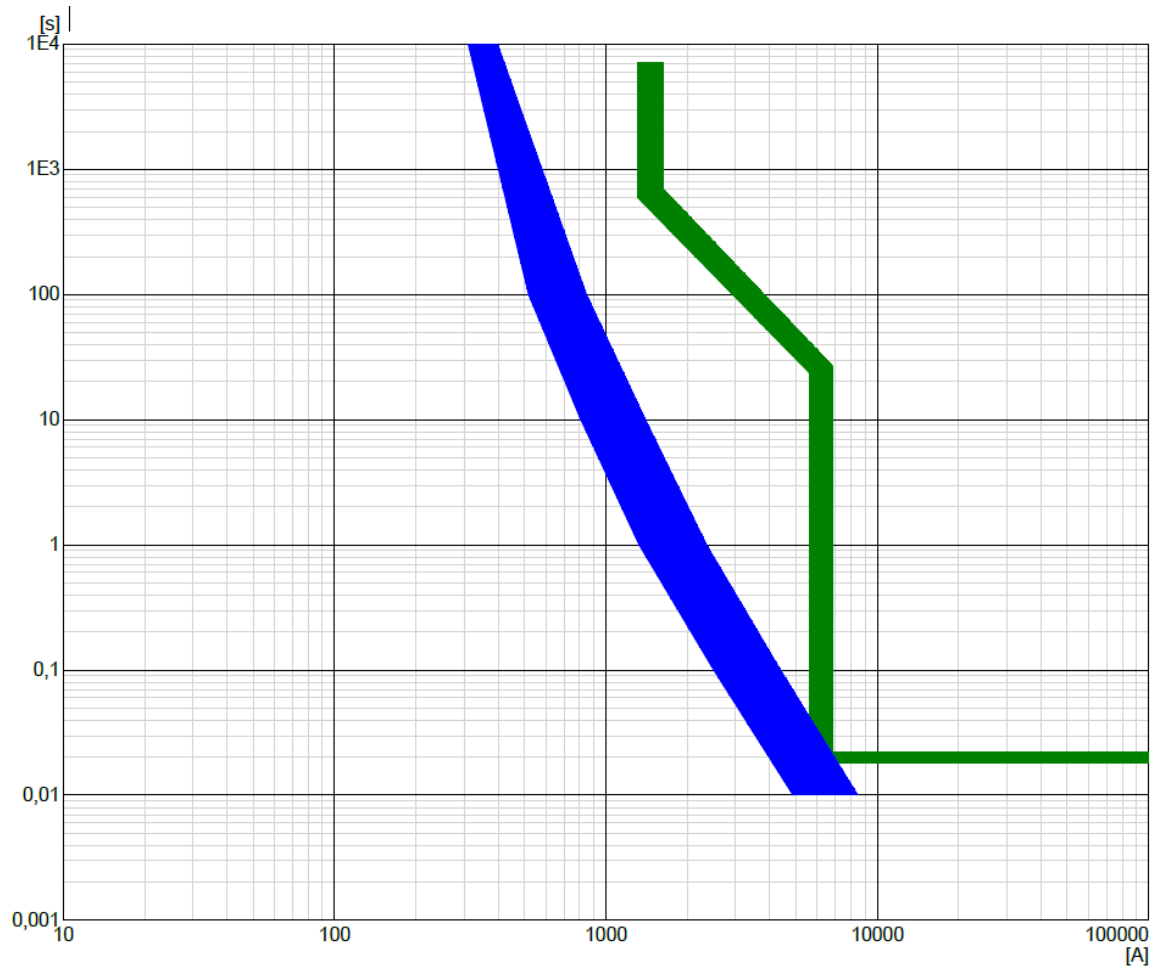
Kuva 5. Suojalaitteen valinta

6 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tuloksia tarkasteltaessa käy ilmi, että normaaliverkon nousukiskoon liitetyt kompaktikatkaisijat ovat oikosulkukestoisuudeltaan liian pieniä ja ne on vaihdettava. Suunnitellut katkaisijat eivät olisi kestäneet oikosulkutilanteessa, sillä niiden katkaisukyky oli vain 10kA ja suurin mahdollinen vikavirta oli 24kA. Kaapeleiden kestoisuus ei tullut laskelmassa ongelmaksi vaan kaikki valitut kaapelit toimivat suunnitellusti, eikä jännitteenalenema noussut liian isoksi.

6.1 Oikosulkuvirran rajoittaminen

Pääkeskuksesta syötettyjen keskusten oikosulkukestoisuutta määriteltäessä kannattaa ottaa huomioon alakeskuksen syötössä olevien suojalaitteiden oikosulkuvirtaa rajoittava vaikutus. Sulakkeiden rajoittavaa vaikutusta oikosulkuvirtaan voidaan tarkastella ominaiskäyrien avulla. Kuvassa 6 näkyy sinisellä 250A gG sulake ja vihreällä 1250A kompaktikatkaisijan toimintakäyrät. Tässä tapauksessa suojaus on selektiivinen, sillä sinisellä näkyvä pienemmän oikosulkuvirran vaativa suojalaite on kokonaan vihreän alapuolella [9. s.107]



Kuva 6 Suojalaitteiden ominaiskäyrät

Laskelmissa FebDok ei ota huomioon sulakkeiden oikosulkuvirtaa rajoittavaa vaikutusta, vaan näyttää oikosulkuvirran samana koko haaran läpi. Tämä lisää suunnittelijan työtä huomattavasti, ainakin jos kyseessä on ison kohteen sähköverkon laskenta. Asia selvisi ottamalla yhteyttä asiakaspalveluun, josta syy sitten selvisi. Asia liittyy FebDokissa oleviin monen eri valmistajan komponentteihin, eivätkä komponenttien valmistajat ole testanneet yhteensopivuuksia toisen valmistajan tuotteilla.

