

Jukka Savonen

OPETUSYMPÄRISTÖ KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSTA VARTEN

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma

2018



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jukka Savonen	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2018
Opinnäytetyön nimi		56 sivua 7 liitesivua
Opetusympäristö käyttöönottotarkastusta varten		
Toimeksiantaja		
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu		
Ohjaaja		
Jorma Pekkanen		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorioon pieni siirrettävissä oleva sähköasennus, joka soveltuisi käyttöönottotarkastuksen harjoitteluun. Käyttöönottotarkastus tulee tehdä kaikille sähköasennuksille ennen niiden käyttöönottoa.</p>		
<p>Työn teoriaosuudessa käytettiin pääosin SFS 6000 -standardisarjaa. Sähkömääräyksiä päivitettiin vastikään vuoden 2017 lopulla, joten aivan aluksi tutkittiin määräyksissä tapahtuneita muutoksia. Ylijännitesuojauksen tarvetta, valintaa ja asentamista selvitettiin seikka-eräisemmin, sillä rakennettavaan testiasennukseen oli tarkoitus liittää ylijännitesuojat. Tämän jälkeen perehdyttiin sähkötarkastuksia säätelevään lainsäädäntöön sekä kartoitettiin sähköasennuksille tehtävät tarkastukset. Käyttöönottotarkastukseen paneuduttiin yksityiskohtaisesti SFS 6000-6:n pohjalta.</p>		
<p>Testiasennus pyrittiin toteuttamaan siten, että se tukisi kompaktilla kokoonpanollaan mahdollisimman monipuolisesti käyttöönottotarkastuksen mittauksia. Asennuksen haluttiin samalla toimivan esimerkkinä pienkiinteistön sähköasennuksesta. Tämän vuoksi asennukseen liitettiin myös pienimuotoinen maadoitusjärjestelmä. Laboratoriokäyttöä varten testiasennukselle laadittiin lisäksi mittausohje.</p>		
Asiasanat		
käyttöönottotarkastus, käyttöönottomittaus, sähköasennus, standardit		

Author (authors)	Degree	Time
Jukka Savonen	Bachelor of Engineering	May 2018
Thesis title		56 pages
Learning environment for initial verification of an electrical installation		7 pages of appendices
Commissioned by		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences		
Supervisor		
Jorma Pekkanen		
Abstract		
<p>The objective of the thesis was to manufacture a small portable electrical installation suitable for practical training of an initial verification of a low voltage electrical installation at the electrical laboratory of South-Eastern Finland University of Applied Sciences. The initial verification has to be carried out for all electrical installations prior to their start-up.</p>		
<p>The main source of information for the thesis was SFS 6000 series, which had been updated recently at the end of 2017. Hence altered parts of the standards had to be studied at first. Demand, selection and installation of surge protective devices were studied in detail, since the test installation was to have surge protective devices installed. Subsequently, the legislation regulating verifications of electrical installations was examined, and a survey was made of all verifications of electrical installations. The initial verification was thoroughly studied on the basis of SFS 6000-6.</p>		
<p>The test installation was to have a compact structure that would yet support verification tests as versatile as possible. At the same time, the installation was to represent an example of an electrical installation at a small real estate. Therefore a small-scale earthing arrangement was also included in the installation. In addition, instructions on how the test installation is used for verification testing in a laboratory were drawn up.</p>		
Keywords		
initial verification, verification test, electrical installation, standards		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	UUSI PIENJÄNNITESÄHKÖSTANDARDI SFS 6000.....	7
2.1	Suojaus sähköiskulta.....	7
2.2	Suojaus palolta.....	8
2.3	Erottaminen.....	10
2.4	Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen.....	10
2.5	Kaapeleiden kuormitettavuus.....	10
2.6	Erottamiseen, kytkemiseen, ohjaukseen ja valvontaan käytetyt laitteet.....	10
2.7	Muut sähkölaitteet.....	11
2.8	Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset.....	12
2.9	Täydentävät vaatimukset.....	15
2.10	Suojaus ylijännitteeltä.....	16
2.10.1	Tarpeen ratkaiseminen.....	16
2.10.2	Valinta ja liittäminen asennukseen.....	17
2.10.3	Mitoitus.....	21
3	SÄHKÖTARKASTUKSIA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	22
3.1	Sähköturvallisuuslaki.....	22
3.2	Käyttöönottotarkastus.....	24
3.3	Varmennustarkastus.....	24
3.4	Määräaikaistarkastus.....	25
3.5	Kunnossapitotarkastus.....	26
4	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS.....	27
4.1	Aistinvarainen tarkastus.....	28
4.2	Testaaminen mittaamalla.....	33
4.2.1	Suojajohtimen jatkuvuus.....	34
4.2.2	Eristysresistanssi.....	36
4.2.3	Syötön automaattinen poiskytkentä.....	40

4.2.4	Lisäsuojaus.....	41
4.2.5	Kiertosuunta.....	42
4.3	Toimintatestit	42
4.4	Jännitteen alenema	42
4.5	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja.....	42
5	OPETUSYMPÄRISTÖ KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUKSEEN.....	44
5.1	Kaupalliset vaihtoehdot.....	44
5.2	Testilaitteiston luonnostelu	46
5.3	Laittevalinnat	47
5.4	Mittausten aikainen sähköturvallisuus	51
6	POHDINTA.....	51
	LÄHTEET.....	54
	LIITTEET	

Liite 1. Keskuskaavio

Liite 2. Testiasennuksen mittauspöytäkirja

Liite 3. Käyttöönottomittausten työohje

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä perehdytään uusien sähkömääräysten mukaisen pienjännitteisen kiinteistösähköasennuksen käyttöönottotarkastukseen. Tarkoituksena on toteuttaa opetustyötä tukeva pieni sähköasennus, jota voidaan käyttää koulun sähkölaboratoriossa käyttöönottotarkastuksen harjoitteluun. Käyttöönottotarkastuksella on suuri merkitys erityisesti pienikiinteistöjen sähköturvallisuudelle, sillä muuta tarkastusta ei näiltä kohteilta vaadita. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto suorittaa viiden vuoden välein pistotarkastuksia pienikiinteistöjen sähköasennuksille sekä käyttöönottotarkastuksille. Vuonna 2016 (Tukes 2017a) tehdyn viimeisimmän tarkastuksen tulokset olivat huonommat kuin edellisillä kerroilla.

Uusi sähköturvallisuuslaki astui voimaan 1.1.2017 ja saman vuoden syksyllä uudistui myös pienjännitesähköasennuksia koskeva standardisarja SFS 6000. Työssä tarkastellaan aluksi sähkömääräyksissä tapahtuneita muutoksia, joita rakennettavan testiasennuksenkin tulee noudattaa. Uudistuneet kohdat haetaan vertaamalla vanhoja määräyksiä rinnakkain uusien kanssa. Muutoksia on runsaasti, joten tässä pyritään tuomaan esille niistä vain merkittävimmät. Esimerkiksi Suomessa harvemmin käytetyt IT- ja etenkin TT-maadoitusjärjestelmät jätetään vähemmälle huomiolle.

Kirjallisuuden pohjalta tutustutaan myös sähkö tarkastukseen liittyvään lainsäädäntöön ja tehdään kustakin tarkastuksesta lyhyt yhteenveto. Pienjännitestandardin osan kuusi käyttöönottotarkastukseen paneudutaan yksityiskohtaisemmin ja käyttöönottotarkastuksen eri vaiheet esitellään standardin suosittelemassa järjestyksessä.

Lopuksi pohditaan opetuskäyttöön soveltuvan mutkattoman testiasennuksen rakennetta ja perustellaan tehtyjä laitevalintoja. Asennukselle tehdään käyttöönottomittaukset ja laaditaan avustava ohjeistus laboratoriotyön suorittamiselle.

2 UUSI PIENJÄNNITESÄHKÖSTANDARDI SFS 6000

Sähköteknisestä standardoinnista Suomessa huolehtii SESKO ry. SESKO on Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n jäsen, jonka oma jäsenistö koostuu talouselämän edunvalvontajärjestöistä, aatteellisista yhdistyksistä, viranomaisista ja tutkimus- sekä testaustyötä tekevistä osapuolista. SESKO seuraa ja osallistuu kansainvälisen (IEC) sekä Eurooppalaisen (CENELEC) standardisointijärjestön työhön. Järjestö on nimittänyt omia standardointikomiteoitaan (SK) laatimaan sähköalan SFS-standardeja kansallisesti tärkeille alueille. Pienjännitesähköasennusstandardeista vastaava komitea SK 64 uusii SFS 6000 -standardisarjan viiden vuoden välein kansainvälisissä esikuvissaan ja kansallisissa tarpeissa tapahtuneita muutoksia vastaavaksi. Viimeksi tällainen päivitys tehtiin vuoden 2017 lopulla. (SESKO ry. 2018.) Päivityksessä viittaukset kansallisiin ja kansainvälisiin määräyksiin on tarkistettu ja esimerkiksi viittauksia laitestandardeihin on myös lisätty. Seuraavissa alaluvuissa luodaan katsaus joihinkin muuttuneisiin kohtiin. Alaluvut on nimetty asianomaista standardia kuvaavasti, ja ne esitellään standardien numerointia vastaavassa järjestyksessä. Tarkempaa vertailua varten on tutkittava rinnan vanhoja ja uusia määräyksiä.

2.1 Suojaus sähköiskulta

TN-järjestelmässä 230 V nimellisellä vaihtojännitteellä äärijohtimesta maahan sallitaan enintään 0,4 s poiskytkentäaika ryhmäjohtoille, joiden suojalaitteiden mitoitusvirta on korkeintaan 32 A kiinteästi asennettuja laitteita ja korkeintaan 63 A pistorasioita syötettäessä. Vanha standardi ei tehnyt eroa pistorasioiden suhteen, vaan rajasi ylivirtasuojauksen aina 32 A. Tasajännitteelle käytetään vastaavassa tilanteessa uutena poiskytkentäaikana enintään 1 s. (SFS 6000-4-41:2017, 8-9.)

Aina ei syötön automaattinen poiskytkentä ole mahdollista. Tällainen tilanne syntyy, jos syötetään elektronista laitetta, jonka oikosulkuvirta on rajoitettu, tai vaadittua poiskytkentäaikaa ei saavuteta suojalaitteella. Kun vika sattuu jännitteisen johtimen ja maan välillä, pitää elektronisen teholähteen lähtöjännitteen laskea alle 50 V vaihtojännitettä tai alle 120 V tasajännitettä ajassa, joka vaadittaisiin automaattiselta poiskytkennältä. Vaihtoehtona on suojaavan lisäpotentiaalintasauksen käyttäminen. (SFS 6000-4-41:2017, 29.)

Asuntojen ja niihin liittyvien piha-alueiden valaisimia syöttävät vaihtosähköllä toimivat ryhmäjohtot on lisäsuojattava enintään 30 mA vikavirtasuojalla. Aikaisemmin vaadittiin lisäsuojaus vaihtosähköllä toimiville ja maallikoiden käytettäviksi tarkoitetuille enintään 20 A pistorasioille. Uudessa määräyksessä puhutaan tässä yhteydessä 32 A pistorasioista. (SFS 6000-4-41:2017, 9.)

2.2 Suojaus palolta

Euroopan unionin rakennustuoteasetuksen (CPR = Construction Product Regulation) myötä on 1.7.2017 otettu käyttöön uusi kaapeleiden paloturvallisuutta koskeva luokitus. Virransyöttö-, ohjaus- ja tiedonsiirtokaapeleita koskevassa standardissa SFS-EN 50575 määritellään paloteknistä käyttäytymistä koskevat suoritustasovaatimukset sekä testi- ja arviointimenetelmät em. kaapeleille. Kaapeleiden sähköisiin vaatimuksiin CPR ei ota kantaa. Tuotteeseen kiinnitetyllä CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa, että kaapeli täyttää sitä koskevat vaatimukset ja paloturvallisuus on testattu CPR-hyväksytyin testauslaitoksen toimesta. (Kautto 2016, 24-32.) CPR:n myötä EU:n alueelle on määritetty paloluokat A_{ca} , $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca} , D_{ca} , E_{ca} ja F_{ca} (alaindeksi ca = cable) sekä näitä koskevat vaatimukset. Paloluokka kertoo, kuinka herkästi kaapeli syttyy ja levittää paloa. Lähes kokonaan palamattomista aineista valmistetut kaapelit kuuluvat luokkaan A_{ca} ja kaapelit, joiden palo-ominaisuuksia ei tunneta tai eivät täytä edes luokan E_{ca} vaatimuksia lasketaan luokkaan F_{ca} . Luokkia $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca} ja D_{ca} tarkennetaan vielä lisäluokilla savunmuodostukselle (s = smoke production), palavien pisaroiden putoamiselle (d = droplets) sekä halogeenittomuudelle (a = acidity). Yhdenmukaisesta luokituksesta ja vaatimusten määrittelystä huolimatta kukin EU maa päättää kansallisesti, minkä paloluokan kaapeleita missäkin käyttökohteessa vaaditaan käytettävän. (Kautto 2016, 27-28.)

Ellei erikseen muuta vaadita, käytetään Suomessa vähintään E_{ca} luokan kaapeleita. Uloskäytävissä ja lääkintätiloissa pitää käyttää vähintään luokan C_{ca} -s1,d1,a2 kaapeleita. Tiloissa, joissa voi oleskella paljon ihmisiä ja tilasta poistuminen on hidasta, sekä maa- ja puutarhatalouden rakennuksissa suositellaan käytettäväksi vähintään D_{ca} -s2,d2,a2 -luokan kaapeleita. (SFS 6000-5-

52:2017, 73.) Kaapeleiden paloluokitus SFS 6000 -sarjan standardeissa on päivitetty kauttaaltaan CPR-mukaiseksi.

