

Petteri Kaarlela

**ARO SYSTEMS OY:N KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSOHJEEN
PÄIVITTÄMINEN**

ARO SYSTEMS OY:N KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSOHJEEN PÄIVITTÄMINEN

Petteri Kaarlela
Opinnäytetyö
Syksy 2020
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Petteri Kaarlela

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Aro Systems OY:n käyttöönottotarkastusohjeen päivittäminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Updating Instructions for Commissioning Inspection for Aro Systems OY

Työn ohjaajat: Heikki Kurki ja Lauri Pesonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2020

Sivumäärä: 38 + 20 liite

Opinnäytetyö tehtiin Aro Systems OY:lle. Aiheena oli käyttöönottotarkastusohjeen päivittäminen standardin SFS 6000:2017 mukaiseksi. Työn tavoitteena oli saada helppokäyttöinen käyttöönottotarkastusohje ja sitä voidaan käyttää myöskin käyttöönottotarkastusmittauksien koulutusmateriaalina asentajille. Opinnäytetyön tarkastusohje on tarkoitettu Aro Systems OY:n sisäiseen käyttöön ja se on luottamuksellinen.

Tarkastusohje laadittiin standardin SFS 6000:2017 mukaan. Ohjeessa käytettiin myös muita käyttöönottotarkastuksiin liittyviä materiaaleja ja lainsäädöksiä. Materiaalit pohjautuivat SFS 6000:2017 -standardiin. Käyttöönottotarkastusohjeessa edetään standardin mukaisesti.

Käyttöönottotarkastusohjeesta tuli selkeä ja standardin mukainen. Ohjetta voidaan käyttää apuna käyttöönottotarkastuksissa. Epäselvissä tilanteissa kuitenkin täytyy varmistaa standardin SFS 6000:2017 vaatimukset. Tarkastusohjetta voidaan hyödyntää käyttöönottotarkastuksen koulutuksessa sekä uusille että vanhoille asentajille.

Asiasanat: Käyttöönottotarkastus, mittaukset, testaukset, tarkastukset

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Electrical and Automation Engineering. Electrical Engineering

Author: Petteri Kaarlela

Title of thesis: Updating Instructions for Commissioning Inspection for Aro Systems OY

Supervisors: Heikki Kurki and Lauri Pesonen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2020

Pages: 38 + 20 appendices

This thesis was made for Aro Systems OY. The aim of the thesis was to update the instructions for commissioning inspection in accordance with the standard SFS 6000:2017. The objective of the thesis was to make a guide that would be easy to use. Only Aro Systems OY is authorized to use the guide and it is confidential.

The instructions for inspection were made in accordance with the standard SFS 6000: 2017. Other materials and legislation related to commissioning inspections were also used in the guide.

The instructions for commissioning inspection instruction were made easy to read and they are in accordance with the standard. The inspection instructions can be utilized in the commissioning inspection training for both new and experienced electricians.

Keywords: commissioning inspection, measurements, testing, inspections

ALKULAUSE

Opinnäytetyö on tehty Aro Systems OY:lle. Aro Systemsillä ohjaajana toimi Lauri Pesonen ja ohjaavana opettajana yliopettaja Heikki Kurki. Kiitoksia Aro Systemille, joka tarjosi aiheen ja puitteet opinnäytetyölle. Kiitos kuuluu myös kotiväelle kannustamisesta ja kärsivällisyydestä.

Oulussa 10.12.2020

Petteri Kaarlela

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSIA KOSKEVAT SÄÄDÖKSET JA OHJEET | 7 |
| 2.1 Sähköturvallisuuslaki ja valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista | 7 |
| 2.2 Käyttöönottotarkastuksia koskevat ohjeet | 8 |
| 2.2.1 Pienjännitestandardi SFS 6000-6:2017 | 8 |
| 2.2.2 ST-ohjeet | 9 |
| 3 AISTINVARAINEN TARKASTUS | 10 |
| 3.1 Aistinvaraiset tarkastukset | 10 |
| 3.2 Suojaus sähköiskulta | 10 |
| 3.3 Palosuojaus | 11 |
| 3.4 Johtimien valinta | 11 |
| 3.5 Suojalaitteiden valinta | 12 |
| 3.6 Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta | 12 |
| 3.7 Ulkoisten tekijöiden vaikutus | 13 |
| 3.8 Piirustukset ja tunnukset | 13 |
| 3.9 Johdinliitokset ja päätteet | 14 |
| 3.10 Maadoitukset ja suojajohtimet | 15 |
| 3.11 Sähkölaitteiston vaatima tila | 15 |
| 3.12 Suojaus sähkömagneettisilta häiriöiltä | 16 |
| 4 MITTAUKSET ENNEN KÄYTTÖJÄNNITTEEN KYTKEMISTÄ | 17 |
| 4.1 Pienjännitejärjestelmän eristysresistanssin mittaus | 17 |
| 4.1.1 SELV-, PELV- ja sähköisesti erotettujen piirien mittaukset | 19 |
| 4.1.2 Lattia- ja seinäpintojen mittaukset | 22 |
| 4.1.3 Sähkölämmityskaapelien ja -kelmujen mittaukset | 22 |
| 4.2 Suojajohtimien jatkuvuus | 23 |
| 5 JÄNNITTEISENÄ TEHTÄVÄT MITTAUKSET JA TESTAUKSET | 26 |
| 5.1 Syötön automaattisen poiskytkennän varmistaminen | 26 |
| 5.1.1 Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen | 28 |
| 5.1.2 Maadoituselektrodin resistanssin mittaaminen | 30 |
| 5.2 Lisäsuojauksen tehokkuuden varmistaminen | 30 |
| 5.3 Muut mittaukset ja testaukset | 31 |

| | |
|---|----|
| 6 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA | 32 |
| 7 YHTEENVETO | 33 |
| LÄHTEET | |
| LIITTEET | |
| Liite 1 Käyttöönottotarkastusohje Aro Systemsille (luottamuksellinen) | |

1 JOHDANTO

Toteutin opinnäytetyön Aro Systems OY:lle. Aro Systems on talotekniikka-alan perheyhtiö ja sillä on ollut toimintaa jo yli 65 vuoden ajan. Yhtiöltä luonnistuu niin sähkö-, automaatio- ja LVI-alan sekä kiinteistöhuollon työt. Yhtiö toimii Helsingin, Tampereen sekä Oulun talousalueilla. Aro Systemsillä työskentelee maanlaajuisesti lähes 400 henkilöä. (1.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää Aro Systemsille käyttöönottotarkastusohje. Käyttöönottotarkastusohje tulee ainoastaan Aro Systemsin käyttöön. Käyttöönottotarkastusohje päivitettiin standardin SFS 6000:2017 mukaiseksi, koska edellinen ohje oli vuoden 2008 standardin mukaan laadittu. Ohjeessa keskityin sen selkeyteen, jotta käyttöönottotarkastuksen suorittaminen olisi helpompaa ja nopeampaa, mutta samalla myös tulisi huomioitua kaikki epäkohdat laitteistossa. Yhdistin ohjeessa vaiheittain kaikki tarkastus- ja testausvaiheet. Tarkastusohjeen aistinvaraisen tarkastuksen kohdassa on myös annettu esimerkkejä tyypillisistä puutteista sekä niiden korjausehdotuksista.

Käyttöönottotarkastus on yksi olennaisimpia osia urakaprojektissa, jotta se saadaan luovutettua määräysten mukaisesti ja turvallisena asiakkaalle. Tarkastus tulee suorittaa aina, kun tehdään uutta kohdetta tai muutetaan tai laajennetaan vanhaa. Käyttöönottotarkastuksista löytyy vaatimukset ja määräykset sähköturvallisuuslaista sekä valtioneuvoston asetuksista. Pienjännitestandardista SFS 6000:2017 osasta 6 löytyy vaatimukset käyttöönottotarkastuksille ja niitä noudattamalla toteutuvat säädösten mukaiset turvallisuusvaatimukset.

2 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSIA KOSKEVAT SÄÄDÖKSET JA OHJEET

2.1 Sähköturvallisuuslaki ja valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista

Sähkölaitteet ja sähkölaitteisto tulee suunnitella, rakentaa, valmistaa ja korjata sekä niitä tulee huoltaa ja käyttää käyttötarkoituksensa mukaisesti. Niistä ei saa aiheutua kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Niistä ei saa myöskään aiheutua sähköisesti tai sähkömagneettisesti kohtuutonta häiriötä. Niiden toiminta ei myöskään saa häiriintyä helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (2, 6§.)

Sähköturvallisuuslain 1135/2016 43 § mukaan käyttöönottotarkastuksessa tulee olla selvitetty riittävässä laajuudessa, ettei sähkölaitteista aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä, ennen kuin se saadaan ottaa käyttöön. Myös muutosta ja laajennustöille tulee suorittaa käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksesta huolehtii sähkölaitteiston rakentaja, mutta sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia sen suorittamisesta, mikäli sähkölaitteiston rakentaja on estynyt huolehtimaan siitä tai on laiminlyönyt velvollisuutensa. Sähkölaitteiston rakentajan tulee laatia käyttöönottotarkastuspöytäkirja sähkölaitteiston haltijalle vähäisiä töitä lukuun ottamatta. (2, 43§.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisällöstä tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi sekä yhteystiedot. Tämän lisäksi tarkastuspöytäkirjasta tulee löytyä seuraavat asiat:

- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- sovelletut standardit
- merkintä mahdollisista poikkeamista
- sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisien selvityksien olemassaolot
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tulokset tarkastuksista ja testauksista.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja tulee allekirjoittaa tai varmentaa muulla luotettavalla tavalla tarkastuksen tekijän toimesta. (3, 4§.)

