

KESKUSVALMISTUKSEN YLEISOHJE

Koneen sähkökeskuksen rakennus ja varmennus

Jan Vartiainen

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2023

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jan Vartiainen	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	Ins. (YAMK) Jukka Hietämäki		
Toimeksiantaja	Mectalent Oy		
Työn nimi	Keskusvalmistuksen yleisohje.		Koneen sähkökeskuksen rakennus ja varmennus
Sivumäärä	32 + 1		

Opinnäytetyön aihe oli koneen sähkökeskuksen valmistuksen yleisohje, jonka tarkoitus on tukea työntekijöiden osaamista ja helpottaa uusien työntekijöiden perehdytystä. Ohjeistus parantaa työnlaatua ja työturvallisuutta.

Ohjeessa käsitellään koneen sähkökeskuksen rakentaminen työn aloituksesta aina valmiin keskuksen varmennukseen. Työhön tarvittavat tiedot tulivat standardeista SFS-EN 60204-1 ja SFS-EN 61439. Osa tiedosta on työkokemuksella saatua tietoa ja sitä on sovellettu työvaiheen ohjeen kirjoitukseen.

Työn tulokseksi saatiin ohje, jota voidaan hyödyntää silloin, kun käytössä ei ole asiakaskohtaisia ohjeita tai kun asiakasohjeissa on puutteita. Ohjetta voidaan tulevaisuudessa jatkaa niin, että se sisältää myös koneen sähkölaitteiston rakennuksen ja varmennuksen ohjeistuksen.

Electrical and automation
engineering
Engineer (B.Eng)

Author	Jan Vartiainen	Year	2023
Supervisor(s)	Jukka Hietamäki, M. Eng		
Commissioned by	Mectalent Oy		
Title	General instructions for manufacturing machine`s electrical cabinet. Construction and inspection of the machine's electrical cabinet.		
Number of pages	32 + 1		

The topic of the thesis was the general instructions of the machine's electrical cabinet, the purpose of which is to support the skills of employees and facilitate the orientation of new employees. Guidance improves work quality and work safety.

The instructions cover the construction of the machine's electrical cabinet, from the start of the work to the certification of the completed cabinet. The information needed for the work came from the standards SFS-EN 60204-1 and SFS-EN 61439. Some of the information is information gained through work experience and has been applied to writing the instructions for the work phase.

As a result of the work, instructions were created, which can be used when there are no customer specific instructions in use or when there are shortcomings in the customer instructions. In the future, the instructions can be extended so that they also include instructions for the construction and verification of the machine's electrical equipment.

Keyword machine construction, electricity, instructions

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	6
2.1	Sähköturvallisuuslaki 1135/2016	6
2.2	Valtionneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2018.....	8
2.3	SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus. Koneidensähkölaitteisto. Osa1.	9
2.4	SFS-EN 61439 Pienjännitekeskukset	11
3	TYÖOHJEEN LAATIMINEN	12
3.1	Tarkoitus ja tavoitteet.....	12
3.2	Toimeksiantaja.....	12
3.3	Työohjeen rakenne	13
3.3.1	Sähkötyöturvallisuus	13
3.3.2	Keskuksen mekaaninen rakenne	14
3.3.3	Keskuksen kalustaminen.....	14
3.3.4	Keskuksen johdotus	14
3.3.5	Johtimien valinta.....	15
3.3.6	Johtimien tunnistus.....	19
3.3.7	Merkinnät, varoitusmerkit ja viitetunnukset.....	20
3.4	Tarkastus ja mittaukset	20
3.4.1	Aistinvarainen tarkastus	21
3.4.2	Suojajohtimen jatkuvuus	22
3.4.3	Eristysresistanssi.....	22
3.4.4	Automaattisen poiskytkennän todentaminen	23
3.4.5	Jännitetesti	27
3.5	Tarkastusten dokumentointi.....	27
3.5.1	Arvokilpi.....	27
3.6	Koneen sähkökeskuksen työohje	28
4	POHDINTA	30
4.1	Työn jatkokehitys ja sen tuomat muutokset	30
4.2	Oma oppiminen	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on koneen sähkökeskuksen rakentamisen yleistyöohje, joka sisältää myös valmiin keskuksen tarkastamisen ohjeistuksen. Ohjeen tarkoitus on tukea jo työssä olevia ammattilaisia ja auttaa perehdyttämään uusia työntekijöitä tehtäviin.

Työ sai aiheensa havaituista puutteista työntekijöiden tiedoissa, sekä hankaluudesta uusien työntekijöiden perehdyttämisessä. Toimeksiantajan sähkökokoonpano on vielä uusi ja ollut toiminnassa vasta pari vuotta, minkä takia toiminta ohjeet ovat puutteellisia.

Ohjeet ovat tärkeä osa työn tekemistä, koska ne parantavat työn laatua sekä työturvallisuutta. Ohjeiden avulla voidaan lyhentää työn valmistusaikaa, koska tiedon etsiminen on helpompaa ja tulkinnan mahdollisuudet vähenevät.

Työn tietoperustana toimivat hyvät asennustavat, laitevalmistajien ohjeet, lait ja alan standardit. Työn tavoitteena on laatia selkeä ohje, joka opastaa koneen sähkökeskuksen rakentamisen sekä valmiin keskuksen tarkastamisen.

Työ rajataan koskemaan koneiden sähkökeskusten valmistamista ja niitä koskevia tarkastuksia.

2 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Sähköalalla noudatetaan lakeja, direktiivejä sekä standardeja, jotka vaikuttavat koneiden ja koneiden sähkölaitteistojen valmistukseen. Nämä lait ja määräykset ovat voimassa Euroopan unionin alueella. Euroopan talousalueen ulkopuolelle valmistettaviin laitteisiin täytyy ottaa huomioon alueen paikallinen lainsäädäntö ja asetukset.

Suomessa koneiden ja sähkölaitteistojen rakentamiseen on säädetty lakeja, joilla pyritään varmistamaan kaikkien markkinoilla olevien koneiden turvallisuus. Laissa on yleensä maininta yhdenmukaisten standardien käytöstä ja jos kone on valmistettu niiden mukaisesti, katsotaan sen täyttävän olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset.

2.1 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016

Eduskunnan päätöksen mukaisesti on säädetty sähköturvallisuuslaki, jonka tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden sekä laitteistojen turvallisuus ja estää niiden käytöstä johtuvat haitalliset sähkömagneettiset vaikutukset. Laissa säädetään laitteistoille ja laitteille asetettavat vaatimukset niiden vaatimuksen mukaisuuden osoittamisesta ja valvonnasta sekä sähköalan töistä ja vastuista. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 §1).