6.2 Tulosteet

FebDokista saa yksikohtaiset tulokset koko sähköverkosta. Kuvasta 6 näkee ohjelman tulostusvalikon ja tulostettavat dokumentit. Tulokset voi tulostaa PDF-

tiedostoksi jakokeskuskohtaisesti tai vaihtoehtoisesti koko laskettavan sähköverkon kerralla.

Valitse tulostus

Kansisivu
 Päätiedot
 Pääjohtokaavio, pysty
 Pääjohtokaavio, vaaka
 Jakokeskusaavio
 Virtapiirit
 Jakokeskusten vikavirrat
 Yksityiskohtainen piiriluettelo
 Suojalaitteasetukset
 Mitoitustulokset
 Yksinkertaistettu piiriluettelo 2
 Selektiivisyysanalyysi
 Piirien virhelista
 Lisäteksti virtapiirit
 Poikkeamakaavio
 Laitteiston kaapelityypit
 Kiskotyyppit laitteistossa
 Suojalaitetyypit laitteistossa
 Etuliitekuvaus piiriluettelo
 UPS kysely
 Generaattorikysely

Varmennus / tarkistuslista

Käyttäjän ohje
 Vikavirtasuojaja
 Vikavirtavalvonta

Tulosta jakokeskukset?
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.
 Kaikki Akt.

Tulosta virtapiirit?
 Kaikki Merkitty
 Kaikki Merkitty

Formaatti
 A4
 A3
 A2
 A1
 A0

Kieli
 Englantil.
 Suomal.

Valitse/poista kaikki

Keskeytä OK

Kuva 7 Tulostettavat dokumentit

Kansisivu

Kansisivulla ilmoitetaan rakennuksen perustiedot sekä dokumentin tekijän tiedot.

Päätiedot

Päätiedoissa on mallinnetun sähköverkon lähtötiedot. Tulosteesta ilmenee yksityiskohtaisesti kohteen tiedot.

Pääjohtokaavio

Pääjohtokaaviosta käy ilmi verkon rakenne liittymispisteestä ryhmäkeskuksiin. Dokumentista käy myös ilmi käytetyt suojalaitteet sekä kaapelityypit.

Jakokeskuskaavio

Jakokeskuskaaviossa on kuvattu ryhmäkeskusten lähdöt. Dokumentista selviää myös käytetyt kaapelityypit ja suojalaitteet.

Virtapiirit

Dokumentissa on ilmoitettu kaikki keskuksat ja niiden tiedot. Tiedoista selviää helposti oikosulkuvirrat ja asennuksen tiedot.

Jakokeskusten vikavirrat

Dokumentissa ilmoitetaan jokaisen keskuksen oikosulkuvirta-arvojen yksi-, kaksi-, ja kolmevaiheisten oikosulkujen minimi- ja maksimiarvot sekä tehokertoimet.

Yksityiskohtainen piiriluettelo

Yksityiskohtaisesta piiriluettelosta näkyy koko laskelmassa käytetty virtapiiri ja sen komponentit. Dokumentti on pääjohtokaavion ja jakokeskuskaavion tekstimuotoinenvastike.

Suojalaitteasetukset

Suojalaitteasetuksista selviää jokaisen keskuksen suojalaitteiden yksityiskohtainen tyyppi ja laukeamiseen vaadittavat arvot.

Mitoitustulokset

Dokumentissa ilmoitetaan yksityiskohtaisesti kaikkien lähtöjen tiedot.

Yksinkertaistettu piiriluettelo

Yksinkertaistetusta piiriluettelosta selviää piiriluettelossa olevat asiat yksinkertaisemmassa muodossa.

Selektiivisyysanalyysi

Selektiivisyysanalyysissä selviää virtapiireissä käytettävien suojalaitteiden selektiivisyys. Dokumentissa listataan käytettävä suojalaite ja keskus, jossa suojalaite sijaitsee.

Piirien virhelista

Piirien virhelista dokumentista käy ilmi kaikki laskelmassa olevat virheet ja ongelmakohdat.

Poikkeamakaavio

Poikkeamakaaviossa esitetään samat tiedot kuin yksityiskohtaisessa piiriluettelossa. Koska dokumentin tiedot esitetään muissa tulosteissa, poikkeamakaavio on turha.

Laitteiston kaapelityypit

Dokumentti sisältää kaikki projektissa käytetyt kaapelit sekä niiden piirien pituudet.