2.2 Käyttöönottotarkastuksia koskevat ohjeet

Ennen kuin uusi sähköasennus, lisäys tai muutos otetaan käyttöön, siihen tulee tehdä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastus suoritetaan standardin SFS 6000-6 mukaan. Tarkastuksessa todetaan, että valtioneuvoston asetuksen (1437/2016) mukaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät asennuksissa. Erikoistiloissa, kuten esimerkiksi lääkintätiloissa ja räjähdysvaarallisissa tiloissa tulee suorittaa lisätarkastuksia, jotka löytyvät standardeista (lääkintätilat standardi SFS 6000-7-710 ja Räjähdysvaaralliset tilat standardi SFS-EN 60079-14). (4, s. 9.)

Käyttöönottotarkastuksen tekijän täytyy olla sähköalan ammattilainen ja henkilöllä tulee olla tehtävään riittävästi ammattitaitoa. Tällä varmistutaan siitä, että tarkastuksen aikana sähkötyöturvallisuus ei vaarannu ja saadaan luotettava tarkastustulos. Käyttöönottotarkastuksessa on aistinvaraisia tarkastuksia sekä mittauksilla ja testauksilla todettavia asioita. Mittalaitteiden tulee olla käyttöönottotarkastuksessa turvallisia sekä soveltuvia tarkoitukseensa. (5, s. 343.)

2.2.1 Pienjännitestandardi SFS 6000-6:2017

Pienjännitestandardista SFS 6000 2017 osasta 6 löytyvät vaatimukset pienjännitelaitteistojen käyttöönottotarkastuksille sekä kunnossapitotarkastuksille. Standardissa käydään läpi vaatimukset käyttöönoton tarkastuksille ja testauksille. Tarkastuksilla ja testauksilla määritetään, täytetäänkö standardin SFS 6000 muiden osioiden vaatimukset. Standardin osassa 6 esitetään myös käyttöönottotarkastuksen tulosten raportoinnille vaatimukset. Lainsäädösten mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset täytetään standardin mukaisella käyttöönottotarkastuksella. Aurinkosähköjärjestelmien, kotiautomaatiojärjestelmien sekä tietoliikenneverkkojen vaatimukset ja lisävaatimukset löytyvät niitä koskevista standardeista. (6, s. 439.)

2.2.2 ST-ohjeet

ST-käsikirja 33 sisältää ohjeet rakennusten sähköasennusten tarkastuksiin. Se on kirjoitettu standardin SFS 6000:2017 pohjalta ja kirjassa on käyttöönotto tarkastuksista paljon tietoa. ST-käsikirjassa 33 on poimittu standardissa viitattujen kohtien tiedot yhteen, jolloin oleelliset asiat ovat samalla sivulla. (4.)

Hyviin asennustapoihin keskittyvässä ST-käsikirjassa 34 on osio käyttöönotto tarkastuksista. Se on pelkistetympi versio ST-käsikirjasta 33, mutta se sisältää runsaasti hyödyllistä ohjeistusta. (7.)

ST-kortissa 51.21.05 on käyttöönotto tarkastuspöytä. Se kelpaa myös viralliseksi pöytäkirjaksi. Käyttöönotto tarkastuspöytäkirjassa on lähes kaikki kohdat, mitä opinnäytetyössä sivutaan. Sieltä voi katsoa myös taulukoita sekä tarkastus- ja mittausohjeet. (8.)

3 AISTINVARAINEN TARKASTUS

3.1 Aistinvaraiset tarkastukset

Aistinvarainen tarkastus on laajin osa käyttöönottotarkastuksia ja se ajoittuu koko työsuorituksen ajalle. Tarkastukset pääosin kohdistuvat mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen, palo- ja kosketussuojaukseen sekä merkintöihin ja dokumentaatioon. Vaatimuksia voi tulla esiin myös tapauskohtaisesti. (4, s. 11.)

Aistinvaraisessa tarkastuksessa kiinnitetään huomiota sähkölaitteiden laitestandardien turvallisuusvaatimusten mukaisuuteen, sekä siihen, että ne on valittu ja asennettu standardisarjan SFS 6000 vaatimuksien sekä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi kiinnitetään huomiota sähkölaitteiden ulkopuolisiin vaurioihin, kuten kotelointeihin ja eristyksiin. (6, s. 441.)

Sähkölaitteen vaatimuksenmukaisuuden kertoo sähkölaitteessa tai pakkauksessa oleva CE-merkki, jolla valmistaja vakuuttaa, että pienjännite- ja EMC-direktiivin turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Jos vaatimuksenmukaisuudesta ei ole selvyyttä, tulee laitteen valmistajalta pyytää selvitys siitä. (5, s. 344.)

3.2 Suojaus sähköiskulta

Perussuojauksen kunnossa olo on edellytys sähköiskulta suojaamiselle. Kaapeleiden eristysten ja sähkölaitteiden koteloiden tulee olla ehjiä ja paikoillaan. Lisäksi eri tiloissa tulee olla niihin hyväksytty vikasuojausmenetelmä. Suojaus automaattisen poiskytkennän avulla tulee useimmiten kyseeseen uudisrakennuksen suojausmenetelmänä, tällöin edellytetään suojamaadoitettavien laitteiden käyttöä. Ilman suojakosketinta olevia pistorasioita voi olla vielä käytössä vanhemmissa rakennuksissa, näiden osalta varmistetaan silmämääräisesti, että ne ovat riittävän etäällä suojamaadoitetuista pistorasioista. (5, s. 344.)

Kohteissa, joissa vaaditaan lisäsuojaus, tulee varmistaa sen olemassaolo. Vikavirtasuojakytkintä käytetään lisäsuojauksena valaistus-, pistorasia ja lämmitysryhmissä tai palovaarallisissa tiloissa. (4, s. 11.) Lisäsuojauksen tarve ja tyyppi määritellään kohteen tai tilan mukaan (9, s. 87, 95-96).

3.3 Palosuojaus

Sähkölaitteiden sijoittelut tarkastetaan aistinvaraisesti, ettei laitteiden aiheuttama lämpö voi aiheuttaa vaarallista lämpenemistä laitteelle tai ympäristölle. Lämpöä tuottavien laitteiden osalta varmistetaan, että ne on asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti ja niissä täyttyvät ohjeissa annetut suojaetäisyydet, sekä että kyseiset laitteet ovat soveltuvia kyseisiin tiloihin. Kaapeleiden kaapeliluokan tulee myöskin olla tilaan sopiva, eivätkä kaapeliläpiviennit saa huonontaa rakenteiden vaadittua paloteknistä suojausluokkaa. (5, s. 345.)

3.4 Johtimien valinta

Johtojen kuormitettavuuden kannalta tarkastetaan johdinpoikkipinta-alojen, asennustapojen sekä asennusreittien suhteen, että ne ovat suunnitelmien mukaiset tai etteivät ne ylitä johtojen laskettua kuormitettavuutta muutoksien takia. Lisäksi tarkastetaan, ettei lämpöeristeiden sisään ole asennettu kaapeleita (5, s. 345). Lämpöeristys heikentää johdon jäähtymistä eikä kaapelia saa täten asentaa lämpöä eristävään materiaaliin yli 50 cm:n matkalle (10, s. 231).

Häiriösuojauksen kannalta kaapelityypillä ja niiden sijoittelulla on tärkeä merkitys esimerkiksi taajuusmuuttajakäytöissä. Kaapelityypin valinnoissa ja sijoitteluissa tulee noudattaa valmistajan antamia ohjeita. (5, s. 345.)

Johtojärjestelmän valinnassa ja asennuksissa tulee olla huomioituna SFS 6000-1 peruseräaatteet. Peruseräaatteet koskevat kaapeleita ja johtimia, niiden päättämisistä sekä liitoksia, tukemista tai kiinnittämistä sekä niiden kotelointia tai suojausta ulkoisilta tekijöiltä. (10, s. 222.)

Johtojärjestelmien valintaan ja asentamiseen vaikuttavat asennuspaikan ominaisuudet, seinien tai rakennusten muiden osien ominaisuudet niiden toimiessa johtojen asennusalustana, kotieläinten tai ihmisten mahdollisuus johtojen kosketteluun, jännite, sähkömagneettisia rasiuksia aiheuttavat oikosulku- ja maasulkuvirrat, sähkömagneettiset häiriöt sekä muut rasiukset, jotka asennuksen tai käytön aikana voivat kohdistua johtojärjestelmään. (11, s. 22.)

Lampunpitimen kantaosaan tulee olla kytkettynä vaihejohdin sekä yksivaiheisissa kytkinlaitteissa johtimena tulee käyttää äärijohdinta (5, s. 439). Nollajohdinta ei saa yksistään katkaista kytkinlaitteella (12, s. 301), koska tämä aiheuttaa nollavian, joka saattaa särkeä virtapiirissä olevat sähkölaitteet (7, s.150).

3.5 Suojalaitteiden valinta

Oikosulku- ja ylikuormitussuojien tulee olla asennettu ja sijoitettu oikein. Lisäksi varmistetaan niiden selektiivisyys, asettelut ja yhteensopivuus. Jännitteenalennaman ja laskennallisten oikosulkuvirta-arvojen kannalta muutokset johdinpituuksissa vaikuttavat laskelmiin. (4, s. 12.)

Keskuksiin asennettujen suojalaitteiden tulee olla suunnitelmien mukaiset. Suunnitelmista poikkeavien suojalaitteiden asennuksissa on varmistettava, niiden ominaisuuksien sopivuus keskukseen. Aseteltavat suojalaitteet tulee vastata kohteen virta-arvoja. (5, s. 437.)