Sähköturvallisuuslain 1135/2016 4.luku käsittelee sähkö- ja käyttötöitä koskevia vaatimuksia, jossa rajataan ketkä saavat tehdä sähkötöitä ja mitä perusvaatimuksia sähkötöille on.

53 §

Sähkö- ja käyttötyön määrittely

Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä.

Sähkötyöksi ei katsota sähkölaitteen eikä -laitteiston purkutyötä, jos laite tai laitteisto on tehty luotettavasti ja asianmukaisesti jännitteettömäksi.

Käyttötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä ja sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä.

54 §

Perusvaatimus sähkötyölle ja käyttötyölle

Sähkötöitä tai käyttötöitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu.

55 §

Sähkötöiden tekemisen edellytykset

Toiminnanharjoittaja saa tehdä sähkötyötä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan on nimetty henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (sähkötöiden johtaja);*
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito;*
- 3) toiminnanharjoittajan käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset;*
- 4) toiminnasta on tehty ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle ennen kuin sähkötöitä koskeva toiminta aloitetaan.*

Edellä 1 momentin 4 kohdassa tarkoitetussa ilmoituksessa on selvitettävä, että 1 momentissa ja 58 §:ssä asetetut vaatimukset täyttyvät. Ilmoituksesta on käytävä ilmi sähkötöiden johtajan suostumus tehtävänsä. Ilmoituksessa on myös mainittava rekisteriin merkitsemistä varten 86 §:n 2 momentin 1–3 kohdassa tarkoitetut tiedot. Rekisteriin merkittyjen tietojen muutoksista on kuukauden kuluessa ilmoitettava kirjallisesti sähköturvallisuusviranomaiselle. Ilmoituksen voi tehdä myös sähköisesti. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 §53:54:55).

2.2 Valtionneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2018

1 §

Asetuksen tarkoitus

Tällä asetuksella pannaan täytäntöön koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY.

Asetuksessa säädetään koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöönotosta.

2 §

Asetuksen soveltamisala

Asetusta sovelletaan seuraaviin teknisiin laitteisiin:

- 1) koneisiin;*
- 2) vaihdettaviin laitteisiin;*
- 3) turvakomponentteihin;*
- 4) nostoapuvälineisiin;*
- 5) nostoketjuihin, -köysiin ja -vöihin;*
- 6) nivelakseleihin;*
- 7) osittain valmiisiin koneisiin.*

4 §

1) koneella tarkoitetaan:

a) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla

toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten.

b) a alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, josta puuttuvat ainoastaan komponentit, joilla se liitetään paikan päällä tai kytketään voiman- tai käyntilähteisiin.

c) a tai b alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, joka on valmis asennettavaksi ja joka voi toimia vasta kun se on kiinnitetty liikennevälineeseen tai asennettu rakennukseen tai rakennelmaan.

d) a, b tai c alakohdassa tarkoitettujen koneiden tai 7 kohdassa tarkoitettujen osittain valmiiden koneiden yhdistelmiä, jotka on tiettyjä toimintoja varten järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena.

e) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu kuormien nostamista varten ja jonka ainoana voimanlähteenä on välitön ihmisvoima.

6 §

Yhdenmukaistettujen standardien käyttö

Jos kone on valmistettu yhdenmukaistetun standardin mukaisesti, jonka viitenumero on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä, sen katsotaan täyttävän kyseisen yhdenmukaistetun standardin kattamat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. (Valtionneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 §1:2:4:6).

2.3 SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus. Koneidensähkölaitteisto. Osa1.

SFS-EN 60204-1 sisältää kansainvälisen standardin IEC60204-1 Safety of machinery-Electrotechnical aspects, joka määrittelee suosituksia ja vaatimuksia, joilla on tarkoitus edistää henkilöiden ja omaisuuden turvallisuutta, ohjaustoimintojen yhteensopivuutta niiden toimintaan, sekä käytön ja huollon helpottamista.

SFS-EN 60204-1:2018 standardi määrittelee erityisvaatimuksia koneiden sähkölaitteistoille. Standardin määräyksillä ja suosituksilla on tarkoitus vähentää koneen sähkölaitteiston aiheuttamaa vaaraa ihmisille ja ympäristölle.

Koneen sähkökomponenttien ja laitteiden on täytettävä standardin vaatimukset. Standardi määrittelee ohjeet oikeanlaisen sähkönsyötön valintaan, sekä koneen sähkölaitteiston vaatimukset erilaisissa ympäristöissä ja käyttöolosuhteissa.

Standardi pitää sisällään ohjeita ja suosituksia. Standardi on jaettu osiin, jotka ovat:

- Yleisvaatimukset
- Syöttöjohtimen liitännät, erotus- ja kytkentälaitteet
- Suojaus sähköiskulta
- Laitteiston suojaaminen
- Potentiaalintasaus
- Ohjauspiirit ja ohjaustoiminnot
- Käyttäjän rajapinta ja koneeseen asennetut ohjauslaitteet
- Ohjauslaitteisto: sijoitus, asennus ja kotelointi
- Johtimet ja kaapelit
- Johdotuskäytännöt
- Pistorasiat ja valaistus
- Merkinnät, varoitusmerkit ja viitetunnukset
- Tekniset asiakirjat
- Todentaminen. (SFS-EN 60204-1 2018).

Lisäksi standardissa on opastavia ja velvoittavia liitteitä, joista tärkeimpänä velvoittava liite A, joka käsittelee vikasuojausta syötön automaattiselle poiskytkennälle. (SFS-EN 60204-1 2018).

2.4 SFS-EN 61439 Pienjännitekeskukset

Konestandardi IEC 60204-1 mahdollistaa sen vaatimusten lisäksi, riippuen koneesta, sen aiotusta käytöstä ja sähkölaitteista, että suunnittelija voi käyttää sähkölaitteiston osia, jotka ovat IEC 61439 standardisarjan mukaisia. (SFS-EN 60204-1 2018, 23).

SFS-EN 61439 Pienjännitekeskukset standardisarja sisältää kuusi osaa, jotka ovat yleisvaatimukset, ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot, maallikoiden käyttöön tarkoitetut keskukset, työmaakeskusten erityisvaatimukset, jakeluverkkokeskukset ja jakelukiskot. Millään standardin yksittäisellä osalla ei voi suunnitella keskusta, vaan se vaatii aina vähintään ensimmäisen osan yleisvaatimukset ja jonkun seuraavista osista.

Standardi määrittää perusvaatimukset pienjännitekeskukselle (SFS-EN 61439-1 2016, 3).

