

SÄHKÖKESKUKSEN TARKISTAMINEN JA TESTAAMINEN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, Valkeakoski

Kevät 2021

Joonas Lamminpää

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee teollisuuskäyttöön suunniteltua sähkökeskusta. Työssä perehdytään keskuksen tarkistamiseen ja testaukseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa sähköasentajille kunnolliset ohjeet ohjelman lataamiseen, sekä tarkentaa käytössä olevaa tarkastuspöytäkirjaa opinnäytetyön avulla.

Aluksi opinnäytetyössä perehdyttiin keskusvalmistuksessa käytettäviin standardeihin sekä niiden sisältöön. Standardien lisäksi käsiteltiin tarkistuksissa ja mittauksissa käytettävää teoriaa. Teoriaosuuden lisäksi tehtävänä oli rakentaa ohjeet ohjelman lataukseen ja turvalogiikan käyttöönottoon sekä käydä läpi mahdollisia parannuksia testauspöytäkirjan osalta.

Ohjeet ohjelman lataamiseen saatiin onnistuneesti rakennettua ja teoriapohja tarkistusten parantamiseen saatiin laadittua. Kokonaisuudessaan työn haluttuihin tavoitteisiin päästiin kaikilta osin aikataulun mukaisesti.

Avainsanat Standardi, sähkökeskus, tarkistus, turvalogiikka

Sivut 33 sivua

Author Joonas Lamminpää

Year 2021

Subject Switchboard reviewing and a testing

Supervisors Juha Sarkula

ABSTRACT

This thesis discusses an electrical switchboard for the industrial use. The main focus in the project was on reviewing and testing of the switchboard. The purpose of this thesis project was to design appropriate instructions for electricians for software download and to refine the review report for inspections in use.

The theoretical background here deals with the standards used in switchboard manufacturing. In this thesis the theory of reviews and measurements is discussed at a theoretical background, too. In addition to the theoretical part, the task was to write instructions for downloading the program and introducing safety logic, as well as to review possible improvements to the test protocol.

Instructions for downloading the program were successfully written and a theory basis for improving the reviews was drawn up. The desired objectives of the work were achieved in all respects according to schedule.

Keywords Inspection, safety logic, standard, switchboard

Pages 33 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Standardit keskusvalmistuksessa	2
2.1	Ohjausjärjestelmien yleisiä vaatimuksia	2
2.2	Merkinnät.....	3
2.3	Keskuksen mekaaninen rakenne	5
2.4	Kotelointiluokka ja IP-koodi	6
3	Keskuksen mittaukset ja tarkistukset	7
3.1	Suojajohtimen jatkuvuus ja sen mittaus.....	7
3.2	Eristysresistanssi ja sen mittaaminen	9
3.3	Mittauksissa käytettävä mittalaite	10
3.4	Aistinvaraiset tarkistukset.....	11
3.4.1	Johdinvärien ja -kokojen tarkistaminen	12
3.4.2	Sähköiskulta suojaus	13
3.4.3	Varoituskilvet ja tunnukset	14
3.5	Mittausten ja tarkastusten dokumentointi	15
3.5.1	Tarkastuspöytäkirja	16
3.5.2	Arvokilpi sähkökeskuksessa	16
4	Ohjelman ja asetusten lataus	18
4.1	Käytössä oleva logiikka	18
4.1.1	Ohjelman lataus logiikan muistikortille	19
4.1.2	Turvalogiikan käyttöönotto.....	19
4.2	Parametrien ja asetteluarvojen asettaminen sähkökeskukseen	21
4.2.1	Parametrien asettaminen taajuusmuuttajiin.....	22
4.2.2	Asetteluarvojen asettaminen.....	23
4.3	Ohjausjärjestelmien testaus	25
5	Ohjeiden ja dokumentoinnin parantaminen.....	25
5.1	Ohjeiden tekeminen turvalogiikan käyttöönottoon.....	26
5.2	Tarkastuspöytäkirjan päivitys	28
5.2.1	Mittaukset ja asetteluarvot.....	28
5.2.2	Aistinvaraisten tarkistusten parantaminen	29
5.2.3	Keskuksen viimeistely	30
5.3	Tarkastuspöytäkirjan arkistointi	31
6	Pohdinta	32

1 Johdanto

Tässä työssä käydään läpi sähkökeskuksen tarkistamista ja testaamista sekä niiden parantamista. Testaamisen ja tarkistamisen lisäksi käydään läpi asetusten ja ohjelman lataamista valmiiksi sähkökeskukseen. Työn aihe tuli tarpeelliseksi käsitellä useiden palautteiden pohjalta, joita koneiden käyttöönottajat olivat antaneet. Keskuksia oli tarkistettu ja testattu puutteellisesti sekä liian vähäisissä määrin, jolloin saadaksean koneen toimimaan halutulla tavalla, on käyttöönottajalle jäänyt liian suuri työmäärä.

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa sähkökeskuksen tarkistamisen ja testaamisen tarkkuutta sekä niiden huolellisuutta. Tämän työn avulla yrityksen tarkastuspöytäkirja sähkökeskuksille tullaan uusimaan osittain. Työn aikana tarkastuspöytäkirjan dokumentointia parannettiin aloittamalla sen tallentaminen myös sähköisessä muodossa.

Vanhassa testausmallissa ohjelman lataus sähkökeskuksen logiikalle tuli logiikkapäivityksen myötä ongelmaksi. Tämän työn yhtenä tavoitteena on myös luoda uudet ohjeet sähköasentajille ohjelman latausta varten. Turvalogiikan tuomat ongelmat estivät keskuksen kokonaisvaltaisen tarkistamisen ilman lisäapuja, joita on kiireisenä aikana todella vähän saatavilla. Hyvän ohjeen ja tarvittavan ohjeistuksen avulla olisi mahdollista ratkaista tämä turvalogiikan tuoma ongelma. Lopullista ohjetta ja tarkastuspöytäkirjaa on tavoitteena tulevaisuudessa soveltaa myös yrityksen muihin vastaaviin sähkökeskuksiin.

Sähkökeskus, jota tässä työssä käsitellään tarkistusten ja ohjelmoinnin osalta, on teollisuuskäyttöön suunnitellun koneen sähkökeskus. Työhön ei otettu mukaan koko konetta vaan työ rajattiin pelkkään sähkökeskukseen. Näin aihe saadaan pysymään sopivana, eikä siitä tule liian laaja. Sähkökeskukseen liittyvistä tarkistuksista on keskitytty tähän työhön parhaiten sopiviin, sekä esimerkiksi IP-luokitusta on käsitelty vain pintapuolisesti, nostaten tärkeimmät asiat esille.

2 Standardit keskusvalmistuksessa

Suomessa sähkölaitteiden turvallisuutta koskevissa vaatimuksissa on siirrytty noudattamaan EU:n direktiivejä ja myös suomalaisia viranomaisvaatimuksia, joita on annettu direktiivien perusteella. Näiden määräysten peruseräytteenä on viitata standardeihin, eikä antaa yksityiskohtaisia teknisiä vaatimuksia. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s.3) Teollisuuden koneeseen asennettavan sähkökeskuksen kohdalla käytetään montaa eri standardia sen tekemisen aikana. Tämän sähkökeskuksen kohdalla ne ovat:

- SFS 6002 -sähkötyöturvallisuus
- SFS-EN 60439 -jakokeskukset
- SFS-EN 60529 -sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi)
- SFS-EN ISO 7010 -turvallisuusvärit ja turvallisuusmerkit
- SFS-EN 6024 -koneturvallisuus

Sähkökeskuksen kohdalla eniten käytössä ovat SFS-EN 60439 ja SFS-EN 6024, jotka käsittelevät jakokeskuksia ja koneiden sähkölaitteistoja. Kaikkein tärkeimpänä standardina on tietenkin SFS 6002, sähkötyöturvallisuus, jota tulee noudattaa kaikissa sähkötöissä, kuten myös tätä keskusta kootessa.

Myös kansallisten jakokeskusstandardien ja -määräysten laadinnasta ja soveltamisesta on Suomella pitkä perinne. Jakokeskusten komponentteja käsittelevät standardit valmistuivat ensimmäisen kerran jo 1940-luvun loppupuolella. Kansainvälisellä puolella vasta vuonna 1973 IEC julkaisi ensimmäisen jakokeskuksia koskevasta standardista, IEC 439:n. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s.3)

2.1 Ohjausjärjestelmien yleisiä vaatimuksia

Ohjausjärjestelmien yleiset vaatimukset liittyvät valtioneuvoston päätökseen 1314 koneiden turvallisuudesta. Hallintajärjestelmä on suunniteltava ja toteutettava niin, että se on turvallinen ja estää vaaratilanteet. Tässä tapauksessa sähkökeskuksen lopullinen sijoituskohde on kone, joten keskuksen ohjausjärjestelmiä määrittelee nämä määräykset. Sama liite määrittelee myös ohjaustoiminnot ja pysäytyslaitteet. (Suomen Standardisoimisliitto, 2003, s. 27)

Ohjausjärjestelmiin kuuluvat myös pysähtymistoiminnot. Pysähtymistoiminnot jaetaan kolmeen eri luokkaan, jotka ovat:

- luokka 0 – valvottoman pysähtyminen, jossa välittömästi poistetaan kaikki teho koneen toimilaitteilta
- luokka 1 – valvottu pysähtyminen, jossa tehoa hyödynnetään pysähtymisen aikaan saamiseksi, mutta se poistetaan välittömästi koneen pysähtyessä
- luokka 2 – valvottu pysähtyminen, jossa tehoa koneen toimilaitteilla hyödynnetään koko ajan. (Suomen Standardisoimisliitto, 1999, s. 162)

Valvomattomalla pysähtymisellä tarkoitetaan, että koneen kaikilta toimilaitteilta poistetaan teho pysäyttämistä varten. Tehon poistamisen lisäksi kaikki jarrut ja muut pysäytyslaitteet toimivat. Toisin kun valvottoman pysähtyminen, valvotun pysähtymisen aikana teho toimilaitteilla säilyy pysähtymiskäskyn jälkeenkin pysähtymisen ajan. (Suomen Standardisoimisliitto, 1999, s. 116, s. 122)

Ohjausjärjestelmissä pysähtymiseen liittyy myös hätäpysäytys. Hätäpysäytys tapahtuu hätäpysäytyslaitteiden avulla, jotka tulee olla IEC 60947-5-5 mukaisia. Hätäpysäytyslaitteita ovat esimerkiksi kämmenellä tai sormella ohjattava painike, vetonarulla toimiva kytkin tai jalalla poljettava kytkin. Kaikkien hätäpysäytyslaitteet tulee olla helposti tavoiteltavissa ja ne on sijoitettava kaikkiin paikkoihin, josta mahdollinen hätäpysäytys voidaan tehdä. (SFS-EN 6024, s. 29)