Asennuksen liittymäkohdan lähelle pitää asentaa ylijännitesuoja silloin, kun se on vaadittu. Tyypin 2 ylijännitesuojaa käytetään suojaamaan sähköverkon kautta tulevia kytkentä- ja salamajännitteitä. Kun käytetään ulkoista salamansuojausjärjestelmää tai muuta suojausta suorien salamaniskujen vaikutuksilta, pitää tyypin 2 lisäksi olla tyypin 1 ylijännitesuoja tai tyypin 1 ja 2 yhdistelmäsuoja. Mikäli asennuksessa on ilmajohtoliittymä eikä siinä ole ulkoista salamansuojausjärjestelmää, pitää ottaa huomioon viimeisen pylvään sekä asennuksen sisäänmenokohdan välille tuleva suora salaman iskun mahdollisuus ja sen vaikutukset sähkölaitteistoihin. Tällöin voidaan valita oikean tyyppiset ylijännitesuojat eri kohteisiin. Tyypin 1 käytetään kohteiden liittymiskohdissa tai sen läheisyydessä. Tyypin 2 ja 3 lisäylijännitesuojia voidaan käyttää suojaamaan herkkiä laitteita, mutta niitä ei saa käyttää ilman liittymiskohtaan asennettuja ylijännitesuojia. Lisäksi eri suoja-tyyppien tulee olla yhteensopivia keskenään. (12, s. 313-314.)

3.6 Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta

Sähkölaitteiden tarvitsemien käyttö-, ohjaus-, poiskytkentä- ja hätäkytkentälaitteiden sijaintien sekä laitteiden kilpien ja käyttömerkintöjen tulee olla kunnossa ja asennettuna. (4, s. 12.)

Keskusten moottorilähdöt varustetaan yleensä erotuskytkimellä. Pienissä keskuksissa, joissa ei ole erotuskytkintä, tulee olla vaatimuksen edellyttämät merkin­nät. (5, s. 437.)

3.7 Ulkoisten tekijöiden vaikutus

Sähkölaitteiden tulee soveltua asennuskohteensa olosuhteisiin. Ulkoiset tekijät vaikuttavat sähkölaitteiden valintaan. Sähkölaitteiden koteloitu­luokat määräytyvät pölyn, kosteuden sekä tilan räjähdys- tai palovaarallisuuden mukaan. (5, s. 436.)

Ulkoisia tekijöitä ovat

- ympäristön lämpötila
- kosteusolosuhteet
- ulkoiset lämmönlähteet
- vieraat kiinteät aineet
- likaantumista tai korroosiota aiheuttavat aineet
- värähtelyt sekä iskut
- muut mekaaniset rasitukset
- eläimistön esiintyminen
- kasvillisuus ja homekasvustot
- auringonsäteily
- tuuli ja seismiset vaikutukset
- varastoitavien ja käsiteltävien materiaalien luonne
- rakenteiden suunnittelu.

Asennuksien tulee olla määräystenmukaisia uloskäytävien sähköasennuksissa sekä tiloissa, joissa on palovaara materiaalien käsittelyn tai varastoinnin osalta. (4, s. 12-13.)

3.8 Piirustukset ja tunnukset

Standardin mukaisissa asennuksissa johdinvärien tulee olla tunnistettavissa sekä tarvittavat merkinnät tulee löytyä kytkentätiloista. Nolla- ja suojajohtimien tulee olla tunnistettavissa. (5, s. 438.)

PEN-, PEL- ja PEM-johtimien tulee olla keltavihreitä ja niissä tulee olla sininen lisämerkintä. Muut johtimet tulee olla tunnistettavissa joko väreillä tai numeroilla. Sinistä nollajohdinta saa käyttää äärijohtimena tai muissa tarkoituksissa, mikäli ei ole sekaantumisen vaaraa eikä nollajohdinta ole käytössä. Suojajohtimena kuitenkaan ei saa käyttää nollajohdinta. (13, s. 195-196.)

Sähköasennusten kaavioiden, piirustuksien ja taulukoiden tulee olla standardien SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346 mukaan laadittuja. Dokumenteista tulee löytyä erityisesti virtapiirien laji ja rakenne, joista näkyy kulutuspisteiden sijainnit, johtimien lukumäärä ja koko sekä johtojen tyypit. Näiden lisäksi tulee löytyä suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden tiedot, joilla voidaan tunnistaa niiden ominaisuudet ja sijainnit. Kyseiset tiedot voivat olla luettelomuodossa yksinkertaisemmissa asennuksissa. Asennusten tarpeen mukaan dokumenttien tulee sisältää tiedot johtimien tyypeistä ja poikkipinta-aloista, virtapiirien pituuksista laskelmia varten, suojalaitteiden lajeista ja tyypeistä sekä niiden mitoitusvirroista ja asetteluista, sekä suojalaitteiden katkaisukyvyistä ja prospektiivisista oikosulkuvirroista. Piirustuksista ja dokumenteista tulee selvittää myös peitossa olevat asennukset sekä päivitettyt muutokset. (13, s. 197.)

Asennusten valmistuttua vaaditut merkinnät tulee tarkastaa, jotta ne ovat paikallaan ja vastaavat suunnitelmia. Suojalaitteiden merkinnöistä tulee selvittää mihin virtapiiriin se kuuluu ja laitteen nimellisarvot. (5, s. 348.)

Keskuksissa olevien virtapiirien ja suojalaitteiden merkinnät tulee olla tunnistettavissa (5, s. 348). Merkintöjen tulee olla selkeitä, jotta sähkölaitteiden käyttö on turvallista ja virheetöntä (4, s. 13).

3.9 Johdinliitokset ja päätteet

Ennen rasioiden ja koteloiden sulkemista tulee olla varma, että liittimet ovat soveltuvia kyseisille johdintyypeille ja -materiaaleille. Asennuksia ei saa jäädä sellaisiin paikkoihin, joissa niihin ei pääse käsiksi tarkastuksia, testauksia tai huoltoa varten. (5, s. 348-349.)

Kohteita, joissa ei tarvitse päästä käsiksi liitoksiin, ovat maahan asennetut liitokset, kapseloidut tai massaan valetut liitokset, lämmitysjärjestelmien kylmien

päiden liitokset, hitsaamalla, juottamalla tai puristustyökaluilla tehdyt liitokset sekä asianmukaisen tuotestandardin vaatimukset täyttävän laitteet liitokset. (10, s. 233.)

3.10 Maadoitukset ja suojajohtimet

Maadoitus- ja suojajohdinjärjestelmässä käytettyjen johtimien sekä maadoituselektrodien tulee olla määräysten mukaiset. Asennuksissa tulee olla suojajohtimet, jos niissä on varauduttu suojajohtimen käyttöönottoon, vaikka sitä ei ensiasennuksen yhteydessä oteta käyttöön. (4, s. 13.)

Keltavihreätä johdinta tulee käyttää vain ja ainoastaan suojajohtimena. Suojajohtimen käyttäminen nolla- tai vaihejohtimena aiheuttaa kuolettavan sähkötapaturman ennen pitkää. PEN-johtimena käytettynä keltavihreään johtimeen tulee laittaa sininen lisämerkki tai PEN-teippi. PEN-johdinta käyttäessä johtimen poikkipinta-alan tulee olla 10 mm² kuparilla ja 16 mm² alumiinilla. (7, s. 144.)

Suojamaadoitusjohtimien tulee olla kytkettynä jännitteelle alttiisiin osiin kyseisen (TN-, TT- tai IT-) järjestelmän maadoitustavan mukaisesti. Jännitteelle alttiit osat voidaan yhdistää yksin, ryhmissä tai yhteisesti kyseiseen maadoitusjärjestelmään. Standardin SFS 6000-5-54 vaatimukset tulee täytyä suojamaadoituksen johtimella. Jokaisen virtapiirin suojamaajohdin tulee yhdistää kyseessä olevan järjestelmän suojamaadoitusjärjestelmään. Jännitteelle alttiita osia voivat olla esimerkiksi LVI-putket, kaasuputket, ilmanvaihtojärjestelmät, lämmitysjärjestelmät, rakenneteräkset tai sähkökourut. Putkistojen epäjohtavuuskohdat (vesimittari yms.) tulee myös varmistaa tai kytkeä yli sopivalla johtimella. (9, s. 74.)

3.11 Sähkölaitteiston vaatima tila

Sähkölaitteiden ja johdotusten tulee olla sijoitettuna ja asennettuna siten, että niiden luokse pääsee mm. käytön, tarkistusten ja huollon yhteydessä sekä liitosten muutosten tai lisäyksien takia. Sähkölaitteiden sijoittaminen koteloihin tai vastaviin ei saa vaikeuttaa merkittävästi pääsyä niihin (13, s. 194). Kytkin- ja ohjauslaitteiden käyttötarkoitus on merkattava kilvillä tai muulla tavalla, mikäli sekaantumisen mahdollisuus on olemassa. (13, s. 195.)

Sähkötilojen tulee olla merkitty kilvillä selkeästi ja näkyvästi. Niihin saavat päästä vain luvan omaavat henkilöt. Sähkötiloista pitää olla mahdollisuus päästä pois ilman erillisiä avaimia, työkaluja tai muuta laitetta. (14, s. 209.)

3.12 Suojaus sähkömagneettisilta häiriöiltä

Sähkölaitteiston tai sähkölaitteen pitää olla kyseisen ajankohdan tekniikan taso huomioon ottaen suunniteltu sekä valmistettu. Radio- ja telelaitteiden tai muiden laitteistojen toiminta ei saa häiriintyä sähkölaitteiden tai -laitteistojen sähkömagneettisten häiriöiden takia. Sähkölaitteiden tai -laitteiston tulee sietää niiden käytön aiheuttamaa sähkömagneettista häiriötä niin, ettei sen toiminta häiriinny kohuttomasti. Kiinteissä asennuksissa huomioidaan komponenttien aiottu käyttötarkoitus ja noudatetaan asennuksessa hyviä teknisiä käytäntöjä. Komponenttien asennuksella ja käyttötarkoituksen tietojen huomioinnilla varmistetaan, että täytetään yleiset vaatimukset. (15, liite.)

