

Jonne Vappula

OIKOSULKUVIRRRAN LASKENTA

OIKOSULKUVIRRRAN LASKENTA

Jonne Vappula
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Sähkö- ja automaatiotekniikan
tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka

Tekijä: Jonne Vappula
Opinnäytetyön nimi: Oikosulkuvirran laskenta
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Short Circuit Current Calculation
Työn ohjaaja: Ismo Pitkänen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 27 + 4 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli oikosulkuvirta laskelmat. Tarkoituksena oli kehittää sähköverkon suunnittelua oikosulkuvirtalaskelmien osalta. Tärkeimpänä tavoitteena oli selvittää, olisiko ABB e-Design -ohjelmasta apua tulevaisuuden suunnittelu kohteisiin.

Laskelmat toteutettiin ensin käsin ja Excel -taulukkolaskentaohjelmalla, joiden tuloksia verrattiin ABB:n vikavirtalaskentaohjelmaan. Aikaisemmin työn tilaaja DEN Tekniikka oli käyttänyt ainoastaan käsin laskettuja ja Excel -taulukkolaskennalla saatuja tuloksia.

Tuloksina saatiin kuvat ABB:n DOC-ohjelman suunnitelmista ja laskelmista. Jatkossa suunnittelussa voidaan suuremmissa kohteissa alkaa käyttämään ABB e-Design -ohjelmaa.

Asiasanat: oikosulkuvirta, laskeminen, mitoitus, ABB E-design

ALKULAUSE

Haluan kiittää DEN Finland Oy:tä opinnäytetyön aiheesta. Kiitokset myös Ismo Pitkäselle työni ohjaamisesta ja kaikesta avusta siinä.

Työ oli opettavainen ja kehittävä. Sain paljon tulevaisuutta silmällä pitäen. Opin tiedonhausta sekä oikosulkuvirroista paljon lisää. Näistä on taatusti apua tulevaisuudessa työuralla.

Oulussa 30.4.2020

Jonne Vappula

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
1 JOHDANTO	6
2 OIKOSULKUVIRTA	7
2.1 Thevenin menetelmä	8
2.2 Kolmivaiheinen oikosulkuvirta	9
2.3 Kaksivaiheinen oikosulkuvirta	10
2.4 Yksivaiheinen oikosulkuvirta	10
2.5 Prospektiivinen oikosulkuvirta	11
2.6 Dynaaminen oikosulkuvirta	11
2.7 Terminen oikosulkuvirta	12
3 OIKOSULKUVIRTALASKELMAT	14
3.1 Käsin lasketut oikosulkuvirrat	14
3.2 Excel -taulukkolaskentaohjelmalla laaditut laskelmat	18
3.3 Vikavirtalaskelmat ABB DOC -ohjelmalla	20
4 TULOKSET	25
5 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	
Liite 1 ABB DOC Etusivu	
Liite 2 ABB DOC Pääkeskus	
Liite 3 ABB DOC Nousukeskus 1/2	
Liite 4 ABB DOC Nousukeskus 2/2	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on oikosulkuvirtalaskenta. Suunniteltuihin kohteisiin on aikaisemmin käytetty käsin laskettua ja Excel -taulukkolaskentaohjelmalla saatua oikosulkuvirtalaskelmaa. Tavoitteena oli selvittää, olisiko jatkossa hyödyllistä käyttää ABB e-Design -ohjelmistoa oikosulkuvirtalaskelmissa. Työssä laskeen kohteeseen oikosulkuvirtalaskelmat kaikilla kolmella tavalla ja vertailen saatuja tuloksia toisiinsa.

Työn tilaajana toimii Den Tekniikka, joka kuuluu Den Finland Oy:hyn. Siihen kuuluvat kodit, tilat ja palvelut. Kodit-osasto sisältää tuotemerkit Designtalo, Finnla-melli ja Ainoakoti. Tiloja edustaa Talliosake ja palveluihin kuuluu Den Tekniikka, PohjanGeo ja PohjanTeko. Den Tekniikka hoitaa LVI- ja sähköjärjestelmät suunnittelusta toteutukseen.

2 OIKOSULKUVIRTA

SFS 6000-1:2017 standardissa suunnittelu-luvussa 132 sanotaan seuraavaa:

Sähköasennusta suunniteltaessa on varmistettava, että

- ihmisten, kotieläinten ja omaisuuden suojaus toteutuu luvun 131 mukaisesti
- sähköasennus toimii tarkoitetulla tavalla tarkoitetussa käytössä.

Suunnittelun perustaksi tarvittavat tiedot on lueteltu kohdissa 132.2 – 132.5. Vaatimukset, joiden mukaan suunnittelu toteutetaan, on annettu kohdissa 132.6 – 132.12.

Suunnitteluvaiheessa on laskelmilla tai muilla tavoin osoitettava, että tämän luvun (132) vaatimukset täyttyvät. Vaatimusten täyttäminen on osoitettava osan 5-51 mukaisissa dokumenteissa. (1, s. 9.)

Luvussa 131.4 ylivirroista sanotaan seuraavaa:

Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vammoilta ja omaisuus on suojattava jännitteisissä johtimissa kulkevan ylivirran aiheuttamilta liian korkeista lämpötiloista tai sähkömekaanisista rasituksista johtuvilta vahingoilta. Suojaus voidaan toteuttaa rajoittamalla ylivirran suuruus tai sen kesto aika turvalliseen arvoon. (1, s. 9.)

Luvussa 132.2 on maininta, että SFS 6000 -sarjan mukaisesti on välttämätöntä tietää sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet. Toisin sanoen ne täytyy selvittää verkon haltijalta tai muulla tavalla. Arvot jotka mm. tulee selvittää ovat prospektiivinen oikosulkuvirta ja maasulkupiirin silmukkaimpedanssi liittymispisteestä syöttöön päin. (1, s. 10.)

Luvuissa 132.6 – 132.12 on sanottu oikosulkuvirroista seuraavaa:

Johtimien poikkipinnat määritetään oikosulku- ja maasulkuvirtojen todennäköisesti aiheuttamien mekaanisten rasitusten mukaan. Asennuksissa on otettava huomioon oikosulku- ja maasulkuvirtojen todennäköisesti aiheuttamat sähkömagneettiset rasitukset. Suojalaitteiden ominaisuudet on

määritettävä toiminnan perusteella, esimerkiksi ylivirta (ylikuormitusvirta, oikosulkuvirta). (1, s. 10.)

Oikosulkusuojaus toteutetaan suojalaitteilla, jotka katkaisevat verkon jännitteen ennen kuin ylivirran aiheuttamat termiset tai mekaaniset ilmiöt aiheuttavat vahinkoja eristyksiin, liittimiin, jatkoksiin tai johtimen ympärillä oleviin materiaaleihin. (2, s. 6.)

Oikosulkuvirran tietäminen verkon eri osissa on olennaista oikosulkusuojauksen ja turvallisen käytön suunnittelussa sekä laitteiden ja kaapeleiden mitoituksessa verkkoon. Verkon komponenttien pitää kestää termiset ja dynaamiset rasitukset oikosulussa. (3.)

Suojalaitteiden tulee toimia myös selektiivisesti. Suunnitteluvaiheessa oikosulkuvirtalaskelmat ja selektiivisyystarkastelut ovat tärkeässä roolissa kohteiden sähköverkon toimivuuden kannalta. Kun kohde on hyvin suunniteltu ja suojaus selektiivinen, vikatilanteessa terve osa verkosta jatkaa toimintaa normaalisti, eikä sähkökatkos leviä niihin osiin. (4.)