Esimerkiksi löysät liitokset sekä jännitteisten johtimien väliset eristysviat voivat johtaa valokaariin ja aikaa myöten tulipaloihin. Ylivirta- ja vikavirtasuojat eivät havaitse etenäkään sarjavalokaarivikaa, koska siinä ei synny vuotovirtaa jännitteisestä johtimesta maahan. Myös rinnakkaisvalokaarella vaihe- ja nollajohdinten välinen virta voi rajoittua alle ylivirtasuojan toimintavirran. Valokaarivikasuoja (AFDD = Arc Fault Detection Device) monitoroi ja analysoi jatkuvasti virtaa sekä jännitettä etsien satunnaisia ja odottamattomia mutta pysyviä muutoksia aaltomuodossa. AFDD käyttää erityistä algoritmia erottaakseen harmitoman, esimerkiksi kytkimen aiheuttaman kipinän, vaarallisesta valokaaresta. Valokaarivikasuojaa suositellaan käytettäväksi suojaamaan ryhmäjohtoja makuuhuoneissa sekä tiloissa, joissa on palovaara tai korvaamattomia esineitä. Valokaarivikasuoja on asennettava suojattavan ryhmäjohtoon alkupäähän, ja se voi olla itsenäinen yksikkö, joka valokaarivian havaittuaan kykenee avaamaan suojattavan piirin, tai se voi toimia yhdessä erillisen johdonsuojakatkaisijan tai vikavirtasuojan kanssa antamalla tälle katkaisukäskyn. Valokaarivikasuojan yleiset vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 62606. (SFS 6000-4-42:2017, 8,16.)

Sähköliesillä on merkittävä osuus kotitalouksien palovahingoissa. Yleensä kyse on käyttäjien varomattomuudesta. Palovaroittimet toimivat tällaisessa tilanteessa joko liian hitaasti tai aiheuttavat turhia hälytyksiä. Ne eivät myöskään kykene katkaisemaan liettä virrattomaksi. Lieden tulipalovaaran vähentämiseksi suositellaan käytettäväksi SFS-EN 50615:n mukaista liesivahtia. Standardissa liesivahdit jaetaan kolmeen ryhmään:

- Ryhmä A (sammutus ja virrankatkaisu)
- Ryhmä B (virrankatkaisu)
- Ryhmä AB (virrankatkaisu ja tarvittaessa sammutus).

Liesivahdin on katkaistava virta ennen palon syttymistä ja ennen kuin liedon lämpötila nousee 320 °C sekä annettava vähintään 65 desibelin varoitusääni. (SFS 6000-4-42:2017, 8; Innohome Oy s.a.)

2.3 Erottaminen

Vanha SFS 6000-5-53 luku 537 on siirretty uuteen standardiin SFS 6000-4-46, joka pitää sisällään määräyksiä vaarojen poistamiseksi tarvittavasta erottamisesta, piirien ohjaamisesta, poiskytkennästä mekaanisen huollon ajaksi sekä hätäpoiskytkennästä.

2.4 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen

Muun syyn kuin sähköiskulta suojaamisen vuoksi tehdyn toiminnallisen maadoituksen maadoitusjohtimen (FE) tunnusväriksi suositellaan vaaleanpunaista väriä. Johtimen päihin tehty värimerkintä riittää. Tasasähköjärjestelmän L+johtimen tunnusväriksi suositellaan punaista ja L-johtimen tunnusväriksi valkoista väriä. (SFS 6000-5-51:2017, 8.)

2.5 Kaapeleiden kuormitettavuus

Uusitussa SFS 6000-5-52 -standardissa on kuormitettavuustaulukoiden sisältöä monin tavoin tarkennettu ja laajennettu. Taulukkoarvojen laskennassa on käytetty IEC:n ja CENELEC:n mukaisia arvoja lämpötiloille sekä maan lämpöresistiivisyydelle. Vähentämällä kansallisia poikkeavuuksia helpotetaan standardointia ja kansainvälisten projektien toteuttamista. Uutena lämpötilana ilma- ja maan lämpötiloille käytetään 30 °C ja maahan asennetuille 20 °C. Maan lämpötilaresistiivisyytenä käytetään arvoa 2,5 K m/W. Suomessa tosin jakeluverkkojen kaapeleiden kuormitettavuus arvioidaan edelleen käyttäen maan lämpötilana 15 °C ja lämpöresistiivisyytenä 1,0 K m/W. Tämän vuoksi uuteen SFS 6000-8-801 -standardiin on lisätty liite 801B, joka sisältää valmiiksi laskettuja kuormitettavuusarvoja jakeluverkoissa tyypillisesti käytetyille kaapeleille. (SFS 6000-5-52:2017.)

2.6 Erottamiseen, kytkemiseen, ohjaukseen ja valvontaan käytetyt laitteet

Standardi SFS 6000-5-53 on täysin uudistunut eurooppalaisten esikuviansa pohjalta. Asiasisältö on aikaisempaan verrattuna runsaampi, tarkempi ja uudella tavalla jäsenneilty. Esimerkiksi eri kytkin- ja suojalaitteiden yhteen sovitaminen selektiivisyyden, oikosulku- ja ylikuormitussuojauksen suhteen on varsin kattavasti esitetty. Valvontalaitteiden valintaa ja käsittelyä koskeva luku

on lisätty uutena asiana. Liitteeseen 537A on koottu erottamiseen ja kytkentään käytettävien laitteiden laitestandardit sekä tieto laitteiden soveltumisesta erottamiseen, käyttökytkentään, ohjaukseen sekä hätäpoiskytkentään. (SFS 6000-5-53:2017, 43-56, 59-62, 81-82.)

Vikavirtasuojaukseen käytettyjen laitteiden nimikkeet ja valinta laitteen luokse päästävyuden (maallikot, ammattihenkilöt ja opastetut henkilöt) perusteella on selostettu. Vikavirtasuojan ei-toivottua laukaisua ehkäiseviä toimenpiteitä on tarkennettu ja koostettu. Liitteeseen 531A on lisätty tietoa puolijohteita sisältävien järjestelmien vikavirroista ja niiltä suojaavista vikavirtasuojatyypeistä. (SFS 6000-5-53:2017, 15-16, 69-70.)

Vaatimukset ylikuormitussuojauksessa huomioitavista harmonisten virtojen vaikutuksista on lisätty. Kolmivaiheisen piirin nollajohtimen ylivirtaa voidaan joutua valvomaan, jotta saadaan tarvittaessa aikaan äärijohtimien poiskytkentä. Vaihtoehtona on mitoittaa kaapelin kuormitettavuus yliaalloista johtuvalla korjauskertoimella sekä valita pienemmän nimellisvirran suojalaitteet. (SFS 6000-5-53:2017, 22.)

Oikosulkusuojien valinnan yhteydessä määritellään käsitteet äärimmäinen oikosulkuvirran katkaisukyky (I_{cu}), oikosulun mitoituskatkaisukyky (I_{cn}) ja käytönaikaisen oikosulun mitoituskatkaisukyky (I_{cs}). Myös oikosulkuvirran vaikutusta varokkeiden ja katkaisijoiden poiskytkentäaikaan on selitetty. (SFS 6000-5-53:2017, 22-24.)

2.7 Muut sähkölaitteet

Standardiin SFS 6000-5-55 on lisätty uusi luku 557 koskien sellaisia ohjauspiirejä, joita ei ole käsitelty muissa standardeissa. Ohjauspiirin tarkoituksena on pääpiirin toiminnallisen tilan valvontaan, mittaukseen, ilmaisuun tai ohjaukseen tarkoitettujen viestien lähettäminen. Luvussa käsitellään mm. ohjauspiirien tehonsyötön, maadoituksen, kaapeloinnin ja suojauksen valintaa sekä vaikutusta turvallisuuteen ja toimintavarmuuteen. (SFS 6000-5-55:2017, 12-19.) Uudessa liitteessä 55C esitetään lisävaatimuksia itsenäisten generaattoreiden suojaamiseksi automaattisen poiskytkennän ja sähköisen erotuksen avulla. Määräyksessä käydään läpi myös erillisten generaattoreiden käynnistämistä

sekä sähköverkosta erotetun kiinteän asennuksen syöttämistä generaattorilla. (SFS 6000-5-55:2017, 27-30.)

2.8 Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset

Kosteat tilat

Viime aikoina lisääntyneet ulos asennettavat kylpytynnyrit ja poreammeet on otettu huomioon. Ulkotiloissa on suihkujen, porealtaiden sekä kylpytynnyreiden lähellä olevat ryhmäjohdot, jotka voivat syöttää alueille 0, 1 ja 2 sijoitettuja sähkölaitteita suojattava mitoitusvirraltaan korkeintaan 30 mA vikavirtasuojalla (SFS 6000-7-701:2017, 7).

Maa- ja puutarhatalouden tilat

Maa- ja puutarhatalouden tilojen ryhmäjohdot suositellaan suojaamaan valokaarivikasuojilla. Vanhassa määräyksessä sallitaan pistorasioiden olevan mitoitusvirraltaan korkeintaan 20 A, nykyisin arvo on 16 A (SFS 6000-7-705:2017, 8, 11).

Lääkintätilat

Valokaarivikasuojien käyttö on kielletty ryhmän 2 lääkintätilojen ryhmäjohtoissa. Lääkintätilojen johtojärjestelmissä on käytettävä vähintään CPR-luokan Cca-s1,d1,a2 -vaatimukset täyttäviä kaapeleita. Pistorasioille suositeltuihin tunnusväriin on lisätty DRUPS-järjestelmälle violetti väri (RAL 4008). (SFS 6000-7-710:2017, 13, 30.)

Aurinkosähköjärjestelmät

Aikaisempi valosähköisiä järjestelmiä käsittelevä määräys oli sisällöltään niin suppea, että SFS 6000-7-712 on käytännössä täysin uusi standardi. Standardin soveltamisalasta on rajattu pois energiaa varastoivat järjestelmät. Aurinkosähköjärjestelmien mitoituksessa on otettu käyttöön uusina käsitteinä suurin tyhjäkäyntijännite ($U_{OC\ MAX}$) ja suurin oikosulkuvirta ($I_{SC\ MAX}$), joiden laskentaa on selitetty liitteessä B. Jännitteen laskennassa on huomioitu asennuspaikan

lämpötilan vaihtelun sekä aurinkosähköpaneelin teknologiasta riippuvan lämpötilakertoimen vaikutus paneelin tyhjäkäyntijännitteeseen. Virta lasketaan korottamalla vähintään 25 % standardiolosuhteissa (STC) ilmoitettua oikosulkuvirran arvoa. Aikaisemmin on käytetty suoraan STC-arvoja. (SFS 6000-7-710:2017, 6, 24-25.)

Tasasähköosaan vaaditaan eristystilan valvontalaite. Jos käytetty paneelityyppi edellyttää tasasähköosan toisen äärijohtimen toiminnallista maadoitusta, on mahdolliselta maadoitusvialta suojauduttava sijoittamalla automaattinen erotuslaite sarjaan toiminnallisen potentiaalintasausjohtimen kanssa. Standardissa on kuvattu, kuinka paneeliketjujen lähtö- ja paluujohtimien ylivirtasuojaus mitoitetaan ja millä laitteilla se voidaan toteuttaa. Samoin on kerrottu paneeliketju-, osapaneelisto- sekä paneelistaakaapeleiden kuormitettavuuden (I_z) mitoitus. Jos vaihtosähköpiiri suojataan vikavirtasuojilla, on käytettävä B-tyypin vikavirtasuojia. (SFS 6000-7-710:2017, 11-21.)

Aurinkosähköjärjestelmien ylijännitesuojaus poikkeaa tavanomaisessa pienjänniteasennuksessa käytetystä. Standardissa on selitetty riskiarvioinnin laskenta, kuinka suojat sijoittuvat asennuksen eri osiin ja missä tilanteessa käytetään minkä tyyppistä suojaa. Liitteessä C on ylijännitesuojausta havainnollistava kuva sekä taulukoitu kooste suojien sijoittamisesta. (SFS 6000-7-710:2017, 18-20, 26.)

Tasasähköosan laitteita on aina pidettävä jännitteisinä, ja takajännitevaarasta tulee varoittaa pysyvällä merkinnällä paikoissa, joihin jännite voi tulla yllättävästä suunnasta. Tämän lisäksi käyttöön on otettu uusi merkki, jolla aurinkosähköjärjestelmän olemassaolosta ilmoitetaan asennuksen liittymiskohdassa, energiamittarin sijaintipaikalla ja vaihtosuuntaajan syöttämässä keskukassa. (SFS 6000-7-710:2017, 15-16.)

Kalusteet

Aikaisemmin kalusteen sähkölaitteiden suurimmaksi kokonaiskuormitusvirraksi ilmoitettiin 16 A, nyt sallitaan 32 A. Kalusteen sähköasennus on suojattava mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. (SFS 6000-7-713:2017, 5-

6.) Pois on jätetty johtimien poikkipintaa sekä valaisimia ja muita sähkölaitteita koskevat vaatimukset.

Sähköajoneuvot

Julkisilla paikoilla sijaitsevien latausasemien pitää kestää luokan IK10 mukainen ulkoinen isku. Paikoilla, joihin on rajoitettu pääsy, vaaditaan IK07-, mutta suositellaan IK08-luokan iskunkestävyyttä. Latausaseman pistorasiatyyppejä koskevia määräyksiä on täsmennetty. Latausaseman etäisyyden räjähdysvaaralliseksi luokiteltuun tilaan on oltava vähintään 10 m, ja asema on rakennettava niin, ettei latauskaapeli voi vahingoittua yliajon tai maaperän karkeuden vuoksi. (SFS 6000-7-722:2017, 9, 11-12.)

Jakokeskukset

Sähkökeskuksen arvokilvessä vaaditaan CE-merkintä. Erikseen opastettua henkilöä koskevana suosituksena on lisätty, että kahvasulakkeet tulisi voida vaihtaa jännitteettömänä. Johdonsuojakatkaisijan, vikavirtasuojakytkimen ja vikavirtajohdonsuojakatkaisijan käyttöä pienivirtaisen keskuksen erottamiseen on täsmennetty laitestandardeilla. Liitteestä 729X on jätetty pois luvut keskuksen oikosulunkestävyydestä sekä laitteiden sijoittamisesta. (SFS 6000-7-729:2017, 12-14.)