Sähkölaitteiden tulee olla EMC-standardin tai asianomaisen tuotestandardin vaatimuksen mukaisia (16, s. 150). EMC-vaatimusten toteutuminen varmistetaan tarkastamalla aistinvaraisesti seuraavat asiat:

- on käytetty TN-S järjestelmää
- häiriösuojauksen kannalta maadoitukset oikein toteutettu
- on huomioitu standardin SFS 6000 luvun 444 vaatimukset kaapeleiden valinnoissa, sijoittelussa ja asennuksissa
- asennusympäristö otettu huomioon laitteiden valinnassa
- on noudatettu valmistajan asennusohjeita esim. kaapelityypeissä ja pituuksissa taajuusmuuttaja-asennuksissa. (5, s. 439.)

4 MITTAUKSET ENNEN KÄYTTÖJÄNNITTEEN KYTKEMISTÄ

Aistinvaraisten tarkastusten lisäksi käyttöönottotarkastukseen liittyy myös erilaisia mittauksia sekä toimintatestejä. Laskennallisesti osoitetuilla arvoilla voidaan korvata osa mittauksista, mutta voi olla järkevää tehdä muutamia pistokoeluoontoisia tarkistuksia varmistamaan lähtöarvojen ja muiden tietojen oikeellisuus. (4, s. 18.)

Mittauksilla varmistetaan muun muassa suojausjärjestelmien toimivuus sekä ettei virhekytkentöjen takia jännitettä ole siihen kuulumattomissa osissa. Testattavan asennuksen osion tulee oltava täysin valmis ennen mittauksia. Mittaustuloksia on tärkeä osata tulkita oikein ja mittauspöytäkirjassa tulee näkyä mittaustuloksien oikeellisuus. (5, s. 439.) Mittaus- ja tarkastuslaitteet sekä menetelmät tulee valita standardisarjan SFS-EN 61557 asianomaisen osan mukaisesti (6, s. 442).

Sähkölaitteiston on oltava riittävän turvallinen ennen jännitteen kytkentää, joten siksi tarkastukseen aistinvaraisten tarkistusten lisäksi kuuluu myös jännitteettömiä mittauksia. Suojajohtimien jatkuvuuden sekä eristysresistanssin mittaukset tehdään kattavasti ennen jännitteen kytkentää. Harvinaisempia mittauksia ovat SELV-piirien, PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien, lattia- ja seinäpintojen sekä maadoituselektrodin resistanssin mittaukset, mutta nekin suoritetaan kattavasti silloin, kun niitä on. (4, s. 18.)

4.1 Pienjännitejärjestelmän eristysresistanssin mittaus

Jännitteisten osien (vaihejohtimet ja nollajohdin) tulee olla riittävästi eristettyjä maasta ja se varmistetaan mittaamalla eristysresistanssi sähköasennuksista. Mittaus tulee suorittaa ennen käyttöönottoa jännitteettömässä laitteistossa standardin mukaisella mittarilla. Mittausjännite valitaan jännitejärjestelmän tai nimellisjännitteen perusteella ja mittaustuloksen minimiarvon tulee olla sen mukainen (taulukko 1). Mittauksen ajaksi tulee poistaa nolla- ja suojamaajohtimien yhdistys TN-S-järjestelmässä (kuva 1). Mittaus voidaan suorittaa valmiin laitteiston yhdestä kohdasta kattamalla koko asennukset tai erikseen keskuskohtaisesti. Kokonaisuutta mitattaessa tulee kaikkien mekaanisten kytkimien ja johdonsuojakat-

kaisijoiden olla I-asennossa sekä sulakkeiden paikoillaan. Kontaktorilla tai vastaavalla laitteella varustetun virtapiirin mittaukset on suoritettava erikseen. (5, s. 352.)

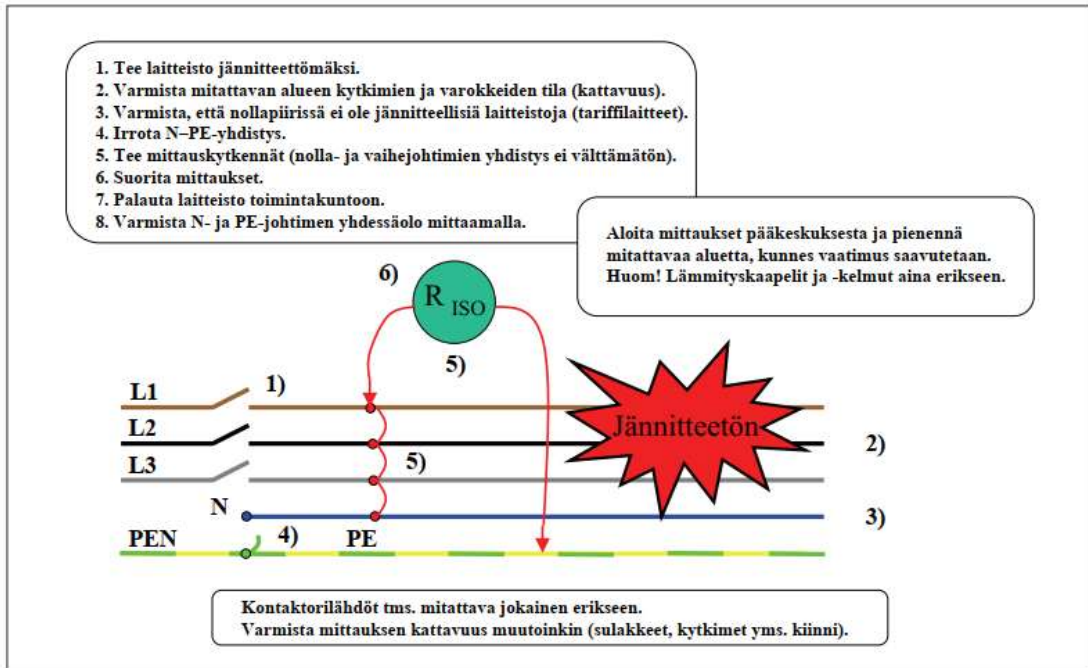
TAULUKKO 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot pienois- ja pienjännitesähköasennuksissa (7, s. 151).

| Jännitejärjestelmä tai nimellijännite | Koestusjännitteen suuruus tasajännitteellä | Eristysresistanssin minimiarvo |
|---|--|--------------------------------|
| pienoisjännitejärjestelmät SELV ja PELV | 250 VDC | 0,5 MΩ |
| pienoisjännitejärjestelmä FELV | 500 VDC | 1,0 MΩ |
| pienjännite, enintään 500 V | 500 VDC | 1,0 MΩ |
| pienjännite, yli 500 V | 1000 VDC | 1,0 MΩ |

Mikäli koko laitteistoa mitattaessa eristysresistanssin arvo ei vastaa taulukon 1 mukaista arvoa, tulee laitteisto jakaa pienempiin ryhmiin tai jopa yksittäisiin ryhmäjohtoihin. Kun vika löytyy ryhmäjohtotasolta, vika tulee selvittää ja poistaa ennen jännitteen kytkemistä laitteistoon. (4, s. 25.)

Mikäli virtapiirit sisältävät ylijännitesuojia, elektronisia laitteita tai muita vastaavia laitteita, tulee ne erottaa eristysresistanssin mittauksen ajaksi, koska ne voivat vaikuttaa mittaukseen tai rikkoutua mittauksessa. Tällaisissa tapauksissa voidaan pienentää myös mittausjännitettä 250 V:n tasajännitteeseen, mikäli laitteiden erottaminen on vaikeaa, mutta mittaustuloksen tulee kuitenkin olla sama kuin mitattaisiin 500 V:n tasajännitteellä (taulukko 2). Vaihe- ja nollajohtimet voidaan kytkeä mittauksen ajaksi yhteen, jolloin vikaantumisvaara tai testituloksen muuttuminen voidaan välttää 500 VDC:n koestusjännitettä käyttäessä. Nollajohtimet tulee irrottaa, mikäli sähköenergian mittaukset ja tariffinohjauslaitteet ovat kytkettyinä PEN-johtimeen, koska ne voivat vaurioitua. Johtimien irrottamatta jättäminen voi vaikuttaa mittaustulokseen, koska laitteiden ja johtimien kautta muodostuu maan potentiaaliin yhteys, jolloin tulos voi jäädä alle hyväksyttävän arvon. (4, s. 23.)

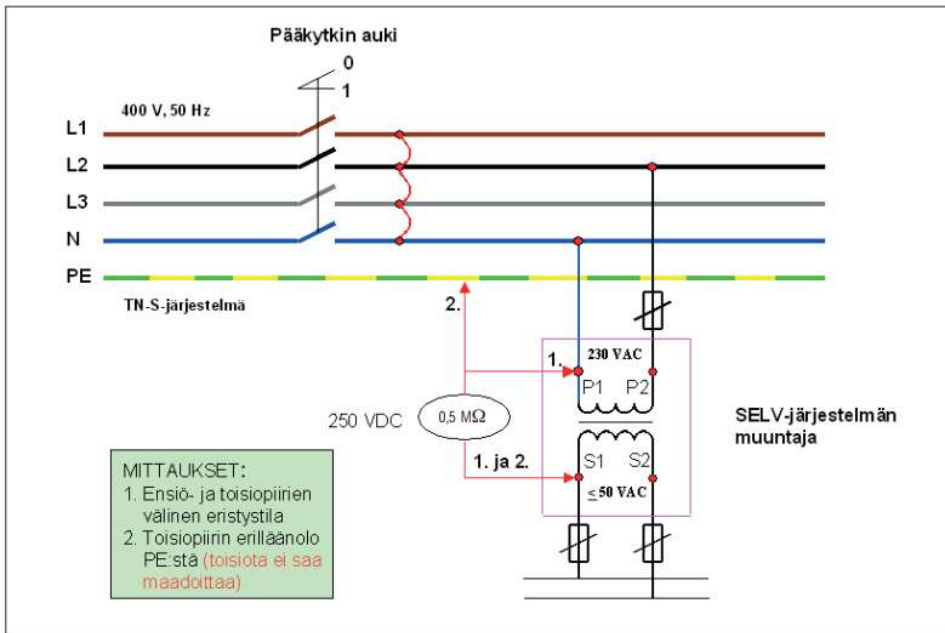
Mikäli TN-C-järjestelmään sisältyy elektroniikkalaitteita, tulee niiden valmistajalta pyytää selvitys varotoimista ennen eristysresistanssimittausta laitteen vahingoittumisen välttämiseksi. Elektroniikkalaitteen voi myös irrottaa mittauksen ajaksi tai käyttää 250 VDC:n mittausjännitettä, mutta mittauksen tuloksen tulee silti olla vähintään 1 M Ω . (5, s. 353.)