3 TYÖOHJEEN LAATIMINEN

3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Työohjeen tarkoitus on tukea sähkökokoospanon työntekijöitä ja toimia apuna uusien työntekijöiden perehdyttämisessä työtehtäviin. Työohjeesta on tarkoitus selvittää keskusvalmistuksen työvaiheet ja mitä missäkin työvaiheessa on syytä ottaa huomioon, jotta alan standardit ja määräykset täyttyvät.

Ohjeen on tarkoitus vähentää tulkintojen mahdollisuutta työtä tehtäessä ja näin ollen vähentää virheellisiä asennuksia. Ohjeet asennuksen tukena myös nopeuttavat työn läpimenoaikaa, jolloin työn tuottavuus sekä työturvallisuus paranevat.

3.2 Toimeksiantaja

Työn tilaajana toimii oululainen Mectalent Oy, joka on tuotekehityksen, vaativan laitevalmistuksen ja tarkkuusmekaniikan asiantuntija. Mectalentin kanssa samoissa tiloissa toimii sen tytäryhtiö Conseptas, jonka erikoisosaaminen on kokonaisvaltainen tuotekehitys, sekä älykkäiden teknologiaratkaisuiden suunnittelu ja toteutus. Mectalent Oy työllistää noin 120 henkilöä ja sillä on yli 6000 neliömetrin tuotantotilat Oulussa. (Mectalent 2022).

Mectalent ja Conseptas muodostavat yhdessä Mectalent Groupin, jonka ansiosta se voi suunnitella ja valmistaa kumppaneilleen räätälöityjä ratkaisuja yksittäisistä osista aina valmiisiin ja pitkälle kehitettyihin kokonaisuuksiin. (Mectalent 2022).

Yritys noudattaa sertifioitua laatujärjestelmää ISO 9001 ja ISO 13485, sekä turvallisuus- ja ilmateollisuuden aloilla AQAP 2110 ja EN 9100- standardeja. (Mectalent 2022).

Mectalent Oy perusti sähköisen kokoonpanon vuoden 2021 alussa, tukemaan muuta liiketoimintaa ja, se työllistää tällä hetkellä kolme asentajaa ja yhden suunnittelijan. (Mectalent 2022).

3.3 Työohjeen rakenne

Ohjetta lähdettiin rakentamaan siltä pohjalta, että se olisi mahdollisimman yksinkertainen ja helppo lukea. Ohjeen rakenne perustuu työvaiheisiin, joita keskuksen valmistus vaatii. Jokaiseen työvaiheeseen on kirjattu työvaiheen aikana huomioitavat asiat ja työvaiheet on pyritty järjestelmään ohjeeseen niiden oikeassa suoritus järjestyksessä. Ohje on tarkoitettu asentajalle, joten siinä ei pääsääntöisesti perehdytä sähkölaitteiston osien valintaan tai suunnitteluvaatimuksiin.

3.3.1 Sähkötyöturvallisuus

Standardi SFS 6002 käsittelee sähkötyöturvallisuutta ja se antaa vaatimuksia sähkölaitteistojen käyttöön, sekä vaatimukset työskentelyyn sähkölaitteistossa ja sen lähellä. Suomessa lisävaatimuksena on soveltaa standardia kaikkiin sähkölaitteistoihin niiden jännitealueesta riippumatta. (SFS 600-2 2018, 12).

Henkilöstöllä, joka työskentelee sähkötöissä tai sen läheisyydessä on oltava työhön vaadittava koulutus sekä opastus työhön ja säädöksiin. Henkilöstön ohjeistusta ja pätevyyttä on pidettävä yllä ja niiden noudattamista on valvottava. Yrityksen sähkötöidenjohtaja pitää huolta, että jokainen sähkötöitä tekevä henkilö on ammattitaitoinen ja riittävästi opastettu tehtäviinsä. Sähkötöidenjohtaja voi hoitaa opastuksen itse tai nimetä opastajaksi jonkun muun sähköalan ammattilaisen. Tällainen henkilö voi olla esimerkiksi työaikainen sähköturvallisuuden valvoja tai joku muu sähköalan ammattihenkilö. Työaikainen sähköturvallisuuden valvoja valvoo, että määräyksiä ja ohjeistusta noudatetaan. (SFS 600-2 2018, 27).

Työntekijän on turvallisuuslain 18§ mukaan noudatettava työnantajan määräyksiä ja ohjeistuksia, sekä oman ammattitaitonsa mukaan huolehtia myös muiden työntekijöiden turvallisuudesta. (SFS 600-2 2018, 58).

3.3.2 Keskuksen mekaaninen rakenne

Keskuksen mekaanisessa kokoonpanossa on noudatettava valmistajan antamia ohjeita, jotka koskevat mekaanisen rakenteen oikeiden osien käyttöä ja kiristysmomenteja.

Keskuksia pitää rakentaa niin, että ne kestävät määritellyissä olosuhteissa esiintyvät mekaaniset ja sähköiset sekä lämmöstä ja ympäristöstä johtuvat rasitukset. (SFS-käsikirja 640 2016, 117).

3.3.3 Keskuksen kalustaminen

Komponenttien asentamisessa on noudatettava valmistajan ohjeita. Asennuksessa on otettava huomioon, ettei komponentin toiminta normaalissa tilanteessa vaarannu lämmön, kytkentäilmiöiden, sähkömagneettisten kenttien tai värähtelyn takia. Komponentit on asennettava niin, että niiden asennus, huolto, vaihto ja johdotus on mahdollista suorittaa ilman muiden osien purkamista. (SFS-käsikirja 640 2016, 126).

Keskuksen huolto- ja käyttötoimenpiteiden yhteydessä käytettäviä irrotettavia kansia tai luokkuja ei kalusteta millään komponenteilla, joiden kytkentäjohdot seuraavat perässä kantta irrottaessa. (SFS-käsikirja 640 2016, 46).

3.3.4 Keskuksen johdotus

Keskuksen johdotus on tehtävä niin, että kestää keskuksen kuormituksen. Keskuksen alkuperäisellä valmistajalla on vastuu varmistaa, että johtimien lämmönkesto ja poikkipinta ovat oikeat. Johtimien kuormitettavuuteen vaikuttaa useat seikat, joita ovat esimerkiksi mekaaniset rasitukset, johtimien sijoitus ja kiinnitys, eristyksen tyyppi ja liitettävien komponenttien tyyppi. (SFS-käsikirja 640 2016, 128).

Johtimet tulee asentaa niin, että ne eivät ole teräviä reunoja vasten. Saranoitujen kansien tai ovien laitteiden johdotus tulee tehdä siten, että kaapelit tai johtimet eivät vahingoitu mekaanisesti, kun saranoitua ovea tai kantta liikutellaan. Johtimiin ei saa tehdä väliliitoksia kiertämällä tai juottamalla johtimen päitä yhteen. Peruseristettyjä johtimia täytyy estää koskettamasta eri potentiaalissa

olevia jännitteisiä osia. Johtimien liitokset on toteutettava niin, että ne kestävät mahdollisen keskukseen kohdistuvan mekaanisen rasituksen sekä normaalista toiminnasta aiheutuvat värinät ja lämpövaikutukset. (SFS-käsikirja 640 2016, 128).