2.1 Thevenin menetelmä

Thevenin menetelmässä luodaan sijaiskytkentä, jossa verkosta tehdään yksinkertaisempi malli. Verkon komponentit korvataan oikosulkuimpedansseilla, joita ovat vasta-, myötä- ja nollaimpedanssi. Vikapaikkaan sijoitetaan ekvivalenttinen jännitelähde, jolla korvataan vikavirtaa syöttävät lähteet. (3.)

Oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla 1.

$$I_k'' = (c \times U_n) / (\sqrt{3} \times \sqrt{(R_k^2 + X_k^2)}) = (c \times U_n) / (\sqrt{3} \times Z_k) \quad \text{KAAVA 1}$$

I_k'' = alkuoikosulkuvirta

c = jännitekerroin taulukon 1 mukaan

U_n = pääjännite

R_k = resistanssi verkossa

X_k = reaktanssi verkossa

Z_k = impedanssi verkossa

Oikosulkuvirtaa laskettaessa käytetään taulukon 1 jännitekerrointa.

TAULUKKO 1. Jännitekerroin oikosulkuvirtaa laskettaessa (3.)

Jännite U_n	Maksimioikosulkuvirta c	Minimioikosulkuvirta c
400-1000V	1.0	0.95

2.2 Kolmivaiheinen oikosulkuvirta

Suurin oikosulkuvirta riippuu impedanssien suhteista, mutta yleensä kolmivaiheinen oikosulkuvirta on suurin. Kolmivaiheisessa oikosulussa kaikki vaiheet kytkeytyvät yhteen. Kolmivaiheinen oikosulku on yleensä symmetrinen. (3.)

Kolmivaiheinen oikosulkuvirta I_{k3} saadaan laskettua Thevenin yhtälöstä kaavalla 2.

$$I_{k3} = (c \times U_n) / (\sqrt{3} \times Z_1) \quad \text{KAAVA 2}$$

I_{k3} = Kolmivaiheinen oikosulkuvirta

c = jännitekerroin taulukon 1 mukaan

U_n = pääjännite

Z_1 = myötäimpedanssi verkossa

2.3 Kaksivaiheinen oikosulkuvirta

Kaksivaiheinen oikosulku syntyy, kun kaksi vaihetta kytkeytyvät yhteen. Kaksivaiheinen oikosulku on epäsymmetrinen. Jos vasta- ja myötäimpedanssit ovat erisuuruisia, oikosulkuvirta lasketaan Thevenin yhtälöstä kaavalla 3.

$$I_{k2} = (c \times U_n) / (|\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2|) \quad \text{KAAVA 3}$$

I_{k2} = kaksivaiheinen oikosulkuvirta

c = jännitekerroin taulukon 1 mukaan

U_n = pääjännite

Z_1 = myötäimpedanssi verkossa

Z_2 = vastaimpedanssi verkossa

Myötä- ja vastaimpedanssien ollessa samansuuruisia voidaan kaksivaiheinen oikosulkuvirta laskea kolmivaiheisen oikosulkuvirran avulla kaavalla 4.

$$I_{k2} = (\sqrt{3} \times I_{k3}) / (2) \quad \text{KAAVA 4}$$

I_{k2} = kaksivaiheinen oikosulkuvirta

I_{k3} = kolmevaiheinen oikosulkuvirta

2.4 Yksivaiheinen oikosulkuvirta

Yksivaiheinen oikosulku syntyy, kun vaihe kytkeytyy nolla- tai suojamaajohtimeen. Yksivaiheinen oikosulku on myös epäsymmetrinen vika. Vasta- ja myötäimpedanssien ollessa erisuuria voidaan oikosulkuvirta laskea Thevenin yhtälöstä kaavalla 5. Kiinteistöverkossa pienin oikosulkuvirta syntyy yleensä yksivaiheisessa oikosulussa johdon loppupäässä.

$$I_{k1} = (\sqrt{3} \times c \times U_n) / (|\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0|) \quad \text{KAAVA 5}$$

I_{k1} = yksivaiheinen oikosulkuvirta

c = jännitekerroin taulukon 1 mukaan

U_n = pääjännite

Z_1 = myötäimpedanssi verkossa

Z_2 = vastaimpedanssi verkossa

Z_0 = nollaimpedanssi verkossa

jos myötä- ja vastaimpedanssit ovat yhtä suuria, sievenee kaava muotoon:

$$I_{k1} = (\sqrt{3} \times c \times U_n) / (|2 \times \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0|) \quad \text{KAAVA 6}$$

2.5 Prospektiivinen oikosulkuvirta

Prospektiivinen oikosulkuvirta on virran tehollisarvo, joka kulkee verkon johtimissa silloin, kun johtimet ovat oikosulussa. Katkaisijat ja sulakkeet korvataan johtimilla, joiden impedanssi katsotaan merkityksettömän pieneksi. Kolmivaiheinen symmetrinen prospektiivinen oikosulkuvirran tehollisarvo lasketaan kaavalla 1. (5, s. 48.)

2.6 Dynaaminen oikosulkuvirta

Dynaaminen oikosulkuvirta eli sysäyoikosulkuvirta on suurin mahdollinen oikosulkuvirran arvo. Noin 10 ms oikosulun syntyhetkestä päästään tähän arvoon. Dynaamista oikosulkuvirtaa voidaan rajoittaa sulakkeella. Dynaaminen oikosulkuvirta lasketaan kaavalla 7. Taulukosta 2 saadaan kerroin sysäyskerroin. (5, s. 94.)

$$I_{pk} = n \times I_{cp} \quad \text{KAAVA 7}$$

I_{pk} = dynaaminen oikosulkuvirta

n = tehokerroin taulukon 2 mukaan

I_{cp} = prospektiivinen oikosulkuvirta

TAULUKKO 2. Sysäyskerroin huippuvirtaa laskettaessa (5, s. 150)

Oikosulkuvirran tehollisarvo kA	Sysäyskerroin n	$\cos \phi$
$I_k \leq 5$	1,5	0,7
$5 < I_k \leq 10$	1,7	0,5
$10 < I_k \leq 20$	2	0,3
$20 < I_k \leq 50$	2,1	0,25
$50 < I_k$	2,2	0,2

2.7 Terminen oikosulkuvirta

Terminen oikosulkuvirta on oikosulkuvirran arvo, jota käytetään kuvaamaan komponenttien fyysistä virtakestoisuutta. Termistä oikosulkuvirtaa käytetään keskuk-sien mitoituksessa. Terminen oikosulkuvirta aiheuttaa termisen rasitteen ja läm-mittää komponentteja. Terminen oikosulkuvirta määritetään yleensä sekunnin ai-kana tapahtuvasta rasituksesta, ja se lasketaan kaavalla 8.

$$I_{cw} = I_k^n \times \sqrt{(m + n) \times t_k}$$

KAAVA 8

I_{cw} = terminen oikosulkuvirta

I_k^n = alkuoikosulkuvirta

m = tasavirtatekijä

n = vaihtovirtatekijä

t_k = vian kesto aika (s).