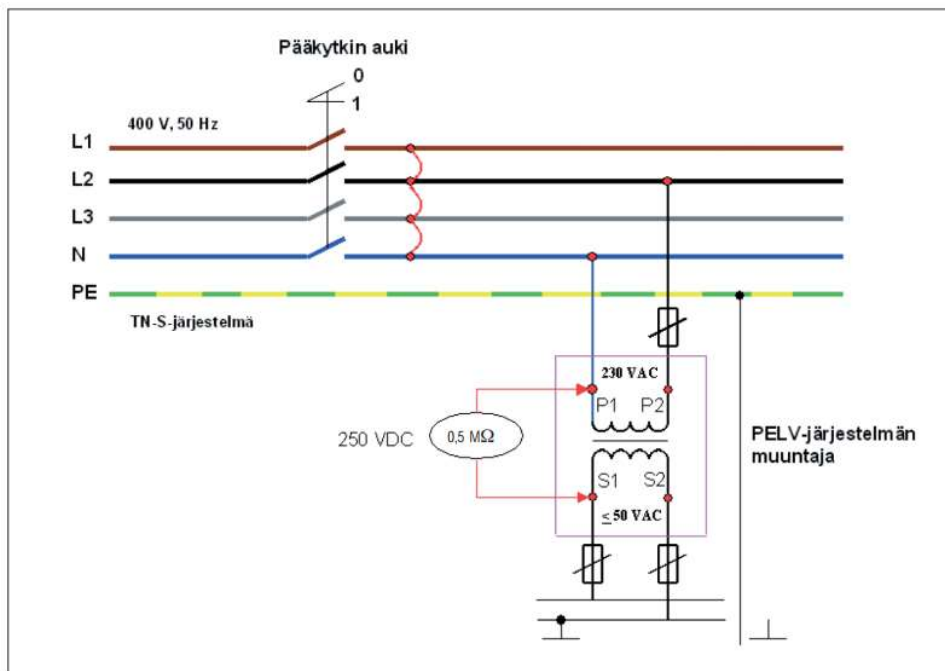
KUVA 1. Asennuksen eristysresistanssin mittaaminen (4, s. 26).

4.1.1 SELV-, PELV- ja sähköisesti erotettujen piirien mittaukset

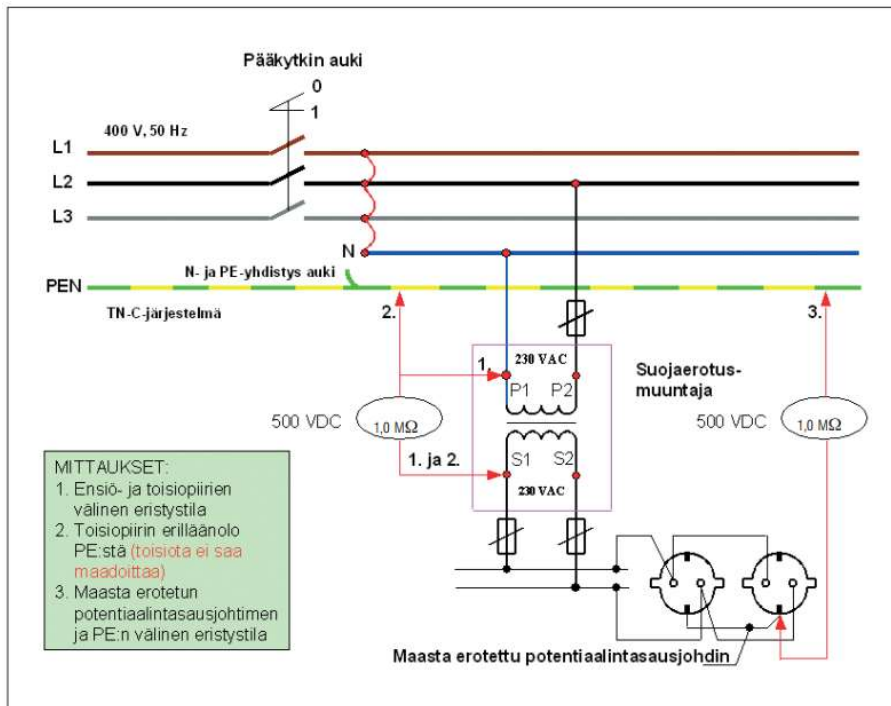
Asennuksissa on usein SELV- ja PELV-piirejä ja niiden eristysresistanssi tulee mitata suurempijännitteisen piirin ja SELV-/PELV-piirin väliltä (kuvat 2 ja 3). Eristysresistanssi tulee mitata myös SELV-piirin ja suojamaan väliltä, koska SELV-piiriä ei saa maadoittaa (kuva 3). SELV- ja PELV-piirissä on käytettävä 250 VDC:n mittausjännitettä (taulukko 1). Sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssi tulee mitata jännitteisten johtimien ja piirin väliltä, ensiö- ja toisiopuolen väliltä sekä maan ja maasta erotetun piirin potentiaalintasausjohtimen väliltä (kuva 4). Sähköisesti erotettujen piirien mittaus suoritetaan 500 VDC:n mittausjännitteellä (taulukko 1). (5, s. 355.)



KUVA 2. SELV-piirin eristysresistanssimittaus (4, s. 26).



KUVA 3. PELV-piirin eristysresistanssimittaus (4, s. 27).



KUVA 4. Suojaerotus-piirin eristysresistanssimittaus (4, s. 28).

SELV- ja PELV-järjestelmissä käytetään suojausmenetelmänä pienoisjännitettä, joka on ≤ 120 VDC tai ≤ 50 VAC. SELV-piirin muuntajan tulee täyttää samat vaadittavat ominaisuudet kuin suojaerotusmuuntajan. PELV-piirissä toinen toisipuolen navoista tai jännitteelle alttiit osat voidaan yhdistää suojamaadoitukseen. Suojaerotuspiirissä ensio- ja toisipuolella on sama 230 VAC:n jännite ja siinä käytetään suojausmenetelmänä virtapiirien galvaanista erotusta toisistaan. Sähköisen erotuksen ja suojaerotuksen erona on se, että sähköisessä erotuksessa muuntajan rakenteessa voidaan käyttää ensio- ja toisipuolen välillä yksinkertaista eristystä, kun taas suojaerotusmuuntajassa tulee olla lisäeristys tai kaksoiseristys. Mikäli sähköisesti erotetussa piirissä käytetään useampaa kuin yhtä kulutuslaitetta tulee tarkastaa laskelmilla tai mittaamalla, että vähintään yksi viialinen piiri kytkeytyy pois kahden eri oikosulun sattuessa samanaikaisesti, joko äärijohtimien ja suojaavien potentiaalintasausjohtimien tai potentiaalintasaukseen liitettyjen jännitteelle alttiiden osien välillä. (4, s. 26-28.)

4.1.2 Lattia- ja seinäpintojen mittaukset

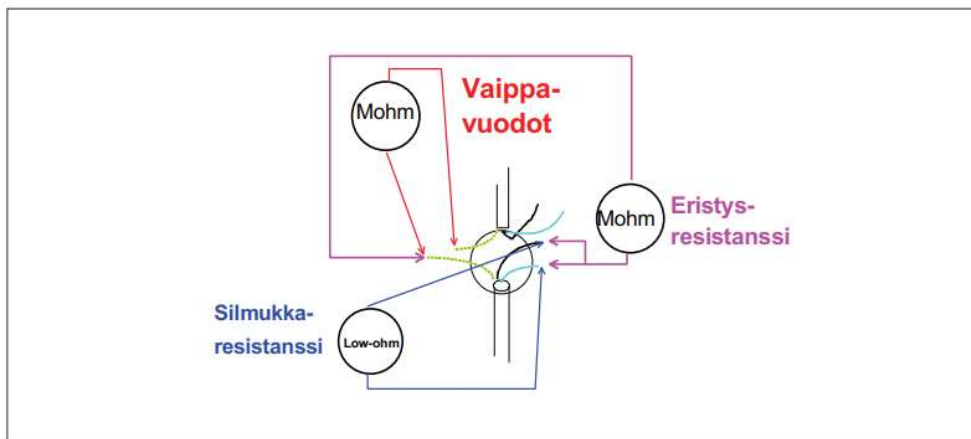
Lattia- ja seinäpintojen resistanssi tai impedanssi sähköturvallisuuden kannalta tarvitsee varmistaa vain melko harvoin. Mittaukset suoritetaan yleensä sähkölaboratorioissa ja korjaamotiloissa (4, s. 28). Tiloissa, joissa mittaukset vaaditaan, ne on tehtävä vähintään kolmesta kohdasta. Yksi mittaus on tehtävä noin metrin päästä tilan muusta kosketeltavasta johtavasta osasta. Loput kaksi mittausta voidaan tehdä kauempana. Kaikille mittausta vaativille pinnoille tulee tehdä sama mittaussarja. (6, s. 444.)

Resistanssin tai impedanssin mittaaminen eristävästä lattia- tai seinäpinnasta pitää suorittaa joko järjestelmän nimellistaajuudella ja jännitteellä maahan tai yhdistettynä eristysresistanssimittaukseen pienemmällä jännitteellä ja järjestelmän nimellistaajuudella. Eristysresistanssinmittauksessa tulee käyttää standardin SFS-EN 61557-2 mukaista mittalaitetta. Tarkemmat mittausmenetelmät löytyvät standardin SFS 6000-6:2017 liitteestä 6B sekä standardin SFS 6000-4-41 liitteestä 41C. (6, s. 453.)

