



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

SAKU KOSKINEN

Sähkökeskusten suunnitteluohje suunnittelutoimistolle

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusoh-
jelma 2024

Sukunimi, Etunimi Koskinen Saku	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 03.05.2024
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Sähkökeskusten suunnitteluohje suunnittelutomistolle		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella tilaajan tarpeita parhaiten palveleva yleisohje sähkökeskusten suunnitteluun. Työn tarkoituksena oli kerätä tärkeimmät tiedot sähkökeskusten suunnittelusta ohjeeseen, jota suunnittelijat voisivat hyödyntää työssään ja tätä kautta tiedonhankinta helpottuisi sekä suunnittelu nopeutuisi.</p>		
Asiasanat Sähkösuunnittelu, Sähkökeskus		

Author(s) Koskinen Saku	Type of Publication Bachelor's thesis /	Date 03.05.2024
	Number of pages 30	Language of publication: Finnish
Title of publication Design instructions for switchboards for the planning office		
Degree programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering		
Abstract The topic of this thesis was to design a general guideline for the design of switchboards that best serves the customer's needs. The purpose of the work was to gather the most important information about the design of switchboards into a guide, which the designers could use in their work, and through this information acquisition would be easier and planning would be faster.		
<u>Key words</u> Electrical design, Electrical switchboard		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 LÄHTÖTIEDOT	6
2.1 Kohteen lähtötiedot	6
2.2 Tilaajan tarpeet	7
3 STANDARDIT JA ST-KORTIT	7
4 LASKELMAT JA TEHOARVOT	8
4.1 Huipputehon määrittely	8
4.2 Suojalaitteen valinta	8
4.3 Kaapelin valinta	10
4.4 Oikosulkuarvot	12
4.4.1 Verkon oikosulkuvirta arvot	12
4.4.2 Oikosulkuvirran huippuarvon laskeminen	12
4.4.3 Keskusten oikosulkukestoisuus	13
4.4.4 Lyhytaikainen mitoituskestovirta I _{cw}	13
4.4.5 Lyhytaikaisen mitoituskestovirran määrittäminen	14
4.4.6 Lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvo I _{pk}	17
4.4.7 Lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvon määrittäminen	17
5 KESKUSKAAVION KOKOONPANO	21
5.1 Keskuskaavion kokoamisen valmistelu	21
5.2 Keskuskaavion kokoaminen	21
6 KESKUKSEN KOMPONENTIT, OHJAUKSET JA MITTAUKSET	22
6.1 Kohteen sähkötekniset ratkaisut	22
6.2 Ohjaukset	22
6.3 Valaistus ohjaukset	22
6.4 LVI-laitteiden ohjaukset	23
6.5 Energianmittaukset	23
7 KESKUSKAAVION ETULEHTI	24
7.1 A Sähkötekniset tiedot	24
7.2 B kotelointi- ja asennustiedot	25
7.3 C Hyväksyttäminen ja merkinnät	26
7.4 D Kalustus ja- kaapelointitiedot	26
7.5 Keskuksen suunnitteluperiaatteet eri mitoitusvirroilla	27
8 KESKUSKAAVION TARKASTELU	27

9 TYÖKUVAT	29
9.1 Pääkaaviot	29
9.2 Piirikaaviot	29
9.3 Tasokuvat	29
9.4 Toteutussuunnitelmien läpikäynti	30
10 TARKASTUS TYÖMAALLA	30

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyssä luodaan tilaajan tarpeisiin sähkökeskusten suunnitteluohje. Ohjeesta on tarkoitus selvittää sähkökeskusten suunnittelun tärkeimmät reunaehdot, ohjelmat, standardit sekä suunnitteluohjeet, joita tarvitaan sähkökeskusten suunnittelussa. Suunnitteluohjeen on tarkoitus toimia suunnittelijoiden apuna keskusten suunnittelussa ja helpottaa tiedon keräämistä. Suunnitteluohjeesta on rajattu pois asuntojen keskukset sekä mittauskeskukset. Ohje laaditaan nousukeskuksia ja kiinteistökeskuksia varten.

Opinnäytetyön tilaajana on Naantalilainen sähkötekniinen insinööritoimisto Karawatski Oy. Yritys on perustettu vuonna 1988 ja sen pääasiallisiin palveluihin kuuluu sähkö-, valaistus- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelu sekä myös kustannuslaskenta ja hankesuunnittelu.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Kohteen lähtötiedot

Ennen varsinaisen suunnittelun aloitusta on selvitettävä kohteen lähtötiedot. Lähtötietoja varten on hyvä käydä tutustumassa kohteeseen, riippuen siitä onko kohde saneeraus vai uudisrakennus. Kohteesta on tärkeä ottaa paljon valokuvia ja varsinkin saneerauskohteissa kuvata keskukset ja keskuskaaviot, mikäli piirustuksia ei löydy sähköisessä muodossa. Suurimmat tehon tarpeet on hyvä selvittää alustavasti esim. kohteen lämmitysmuoto ja muut LVI-sähkötarpeet. Kouluissa, päiväkodeissa ja hoivalaitoksissa on otettava huomioon suurtalous keittiöt missä sähköntarve on suurta. Uudisrakennus kohteissa on sähkö ja televerkon haltijoilta selvitettävä kohteen liittymispisteet. (Karawatski, 2024.)

2.2 Tilaajan tarpeet

Tilaajalta selvitetään ennen suunnittelun aloitusta minkälaisia tarpeita ja lähtötietoja heillä on. Esimerkiksi Helsingin kaupungin asuntotuotannolla on kattava sähkösuunnitteluohje kohteilleen. Jos kohde on kokonaan uusi tai saneerauksessa keskukset uusitaan, on hyvä selvittää, kuinka paljon halutaan laajennusvaraa keskuksiin tulevaisuutta varten, sekä minkälaisia liitäntöjä kohteeseen on tulossa (esimerkiksi varavoima tai aurinkosähköjärjestelmä). Tilaajalla voi myös olla ohje keskusten nimeämiseen tai väriin. Esimerkiksi sairaala/terveydenhuolto ympäristössä UPS keskukset ovat yleisesti oransseja ja varavoimakeskukset sinisiä. (Karawatski, 2024.)

3 STANDARDIT JA ST-KORTIT

Suunnittelutyössä perustana käytetään standardeja ja ohjeistoja. Sähkökeskusten perusvaatimukset annetaan SFS-EN 61439-standardisarjassa. Standardit on koottu SFS-käsikirjaan 640. Sarjan osista olennaisin suunnittelutyön apuna on osa 1 yleisvaatimukset. Alla lueteltuna sarjaan kuuluvat osat:

- SFS-EN IEC 61439-1: Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset.
 - SFS-EN 61439-2: Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot.
 - SFS-EN 61439-3: Pienjännitekeskukset. Osa 3: Maallikoiden käyttöön tarkoitetut keskukset.
 - SFS-EN 61439-4: Pienjännitekeskukset. Osa 4: Erityisvaatimukset työmaakeskuksille SFS-EN 61439-5: Pienjännitekeskukset. Osa 5: Jakeluverkkokeskukset.
 - SFS-EN 62208: 2014 Tyhjät koteloinnit jakokeskuskäyttöön. Yleiset vaatimukset.
 - SFS 2529 Vaihtosähköenergian mittauss. Energiamittarin alusta.
 - SFS 3381 Vaihtosähköenergian mittauss. Mittauslaitteistot.
- (SFS-Käsikirja 640 sähkökeskukset 2016. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.)

Standardien lisäksi suunnittelun apuna käytetään ST-kortistoja. Sähkökeskusten suunnittelussa hyödyllisiä ST-kortteja on lueteltu alla.

- ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen.
- ST 53.34 Jakokeskuksen suunnittelussa ja valmistuksessa huomioon otettavia asioita.
- ST 53.24.01 Rinnankytketyt johtimet ja niiden suojaus.
- ST 21.34 Ohjeita energiamittausten ja energianhallintajärjestelmien toteutukseen.
- ST 13.55 Jakokeskusten pääkaavioissa käytettäviä merkkejä ja merkkiryhmiä. (Sähkötieto, 2024)

4 LASKELMAT JA TEHOARVOT

4.1 Huipputehon määrittely

Kohteen liittymiskoon selvittämiseksi täytyy kohteeseen tehdä huipputeholaskelma. Huipputeholaskelman saa tehtyä Karawatskin huipputeholaskelma excel-taulukolla. Jos kyseessä on olemassa oleva kohde, voidaan tällöin pyytää verkkoyhtiöltä vanhoja toteutuneita huipputehotietoja. (Karawatski, 2024.)

4.2 Suojalaitteen valinta

Suojalaite valitaan kuorman perusteella. Keskusten nousuihin ja suurempiin kuormiin valitaan kytkinvarokkeet. Yleisesti valaistus ja pistorasiaryhmät suojataan johdon-suoja automaateilla tai tulppasulakkeilla. Suojalaitteen valinnassa täytyy tietää kuorman nimellisvirta. Yleisesti laitteiden sähköteho on ilmoitettu, jolloin laitteen nimellisvirta voidaan laskea ja pystytään määrittämään laitteen nimellisvirran avulla suojalaitteen koko. Suojalaitteen nimellisvirran on oltava suurempi kuin laitteen laskettu nimellisvirta-arvo. (Karawatski, 2024.) Kaavassa 1 on esitetty 3-vaihevirran laskukaava.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi} \quad (1)$$

I= Virta

P= Teho

U= Jännite

Cosφ = Tehokerroin

Kun valitaan suojalaitteeksi B, C, tai D-tyypin johdonsuojakatkaisija, voidaan suoja-laite valita suoraan johtimen kuormitettavuuden mukaan. Johdonsuojakatkaisijan tyyppi valitaan käyttötarkoituksen mukaan. B-tyypin johdonsuojakatkaisija soveltuu resistiivisille kuormille, joissa ei ole suuria käynnistysvirtoja, kuten valaistus- ja läm-mitysryhmät. C-tyypin johdonsuojakatkaisija soveltuu resistiivisille ja lievästi induk-tiivisille kuormille, kuten lämmitys ja pistorasiaryhmille. D-tyypin johdonsuojakatkai-sija soveltuu moottorikäyttöjen suojakseen. Kun suojaukseen käytetään sulaketta, pi-tää ottaa huomioon se, että sulakkeen sulamisrajavirta on 1,6–2,1 kertaa sulakkeen mitoitusvirta. Tästä seuraa, että johtimen kuormitettavuus erikokoisilla sulakkeilla pi-tää olla vähintään taulukon 1 mukainen. (D1-2022, s.262; SFS-600–1:2022, s. 260.)

Taulukko 1. Johtimien kuormitettavuuden vähimmäisarvot erilaisilla gG tyyppisen sulakkeen mitoitusvirroilla (SFS-600–1:2022, s. 260)

gG-tyyppisen sulakkeen mitoitusvirta	Johtimen kuormitettavuus vähintään
A	A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

4.3 Kaapelin valinta

Kaapeli valitaan kuormitettavuuden perusteella. Koska usein tarkka mitoitus ei ole perusteltua, selviää useimmista mitoitustehtävistä käyttämällä taulukon 2 mukaisia kuormitettavuus arvoja. Taulukko löytyy D1-käsikirjasta, jossa annetaan kaapeleiden kuormitettavuudet eri SFS 6000: n asennustavoille. (D1-2022, s.219.)

Taulukko 2. Kaapeleiden kuormitettavuudet eri asennustavoille. (D1-2022, s.220)

Johtimen nimellis- poikkipinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat				
	A	C	D1	D2	E
Kupari					
1,5	13	17,5	18	19	18,5
2,5	17,5	24	24	24	25
4	23	32	30	33	34
6	29	41	38	41	43
10	39	57	50	54	60
16	52	76	64	70	80
25	68	96	82	92	101
35	83	119	98	110	126
50	99	144	116	130	153
70	125	184	143	162	196
95	150	223	169	193	238
120	172	259	192	220	276
150	196	299	217	246	319
185	223	341	243	278	364
240	261	403	280	320	430
300	298	464	316	359	497
Alumiini					
16	41	59	50	53	61
25	53	73	64	69	78
35	65	90	77	83	96
50	78	110	91	99	117
70	98	140	112	122	150
95	118	170	132	148	183
120	135	197	150	169	212
150	155	227	169	189	245
185	176	259	190	214	280
240	207	305	218	250	330
300	237	351	247	282	381

4.4 Oikosulkuarvot

4.4.1 Verkon oikosulkuvirta arvot

Jotta kiinteistön sähköverkkoon saadaan tehtyä oikosulkuvirtalaskelmat, on ensimmäiseksi selvitettävä liittymän oikosulkuvirta-arvot paikalliselta verkkoyhtiöltä. Verkkoyhtiöltä tarvitaan 1- ja 3-vaiheiset oikosulkuvirran tehollisarvot liittymispisteessä.

4.4.2 Oikosulkuvirran huippuarvon laskeminen

Oikosulkuvirran huippuarvo täytyy tietää, jotta saadaan tehtyä oikosulkulaskelmat. Oikosulkuvirran huippuarvon laskemisessa on helpointa käyttää taulukkoa 3. Taulukossa 3 annetaan n kertoimet huippuarvon laskemiseksi. Taulukon 3 oikosulkuvirran tehollisarvosta valitaan oikea sarake vastaamaan kohteen 3-vaiheista oikosulkuvirran tehollisarvoa, joka kerrotaan n kertoimella. Näin saadaan laskettua oikosulkuvirran huippuarvo. (SFS-EN 61439-1, 2013, s.15.)

Taulukko 3. kertoimen n^a arvot. (SFS-EN 61439-1, 2013, s. 15)

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

^a Taulukon arvot pätevät useimpiin sovelluksiin. Erityisissä paikoissa, esim. muuntajan tai generaattorin läheisyydessä, voi tehokerroin saada pienempiä arvoja, jolloin prospektiivisen virran huippuarvo voi tulla rajoittavaksi arvoksi oikosulkuvirran tehollisarvon sijasta.

Esimerkki oikosulkuvirran huippuarvon laskeminen, kun 3-vaiheisen oikosulkuvirran tehollisarvo on 16kA

$$I_{pk} = IK3p \times n \quad (2)$$

$$I_{pk} = 16kA \times 2$$

$$I_{pk} = 32kA$$

4.4.3 Keskusten oikosulkukestoisuus

Keskusten oikosulkukestoisuuden määrittämiseen on olemassa taulukko, jota voi käyttää, mikäli keskuksen käyttöpaikan oikosulkuvirrat eivät ole tiedossa. Keskuksen tulisi kestää vähintään taulukon 4 mukaisia oikosulkuvirran arvoja. (SFS-640 2016, s.61)

Taulukko 4. Oikosulunkestävyyden suositellut arvot 400V jännitteellä. (SFS-Käsikirja 640, 2016, s. 61)

Keskuksen mitoitusvirta InA A	Lyhytaikainen mitoituskestovirta (oikosulkuvirran tehollisarvo keskuksen syöttöliittimissä) I_{cw} 0,3 s tai I_{cc} kA	Mitoituskestovirran huippuarvo I_{pk} kA
≤ 125*	<2,0	<3,0
> 125 ≤ 250	5,0	7,5
>250 ≤ 400	6,3	10,7
>400 ≤ 630	12,5	25,0
>630 ≤ 800	16,0	32,0
>800 ≤ 1000	20,0	40,0
>1000 ≤ 1600	25,0	52,5
>1600 ≤ 2000	31,5	66,2
>2000 ≤ 2500	40,0	84,0
>2500 ≤ 3150	50,0	105,0
>3150	valmistajan ja käyttäjän/ tilaajan sopimuksen mukaan	