Pienjänniteverkon oikosulkuvirtalaskelmissa voidaan olettaa vaihto- ja tasavirtatekijöiden summaksi 1, jos oikosulku kestää yli 0,5 s, silloin voidaan käyttää kaavaa 9.

$$I_{CW} = I_{K''} \times \sqrt{t_k}$$

KAAVA 9

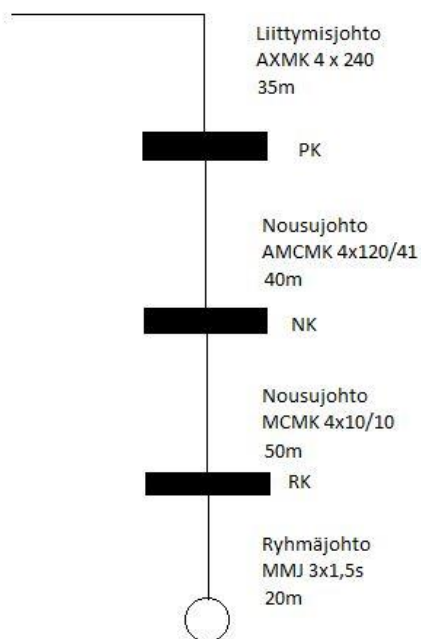
I_{CW} = terminen oikosulkuvirta

$I_{K''}$ = alkuoikosulkuvirta

t_k = vian kesto aika (s)

3 OIKOSULKUVIRTALASKELMAT

Tässä osiossa käsitellään oikosulkuvirta laskelmat eri menetelmin. Aluksi lasken kohteen oikosulkuvirtalaskelmat käsin. Tämän jälkeen verrataan tuloksia Excel -taulukolla tehtyyn laskelmaan ja lopuksi vertaan tuloksia ABB DOC -ohjelmalla tehtyihin laskelmiin. Kuvassa 1 on nousujohtokaavio, josta ilmenee kaapelit, joita on laskuissa käytetty ja niiden pituudet.



KUVA 1. Nousujohtokaavio

Aluksi tulee selvittää verkkoyhtiöltä kohteen oikosulkuvirta liittymispisteessä. Kun tämä tiedetään, voidaan alkaa laskemaan kohteeseen oikosulkuvirrat. Lasketaan oikosulkuvirrat keskuksille sekä kulutuspisteiden epäedullisimpiin kohtiin. ABB DOC -ohjelmalla saadaan helposti laskettua kaikki tarvittavat oikosulkuvirta-arvot.

3.1 Käsin lasketut oikosulkuvirrat

Laskin työssä käsin kohteeseen oikosulkuvirrat, koska halusin kehittää itseäni, ja muistutella mieleen, miten laskut tapahtuvat. Suunnittelijan on hyvä osata laskea myös käsin, jotta voi nopeasti tarkistaa, ovatko ohjelmalla lasketut arvot oikein.

Pienempiin ja ei niin monimutkaisiin kohteisiin käsin laskenta on täysin kelpo menetelmä. Laskennassa tarvitaan taulukon 3 kaapeleiden ominaisarvoja. Laskut etenevät siten, että aluksi lisätään syöttävän verkon impedanssiin ensimmäisen kaapelin impedanssi. Ensimmäinen kaapeli on AXMK 4 x 240, joten taulukosta löytyy sen kohdalta impedanssiksi 0,18. Tämä kerrotaan kaapelin pituudella, joka ilmoitetaan kilometreinä. Toinen kaapeli on laskettu mukaan seuraavassa laskussa. Näin jatketaan loppuun asti. Laskuissa täytyy huomata, että PE johdin ei ole aina samaa materiaalia ja paksuutta, kuin vaihejohdin. Omassa laskussani on tällainen tilanne kohdassa, jossa lasken I_{kNK} :n.

TAULUKKO 3. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (6, Taulukko 41.6)

Taulukko 41.6. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja [Ω /km] johdinlämpötilassa 80 °C.

Johtimen poikkipinta-ala [mm^2]	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Aluksi lasken sähköpääkeskuksella olevan oikosulkuvirran kaavalla 2.

$$I_{kSPK} = (c \times U_n) / (\sqrt{3} \times (Z_{verkko} + Z_{kaapeli}))$$

$$I_{kSPK} = (0,95 \times 400V) / (\sqrt{3} \times (0,064113 + 0,07\text{km} \times 0,18))$$

$$I_{kSPK} \approx 2859A$$

Tämän jälkeen lasken nousukeskuksella olevan oikosulkuvirran samalla kaavalla.

$$I_{kNK} = (0,95 \times 400V) / (\sqrt{3} \times (0,076713 + 0,04km \times 0,326 + 0,04 \times 0,6))$$

$$I_{kNK} \approx 1930A$$

Seuraavaksi lasken kauimmaisessa ryhmäkeskuksessa olevan oikosulkuvirran.

$$I_{kRK} = (0,95 \times 400V) / (\sqrt{3} \times (0,1138 + 0,1km \times 2,246))$$

$$I_{kRK} \approx 650A$$

Viimeisenä lasken kauimmaisen kulutuspuoleisen oikosulkuvirran.

$$I_{kKulutus} = (0,95 \times 400V) / (\sqrt{3} \times (0,33835 + 0,04km \times 14,620))$$

$$I_{kKulutus} \approx 240A$$

Laskujen jälkeen voidaan verrata tuloksia käytettyihin sulakkeisiin ja nähdä ovatko oikosulkuvirrat tarpeeksi suuret katkaisemaan oikosulun. Taulukossa 4 ja 5 nähdään sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat.

TAULUKKO 4. Pienimmät oikosulkuvirrat gG-sulakkeille (6, Taulukko 41.5)

Taulukko 41.5. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat.

Sulakkeen nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot [A]			
	toiminta-aika 0,4 s		toiminta-aika 5,0 s	
	toimintavirta	mitattu arvo	toimintavirta	mitattu arvo
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,5
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

TAULUKKO 5. Pienimmät oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille (6, Taulukko 41.4 a ja b)

Taulukko 41.4a. Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat.

Nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat [A] johdonsuojakatkaisijoille			
	B-tyyppi		C-tyyppi	
	toiminta-aika 0,4 s ja 5,0 s	vaadittu mitattu arvo	toiminta-aika 0,4 s ja 5,0 s	vaadittu mitattu arvo
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Taulukko 41.4b. Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat.

Nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat [A] johdonsuojakatkaisijoille			
	D-tyyppi		K-tyyppi	
	toiminta-aika 0,4 s ja 5,0 s	vaadittu mitattu arvo	toiminta-aika 0,4 s ja 5,0 s	vaadittu mitattu arvo
6	120	150	72	90
10	200	250	120	150
13	260	325	156	195
16	320	400	192	240
20	400	500	240	300
25	500	625	300	375
32	640	800	384	480
50	1000	1250	600	750
63	1260	1575	756	945
80	1600	2000	960	1200
125	2500	3125	1500	1875

Taulukon mukaan pääkeskukselle voidaan laittaa 250 A:n pääsulakkeet, koska taulukon 4 mukaan 250 A:n sulakkeet vaativat 1650 A:n minimioikosulkuvirran. Vastaavasti nousukeskukselle voidaan laittaa 160 A:n, ryhmäkeskuksille 25 A:n ja ryhmäjohdoille 10 A:n/16 A:n sulakkeet, kuten oli suunniteltu. Osassa sulakkeita on varaa vielä kasvattaakin, jos tulevaisuudessa on tarve. Kun sulakkeita lähdetään muuttelemaan, täytyy kuitenkin ottaa kuormitus huomioon, jottei kaapeleiden poikkipinta-ala käy liian pieneksi.

3.2 Excel -taulukkolaskentaohjelmalla laaditut laskelmat

Excel-taulukko on tehty helpottamaan laskentaa ja vähentämään inhimillisiä erehdyksiä. Sillä on helppo laskea vastaavat tulokset kuin käsin. Se on nopeampi kuin käsin laskenta. Taulukkoon syötetään käytetyt kaapelit ja niiden mitat. Taulukko laskee syötettyjen tietojen perusteella kohteen kauimmaisen pisteen oikosulkuvirrat. Kuvat 2 - 5 ovat Excelistä otettuja kuvankaappauksia.