2.2 Merkinnät

Keskuksen ollessa asennettuna valmistajan vaatimalla tavalla, on sisäisten piirien merkintöjen, kuten ylivirtasuojien suuruuden ja kojetunnusten oltava nähtävissä, vaikka keskuksesta olisi ovet avattuna ja kojeiden suojat poistettuina. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 21) Merkintöjen, tunnuskilpien, nimikilpien ja varoitusmerkkien on kestävä ympäristön fyysiset rasitukset. Kaikkien merkintöjen tulee olla niin kestäviä, että ne tulevat kestäväksi arvioidun koneen käyttöajan ajan. (SFS-EN 6024, s. 85)

Kytkimet tulee merkitä niiden käyttötarkoituksen osoittavalla tavalla eli standardoidulla tunnuksella tai kilvellä. Esimerkiksi pääkytkin merkitään tekstillä ”PÄÄKYTKIN” tai sen maan kielellä minne lopputuote menee. Pääkytkinkilvelle on keskuksen nimellisvirran mukaan suositeltavat kilven vähimmäismitat taulukon 1 mukaan. Jakokeskuksissa kilven pohjaväri suositellaan olevan sininen tai käyttäjän haluama jokin muu väri. Usein teollisuuden sähkökeskuksissa pohjavärinä käytetään jotain muuta kuin sinistä. Kilven tekstin korkeuden tulisi olla vähintään 40 % kilven korkeudesta ja tekstin värin olevan valkoinen, tai poikkeuksellisesti jokin muu riippuen kilven pohjaväristä. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, ss. 21-22)

Taulukko 1. Suositellut vähimmäismitat pääkytkinkilvelle (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 22)

Keskuksen nimellisvirta A	Kilven koko mm
25...160	20 x 50
125...800	40 x 100
630...3000	80 x 200

Muita kilpiä ja merkkejä keskuksessa esiintyy komponenteissa. Kaikki keskuksen komponentit tulisi olla merkattuina selväpiirteisesti asetetulla ja luotettavasti kiinnitetyllä kilvellä. Merkintäkilvet tulee asettaa komponentteihin tai niiden välittömään läheisyyteen niin, että komponentista kansia tai suojuksia irrotettaessa kilpi pysyy silti paikallaan ja on luettavissa. Kilpien parhaana sijoituspaikkana pidetään sähkökeskuksen pohjalevyä, johon komponentitkin kiinnitetään. Viimeinen kilven kiinnityspaikka on komponentista lähtevä tai siihen tuleva johdin, mikäli kilpi ei tilan puutteen vuoksi mahdu mihinkään muuhun paikkaan. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s.22)

Komponenttien merkintä tapahtuu tilaajan haluamalla tai käyttöpaikasta riippuvalla tavalla. Komponenttien numerointi merkitään joko juoksevalla numeroinnilla tai standardisoidulla tunnuksella. Numeroinnin on tarkoitus tapahtua niin, että samaan virtapiiriin tai ryhmään kuuluvat komponentit on helppo löytää ja ne erottuvat eri ryhmän samankaltaisista komponenteista. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s.22)

2.3 Keskuksen mekaaninen rakenne

Mekaanista lujuutta koskevat vaatimukset tarkoittavat, että keskuksen kotelo tai runko kestää iskuja riittävästi, riippuen sen loppusijoituskohteesta. Keskuksen kokoonpanon tai lisätuennan on oltava tehtynä niin, että se kestää kuljetuksen kohteeseen ja asennuspaikalla tapahtuvan rasituksen sekä siirtelyn. Keskuksen mennessä teollisuuskäyttöön ilman lisäsuojauksia, altistuminen pienille kolhuille voi tapahtua asiallisen käytönkin seurauksena. Tyhjien ja kalustettujen keskusten koteloinnin perusvaatimukset ja koteloinnin testausmenetelmät on annettu standardissa EN 62208. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 29)

Keskuksen koteloinnin mekaaninen lujuus ilmoitetaan IK-koodilla iskunkestävyyden osalta standardissa SFS-EN 62262. IK-koodi tulee sanoista International mechanical protection eli kansainvälinen mekaaninen suojaus. IK-koodi sisältää kaksi numeroa, numeroiden 01 ja 10 väliltä, jotka kertovat koteloinnin mekaanisen iskunkestävyyden. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 103) Koteloinnin iskunlujuus ilmoitetaan esimerkiksi valmistajan toimitusasiakirjoissa ja esitteissä. IK-koodin avulla valitaan käyttökohteeseen soveltuva keskus. Esimerkiksi ulos asennettavan keskuksen tulisi kestää vähintään IK08 edellyttämät iskut. Keskuksen sisäisten suojusten on myös oltava riittävän lujia. Niiden on kestettävä esimerkiksi työkalun aiheuttamia iskuja niin etteivät ne irtoa paikaltaan tai taivu tehottomiksi. Riittävänä sisäisten suojusten iskunkestävyysluokkana pidetään IK04 luokkaa, eli iskuenergiana 0,5 J. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 29)

Keskuksessa olevan pohjalevyn tai asennuslevyn, johon komponentit kiinnitetään, tulee olla luotettavasti ja tarvittavilla kiinnikkeillä kiinnitettynä keskukseen. Myös komponentit ja niille tarkoitetut kiskot tulee olla luotettavasti kiinnitettynä asennuslevyyn. Komponentin aiheuttama mahdollinen värinä voi vaikuttaa haitallisesti myös muihin komponentteihin, jotka ovat kiinnitettynä samaan kiskoon. Tämä tulee ottaa huomioon kiskoa kiinnittäessä. Ulkoiset värinät voivat vaikuttaa heikentävästi kaikkiin kiinnityksiin keskuksessa. Tämä tulee huomioida keskuksessa tarvittavien värinävaimentimien tai vahvikkeiden määrässä ja laadussa. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 29)

2.4 Kotelointiluokka ja IP-koodi

Kotelointiluokalla tarkoitetaan kotelon ominaisuuksia suojata arkoja komponentteja erilaisia ympäristön vaikutuksia vastaan, joita ovat esimerkiksi vesi ja pöly. Hyvä kotelointiluokka estää myös toisinpäin tapahtuvat asiat, eli kotelossa sisällä mahdollisesti tapahtuvat kipinöinnit ja valokaaret eivät pääse ulos kotelosta niin helposti. Näiden lisäksi kotelointi vaimentaa keskuksen sisältä tulevaa ääntä. Kotelointiluokissa käytetään standardia SFS-EN 60529, joka ilmestyi Suomeen alkuvuonna 1992. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s. 97)

Kotelointiluokka ilmoitetaan kahdella kirjaimella, IP, joka on lyhenne sanoista International Protection eli kansainvälinen kotelointiluokka. Kirjainten lisäksi IP-koodi sisältää kaksi numeroa, jotka ovat pakollisia IP-koodia ilmoittaessa. Joissakin tapauksissa näiden lisäksi normaali koodin lopussa voi olla yksi lisäkirjain ja yksi tai useampi täydentävä kirjain. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, ss. 98-100) Taulukossa 2 on kerättyinä tähän tarkoitukseen soveltuvat numerot ja niiden vaatimukset.

Taulukko 2. IP-luokitukset (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, ss. 99-100)

IP-koodin ensimmäinen numero		IP-koodin toinen numero	
IP	Vaatimukset	IP	Vaatimukset
0	Ei suojausta	0	Ei suojausta
1	Halkaisijaltaan 50 mm pallo ei saa tunkeutua sisään.	1	Suojaus pystysuoraan putoavalta sadevedeltä.
2	Halkaisijaltaan 12,5 mm pallo ei saa tunkeutua sisään.	2	Suojaus pystysuoraan putoavalta sadevedeltä, kun kotelo on 15° kulmassa.
3	Halkaisijaltaan 2,5 mm esine ei saa tunkeutua sisään.	3	Suojaus enintään 60° kulmassa pystysuorasta tulevalta sateelta.
4	Halkaisijaltaan 1,0 mm esine ei saa tunkeutua sisään.	4	Suojaus joka suunnasta tulevalta roiskevedeltä.
5	Rajoitettu pölyn kertymä sallittu	5	Suihkevedenpitävä.
6	Täysin pölyltä suojattu	6	Korkeapaineisen suihkevedenpitävä.

3 Keskuksen mittaukset ja tarkistukset

Valmistuneelle sähkökeskukselle on tehtävä tiettyjä tarkastuksia ja mittauksia. Näistä käyttöönottotarkastukseen liittyvät mittaukset ovat yleensä eniten esillä. Toiminnallisuuden tarkastaminen kuuluu myös standardien mukaiseen testaamiseen. Mittausten lisäksi on keskukselle hyvä ja tarpeellinen tehdä aistinvarainen tarkastaminen, joka kannattaa aloittaa jo sähkökeskusta tehdessä kuten muutkin tarkistukset. Työsuunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon erilaiset tarkistukset, joista osa tulee tehdä ja osa olisi hyvä tehdä jo keskuksen valmistusvaiheessa. (Kauppila ym., 2009, s. 168)

Tarkistusten ajoituksessa koko keskuksen valmistusajalle johtaa siihen, että testauksen hallitseminen ja siihen tarvittava tietotaito on löydettävä kaikilla sähköalan ammattilaisilta. Jos näin ei vielä ole, tulee siihen mahdollisimman nopeasti pyrkiä. Näin asentaja näkee, milloin on hyvä tehdä mikäkin käyttöönottotarkastukseen liittyvä toiminto. Tämän avulla virheiden syntyessä ne huomataan ajoissa ja virheen huomaa oikea henkilö, jolloin osaaminen kasvaa ja samojen virheiden toistaminen jatkossa ainakin vähenee. Ajoissa huomattujen puutteiden ja virheiden avulla niihin liittyvät kustannuksetkin usein pysyvät pienempinä. (Kauppila ym., 2009, s. 168)

3.1 Suojajohtimen jatkuvuus ja sen mittaus

Suojajohtimen jatkuvuus on tärkeässä osassa sähkökeskuksen turvallisuuden osalta. Suojajohtimien tarkoituksena on suojata sähköiskulta, jolloin virheellinen kytkentä aiheuttaa hengenvaaran. Tämän vuoksi mittaus on syytä tehdä oikein ja todella tarkasti. Suojajohtimella tarkoitetaan maadoitusjohdinta, suojamaadoitusjohdinta, potentiaalintasausjohdinta ja PEN-johdinta. (Kauppila ym., 2009, s. 169)

Suojajohtimen jatkuvuuden mittaamisen tarkoitus on varmistaa, että johdin on koko matkalta ehjä ja sen kiinnitykset molemmissa päissä on kunnossa. Ketjutetuissa kohdissa jatkuvuus tulee mitata erikseen kaikista pisteistä, mutta sitä ei tarvitse irrottaa mistään kohtaa mittauksen ajaksi. Mittaus tulee suorittaa jännitteettömään kaappiin standardien EN 61557 mukaisella mittalaitteella. Tämä standardi koskee kaikkia käyttöönottotarkastuksen

mittauksia ja edellyttää jatkuvuuden mittauksessa käytettäväksi vähintään 200 mA:n mittausvirtaa. (Kauppila ym., 2009, s. 170)