Lämmitysjärjestelmät

Liite 753X (muut lämmitysjärjestelmät) on jätetty pois ja soveltamisalaa on laajennettu kattamaan sähköiset sulatus- ja jäätyminenestolämmitykset sekä seinälämmitykset (SFS 6000-7-753:2017, 5). Kansainvälisestä esikuvasta poiketen, Suomessa ei vaadita katto- ja seinäelementeille suojaksi maadoitettua metalliverkkoa. Ainoastaan johtavaa suojavaippaa vailla olevat seinälämmityselementit tarvitsevat silmäkooltaan 3 mm metalliverkon syötön automaattisen poiskytkennän varmistamiseksi. Vikavirtasuojat eivät saa olla aikahidastettuja, ja niiden valinnassa ja asennuksessa on huomioitava normaalisti odotettavissa oleva vuotovirta tarpeettomien poiskytkentöjen välttämiseksi. Sähkölämmitysjärjestelmät on valittava ja asennettava siten, että vältetään kaikki

haitalliset vaikutukset lämmitysjärjestelmän ja muiden järjestelmien kesken. (SFS 6000-7-753:2017, 7-9.)

2.9 Täydentävät vaatimukset

Jakeluverkot

Jakeluverkkojen kaapeleihin ei sovelleta luvussa 2.2 käsiteltyä CPR-mukaista paloluokitusta. Jakeluverkosta saa tuoda luokan F_{ca} tai luokittelemattoman kaapelin rakennuksen sisälle omaan palo-osastoonsa. Muuhun palo-osastoon sijoitettuna saa kaapelin rakennuksen sisälle jäävä osuus olla enintään 5 m. Jakeluverkon kaapeleiden kuormitettavuutta arvioitaessa on verkon haltijalla mahdollisuus käyttää maan lämpötilalle ja maan lämpöresistiivisyydelle parhaimmiksi katsomiaan arvoja. Määräyksen uudessa liitteessä 801B esitellään kaapeleiden kuormitettavuusarvot tyypillisissä olosuhteissa. Uutena liitteenä julkaistaan myös 801C, jossa tarkastellaan tasasähköjärjestelmän käyttöä jakeluverkossa. (SFS 6000-8-801:2017, 9-18.)

Korjaus-, muutos- ja laajennustyöt

SFS 6000-8-802:2017:n liitteessä 802B määritellyissä vaarattomien käyttöolosuhteiden tiloissa tulee 0-luokan kattovalaisimen tai pistorasian vaakasuoran etäisyyden olla maadoitetuista osista vähintään 2 m. Valaisimen syötön suojausiksi suositellaan 30 mA vikavirtasuojaa. Uudella määräyksellä halutaan rajoittaa uusien 0-luokan laitteiden liittämiseen tarkoitettujen pistorasioiden asentamista. Määräyksessä kielletään liitteen 802B poikkeukset, jotka ovat peräisin suoraan lainatusta vuoden 1993 sähköturvallisuusmääräyksestä. (SFS 6000-8-802:2017, 7-8.)

Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot

Määräyksessä on otettu huomioon sähköautojen korjaaminen tavanomaisen autokorjaamon tiloissa. Vaarallisesta jännitteestä on kerrottava varoituskilvellä ja erottamalla työkohte lippusiimalla. Vikavirtasuojiksi suositellaan B-tyyppin vikavirtasuojia, jotka soveltuvat kaiken tyyppisille vikavirroille. (SFS 6000-8-803:2017, 6-7.)

Pistokytkimien valinta ja asentaminen

Kotitalouksien käyttöön tarkoitettuja parannetun vesisuojauksen pistorasioita ja pistotulppia on lisätty. Samoin on lisätty maininta sähköautojen lataukseen käytettävistä pistokytkimistä. Moottoriajoneuvon lämmittimen saa liittää ainoastaan tarkoitusta vastaavalla kaapelilla, joka kestää käsittelyä vähintään -40 °C pakkasissa. Sähköautojen latausliitännässä käsittelylämpötila voi olla -35 °C tai alempi. Jatkojohtojen kaapelityypit laitestandardeineen sekä niiden käyttöolosuhteet on selitetty yksityiskohtaisemmin. Taulukkoa 813.1 on uudistettu kuvaamaan eri poikkipinta-aloilla varustettujen PVC- ja kumieristeisten kupari-kaapeleiden kuormitettavuutta vapaasti ilmassa, ympäristön lämpötilassa 30 °C. Asennuspistoliittimiä koskevat määräykset on tuotu standardista SFS 6000-8-812 ja sähköajoneuvojen pistokytкимиä koskeva osa on siirretty standardiin SFS 6000-7-722. (SFS 6000-8-813:2017, 7-10.)

2.10 Suojaus ylijännitteeltä

Vaatimukset ylijännitesuojauksen käytölle ovat kiristyneet myös Suomessa, vaikka vuotuisia ukkospäiviä on vähemmän kuin useimmissa muissa maissa. Ylijännitesuojat haluttiin liittää myös käyttöönottotarkastusta varten rakennettavaan testiasennukseen, koska niiden käyttö yleistyy ja suojat on erikseen huomioitava käyttöönottotarkastuksessa. Tämän johdosta ylijännitesuojaukseen liittyvää tarvemääritystä sekä mitoitusta käydään seuraavissa alaluvuissa läpi muita standardimuutoksia tarkemmin.

2.10.1 Tarpeen ratkaiseminen

Uudistuneen pienjännitestandardin mukaan muualla kuin kaupunkiympäristössä voidaan tarvita sähköasennusta suojaavia ylijännitesuojia myös maakaapeloidun verkon liittymissä. Kaupunkiympäristöllä tarkoitetaan tiheää asutusta, jossa on isoja rakennuksia, ja taajamaympäristöksi luetaan kaupungin laitamilla sijaitsevat pientaloalueet. Maaseutu ympäristön rakennustiheys taas on taajamaakin pienempi. Määräysten mukaan ylijännitesuojaus pitää toteuttaa taajama- ja maaseutu ympäristössä aina kun liitytään ilmajohtoverkkoon. Maakaapeloidussa verkossa suojaus on oltava, jos kyse on turvajärjestelmistä tai terveydenhuollosta, julkisten palveluiden rakennuksista, liiketiloista tai koh-

teista, joissa on suuria ihmismääriä (esim. koulut tai kokoontumistilat). Ylijännitesuojauksesta voidaan luopua, jos riskienarvioinnilla voidaan osoittaa, ettei tarvetta ole. (SFS 6000-4-44:2017, 12-13.)

Jos riskitaso (CRL) ilmastollisista syistä johtuville ylijännitteille on alle 1000, ylijännitesuojaus vaaditaan. Muussa tapauksessa se voidaan jättää pois. Koska kytkennästä aiheutuvien ylijännitteiden amplitudi tapaa olla matalampi kuin ilmastollisista syistä syntyneiden, kattaa jyrkkien transienttiylijännitteiden suojaus myös loivat transienttiylijännitteet. CRL lasketaan kaavalla 1.

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_p \cdot N_g} \quad (1)$$

jossa f_{env} on ympäristökerroin, jonka arvo on maaseutu- ja taajamaympäristössä sijaitsevalle asunnolle tai vapaa-ajan asunnolle 255 ja muille rakennuksille 85. Kaupunkiympäristössä käytetään kymmenkertaisia arvoja.

L_p (maksimiarvo voi olla 1 km) tarkoittaa etäisyyttä asennuksen liittymiskohdasta jakeluverkon lähimpään ylijännitesuojaan, ja lasketaan kaavasta 2.

$$L_p = 2 \cdot L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 \cdot L_{PAH} + 0,2 \cdot L_{PCH} \quad (2)$$

jossa	L_{PAL}	pienjänniteilmajohdon pituus	[km]
	L_{PCL}	pienjännitemaakaapelin pituus	[km]
	L_{PAH}	suurjännitemaakaapelin pituus	[km]
	L_{PCH}	suurjännitemaakaapelin pituus	[km]

N_g kertoo, kuinka monta salamaniskua neliökilometriä kohden asennuksen sijaintipaikalla vuosittain tyypillisesti koetaan.

2.10.2 Valinta ja liittäminen asennukseen

Sähkölaitteet on luokiteltu taulukon 1 mukaisesti neljään ylijänniteluokkaan niiden impulssiylijännitekestävyyden perusteella.

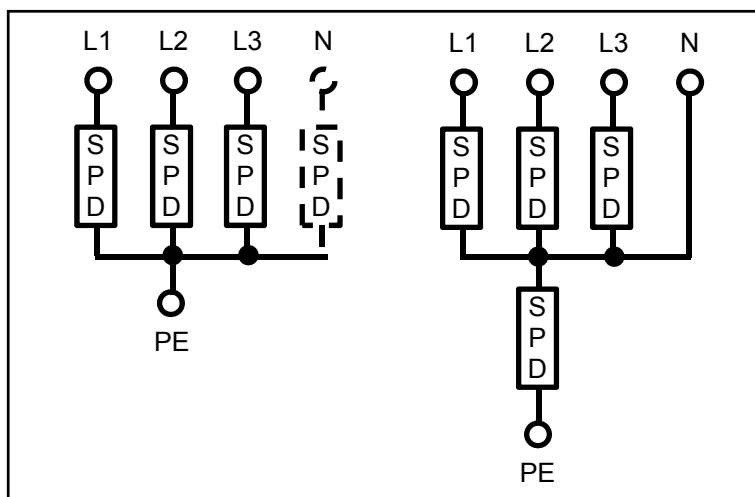
Taulukko 1. Laitteiden impulssiylijännite (U_w) kestävydet (SFS 6000-4-44:2017, 16)

Laitteille vaadittu impulssiylijännitteen kestävyys kV				
Asennuksen nimellisjännite V	Ylijänniteluokka IV	Ylijänniteluokka III	Ylijänniteluokka II	Ylijänniteluokka I
	Esim. energia- mittarit, kauko- ohjausjärjestelmät	Esim. jakokes- kukset, kytki- met, pistorasiat	Esim. jakelu- laitteet, kotita- louslaitteet, työkalut	Esim. herkät elektroniset laitteet
120/208	4	2,5	1,5	0,8
230/400	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	12	8	6	4
1500 DC	15	10	8	6

Ylijänniteluokittelun avulla voidaan toteuttaa porrastetusti transientteja alentava suojaus. Ylijännitesuojien käytöllä pyritään varmistamaan, ettei sähkölaitteelle luvattua impulssiylijännitteen ylärajaa U_w ylitetä.

Ylijännitesuojat täytyy asentaa ainakin mahdollisimman lähelle asennuksen liittymiskohtaa. Riittävän suojaustason varmistamiseksi voidaan liittää lisää ylijännitesuojia esimerkiksi jakokeskukseen ja pistorasiaan. Suojat jaetaan kolmeen pääkategoriaan. Tyypin 1 suojat ovat tarkoitettu suoran salamaniskun tuottaman osittaisen salamavirran torjuntaan, ja ne sijoitetaan yleensä sähköasennuksen liittymäpisteeseen, esimerkiksi pääkeskukseen. Suojaavana komponenttina toimii yleensä kipinäväli ja niitä koestetaan 10/350 μ s aaltomuodon (10 μ s nousuaika / 350 μ s maksimiampitudin puolittumiseen) salamavirralla. Tyypin 1 suoja vaaditaan aina ulkoisen salamasuojauksen kanssa. Tyypin 2 ylijännitesuojat suojaavat sähköverkon kautta tulevilta salama- ja kytkentäylijännitteiltä. Niitä käytetään tyypillisesti jakokeskuksissa, mutta myös pääkeskuksessa silloin, kun salamavirta ei pääse etenemään suoraan rakennuksen ulkoisen salamasuojausjärjestelmän tai ilmajohtojen kautta. Tyypin 2 suojat toteutetaan metallioksidivaristoreilla, ja niiden ei tarvitse kestää salamavirran energiaa, vaan niitä testataan purkausvirran 8/20 μ s pulsseilla. Tyypin 3 suojat ovat lähinnä yksittäisiä herkkiä laitteita varten. Näissä käytetään sarjaan kytkettyä kaasupurkausputkea katkaisemaan metallioksidivaristorin

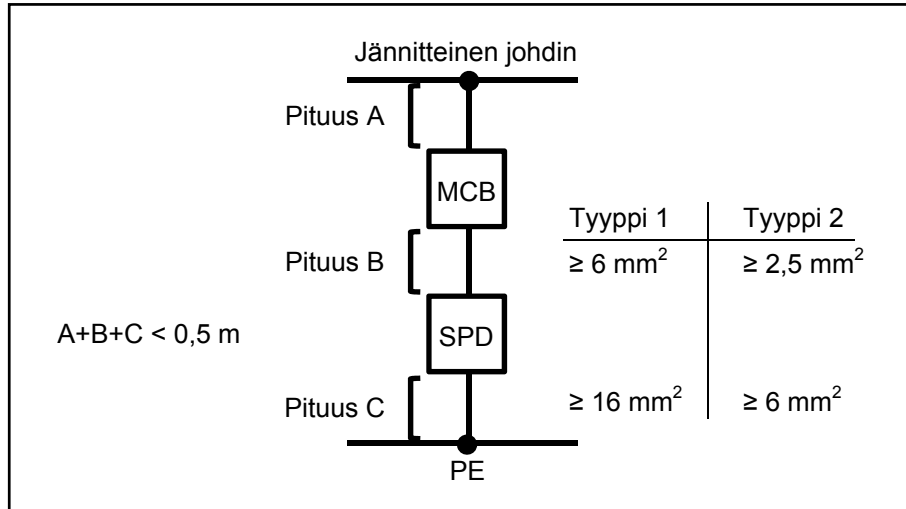
vuotovirta, jotta vältetään vikavirtasuojan tarpeettomalta laukeamiselta. Lisäksi on olemassa yhdistelmäsuojia, jotka voivat käsittää samassa kotelossa olevat tyyppin 1 ja 2 tai tyyppin 2 ja 3 suojat. (SFS 6000-4-44:2017; Sähkötieto ry. 2011.)