Liittämä	
Liittymän oikosulkuvirta	3422 A
Liittymän impedanssi	0,0639 Ohmia

PÄÄKESKUS

Edellinen nousujohto	
Johdon impedanssi	0 Ohmia

Nousujohto	
Ylivirtasuojaja	250 A
Poikkipinta, vaihejohdin	240 mm ²
Ominaisvastus	0,029 Ohm mm ² /m
Poikkipinta, PE / PEN	240 mm ²
Ominaisvastus	0,029 Ohm mm ² /m
Suurin pituus johd.suoja B:llä	#JAKO/0! metriä
Suurin pituus johd.suoja C:llä	#JAKO/0! metriä
Suurin pit. johd.suoja C:llä max. 5s	#JAKO/0! metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,2s	1 metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,4s	47 metriä
Suurin pituus, sulake max. 5s	230 metriä
Johdon todellinen pituus	35 metriä
Ylivirtasuojan tyyppi (s-b-c)	s -tyyppi
Haluttu poiskytkentäaika (0,2-0,4-5)	5 sekuntia
Lisäpotentiaalintasaus ?	Ei tarvitse
Suurin kosketusjännite	2 V
Poiskytkentäajan kosketusjännite	1 V
Oikosulkuvirta	2941 A
Nousujohtojen impedanssi	0,0105 Ohmia

KUVA 2. Kuva Excel-taulukosta pääkeskuksesta syötetyillä tiedoilla

<i>Edellinen nousujohto:</i>	
Johdon impedanssi	0,0105 Ohmia
<i>Nousujohto:</i>	
Ylivirtasuoja	160 A
Poikkipinta, vaihejohdin	<input type="radio"/> Cu <input checked="" type="radio"/> Al 120 mm ²
Ominaisvastus	0,029 Ohm mm ² /m
Poikkipinta, PE / PEN	<input checked="" type="radio"/> Cu <input type="radio"/> Al 41 mm ²
Ominaisvastus	0,0175 Ohm mm ² /m
Suurin pituus johd.suoja B:llä	#JAKO/0! metriä
Suurin pituus johd.suoja C:llä	#JAKO/0! metriä
Suurin pit. johd.suoja C:llä max. 5s	#JAKO/0! metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,2s	36 metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,4s	75 metriä
Suurin pituus, sulake max. 5s	188 metriä
Johdon todellinen pituus	40 metriä
Ylivirtasuojan tyyppi (s-b-c)	s -tyyppi
Haluttu poiskytkentäaika (0,2-0,4-5)	5 sekuntia
Lisäpotentiaalintasaus ?	Ei tarvitse
Suurin kosketusjännite	16 V
Poiskytkentäajan kosketusjännite	4 V
Oikosulkuvirta	2035 A
Nousujohdon impedanssi	0,0435 Ohmia

KUVA 3. Nousukeskuksen tiedot

<i>Edellinen nousujohto:</i>	
Johdon impedanssi	0,0344 Ohmia
<i>Nousujohto:</i>	
Ylivirtasuoja	25 A
Poikkipinta, vaihejohdin	<input checked="" type="radio"/> Cu <input type="radio"/> Al 10 mm ²
Ominaisvastus	0,0175 Ohm mm ² /m
Poikkipinta, PE / PEN	<input checked="" type="radio"/> Cu <input type="radio"/> Al 10 mm ²
Ominaisvastus	0,0175 Ohm mm ² /m
Suurin pituus johd.suoja B:llä	381 metriä
Suurin pituus johd.suoja C:llä	179 metriä
Suurin pit. johd.suoja C:llä max. 5s	266 metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,2s	212 metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,4s	258 metriä
Suurin pituus, sulake max. 5s	437 metriä
Johdon todellinen pituus	50 metriä
Ylivirtasuojan tyyppi (s-b-c)	s -tyyppi
Haluttu poiskytkentäaika (0,2-0,4-5)	5 sekuntia
Lisäpotentiaalintasaus ?	Ei tarvitse
Suurin kosketusjännite	31 V
Poiskytkentäajan kosketusjännite	13 V
Oikosulkuvirta	695 A
Nousujohdon impedanssi	0,2507 Ohmia

KUVA 4. Ryhmäkeskuksen tiedot

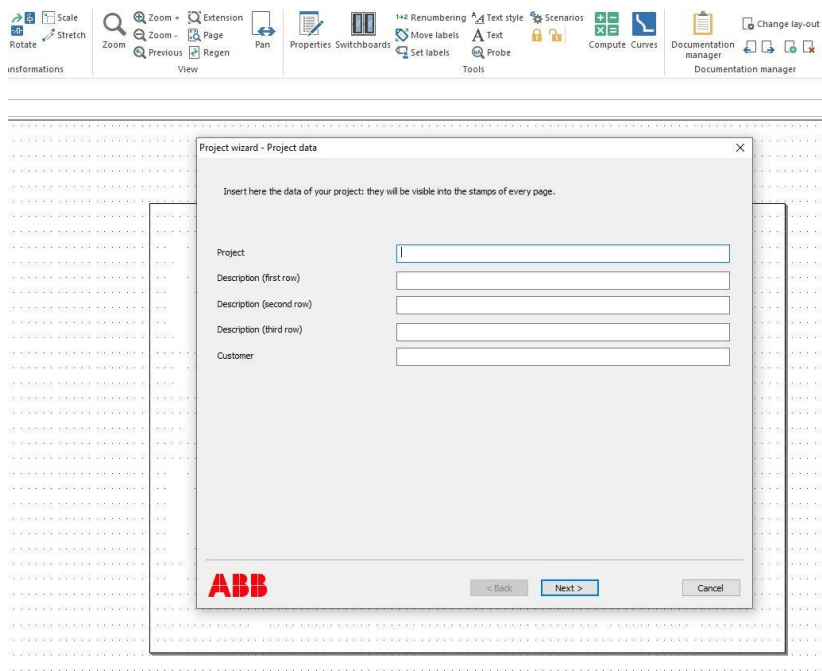
<i>Ryhmävirtoja (ryhmakeskuksesta)</i>	
Ylivirtasuojaja	10 A
Poikkipinta <input checked="" type="radio"/> Cu <input type="radio"/> Al	1,5 mm ²
Ominaisvastus	0,0175 Ohm mm ² /m
Suurin pituus johd.suoja B:llä	141 metriä
Suurin pituus johd.suoja C:llä	65 metriä
Suurin pit. johd.suoja C:llä max. 5s	97 metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,2s	65 metriä
Suurin pituus, sulake max. 0,4s	82 metriä
Suurin pituus, sulake max. 5s	152 metriä
Johdon todellinen pituus	20 metriä
Ylivirtasuojan tyyppi (s-b-c)	c -tyyppi
Haluttu poiskytkentäaika (0,2-0,4-5)	0,4 sekuntia
Suurin kosketusjännite	101 V
-sama lisäpotent.tasauksella	ei käytössä V
Poiskytkentäajan kosketusjännite	41 V
-sama lisäpotent.tasauksella	ei käytössä V
Oikosulkuvirta	245 A

<i>Kuormitus:</i>	
Johdon asennustapa (1-2-3)	1 uppoas.
Kulutuslaitteen sähköteho / vaihe	330 W
Tehoa vastaava virta	1,43 A
Jännitteen alenema johdossa (1-v.)	0,29 %
Suurin sähköteho / vaihe	3220 W
Johdon suurin jatkuva virta	14 A
Suurin ryhmäsulakkeen nimellisvirta	10 A