4.1.3 Sähkölämmityskaapelien ja -kelmujen mittaukset

Lämmityskaapelit ja -kelmut ovat asennustapansa vuoksi alttiita vahingoittumiselle, joten niiden eristysresistanssi on mitattava ennen asennusta ja heti asennuksen valmistuttua. Sähkölämmittimen voi olla järkevää mitata jo pakkauksessa, jotta tietää lämmittimen olevan oikea (4, s. 29). Tämän lisäksi voidaan mitata sähkölämmittimen resistanssi sekä syöttökaapelin suojajohtimen ja lämmityskaapelin suojajohtimen välinen eristystaso (kuva 5). (5, s. 353.)

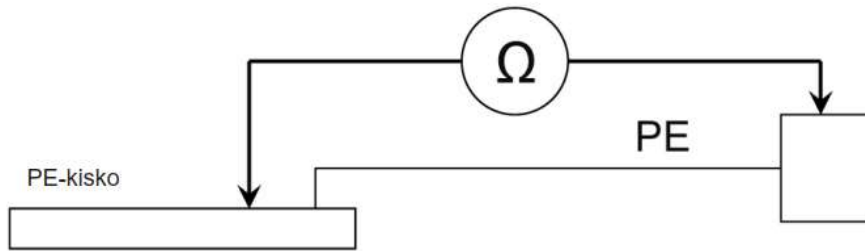
Kaikki mittaustulokset merkitään sekä mittauspöytäkirjaan että sähkölämmittimen valmistajan takuutodistukseen takuun säilyttämisen takia. Mittauspöytäkirjaan tulee merkitä myös jännite-, resistanssi- ja tehoarvot, jotka löytyvät lämmittimen arvokilvestä. Mittaustuloksista on syytä varmistaa arvokilven antamien arvojen vastaavuus ennen sähkölämmittimien peittämistä. (4, s. 29.)



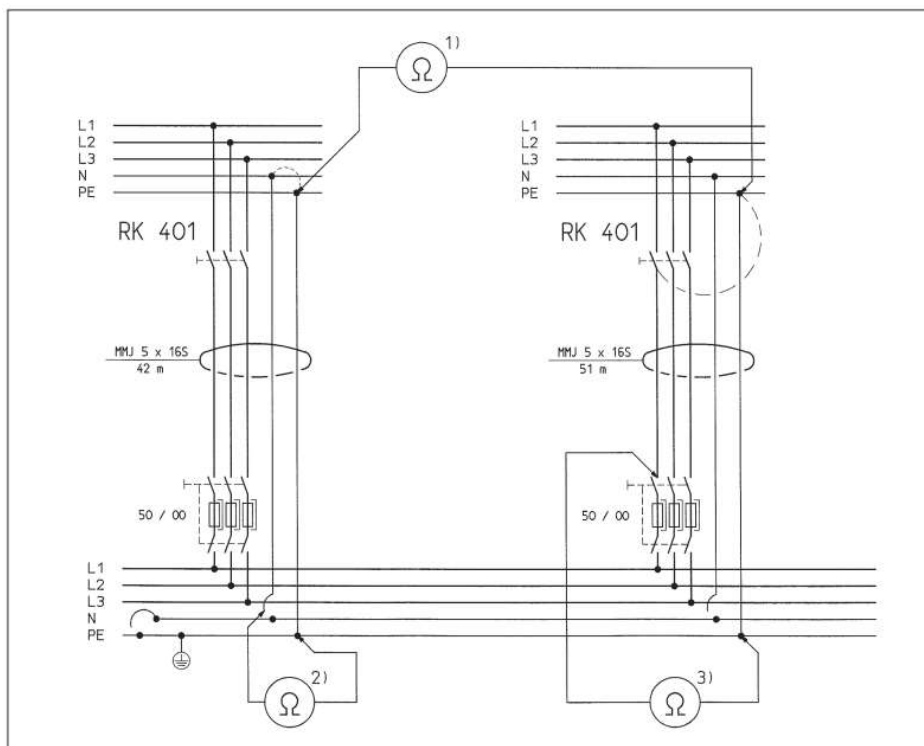
KUVA 5. Lämmityskaapelin eristys- ja silmukkaresistanssimittaus (4, s. 29).

4.2 Suojajohtimien jatkuvuus

Suojajohtimien jatkuvuuden mittauksen tarkoituksena on selvittää suojajohdinpiirien jatkuvuus, jotta varmistetaan vikasuojauksen toimivuus (5, s. 350). Maadoitus-, suojamaadoitus-, PEN- sekä potentiaalintasausjohtimet luokitellaan suojohtimiksi (4, s. 19). Maadoitusjohtimien jatkuvuus on mitattava myös maadoituselektrodilta ja salamasuojajärjestelmältä päämaadoituskiskoon. Suojamaajohtimien jatkuvuus on mitattava keskuksien PE-kiskolta jokaiseen ryhmälaitteeseen, kuten sähkömoottorin tai lieden runkoon sekä pistorasioiden maadoitusliuskoihin (kuva 6). Jokaisesta metalliputkesta ja ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän osasta tulee mitata pääpotentiaalintasausjohtimen jatkuvuus päämaadoituskiskoon. Lisäpotentiaalintasausjohtimien jatkuvuus tulee mitata kyseisen tilan kaikkiin suojamaadoitettuihin laitteisiin, metalliputkistoihin sekä viemäriin (7, s. 149). Ryhmän 2 lääkintätiloissa lisäpotentiaalintasausjohtimien jatkuvuus tulee mitata lisäpotentiaalintasauskiskolta jokaiselle pistorasian maadoitusliittimelle, kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimille sekä muille johtaville osille ja niiden yhteenlaskettu resistanssi ei saa olla suurempi kuin $0,2 \Omega$ (5, s. 387). Tärkein seikka mittauksissa on, että jokainen suojajohdinyhteys mitataan ja tehdään laitekohtaisesti (5, s. 350). Pidemmällä matkoilla voidaan hyödyntää johtojen muita johtimia (kuva 7).



KUVA 6. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus (8, liite 2).



KUVA 7. Pitkien johtojen suojajohtimen jatkuvuuden mittauksen vaihtoehdot. 1) Lähellä sijaitsevien jakokeskusten nousujohtojen hyväksikäyttö. 2) Nousujohdon nollajohtimen hyväksikäyttö väliaikaisesti. 3) Nousujohdon vaihejohtinta hyväksikäyttäen väliaikaisesti. (4, s. 22.)

Jatkuvuuden mittauksessa tulee mittalaitestandardin mukaan käyttää 4-24 V:n kuormittamatonta tasa- tai vaihtojännitettä ja 200 mA:n minimimittausvirtaa (5, s. 350). Mittalaitteiden mittajohtimet tulee mitata ensimmäiseksi ja niiden resistanssi tulee kompensoida mittalaitteessa tai vähentää mittaustuloksesta (4, s. 19).

Suojajohtimien jatkuvuutta mitattaessa johtimia ei tarvitse irrottaa kytkennöistä, mutta TN-S-järjestelmässä on irrotettava nolla- ja suojamaajohtimen yhdistys jännitteettömien mittauksien ajaksi, siis myös eristysresistanssin mittauksessa. Ryhmäjohtojen mittauksissa riittää vain syöttökaapelin nollan irrotus. (4, s. 19.)

Mittaustuloksille ei ole annettu mitään tarkkaa raja-arvoa, milloin se olisi hyväksytty, mutta yleensä tulos saa olla enintään noin 1 Ω. Mittaustulos voi olla myös suurempikin, mikäli suojajohtimet ovat pitkiä. Saatua mittaustulosta voidaan verrata poikkipinta-alan sekä pituuden perusteella taulukon 2 arvoihin, jolloin voidaan verrata, onko mittaustulos samaa suuruusluokkaa. Mikäli nämä arvot eroavat toisistaan huomattavasti, tulee poikkeaman syy selvittää. (5, s. 350.)

TAULUKKO 2. Kupari- ja alumiinijohtimien resistansseja (4, s. 21).

| Johdin- poikki- pinta-ala mm ² | Kuparijohdin | | Alumiinijohdin | |
|--|----------------------------------|--|----------------------------------|--|
| | Resistanssi metriä kohti Ω | Resistanssi 100 metriä kohti / Ω | 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 | 0,0018 | 0,18 |
| 21 | 0,0008 | 0,08 | – | – |
| 25 | 0,0007 | 0,07 | 0,0011 | 0,11 |
| 35 | 0,0005 | 0,05 | 0,0008 | 0,08 |
| 41 | 0,0004 | 0,04 | – | – |
| 50 | 0,00035 | 0,035 | 0,0006 | 0,06 |
| 57 | 0,0003 | 0,03 | – | – |
| 70 | 0,00025 | 0,025 | 0,0004 | 0,04 |
| 95 | – | – | 0,0003 | 0,03 |
| 120 | – | – | 0,00024 | 0,024 |
| 150 | – | – | 0,00019 | 0,019 |
| 185 | – | – | 0,00015 | 0,015 |

Käyttönottotarkastuspöytäkirjaan kirjataan suurin esiintyvä mittaesarvo ja mittauspöytäkirjaan tulee merkitä mittauspäikat sillä tarkkuudella, että ne löytyvät tulevaisuudessa helposti. Kaikki mittaustulokset voidaan myös kirjata mittauspöytäkirjaan, jolloin laitteiston haltijan pyytäessä kaikkien testauksien tulokset olisivat käytössä. (4, s. 20.)

5 JÄNNITTEISENÄ TEHTÄVÄT MITTAUKSET JA TESTAUKSET

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksiin kuuluu myös jännitteisenä tehtävät mittaukset ja tarkastukset. Jännitteisenä tehtäviä mittauksia ja testauksia ovat vikavirtapiirin impedanssin mittaukset, vikavirtasuojan toiminnan testaukset, napaisuuksien tarkastukset, kiertosuuntien tarkastukset, toimintatestit sekä jännitteenaleneman mittaukset. (4.)