Keskuksen ja koteloiden sisäiset johtimet ovat tarvittaessa tuettava, jotta ne pysyvät paikallaan. Muita kun metallisia johdinkanavia käytettäessä täytyy niiden olla valmistettu paloa hidastavasta eristysaineesta. Johtimia, joita ei asenneta johdinkanaviin, täytyy tukea riittävän hyvin. (SFS-EN 60204-1 2018, 78).

Pysyväksi tarkoitettuihin liitoksiin käytetään liittimiä, jotka on kiinnitetty luotettavasti alustaansa. Pysyviä liitoksia ei siis tehdä johtokouruihin tai muualle rakenteeseen tulevilla irtoliittimillä. Käyttötoimenpiteiden aikana taivutuksen alaiseksi joutuvat johtimet asennetaan aina hienosäikeisellä johtimella. Johdin tai johdinnippu kiinnitetään molemmista päistä ja se suojataan esimerkiksi taipuisalla muoviputkella, joka suojaa johtimia hankautumasta rikki. (SFS-käsikirja 640 2016, 46).

3.3.5 Johtimien valinta

Suomessa keskuksen sisäisiin johdotuksiin ja kytkentöihin käytetään tavallisesti ML-, MK- ja MKEM-johtimia ja CENELEC:n tyyppisiä H07V-U, H07V-R ja H07V-K, jotka ovat mitoituseristysjännitteeltään 750V johtimia. Tällaisia johtimia voi käyttää kytkentöihin 400V ja 690V keskuksissa. Näiden johtimien sallittu käyttölämpötila on 70°C, mutta yleisesti on käytössä myös johtimia, joiden suurin sallittu lämmönkesto 90°C. Nämä johtimet ovat tyyppiltään H07V2-. (SFS-käsikirja 640 2016, 46).

Johtimet ja kaapelit on valittava niin, että ne kestävät käyttöolosuhteet ja ulkoiset vaikutukset. Johtimeksi suositellaan kuparijohdinta, mutta alumiinijohtimen käyttö on myös sallittua, kun sen poikkipinta on vähintään 16 mm². Riittävän mekaanisen lujuuden takaamiseksi pitää johtimen tai kaapelin poikkipinta olla vähintään taulukon 1 mukainen. (SFS-EN 60204-1 2018, 69).

Taulukko 1. Kuparijohtimien minimipoikkipinta (SFS-EN60204-1 2018)

Sijainti	Käyttö	Johtimen tyyppi, kaapeli				
		Yksijohtiminen		Monijohtiminen		
		Taipuisa	Yksijohtiminen	Kaksijohtiminen vaipallinen	Kaksijohtiminen ilman vaippaa	Kolmi- tai useampijohtiminen vaipalla tai ilman vaippaa
Johdotus (suojaavan) koteloinnin ulkopuolella	Tehopiirit, kiinteät	1,0	1,5	0,75	0,75	0,75
	Tehopiirit, joihin kohdistuu liikettä	1,0	* ₋	0,75	0,75	0,75
	Ohjauspiirit	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2
	Tietoliikenne	* ₋	* ₋	* ₋	* ₋	0,1
Johdotus kotelon sisäpuolella	Tehopiirit (liitännöjät ei liikutella)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Ohjauspiirit	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Tietoliikenne	* ₋	* ₋	* ₋	* ₋	0,08

Mekaanisen lujuuden lisäksi kaapelin ja johtimen valintaan vaikuttaa sen kuormitettavuus normaalikäytössä. Kuormitettavuuteen vaikuttavat monet tekijät, joita ovat esimerkiksi niiden eristysaine, johtimien lukumäärä kaapelissa, kaapelin vaippa, eristysmenetelmästä, ryhmittelystä ja ympäristön lämpötilasta. (SFS-EN 60204-1 2018, 70–71).

Taulukossa 2 kuvataan PVC-eristeisen kuparijohtimen tai- kaapelin kuormitettavuutta jatkuvassa käytössä, kun ympäröivän ilman lämpötila on +40°C. Taulukon kuormitettavuudet perustuvat symmetrisiin virtapiireihin ja ohjauspiirien osalta johdinpariin. (SFS-EN 60204-1 2018, 70–71).

Taulukon 2. Esittää eri kuormitettavuudet erilaisille asennustavoille, jotka ovat:

Tapa B1: Käyttäen asennusputkia ja johtokanavajärjestelmiä tukemaan ja suojaamaan johtimia ja yksijohdinkaapeleita.

Tapa B2: Kuten B1, mutta monijohdinkaapeleille.

Tapa C: Vapaasti ilmassa vaaka- tai pystytasoon asennetut monijohdinkaapelit seinällä ilman väliä kaapelien välissä.

Tapa E: Monijohdinkaapelit vapaasti ilmassa vaaka- tai pystytasoon asennettuna avoimilla kaapelihyllyillä. (SFS-EN 60204-1 2018, 106).

Taulukko 2. PVC eristeisen kuparijohtimen ja kaapelin kuormitettavuus normaalikäytössä. (SFS-EN 60204-1 2018, 71)

	Asennustapa			
	B1	B2	C	E
Poikkipinta mm ²	Kuormitettavuus Iz kolmivaihevirtapiireillä			
0,75	8,6	8,5	9,8	10,4
1	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
Ohjauspiirien parit				
0,2	4,5	4,3	4,4	4,4
0,5	7,9	7,5	7,5	7,8
0,75	9,5	9	9,5	10

Johtimen väri valitaan piirin käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmät värit ovat:

MUSTA: vaihtosähkö- ja tasasähkötehopiirit

PUNAINEN: vaihtosähköohjauspiirit

TUMMAN SININEN: tasasähköohjauspiirit

ORANSSI: poikkeukselliset piirit, esimerkiksi ulkopuoliset lukitukset tai huollon ja korjauksen aikana käytettävät valaistuspiirit.

VAALEANSININEN: nollajohdin

KELTAVIHREÄ: suojajohdin / suojaava potentiaalintasaus

Suojajohtimen ja suojaava potentiaalintasausjohtimen täytyy olla helposti tunnistettavissa, joko värin tai johtimen rakenteen takia, esimerkiksi punottu paljas kuparijohdin. Suojajohdon värinä käytetään keltavihreää, eikä tätä väriä saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen. (SFS-EN 60204-1 2018, 76–77).