KUVA 5. Kulutuspuheen arvot

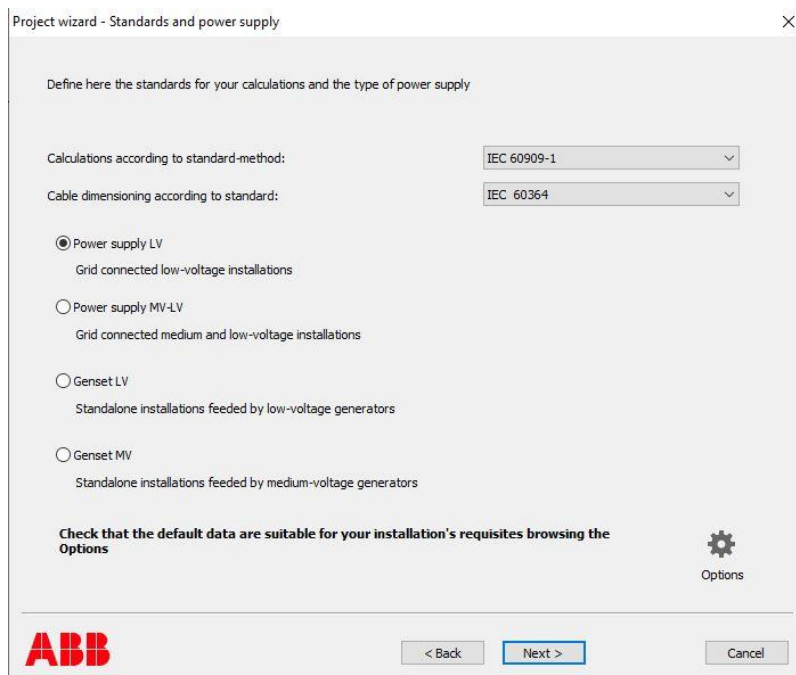
3.3 Vikavirtalaskelmat ABB DOC -ohjelmalla

ABB DOC -ohjelmalla voidaan helposti laskea koko kohteen oikosulkuvirrat, kuormitukset, jännitteenalenemat ja sulakkeet. Myös kaapelit saadaan mitoitettua ohjelmalla. Aluksi ohjelma kysyy alkutietoja kohteesta. Syötetyt tiedot jäävät kuvan nimiöön. (Kuva 6.)



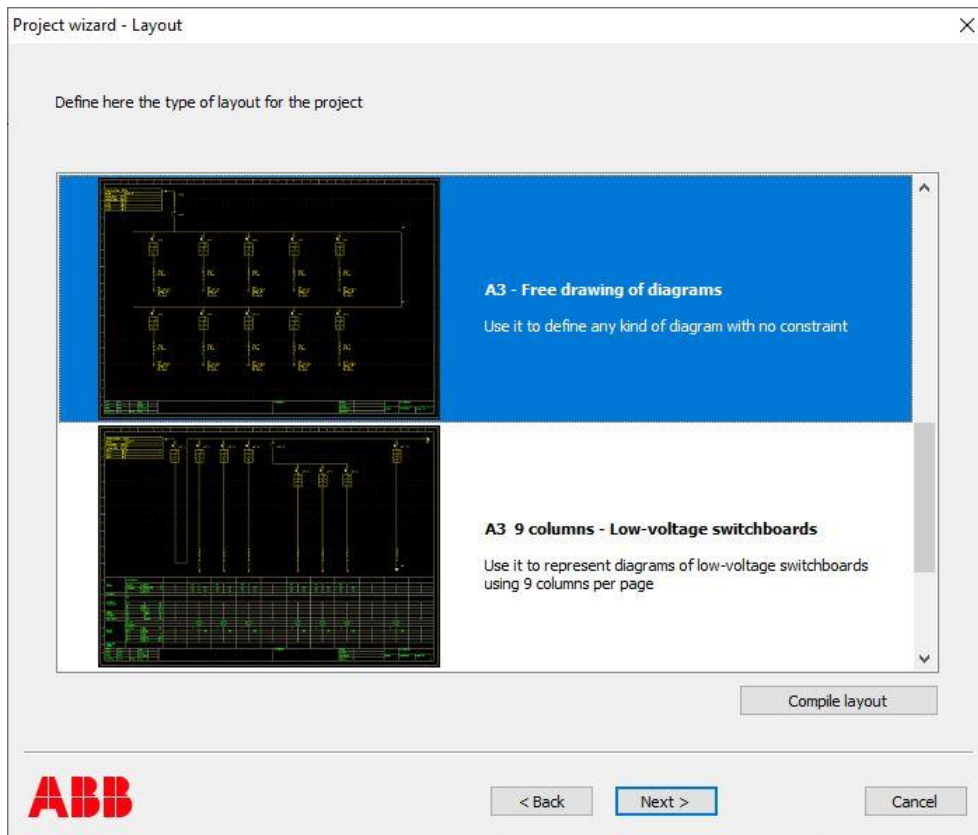
KUVA 6. Kohteen nimiön täyttö

Seuraavaksi valitsin yksiviivakaavion, jonka jälkeen tulee valittavaksi millä standardeilla laskemat tehdään. Lasken kohteen kansainvälisillä standardeilla IEC 60909-1 ja IEC 60364. Koska kohde on pienjänniteverkossa, valitaan Power supply LV. (Kuva 7.)



KUVA 7. Kohteen laskentastandardien valinta

Seuraavana ohjelma kysyy, minkä kokoiselle arkille suunnittelu tehdään sekä mitä tietoja siinä halutaan näyttää. Valitsen A3 yksinkertaisella pohjalla. (Kuva 8.)



KUVA 8. Arkin valinta

Nyt päästään vaiheeseen, missä syötetään ohjelmaan edeltävän eli syöttävän verkon tiedot. Verkon haltijalta saadaan alkuarvot, tai ohjelmaan voidaan myös syöttää muuntajan tiedot. (Kuva 9.) Kun tiedot on syötetty, tulee näkyviin vielä keskusvalikko, johon voidaan lisätä kohteen keskuksset. (Kuva 10.) Keskuksia voidaan lisätä myös jälkikäteen. Tämän jälkeen seuraa nousujohtokaavion piirtäminen avautuvaan näkymään.

Project wizard - Power supply LV

Iⁿk 10 [kA] MV-LV Transformer 1 Trafo

Sk 6.928 [MVA] Sr 25 [kVA]

Ukr 4 [%]

LV section default values

400 [V] LLLN TN-S 50 [Hz]

+10% tolerance
 +6% tolerance

Options

ABB

< Back Next > Cancel

KUVA 9. Syöttävän verkon lähtötiedot

Project wizard - Switchboard list

Define here the switchboards which will be used in this project (it will be possible to edit the list later).

+ -

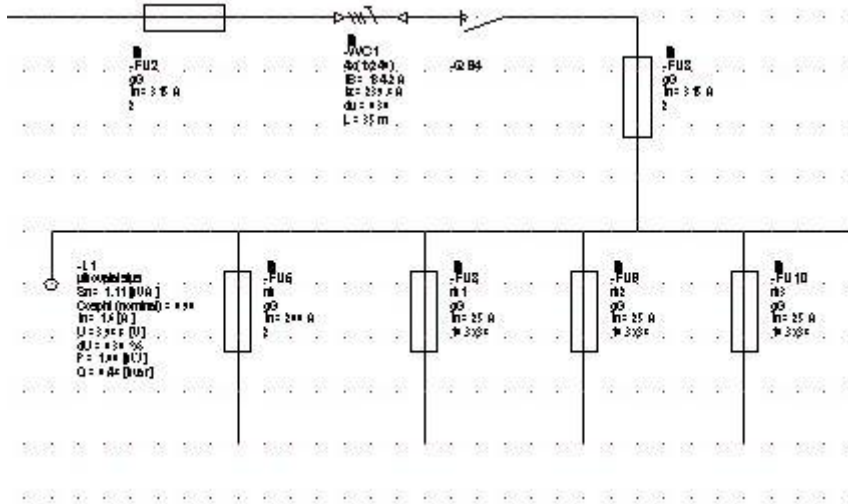
Name	Int....	Standard for MCB	Usage (Uimp)	Segr. form	Terminals
Switchbo...	40	IEC 60947-2 (industrial use)	Cat.II: appliances an...	1	All

ABB

< Back Finish Cancel

KUVA 10. Keskusvalikko

Aluksi piirsin jakokaapin alkusulakkeet, syöttökaapelin, pääsulakkeet ja pääkeskuksen. Tämän jälkeen piirsin pääkeskukselta kaikki syöttökaapelit nousu- ja ryhmäkeskuksille. (Kuva 11.)