5.1 Syötön automaattisen poiskytkennän varmistaminen

TN-järjestelmä

TN-järjestelmissä syötön automaattisen poiskytkennän varmistamisen yleisin tapa on suorittaa vikavirtapiirin impedanssin mittaus. Mittauksella määritellään syntyvä oikosulkuvirta vikatapauksessa ja siitä saatua arvoa verrataan kyseisen suojalaitteen taulukoituihin toimintavirta-arvoihin (taulukko 3 tai 4). Myös vikavirtasuojien toiminta testataan. Vikavirtapiirin impedanssin mittauksia ei kuitenkaan aina ole tarpeellista suorittaa, mikäli suojajohtimien jatkuvuudet on mitattu ja vikavirtapiirien impedansseista tai suojajohtimien resistansseista on laskelmat käytössä. Asennusten tulee tällöin olla toteutettu siten, että laskelmissa käytetyt johtimien poikkipinta-alat ja pituudet täsmäävät. Hyviin asennustapoihin kuuluu varmistaa kuitenkin käytettyjen laskennallisten lähtötietojen paikkaansa pitävyys mittaamalla vikavirtapiirin impedanssi ainakin pääkeskuksesta. (4, s. 30.)

Käytettyjen suojalaitteiden tehokkuudet ja ominaisuudet tulee myös tarkastaa. Aistinvaraisesti tai muulla sopivalla menettelyllä tarkastetaan ylivirtasuojat, kuten sulakkeiden tyypit ja virta-arvot sekä katkaisijoiden asettelut tai pikalaukaisuarvot. Mikäli vikavirtasuojaa käytetään syötön automaattisen poiskytkentään, tulee se tarkastaa aistinvaraisesti sekä testata standardin SFS-EN 61557-6 mukaisella laitteella. Laukaisun tulee tapahtua sinimuotoisella vikavirralla ja arvon tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin vikavirtasuojan mitoitus toimintavirta, jotta se täyttää standardin SFS 6000-4-41 vaatimukset. Jos vikavirtasuojia käytetään vikasuojaukseen, suositellaan tarkastamaan myös suojien poiskytkentäajat. Asennusten muutos- ja laajennustöissä poiskytkentäajat pitää tarkastaa, jos vikavirtasuojia käytetään syötön automaattiseen poiskytkentään. (6, s. 445.)

TT-järjestelmä

TT-järjestelmien vaatimustenmukaisuus todetaan mittaamalla maadoituselektrodin resistanssi R_A asennuksen jännitteelle alttiista osista sekä tarkastetaan suojalaitteiden ominaisuudet samalla tavalla kuin edellä mainitussa TN-järjestelmisäkin. Vikapiirin impedanssin mittauksella voidaan korvata kuitenkin maadoituselektrodin resistanssi R_A mittaus, mikäli se ei ole mahdollista. (4, s. 30.) Vikavirtapiirin impedanssin mittausmenetelmät TT-järjestelmälle löytyvät standardin SFS 6000-6:2017 liitteen 6C kohdista C2 ja C3 (6, s. 445).

IT-järjestelmä

IT-järjestelmien vaatimustenmukaisuus varmistetaan joko laskemalla tai mittaamalla ääri- tai nolajohtimessa tapahtuva ensimmäinen vian aiheuttama vikavirta I_d . Vikavirtapiirin impedanssin mittaus voidaan tehdä vain silloin, kun laskelmissa ei tunneta kaikkia parametrejä, eikä sitä tällöin voida laskea. Mittauksen aikana kaksoisvian aiheuttaman vaaran välttämiseksi on kuitenkin alettava varotoimenpiteisiin. (4, s. 31.)

Vikavirtapiirin impedanssi kaksoisviassa pitää määritellä joko laskemalla tai mittauksilla. Mikäli kaksoisvian tapahtuessa olosuhteet ovat TT-järjestelmän mukaiset, suoritetaan tarkastukset TT-järjestelmän mukaan. Mikäli olosuhteet kaksoisvian tapahtuessa ovat kuin TN-järjestelmässä, tarkastukset suoritetaan seuraavasti:

- Paikallisella muuntajalla syötetyn IT-järjestelmän syöttökohdan jännitteinen johdin ja maa kytketään toisiinsa pienen impedanssin kautta, jonka jälkeen vikavirtapiirin resistanssi mitataan. Piirin lopusta toisen jännitteisen johtimen ja suojamaadoitusjohtimen väliltä mitataan maadoitusvirtapiirin impedanssi. Mikäli vikavirtapiirin impedanssin mitattu arvo on $\leq 50\%$ sallitusta maksimiarvosta, vaatimustenmukaisuus on varmistettu.
- Yleiseen jakeluverkkoon liitetystä IT-järjestelmässä arvioidaan vikavirtapiirin resistanssi varmistamalla ensin suojajohtimen jatkuvuus ja sitten mittaamalla kahden jännitteisen osan väliltä vikavirtapiirin impedanssi piirin

lopusta. Jos mitattu vikavirtapiiriin impedanssiarvo on ≤ 50 % maksimiarvosta, vaatimustenmukaisuus on varmistettu. Tarkemmat mittaukset ovat tarpeellisia, mikäli tarkastusta ei tehdä. (6, s. 446.)

5.1.1 Vikavirtapiiriin impedanssin mittaaminen

Ennen vikavirtapiiriin impedanssin mittaamista on oltava mitattuna suojajohtimien jatkuvuus (6, s. 446). Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastamisella varmistetaan vikasuojauksen toiminta. Tarkastaminen voidaan tehdä vaiheen ja suojajohtimen välisen vian mittauksella, jolla selvitetään pienin oikosulkuvirta. Vaihtoehtoisesti voidaan suunnitteludokumenttien suojauslaskelmista todeta asennuksen suojalaitteiden ja johtopituuksien vastaavan suunnitelmia. Suojalaskelmien oikeellisuuden tarkastamiseksi on kuitenkin tehtävä muutamia kontrollimittauksia, jotta ne täsmäävät. Vikavirtapiiriin silmukkaimpedanssia tai oikosulkuvirtaa ei tarvitse selvittää, mikäli vikasuojauksena on käytetty vikavirtasuojia, mutta silloin vikavirtasuojan toiminta tulee varmistaa. (5, s. 357.)

Mittalaitteet käytännössä mittaavat vikavirtapiiriin impedanssiarvoa, mutta asennustesterit laskevat itse oikosulkuvirta-arvon ja ilmoittavat molemmat. Mittauksesta saatua virta-arvoa voidaan verrata kyseisen suojalaitteen taulukkoarvoon (taulukko 3 tai 4) ja taulukosta voidaan näin päätellä, toteutuuko syötön automaattinen poiskytkentä vaaditussa ajassa. Mitatun arvon tulee olla 25% sulakkeen toimintavirtaa korkeampi, koska johdinlämpötila vaikuttaa vikatapauksessa resistanssin suurenemiseen verrattuna huoneenlämpötilassa tehtyyn mittaukseen. (4, s. 32.)

TAULUKKO 3. Johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (4, s. 33).

| Nimellisvirta | B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s | Vaadittu mitattu arvo | C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s | Vaadittu mitattu arvo | K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s | Vaadittu mitattu arvo | D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s | Vaadittu mitattu arvo |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| 6 | 30 | 37,5 | 60 | 75 | 84 | 105 | 120 | 150 |
| 10 | 50 | 62,5 | 100 | 125 | 140 | 175 | 200 | 250 |
| 16 | 80 | 100 | 160 | 200 | 224 | 280 | 320 | 400 |
| 20 | 100 | 125 | 200 | 250 | 280 | 350 | 400 | 500 |
| 25 | 125 | 156,3 | 250 | 312,5 | 350 | 437,5 | 500 | 625 |
| 32 | 160 | 200 | 320 | 400 | 448 | 560 | 640 | 800 |
| 50 | 250 | 312,5 | 500 | 625 | 700 | 875 | 1000 | 1250 |
| 63 | 315 | 393,8 | 630 | 787,5 | 882 | 1102,5 | 1260 | 1575 |
| 80 | 400 | 500 | 800 | 1000 | 1120 | 1400 | 1600 | 2000 |
| 125 | 625 | 781,3 | 1250 | 1562,5 | 1750 | 2187,5 | 2500 | 3125 |

TAULUKKO 4. gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (4, s. 33).

| Nimellisvirta | gG-sulake 0,4 s | Vaadittu mitattu arvo | gG-sulake 5,0 s | Vaadittu mitattu arvo |
|---------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| A | A | A | A | A |
| 2 | 16 | 20 | 9 | 11,3 |
| 4 | 32 | 40 | 18 | 22,5 |
| 6 | 46,5 | 58,2 | 28 | 35 |
| 10 | 85 | 102,5 | 46,5 | 58,2 |
| 16 | 110 | 137,5 | 65 | 81,3 |
| 20 | 145 | 181,3 | 85 | 106,3 |
| 25 | 180 | 225 | 110 | 137,5 |
| 32 | 270 | 337,5 | 150 | 187,5 |
| 35 | 287 | 359 | 165 | 206,3 |
| 40 | 315 | 393,8 | 190 | 237,5 |
| 50 | 470 | 587,5 | 250 | 312,5 |
| 63 | 550 | 687,5 | 320 | 400 |
| 80 | 840 | 1050 | 425 | 531,3 |
| 100 | 1000 | 1250 | 580 | 725 |
| 125 | 1450 | 1812,5 | 715 | 893,8 |
| 160 | 1600 | 2000 | 950 | 1187,5 |
| 200 | 2100 | 2625 | 1250 | 1562,5 |
| 250 | 2800 | 3500 | 1650 | 2062,5 |
| 315 | 3700 | 4625 | 2200 | 2750 |
| 400 | 4800 | 6000 | 2840 | 3550 |
| 500 | 6400 | 8000 | 3800 | 4750 |
| 630 | 8500 | 10625 | 5100 | 6375 |

Normaalien kiinteistöjen pienjänniteverkossa käytettävien suojalaitteiden toiminta-aika-arvot ovat 0,4 sekuntia ja 5 sekuntia. Johdonsuojakatkaisijoilla oikosulkuvirta-arvo on sama molemmilla aika-arvoilla, mutta lyhyemmän toiminta-ajan omaavilla tulppa- ja kahvasulakkeilla vaadittava oikosulkuvirta on huomattavasti suurempi kuin pidemmän toiminta-ajan sulakkeilla. Keskuksia syöttävillä kaapeleilla sekä kiinteillä yli 32 A asennuksilla voidaan käyttää 5 sekunnin laukaisuaikaa. 63 A:iin asti olevissa pistorasiaryhmissä sekä muissa asennuksissa käytetään 0,4 sekunnin laukaisuajan omaavia sulakkeita. (4, s. 32.)