Mitatessa jatkuvuutta tulee mittarissa käytettävien mittajohtimien resistanssi ottaa huomioon. Niissä tilanteissa missä mittaamiseen tarvitaan apujohdinta pitkän välimatkan vuoksi, tulee myös apujohtimen resistanssi ottaa huomioon. Tällaisessa tapauksessa resistanssi voidaan kompensoida tai vähentää mitatusta arvosta. Mittausjohtojen oma resistanssi tulee selvittää aina ennen mittauksen aloittamista laittamalla johtimien päät yhteen ja tekemällä siten ensimmäinen mittaus. Taulukkoon 3 on kerättyinä resistanssiarvoja käytettäessä kuparijohtimia. Alumiinijohtimet on jätetty taulukosta pois, koska tässä työssä käytössä on vain kuparijohtimet. Tämän taulukon avulla voidaan laskea haluttu mittausarvo, jota voidaan verrata saatuun mittausarvoon. (Kauppila ym., 2009, s. 170)

Taulukko 3. Kuparijohtimen resistanssiarvoja (Kauppila ym., 2009, s. 170)

Johdinpoikkipinta-ala/ mm ²	Kuparijohdin	
	Resistanssi metriä kohti / Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω
1,5	0,0115	1,15
2,5	0,0069	0,69
4	0,0043	0,43
6	0,0029	0,29
10	0,0017	0,17
16	0,0011	0,11
21	0,0008	0,08
25	0,0007	0,07
35	0,0005	0,05
41	0,0004	0,04
50	0,00035	0,035

Mittauksessa tulee kiinnittää huomiota myös kunnollisiin johtimien liitoksiin. Huonot liitokset vääristävät mitattuja tuloksia, osin jopa merkittävästi. Liitosten lisäksi olisi hyvä vaihtaa mittapäät aina mahdollisimman hyvin kyseiseen kohtaan soveltuviin, jolloin mittauksesta saadaan luotettavampi. Mahdollisten mittapäiden vaihtojen jälkeen tulee mittari muistaa joko kompensoida uudestaan tai suorittaa mittajohtimien resistanssin mittaus uudestaan. Tämä tulee muistaa suorittaa aina, että mittausarvot pysyvät luotettavina ja turvallisuus hyvänä. (Kauppila ym., 2009, ss. 170-171)

Tarkastuspöytäkirjaan laitetaan lopulliset mitatut arvot, jotka on saatu joko suoraan mittarista tai laskutoimitusten kautta. Pöytäkirjasta pitää käydä ilmi, että jatkuvuusmittaukset on tehty keskuskohtaisten vaatimusten mukaisesti. Keskuskohtaisten tulosten lisäksi tarvittaessa kaikki saadut mittausravot on kirjattava ylös. (Kauppila ym., 2009, s. 171)

3.2 Eristysresistanssi ja sen mittaaminen

Samaan tapaan kuin edellä oleva jatkuvuuden mittaaminen, eristysresistanssin mittaaminen on tärkeää sähkökeskuksen valmistuttua ennen sen virallista käyttöönottoa. Virheellisesti kytketyt tai vioittuneet johtimet voivat aiheuttaa oikosulun, jonka seurauksena kyseisen piirin komponentit rikkoutuvat. Tämäkin mittaus tulee suorittaa jännitteettömään keskukseen. Mittaamisella todennetaan, että keskus on turvallinen ja johtimien eristykset ovat kunnossa. Tässä tapauksessa eristysresistanssi mitataan samalla mittarilla kuin jatkuvuusmittauskin. Tähän mittaukseen normaali yleismittari ei sovellu, vaan mittarin tulee olla tarkoitettu nimenomaan tähän käyttöön. Tämän mittauksen voi suorittaa myös ennen suojajohtimen jatkuvuusmittausta, vaikka se onkin standardissa mainittu tehtäväksi suojajohtimen jatkuvuusmittausten jälkeen. (Kauppila ym., 2009, s. 173)

Eristysresistanssin mittauksella on tarkoitus todentaa, ettei vaihe- ja nollajohdin ole yhteydessä maadoitusjohtimeen, eivätkä vaiheet ole keskenään yhdessä. Mittaus tehdään vaihe- ja maadoitusjohtimen välillä sekä nolla- ja maadoitusjohtimen välillä. Sama mittaus tulee suorittaa kolmivaiheisissa laitteissa myös vaiheiden välillä. (Ahoranta, 2016, s.66)

Mittari kehittää paristojännitteestä mittauksessa käytettävän jännitteen, mikä on valittavissa mitattavan kohteen mukaan. Oikea jännite määritetään kohteen nimellisjännitteen mukaan, mikäli siellä ei ole elektroniikkalaitteita, joita ei saada erotettua mitattavista johtimista. Jännitteen ollessa 230 V tai 400 V mitataan siihen liittyvät sähkölaitteet 500 V:n tasajännitteellä ja jännitteen ollessa alle 50 V, mitataan 250 V:n jännitteellä. Yleisesti mittareissa valittavat jännitteet ovat 250 V, 500 V ja 1000 V. Mitatessa 250 V jännitteellä mittausravon tulee olla vähintään 0,5 M Ω ja mitatessa 500 V tai 1000 V jännitteellä, mittaustuloksen pitää olla vähintään 2 M Ω . (Ahoranta, 2016, s.66)

Mittaus aloitetaan tarkastamalla johtimet silmämääräisesti, etteivät mitattavat johtimet ole yhteydessä toisiinsa. Tarkistelun jälkeen varmistetaan, että mittarista on valittuna oikea jännitealue ja mittarin johtimet ovat kunnossa. Mittarin johtimien tarkastaminen tapahtuu laittamalla mittapäät yhteen ja suorittamalla mittaus. Vioittuneet mittalaitteet antavat väärää tietoa, joka on vaaraksi keskusta käytettäessä. Kun mittarin toiminta on varmistettu, voidaan aloittaa mittaaminen kaikissa tarvittavissa kohdissa. Mitattaessa on muistettava, jos esimerkiksi kontaktori katkaisee johtimet, on joko kontaktori mekaanisesti suljettava tai mittaus suoritetaan molemmilta puolilta kontaktoria erikseen. (Kauppila ym., 2009, s. 173)

3.3 Mittauksissa käytettävä mittalaite

Tarkastusmittauksiin ei sovellu mikä tahansa mittari, vaan niissä tulee käyttää siihen tarkoitettu mittaria tai testeriä. Tässä yrityksessä on käytössä kuvan 1 sähköasennustesteri, Fluke 1653 FC. Mittari on helppokäyttöinen ja siinä oleva kiertokytkin osoittaa selvästi, mikä toiminto on valittuna. Testitulokset tulevat taustavalaistulle näytölle selkeillä symboleilla ja numeroilla.

Kuva 1. Fluke-sähköasennustesteri



Testerissä on sisäänrakennettuna käyttäjälle tarkoitettuja turvallisuustoimintoja. Testeri mittaa käyttäjän ja testerin PE-päänteen välistä jännitettä kosketuslevyn avulla, joka sijaitsee TEST-painikkeessa. Jos kosketuslevyn potentiaali on yli 100 V, mittariin syttyy varoitusvalo sekä mittarista kuuluu varoitusääni. Toisena turvallisuustoimintona on jännitteisen piirin havaitseminen. Tämä on tärkeää jatkuvuuden ja eristysresistanssin mittaamisessa, jotka on tarkoitus tehdä jännitteettömänä. Jos liittimen jännite on enemmän kuin 30 V AC/DC, mittari päästää äänimerkin niin kauan, kun se havaitsee jännitteen. (Fluke, 2010)

Tässä tarkastuksessa käytettävien mittausten lisäksi mittarista löytyy monenlaisia erilaisia mittauksia. Alla listattuna erilaiset mittaukset, jotka ovat mahdollisia tehdä tämän mittarin avulla:

- jännitemittaus (V)
- eristysvastus
- jatkuvuus
- silmukka/linjainimpedanssi – ei laukaisutilaa
- silmukka/linjainimpedanssi – suuren virran laukaisutila
- vikavirtasuojan laukaisuaika
- vikavirtasuojaimen laukaisutaso
- maadoitusvastus
- vaihekierto. (Fluke, 2010)

3.4 Aistinvaraiset tarkistukset

Aistinvaraiset tarkistukset ajoittuvat samaan tapaan kuin kaikki muutkin tarkistukset eli koko sähkökeskuksen rakentamisen ajalle. Tarkistamista tehdään jatkuvasti riippumatta kohteesta tai tehtävästä. Havaitut virheet sekä mahdolliset viat korjataan jo työn edetessä. Vaikka tarkistuksia tehdään jatkuvasti, tulee ne suorittaa ja dokumentoida tarkastuspöytäkirjaan jo ennen mittausten aloittamista. Tarkistamista hoitaa kyseistä keskusta tekevä henkilö, joka myös standardien mukaan tulee olla pätevyydeltään sähköalan ammattilainen.

Ammattilaisuuden lisäksi henkilön tulee tietää kyseiseen työhön liittyvät määräykset ja ohjeet. (Kauppila ym., 2009, s. 162)

3.4.1 Johdinvärien ja -kokojen tarkistaminen

Johdinvärit ovat tärkeässä osassa sähkökeskuksen valmistusta, kun niitä käytetään loogisesti ja oikein. Eri johdinvärien tarkoituksena on helpottaa eri johdinryhmien tunnistamista, jonka avulla helpotetaan esimerkiksi kunnossapidon työtä. Johdinväreihin on olemassa Suomessa standardivärit 230 ja 400 V:n jännitteelle. Jos käytössä on 230 V, silloin johtimia on kolme: jotka ovat vaihe-, nolla- ja suojamaajohdin. Kun kyseessä on 400 V, niin johtimia ovat kolme vaihejohdinta, nolla- ja suojamaajohdin. Molemmassa jännitteissä vaihe- ja nollajohtimet tulee olla merkattuna joko väreillä tai kirjain-/numeroyhdistelmällä. (ST-kortisto 2019, ss. 1-8).

Ensimmäinen johdin tulee olla joko väriltään ruskea tai merkattuna tunnuksella L1. Toinen johdin tulee olla musta tai merkattuna tunnuksella L2 ja kolmas tulee olla harmaa tai merkattuna tunnuksella L3. Nollajohdin tulee olla väriltään koko matkalta sininen ja halutessaan sen voi tarkentaa lisäämällä siihen tunnuksen N. Sama sääntö pätee myös suojamaajohtimessa, jossa värin tulee olla koko matkalta kelta/vihreä ja sen voi halutessaan lisäksi merkitä myös tunnuksella PE. (ST-kortisto 2019, ss. 3-8).