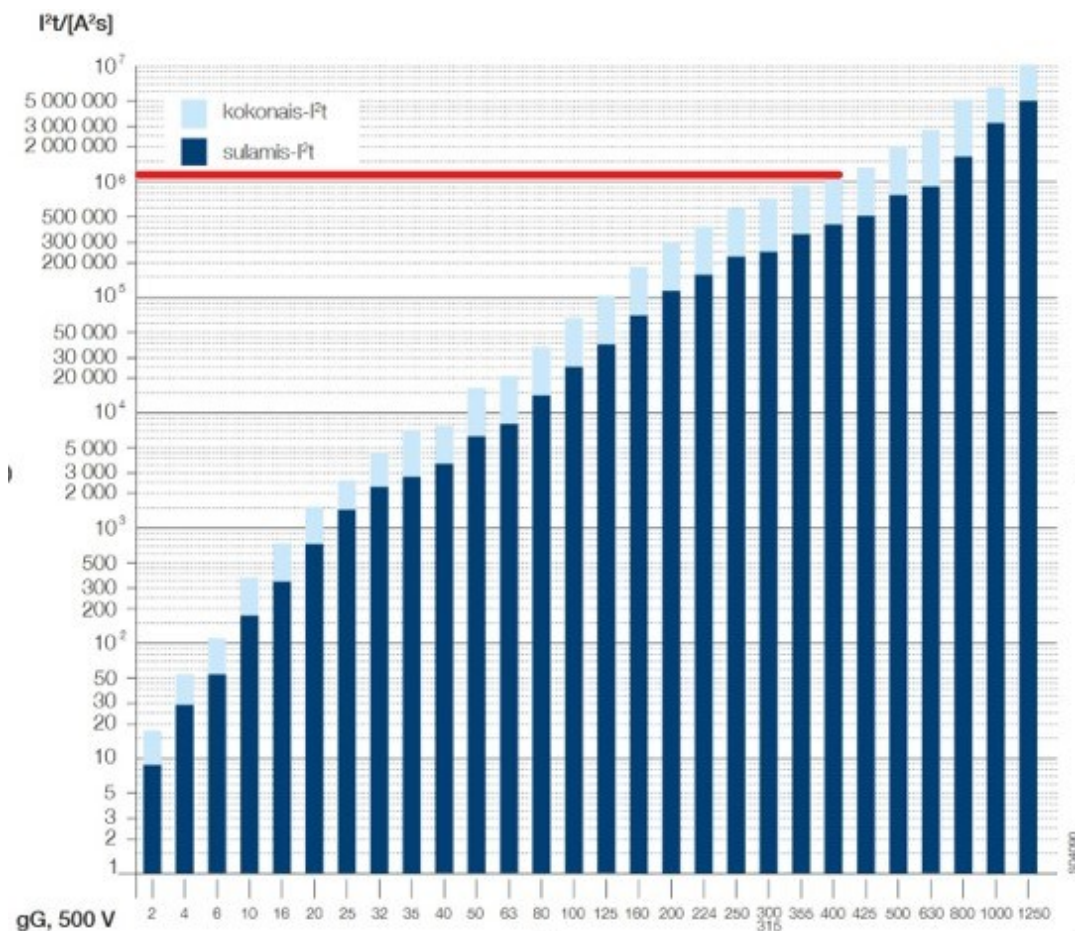
* Pienillä < 125 A keskuksilla oikosulunkestävyyden arvolla ei ole yleensä merkitystä

4.4.4 Lyhytaikainen mitoituskestovirta I_{cw}

Lyhytaikainen mitoituskestovirta on keskuksen valmistajan ilmoittama oikosulkuvirran tehollisarvo, määriteltynä virran ja ajan suhteen, jonka keskus voi johtaa määritellyissä olosuhteissa. Lyhytaikainen mitoituskestovirran on oltava yhtä suuri tai suurempi kuin oikosulkuvirran prospektiivinen tehollisarvo kussakin syöttöpisteessä. Keskukselle voidaan antaa erilaisia I_{cw} arvoja (esim. 0.1s, 0.3s, 1s). Keskuksen kanssa ilmoitetaan keskuksen lyhytaikaisen mitoituskestovirran arvo eli I_{cw} arvo. (SFS-EN 61439-1,2013, s.50.)

4.4.5 Lyhytaikaisen mitoituskestovirran määrittäminen

Määritetään lyhytaikainen mitoituskestovirta pääkeskukseen, jossa pääsulake on 400A. Lyhytaikainen mitoituskestovirta voidaan määrittää keskusta suojaavan suurimman sulakkeen läpipääsyenergian avulla. Kuvasta 1 luetaan suojaavan sulakkeen pylvään kohdalta sulakkeen I^2t arvo. (Orrberg, 2024.)



Kuva 1. I^2t arvot, 500V, gG-sulakkeet OFAF. (ABB, 2009, s. 39)

Esimerkki lyhytaikaisen mitoituskestovirran määrittäminen 400A sulakkeelle.

$$I_{cw1s} = \sqrt{\frac{I^2t_{(suoja)}}{1s}} \quad (3)$$

$$I_{cw1s} = \sqrt{\frac{1100000A^2s}{1s}}$$

$$I_{cw1s} = 1048,8A \approx 1,1kA$$

(Orrberg, 2024.)

Pääkeskus, jossa on useampi syöttökaapeli ja sulake rinnan kytkettynä oikosulkuvirta voi myös jakautua tasaisesti suojienvälille. Läpipääsyenergia on kerrottava rinnan kytkettyjen syöttöjen määrällä. Taulukosta 5 katsotaan kyseisen sulakkeen vaadittu toimintavirta. (Orrberg, 2024.)

Taulukko 5. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille. (D1-2022, s. 89)

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
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	206,3
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

Esimerkki lyhytaikainen mitoituskestovirta 2x200A sulakkeelle.