5.1.2 Maadoituselektrodin resistanssin mittaaminen

Maadoituselektrodin resistanssi tulee mitata soveltuvalla menetelmällä, mikäli maadoituselektrodille on määritelty resistanssiarvo. Standardin SFS 6000-6:2017 liitteessä 6C on määritelty eri järjestelmien mittaamenetelmät. (4, s. 29). Yksittäisen maadoituselektrodin resistanssia ei tarvitse mitata TN-järjestelmässä, mutta maadoituselektrodin eheys pitää tarkastaa (6, s. 446).

Maadoituselektrodille on määritelty laskennallinen minimiarvo suurjännitemuuntamoissa ja arvo tulee alittaa. Yksittäisten muuntamoiden maadoituselektrodin resistanssia ei kuitenkaan tarvitse mitata taajamissa, joissa on useita muuntopiirejä. Tällöin mitataan vain uuden maadoituselektrodin liittyminen aiemmin rakennettuun maadoitusjärjestelmään. (4, s. 29.)

5.2 Lisäsuojauksen tehokkuuden varmistaminen

Mikäli lisäsuojauksen takia vaaditaan vikavirtasuojaa syötön automaattiseen poiskytkentään, tulee se tarkastaa standardin SFS-EN 61557-6 mukaisella testilaitteella (6, s. 447). Vikavirtasuojan toiminnan tarkastukseen kuuluu vikavirtasuojassa olevan testipainikkeen testaus sekä mittaus, jolla laitteen toimivuus nimellistoimintavirrallaan varmistetaan. Suositellaan myös, että kaikista vikavirtasuojista mitataan myös poiskytkentäaika. Se tulee kuitenkin aina mitata tilanteissa, joissa käytetään

- vikavirtasuojia, jotka ovat olleet käytössä aikaisemmin
- olemassa olevia vikavirtasuojia poiskytkentälaitteina muutos- ja laajennustöissä
- vikasuojaukseen ja lisäsuojaukseen vikavirtasuojaa. (4, s. 34.)

Vikavirtasuojien nimellistoimintavirtoja ovat 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA sekä 500 mA (4, s. 34). Yleensä vikavirtasuojien testauksessa käytetään sinimuotoista vaihtovirtaa, eikä testauksen toimintavirta-arvo saa ylittää vikavirtasuojan nimellistoimintavirtaa. Jos käytetään testivirtana pulssimaista tasavirtaa, tällöin toimintavirta saa olla enintään 1,4-kertainen nimellistoimintavirtaan nähden. (5, s. 357-358.)

5.3 Muut mittaukset ja testaukset

Napaisuuden varmistaminen kuuluu käyttöönottotarkastuksen toimenpiteisiin. Tämä tarkastus tehdään jo yksinapaista kytkinlaitetta asennettaessa ja siinä varmistetaan, ettei kytkinlaitetta ole asennettu katkaisemaan vain nollajohdinta. (4, s. 34.) Nollajohtimen katkaisu aiheuttaa nollavian, joka puolestaan voi särkeä laitteita (7, s. 150).

Kiertosuunnan tarkastus kuuluu käyttöönottotarkastuksen testauksiin. Kiertosuunta tarkastetaan monivaiheisissa piireissä testilaitteella, jolla varmistetaan oikea kiertosuunta (6, s. 447). Kiertosuunta tarkistetaan myös keskuksista, vaikka siitä ei lähtisi yhtään monivaiheista ryhmäjohtoa. Suositellaan valmiin pistotulpan sisäänrakennetuilla testilaitteilla testaaman 3-vaihepistorasioiden kiertosuunta. (4, s. 34.)

Asennuksien, kiinnityksien ja asettelujen standardin vaatimustenmukaisuus varmistetaan laitteiden toimintakokeilla (6, s. 447). Sähkölaitteiston monimutkaisuus määrittelee toimintakokeiden laajuuden (5, s. 358). Toimintakokeet tulee tehdä laitteille, kuten keskuksille, ohjaus-, käyttö- ja lukituslaitteille sekä hätäsuojalaitteille ja erityistilan valvontalaitteille (6, s. 447). Kaikkien asennusten on oltava valmiita toimintakokeita suorittaessa ja kokeista on hyvä laatia toimintasuunnitelma, jotta laitteisto toimii oikein rakennuksen luovutuksen jälkeenkin (4, s. 35).

Jännitteenalenemaa käyttöönottotarkastuksissa ei yleensä tarvitse todeta standardin mukaan (4, s. 358). Jos jännitteenalenema kuitenkin erikseen vaaditaan, se tulee joko laskea tai mitata. Jännitteen alenema voidaan tarkastaa seuraavasti:

- vertailemalla jännitteitä ilman kuormitusta sekä suunnitellun kuorman ollessa kytkettynä
- vertailemalla jännitteitä ilman kuormitusta, suunnitellun kuorman ollessa kytkettynä sekä laskettuna suunniteltuun kuormitukseen
- piirin impedanssin arvon mittauksella. (6, s. 447.)

6 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 4§ määrittää käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisällön. Tarkastuspöytäkirjan tulee sisältää kohteen yksilöintitiedot, sähkötöiden johtajan ja sähkölaitteiston rakentajan nimet sekä yhteystiedot, selvitys sähkölaitteiston määräysten ja säännösten oikeellisuudesta, käytettyjen tarkastusmenetelmien yleiskuvaus, sovelletut standardit sekä niiden poikkeamien olemassaolon selvitys sähköturvallisuuslain 34§:n mukaan. Näiden lisäksi pöytäkirjassa tulee olla testausten ja tarkastusten tulokset. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan sähkölaitteiston haltijalle allekirjoitettuna tai se on varmennettava jollain muulla tapaa. (3, 4§.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä vähäisiksi katsottavista töistä, mikäli asennukset täyttävät 5§:n valtioneuvoston asetuksen sähkölaitteistoista. Vähäisiksi katsottavia töitä ovat vähäistä vaaraa tai häiriötä aiheuttavat sähköalan työt, 120 V:n tasajännitteisten tai 50 V:n vaihtojännitteisten sähkölaitteistojen asennukset, yksittäisten komponenttien lisäykset tai vaihdot, enintään 1000 V:n kojeiden syöttöjen muutokset, enintään 1000 V:n muutostyöt kytkinlaitoksissa, joissa ei kuitenkaan muuteta kytkinlaitoksen nimellisarvoja sekä standardien mukaisten työmaakeskusten väliaikaisasennukset. (3, 5§.)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Aro Systemsille päivitetty ja selkeä käyttöönottotarkastusohje. Tarkastusohjeen avulla oli tarkoitus saada käyttöönottotarkastuksista helpommin lähestyttävä ja jouhevampi kokonaisuus. Käyttöönottotarkastusohjeen avulla voi pitää koulutuksia niin uusille kuin kokeneille asentajille. Tarkastusohjeessa käsitellään pienjännitstandardin yleisimpien tarkastuksien ja mittausten suoritusta.

Käyttöönottotarkastusohjeesta jätettiin erikoistiloja koskevat osiot pois, koska niiden kanssa ohje olisi kasvanut huomattavasti nykyiseen nähden. Ohjeeseen poimittiin standardista SFS 6000:2017 osasta 6 kaikki tarkastukset ja testaukset. Jokaisesta standardin SFS 6000-6:2017 vaiheesta on kerrottu tarkastusohjeessa, joistakin vaiheista tarkemmin.

Käyttöönottotarkastusohje käytiin ohjaavan opettajan ja töissä ohjaavan projekti-päällikön kanssa läpi palaverissa sekä tarkastusohje on käynyt tarkastuskierroksella Aro Systemsin sähkötöiden johtajalla Jani Arolla ja Oulun liiketoimintapäälliköllä Tapani Keräsellä.

LÄHTEET

1. Aro Systems OY. Saatavissa: <https://www.arosystems.fi/yrityksemme/>. Hakupäivä 7.12.2020
2. Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20161135/?toc=1>. Hakupäivä 2.12.2020
3. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 1434/2016. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20161434?toc=1>. Hakupäivä 2.12.2020
4. Sähkötieto ry. 2018. ST-käsikirja 33. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. 4.uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
5. STUL ry. 2017. D1-2017 käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 24.uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammermekaniikka Oy.
6. SFS 6000-6:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset.
7. Sähkötieto ry. 2020. ST-käsikirja 34. Hyvät asennustavat sähkö- ja tietotekniset järjestelmät. 3.uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
8. Sähkötieto ry. 2019. ST 51.21.05. ST kortisto. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Espoo: Sähköinfo Oy.
9. SFS 6000-4-41:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta
10. SFS 6000-5-52:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät
11. SFS 6000-1:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät
12. SFS 6000-5-53:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus

13. SFS 6000-5-51:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt
14. SFS 6000-7-729:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-729: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Jakokeskuksen asentaminen
15. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 1436/2016. Saatavissa: <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20161436>. Hakupäivä 2.12.2020
16. SFS 6000-4-44:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä

LIITTEET

Liite 1 Käyttöönottotarkastusohje Aro Systemsille (luottamuksellinen)