Vaihtosähkön lisäksi sähkökeskuksesta löytyy usein myös paljon tasasähköä 12/24 VDC. Tasasähkön kanssa on olemassa sovittuja värejä ja silloin, kun tasasähköntuottajana on esimerkiksi tasajännitelähde, suositellaan plusjohtimen olevan sinistä ja miinusjohtimen valkoista. (SFS-EN 6024, s. 78) Muissa keskuksen johtimissa on usein valmistajakohtaisia värejä, jotka ovat kirjattuna johonkin ylös. Tässä yrityksessä värit ovat kirjattuna sähköasentajien työohjeeseen, jolloin kaikkien sähköasentajien tulee käyttää niitä, vaikka sähkökuvissa ei värejä ole erikseen määritelty. Tämän myötä värien oikeanlainen käyttö on asentajan vastuulla.

Johtimien poikkipinta-ala on tarkistettava ennen jännitteiden kytkemistä keskuksen, jotta vältetään mahdolliset vaaratilanteet. Taulukossa 4 on esitettyä tyypillinen esimerkki keskuksen komponenttien välille asennettavien johtimien kuormitettavuudesta.

Taulukko 4. Esimerkkejä kuparijohtimien kuormitettavuudesta. (SFS-EN 6024, s. 71)

Poikkipinta mm ²	B1	B2	C	E
	Kuormitettavuus I_2 kolmivaihepiireillä A			
0,75	8,6	8,5	9,8	10,4
1,0	10,3	10,1	11,7	12,4
1,5	13,5	13,1	15,2	16,1
2,5	18,3	17,4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240

Taulukon 4 sarakkeissa olevat kirjaimet B1, B2, C ja E tarkoittavat johtimen asennustapaa. Eri asennustavat vaikuttavat johtimen kuormitettavuuteen ja se pitää ottaa huomioon johtimia valittaessa. Asennustapojen oletetaan tavallisesti olevan:

- Tapa B1: käyttäen johtokanavajärjestelmiä tukemaan ja suojaamaan johtimia ja yksijohdinkaapeleita
- Tapa B2: kuten B1 mutta monijohdinkaapeleille
- Tapa C: vapaasti ilmassa olevat monijohdinkaapelit
- Tapa E: avoimilla hyllyillä olevat monijohdinkaapelit. (SFS-EN 6024, s. 106)

Taulukon avulla voidaan tarkistaa, onko kyseinen johdin oikean kokoista kuormitettavuuteen verraten. Sähkökuvissa on usein merkittynä komponentin nimellisvirta, jota voidaan verrata taulukossa olevaan lukemaan. Tässä tapauksessa sarakkeesta B1, kun johtimet menevät johtokourun sisällä.

3.4.2 Sähköiskulta suojaus

Normaalissa käyttötilanteessa sähköiskulta suojaaminen edellyttää laitteen perussuojauksen olevan kunnossa. Tällä tarkoitetaan, että sähkökeskus on ehjä, johtimet ja kaapelit ovat eristysiltänsä kunnossa, sekä johtimet ovat kytkettyinä komponentteihin asianmukaisin

tavoin. Lisäksi vikasuojaus tulee olla toteutettuna kyseisessä tilanteessa tarvittavalla tavalla. (Kauppila ym., 2009, s. 163)

Toteutettaessa sähköiskulta suojaamisen koteloinnin avulla, tulee kaikki jännitteelliset osat olla sijoitettuna sähkökeskuksen sisälle. Tässä tilanteessa sähkökeskuksen kotelointiluokan tulee olla vähintään IP2X. Jos keskus on sijoitettuna niin, että siihen pääsee kaikki käsiksi, tulee kotelointiluokka olla vähintään IP4X. Keskukseen oven tai ovien avaaminen saa olla mahdollista, jos jokin seuraavista kolmesta ehdosta täyttyy. Ensimmäinen ehto on, että keskuksen sisälle pääsyyn pitää käyttää avainta tai työkalua, joka löytyy vain ammattihenkilöltä tai siihen työhön opastetulta henkilöltä. Toinen ehto on, että keskuksessa olevat jännitteiset osat on kytketty jännitteettömäksi ennen oven mahdollista avaamista, esimerkiksi pääkytkimen avulla, joka sijoitetaan ensin aukeavaan oveen. Kolmantena ehtona on, että keskuksen oven saa auki ilman avainta sekä se ei ole kytkettynä jännitteettömäksi, mutta sen jännitteelliset osat on suojattu vähintään kotelointiluokan IP2X mukaan. (SFS-EN 6024, ss. 31-32)

3.4.3 Varoituskilvet ja tunnukset

Koneen tai laitteen kunnossapidon ja turvallisuuden kannalta on tärkeää, että asennusten piirustukset ovat ajan tasalla ja komponentit ovat nimettyinä olemassa olevien kuvien mukaisesti. Komponenttien merkinnän tulee olla selvää ja loogista. (Kauppila ym., 2009, s. 167) Usein niiden loogisuudesta vastaa sähkösuunnittelu, joka määrittelee sähkökuviin komponenttien tunnukset. Merkintöjen selkeydestä huolehtiminen jää asentajalle, joka merkitsee komponentit esimerkiksi liimattavien kilpien tai tarrojen avulla.

Varoituskilpiä on monenlaisia riippuen kohteesta mihin valmis sähkökeskus asennetaan. Sähkökeskuksessa tulisi olla kaikki tarpeelliset siihen liittyvät varoitustarrat. Esimerkiksi varoitus siitä, jos pääkytkin ei katkaise kokonaan kyseisen keskuksen jännitettä. (Kauppila ym., 2009, s. 167) Muitakin kilpiä tai vaihtoehtoisesti tarroja olisi hyvä löytyä sähkökeskuksesta tai sen välittömästä läheisyydestä. Varoitustarroissa pohjaväriin tulee olla keltainen ja ohjekilvissä pohjaväriin tulee olla sininen. Värien avulla pystytään tunnistamaan minkä tyyppinen kilpi tai tarra on kyseessä ja miten siihen tulee reagoida. (Suomen Standardisoimisliitto, 2008, s.26)

Yleisin sähkökeskuksesta löytyvä tarra on kuvan 2 mukainen varoitustarra vaarallisesta jännitteestä. Tätä varoitustarraa kutsutaan usein myös salamatarraksi, siinä olevan salamakuvion vuoksi. Tarran turvallisuusmerkin tarkoitus on saada käyttäjä välttämään joutumista kosketukseen vaarallisen jännitteen kanssa. Halutessaan tarraa voi täsmentää vielä tekstin avulla, mutta se ei ole pakollista. (SFS 7010/2020, s. 244)

Kuva 2. Varoitustarra vaarallisesta jännitteestä (SFS 7010/2020, s. 244)



3.5 Mittausten ja tarkastusten dokumentointi

Sähkökeskukselle tehdyistä mittauksista ja tarkastuksista tulee tehdä tarvittavat dokumentit, jotka usein sähkökeskusten osalla hoidetaan tarkastus- tai mittauspöytäkirjan avulla.

Tarkastuspöytäkirjan avulla voidaan todeta, mitä tarkastuksia keskukselle on tehty ja onko siinä jotain, mitä asennusvaiheessa tulisi erikseen huomioida.

Tarkastus- tai mittauspöytäkirjan lisäksi sähkökeskuksen oveen kiinnitetään kyseiseen kaappiin tarkoitettu arvokilpi. Arvokilven tarkoituksena on ilmaista keskuksen tärkeimmät tiedot ja usein yrityksestä riippuvat sarjanumerot tai muut numerosarjat. Näiden tietojen ansiosta keskuksen yksilöinti on mahdollista.

3.5.1 Tarkastuspöytäkirja

Jokaisesta valmistuneesta sähköasennuksesta tai sähkökeskuksesta tulee laatia tarkastuspöytäkirja, jota kiinteistöpuolella puhutaan myös käyttöönottotarkastuspöytäkirjana. Tarkastuksessa havaitut viat tulee standardin SFS 6000 mukaan korjata ennen, kun asentaja voi ilmoittaa kohteen täyttävän standardien vaatimat edellytykset. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2014, s.243)

Tarkastuspöytäkirjassa on kohtia, jotka tulee olla pöytäkirjassa ja kohtia, jotka siinä on hyvä olla. Asiat, jotka tarkastuspöytäkirjan tulee sisältää:

- kohteen yksilöintitiedot (projektinnumero, kohteen nimi, osoite)
- laitteiston/keskuksen rakentajan tiedot (yritys, tekijän nimikirjaimet)
- tulokset tarkastuksista (aistinvaraiset tarkastukset, tarkastajan nimikirjaimet)
- toteamus säännösten ja standardien täyttymisestä
- tiedot testaustuloksista ja testatuista kohdista (mittaukset, koetestaukset)

Tarkastusten ja mittausten lisäksi, tarkastuspöytäkirjassa pitäisi olla tiedot huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta sekä seuraavan lakisääteisen määräaikaistarkastuksen suoritusajankohdasta. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2014, s.244)

3.5.2 Arvokilpi sähkökeskuksessa

Sähkökeskus on varustettava yhdellä tai useammalla arvokilvellä, johon merkinnät on tehty luotettavalla tavalla. Arvokilpi voi olla metallinen kilpi, johon merkinnät on tehty kaivertamalla. Usein metallisessa arvokilvessä yrityksellä on oma arvokilpipohja, johon kaiverretaan vain vaihtuvat tiedot. Kuvassa 3 on esitettyä esimerkki metallisesta arvokilvestä. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, s.170)

Arvokilpi tulee asentaa niin, että se on näkyvässä ja helposti luettavissa myös keskuksen asentamisen jälkeen. Kyseinen arvokilpi asennetaan vetoniittien avulla sähkökeskuksen oveen haluttuun ja näkyvään paikkaan, joka on tässä tapauksessa oikean oven oikea yläkulma. (Suomen Standardisoimisliitto, 2005, ss.170-171)

Arvokilvessä tulee esiintyä seuraavat tiedot:

- valmistajan nimi
- tunnistenumero tai muu tunnistetieto

Arvokilvessä on hyvä näkyä seuraavat soveltuvat tiedot:

- taajuus
- nimellisjännite
- nimellisvirta
- oikosulunkestävyys
- kotelointiluokka

Kuva 3. Sähkökeskuksen arvokilpi



Kaikki nämä luettelossa olevat arvot esiintyvät myös kuvan 3 arvokilvessä. Tässä arvokilvessä tunnistetietoina käytetään koko projektissa käytettävää numeroa sekä kyseisen keskuksen ja koneen sähköpiirustuksen numeroa. Nämä numerot ovat ylhäällä yrityksen tietojärjestelmissä, joten jäljittäminen on tarvittaessa helppoa.

4 Ohjelman ja asetusten lataus

Ohjelma ladataan PLC:lle, joka tarkoittaa ohjelmoitavaa logiikkaa. Ohjelman lataaminen PLC:lle on usein ohjelman tekijän tai käyttöönottajän tehtävänä. Automaatio on lisääntynyt, jolloin automaatio suunnittelijan pitäisi olla usein lataamassa ohjelmaa valmistuviin koneisiin. Tämän yrityksen koneista osa on mahdollista koeajaa myös sähköasentajan toimesta, koulutuksen ja hyvin tehtyjen ohjeiden avulla. Ohjeiden avulla myös ohjelman saa ladattua PLC:lle, jolloin ohjelmoijan ei välttämättä tarvitse tulla paikalle ollenkaan.