$$I^2t = A^2 \times 5s \quad (4)$$

$$I^2t = 1250^2 \times 5s$$

$$I^2t = 7812500A^2s$$

$$I_{cw}1s = \sqrt{\frac{2 \times 7812500A^2s}{1s}}$$

$$I_{cw}1s = \sqrt{\frac{2 \times 7812500A^2s}{1s}}$$

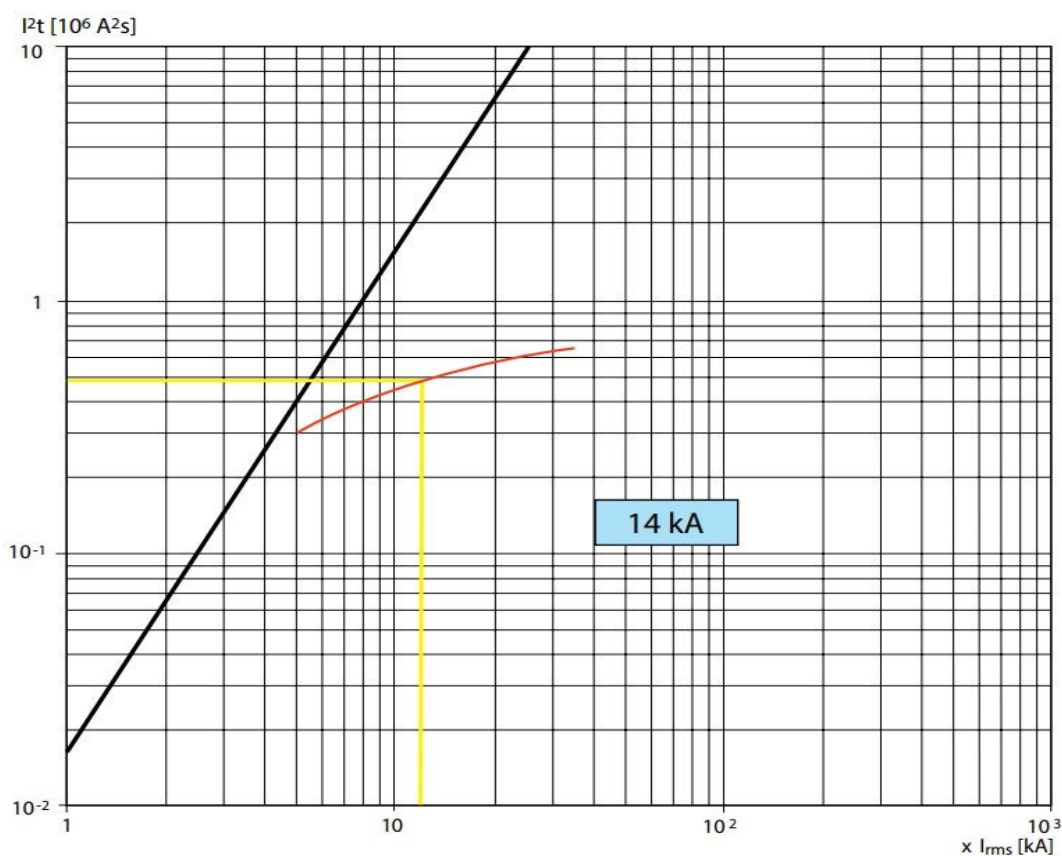
$$I_{cw1s} = 3925,85A \approx 3,9kA$$

(Orrberg, 2024.)

Jos halutaan määrittää lyhytaikainen mitoituskestovirta katkaisijalle, on tällöin tutustuttava kyseisen katkaisijamallin läpipääsyenergia käyrään (Orrberg, 2024.)

Esimerkki lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvon määrittäminen kompakti-katkaisijalle ABB XT2L-125, kun katkaisijaan vaikuttaa 14kA 3-vaiheinen oikosulkuvirran arvo. Kuvassa 2 on keltainen pystyviiva asetettu 14kA kohdalle ja siitä nouseaan katkaisijan läpipääsyenergiakäyrään asti ja sitä seurataan keltaista poikkiviivaa, josta saadaan katkaisijan I^2t arvoksi $0,42 \times 10^6 = 420000A^2S$. (ABB, n.d, s. 3)

Jotta katkaisijalle saadaan lyhytaikaisen mitoituskestovirran arvo, on saatu tulos laskehtava käyttäen kaavaa 3 (Orrberg, 2024).



Kuva 2. ABB. US Technical Catalog SACE Tmax XT UL/CS. (ABB, n.d, s. 3)

Jos lyhytaikaisen mitoituskestovirran 1s arvo halutaan muuttaa jollekin toiselle ajalle 0.2-5s ajalle voidaan tämä muuttaa käyttämällä kaavaa 5. (ABB, 2000, s.4)

Esimerkki lyhytaikaisen mitoituskestovirran arvon $I_{cw1s} = 2kA$ muuttaminen 0.3s arvoksi.

$$I_{cwt} = I_{cw1s} \times \frac{1}{\sqrt{t}} \quad (5)$$

$$I_{cw0,3s} = 2kA \times \frac{1}{\sqrt{0,3}}$$

$$I_{cw0,3s} = 3651A \approx 3,6kA$$

(ABB,2000, s.4.)

Jos lyhytaikaisen mitoituskestovirran jokin muu kuin 1s arvo halutaan muuttaa 1s arvoksi voidaan tämä muuttaa käyttämällä kaavaa 6. (Orrberg, 2024.)

Esimerkki 4. Lyhytaikaisen mitoituskestovirran arvon $I_{cw0,3s} = 3651A \approx 3,6kA$ muuttaminen 1s arvoksi.

$$I_{cwt} = I^2 \times t \quad (6)$$

$$I_{cwt} = 3651^2 \times 0,3$$

$$I_{cwt} = 3998940.3A^2s$$

$$I_{cw1s} = \sqrt{\frac{3998940.3A^2s}{1s}}$$

$$I_{cw1s} = 1999A \approx 2kA$$

(Orrberg, 2024.)

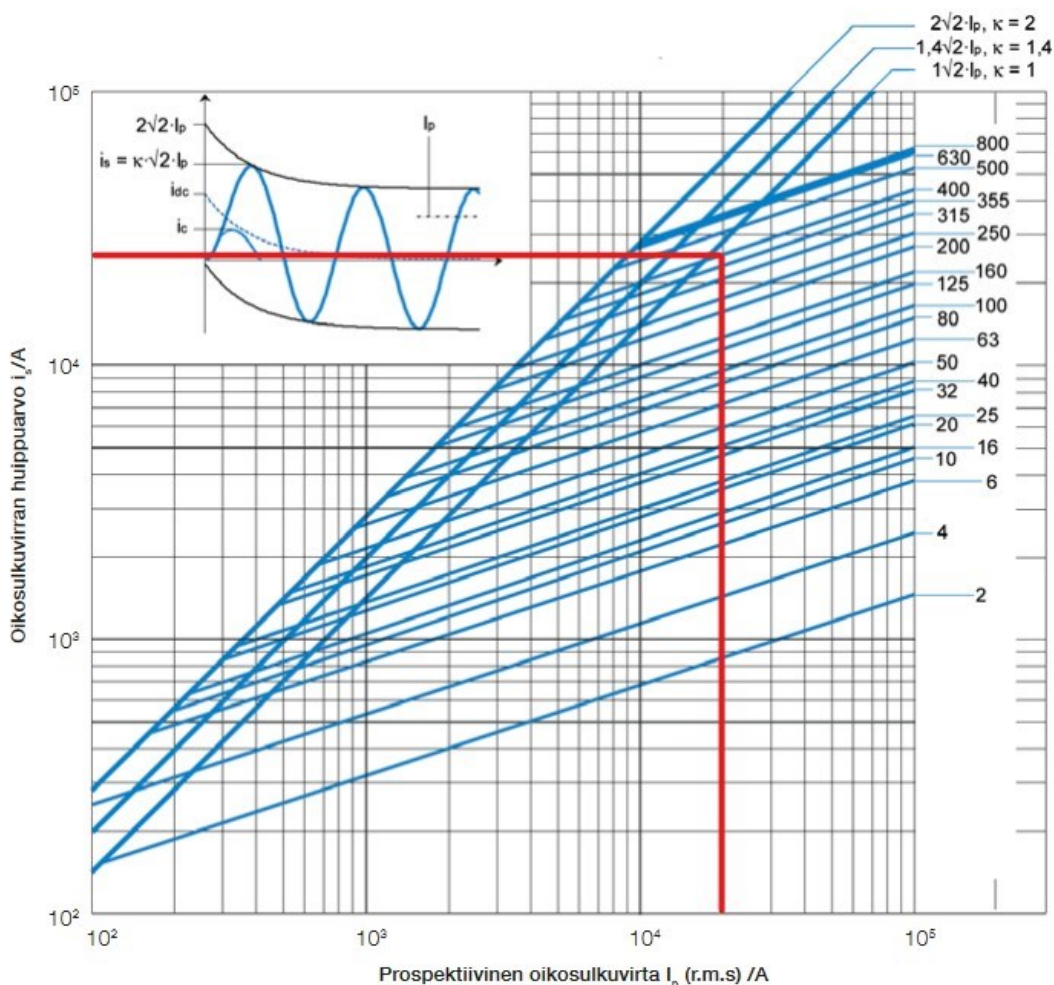
4.4.6 Lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvo I_{pk}

Lyhytaikainen mitoituskestovirran huippuarvo on oikosulun alkuhetkellä vaikuttava siniaallon huippuarvo. Tätä arvoa kutsutaan myös dynaamiseksi oikosulkuvirraksi. Keskuksen kannessa ilmoitetaan keskuksen lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvo eli I_{pk} arvo. (Orrberg, 2024.)