KUVA 11. Suunnitteluvaiheen alku

Näitä kaapeleita suojaamaan laitetaan sulakkeet. Laitan myös kuormaa pääkeskukselle

Pääkeskuksen jälkeen siirrytään piirtämään nousukeskusta. Nousukeskukselta lähtee kuorman lisäksi ryhmäkeskuksille syötöt. Nousukeskukselle tulee myös sulakkeet jokaista syöttökaapelia suojaamaan. Kaikkiin ryhmäkeskuksiin laitan kuorman lisäksi pisimmän ryhmäjohton, jota suojaa johdonsuojakatkaisija ja vikavirtasuojakytkin. Kulutuspiisteeseen tulee kuormaa. Liitteissä 1 - 4 on laskettu laajemmin sähköverkkoa.

Ohjelmalla voidaan näiden vaiheiden jälkeen laskea oikosulkuvirrat. Ohjelmassa voidaan lukita sulakkeita, kaapeleita ja johdonsuojakatkaisijoita. Jos lukituksia ja valintoja ei itse tee, ohjelma laskee niille sopivat arvot ja valitsee komponentit kuormien mukaan. Ohjelma käyttää ABB:n omia komponentteja. Kun kuva on valmis, voidaan laskenta aloittaa. Laskelman valmistuminen kestää hetken. Nyt jos ohjelma havaitsee puutteita tai virheitä kuvassa, se ilmoittaa niistä.

4 TULOKSET

Oikosulkuvirtojen laskeminen onnistuu kaikilla tavoilla. Käsien laskemalla voidaan nopeasti tarkistaa, että arvot ovat suurin piirtein oikealla suunnalla. Excel -taulukolla on todella nopea laskea oikosulkuvirrat kohteeseen, ja sitä on aiemmin käytetty yrityksessä. ABB DOC -ohjelmalla piirtäminen ottaa aikaa, mutta se on todella kätevä, kun sitä oppii käyttämään. Ohjelman etuna on, että se laskee kaiken tarpeellisen. Myös keskusten oikosulkuvirrat saadaan helposti selvitettyä.

Minimioikosulkuvirrat laskin jokaisella tavalla, ja niitä vertailen alla olevassa taulukossa 6. Excelillä ja käsien lasketut tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta ABB DOC antaa sitä suurempia arvoja, mitä pidemmälle mennään syöttävästä lähteestä.

TAULUKKO 6. Pienimmät oikosulkuvirrat eri menetelmin.

	Käsien laskettu	Excel	ABB DOC
PK	2860A	2940A	2890A
NK	1930A	2030A	2070A
RK 28	650A	700A	950A
Kulutus	240A	250A	350A

Lisäksi ABB DOC -ohjelmasta saatiin pää- ja nousukeskuksien dynaamiset sekä jatkuvan tilan kolmivaiheiset oikosulkuvirrat. ABB DOC -ohjelmasta saatiin myös muuta hyödyllistä tietoa, kuten jännitteenalenemat. Myös selektiivisyys tarkastelu on hieno ominaisuus, joka on tärkeää suunnitteluvaiheessa. Ohjelma tarkastaa, että sulakkeet toimivat selektiivisesti.

Keskusvalmistaja tarvitsee dynaamisen ja termisen oikosulkuvirran keskuksen valmistukseen. Taulukossa 7 nähdään dynaaminen oikosulkuvirta I_p ja terminen

oikosulkuvirta I_{cw1s} nousu- ja pääkeskuksesta, jotka on saatu ABB e-Design -ohjelmasta.

TAULUKKO 7. Kolmevaiheiset oikosulkuvirrat PK ja NK.

	LLL I_{cw1s}	LLL I_p
PK	5,6kA	12,5kA
NK	5,0kA	9,5kA

5 YHTEENVETO

Työn tehtävänä oli selvittää, olisiko ABB DOC -ohjelmasta apua tulevaisuudessa oikosulkuvirtojen laskennassa. Aiemmin yritys on käyttänyt käsin laskettua tai Excel -taulukon tuloksia.

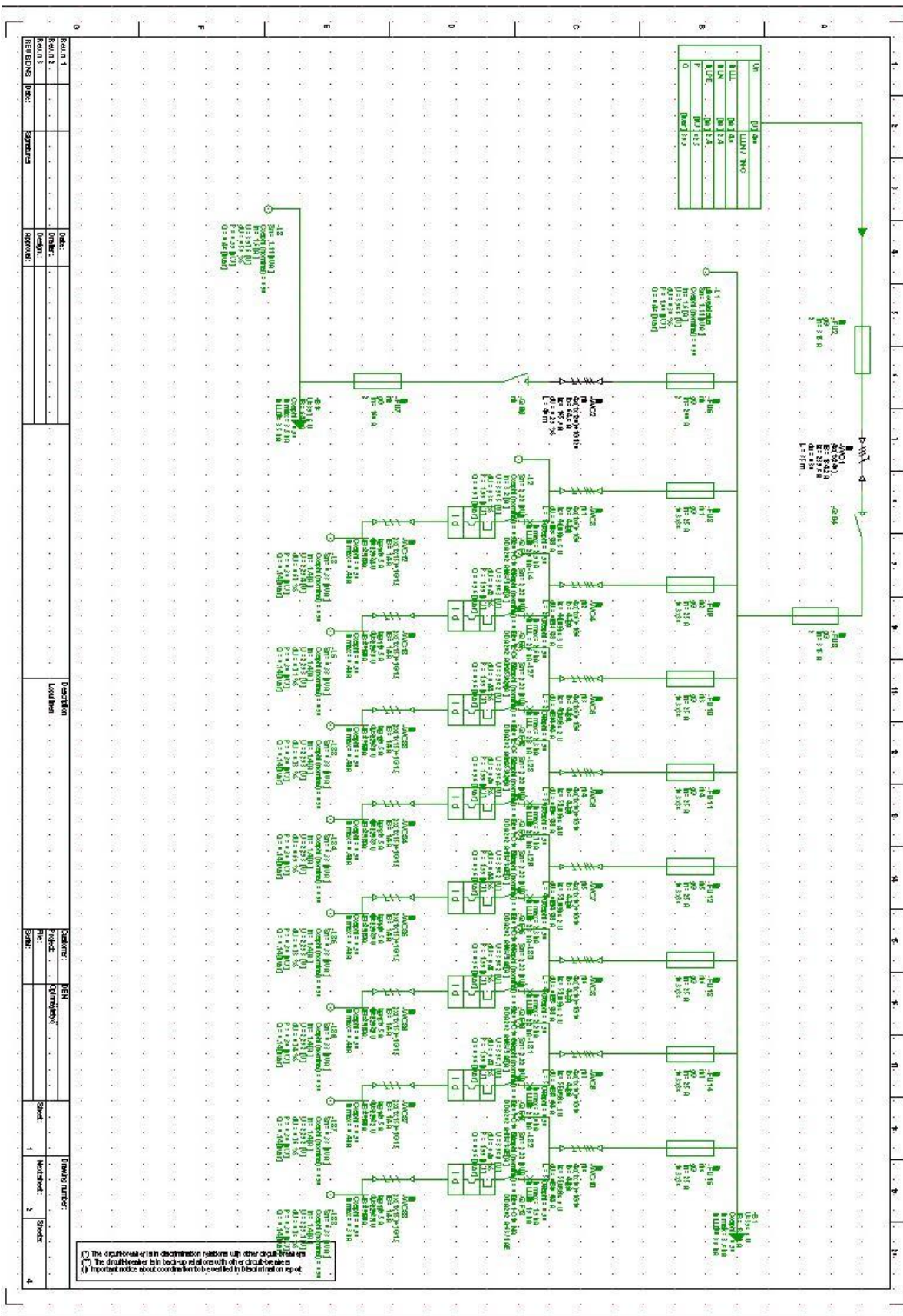
Jatkossa yritys voisi alkaa suuremmissa kohteissa käyttämään ABB DOC -ohjelmaa, koska siitä on huomattavan paljon apua oikosulkuvirtojen laskemisessa. Pienkohteissa, kuten omakotitaloissa, ei saada niin suurta hyötyä, että ohjelman käytöstä olisi merkittävää apua. Toisaalta tällaisissa kohteissa kuvien piirtäminen on aika nopeaa.