3.3.6 Johtimien tunnistus

Haluttu tunnistusmenetelmä voidaan sopia toimittajan ja toiminnanharjoittajan välillä. Tunnistus voi perustua joko johdinvärien käyttöön tai erillisiin johdinmerkkeihin, joissa on numero-kirjain-yhdistelmiä. Jos päädytään merkkeihin, täytyy numeroinnin olla arabialainen ja kirjainten roomalaisia. (SFS-EN 60204-1 2018, 75).



Kuvio 1. Esimerkki johtimien merkinnästä

3.3.7 Merkinnät, varoitusmerkit ja viitetunnukset

Kaikkien varoitusmerkkien, kilpien ja merkintöjen on kestettävä fyysisen ympäristön aiheuttama rasitus. Merkintöjen on kestettävä käyttöympäristön rasitukset koko koneen ennakoitun eliniän.

Kotelot, joista ei käy selvästi ilmi, että ne sisältävät sähköiskun vaaran aiheuttavia komponentteja, täytyy merkitä tunnuksella ISO 7010-W012. Varoitusmerkin on oltava selvästi näkyvillä ovesa tai kannessa.



Kuvio 2. Tunnus ISO 7010-W012 (Opastepaino 2023)

Kaikki koneen ohjaus- ja näyttölaitteet on merkittävä koneeseen tai sen lähelle selvästi ja niin, että ne kestävät ympäristön rasituksen. Kotelot, kokoonpanot, ohjauslaitteet ja komponentit on oltava selvästi tunnistettavissa samalla viitetunnuksella, jolla ne löytyvät teknisistä dokumenteista. (SFS-EN 60204-1 2018, 85–86).

3.4 Tarkastus ja mittaukset

Tarkastuksen, eli konestandardin todentamisen, laajuus esitetään tietyille konetyypeille niille tarkoitettussa tuotestandardissa. Jos koneelle ei ole olemassa

tuotestandardia, sille suoritetaan aina kohdat a, b, c ja h, sekä mahdollisesti yhden tai useamman kohdan d-h:

- a) todennetaan, että sähkölaitteisto on teknisien asiakirjojen mukainen
- b) todennetaan suojaavan potentiaalipiirin jatkuvuus
- c) kun vikasuojaus on toteutettu syötön automaattisella poiskytkennällä, sille asetetut ehdot on todennettava
- d) eristysresistanssimittaus
- e) jännitekoe
- f) suojaus jäännösjännitteiltä
- g) todennetaan, että lisävaatimukset laitteistolle, jonka maavuotovirta on suurempi 10mA, täyttyvät
- h) toiminnalliset testit. (SFS-EN 60204-1 2018, 88–89).

Testaukset tehdään kirjatussa järjestyksessä tai vähintään niin, että testit a ja b suoritetaan ensin. Mittaukset on suoritettava standardin IEC 61557 mukaisella mittalaitteella ja todentamisen tulokset on dokumentoitava. (SFS-EN 60204-1 2018, 88–89).

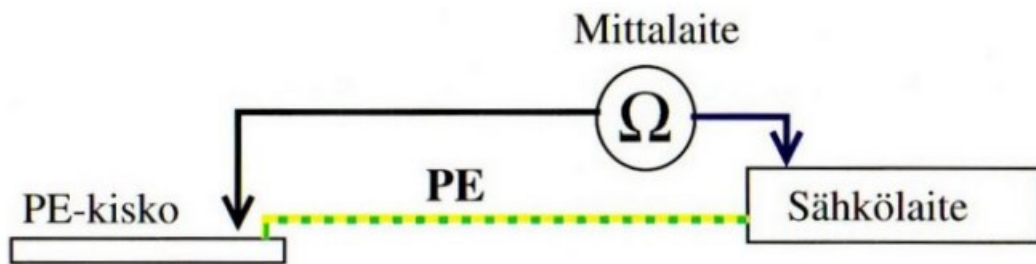
Lisäksi koneelle suoritetaan ennen varsinaista todentamista, aistinvarainen tarkastus, missä tarkastetaan koneen olevan suunnitelmien mukainen.

3.4.1 Aistinvarainen tarkastus

Kohteelle suoritetaan aistinvarainen tarkastus, jossa käytetään kaikkia aisteja. Tarkastuksessa sähkölaitteiston määräysten mukaisuus tarkastetaan. Se suoritetaan jännitteettömään laitteistoon, ennen mittauksia. Aistinvarainen tarkastus pitää sisällään varmistuksia kuten johtimien valinta kuormituksen kannalta, johtimien tunnistettavuus, piirustusten, kilpien sekä varoitusten olemassaolon ja suoja- sekä valvontalaitteiden valinnan. (SFS 6000-6 2017, 441–442).

3.4.2 Suojajohtimen jatkuvuus

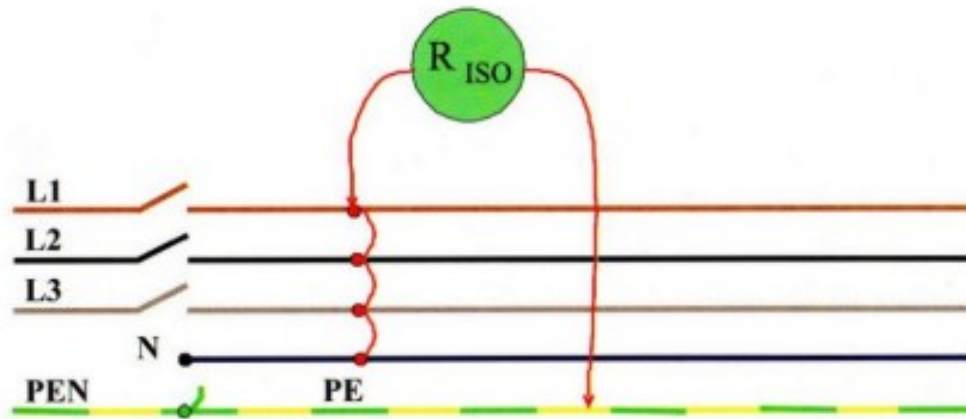
Suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuuden todentaminen mitataan PE-liittimen ja suojattavan piirin osan väliltä. Mittauksessa käytetään virtaa, joka on vähintään 0,2 A ja 10 A väliltä. Virtalähde on syöttöjännitteestä erotettu ja sen maksimijännite on 24 V vaihto- tai tasajännitettä. Mitatun resistanssin tulee olla oletetulla alueella, ottaen huomioon mitattavan johtimen pituus, materiaali ja poikkipinta. Suurille poikkipinnoille ja lyhyille suojajohtimille suositellaan käyttämään suurempaa mittausvirtaa mittaustuloksen tarkkuuden parantamiseksi. (SFS-EN 60204-1 2018, 89).