4.4.7 Lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvon määrittäminen

Määritetään lyhytaikainen mitoituskestovirran huippuarvo pääkeskukseen, jossa pääsulake on 400A. Lyhytaikainen mitoituskestovirran huippuarvo voidaan määrittää

keskusta suojaavan suurimman sulakkeen oikosulkurajoituksen avulla. Kuvan 3, alareunasta valitaan oikea 3-vaiheisen oikosulkuvirran arvo, joka kyseisen kohteen pääkeskukselle on annettu. (Orrberg, 2024.)

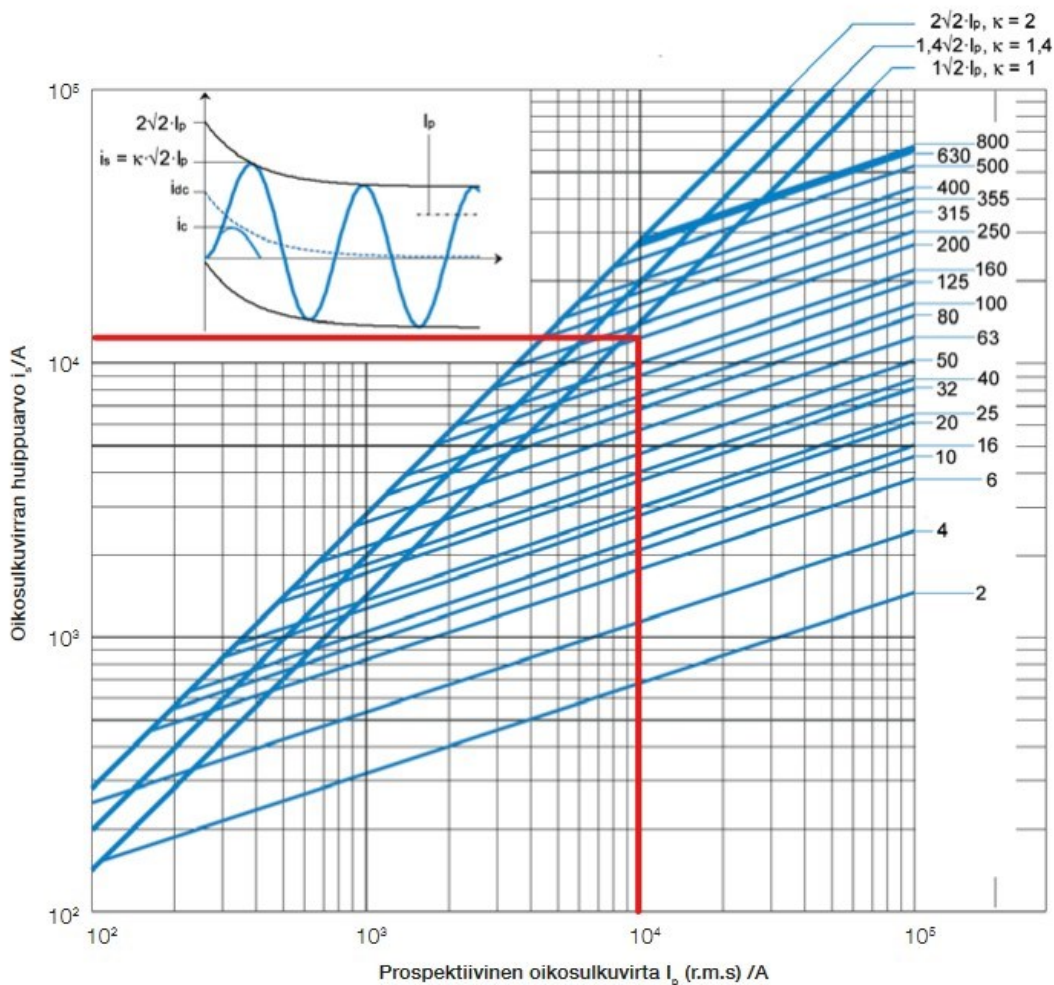


Kuva 3. Virranrajoitus, 690 V, gG- sulakkeet OFAA_H_ ja OFAA_H_-H20. (ABB, 2009, s. 35)

Esimerkki lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvon määrittäminen. Keskukselle on annettu 3-vaiheisen oikosulkuvirran arvoksi 20kA. Kuvassa 3 on punainen pystyviiva asetettu 20kA kohdalle ja sitä noustaan sulakkeen virranrajoitus käyrään ja siitä pisteestä seurataan punaista vaakaviivaa, josta saadaan keskuksen lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvoksi n.26kA. (Orrberg, 2024.)

Jos halutaan määrittää lyhytaikainen mitoituskestovirran huippuarvo keskuksen rinnankytketyille syötöille, on silloin jaettava keskuksen 3-vaiheinen oikosulkuvirta su-

ojalaitteiden määrällä ja sulakkeen virranrajoituskäyrästä saatu oikosulkuvirran huippuarvo kerrottava kahdella. (Orrberg, 2024.)



Kuva 4. Virranrajoitus, 690 V, gG- sulakkeet OFAA_H_ ja OFAA_H_-H20. (ABB, 2009, s. 35)

Esimerkki. Lyhytaikainen mitoituskestovirran huippuarvo rinnankytketyille syötöille. Keskuksen 3-vaiheinen oikosulkuvirta 20kA.