Kuva 1. Ylijännitesuojan (SPD = Surge Protection Device) liitântätyyppi CT1 (vasemmalla) ja Liitântätyyppi CT2 (oikealla)

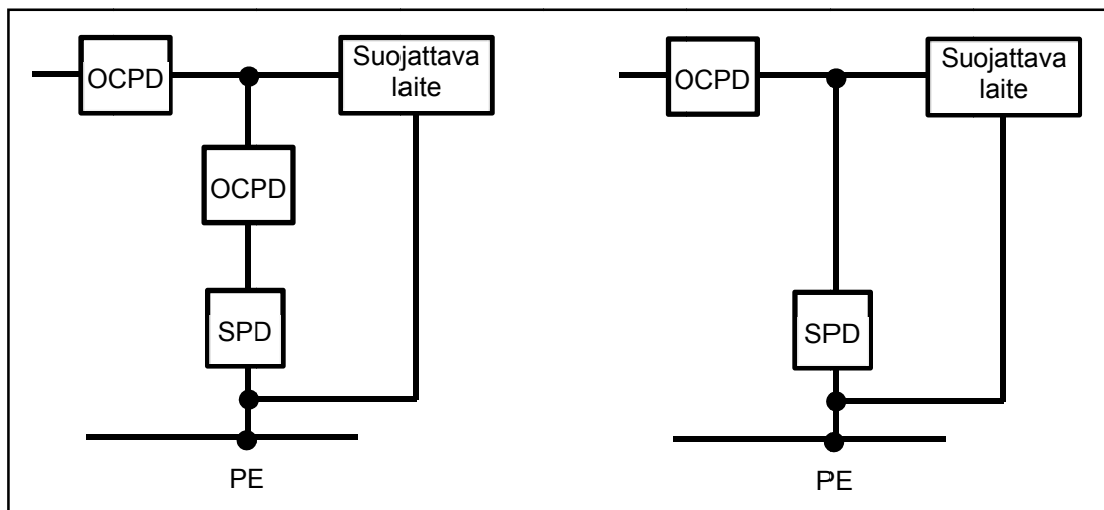
Ylijännitesuojien liitântätyyppinä käytetään joko CT1 tai CT2 (kuva 1). CT1-liitântätyypin mukaisessa asennuksessa suoja sijoittuu kunkin jännitteisen johtimen ja maan välille. Silloin kun PE ja nolla ovat erillään, myös nollajohtin lasketaan jännitteiseksi johtimeksi. CT2 puolestaan toteuttaa suojauksen kunkin äärijohtimen ja nollajohtimen välillä sekä nollajohtimen ja suojajohtimen välillä.

Tyyppin 1 suojan ja maadoituksen välillä on käytettävä vähintään 16 mm^2 Cu ja tyyppin 2 tapauksessa 6 mm^2 Cu. Jännitteisten kuparijohtimien minimi poikkipinta-alat ovat 6 mm^2 tyyppille 1 ja $2,5 \text{ mm}^2$ tyyppille 2. Johtimien pituuksilla on huomattavan suuri merkitys suojan toimivuuden kannalta. Yhden vaiheen yhteenlaskettu johdinpituus jännitteisestä johtimesta ylivirtasuojan ja ylijännitesuojan kautta maahan ei saisi ylittää 0,5 m (kuva 2). Metrin pituisessa kaapelissa 10 kA 8/20 μs purkausvirta pudottaa jännitesuojaustasoa peräti kilovolttin verran. (SFS 6000-4-44:2017.)



Kuva 2. Ylijännitesuojan (SPD) ja johdonsuojakatkaisijan (MCB = Miniature Circuit Breaker) johtimien mitoitus

Ylijännitesuojan elinikä on rajallinen ja vaihtelee luonnollisesti suojan kestävyden ja sitä koettelevien transienttien voimakkuudesta ja tiheydestä. Keskimäärin 40 kA tyyppin 2 suojalle on arvioitu 20 vuoden elinaika, mutta se voi vällän hyvin olla myös 5 tai 30 vuotta. Lopullisesti vioittuessaan suoja voi jäädä oikosulkuun, joten se pitää suojata ylivirroilta. Suojissa voi olla visuaalinen indikointi ilmaisemassa vaihtohetkeä tai hälytyskosketin, jonka avulla tieto saadaan välitettyä valvomoon. ABB mainostaa käyttävänsä QuickSafe-tekniikkaa, mikä tunnistaa varistorin lämpenemisen toistuvien purkausten johdosta ja laukaisee varistoriin koteloidun jousivoimaisen kosketinkärjen vain hieman ennen suojakomponentin hajoamista. (ABB 2015, 12,14.) Yleensä kuitenkin suositellaan ulkoista suojausta joko varokkeella tai johdonsuojakatkaisijalla. Ylijännitesuojan valmistaja ilmoittaa, tarvitaanko ulkoista suojaa ja mikä ulkoisen ylivirtasuojan maksimiarvo saa olla. Ulkoisen ylivirtasuojan sijainti (kts. kuva 3) asennuksessa ratkaisee, varmistetaanko asennuksen jännitesyötön vai ylijännitesuojauksen jatkuvuus.



Kuva 3. Ylivirtasuojauksen (OCPD = OverCurrent Protection Device) vaihtoehdot. Vasen malli varmistaa syötön jatkuvuuden, mutta riskeeraa laitteen ylijännitesuojauksen. Oikean puoleisessa vaihtoehdossa syöttö katkeaa ylijännitesuojan vikaantuessa, mutta laite on aina kiistattomasti ylijännitesuojattuna.

2.10.3 Mitoitus

Ylijännitesuoja mitoitetaan laitevalmistajan ilmoittaman jännitesuojaustason U_p ja suojattavan laitteen impulssiylijännitekestävyyden U_w (kts. taulukko 1) mukaan. U_p on luonnollisesti oltava pienempi kuin U_w . SFS 6000-5-53 suosittaa, että U_p olisi korkeintaan 80 % ylijänniteluokan II laitteen U_w arvosta. Valmistajan ilmoittaman jatkuvan käyttöjännitteen U_c pitäisi olla riittävästi suurempi kuin sähköverkon vaiheen ja nollan välinen jännite, jotta suojan läpi ei kulkisi suotta virtaa verkon jännitevaihteluiden aikana. Yliherkkä toiminta lämmittäisi turhaan suojaa ja kuormittaisi myös verkkoa. TN-järjestelmässä U_c on oltava ainakin 1,1 kertaa vaihejännitteen arvo. Nollan ja maan välillä ei turvamarginaalia vaadita, joten U_c voi olla yhtä kuin vaihejännite. (SFS 6000-5-53:2017.)

Tyyppin 1 suojan valintakriteerinä käytetään 10/350 μ s impulssipurkausvirtaa I_{imp} . Tiettyjä erikoistapauksia, kuten ydinvoimalat, ATK-keskukset, tietoliikennemasot ja EX-tilat, lukuun ottamatta suojan tulee kestää CT1-liitännällä vähintään 12,5 kA I_{imp} L-PE ja N-PE välillä. Käytettäessä CT2-liitännätyyppiä vaaditaan L-N välille 12,5 kA sekä yksivaiheisena N-PE välille 25 kA ja kolmi-vaiheisena 50 kA I_{imp} . (SFS 6000-5-53:2017.)

Tyyppin 2 suojan valinnassa käytetään 8/20 μ s nimellistä purkausvirtaa I_n . CT1-menetelmällä liitetyn suojan I_n on oltava ainakin 5 kA L-PE ja N-PE välillä. CT2-liitettynä vaaditaan L-N välille 5 kA sekä yksivaiheisena N-PE välille 10

kA ja kolmivaiheisena 20 kA I_n . Tyyppin 2 suojille ilmoitetaan myös maksimipurkausvirta I_{max} , joka ilmoittaa suurimman 8/20 μ s virran jonka suoja kestää ainakin kerran. Suojauksen toimivuuden kannalta on hyvä, jos I_{max} ei ole paljoa suurempi kuin I_n . Purkaushetkellä suojan ylitse vaikuttava suojaustaso U_p ilmoitetaan virralla I_n , ja jos suoja kestääkin I_n nähden moninkertaisen maksimivirran I_{max} , on todennäköistä, että suojattavan laitteen U_w ylittyy ja laite hajoaa vaikka suoja säilyy ehjänä. (SFS 6000-5-53:2017; Sähkötieto ry. 2011.)

3 SÄHKÖTARKASTUKSIA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Sähköturvallisuus perustuu Suomessa eduskunnan säätämään sähköturvallisuuslakiin. Laissa (Sähköturvallisuuslaki 19.12.2016/1135 4. §) tarkoitetaan:

- 1) sähkölaitteella sähköä toimiakseen tarvitsevaa tai sähkön tuottamiseen, siirtoon taikka mittaukseen tarkoitettua:
 - a) valmista laitetta
 - b) asennustarviketta
 - c) markkinoilla saataville yhtenä toiminnallisena yksikkönä asetettua laitteiden yhdistelmää
 - d) komponenttia tai osakokoonpanoa, joka on tarkoitettu laitteen loppukäyttäjien asennettavaksi laitteeseen
- 2) sähkölaitteistolla kiinteää asennusta tai muuta vastaavaa sähkölaitteista ja mahdollisesti muista laitteista, tarvikkeista ja rakenteista koostuvaa toiminnallista kokonaisuutta.

Tässä työssä ei käsitellä sähkölaitteita, sähkö- tai käyttötyötä eikä hissiturvallisuu-
 lisuutta. Päähuomio on edellä määritellyn sähkölaitteiston sähköturvallisuudessa ja sen toteamiseksi suoritettavassa tarkastuksessa. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tämä silmällä pitäen joitakin sähköturvallisuuslainsäädännön pääkohtia.

3.1 Sähköturvallisuuslaki

Lailla varmistetaan sähkölaitteiston turvallinen käyttö sekä estetään sähkön käytöstä johtuvien sähkömagneettisten häiriöiden haittavaikutukset. Laki asettaa sähkölaitteistoille vaatimuksia sekä esittää, kuinka vaatimustenmukaisuus osoitetaan ja kuinka sitä valvotaan. (Sähköturvallisuuslaki 1. §.) Sähköturvallisuutta valvova sähköturvallisuusviranomaisena on Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes (Sähköturvallisuuslaki 88. §).

Sähkölaitteiston turvallisuudesta vastaa laitteiston haltija. Haltijan tulee huolehtia laitteiston lainmukaisuudesta ja järjestää laitteistolleen tätä tukeva ylläpito. Haltija on veloitettu seuraamaan laitteiston turvallisuutta sekä kuntoa ja korjaamaan aikailematta havaitut viat sekä poikkeamat. (Sähköturvallisuuslaki 47. §.)

Lain mukaan sähkölaitteistot tulee suunnitella, valmistaa ja huoltaa niin, etteivät ne aiheuta vaaraa hengelle, terveydelle tai liioin omaisuudelle. Sähkölaitteistojen on lisäksi oltava sähkömagneettisesti yhteensopivia, eli ne eivät saa aiheuttaa kohtuutonta häiriötä ympäristöönsä tai vastaavasti häiriintyä helposti ympäristön tuottamasta sähköisestä tai sähkömagneettisesta energiasta. Sähkölaitteistoa on myös käytettävä käyttötarkoitusta vastaavasti, jotta edellä mainittu toteutuu. (Sähköturvallisuuslaki 6. §.)

Tarkemmin sähkölaitteiston olennaiset turvallisuusvaatimukset vahvistetaan valtioneuvoston asetuksessa (Sähköturvallisuuslaki 31. § 4. mom; Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 30.12.2016/1434). Tätä täydentävät joitakin erikoistiloja, kuten lääkintä- ja räjähdysvaarallisia tiloja koskevat lisävaatimukset. Sähköturvallisuuslaki (33. § 1. mom) edellyttää Tukesin ylläpitävän luetteloa (Tukes 2018) standardeista, joita noudattamalla sähkölaitteisto täyttää nämä vaatimukset.

Sähköturvallisuuslaissa (44. §) jaetaan sähkölaitteistot kolmeen luokkaan sähkölaitteiston käyttötarkoituksen, laajuuden, nimellisvirran, nimellisjännitteen ja liittymistehon perusteella.

- 1) luokan 1 sähkölaitteisto:
 - a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa
 - b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3
- 2) luokan 2 sähkölaitteisto:
 - c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja
 - d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle ra-

kennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovoltiampeeria

3) luokan 3 sähkölaitteisto:

c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko.

Riippuen siitä, kuuluuko sähkölaitteisto luokkaan 1, 2 tai 3, sille tulee tehdä laissa määrättyjä tarkastuksia sähköturvallisuuden varmistamiseksi.

3.2 Käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteiston voi ottaa käyttöön, eli sen voi sähköistää, vasta käyttöönottotarkastuksen jälkeen. Itse käyttöönottotarkastuksessa voidaan sähkölaitteistoon kytkeä mittausten ajaksi jännite, koska kyseessä on valvottu käyttötilanne. Tarkastus on tehtävä aina sähkölaitteistoluokituksesta riippumatta. Käyttöönottotarkastuksesta huolehtii, ja sen suorittaa sähkölaitteiston rakentaja. Viime kädessä vastuu tarkastuksen teettämisestä on sähkölaitteiston haltijalla, jos rakentaja syystä tai toisesta ei hoida velvollisuuttaan. (Sähköturvallisuuslaki 43. §.) Käyttöönottotarkastajan tulee olla sähköalan ammattihenkilö sekä pätevä suorittamaan tarkastuksen (SFS 6000-6:2017, 7). Tukes ylläpitää verkkosivuillaan ajantasaista listaa urakoitsijoista, joilla on oikeus tehdä sähkötöitä.

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia pöytäkirja, joka testitulosten kera luovutetaan sähkölaitteiston haltijan käyttöön. Käyttöönottotarkastus on tehtävä aina myös muutos- ja laajennustöille, mutta tarkastuspöytäkirjaa ei vaadita vähäisiksi katsotuille töille. (Sähköturvallisuuslaki 43. §.) Nämä vähäisiksi katsotut työt, samoin kuin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisältö, ovat tarkemmin eritelty valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (4.-5. §). Käyttöönottotarkastusta käsitellään laajemmin luvussa neljä.

3.3 Varmennustarkastus

Luokkiin 1, 2 tai 3 luetuille sähkölaitteistoille tulee lisäksi suorittaa pistokokeenomainen varmennustarkastus. Tämä koskee myös merkittäviä muutos- ja laajennustöitä, jotka ovat yksityiskohtaisemmin esitetty asetuksessa 1434/2016. Tarkastuksesta huolehtii rakentaja tai sähkölaitteiston haltija, jos rakentaja syystä tai toisesta ei hoida velvollisuuttaan. (Sähköturvallisuuslaki 45. §.)

Varmennustarkastus on tehtävä joko ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa tai viimeistään kolmen kuukauden kuluessa siitä (Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 7. §). Tarkastuksen voi suorittaa Tukesin valtuuttama tarkastaja tai laitos, joiden tiedot löytyvät Tukesin verkkosivuilta.