Kuvio 3. Suojajohtimen jatkuvuuden mittauksen havainnekuva (Tiainen 2017)

3.4.3 Eristysresistanssi

Eristysresistanssimittaus suoritetaan pääpiirin johtimien ja suojaavan potentiaalintasauksen välillä. Eristysresistanssi arvon on oltava 500 V tasajännitteellä mitattuna vähintään 1 MΩ. Keskuksessa olevat ylijännitesuojat, jotka todennäköisesti toimivat mittauksen aikana, voidaan kytkeä mittauksen ajaksi irti tai alentaa mittausjännitettä niiden toimintajännitteen alapuolelle. (SFS-EN 60204-1 2018, 92).



Kuvio 4. Havainnekuva eristysresistanssin mittauksesta (Tiainen 2017)

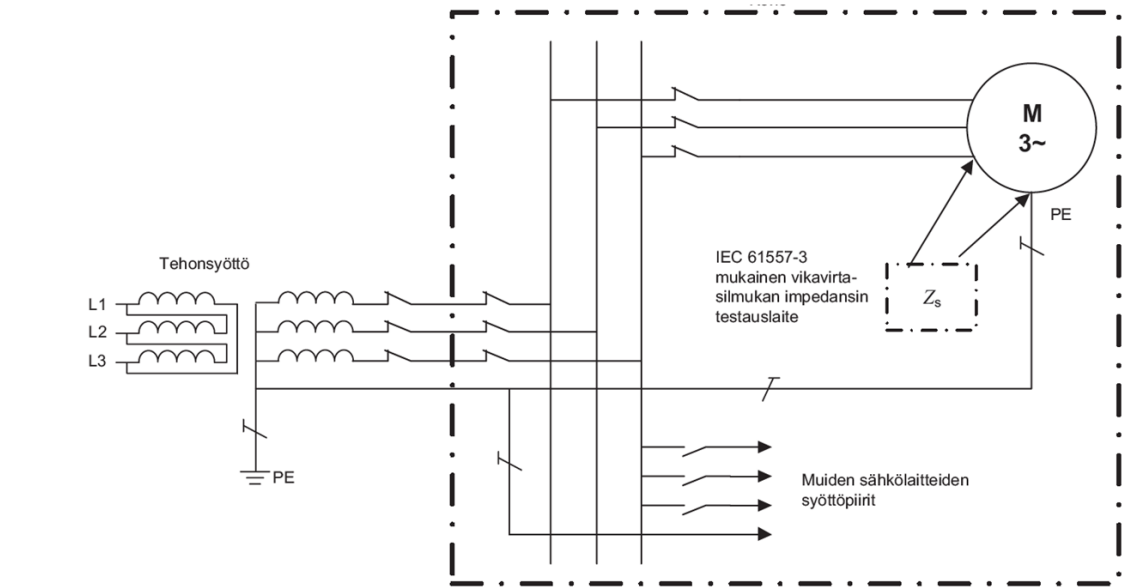
3.4.4 Automaattisen poiskytkennän todentaminen

Syötön automaattisen poiskytkennän tarkoitus on ehkäistä vaarallisen kosketusjännitteen syntyminen, eristysvian seurauksena. Suojausmenetelmässä yksi tai useampi äärijohtin kytketään pois vikatilanteessa automaattisesti toimivalla suojalaitteella. Poiskytkentä tapahtuu suhteellisen lyhyessä ajassa, jolloin kosketusjännitteen esiintymisaika jää pieneksi. (SFS-EN 60204-1 2018, 88).

Automaattiseen poiskytkentään vaikuttavat syöttöjärjestelmän tyyppi, syötön impedanssi ja maadoitusjärjestelmä, sekä äärijohtimien ja maadoituksen eriosissa vaikuttavat impedanssit. (SFS-EN 60204-1 2018, 88–89).

TN-järjestelmässä voidaan käyttää suojalaitteina ylivirtasuojia tai vikavirtasuojia ja niihin liittyviä ylivirtasuojia. Jos edellä mainittujen suojaustapojen poiskytkentä aikaa ei voida varmistaa täytyy käyttää lisäpotentiaalintasausta. Kun käytetään vikavirtasuojia, täytyy niiden toiminta todentaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. (SFS-EN 60204-1 2018, 88–89).

Vikapiirin impedanssin ja suojalaitteen soveltuvuuden todentaminen on tarkastettava todentamalla vikapiirin impedanssi laskemalla tai mittaamalla kuvion 5 mukaisella mittauksella. (SFS-EN 60204-1 2018, 89–90).



Kuvio 5. Vikapiirin impedanssin mittaus (SFS-EN 60204-1 2018)

Jos syötön automaattisen poiskytkennän todentaminen tehdään mittaamalla, täytyy sitä ennen tehdä aina suojajohtimenjatkuvuuden mittaus. Taulukossa 3 on erilaisia TN-järjestelmässä sovellettavia testimenetelmiä.

Taulukko 3. Koneen erilaiset testimenetelmät (SFS-EN 60204-1 2018)