$$I_{pk} = I_k / \text{suojalaitemäärä}$$

$$I_{pk} = 20kA / 2$$

$$I_{pk} = 10kA$$

$$I_{pk} = 13kA \text{ (gG 200A 10kA kohdalta kuva 4)}$$

$$I_{pk} = I_k \times \text{suojalaitemäärä}$$

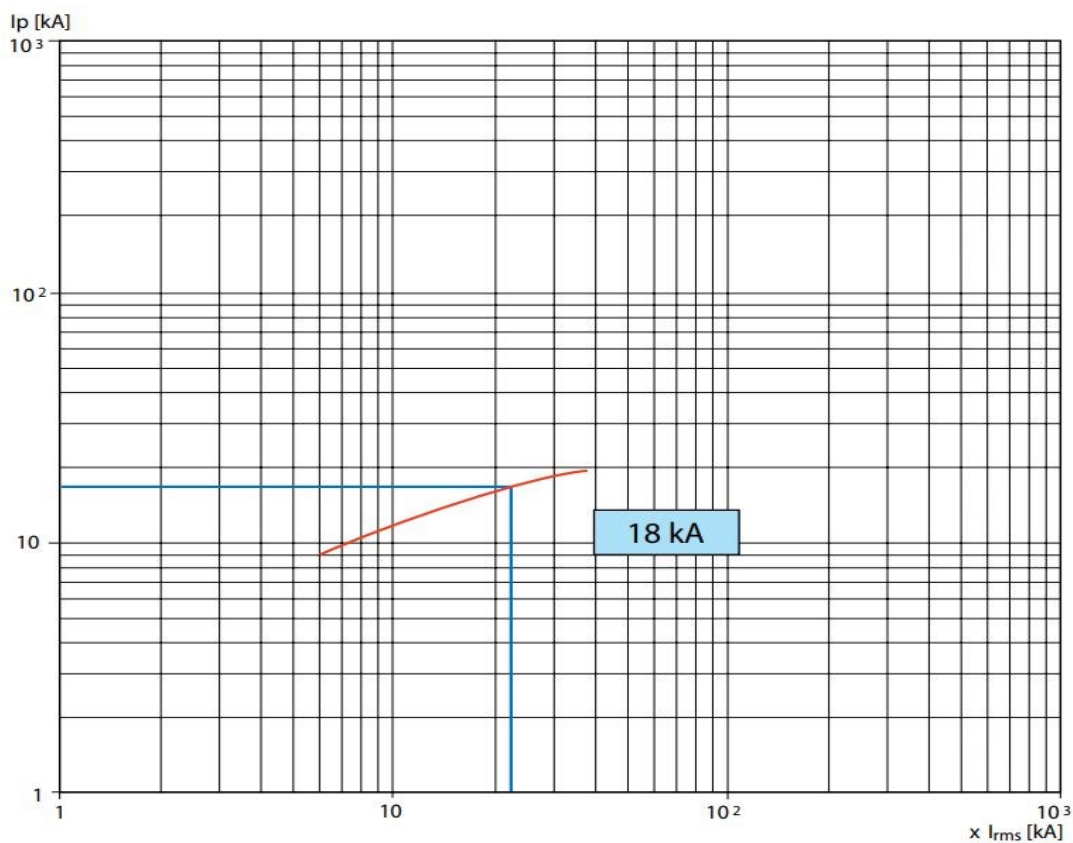
$$I_{pk} = 13kA \times 2$$

$$I_{pk} = 26kA$$

(Orrberg, 2024.)

Jos halutaan määrittää lyhytaikainen mitoituskestovirran huippuarvo katkaisijalle, on tällöin tutustuttava kyseisen katkaisijamallin virranrajoitus käyriin. (Orrberg, 2024.)

Esimerkki lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvon määrittäminen kompakti-katkaisijalle ABB XT2L-125 kun katkaisijaan vaikuttaa 22kA 3-vaiheinen oikosulkuvirran arvo. Kuvassa 5 on sininen pystyviiva asetettu 22kA kohdalle ja siitä nouseaan katkaisijan virranrajoituskäyrään asti ja sitä seurataan sinistä poikkiviivaa, josta saadaan katkaisijan lyhytaikaiseksi mitoituskestovirran huippuarvoksi 18kA. (ABB, n.d, s. 3.)



Kuva 5. ABB. US Technical Catalog SACE Tmax XT UL/CS. (ABB, n.d, s. 3)

5 KESKUSKAAVION KOKOONPANO

5.1 Keskuskaavion kokoamisen valmistelu

Keskuskaavion kokoaminen aloitetaan tuomalla tasokuvista ryhmät kokonaisuudessaan keskuskaavioon. Ennen kuin ryhmiä aletaan tuomaan tasokuvista, on hyvä varmistaa, että tasokuvat on piirretty mahdollisimman pitkälle ja kaikki kaapeloinnit ja pisteet varmasti lisätty tasokuvaan. LVI-laitteiden sähköistyksen on myös hyvä tarkistaa. Ennen keskuskaavioiden piirtämisen aloittamista olisi hyvä tarkastuttaa tasokuvat kollegalla. Mitä tarkemmin tasokuvien johdotusvaiheessa ryhmät tehdään, sitä nopeampaa ja tehokkaampaa keskuskaavioiden teko on. (Heinilä, 2024.)

5.2 Keskuskaavion kokoaminen

Ryhmät tuodaan pääkaavioon tasokuvista ja mikäli ryhmät on tasokuvissa piirretty oikein, ne tulostuvat pääkaavioon täydellisinä eikä niitä tällöin tarvitse muokata. Ryhmät pitää kuitenkin siirtää ja sijoitella oikeille paikoilleen. Sijoittelussa yleisesti pitää ottaa huomioon mitkä kuormat menevät omalle jännitekentälle etukojeiden taakse. Esimerkiksi nimellisvirraltaan yli 125A keskuksissa johdonsuoja-automaatit tulee laittaa etukojeiden taakse, ellei käytetä suuremman oikosulkukestoisuuden (10kA) johdonsuoja-automaatteja, jolloin voidaan jättää etukoje pois. Yleisesti johdonsuoja-automaattien oikosulunkestoisuus on 6kA. Lähtöjen ryhmittelyssä voidaan käyttää periaatetta, että 3-vaiheiset lähdöt laitetaan ensimmäiseksi ja sen jälkeen 1-vaiheiset. Tulppasulakkeet ja johdonsuoja-automaatit erotellaan toisistaan. Johdonsuoja-automaatit yleisesti kojärjestykseen suurimmasta pienimpään. (Heinilä, 2024.)

6 KESKUKSEN KOMPONENTIT, OHJAUKSET JA MITTAUKSET

6.1 Kohteen sähkötekniset ratkaisut

Keskuskaavion kokoamisessa pitää huomioida kohteen sähkötekniset ratkaisut. Selvitetään, tarvitaanko esimerkiksi keskukseen ylijännitesuoja sekä onko kohteessa aurinkosähköjärjestelmä. Tarkastetaan myös varavoima ja UPS järjestelmien tarpeet. UPS järjestelmissä on otettava huomioon, ettei käytetä syötössä 4-napaista kytkintä eli nolaa ei katkaista. (Heinilä, 2024.)

6.2 Ohjaukset

Ohjatut lähdöt on hyvä tarkistaa. Ohjattuihin lähtöihin on tärkeää merkitä mikä ohjaa lähtöä, esimerkiksi VAK tai kellokytkin. Ohjatun lähdön nokkakytkimeen on myös merkittävä asentojen lukumäärä, yleisesti merkitään (0–1) tai (1–0-A). Auto asento tarkoittaa ulkopuolisen ohjauksen asentoa esimerkiksi VAK ohjausta. Kun nämä asiat on määritetty pääkaavioon oikein, osaa piirikaavioiden laatija etsijä tietoa oikeasta paikasta, jolloin piirikaavioiden laadinta nopeutuu. Jos kohteessa tarvitaan poikkeavia kontaktorikokoja, on ne syytä kirjata pääkaavioon. Jos kohteessa ei ole taloautomaatiojärjestelmää, voidaan käyttää 230V ohjauksia esimerkiksi astronomisia kelloja ja päivänvaloantureita. Kontaktoria voidaan käyttää hätäpoiskytkentään, kun sen mitoitusvirta on 1,5-kertainen kuormitusvirtaan nähden. (Heinilä, 2024; SFS-600–1:2022, s. 331.)

6.3 Valaistus ohjaukset

Valaistuksen ohjaukseen on useita järjestelmiä esimerkiksi DALI, KNX ja Casambi. Yleisimmin käytössä näistä on DALI järjestelmä. DALI järjestelmä koostuu pääosin virtalähteistä, toistimista, ohjauspaneeleista, liiketunnistimista ja liitäntälaitteista. DALI toimii kaksinapaisella kaapeloinnilla, jonka kautta kaksisuuntainen digitaalinen signaali siirtyy järjestelmän kaikkien yksiköiden välillä. DALI järjestelmää suunniteltaessa merkataan DALI väylän syöttöön osoitteiden määrä ja virrankulutus. DALI järjestelmän maksimi osoitemäärä väylässä on 64 osoitetta ja maksimi virrankulutus on

250mA. DALI järjestelmää suunniteltaessa on hyvä käyttää apuna Helvarin DALI excel taulukkoa. (Helvar Oy AB, 2023; Karawatski, 2024.)

6.4 LVI-laitteiden ohjaukset

LVI-laitteiden osalta on hyvä aloittaa lähtöjen tarkistuksesta. Säättökaavioista selviää kojeen ohjaustavan ja mahdollinen indikointitieto valvonta-alakeskukseen (VAK). IV-laitteissa otettava huomioon IV-hätäpysäytys. Automaatiosuunnittelija määrittelee IV-hätäpysäytyksen toimintatavan joko ohjelmalliseksi rakennusautomaation kautta, tai ryhmäkeskustasolle ns. kovalle puolelle. Jos pysäytettäviä laitteita on paljon, on usein helpompi lisätä apukontaktori IV-hätäpysäytykselle. Jos ohjauslaitteet tai LVI-kenttälaitteet edellyttävät jännitemuuntajia on nämä merkattava pääkaavioon. Esimerkiksi sysäysreleet käyttävät pääosin 24V jännitettä. Nykyisin käytetään myös paljon rakennusautomaation huonesäätimiä, jotka myös toimivat usein 24V jännitteellä. LVI-laitteiden lähdeissä on hyvä kiinnittää huomioita lähtöjen kojeiden nimeämiseen. Tämä helpottaa piirikaavioiden laatijan työtä, kun nimeämiset on tehty oikein. (Heinilä, 2024.)