Kiskotyypit laitteistossa

Dokumentti sisältää kaikki projektissa käytetyt kiskot sekä niiden piirien pituudet ja IP luokan.

Etuliitekuvaus piiriluettelo

Etuliitekuvauksessa käydään läpi muissa dokumenteissa käytettävät lyhenteet.

UPS kysely

Dokumentissa kerrotaan tiedot kolmivaiheisen 400 voltin UPSin laskentaan.

Generaattorikysely

Dokumentissa on tiedot generaattoriin liitettyjen laitteistojen laskentaan.

7 Pohdinta

Opinnäytetyöhön tutustumisen aloitin selvittämällä, kuinka käyttää FebDok ohjelmaa, koska minun ei ollut aiemmin tarvinnut käyttää sitä missään. Onnekseni toimistolta löytyi yksi henkilö, joka oli tutustunut ohjelman perusteisiin. Santeri Hiltunen pitikin minulle muutaman tunnin pituisen koulutuksen. Pikkuhiljaa työn edetessä opin käyttämään ohjelmaa paremmin. Opettelu tapahtuikin monesti yrityksen ja erehdyksen kautta, koska toimistolla ei ollut ketään keneltä kysyä neuvoa ongelmatilanteen sattuessa.

FebDokin ero muihin samankaltaisiin ohjelmiin on suuri komponenttivalikoima. Se onkin yksi ohjelman niin parhaimmista kuin huonoimmistakin puolista. Ohjelmasta on helppo löytää käytettävät komponentit, jos ne on valittu valmiiksi. Mikäli taas komponentit pitäisi valita itse, voi tämä tuottaa ongelmia ainakin kokemattomalle suunnittelijalla laajan valikoiman takia. Esimerkiksi harjaantumaton suunnittelija voi valita komponentin, jossa on väärät asetusarvot.

Ohjelmana FebDok on varsin mutkaton, mutta muutamalla korjauksella siitä saisi vieläkin käyttäjäystävällisemmän. Ohjelman parantamiseksi komponenttistassa voisi näkyä suoraan sopivat komponentit, eikä sopivuuden tarkistusta tarvitsisi tehdä erikseen. Myös välistä unohtuneen jakokeskuksen lisääminen voisi tehdä mahdolliseksi, niin ettei koko verkkoa tarvitsisi rakentaa uudestaan. Pienistä puutteista huolimatta verkon mallintaminen FebDokissa on kuitenkin sujuvaa. Samanaikaisesti ruudulla näkyy pääjohtokaavio, valittuna olevan keskuksen jakokeskuskaavio ja lista käytettävistä komponenteista, joita voi rajata tarvittavan komponentin ominaisuuksien mukaan.

Loppujen lopuksi FebDok on melko helppokäyttöinen ja monipuolinen ohjelma, ja olen sillä saatuihin tuloksiin tyytyväinen opinnäytetyössäni. Tehdessäni opinnäytetyötä opin paljon asioita, joita täytyy ottaa huomioon sähköverkkoja suunniteltaessa. Opinnäytetyön mahdollistamisesta tahdon kiittää Jormakka Oy:n sähköosaston suunnittelupäällikköä, Petri Lappalaista, joka antoi opinnäytetyöleni aiheen.

Lähteet

1. Insinööritoimisto Jormakka Oy. Yritys. <http://www.jormakka.fi> [Luettu 9.12.2015]
2. Nelfo Oy Yritys. <http://nelfo.no/Om-NELFO/Information-in-English/> [Luettu 9.12.2015]
3. Nelfo Oy. FebDok.
<http://nelfo.no/Produkter/DataverktoyProgramvare/FEBDOK/Febdok-FIN/>
[Luettu 9.12.2015]
4. Sähköasennukset. Osa 1:SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset 1. Painos. Syyskuu 2012 Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
5. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 19. Painos. Syyskuu 2012 Espoo: Sähköinfo Oy
6. ST-Kortti ST53.13. Kiinteiston sähköverkon suojauksen selektiivisyys. Helmi-kuu 2008 Espoo: Sähköinfo Oy
7. Broman, M 2013. Julkisen rakennuksen sähköverkon suunnittelu ja oikosul-
kutarkestelu. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikka
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58010/Broman_Mikko.pdf?sequence=1 [Luettu 10.12.2015]
8. Nelfo Oy. FebDok 5.5.02. FebDok käyttöohje
9. Jakokeskukset. SFS-Käsikirja 154. 2. painos. Joulukuu 2005. Helsinki: Suo-
men Standardoimisliitto SFS ry.

ARVIOITU LIITTYMISTEHO (kVA)	
KESKUS	YHTEENSÄ
RM001	19,9
Rm002	14,8
RM003	9,0
RM004	75,2
RM005	118,6
RM006	52,8
RM007	693,2
RM008	25,0
RM009	20,1
RM01	37,8
RM02	8,8
RM03	38,6
RM04	358,1
RM05	95,6
RM11	15,8
RM12	16,4
RM13	154,3
RM14	118,0
RM21	32,8
RM22	21,9
RM31	32,1
RM32	36,5
RM41	29,1
RM42	36,5
RM51	29,1
RM Turva	25,3