Tarkastuksessa varmistetaan, että sähkölaitteisto vastaa niin sähköturvallisuus- kuin EMC-vaatimuksia ja että käyttöönottotarkastus on suoritettu asianmukaisesti. Erityistä huomiota kiinnitetään mahdollisiin lääkintätiloihin, räjähdysvaarallisiin tiloihin sekä palovaarallisiin tiloihin. Sähkölaitteiston haltija saa tarkastuksen tekijältä tarkastustodistuksen, joka tulee säilyttää vähintään kymmenen vuotta. Lisäksi pääkeskukseen tai vastaavaan kiinnitetään tarkastustarra osoituksena hyväksytystä varmennustarkastuksesta. (Sähköturvallisuuslaki 46. §.) Varmennustarkastustodistuksen sekä tarkastustarran sisältö on säädetty valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (8.-9. §).

Tukes ohjeessa 16/2017 havaitut puutteet luokitellaan niiden turvallisuusmerkitysten mukaan neljään kategoriaan (0, 1, 2 ja 3). Tarkastaja laatii välittömän vaaran (kategoria 0) aiheuttavista puutteista kirjallisen ilmoituksen laitteiston haltijalle sekä toimittaa ilmoituksen jäljennöksen Tukesille. Ilmoitusta Tukesille ei tehdä, jos kyse on muusta kuin kategoria 0 puutteesta ja puute korjataan välittömästi. Sähkölaitteisto on uusintatarkastettava, jos havaitut puutteet luokitellaan kategoriaan 0 tai 1 (vakava vaara). Uusintatarkastus tulee suorittaa viimeistään kolmen kuukauden kuluessa alkuperäisestä tarkastuksesta, ja siinä varmistetaan ainoastaan alkuperäisessä tarkastuksessa havaittujen puutteiden korjaus. Tukes kerää tietoa uusintatarkastettaviksi määrättyistä kohteista sekä niitä rakentaneista sähköurakoitsijoista. (Tukes 2017b.)

3.4 Määräaikaistarkastus

Pois lukien asuinrakennukset tulee luokkien 1 ja 2 sähkölaitteistolle suorittaa kymmenen vuoden välein määräaikaistarkastus. Tämä koskee myös asuinrakennuksen sähkölaitteistoa silloin, kun rakennuksen osaa käytetään muuhun kuin asumiseen, esimerkiksi liiketiloina, ja sähkölaitteiston ylivirtasuojan nimellvirta ylittää 35 A. Luokan 3 sähkölaitteisto on veloitettu määräaikaistarkistettavaksi kerran viidessä vuodessa. Vastuu tarkastuksen teettämisestä on

sähkölaitteiston haltijalla ja tarkastuksen voi toteuttaa Tukesin valtuuttama tarkastaja tai laitos. (Sähköturvallisuuslaki 49.-50. §.)

Tarkastuksella pyritään varmistamaan, että sähkölaitteistoa voi käyttää turval-
lisesti ja sitä ylläpidetään asianmukaisesti sekä kunnossapito-ohjelman edel-
lyttämällä tavalla. Käytössä ja ylläpidossa tarvittavat välineet sekä ajantasai-
nen dokumentaatio ja ohjeistus tulee olla saatavilla. Aina tarkastettavia kohtei-
ta ovat lääkintätilat, räjähdys- sekä palovaaralliset tilat.

Sähkölaitteiston haltijan tulee säilyttää tarkastuksen tekijän luovuttamaa tar-
kastuspöytäkirjaa ja osoitusta puutteiden korjaamisesta ainakin seuraavaan
määräaikaistarkastukseen asti. Lisäksi pääkeskukseen tai vastaavaan kiinni-
tetään tarkastustarra osoituksena hyväksytystä määräaikaistarkastuksesta.
(Sähköturvallisuuslaki 51. §.) Niin tarkastuspöytäkirjan kuin -tarran sisältö on
täsmennetty valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (10.-11. §). Mää-
räaikaistarkastuksessa havaittuihin puutteisiin pätee luvussa 2.3 kuvattu me-
nettely.

3.5 Kunnossapitotarkastus

Sähköturvallisuuslaki (47. §) asettaa sähkölaitteiston haltijan vastuuseen lait-
teiston kunnossapidosta ja seurannasta. Luokkien 2 ja 3 laitteistoille vaaditaan
sähköturvallisuutta ylläpitävä ja käyttöympäristön huomioiva kunnossapito-
ohjelma, jonka noudattamisesta haltija huolehtii (Sähköturvallisuuslaki 48. §).
Jatkuvan valvonnan ja ennakoivan kunnossapidon voi suorittaa sähköalan
ammattihenkilö, mutta soveltuvin osin myös siihen opastettu maallikko. Tukes
ohje 16/2017 esittää joitakin, lähinnä sähköverkon haltijoiden, kunnossapito-
ohjelmaan sisällytettäviä valvonta- ja ylläpitokohteita. Kunnossapitomenettely
ja sen tulokset tulee dokumentoida.

Luokkiin 2 ja 3 kuulumattomien laitteistojen huolto- ja kunnossapito voidaan
järjestää minimissään laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla. SFS 6000-6:2017
esittää tällaisille laitteistoille vapaaehtoista kunnossapitotarkastusta. Standardi
toimii tältä osin suosituksena ja pyrkii auttamaan laitteiston ylläpitoa sekä
varmistamaan turvallisen käytön. Säännöllinen kunnossapitotarkastus ei kor-
vaa lain edellyttämää määräaikaistarkastusta ja kunnossapitotarkastuksen

voikin toteuttaa kuka tahansa siihen pätevä sähköalan ammattihenkilö. Vastaavasti ajallaan suoritettu määräaikaistarkastus ei oikeuta laiminlyömyään säännöllistä kunnossapitoa, jonka merkitys korostuu erityisesti teollisuudessa, jossa sähkölaitteistoa käytetään vaativissa olosuhteissa.

Tarkastus tehdään pääosin asennusta purkamatta ja aistinvaraisesti. Sitä voidaan täydentää käyttöönottotarkastuksessa käytetyin mittauksin niiltä osin, kuin on käyttöön otetun asennuksen kohdalla mahdollista. Kunnossapitotarkastus tulee valmistella ja toteuttaa siten, ettei siitä synny vaaraa ihmisille tai kotieläimille eikä omaisuus- tai laitevahinkoa, vaikka tarkastettava laitteisto olisi viallinen. Kaikki havaitut viat, turvallisuuspuutteet sekä testitulokset on raportoitava. Lisäksi raportista tulee käydä ilmi, mitä on tarkastettu, miten ja minkälaisin rajoittein sekä vaaralle altistavat poikkeamat SFS 6000 -standardeista. Raporttiin voidaan kirjata myös asennusten korjaus- ja parannussuosituksia sekä ehdottaa seuraavan tarkastuksen ajankohtaa. Tarkastuksen tekijän allekirjoituksellaan vahvistama raportti luovutetaan sähkölaitteiston haltijalle tai tarkastuksen tilaajalle. Aiemmat raportit on syytä huomioida uutta tarkastusta suunniteltaessa. (SFS 6000-6:2017, 15-17.)

4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa on varmistuttava sen sähköturvallisuudesta ja määräysten mukaisuudesta. Käytännössä tämä toteutuu pienjänniteasennusten osalta standardisarjaa SFS 6000 noudattamalla. Suurjänniteasennuksille sovelletaan standardia SFS 6001. Käyttöönottotarkastuksen sisältö on yksilöity SFS 6000:ssa osassa kuusi. Tietyille erikoistiloille voi tämän lisäksi olla omat erityisvaatimuksensa. Näitä ovat räjähdysvaaralliset tilat (SFS-EN 60079-17), lääkintätilat (SFS-6000-7-710), huvipuistojen, myyntikojujen ja vastaavien tilapäiset sähköasennukset (SFS 6000-7-740), jakeluverkot (SFS 6000-8-801) sekä asennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt (SFS 6000-8-802).

Sähköasennus voidaan ottaa keskeneräisenäkin käyttöön, jos käyttöön otettavan osan käyttöönottotarkastus on tehty. Tuolloin on huolehdittava siitä, ettei käyttöön otettu osa vaaranna muuta keskeneräistä asennusta esimerkiksi niin, että tarkastamaton osa voisi tulla jännitteelliseksi. Sama koskee korjaus- muu-

tos- ja laajennustöitä, jolloin tarkastus kohdistuu ainoastaan muutettuun osaan asennusta. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 343.)

Tehtävien tarkastusten ja mittausten määrä sekä laajuus vaihtelee tarkastettavan kohteen mukaan. Lisäksi ne sijoittuvat ajallisesti koko asennuksen ajalle. Jotta voidaan varmistaa laitteiston riittävän kattava, ammattitaitoisesti ja kustannustehokkaasti tehty käyttöönottotarkastus, on paikallaan laatia työmaakohtainen tarkastussuunnitelma jo ennen töiden aloittamista. Tällöin on etukäteen sovittu, kuka tarkastaa ja mitä, milloin, miten ja millä välineillä. Myös tarkastuksen dokumentoinnista, puutteiden korjaamisesta sekä uudelleen tarkastuksesta on syytä olla yhteisymmärrys urakoitsijan väen keskuudessa. Etukäteissuunnittelun edellytyksenä on riittävä tieto tarkastettavasta kohteesta, siis ajantasainen asennusdokumentaatio. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 342.)

4.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus pyritään tekemään jännitteettömälle laitteistolle siinä vaiheessa, kun jokin sen asennuksen osa-alue on valmistunut, mutta ei vielä ole jäänyt rakenteiden sisään, maan alle tai muuten aistinvaraisen tarkastuksen ulottumattomiin. Tämä on käyttöönottotarkastuksen osa-alueista vaativin ja eniten kokemusta sekä harkintaa kysyvä tarkastus ja ajoittuu aina koko asennuksen ajalle. Havaitut virheet on korjattava työn edistyessä tai viimeistään ennen käyttöönottoa. Asennustyön jaksoittaisuus ja pitkät tauot eri välivaiheiden välillä, sekä mahdollisesti useammat tarkastajat luovat omat haasteensa. Tarkastuspöytäkirjaa on ylläpidettävä järjestelmällisesti tarkastuksen edetessä.

Jo ennen sähkölaitteiden asentamista on tarkistettava, että laitteet täyttävät asianmukaisen laitestandardin vaatimukset. Tämä selviää laitteessa tai sen pakkauksessa olevasta CE-merkistä tai puolueettoman testauslaitoksen hyväksymismerkinnästä. Laitteiden valinnassa ja asennuksessa on noudatettava myös valmistajan antamia ohjeita. Näkyvästi ja vaaraa aiheuttavalla tavalla vioittunutta laitetta ei saa käyttää asennuksessa. (SFS 6000-6:2017, 7.)

Seuraavaksi käydään läpi esimerkkien avulla SFS 6000-6:2017:n mukaan aistinvaraisessa tarkastuksessa huomioitavia tarkastuskohteita.

Sähköiskulta suojaus

Käytetyn suojausmenetelmän on täytettävä SFS 6000-4-41:2017 -vaatimukset perus- ja vikasuojauksesta, oltava kyseiseen tilaan hyväksytty sekä sovellettava olemassa olevaan muuhun asennukseen. Kotelointiluokitusten, sähköisten eristysten ja jännitetasojen pitää vastata valittua suojausmenetelmää. Lisäsuojauksista on käytettävä määräysten mukaan. Muutos- ja laajennustöiden yhteydessä on tarkastettava etäisyydet vanhojen nollaluokan pistorasioiden ja laitteiden välillä.

Palosuojaus

Lämpöä tuottavat sähkölaitteet on oltava muusta ympäristöstä eristettyjä lämpöä kestäväällä ja sitä huonosti johtavalla materiaalilla, tai niiden tulee sijaita riittävän etäällä muusta lämmölle alttiista aineesta. Asennusetäisyyksissä on noudatettava laitevalmistajan ohjeita. Palo-osaston sisällä olevien kaapeleiden materiaalin ja asennustavan on oltava sellaisia, etteivät ne heikennä paloturvallisuutta. Samoin läpivientien täytyy olla tiivistettyjä niin, ettei palotekninen luokka heikkene niiden vuoksi. (SFS 6000-4-42:2017, 7; SFS 6000-5-52:2017, 20.)

Johtimien kuormitettavuus

Johtimien poikkipintojen on oltava mitoitettu niiden materiaalia, kuormitusta ja asennustapaa vastaavasti. Ylikuormitussuojauksen pitää puolestaan vastata johtimen poikkipintaa, olla oikein sijoitettu sekä selektiivinen. (SFS 6000-5-52:2017.) Koska kaapelointireitti voi poiketa alkuperäisestä sähkösuunnitelmasta, tulee reittimuutoksen vaikutus oikosulkuvirtaan sekä jännitteen alenemaan arvioida.

Suoja- ja valvontalaitteet

Keskusten oikosulku-, ylivirta-, vikavirta- ja ylijännitesuojien on oltava sähkösuunnitelman mukaisia tai ominaisuuksiltaan suunnitelmaa vastaavia. Myös mahdollisten eristystilan valvontalaitteiden sekä vikavirtavalvontalaitteiden tyyppitys ja asennus on tarkistettava. (SFS 6000-5-53:2017.)

Erotus- ja kytkentälaitteet

Kukin sähköasennus on voitava erottaa jokaisesta syötöstään joko piirikohtaisesti tai usean piirin yhteisellä erotuslaitteella. Erotuslaitteen on oltava helposti tunnistettavissa siten, että käy ilmi, minkä virtapiirin laite erottaa. Erotuslaitteen tahaton sulkeutuminen on voitava estää. Jos asennuksen erotuspaikka sijaitsee muualla sitä syöttävässä piirissä tai asennuksella on useampia syöttöjä, tulee näistä löytyä asianmukaiset merkinnät ja varoituskilvet. Kullakin ohjatulla kulutuskojeella on oltava sopiva käyttökytkin. Huollon aikana käytettävä poiskytkentälaitte ei saa kytkeytyä tahattomasti, ja sillä pitää olla luotettava asennonosoitus. Hätäpoiskytkentälaitteilla tulee olla määräysten mukainen väritys sekä yksiselitteinen sijoittelu. (SFS 6000-4-46:2017, 5; SFS 6000-5-53:2017, 57-59; SFS 6000-7-729:2017, 13.)