Menetelmä	Koneen tila	Paikalla tehtävä varmentaminen
A	Paikalla kootut ja kytketyt koneen sähkölaitteistot, kun suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuutta ei ole todennettu kokoamisen ja kytkemisen jälkeen.	Testi 1 (ks. 18.2.2) ja testi 2 (ks. 18.2.3) Poikkeus: testiä 2 ei vaadita, kun: - testi 1 on suoritettu paikalla päällä liitettyyn koneeseen, ja - kunkin tulevan syötön ja siihen kuuluvan suojaohjaimen (PE) liittymä koneen PE-liittimeen on todennettu tarkastamalla ja koneen valmistajan tekemät aikaisemmat vikavirtapiirin impedanssin (resistanssin) laskelmat ovat käytettävissä, ja - asennus antaa mahdollisuuden laskemissa käytettyjen johdinpituuksien ja poikkipintojen todentamisen, ja - voidaan varmistaa laskelmilla tai mittauksella tai asiakkaan toimittamien tietojen avulla, että asennuspaikan syötön impedanssi ei ylitä sähkölaitteiston valmistajan määrittelemää arvoa. Katso 17.2 c), neljäs kohta.
B	Kun koneen toimittaja vahvistaa (ks. 18.1), että toimitetun koneen suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuus on todennettu mittaamalla testin 1 mukaan tai testin 2 tuloksella, kun suojaavan potentiaalintasauksen piirin kaapelin pituus on suurempi kuin taulukossa 10 esitetyissä esimerkeissä. Tapaus B1) toimitettu täysin asennettuna eikä ole purettu kuljetusta varten, Tapaus B2) toimitettu purettuna kuljetusta varten ja suojaavan potentiaalintasauksen piirien jatkuvuus on varmistettu purkamisen, kuljetuksen ja uudelleen kokoamisen (esim. käyttämällä pistokytkimiä) jälkeen.	Testi 2 (ks. 18.2.3) Poikkeus: Kun voidaan vahvistaa laskemalla, tai mittaamalla tai asiakkaan antamalla tiedoilla, että syötön impedanssi asennuspaikalla ei ylitä sähkölaitteiston valmistajan määrittelemää arvoa, tai kokeen 2 mittauksissa käytetyn syötön impedanssia, ei paikalla tehtäviä testejä vaadita lukuun ottamatta liitosten todentamista • tapauksessa B1) syötön liitokset ja ulkoisen suojaohjainjärjestelmän suojaohjaimen liittäminen koneen PE-liittimeen • tapauksessa B2) syötön liitokset ja ulkoisen suojaohjainjärjestelmän suojaohjaimen liittäminen koneen PE-liittimeen sekä kaikki kuljetusta varten irrotetut suojaohjaimien liitokset.
C	Koneet, joiden suojaavan potentiaalintasauksen piirin kaapelien pituus ei ylitä taulukossa 10 esitetyissä esimerkeissä annettua pituutta ja kun vahvistetaan (ks. 18.1), että suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuus on todennettu testillä 1 tai mittaamalla testissä 2 (ks. 18.2.2). Tapaus C1) toimitettu täysin koottuna purkamatta kuljetusta varten. Tapaus C2) toimitettu purettuna kuljetusta varten ja suojaavan potentiaalintasauksen piirien jatkuvuus on varmistettu purkamisen, kuljetuksen ja uudelleen kokoamisen (esim. käyttämällä pistokytkimiä (pistokytkimiä)).	Tapauksissa C1) ja C2) paikalla tehtäviä testejä ei edellytetä. Koneilla, joiden syöttöä ei kytketä verkkoon pistokytkimellä, on ulkoisen suojaohjainjärjestelmän suojaohjaimen oikea liittäminen koneen PE-liittimeen tarkastettava silmämääräisesti. Tapauksessa C2) asennusdokumenteissa (ks. 17.4) on vaadittava, että kaikki kuljetusta varten irrotetut suojaohjaimien liitokset on todennettava esim. silmämääräisellä tarkastuksella.

Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan automaattisen poiskytkennän pitää tapahtua alle 5 sekunnissa, kun kyseessä on kiinteästi asennettava kone. Seuraava yleinen ehto täyttää tämän vaatimuksen.

(1)

$$Z_s * I_a \leq U_0$$

missä

Z_s on vikapiirin impedanssi [Ω]

I_a on virta, joka saa aikaan suojalaitteen automaattisen toiminnan määritellyssä ajassa [A]

U_0 on nimellinen vaihtojännite maahan. [V]

Johtimen resistanssin kasvu vikavirran aiheuttaman lämpötilan nousun takia, otetaan huomioon yhtälöllä.

(2)

$$Z_s(n) \leq \frac{2}{3} * \frac{U_0}{I_a}$$

missä

$Z_s(n)$ on mitattu tai laskettu Z_s :n arvo normaaleissa käyttöolosuhteissa. [Ω]

Jos kosketusjännite pienennetään lisäpotentiaalintasauksella alle 50 V, sen paikkansa pitävyyys voidaan saavuttaa, kun suojaavan potentiaalintasauksen impedanssi (Z_{PE}) ei ylitä:

(3)

$$Z_{PE} \leq \frac{50}{U_0} * Z_s$$

missä

Z_{PE} on suojaavan potentiaalintasauksen impedanssi minkä tahansa asennukset kohdan ja koneen syötön suojaadoitusliittimen välillä. [Ω]

Tämän ehdon varmentaminen voidaan saavuttaa käyttämällä suojajohtimenjatkuvuuden mittausta resistanssin R_{PE} mittaamiseen. Arvon tulee olla:

(4)

$$R_{PE} \leq \frac{50}{I_{a(5s)}}$$

missä

$I_{a(5s)}$ on suojalaitteen 5 sekunnin toiminta-aika [A]

R_{PE} on koneen PE-liittimen ja minkä tahansa johtavan, jännitteelle alttiin osan välinen resistanssi [Ω]
(SFS-EN 60204-1 2018. 93–96)

3.4.5 Jännitetesti

Jos kohteelle tehdään, jännitetesti täytyy testin ja laitteiden olla EN 61180 mukaisia. Testijännitteen on oltava kaksinkertainen laitteiston syöttöjännitteeseen nähden tai vähintään 1000 V sen mukaan kumpi on suurempi. Testijännitteen taajuuden tulee olla koneen kohdemaan mukainen joko 50 Hz tai 60 Hz. Testijännitteen on vaikutettava 1 sekunnin ajan koneen sähkölaitteiston päävirtapiirin johtimien ja suojajohdonpiirin välillä. Testi on hyväksytty, jos vahingoittavaa läpilyöntiä ei synny. Sellaiset komponentit, jotka eivät kestä jännitetestiä, on irrotettava testin ajaksi. Laitteet ja komponentit, joille testi on tehty tuotestandardin mukaisesti, voidaan myös erottaa testauksen ajaksi. (SFS-EN 60204-1 2018, 92).

3.5 Tarkastusten dokumentointi

Suomessa on voimassa olevat vaatimukset käyttöönottotarkastuksen raportoinnista, joka on annettu valtioneuvoston asetuksella sähkölaitteistosta (1434/2016) 4§ ja 5§.

Sähköturvallisuuslain 43§ tarkoitetussa tarkastuspöytäkirjassa käy ilmi kohteen yksilöinti, sen rakentaja, sähkötöidenjohtajan nimi ja yhteystiedot, selvitys laitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, sovelletut standardit, poikkeama selvitys sähköturvallisuuslain 34§ mukaan, kuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä, sekä tarkastusten ja mittausten tulokset. Tarkastuksen tekijä allekirjoittaa lopuksi pöytäkirjan. (SFS 6000-6 2017, 447–448).

3.5.1 Arvokilpi

Keskuksen valmistajan on varustettava keskus yhdellä tai useammalla käyttöolosuhteet kestäväällä tyyppikilvellä. Tyyppikilpi pitää olla luettavissa keskuksen ollessa asennettuna ja käytössä. Siitä pitää löytyä keskuksen

valmistajan nimi ja tavaramerkki, tyyppimerkintä tai muu tunnistenumero, valmistusajankohta, sekä keskusstandardin osa, IEC 61439-”X”, jonka mukaan keskus on rakennettu. (SFS-EN 61439-1 2016, 114).