Asetusten lataus, tässä tapauksessa parametrien asettamien taajuusmuuttajiin ja asetusarvojen asettaminen osaan komponenteista, tapahtuu sähköasentajien toimesta jo tälläkin hetkellä. Näiden asetusten lataamisiin on tehty jo hyvät ja selkeät ohjeet, sekä asentajat ovat saaneet ohjeistukset asetusten lataamiseen.

4.1 Käytössä oleva logiikka

Sähkökeskuksessa käytetään Beckhoffin valmistamaa logiikkaa, joka on sähkökeskuksen muiden päivitysten yhteydessä päivitetty TwinCAT 3 -malliin. Päivityksen myötä logiikkaan lisättiin myös turvalogiikkakortit. Logiikka koostuu PLC:stä eli logiikan keskusyksiköstä, joka tässä tapauksessa on CX5010-0115, sekä erilaisista logiikkakorteista. Logiikkakortteja logiikassa on analogisia ja digitaalisia. Molemmista malleista löytyy niin tuloja kuin lähtöjäkin. Digitaalipuolella kortit ovat EL1008 ja EL2008 ja analogipuolella EL3022 sekä EL4022.

Tulo- ja lähtökorttien lisäksi nykyään logiikka koostuu myös turvalogiikasta sekä lisenssikortista. Turvalogiikka sisältää TwinSAFE-logiikan EL6900, turvatulokortit EL1904 sekä turvalähtökortit EL2904. Lisenssikortin tarve tuli logiikan muuttuessa TwinCAT 3 -malliin. Lisenssikortti on yksi fyysinen logiikkakortti sisältäen tarvittavat lisenssitiedostot. Korttiin ei kytketä johtimia vaan se on yhdistyneenä logiikan väylän kautta PLC:hen.

4.1.1 Ohjelman lataus logiikan muistikortille

Ohjelma ladataan PLC:lle suoraan siinä olevaan muistikorttiin tietokoneelta, muistikortinlukijan avulla. Kortti asennetaan lukijaan ja tämän jälkeen lukija asennetaan USB-johdon avulla tietokoneen USB-porttiin. Ohjelman lataus aloitetaan tyhjentämällä muistikortilta kaikki tiedostot ennen uusien tiedostojen lataamista. Ohjelma avataan tietokoneelta yrityksen verkkolevyltä, jonka automaatio suunnittelija on sinne lisännyt. Yrityksen verkkolevyltä kopioidaan ohjelma logiikan muistikortille.

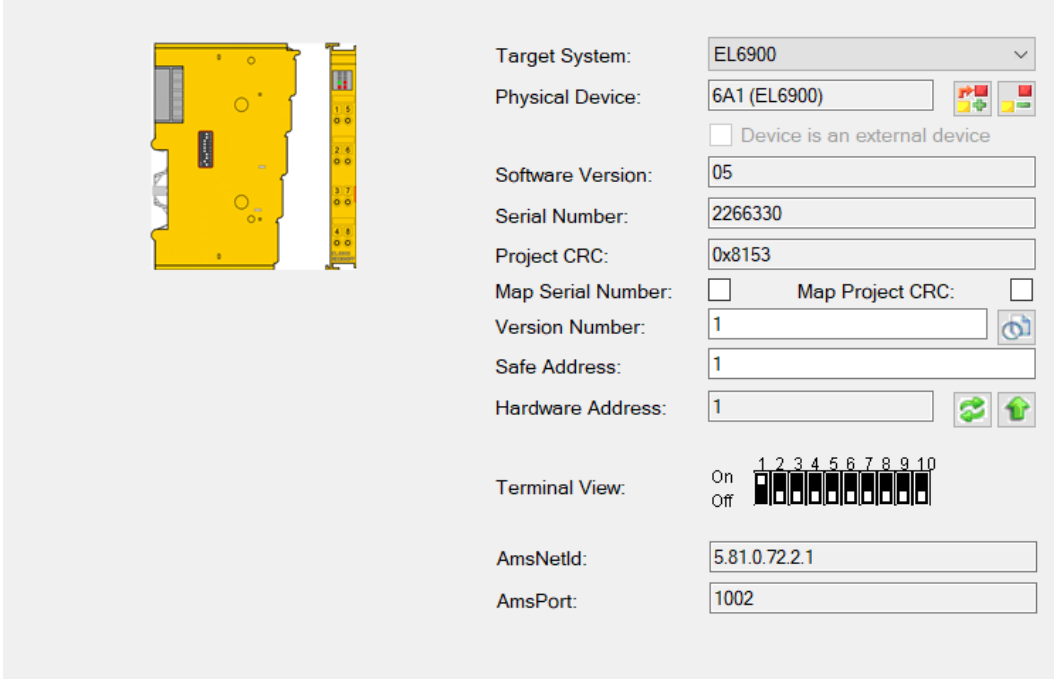
Ohjelma päivitetään aina tarpeen tullen, mutta samaa ohjelmaa käytetään usein monta vuotta tämän sähkökeskuksen logiikkaan. Oikean ohjelmaversion voi vielä varmistaa sähkökeskuksen suunnitteludokumenteista, johon sähkö- tai automaatio suunnittelija on sen kirjannut. Samoista dokumenteista on myöhemmin nähtävissä mikä ohjelma on kyseessä, jolloin mahdolliselle uudelle logiikalle voidaan ohjelma ladata valmiiksi ennen sen vaihtamista.

Muistikortille lataamisen jälkeen otetaan yhteys tietokoneella PLC:lle. Tietokoneelta avataan TwinCat 3 -sovellus ja sen avulla avataan sama ohjelma, joka ladattiin muistikortille. Ohjelman avauduttua, otetaan yhteys logiikkaan. Kun ohjelma on ladattuna valmiiksi logiikkaan, ei yhdistämisen jälkeen tarvitse, kun katsoa että kaikki kortit ovat kunnossa. Kytkevätkään logiikkaan yhdistäessä pitää muistaa kytkeä jännite kaikkiin tarvittaviin kohtiin. Jos näin ei muista tehdä, väylä saattaa katketa ja kaikki logiikan kortit eivät ole ohjelman mukaan kunnossa.

4.1.2 Turvalogiikan käyttöönotto

Ohjelman lataamisen ja logiikkaan yhdistämisen jälkeen turvalogiikka EL6900 pitää erikseen aktivoida ja ottaa käyttöön ohjelmasta. Tämä aktivointi turvapuolen logiikasta koskee vain korttia EL6900, turvakortteihin ei ohjelmaa ladatessa tarvitse keskittyä, jos kortit on oikein koodattu. Kuvassa 5 on turvalogiikka EL6900 TwinCat 3 -ohjelmasta katsottuna. Tässä vaiheessa painaessa painiketta missä on kaksi vihreää nuolta vaakatasossa, logiikan pitäisi itse hakea 0x -luku kohtaan Project CRC. Kun luvuksi on saatu jotain muuta kuin pelkkiä nollia, on saatu yhteys turvalogiikkaan.

Kuva 5. Turvalogiikka EL6900



Target System: EL6900

Physical Device: 6A1 (EL6900)

Device is an external device

Software Version: 05

Serial Number: 2266330

Project CRC: 0x8153

Map Serial Number: Map Project CRC:

Version Number: 1

Safe Address: 1

Hardware Address: 1

Terminal View: On
Off

AmsNetId: 5.81.0.72.2.1

AmsPort: 1002

Koodaukset, joiden avulla kortti saa osoitteen, tulee olla oikein kaikissa korteissa koko turvalogiikassa. Kaikissa korteissa on omat DIP -kytkimet, jotka sijaitsevat kortin sivussa. Koodaus tapahtuu DIP -kytkimien avulla, luvusta yksi aina lukuun 1023 asti turvalogiikassa EL6900. DIP -kytkimiä on tässä kortissa 10 kappaletta, jotka ovat kaikki ala-asennossa tehtaalta tullessaan. Kaikkien kytkimien ollessa ala-asennossa, kortilla ei ole vielä osoitetta. Kuvasta 5, kohdasta Terminal View näkee tämän kortin koodauksen. Koodauksen oikeellisuuden voi tarkastaa sähkökuvista, missä se on suunnittelijan laittamana.

Turvalogiikan turvatulokortissa EL1904 on DIP -kytkimiä kaksi kahdeksan kappaleen riviä eli yhteensä 16 kappaletta. Eri osoitteita on tarjolla siis luvusta yksi lukuun 65535 asti. Kuvassa 6 on kerrottuna, miten eri osoitenumerot koodataan turvakorttiin. Samassa logiikassa olevissa korteissa ei saa olla samoja koodauksia, vaan jokaisella korteilla tulee olla eri osoitteet.

Kuva 6. Turvakortin DIP -kytkimet (Beckhoff, 2017b, s. 34)

DIP switches																Ad- dress
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	1
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	2
ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	3
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	4
ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	5
OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	6
ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	7
OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	8
...
ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	65535

Turvalogiikan ollessa muuten valmis ja valmisteltu, tarvitsee se vielä aktivoida käyttäjätunnuksen ja salasanan avulla. Automaatiosuunnittelija on ohjelmaa tehdessään asettanut turvalogiikkaan tietyn käyttäjätunnuksen ja salasanan. Ilman näitä tunnuksia ei turvalogiikkaan pääse kirjautumaan sisään ja esimerkiksi muuttamaan ohjelmaa turvallisuuden osalta. Tämän turvalogiikan käyttäjätunnus ja salasana on vain yrityksen tiedossa, ettei turvapuolta pääse koneen lopullinen käyttäjä muokkaamaan.

4.2 Parametrien ja asetteluarvojen asettaminen sähkökeskukseen

Sähkökeskuksessa oleviin taajuusmuuttajiin tulee ladata tai asettaa halutut parametrit, jotta koneen moottorit saadaan toimimaan halutulla tavalla ja tarvittavat koeajot päästään suorittamaan. Parametrit laatii sähkösuunnittelu yhdessä automaatiosuunnittelun kanssa, jolloin sähkökeskuksen tekijälle jää vain niiden asettamien taajuusmuuttajaan.

Taajuusmuuttajien lisäksi osaan sähkökeskuksen komponenteista tulee asettaa halutut asetteluarvot. Nämäkin arvot tulevat sähkösuunnittelusta ja näkyvät sähkökuvissa, joten asentajalle jää niiden asettaminen oikein ja oikeisiin komponentteihin. Usein komponentit mihin arvoja asetetaan suojaavat jotain sähkölaitetta.