Ulkoisten tekijöiden vaikutus

Palovaarallisia tiloja sekä uloskäytäviä koskevat erityisvaatimukset pitää olla huomioitu. Ympäristötekijät, kuten lämpötila, kosteus, pöly, korroosio, mekaaninen rasitus, kasvillisuus, eläimet, maanjäristys, säteily ja tuuli vaikuttavat laitteiden kotelointiin, materiaalivalintaan, ominaisuuksiin sekä asennustapaan. Tarkastuksessa tulee varmistaa sähkölaitteiden ja valitun johtojärjestelmän sopivuus tämä huomioon ottaen. (SFS 6000-4-42:2017, 9-13; SFS 6000-5-52:2017, 9-13.)

Nolla- ja suojajohtimien tunnuks

Johtimilla tai niiden liitoskohdilla on oltava standardin mukainen väritys. Kullakin N- ja PE-johtimella tulee olla keskuksessa oma liitin, ja suositus on, että johtimet merkitään tunnistusta helpottavasti esimerkiksi niiden ryhmänumeroilla. (SFS 6000-5-51:2017, 7; SFS 6000-7-729:2017, 13.)

Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo

Sähkölaitteiston käytön ja kunnossapidon kannalta oleelliset ajantasaiset piirustukset ynnä muut asiakirjat pitää olla saatavilla. Näistä on käytävä ilmi laskelmin tai muulla tavoin, että johtimien poikkipinnat ja suojalaitteet ovat määräysten mukaisesti mitoitettut. (SFS 6000-1:2017, 9; SFS 6000-5-51:2017, 9.)

Laitteiden tunnistettavuus

Virtapiirit, varokkeet, kytkimet ja liittimet täytyy olla merkitty riittävän hyvin, jotta niiden turvallinen ja virheetön käyttö onnistuu (SFS 6000-5-51:2017, 7-9).

Sähköisten liitosten sopivuus

Liitosten on oltava huolella tehtyjä, ja niissä tulee olla käytetty johtimen materiaalin, poikkipinnan sekä johdintyyppin mukaista liittintä. Liitoksiin on päästävä käsiksi tarkastusta, testausta tai huoltoa varten, ellei kyseessä ole esim. maahan asennettu, massaan valettu, lämmityskaapelin kylmäjohtimen liitos tai hitsattu liitos. Liitosten on sijaittava liittämiseen tarkoitetuissa koteloissa, kuten jako- tai kojerasiassa, eikä niihin saa kohdistua mekaanista rasitusta. (SFS 6000-5-52:2017, 18-19.)

Maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus

Sähköasennuksella tai vähintäänkin sähköliittymällä täytyy olla oma määräykset täyttävä päämaadoituskiskoon liitetty maadoituselektrodi. Suojajohtimien poikkipintojen ja materiaalien on oltava vaatimusten mukaisia. (SFS 6000-5-54:2017, 7-12.)

Sähkölaitteiston käytön ja ylläpidon vaatima tila

Sähkölaitteiden, niiden johdotusten sekä liitosten on sijaittava siten, että niihin pääsee käsiksi myöhempääkin tarkastusta ja huoltoa varten. Poikkeuksia voivat olla esimerkiksi maahan asennettu, massaan valettu, lämmityskaapelin kylmäjohtimen liitos tai hitsattu liitos. Sähkötila täytyy olla selkeästi tarpeellisilla kilvillä merkitty, ja sinne saa päästä ainoastaan henkilöt, joilla on siihen lu-

pa. Sähkötilan oven avausmekanismin on oltava sellainen, että poistuminen onnistuu ilman avainta tai vastaavaa. Sähkötilan käytävien mitoituksen ja rakenteen on vastattava määräyksiä. (SFS 6000-5-51:2017, 7; SFS 6000-7-729:2017, 5.)

EMC-suojaus

Sähkömagneettisesti herkkien laitteiden lähellä ei saa sijaita potentiaalisia häiriölähteitä, kuten taajuusmuuttajia, hakkurilaitteita, sähkömoottoreita, hitsauskoneita tai loistelamppuvalaisimia. Häiriölähteiden asennuksen on noudatettava valmistajan ohjeita. EMC on huomioitava kaapeleiden rakenteessa, maadoituksessa ja reittivalinnoissa. Maadoituksessa on suosittava TN-S-järjestelmää ja maadoituksen tulee muutoinkin olla EMC määräysten mukainen. (SFS 6000-4-44:2017.)

Jännitteelle alttiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään

Kaikki jännitteelle alttiit osat on oltava suojamaadoitettu käytetyn maadoitustavan edellyttämällä tavalla. Kaikista virtapiireistä on löydettävä suojamaadoitusjärjestelmään kytketty suojamaadoitusjohdin. (SFS 6000-4-41:2017, 7.)

Johtojärjestelmien valinta ja asentaminen

Valitun johtojärjestelmän asennustavan on, käytettävät kaapelit ja johtimet huomioiden, noudatettava SFS 6000-5-52 taulukossa A.52.1 kuvattuja asennusmenetelmiä. Mahdollisten ympäristötekijöiden vaikutus tulee myös olla huomioitu. Samassa asennusputkessa tai johtokanavan osastossa olevien johtimien eristyksen on vastattava jännitteeltään suurimman virtapiirin johtimien eristystä. Kiinteillä laitteilla, joita tilapäisesti siirretään, on oltava taipuisa liitäntäkaapeli. (SFS 6000-5-52:2017, 7-9.)

Yksivaiheisten kytkinlaitteiden ja lampunpitimien kantaosan kytkentä

Yksivaiheinen käyttökytkin tulee olla asennettu vaihejohtimeen. Ainoastaan valaisimen ohjauspiirissä voidaan kytkeä nollajohdinta (SFS 6000-4-46:2017,

5). Samoin lampunpitimen kantaosa on oltava liitetty vaihejohtimeen (SFS-EN 60598-1 2015, 43).

4.2 Testaaminen mittaamalla

Sähköturvallisuuslaki (55 §) edellyttää sähköurakoitsijan omaavan töiden tekemiseen tarpeelliset työvälineet. Tukes (Tukes s.a.) luettelee toiminnanharjoittajan tarpeellisiksi työvälineiksi:

- yleismittari
- eristysresistanssin mittauslaite
- pihtiampeerimittari
- vaihejärjestyksen ilmaisim
- suojamaadoituspiirien kunnan toteamiseen soveltuva mittalaite
- vikavirtasuojien toiminnan testaamiseen soveltuva mittalaite (EN 61557-6)
- oikosulkuvirran määrittämiseen soveltuva mittalaite
- jännitteenkoetin.

Tukes toteaa samalla, että jännitteenkoettimen on oltava erillinen laite, vaikka asennustesteri saattaakin käsittää useita edellä luetelluista mittausominaisuuksista. Käyttöönottotarkastuksessa (SFS 6000-6:2017, 8) käytettyjen mittalaitteiden ominaisuuksien ja turvallisuustason on vastattava vähintään standardisarjan SFS-EN-61557 vaatimuksia.

Sähköasennukselle mittaamalla tehtävät testit voidaan jakaa jännitteettömänä ja jännitteellisenä suoritettaviin mittauksiin. Ennen jännitteen kytkemistä on todettava asennuksen riittävä turvallisuus jännitteettömänä. Jännitteettömät mittaukset ovat luonteeltaan kattavia, eli niiden tulee kohdistua koko asennukseen, eikä pistokokeen kaltaisesti vain osaan asennuksesta. Tästä seuraa, että asennuksen tulisi olla mitattavalta osaltaan täysin valmis, ennen kuin mitaus on mahdollista toteuttaa. Mittaus voi siten edetä esimerkiksi keskusaluetain pääkeskukselta viimeiselle ryhmäkeskukselle, kunnes koko asennus tulee katettua. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 349.) Havaitut puutteet on korjattava ja riittävän laaja tarkistusmittaus suoritettava ennen seuraavaan testiin siirtymistä. Jos vika on voinut vaikuttaa edeltävien testien tuloksiin, on nekin mitattava uudelleen korjauksen jälkeen (SFS 6000-6:2017, 9).

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan käyttöönottotarkastuksessa tehtäviä mittauksia SFS 6000-6:n suosittlemassa suoritusjärjestyksessä. Standardi esittää

eristysresistanssimittausta suoritettavaksi vasta suojajohtimien jatkuvuustestin jälkeen. Käytännön työn kannalta päinvastainen järjestys voi osoittautua tehokkaammaksi. Koko asennuksen eristysresistanssi voidaan helpoimmassa tapauksessa mitata jopa yhdellä ainoalla mittauksella. Pahimmillaankin eristysresistanssimittaus vie vähemmän aikaa ja vaatii vähemmän mittauksia kuin maadoituksen jatkuvuuden mittaaminen maadoituspiste kerrallaan. Jos myöhemmin mitattavasta eristysresistanssista löytyy korjattavaa, saatetaan myös työläämpi suojajohtimen jatkuvuus joutua mittaamaan uudelleen.

4.2.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimeksi luetaan maadoitusjohdin, potentiaalintausjohdin, suoja- maadoitusjohdin sekä PEN-johdin (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 18). Suojajohtimien pääsääntöinen tarkoitus on rajoittaa asennuksen jännitteelle alltiiden osien kosketusjännitteitä tai muiden johtavien osien askeljännitteitä (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 285). Eristysvian aikana suoja- johdin toimii suljetun virtapiirin paluujohdina. Jotta syötön automaattinen poiskytkentä toimisi tarpeeksi nopeasti, täytyy vikapiirissä esiintyvän oikosul- kuvirran nousta riittävän suureksi. Laukaisuaikaan vaikuttavat suojalaitteen ja johtimien ominaisuudet on otettu huomioon jo sähkölaitteistoa suunniteltaes- sa. Asennuksen aikana syntyneet, esimerkiksi heikoista liitoksista aiheutuvat ylimenovastukset sen sijaan voivat olla merkittäviä suojauksen toiminnan kan- nalta.

Riittävän luotettavan mittaustuloksen vuoksi mittauksessa käytettävältä mitta- laitteelta vaaditaan vähintään 0,2 A mittausvirtaa ja 4-24 V vaihto- tai tasajän- nitettä, joten aivan mikä tahansa yleismittari ei tarkoitukseen kelpaa. Vastus- mittarin täytyy säilyttää määräyksen mukainen tarkkuus 0,2-2 Ω mittausalueel- la, mikä antaa jonkinlaisen kuvan suojajohtimelta odotetusta resistanssista. (SFS-EN 61557-4 2007, 9.) Mittaustulosta on tulkittava tapauskohtaisesti suo- jajohtimen poikkipinta ja pituus huomioiden, varsinaista hyväksyttävää raja- arvoa ei ole olemassa. SFS 6000-6 (2017, 18) tarjoaa avuksi taulukon kupari- johtimen tyyppillisestä resistanssista 30 °C lämpötilassa eri poikkipinta-aloilla.

Mittaus suoritetaan jännitteettömälle asennukselle. Jännitteettömyys kannat- taa varmistaa jännitteenkoettimella mittaamalla kustakin pääkytkimen vaihe-

johtimesta niin PE- kuin nollakiskoa vasten. Myös vaiheitten välinen jännitteettömyys on hyvä todeta. TN-S-järjestelmässä pitää lisäksi erottaa N- ja PE-johdin mittauksen ajaksi, jotta em. johtimien mahdollinen ristiin kytkentä havaitaan. Erottamisen voi toteuttaa irrottamalla mitattavaa piiriä syöttävä nollajohdin. Koska mitattavat pisteet sijaitsevat yleensä kaukana toisistaan, joudutaan mittauksessa käyttämään pitkää apumittajohtoa. Mittajohtojen tuoma lisämittattuun resistanssiin tulee vähentää lopputuloksesta. Yleensä asennustestereissä on mahdollisuus mittajohtimien kompensointiin. Apumittajohto kannattaa ottaa käyttöön ensimmäisestä mittauksesta alkaen, jotta mittajohtojen kompensointia ei tarvitse turhaan toistaa. Kompensoinnin vaikutus on syytä tarkistaa mittaamalla ensin yhteen liitettyjen mittajohtimien resistanssi. Samalla tulee testattua sekä mittalaitteen että mittajohtojen kunto. Mitatessa on huolehdittava mittapäiden kunnollisesta kontaktista, koska mitattavat resistanssit ovat hyvin pieniä. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 18-21.)

Mittaus aloitetaan tarkistamalla päämaadoituskiskon ja mahdollisen pääpotentialitasauskiskon välinen resistanssi. Sen jälkeen varmistetaan potentialitasausjohtimien johtavuudet päämaadoituskiskon ja asianomaisen putkiston tms. väliltä. Päämaadoituskiskon ja PE-kiskon välisen suojamaadoitusjohtimen jälkeen mitataan nousujohtojen suojamaadoitusjohtimet, sekä ryhmäjohtojen suojamaadoitukset kaikista ryhmään liitetystä osista, joihin suojamaa on kytketty. Tärkeää on luotettavasti havaita kaikkien suojajohtimien jatkuvuus.

Ongelmallisen pitkällä suojajohdinetäisyyksillä voi tilannetta helpottaa käyttämällä jotakin lähellä sijaitsevaa jo mitattua suojajohdinyhteyden päätepistettä referenssipisteenä. Silloin on mittauksiin muistettava lisätä aiemmin mitatun välin resistanssi. Apumittajohtona voi käyttää myös vaihejohtinta, kunhan vähentää vaihejohtimen resistanssin lopputuloksesta. Erityisen tarkkana on oltava, jos vaihejohtimen poikkipinta-ala tai materiaali poikkeaa suojajohtimesta. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 21.)

Mittauksen päätyttyä on asennus saatettava ennalleen, ellei ole tarkoitus jatkaa jännitteettämiä mittauksia jotka vaativat N- ja PE-johtimien erottamista. Jos apumittajohtona on käytetty yhtä tai useampaa vaihejohtoa, täytyy niiden kytkentä palauttaa alkuperäiseksi.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa todetaan keskuskohtaisesti suojajohtimien jatkuvuus. Yksittäisistä mittaustuloksista on hyvä merkitä kunkin keskusalueen suurin mitattu arvo. Merkintä on tehtävä niin tarkasti, että mittaus voidaan tarvittaessa toistaa samasta pisteestä. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 20-21.)