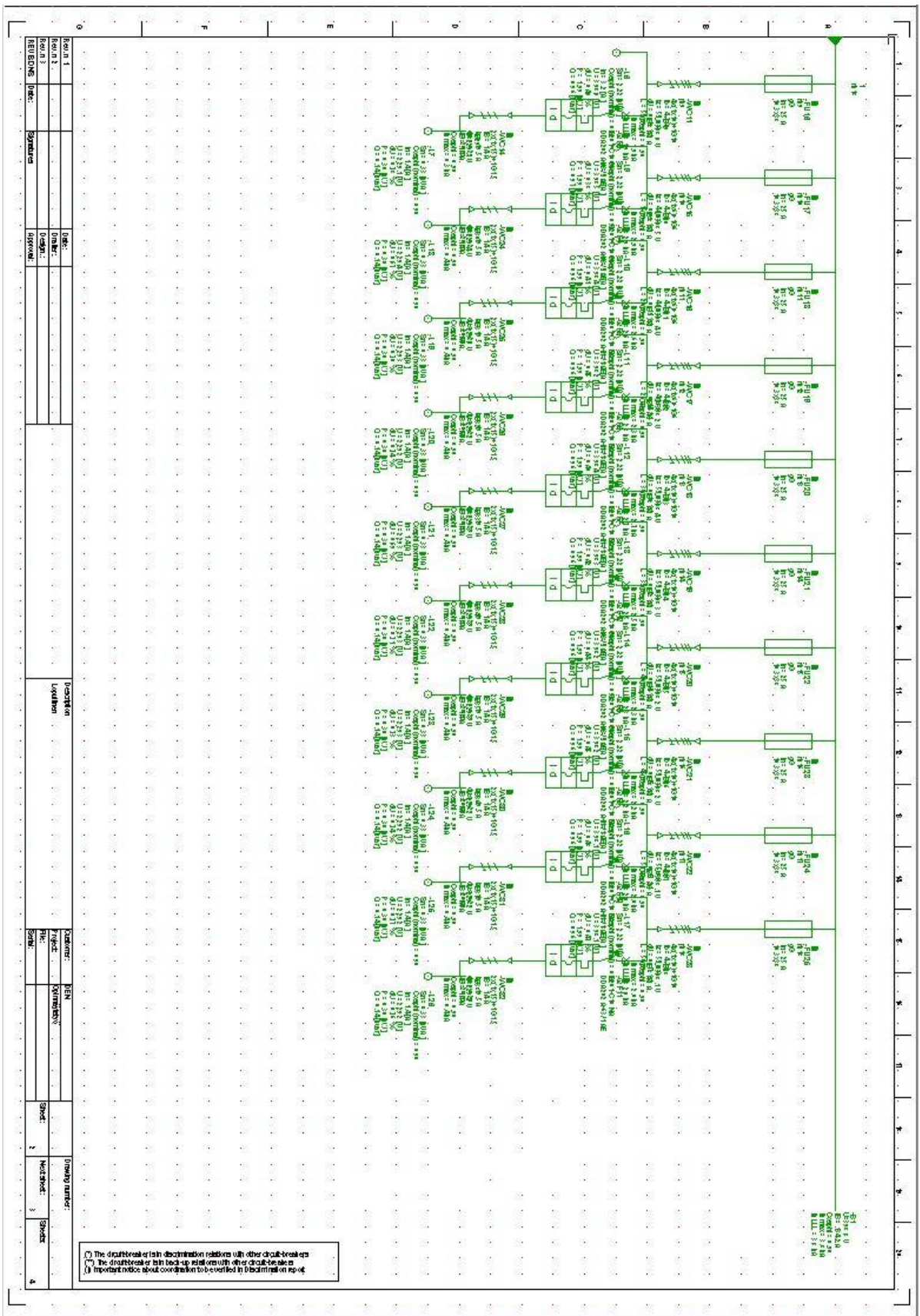
ABB DOC -ohjelmalla piirrettyä kuvaa voidaan aina muokata jälkikäteen, jos kuvat muuttuvat tai sinne tulee lisäyksiä.

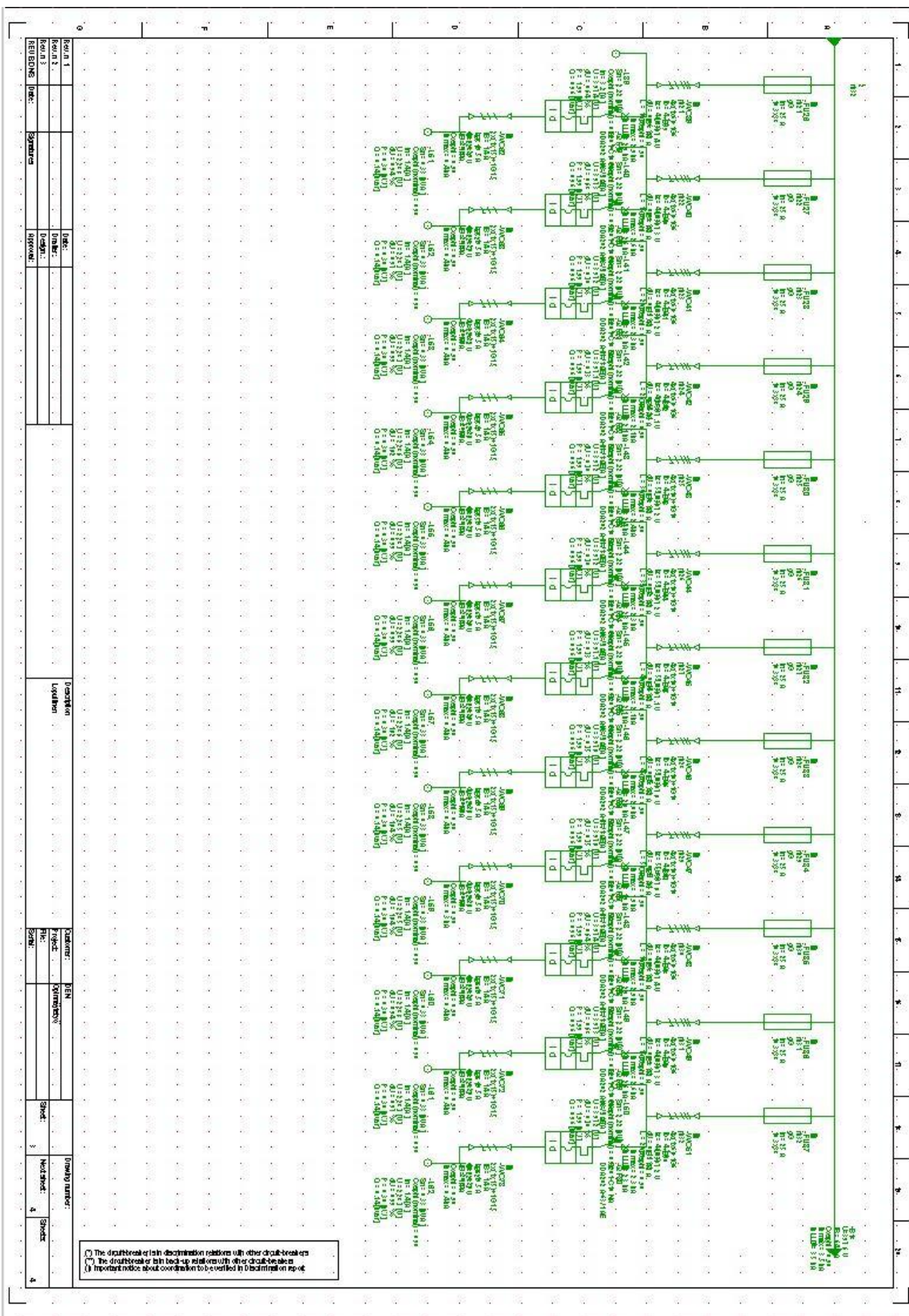
Onnistuin tehtävässä ihan kohtuudella. En pysynyt aikataulussa, mutta tehtävä oli tutkimus- ja kehittämispohjainen, joten yrityksellä ei ollut niin kiire saada tuloksia käyttöönsä. Opinnäytetyö oli sopivan haastava, ja opin oikosulkuvirroista todella paljon. Koulusta ja työelämästä oli jonkin verran ennakkotietoa, mutta tietopankki laajeni huomattavasti opinnäytetyötä tehdessä. Olen tyytyväinen lopputulokseen.