4.2.1 Parametrien asettaminen taajuusmuuttajiin

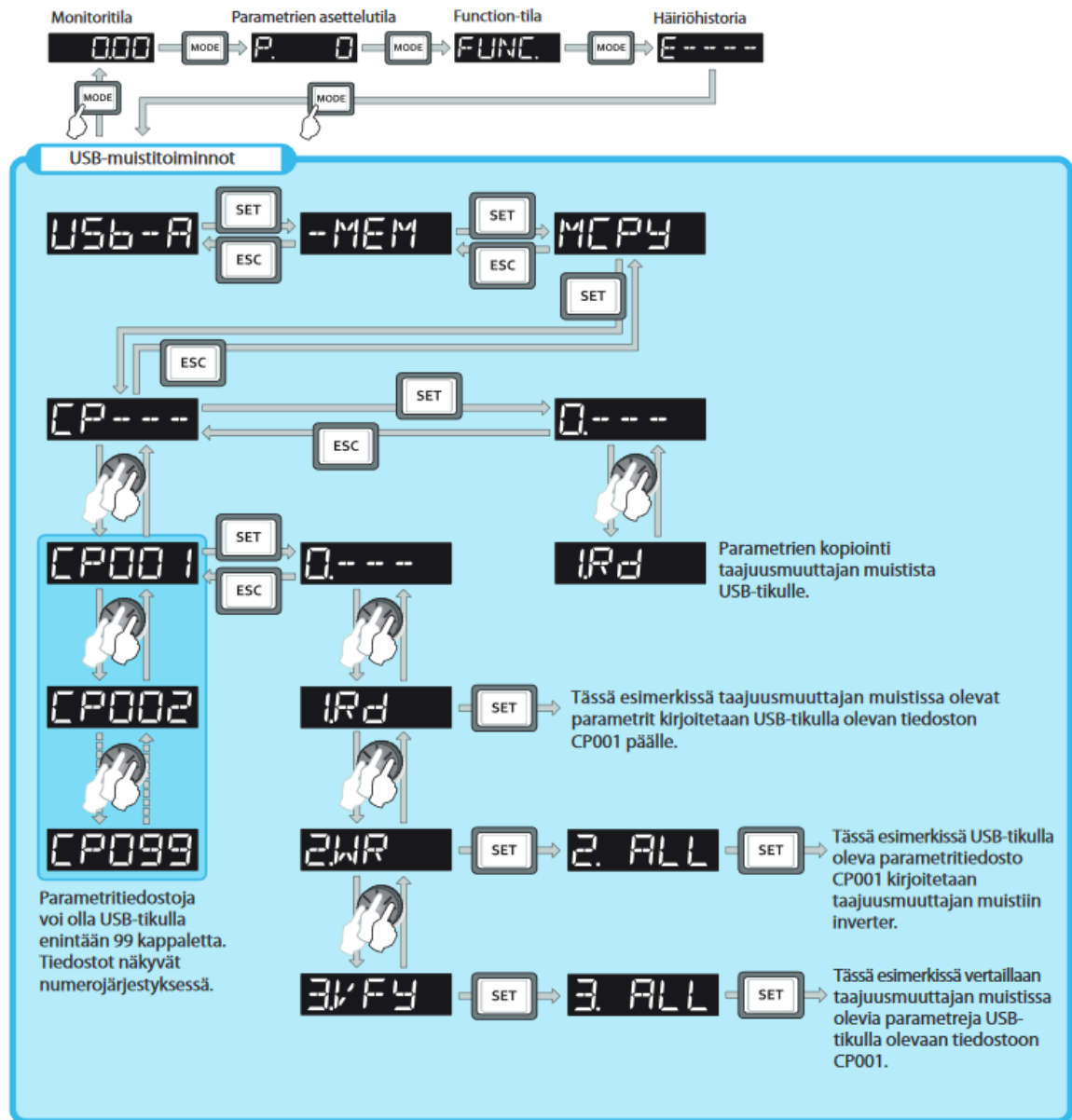
Parametrien lataaminen taajuusmuuttajiin suositellaan aloittamaan tyhjentämällä vanhat parametrit kokonaan. Tyhjentäminen tapahtuu valitsemalla valikosta kohta ALLC ja asettamalla tämä parametri arvosta nolla arvoon yksi. Arvo nolla tarkoittaa, että resetointia ei suoriteta ja arvo yksi tarkoittaa kaikkien parametrien resetointia tehdasasetuksiin.

Tehdasasetusten palauttamisen jälkeen voidaan asettaa halutut omat parametrit, johon on kaksi erilaista tapaa käytössä. Näistä tavoista molemmat käyvät käytettäessä Mitsubishin F-sarjan taajuusmuuttajia. Jos käytössä on Mitsubishin vanhempaa mallia eli D-sarjaa, pelkkä manuaalinen parametrien asettelu on mahdollista.

Vanhempi tapa on käydä manuaalisesti kaikki parametrit lävitse ja vaihtaa ne parametrit, joiden arvo muuttuu. Tämä on huomattavasti hitaampi malli ja se vaatii erityistä tarkkuutta listaa lukiessa. Kun parametrien asettaminen tehdään manuaalisesti, niin käytetään suunnittelijan valmiiksi tekemää Excel-taulukkoa. Taulukon avulla sähköasentajat asettavat halutut parametrit taajuusmuuttajiin. Kun parametrit ovat asetettuna taajuusmuuttajaan, voidaan ne kopioida sieltä suoraan USB-tikulle, jolloin seuraavalla kertaa niitä ei tarvitse syöttää käsin.

Toisena tapana on ladata parametrit taajuusmuuttajiin USB-muistitikun avulla, jossa ne ovat omissa kansioissaan numeroituna. USB- tikulle parametrit asetetaan joko käyttämällä siihen tarkoitettua sovellusta tai ladataan taajuusmuuttajasta niin kuin edellä ohjeistettiin. Tämän tavan etuna on lataamisen nopeus ja varmuus siitä, että kaikki parametrit tulevat muutettua oikeaksi. Kuvassa 7 on ohje taajuusmuuttajan manuaalista, jossa kerrotaan kaikki vaiheet tikulta lataamiseen sekä tikulle lataamiseen. Tässä työvaiheessa on tärkeää muistaa, ladataanko parametrit muistitikulta taajuusmuuttajaan vai toisinpäin, ettei tehdasasetuksia ladata oikeiden parametrien päälle muistitikulle.

Kuva 7. Taajuusmuuttajan parametrien asentaminen (UTU, n.d., s. 5 – 661)



4.2.2 Asetteluarvojen asettaminen

Taajuusmuuttajien lisäksi on komponentteja, joihin täytyy asettaa tietyt asetteluarvot, että ne toimisivat halutulla tavalla. Usein näiden komponenttien tarkoituksena on suojata muita keskuksessa olevia komponentteja. Tässä keskuksessa suojaavia komponentteja ovat erikokoiset moottorisuojakytkimet ja ylivirtasuoja, joten kaikki toimivat sulakkeena seuraaville komponenteille.

Moottorisuojat ovat suoraan kontaktorien tai taajuusmuuttajien edessä, joilla molemmilla ohjataan moottoreita. Moottorisuojat suojaavat liian suuren virran pääsystä moottoreille, joten niiden säätäminen oikeaan asetteluarvoon on tärkeää moottoreiden suojaamiseksi.

Kuvan 8 kohdassa on esimerkki Eaton-merkkisen moottorisuojan säätökohdasta.

Moottorisuoja tulee säätää sähkökuvissa olevan arvon mukaan, jossa on merkattuna moottorin nimellisvirta. Suunnittelija on määritellyt oikean kokoisen moottorisuojan. Tässä kuvan 8 moottorisuojassa säätöalue on 26-32 A, eli moottorin virta täytyy osua tuohon väliin, että se suojaa moottoria.

Kuva 8. Moottorisuoja



Toisena suojana on ylivirtasuoja. Tämä ylivirtasuoja suojaa 24 VDC puolen komponentteja tasajännitelähteen jälkeen. Tasajännitelähteestä lähtevä plusjohdin vie ylivirtasuojalle, jossa se jaetaan tässä tapauksessa neljään eri ryhmään. Jokaiselle lähtevälle johtimelle on erillinen säätö, 0 – 4 A. Säädöt tapahtuvat tässäkin komponentissa sähkökuvista näkyvien arvojen mukaan, samaan tapaan säätöruuvien avulla kuin moottorisuojien säätäminen.

4.3 Ohjausjärjestelmien testaus

Ohjelman latauksen ja asetusten lataamisen jälkeen päästään sähkökeskuksen ohjausjärjestelmiä testaamaan. Sähkökeskuksen ohjausjärjestelmät on hyvä suurimmilta osin testata jo ennen virallista käyttöönottoa. Tällöin suurimmat viat tulee huomioitua ajoissa, eikä käyttöönottovaiheessa tarvitse käyttää aikaa vikojen etsimiseen.

Koneen, johon valmistettu sähkökeskus asetetaan, liikkeitä voidaan testata osittain jo sähkökeskuksen valmistusvaiheessa. Koneita liikutetaan pääsääntöisesti automaation avulla, mutta välillä sitä on tarpeellista liikuttaa myös manuaalisesti. Varsinkin manuaalisen puolen liikkeet on hyvä testata sähkökeskuksen tarkastusten yhteydessä.

Sähkökeskuksen ovesa on erilaisia ohjauspainikkeita. Jokaiselta ohjauspainikkeelta tulee logiikalle tieto, kun sitä painetaan. Tällöin logiikalla syttyy valo siinä tuloportissa, mihin sen ohjauspainikkeen johdin on kytketty. Sähkökuvien avulla voidaan todeta, meneekö haluttu ohjaustoiminto oikeaan logiikan tuloon. Tämä edistää huomattavasti lopullista koeajoa ja kaikkien liikkeiden testausta.

Lopulliset liikkeet ja koneen oikeanlainen toiminta päästään testaamaan vasta, kun koko kone on saatu valmiiksi ja sähkökeskus asennettua siihen. Koneen loput testaukset ja koeajot keskittyvät keskuksen ulkopuolisiin antureihin, moottoreihin ja toimintoihin, jotka kuuluvat valmiin koneen koeajoon ja käyttöönottoon.

5 Ohjeiden ja dokumentoinnin parantaminen

Ohjeiden tarkoituksena on helpottaa testauksen sujuvuutta turvalogiikan tuomien uusien haasteiden vuoksi. Ennen sähkökeskuksessa ei ollut turvalogiikkaa, joten sen koko testauksen pystyi hoitamaan sähköasentaja ilman automaatio suunnittelijan apua. Ohjeet vanhanmalliseenkin testaukseen löytyvät, mutta ne ovat vain osittain sovellettavissa uudistuneeseen testausmenetelmään. Turvalogiikan tuomat haasteet johtivat siihen, että testausta ei päästy suorittamaan koeajoon asti. Tätä sähkökeskusta tehdään vuodessa monta kappaletta, joten tarve testaamisen suorittamiseen asentajan toimesta loppuun asti on tärkeää.

Vanhan dokumentointitavan vuoksi siihen ja sen arkistointiin haluttiin tehdä joitakin parannuksia ja päivityksiä. Tehtyjen parannusten lisäksi otetaan kantaa mahdollisiin uusiin parannuksiin, joita ei tämän työn aikana saada tehtyä, jotka nousivat työn aikana esille.