4.2.2 Eristysresistanssi

Mittaamalla sähköasennuksen eristysresistanssi varmistetaan asennuksen toimiva perussuojaus. Jännitteisten osien, joihin TN-C-järjestelmässä kuuluvat vaihejohtimet ja TN-S-järjestelmässä näiden lisäksi nollajohdin, tulee olla riittävästi eristettyjä maadoituksesta. Jännitteisten johtimien välinen eristysresistanssi mitataan ainoastaan erikseen sovittaessa, esimerkiksi pääjohtojen osalta (SFS 6000-6:2017, 9). Eristysresistanssimittauksessa eristystä rasitetaan asennuksen nimellisjännitettä suuremmalla tasajännitteellä, jotta pienemmätkin vuotovirrat havaittaisiin. Mittausvirta sen sijaan on tyypillisesti rajoitettu vain hieman yli mittalaitestandardissa (SFS-EN 61557-2 2007, 9) vaaditun 1 mA minimin, jotta vältetään laitevaurioilta eristevikaisissa laitteistoissa. Virranrajoitus parantaa lisäksi sähköturvallisuutta mittaustilanteessa tapahtuvien vahinkojen varalta.

Ennen mittausta on asennus todettava jännitteettömäksi ja TN-S-järjestelmässä nollajohtimen yhteys päämaadoituskiskoon täytyy erottaa. Potentiaalierojen tasaamiseksi irrotettu nollajohdin ja vaihejohtimet yhdistetään keskenään. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 352-353.) Yhdistämisen voi helposti tehdä, jos kullekin vaiheelle löytyy vapaa johdonsuojakatkaisin. Johdonsuojakatkaisijaan ruuvataan pätkä johdinta, jonka toinen pää kytketään rasialiitimeen yhdessä irrotetun nollajohtimen kera. Lopuksi johdonsuojakatkaisijat nostetaan 1-asentoon. Näin menetellen asennus on helppo palauttaa ennalleen, eikä vaihejohtimien kiinnityksiin ole käytännössä puuttuttu.

Yhdistämällä kaikki jännitteiset johtimet saadaan niiden eristysresistanssit mitattua maata vasten yhdellä mittauksella, ja lisäksi vältetään mittauspiiriin kytketyn elektroniikan pahimmilta laiterikoilta. Vikaantua voi silti jokin puutteellisesti eristetty laite, joka hyvän onnen avulla on tähän saakka kestänyt verkko-

jännitteen rasituksen. Tällaisessa tilanteessa saattaa työn tilaaja pitää mittauksen tehnyttä urakoitsijaa korvausvelvollisena. Rikkoutua voivat myös Y2-luokan häiriönpoistokondensaattorit, jotka kytketään vaiheen ja maan sekä nollan ja maan välille. Vaikka nämä kondensaattorit kestävät mikrosekuntien ajan vähintään 5 kV jännitetransientteja, saattaa eristysvastusmittauksessa usean sekunnin ajan yli vaikuttava ja kondensaattorin nimellisjännitteeseen nähden kaksinkertainen 500 V tasajännite osoittautua liian suureksi rasitteeksi. Y-luokan kondensaattorit eivät onneksi vioittuessaan mene oikosulkuun, vaan aukeavat ja lakkaavat suodattamasta häiriöjännitteitä.

Usein kaiken asennukseen liitetyn elektroniikan irrottaminenkaan ei onnistu, koska elektroniikkaa sisältäviä laitteita on nykyisin niin paljon käytössä. Valaistuksessa käytetään elektronisia liitäntälaitteita, kiinteistöautomaation käyttö lisääntyy ja pistorasioissakin saattaa olla vaikkapa integroituja USB-latauspisteitä. Ongelma korostuu TN-C-järjestelmässä, jolloin mittaus tehdään vaihe- ja PEN-johtimen välillä. Tällöin kannattaa harkita 250 V mittausjännitteen käyttämistä yleisesti käytetyn 500 V sijaan. Nimellisjännitteeltään enintään 500 V asennuksissa vaaditaan kuitenkin aina vähintään 1 M Ω eristysresistanssi alennetusta mittausjännitteestä huolimatta (SFS 6000-6:2017, 10).

Tietyt laitteet saattavat paitsi vikaantua, myös vaikuttaa itse mittaustulokseen. Energiamittarin ja tariffinohjauslaitteen nollajohdin voi olla kytkettynä PEN-johtimeen. Silloin näiden laitteiden nollajohtimet on irrotettava, muutoin on tuloksena epäkelpo eristysresistanssi ja todennäköisesti myös laiterikko (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 23). Tyypin kaksi ja kolme ylijännitesuojissa käytetään varistoreita, joiden resistanssi kuuluukin laskea voimakkaasti ylijännitteen aikana. Jos kyseessä on keskukseen sijoitettu pistoyksikkörakenteinen laite, voidaan ylijännitesuojat poistaa mittauksen ajaksi kätevästi ilman työkaluja. Pistorasioihin kätkeyt ylijännitesuojat saattavat olla hankalampia.

Ennen mittausta kuuluu vielä varmistaa, että kaikki mittausalueeseen kuuluvat kytkimet, johdonsuojakatkaisimet ja vikavirtasuojat ovat 1-asennossa sekä sulakkeet paikoillaan. Ensimmäisen mittauksen voi suorittaa vaadittua mittausjännitettä pienemmällä jännitteellä, jolloin mitään ei todennäköisesti rikota ja mahdolliset mittaustulokseen vaikuttavat kulutuskojeet tulevat ilmi. Mittajohtimien kunto puolestaan selviää oikosulkemalla johtimet, jolloin eristysresis-

tanssin kuuluu näyttää 0 Ω . (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 23). Mittaus kuormittaa myös itse mittalaitetta, joten akun varaustilanne kannattaa selvittää ennen työhön ryhtymistä.

Mittaus kuuluu tehdä kattavana, mikä tarkoittaa esimerkiksi kontaktorilähdön jälkeisen piirin mittaamista erikseen, ellei kontaktorin kärkiä voida mekaanisesti pakottamalla sulkea mittauksen ajaksi. Vastaavasti vaikkapa valaistuksen porrastalokytkenässä tai painonappiohjauksessa kuuluu kytkimiä käyttää kaikissa asennoissaan, jotta kukin ohjausjohdin tulee varmuudella mitattua. Aina jonkin kytkinlaitteen lähtöpiiriä erikseen mitattaessa tulisi noudattaa erityistä harkintaa ja varovaisuutta, sillä silloin jännitteiset johtimet eivät enää ole yhdistettyinä, ja laiterikon vaara on olemassa. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 24).

Jos eristysresistanssi jää vaaditusta arvosta, voidaan vikaa rajoittaa mittausaluetta pienentämällä. Pienimmillään mittauksen saa tehdä yksittäiselle nousu- tai ryhmäjohdolle. Eristysvian selvittyä täytyy vian poistuminen todeta mittaamalla sähkölaitteisto tarvittavilta osin uudelleen. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 352.) Mittausten päätyttyä palautetaan asennus ennalleen poistamalla äärijohtimien ja nollajohtimen yhteen kytkentä. Tärkeää on muistaa kytkeä nollajohdin takaisin N-kiskoon, muutoin voi syntyä hengenvaara ja joukko viallisia sähkölaitteita. Myös kaikki käyttökytkimet käännetään 0-asentoon.

Kaikista mittauksista on tehtävä tarkastuspöytäkirjaan merkintä, jotta myöhemmin nähdään, mitä osaa asennuksesta on mitattu ja millä jännitteellä. Merkintöjen perusteella tulee mittaus voida tarvittaessa toistaa. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 23-24).

Lämmityskaapelit

Lämmityskaapeleiden ja -kelmujen eristysresistanssit on mitattava aina erikseen. Tällä halutaan varmistaa, ettei esimerkiksi lattiavalun yhteydessä ole tapahtunut vaurioita lämmityselementille tai sen eristeelle. Vertailun vuoksi mittaukset kannattaa tehdä ennen ja jälkeen valun. Lämmityskaapelin syöttö irrotetaan termostaatin kojerasiassa ja eristysresistanssit mitataan lämmitys-

kaapelin vaihejohtimen ja suojavaipan väliltä sekä nollajohtimen ja suojavaipan väliltä. Samoin tarkistetaan eristystaso lämmityskaapelin suojavaipan ja syötön suojajohtimen väliltä. Mittausjännitteenä käytetään 500 V ja eristysresistanssin on oltava vähintään 1 M Ω . Tässä yhteydessä on myös helppo todeta, onko lämmityselementin silmukkaresistanssi laitevalmistajan ilmoituksen mukainen. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 353-354.)

Sähköisesti erotetut sekä SELV- ja PELV-piirit

Sähköinen erotus voidaan toteuttaa joko yksinkertaisesti eristetyllä muuntajarakenteella tai suojaerotusmuuntajalla. SFS 6000-6 ei tee eroa muuntajan rakenteen suhteen, vaan kummassakin tapauksessa toisiopuolen eristysresistanssi pitää koestaa sekä ensiöpuolta että maata vasten 500 V tasajännitteellä. Eristysresistanssin on tuolloin oltava vähintään 1 M Ω . Suojajännitemuuntajilla varustetuista piireistä varmistetaan pienjännitteen luotettava erotus pienoisjännitepuolelta, so. mitataan ensiö- ja toisiopuolen välinen eristysresistanssi. SELV-järjestelmissä on mitattava lisäksi pienoisjännitepuolen ja maan välinen eristysresistanssi. SELV- ja PELV-järjestelmät testataan käyttäen 250 V jännitettä, jolloin eristysresistanssiksi vaaditaan vähintään 0,5 M Ω . (SFS 6000-6:2017, 10.)

Lattia- ja seinäpinnat

Eristävää ympäristöä käytetään suojausmenetelmänä sähköiskua vastaan joissakin poikkeuksellisissa tilanteissa, joissa muita SFS 6000-4-41:n luvussa 410.3.3 mainittuja yleisiä suojausmenetelmiä ei voida käyttää. Esimerkkejä tällaisista tiloista ovat sähkölaboratorio- ja korjaamotilat (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 28). Eristävällä ympäristöllä halutaan estää koskettamasta samanaikaisesti sellaisia osia, joilla peruseristykseen vikaantumisen johdosta voi olla eri potentiaali. Tila tulee pysyvästi järjestää siten, ettei ihminen normaaliolosuhteissa voi samanaikaisesti koskettaa kahta jännitteelle altista osaa tai jännitteelle altista ja muuta johtavaa osaa. (SFS 6000-4-41:2017, 26.) Järjestelyä helpottaa, jos seinä- ja lattiapintoja ei tarvitse lukea muuksi johtavaksi osaksi.

Tämä toteutuu, jos eristävän lattia- ja seinäpinnan resistanssi suojamaata vasten on vähintään 50 k Ω asennuksen nimellijännitteen ollessa enintään 500 V, tai 100 k Ω nimellijännitteen ylittäessä 500 V (SFS 6000-4-41:2017, 26). Eristävyys todetaan SFS-EN 61557-2:n vaatimukset täyttävällä mittalaitteella. Testissä käytetään vähintään 500 V tasajännitettä, kun järjestelmän nimellijännite on enintään 500 V, tai vähintään 1000 V tasajännitettä, kun järjestelmän nimellijännite on yli 500 V. Vaihtosähköjärjestelmissä mittaus tehdään edellisen lisäksi järjestelmän nimellistaajuisella, vähintään 25 V vaihtojännitteellä maata vasten. Pienjännitteinen mittausvirta rajoitetaan tuolloin turvallisuussyistä arvoon 3,5 mA. Mittauksissa käytettävät elektrodivaihtoehdot on kuvattu standardin SFS 6000-6 liitteessä 6B. Kaikki eristäviksi luokiteltavat pinnat on mitattava em. tavalla vähintään kolmesta pisteestä, joista yhden tulee sijaita noin metrin etäisyydellä tilan muusta kosketeltavasta johtavasta osasta. (SFS 6000-6:2017, 10, 19.) Staattiseen sähköön liittyen on lattian sähköresistanssin mittauksesta oma standardinsa SFS-EN 61340-4-1.

4.2.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Tämä on ensimmäinen jännitteellisenä suoritettava mittaus, ja ennen jännitteen kytkentää on syytä varmistaa nollajohtimen liitäntä. Jännitteet on hyvä mitata äärijohtimista nollajohdinta sekä PE-johdinta vasten, samoin eri äärijohtimien välillä. Syötön automaattinen poiskytkentä vaatii toimiakseen oikein mitoitetun vikavirtapiirin, jonka oleellisena osana on maadoitus.

TN-järjestelmässä PEN-johtimen luotettavalla ja tehokkaalla maadoittamisella on merkittävä rooli. Standardissa SFS 6000-8-801 (2017, 7) velvoitetaan liittymää syöttävän jakeluverkon haltija tuottamaan liittymälle tietynsuuruinen minimioikosulkuvirta tai muutoin varmistamaan vastaava turvallisuustaso. Määräyksessä esitetään lisäksi vaatimuksia jakeluverkon maadoittamisesta verkon syöttöpisteestä pienjänniteliittymään saakka. Samoin todetaan jakeluverkon haltijan velvollisuus luovuttaa sähkölaitteiston suunnittelijalle ja rakentajalle tarpeelliset tiedot liittymän mitoittamista sekä suojauksen suunnittelua varten.

Syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus voidaan tarkistaa mittaamalla tai suunnitteluasiakirjoihin liitetyistä suojauslaskelmista. Asennustesterillä vai-

heen ja suojaamaan välisen vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen onnistuu napin painalluksella. Yleensä mittalaite laskee impedanssin sekä käyttöjännitteen avulla myös vikavirtapiirin oikosulkuvirran. Testiä ei suoriteta kattavasti, muutama harkittu tarkistusmittaus per keskus riittää. Mittauksia tehdään sel-laisten ryhmäjohtojen päistä, joissa odotetaan olevan suurin impedanssi, so. joilla on pisin johtopituus sekä ohuin poikkipinta-ala. Koska mittaus tehdään ympäristön lämpötilassa ja pienellä virralla, täytyy todellisessa tilanteessa ta-pahtuva kuormitetun johtimen lämpeneminen huomioida kertoimen avulla. Mitatun oikosulkuvirran on oltava viidenneksen suurempi kuin suojalaitteen taulukkoarvo, eli vaadittua poiskytkentäaikaan vastaava toimintarajavirta. Jos suojaus tarkastetaan ainoastaan toteamalla suojalaitteiden, johtopituuksien ja poikkipinta-alojen vastaavan suojauslaskelmia, on silti hyvä tehdä joitakin tar-kistusmittauksia varmuuden vuoksi. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017, 356-357.)