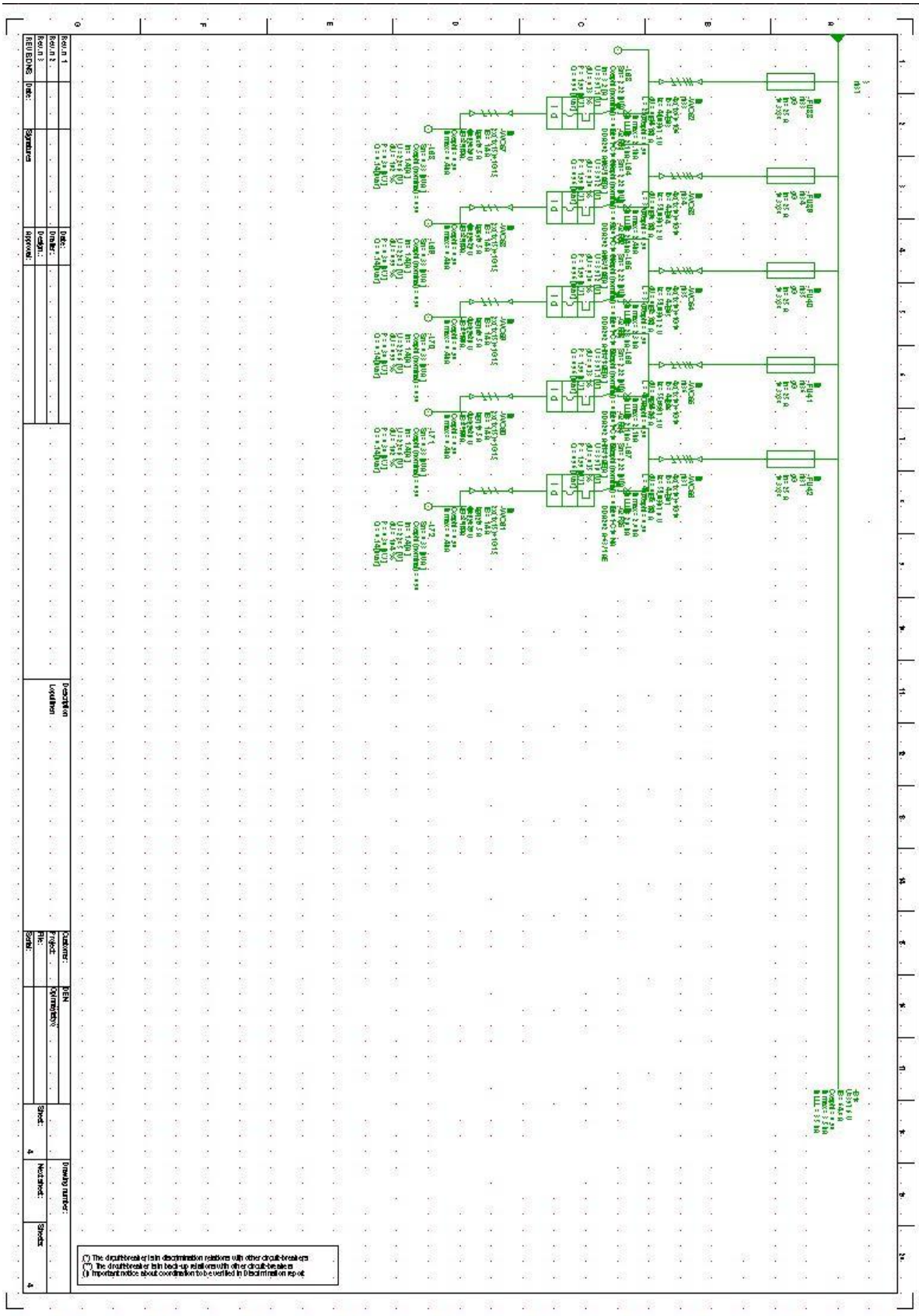
LÄHTEET

1. SFS-EN 6000-1:2017. Suomen standardisoimisliitto SFS. Vaatii kirjautumisen. Saatavissa: <https://online.sfs.fi/> Hakupäivä: 18.4.2020
2. SFS 6000-4-43.2017. Suomen standardisoimisliitto SFS. Vaatii kirjautumisen. Saatavissa: <https://online.sfs.fi/> Hakupäivä: 18.4.2020
3. ABB:n TTT-käsikirja 2000-07
4. ST 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys. Sähkötieto Ry. Vaatii kirjautumisen. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3088?search=53.13> Hakupäivä: 3.4.2020
5. SFS-EN 61439-1.2010. Suomen standardisoimisliitto SFS. Vaatii kirjautumisen. Saatavissa: <https://online.sfs.fi/> Hakupäivä: 18.4.2020
6. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. 2012. Sähköinfo Oy.









Row A 1	Row A 2	Row A 3	Row A 4	Row A 5	Row A 6	Row A 7	Row A 8	Row A 9	Row A 10	Row A 11	Row A 12	Row A 13	Row A 14	Row A 15	Row A 16	Row A 17	Row A 18	Row A 19	Row A 20	Row A 21	Row A 22	Row A 23	Row A 24	Row A 25	Row A 26	Row A 27	Row A 28	Row A 29	Row A 30	Row A 31	Row A 32	Row A 33	Row A 34	Row A 35	Row A 36	Row A 37	Row A 38	Row A 39	Row A 40	Row A 41	Row A 42	Row A 43	Row A 44	Row A 45	Row A 46	Row A 47	Row A 48	Row A 49	Row A 50	Row A 51	Row A 52	Row A 53	Row A 54	Row A 55	Row A 56	Row A 57	Row A 58	Row A 59	Row A 60	Row A 61	Row A 62	Row A 63	Row A 64	Row A 65	Row A 66	Row A 67	Row A 68	Row A 69	Row A 70	Row A 71	Row A 72	Row A 73	Row A 74	Row A 75	Row A 76	Row A 77	Row A 78	Row A 79	Row A 80	Row A 81	Row A 82	Row A 83	Row A 84	Row A 85	Row A 86	Row A 87	Row A 88	Row A 89	Row A 90	Row A 91	Row A 92	Row A 93	Row A 94	Row A 95	Row A 96	Row A 97	Row A 98	Row A 99	Row A 100
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

Customer	NEW	Location	
Project	NEW	Location	
File		Location	
Sheet	4	Location	
Sheet	4	Location	
Sheet	4	Location	