3.6 Koneen sähkökeskuksen työohje

Tuloksena työstä syntyi ohje, jonka avulla työntekijät pystyvät hakemaan tärkeää tietoa työn suorittamiseen vaadittavasta tiedosta nopeammin kuin standardeja läpikäymällä. Ohjeen kieliasu ja kirjoitustapa on pyritty tekemään niin, että se olisi selkeämpää lukea kuin standardien ohjeistus.

Ohjeessa on myös esitetty tietoa standardien ulkopuolelta, esimerkiksi johtimien pääteholkkien väri- koko yhdistelmistä, sekä johdotuksen siististä tekemistä. Siinä käsitellään myös työkalujen oikeanlaista käyttöä ja valmiin keskuksen todentamista. Ohjeessa on pyritty panostamaan niihin työvaiheen kohtiin, joissa ongelmia esiintyy eniten.

SISÄLLYS

1 TYÖTURVALLISUUS JA OHJEEN TARKOITUS	4
2 KIRJAUS	5
2.1 Työn aloitus	5
3 TYÖN SUORITUS	6
3.1 M-files	6
3.2 Tarvikkeiden ja komponenttien keräily	6
3.3 Keskuksen mekaaninen kokoonpano	7
3.4 Komponenttien asettelu ja merkkkaus	10
3.5 Keskuksen johdotus	13
3.6 Johtimien valinta	14
3.7 Pääteholkit	16
3.8 Johtimien merkintä	17
3.9 Työkalujen oikeanlainen käyttö	19
3.9.1 Ruuvimeisselit	19
3.9.2 Kuorintatyökalut	19
4 TARKASTUKSET	20
4.1 Tyypikilpi	20
4.2 Työnaikainen aistinvarainen tarkastus	21
4.3 Valmiin keskuksen aistinvarainen tarkastus	21
5 MITTAUKSET	22
5.1 Päävirtapiiriin johdotuksien tarkastus	22
5.2 Suojajohtimien jatkuvuuden todentaminen	22
5.2.1 Suojajohtimien jatkuvuuden mittaus esimerkkikuvin	24
5.3 Eristysresistanssin mittaus	35
5.3.1 Esimerkki kuvitus eristysresistanssin mittauksesta	37
5.4 Ennen jännitteellisiä mittauksia	46
5.5 Vikavirtasuojan toiminnan todentaminen	47
5.6 Jännitetesti	51
5.7 Tarkastuspöytäkirja	51

Kuvio 6. Työohjeen sisällysluettelo

Ohje pitää sisällään keskuksen mekaanisen kokoonpanon, kalustuksen, johdotuksen, merkitsemisen, vinkkejä tekemiseen, sekä valmiin keskuksen todentamisen. Valmiin keskuksen tarkastukseen ja todentamiseen on ohjeessa panostettu eniten, koska niissä esiintyy suurimmat puutteet keskuksen valmistuksessa. Varsinkin mittauksien suorittaminen on ollut hankalaa, koska ei olla ymmärretty miksi ja miten mittaus suoritetaan, sekä kuinka se kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. Ohjeistuksesta jätettiin tarkoituksella osa mittauksista pois, koska niitä ei suoriteta vielä keskuksen rakennusvaiheessa. Suoritettavien mittauksien tuloksilla voidaan kuitenkin varmistua keskuksen vikasuojauksen toimivuudesta.

4 POHDINTA

Ohjetta tehdessä suurimman haasteen toi standardien tulkinta ja tekstin kääntäminen muotoon, jotta se olisi selkeälukuista ihmiselle, joka ei välttämättä vielä ymmärrä sähköalan ammattisanastoa.

Haastetta oli valita oikeat standardit, sekä niiden kohdat, joiden perusteella ohje tehtiin. Koneen sähkökeskuksen valmistus on sekoitus useampaa standardia, koska konestandardi antaa suunnittelijalle mahdollisuuden valita sähkökeskukseen osia pienjännitekeskus standardin puolelta. Onneksi yrityksessämme on lyhyen ajan mittaan jo muodostunut tiettyjä käytäntöjä, joiden mukaan toimitaan ja joille löytyy perustelu joko kone- tai pienjännitekeskus standardista.

4.1 Työn jatkokehitys ja sen tuomat muutokset

Opinnäytetyön aihealue oli rajattu koneen sähkökeskuksen valmistukseen, mutta ohjetta tullaan tulevaisuudessa laajentamaan, niin että se koskee koko koneen sähkölaitteiston valmistusta, sekä todentamista. Lisäksi ohje antaa pohjan valmistaa ohjeistus sähkölaitteen tai laitteiston valmistukseen ja todentamiseen.

Työtä tehdessä nousi esiin puutteet tarkastuspöytäkirjan täyttämisen ohjeistuksesta. Pöytäkirja on nykyisessä muodossaan aistinvaraisen tarkastuksen osalta hankala lukuinen, eikä siten palvele tarkoitustaan. Pöytäkirjaa tullaan muuttamaan opinnäytetyön pohjalta helpompi lukuiseksi.

4.2 Oma oppiminen

Opinnäytetyön suoritusvaiheessa standardien läpi lukeminen ja niiden tulkinta, toi paljon lisää osaamista ja tietopohjaa oman työn suoritukseen. Mielestäni oma osaaminen ohjeiden kirjoitukseen ja standardien tulkintaan, on parantunut tämän työn suorituksen aikana. Työn aikana olen löytänyt kehitettävää omasta osaamisesta ja yrityksen nykyisestä ohjeistuksesta. Opinnäytetyön tekeminen on ollut opettavaista ja työ kokonaisuutena mielenkiintoinen.

Lähteet

Mectalent Oy 2022. Mectalent + Conseptas = Mectalent Group. Viitattu 2.3.2023 <https://www.mectalent.com/fi/suunnittelun-ja-valmistuksen-asiantuntijapalvelut>.

Opastepaino 2023. ISO 7010 varoitusmerkit. Viitattu 26.4.2023 <https://opastepaino.fi/tuote/iso-7010-varoitusmerkit/>

SFS 6000-6 2017. Pienjänniteasennukset. Osa 6: Tarkastukset. 3. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 60204-1 2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa1: Yleiset vaatimukset. 4. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 61439-1 2016. Pienjännitekeskukset. Osa1: Yleisvaatimukset. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-käsikirja 600–2 2018. Pienjännitesähköasennukset. Osa 2: Sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit. 3.painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-käsikirja 640 2016. Sähkökeskukset. 1. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

Säköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Viitattu 29.3.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Pidm45053758596848>

Tiainen, E. 2017. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy

Valtionneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Viitattu 2.3.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400#L2P5>.

LIITTEET

Liite 1. Keskusvalmistusohje