6.5 Energianmittaukset

Uudisrakennuksessa on oltava energiankäytön mittauksen mahdollistavat mittauslaitteet tai mittausvalmius, jotta rakennuksen energiankäyttöä voidaan seurata tärkeimpien kulutuskohteiden ja rakennuksen koko kulutuksen osalta. Mikäli mittausjärjestelmää ei toteuteta, on tällainen seurantamahdollisuus oltava helposti toteutettavissa. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 31 §.)

Kuormien mittaukset ilmenevät pääkaaviosta. Mittauksista on hyvä puhua tilaajan kanssa. Selvitetään onko tilaajalla tarpeita, jotka vaikuttavat siihen mitä kuormia halutaan mittausten taakse. Rakennuttajalla voi myös olla ohje sähköenergian mittauksiin. Yleistä on, että mittausten taakse laitetaan kohteen ilmanvaihto, sähkölämmitys ja valaistus. Näille kuormille piirretään omat jännitekentät ja energiamittarit. Riippuen

- Nimellisvirta. Käytännössä keskuksen pääkytkimen nimellisvirran arvo. Nimellisvirtaa määrittäessä tulee keskukselle tehdä huipputeholaskelma.
- Jakelujärjestelmä. Saneeraus ja muutoskohteet TN-C tai TN-S. TN-C-S järjestelmissä pitää suunnittelussa ottaa tarkasti huomioon, että järjestelmän kaikki asennukset pystytään liittämään TN-C-S järjestelmään.
- Oikosulkukestoisuudet. Keskuksen kanteen merkataan oikosulkuarvot lyhytaikainen mitoituskestovirta ja lyhytaikaisen mitoituskestovirran huippuarvo.
- Ohjausjännitteet. Keskuksen ohjausjännite, yleisesti 230V, 10A.
(Karawatski, 2024.)

7.2 B kotelointi- ja asennustiedot

Kotelointi- ja asennustietojen osiossa on kiinnitettävä huomiota varsinkin keskuksen fyysisiin mittoihin ja IP luokitukseen. Jos keskus on kuivassa tilassa esim. komerossa, riittää IP luokitukseksi hyvin IP30, IV-konehuoneisiin ja väestönsuojiiin IP34.

- Keskuslaji- ja kotelointiluokka, tarvitseeko taustalevyn tai IP luokitusta.
- Asennustapa. Asennetaanko keskus pintaan vai upotetaanko. Yleisesti kiinteistökeskukset asennetaan pintaan.
- Kiinnitys. Pienikokoiset < 125A maksimi leveys n. 1m kiinnitys suoraan seinään. Kennokeskukset voidaan asentaa lattiaan seisomaan vapaasti. Isommat keskukset (125A – 630A) kiinnitetään sidekiskoilla seinään.
- Asennus- ja tukirakenteet. Jos kiinnitys halutaan myös lattiaan, toimitetaan keskukseen kolmiotuet sekä tarvittaessa myös sidekiskot.
- Kehikkokeskuksen yhtenäinen ovi, Jos ovi on lukittava, niin on muistettava, että silloin käyttökytkimet jäätävä oven taakse.
- Ovien- ja kansien avautuminen ja leveys. Avautuminen yleisesti 120 astetta.
- Keskuksen maksimikoko. Keskuksen maksimikoko määräytyy tilan mukaan, jos keskus asennetaan keskuskomeroon pitää muistaa, että keskus ei saa olla suurempi kuin komeron oviaukko. Keskuksen ympärille on myös jäätävä asennustilaa. Huomioidaan myös viedäänkö kaapeleita keskuksen sivusta.
- Kaapelikentät. Määrittely lähinnä suurempiin pääkeskuksiin.
- Lisätietoja. Kuljetuskatkot. Lähinnä suurempiin pääkeskuksiin.

(Karawatski, 2024; Kemikangas, 2024.)

7.3 C Hyväksyttäminen ja merkinnät

C osaan on harvemmin tarve tehdä muutoksia. Lähinnä saneeraus kohteissa, mikäli kohteessa on TN-C-S- jakelujärjestelmä pitää aina laittaa järjestelmän varoituskilpi. Vieras ohjausjännite pitää muistaa merkata, jos sellainen keskukseseen on tuotu. (Karawatski, 2024)

Normaalit käyttötoimenpiteet suorittaa yleisesti opastettu henkilö. Tällöin pitää keskuksen jännitteiset osat olla kosketukselta suojattu esim. seuraavilla tavoilla.

- Jännitteiset osat kosketussuojataan sormien ulottumisalueella ja muiden kehonosien mahdollisella kosketusalueella sivusuunnassa vähintään 100 mm etäisyydelle ja syvyysuunnassa vähintään 80 mm etäisyydelle, tai
- Jännitteinen osa sijoitetaan laitteeseen niin kapeaan syvennykseen, ettei osaa voi helposti koskettaa tahattomasti, tai
- käyttämällä edellisten vaihtoehtojen yhdistelmää. (SFS 6002:2015 + A1:2018, s.19.)

7.4 D Kalustus ja- kaapelointitiedot

Kalustus- ja kaapelointitiedot osiossa on kiinnitettävä huomiota varsinkin kalustustapaan ja syöttökaapelin merkitsemiseen. Syöttökaapelin kohdassa virheiden minimoimiseksi on hyvä tapa merkata viittaus keskuksen pääkaavioon.

- Kalustustapa. Lähes poikkeuksetta kiinteistöissä käytetään keskitettyjä lähtöjä. Yksikkölähtöjä käytetään mittauskeskuksissa, nousukeskuksissa ja pääkeskuksissa.
- Syöttö. Kaapelityypin merkitseminen ja tarkastaminen pääkaaviosta. Voidaan myös viitata etulehdellä pääkaavioon.
- Syötön tulo ja kaapeleiden lähtösuunta. Voidaan jättää tyhjäksi, on urakoitsijan täydennettävä. Urakoitsija täyttää syötön tulo ja lähtösuunnat ja nämä tarkistetaan työkuvavaiheessa.

- Pääpiirien kaapeleiden liittäminen. Kojeisiin yleisesti 10 mm² tai 16 mm², pienemmät kaapelit liitetään riviliittimien kautta.

(Karawatski, 2024.)

7.5 Keskuksen suunnitteluperiaatteet eri mitoitusvirroilla

Keskusten suunnitteluperiaatteissa on tärkeää ottaa huomioon eri nimellisvirroilla olevien keskusten tyyppi. Tyyppi määräytyy mitoitusvirran mukaan.

- 25-63A Jos maallikkokäytössä niin käytä aina IP30 tai IP20C, ei IP20.
- 80-125A Keskukset yleensä kehikko- tai kotelokeskuksia.
- 160A Keskukset yleensä kehikko- tai kotelokeskuksia kokoojakiskolla.
- 200-630A Keskukset yleensä kehikko- tai kotelokeskuksia kokoojakiskolla.
- 800-1000A Keskukset yleensä kennokeskuksia kokoojakiskolla / pystykiskolla.
- 1250-3200A Keskukset aina kennokeskuksia kokoojakiskolla / pystykiskolla.

(Kemikangas, 2024.)