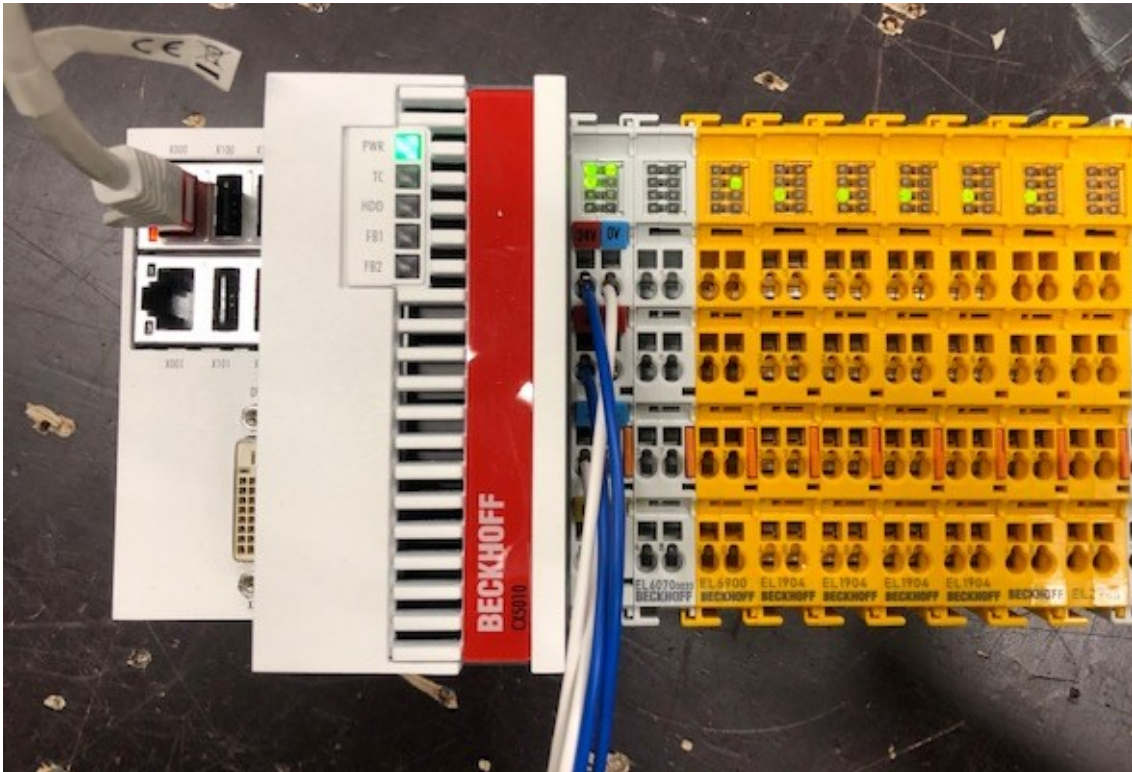
5.1 Ohjeiden tekeminen turvalogiikan käyttöönottoon

Ohjeiden tekemisen aloitin lataamalla testaukseen käytettävälle tietokoneelle TwinCat 3 -sovelluksen, jolla ohjelma saadaan auki. Sovelluksen latauksen jälkeen aloin itse opettelemaan turvalogiikan käyttöönottoa. Tärkeää oli ensin itse ymmärtää, mitä pitää tehdä, ennen kuin turvalogiikan käyttöönotosta voi luoda ohjeet tai opettaa sähköasentajia tekemään sen. TwinCat 3 -sovelluksen avulla avasin automaatio suunnittelijan tekemän ohjelman ja laitoin PLC:n muistikortin, mihin ohjelma oli valmiiksi ladattu, paikalleen logiikkaan.

Tietokoneen RJ45-portin ja logiikan IP-osoitteet tulee asettaa tietokoneen asetuksista samaksi, jotta saadaan otettua yhteys PLC:n kautta logiikkaan. Yhteyden ja IP-osoitteen voi tarkastaa ennen yhteyden ottamista komentokehote sovelluksen avulla, joka tietokoneesta löytyi jo valmiiksi. Ohjelmaan pitää kirjoittaa >ping ja sen perään käytettävä IP-osoite.

Logiikkaan oli asennettu kaikki kortit, mutta se oli irrallaan pöydällä. On tärkeää, että logiikka on lopullisessa kokoonpanossaan ladattaessa valmista ohjelmaa, koska ohjelmaa ei saa toimimaan, jos välistä puuttuu yksikin logiikan kortti. Kasattuun logiikkaan tarvitsee vielä tehdä kuvan 9 mukaiset kytkennät, että se saadaan käynnistettyä.

Kuva 9. Beckhoff PLC ja turvalogiikka



Irrallisen tasajännitelähteen avulla saadaan PLC:n liittimiin tuotua 24 VDC, jolla logiikka ja sen väylä saadaan käyntiin. Kuvasta 9 nähdään siniset ja valkoiset johtimet, joilla sähkö tuodaan logiikkaan ja sen väylään. Sähkökytkentöjen lisäksi tarvitaan tietokoneen ja logiikan PLC:n väliin Ethernet -verkko kaapeli, jolla voidaan ottaa yhteys tietokoneen ja logiikan välille.

Kytkeäntöjen ja IP-osoitteen ollessa kunnossa, voidaan ottaa tietokoneella yhteys logiikkaan. Yhteys täytyy muodostaa erikseen TwinCat 3 -ohjelman avulla. Ei riitä, että IP-osoitteet ovat vaihdettuina samoiksi ja IP-osoite tarkastettu. Kunnossa oleva yhteys tulee näkyviin ohjelmaan, jonka jälkeen voidaan aloittaa kohdan 4.1.2 mukaisesti.

Lopulliset ohjeet turvalogiikan käyttöönotosta rakensin tehtyjen vaiheiden mukaisesti, ottamalla näytöstä kuvankaappauksia. Keräsin kuvankaappaukset yhteen Word-tiedostoon siinä järjestyksessä, kun asiat tulee ohjelmaa ladatessa suorittaa ja missä ne ovat edellisissä kappaleissa käsiteltyinä. Kuvista ympyröin ja numeroin kohtia helpottamaan oikean kohdan löytämistä kirjoitetun tekstin perusteella. Kuvien lisäksi kaikkiin kohtiin tuli kuvatekstit, joissa on selvästi kerrottuna, mitä kyseisessä vaiheessa kuuluu tehdä. Ohjeissa ei tarkemmin oteta kantaa, miksi joku asia tehdään, vaan siinä kerrotaan, miten kyseinen vaihe tehdään.

5.2 Tarkastuspöytäkirjan päivitys

Yrityksen vanha sähköistyksen tarkastuspöytäkirja on ollut käytössä jo vuosia ja sitä on pitänyt päivittää useaan otteeseen jo ennen tämän työn aloittamista. Tämän työn pohjalta suoritetaan pöytäkirjan päivitys vastaamaan tämänhetkisiä standardeja ja käytäntöjä sähkökeskuksen valmistuksessa.

Pöytäkirjassa tullaan säilyttämään paljon vanhassa pöytäkirjassa olevia vaiheita, eritoten sellaisia kohtia, jotka koskevat kuvassa 10 näkyviä projektin numerosarjoja. Näitä ei ole tarpeen muuttaa, koska ne ovat jatkossakin tärkeässä osassa, jotta tarkastuspöytäkirja voidaan yhdistää oikeaan keskuksen.

Kuva 10. Vanha tarkastuspöytäkirja

SÄHKÖISTYKSEN TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Työ nro: _____ Projekti: _____

Laite: _____ Valmistaja: _____

Piirustus nro: _____

Tarkastuspöytäkirjassa otetaan huomioon sähkösuunnittelun sekä sähköasentajien mielipiteitä ja ideoita, jotta pöytäkirjasta saataisiin selkeä ja yksinkertainen.

Yksinkertaisuudesta huolimatta on asioita, mitä pöytäkirjassa tulee näkyä ja loput ovat asioita, joita on hyvä näkyä. Nämä yhdistämällä pöytäkirjasta saa kaikkia parhaiten palvelevan ja standardeja noudattavan kokonaisuuden.

5.2.1 Mittaukset ja asetteluarvot

Mittaukset tulevat pysymään samoina, eikä niiden lisäämiselle ole tarvetta. Eristysvastuksen mittauksessa tulee kiinnittää huomiota keskuksen nimellisjännitteeseen. Tässä sähkökeskuksessa nimellisjännite on 400 V, joten mittarista valitaan 500 V mittausalue. Mitattu mittaustulos tulee mittarin näytölle näkyviin, mistä lukema voidaan tarkastaa ja kirjata pöytäkirjaan, mikäli tulos on ok. Suojajohtimen jatkuvuusmittauksen kohdalla on

mietittävä, laitetaanko jatkossa mitattu tulos pöytäkirjaan vai verrataanko sitä taulukossa oleviin arvoihin, joiden avulla todetaan sen olevan kunnossa.

Asetteluarvojen säädöistä ei pöytäkirjaan tarvitse merkitä asetettuja arvoja vaan se, onko kaikki arvot laitettu vastaamaan sähkökuvissa olevia arvoja. Tämä on hyvä tarkistaa vielä tarkastuspöytäkirjaa täyttäessä, vaikka ne olisikin säätänyt jo asentaessa komponentteja sähkökeskukseen. Päivittäessä tätä kohtaa uuteen tarkastuspöytäkirjaan, asetteluarvojen säätöjä eri komponenteille on hyvä eritellä, jolloin tarkistuksesta tulee tarkempaa.

5.2.2 Aistinvaraisten tarkistusten parantaminen

Lähestulkoon kaikki muut tarkistukset, joita tähän keskuksen tehdään, ovat aistinvaraisia tarkistuksia. Aistinvaraiset tarkistukset ovat tärkeässä osassa koko tarkistusta ja sen vuoksi niiden kohtaa tarkastuspöytäkirjassa tullaan varmasti päivittämään. Melkein kaikki tarvittavat kohdat löytyivät jo vanhastakin tarkastuspöytäkirjasta, mutta niihin olisi hyvä tehdä tarkennuksia, jotta kysymykset olisivat yksinkertaisempia.

Tarkistukset keskuksen rungon osiin tulee aloittaa jo työn alkuvaiheessa, jolloin sähkökeskus ensimmäisen kerran otetaan pakkauksestaan pois. Sähkökeskusta rakentaessa, on hyvä tarkastaa keskuksen ulkoinen olemus, lukkojen toimivuus sekä tiivisteiden kunto. Samalla varmistetaan, että keskuksen rungon valmistajan antama IP-luokitus säilyy. Mekaanisen kiinnityksen ja ruuvien kireyden tarkistaminen liitoskohdissa on tärkeää koko keskuksen valmistusprosessin ajan, sillä keskuksen loppusijoituskohte tärisee huomattavissa määrin.