8 KESKUSKAAVION TARKASTELU

Ennen kuin keskuskaaviot lähtevät urakoitsijalle on hyvä tehdä yleismuotoinen tarkastus varsinkin keskuskaavion etulehdelle. Tarkastetaan keskuksen fyysiset mitat, sekä onko keskus riittävän iso, kuitenkin ylimitoittamatta keskusta. Lisäksi tarkastetaan keskuksen IP-luokitus, sekä käydään läpi ryhmien kaapelikoot ja suojalaitteet. Keskuskaaviota tarkastellessa on myös hyvä tehdä ristiin tarkastelu keskusten syöttökaapeleiden ja nousujohtokaavion kaapeleiden kanssa. Sama ristiin tarkastelu tehdään

myös keskuskaavioiden ja ohjausjohtokaavion kanssa. Keskuskaavioon tehdään lisäksi varalähtöjen määrän tarkistus. Tässä nyökkisääntönä voi pitää, että kunkin käytössä olevien suojalaitetyypin määrästä lisättäisiin 30% tyhjiä varalähtöjä. Jos keskuksessa on DALI valaistus lähtöjä, täytyy niissä olla ilmoitettu laitteiden määrä ja väylän virrankulutus. Jos keskuksessa on turvalaistusslähtöjä, yleensä (esim. Neptoluxin järjestelmässä) täytyy keskuksessa olla lähtö vaihevahdeille. Kaikissa valaistusryhmissä, jotka palvelevat alueita/joissa on turvalaistuksia, pitää valaistuslähdeissä olla turvalaistuksen apureleet. Jos keskusta suunniteltaessa noudatetaan suunnitteluohjetta, on tarkastettava, että kaikki ohjeessa mainitut kuormat on mitattu. On hyvä myös tarkistaa mittausväylän tyyppi. Mittausväylän tyyppi selviää LVI suunnitelmista. (Karawatski, 2024.)

9 TYÖKUVAT

9.1 Pääkaaviot

Keskusvalmistaja numeroi pääkaavion lähdöt ja laatii kokoonpanopiirustuksen sekä keskusten kojeiden luettelon. Työkuvavaiheessa lähtöjen numeroinnin joutuu teemmään pääkaavioihin käsin keskusvalmistajan kuvasta kopioimalla. Kojeluettelosta selviää keskusvalmistajan keskuksessa käyttämät komponentit. (Heinilä, 2024.)

9.2 Piirikaaviot

Ennen piirikaavioiden laatimista on varmistettava, että kohteeseen hankittavat sähkölaitteet ovat tehojen ja liitännätapojen puolesta vastaavat kuin suunnitelmia laadittaessa. Urakoitsijan velvollisuus on kerätä konetiedot työpiirustusten laatijalle. Piirikaavioita voidaan lähteä luotettavasti laatimaan, kun urakoitsijalta on saatu laitetiedot, sekä käytössä on keskuksen kojeluettelo. Piirikaaviot laaditaan keskus- ja lähtökohtaisesti. Piirikaavioissa esitetään jokaisen keskuksen jokainen ohjattu lähtö, sekä keskuksiin erikseen asennettavat komponentit ja keskuksen sisäiset johdotukset riviliittimiin. Piirikaavio toimii siis ensisijaisesti valmistusdokumenttina keskustehtaalte. Piirikaavion perusteella keskuksen kokoonpanija osaa tehdä keskuksen lähdöille oikeanlaiset kytkennät. Usein piirikaavioiden laadinnan aikana tulee tarve muokata myös keskuksen pääkaaviota esim. apukontaktorien lisäys tai nokkakytkinasentojen muutos. (Heinilä, 2024.)

9.3 Tasokuvat

Työkuvavaiheessa tasopiirustuksiin viedään ryhmänumerot pääkaavioista Magicad:in komennolla. Tasokuvaan tehdään myös ohjelman avulla ristiinvertailu pääkaavioiden

kanssa, jossa varmistetaan esimerkiksi tasokuvien kaapelipoikkipintojen vastaavuus keskuskaavion kanssa. (Heinilä, 2024.)

9.4 Toteutussuunnitelmien läpikäynti

Keskustehtaan kokoonpanopiirustuksista on syytä tarkistaa varsinkin IP-luokka ja oikosulkukestoisuudet, jotta vältetään alimitoitus ilmoitettuihin arvoihin nähden. Myös keskuksen kansien avausmekanismien tarkastus suhteutettuna asennusympäristöön (ei esimerkiksi siipimutterikahvalla avautuvia yleisiin tiloihin). Tarkastetaan, onko riittävästi kalustamatonta tilavarausta, sekä keskuksen koko. Mahtuuko keskus suunnitellulle paikalleen ja ovista sisään. Tämän tarkistaa usein myös sähköurakoitsija, koska hän on työmaalla ja saa sieltä helpommin todelliset mitat. Tarkistetaan suunnitellut kaapeleiden lähtösuunnat, ovatko aukotukset ylhäällä/alhaalla ja oikein. Tarkistuksessa hyvänä apuna tasokuvien lisäksi toimii keskuksen perustietolomake. (Heinilä, 2024.)

10 TARKASTUS TYÖMAALLA

Keskuksen tarkistuksen ja hyväksynnän jälkeen keskustehdas laittaa keskuksen tuotantoon, kun piirikaaviot on toimitettu. Kun keskus saapuu työmaalle, on sähköurakoitsijan tehtävä tarkistaa ensisijaisesti, onko keskuksessa kuljetusvaurioita. On lisäksi tärkeää tarkistaa, onko keskus rakenteellisesti turvallinen ja sellainen, että se voidaan asentaa paikoilleen. Myös työmaalla tehdään keskukselle silmämääräinen tarkastus. Tällöin tarkistetaan, että keskuksesta löytyvät tarvittavat sormisuojat, putoamissuojat ja riviliittimet. Keskus käydään silmämääräisesti ja aistinvaraisesti läpi. Lopuksi keskuksen toiminta testataan ja tehdään tarvittavat käyttöönottomittaukset. (Heinilä, 2024.)

LÄHTEET

ABB. 2000–07. TTT Käsikirja <https://new.abb.com/fi>

ABB. US Technical Catalog SACE Tmax XT UL/CS. (n.d). Haettu 1.4.2024 osoitteesta https://pim.galco.com/Manufacturer/ABB%20Control/TechDocument/Tripping%20Curves/abb_circ_xt_trip.pdf

ABB. (2009). Kahvasulakkeet 2...1600A gG ja aM tyytit. <https://library.e.abb.com/public/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/1SCC317002C1801.pdf>

D1-2022. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköinfo Oy. <https://sahkoinfo.fi/>

Heinilä, M. (11.01.2024) Henkilökohtainen keskustelu Karawatski Oy:n suunnitteluisinöörin kanssa.

Helvar Oy AB, (2024) Mitä ovat DALI-valaistus ja DALI -2-valaistus? <https://helvar.com/fi/what-is-dali-lighting/>

Karawatski, I. (09.03.2024) Henkilökohtainen keskustelu Karawatski Oy:n toimitusjohtajan kanssa.

Karawatski Oy, (12.02.2024) Materiaalipankki

Kemikangas, M. (11.01.2024) Henkilökohtainen keskustelu UTU Oy:n liiketoimintayksikön päällikön kanssa.

Orrberg, M. (26.01.2024) Henkilökohtainen keskustelu Sähköinfon teknisen asiantuntijan kanssa.

SFS-Käsikirja 640 sähkökeskukset 2016. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <https://online.sfs.fi/>

SFS-käsikirja 600-1:2022 Pienjännitesähköasennukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6002:2015 + A1:2018 Sähkötyöturvallisuus. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 61439-1 (2013) Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. <https://online.sfs.fi/>

Sähkötieto, 2024 <https://www.sahkotieto.fi/index.php>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Haettu 18.01.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