Tässä keskuksessa pohjalevyyn on tehty lisätuentaa U-kiskoja ja tärinänvaimentimien avulla. U-kiskoja on kolme ja ne hitsataan pohjalevyn taakse ja pohjalevy kiinnitetään jokaisen kiskon kohdalta M10 -pultilla. Pultti tulee pohjalevyä vasten ja vastamutteri tulee keskuksen takaseinän ulkopuolelle. Nämä toimivat lisäkiinnityspisteinä neljälle muulle asennuslevyn kiinnitykselle. Tärinänvaimentimet tulevat keskuksen yläosaan molempiin kulmiin takaseinään ja keskuksen pohjaan molempiin sivuihin. Vaikka tärinää on keskukselta poistettu tärinänvaimentimien avulla, tärinää syntyy silti jonkin verran, joten mekaanisen kiinnityksen tarkistukset ovat tarpeen.

Keskuksen valmistuessa johtimien tarkastaminen kannattaa aloittaa jo johdottaessa, ettei johtojen ulkokuoreen ole tullut viiltoja tai halkeamia. Keskuksen valmistuessa tarkistetaan johtimien oikea koko, merkintä ja väri. Johtimien oikean koon voi vielä tarvittaessa katsoa kuormitettavuustaulukosta. Johdotuksen lopuksi tulisi käydä kaikki liitokset läpi. Vaikka nykyään useilla komponenteilla johtimien kytkentä suoritetaan jousivoimaisilla liittimillä, niin osassa komponentteja on vielä ruuviliittimet. Jousivoimaisille liitännöille on hyvä tehdä jonkinlaisia vetotestejä käsin johdinta vetäen. Ruuviliitoksille on hyvä tehdä samoin sekä myös varmistaa liitoksen kireys ruuvimeisselin avulla. Lähes jokaisella komponentilla on ilmoitettu ruuviliitoksille sopiva kireysmomentti, jonka avulla voi tarkastaa onko ruuvi tarpeeksi kireällä. Löysällä liitoksella on suuret riskit komponenttien rikkoutumiselle, mutta myös sähköiskun vaara tulee mahdolliseksi.

5.2.3 Keskuksen viimeistely

Keskuksen viimeistelyyn kuuluu tarvittavien kilpien ja tarrojen kiinnitys niille tarkoitettuun paikkaan. Tästä keskuksesta löytyy kaksi varoitustarraa vaarallisesta jännitteestä, valmistajatarra, keskuksen positiokilpi sekä arvokilpi. Näiden lisäksi keskuksen ovesta löytyy vielä kaksi ohjekilpeä, jotka koskevat lopullisen koneen käyttöön liittyviä asioita.

Ohjekilpiä on kahta erilaista, toisessa on kuulosuojaimet, joka ohjeistaa käyttämään kuulosuojausta käytettäessä laitetta. Toisessa kilvessä on suojalasit, jotka ohjeistavat käyttämään suojalaseja käytettäessä konetta. Näiden sijainti on suunniteltu perustuen siihen, että kaikki varoitustarra ja ohjekilvet löytyvät yhdestä paikasta. Tässä koneessa paras paikka on sähkökeskuksen ovesta, minkä edessä työntekijä työskentelee.

Keskuksen valmistuessa kaikki tarrat ja kilvet asetetaan paikoilleen, jonka lisäksi työvaihe sisältää koko keskuksen siistimisen sekä komponenttien kansien ja muiden irto-osien kiinnittämisen paikoilleen. Keskuksen viimeistelystä on oma ja viimeinen kohta tarkastuspöytäkirjassa.

5.3 Tarkastuspöytäkirjan arkistointi

Paperisen tarkastuspöytäkirjan arkistointi on tähän asti hoidettu kansioiden avulla. Paperiset pöytäkirjat on mapitettu vuosiluvulla varustettuun kansioon sekalaisessa järjestyksessä sitä mukaan, kun sähkökeskuksia on valmistunut. Tämän vuoksi kansioista tietyn sähkökeskuksen pöytäkirja on vaikea löytää, vaikka kaikki sähkökeskuksen tiedot tiedettäisiin. Tämän lisäksi kyseisen dokumentti löytyy vain kyseisestä kansioista. Pöytäkirjojen nykyaikaistamiseksi ne olisi hyvä saada myös digitaaliseen muotoon, vaikka ne täytettäisiinkin paperisena vanhaan tapaan.

Digitalisointiin on keksitty helppo ja halpa tapa, jota on tarkoitus aloittaa käyttämään muiden uudistusten kanssa. Tarkastuspöytäkirjan paperinen versio skannataan tietokoneelle, jolloin siitä saadaan PDF-tiedosto. Tämä lähetetään sähköpostilla kyseisen keskuksen suunnittelijalle, joka siirtää pöytäkirjan Aton-järjestelmään, jossa myös keskuksen kuvat ja muut tiedot on. Tämän avulla pöytäkirjaan pääsee kuka vain yrityksessä työskentelevä käsiksi ja sitä on helppo tarkastella jälkikäteen vaikka eri puolella maapalloa. Sähköistämisen myötä myös käyttöönottajana on helppoa katsoa pöytäkirjasta, onko kaikki tarkastettu ja oliko tekijällä jotakin huomautettavaa, joka on hyvä ottaa huomioon laitetta käyttöönottaessa.

Nykyaikaisin versio tarkastuspöytäkirjasta olisi varmasti kokonaan digitaalinen malli, jota käytettäisiin tietokoneella, tabletilla tai vaikka omalla puhelimella. Tarkastuspöytäkirjan täyttämisen jälkeen se joko tallennettaisiin johonkin kansioon tai lähetettäisiin sähköpostilla eteenpäin. Voisi olla mahdollista saada luotua järjestelmä niin, että se mahdollistaisi suorat tarkastuspöytäkirjojen siirrot Aton-järjestelmään. Tällainen täysin digitaalinen versio poistaisi manuaalisen arkistointitarpeen ja paperinen versio olisi silti mahdollista tulostaa tarvittaessa.

Kokonaan sähköinen pöytäkirja olisi tämänkin työn aikana ollut hyvä kehitysidea, mutta vaatisi tarvittavan järjestelmän ja tarvikkeiden hankkimista, joihin ei ollut resursseja tämän työn aikana. Asiasta käytiin kuitenkin keskustelua ja kokonaan sähköinen pöytäkirja on varmasti tulossa tulevaisuudessa. Yrityksen oman IT-henkilöstön ja automaatio suunnittelijoiden avulla kokonaan oman ohjelman tekeminen ei olisi ongelma,

sopivan hetken koitettua. Kokonaan oman sovelluksen kanssa ei tarvitsisi miettiä erilaisista kuukausimaksuista ja uudistuksista. Sovellusta voitaisiin parantaa käytön yhteydessä asentajien antamien kommenttien perusteella.

6 Pohdinta

Tämän työn tarkoituksena oli käydä läpi sähkökeskuksen tarkistamista ja testaamista sekä tarkistuksen ja testaamisen kehitt. Apuna tarkistuksiin liittyvissä asioissa käytettiin eri standardeja. Testaamisen ja tarkistamisen lisäksi työssä käytiin läpi asetusten ja ohjelman lataamista valmiiksi sähkökeskukseen. Ohjelman lataamiseen rakennettiin sähköasentajille ohjeet, joiden avulla lataamisen pystyy suorittamaan. Lopuksi käytiin vielä läpi tarkastuspöytäkirjan arkistointia ja sen parantamista, jossa esille nousi myös tulevaisuuteen kohdistuvia asioita.

Työssä perehdyttiin moneen eri standardiin, joista koottiin tähän työhön parhaiten soveltuvat kohdat. Osittain standardeja sovelletaan jakokeskusten standardeista, kun kyseessä on teollisuuskäyttöön valmistuva keskus. Standardien avulla opin itse paljon sähkökeskukseen tehtävistä tarkistuksista. Tarkastuspöytäkirjaa aloitetaan päivittämään tätä työtä avuksi käyttäen. Päivityksen jälkeen voidaan kehittää myös lisää tarkastuspöytäkirjan arkistointia.

Ohjelman lataamiseen rakennetut ohjeet saatiin käyttöön, joiden avulla sähköasentajat pääsevät lataamaan ohjelman itse. Ohjeiden rakentamisessa käytin paljon näyttökuvia havainnollistamaan, minkälainen näkymä tulisi tietokoneen näytössä olla missäkin kohtaa. Ohjeista tuli mahdollisimman yksiselitteiset ja selkeät, jotta lataaminen olisi helppoa myös sellaiselle henkilölle, joka ei ole ohjelman lataamista ennen tehnyt.

Lähteet

Ahoranta, J. (2016). Sähkötekniikka. Sanoma Pro Oy.

Beckhoff. (2017a). *Operating Instructions for EL6900*. Haettu 15.3.2021 osoitteesta

<https://download.beckhoff.com/download/document/automation/twinsafe/el6900en.pdf>

Beckhoff. (2017b). *Operating Instructions for EL6900*. Haettu 16.3.2021 osoitteesta

<https://download.beckhoff.com/download/document/automation/twinsafe/el1904en.pdf>

Fluke. (2016). *1662/1663/1664 FC Electrical Installation Tester*. Haettu 13.3.2021 osoitteesta

https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/1654b_umfin0000.pdf

Kauppila, J., Tiainen, E. & Ylinen, T. (2009). *Sähköasennukset 3*. Sähköinfo Oy.

SFS-EN 60204-1:2018. (2018). *Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset*. SFS Online.

SFS-EN ISO 7010:2020. (2020). *Kuvatunnukset ja piirrosmerkit. Turvallisuusvärit ja turvallisuusmerkit. Rekisteröidyt turvallisuusmerkit*. SFS Online.

ST-kortisto. (2019). *Johdinvärit 230/400 V:n järjestelmissä*. Haettu 20.2.2021 osoitteesta

<https://severi.sahkoinfo.fi/Account/LogOn?ReturnUrl=%2fitem%2f509%3fsearch%3dtunnusvarit&search=tunnusvarit>

Suomen Standardisoimisliitto. (1999). *SFS-käsikirja 135-1 koneiden sähkölaitteistot ja – järjestelmät. Osa 1: yleiset turvallisuusstandardit*. 2. painos.

Suomen Standardisoimisliitto. (2003). *SFS-käsikirja 16 moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enintään 1000 V moottorikäyttöille*. 5. painos.

Suomen Standardisoimisliitto. (2005). *SFS-käsikirja 154 jakokeskukset*. 2. uudistettu painos.

Suomen Standardisoimisliitto. (2008). *SFS-käsikirja 606 sähköasennusten ja sähkölaitteiden turvallisuuteen liittyvät peruskäsitteet*. 1 painos.

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. (2014). *Sähköasennusopas*. 9. uudistettu painos.

UTU. (n.d.). *FR-A800 Taajuusmuuttaja käsikirja (alustava)*. Haettu 20.3.2021 osoitteesta

https://www.utu.eu/sites/default/files/attachment/fr-a800_alustava_suomi.pdf