TN-järjestelmän poiskytkentäaika ei saa ylittää 0,4 s, kun mitoitusvirraltaan enintään 63 A suojalaite syöttää yhden tai useamman pistorasian ryhmäjohto-a, tai enintään 32 A suojalaite syöttää kiinteästi asennetun sähkölaitteen ryhmäjohtoa. Muussa tapauksessa käytetään korkeintaan 5 s poiskytkentäai-kaa. (SFS 6000-4-41:2017, 8-9.) Mikäli vikasuojaukseen käytetään vikavir-tasuoja, riittää pelkkä vikavirtasuojan toiminnan testaus, mutta myös poiskytkentäajan tarkastusta suositellaan. Poiskytkentäaika pitää tarkastaa silloin, jos kyseessä on käytössä ollut vikavirtasuoja. (SFS 6000-6:2017, 11.)

4.2.4 Lisäsuojaus

Vikavirtasuojan mitoitus tarkastetaan aistinvaraisesti ja toiminta testipainik-keella. Koska vikavirtasuoja lähes poikkeuksetta vaaditaan lisäsuojauksen vuoksi, tulee sen toiminta testata myös SFS-EN61557-6:n mukaisella testilait-teella. (SFS 6000-6:2017, 13.) Testi kannattaa tehdä nousevalla sinimuotoi-sella vaihtovirralla, jolloin selviää suojan todellinen toimintavirta. Toimintavir-ran on oltava vähintään 50 % nimellisvirrasta ja enintään nimellisvirran suurui-nen. Myös laukaisuaika on hyvä todeta. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 34.)

4.2.5 Kiertosuunta

Kiertosuunta on tarkistettava kaikista kolmivaiheisista keskuksista riippumatta siitä, lähteekö keskuksesta yhtään kolmivaiheisyhmää. Tällä varmistetaan keskukseseen mahdollisesti liitettävien kolmivaiheisten moottoreiden oikea pyörimissuunta. Tarkastus onnistuu esimerkiksi kiertosuunnan näyttävällä jännitteenkoettimella.

4.3 Toimintatestit

Asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, lukitus-, ohjaus-, valvonta-, hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteille, on suoritettava toimintatestit, joiden avulla laitteiden sekä niiden muodostamien kokonaisuuksien varmistetaan olevan asennettu, kiinnitetty ja aseteltu asianomaisten vaatimusten mukaisesti. Myös suojalaitteiden asennus ja säädöt tulee todeta toiminnallisin kokein. (SFS 6000-6:2017, 13.)

4.4 Jännitteen alenema

Standardi ei vaadi jännitteen aleneman tarkastamista, mutta antaa ohjeita tämän toteutukseksi, jos sitä muista syistä vaaditaan. SFS 6000-5-52:n liitteessä 52G esitetään, kuinka suuri jännitteen alenema enintään saa olla sekä kuinka alenema laskelmin todetaan. Esimerkiksi yleisestä jakeluverkosta syötetyn asennuksen valaistuskäytölle sallitaan 3 % ja muulle käytölle 5 %. Mittaamalla aleneman saa selville vertaamalla jännitteitä suunnitellun kuorman kera ja ilman kuormaa. Mittaus voidaan toteuttaa myös muulla tunnetulla kuormalla ja suhteuttamalla havaittu alenema suunniteltuun kuormitukseen. Kolmas vaihtoehto on piirin impedanssin mittaaminen. (SFS 6000-6:2017, 13.)

4.5 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Käyttöönottotarkastuksen pöytäkirjan sisältö määritellään valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (4. §) näin:

Sähköturvallisuuslain 43 §:ssä tarkoitetusta tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, sovelletut standardit, mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain

34 §:n mukaisen selvityksen olemassaolo, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset.

Saman asetuksen 5. § tarkentaa ne vähäisiksi katsotut työt, joille ei vaadita käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa.

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä
- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä
- 5) nimellisjännitteeltään enintään 1000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista

Mikään ei estä näissäkään tapauksissa laatimasta tarkastuspöytäkirjaa saman rutiinin mukaan kuin hieman isommissa muutos- tai laajennustöissä. Tarkkaan dokumentoiden ja tekemänsä asennuksen rajaten urakoitsija turvaa selustansa myöhemmin mahdollisesti syntyviä kiistatilanteita ajatellen. Asennuksen haltijalle on joka tapauksessa aina luovutettava tiedot testatuista piireistä sekä tehtyjen tarkastusten ja mittausten tulokset (SFS 6000-6:2017, 14). On haltijan edun mukaista vaatia riittäviä dokumentteja maksamastaan työstä, sillä vastuu asennuksen kunnosta, turvallisuudesta ja säädöstenmukaisuudesta kuuluu viime kädessä asennuksen haltijalle. Haltijan velvollisuuksiin kuuluu myös huolehtia käyttöönottotarkastuspöytäkirjan ja sen liitteiden säilyttämisestä asennuksen elinkaaren ajan.

Koska käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa pitää todeta sähkölaitteiston määräysten mukaisuus, ei asennusta voida luovuttaa, ennen kuin tarkastuksessa löydetyt puutteet ja viat on korjattu. Jos jossakin kohtaa on poikettu SFS 6000 -standardeista, on jo ennen asennuksen aloittamista täytynyt laatia käyttöönottotarkastuspöytäkirjan liitteeksi kirjallinen selvitys (Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 3. §), joka sisältää:

- olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi käytetyt ratkaisut
- kuvauksen, kuinka em. ratkaisut toteuttavat olennaiset turvallisuusvaatimukset
- tilaajan antaman suostumuksen standardeista poikkeamiseen
- selvityksen laatijan yksilöinnin ja allekirjoituksen.

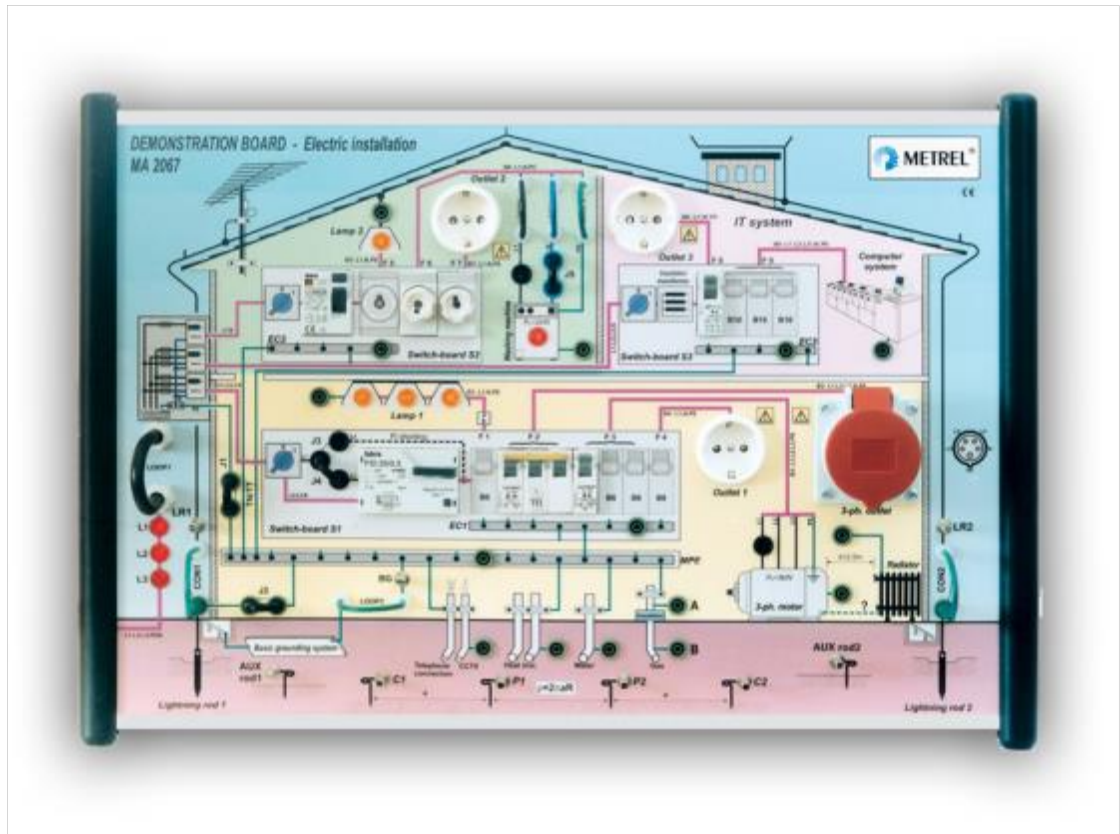
Mikäli kyseessä on olemassa olevan asennuksen laajennus tai muutos, voidaan pöytäkirjassa suosittaa mahdollisia parannuksia muutoksen ulkopuolelle jääneeseen osaan. Samoin tulisi suosittaa seuraavan kunnossapitotarkastuksen ajankohtaa. (SFS 6000-6:2017, 14-15.)

Käyttöönottotarkastuksen asiakirjojen tarkempi sisältö riippuu asennuksen kohteesta ja laajuudesta, mutta käyttökelpoisia malliesimerkkejä löytyy runsaasti. SFS 6000-6:n liitteessä 6G annetaan esimerkki mittausraportista. Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton omistama koulutus- ja kustannusyhtiö Sähköinfo Oy puolestaan on julkaissut useitakin lomakepohjia erilaisten asennusten pöytäkirjamalliksi. ST-kortistosta löytyvät valmiit lomakkeet paitsi kiinteistöjen sähköasennuksille (ST-51.21.05) sekä ryhmäjohtotason laajennuksille (ST-51.21.06), myös suurjännitelaitteistoille, kompensointilaitteille, UPS-järjestelmille, aurinkosähköjärjestelmille, turvavalaisukselle, äänentoistojärjestelmille ja rakennusautomaation taajuusmuuttajakäyttöille. Uusimmat ST-kortiston lomakkeet ovat saatavilla interaktiivisina versioina, jotka osaavat lisätä tai poistaa lomakekenttiä käyttäjän tekemien valintojen mukaan.

5 OPETUSYMPÄRISTÖ KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUKSEEN

5.1 Kaupalliset vaihtoehdot

Testi- ja mittalaitteita myyvät yritykset tarjoavat runsaasti myös opetuskäyttöön soveltuvia demolaitteita. Ne voivat olla puhtaasti opetukseen tarkoitettuja, tai sitten niitä käytetään mittalaitteiden esittelyvälineenä. Laitekirjo on suuri: fyysiset koot vaihtelevat sylimallista usean neliömetrin tauluihin, jännitteenä käytetään pienoisjännitettä tai sähköverkon nimellisjännitettä ja syöttö voi olla yksi- tai kolmivaiheinen. Kuvassa 4 on näyte Metrelin kannettavasta mallista ja kuvassa 5 saman laitevalmistajan 240 kg painavasta lippulaivasta.



Kuva 4. Metrel MI 2067 -opetuslaite



Kuva 5. Metrel MI 3399 -opetuslaite

Kaupalliset opetuslaitteet voivat mallintaa useita maadoitusjärjestelmiä sekä erikoisasennuksia, kuten lääketieteellistä tilaa tai aurinkosähköjärjestelmää. Yleensä niitä ei saa kuormittaa normaaleilla kulutuskojeilla, vaan käyttää saa korkeintaan laitteen mukana toimitettua kuormasimulaattoria. Tähän on syynä se, että niihin kyetään käyttökytkimien avulla aikaansaamaan erilaisia hallittuja vikatilanteita. Virran rajoitus sekä joissain tapauksissa pienoisjännite tekevät testiympäristön käytöstä turvallisen ja vikojen simuloinnista edullisen. Haittapuolena kaupallisilla tuotteilla on korkean hinnan lisäksi se, ettei niitä voida päivittää asennusmääräysten muuttuessa. Ongelmaksi voivat osoittautua myös määräysten kansalliset sovitukset, joita kansainväliset laitevalmistajat eivät välttämättä tue. Lisäksi kalleimmat testiympäristöt pyrkivät olemaan kaiken kattavia ja hintaan sisältyy ostajan kannalta paljon tarpeetonta.

5.2 Testilaitteiston luonnostelu

Tavoitteena oli toteuttaa uusia pienjännitemääräyksiä noudattava sekä opetusta tukeva sähköasennus. Laitteistoa käytettäisiin käyttöönottotarkastuksen harjoittelussa sähkölaboratoriossa. Alustaksi oli tarjolla pyörillä varustettu seinä, jonka molemmat puolet oli pinnoitettu 1200 x 1600 mm vanerilevyllä. Toiselle puolelle oli ansiokkaasti toteutettu KNX-harjoitteluympäristö ja toisella puolella oli ABB:n 1M2T21-mittauskeskus, joka varasi noin neljänneksen käytettävissä olevasta pinta-alasta.

Keskuksen nimellisvirta oli 25 A ja sen nousuvarokkeet olivat 3x16 A. Syöttö otettaisiin 16 A voimapistorasiasta. Ylivirtasuojaus ei siis toimisi selektiivisesti, varsinkaan kun myös osa keskuksen ryhmäjohdoista oli suojattu 16 A johdonsoajakatkaisijoilla. Laitteiston käyttötarkoitus huomioiden tällä ei toki olisi merkitystä. Tehdasvalmisteinen keskus oli sisällöltään vanhahko ja käsitti vain yhden vikavirtasuojan, joka sekin suojasi ainoastaan yhtä ryhmää. Loput kuusi ryhmää olivat ilman vikavirtasuojaa. Nykyiset vaatimukset edellyttäisivät juuri päinvastaista. Kokoonpanon muuttamiselle ei kuitenkaan näin pienessä asennuksessa ollut suurempaa tarvetta.

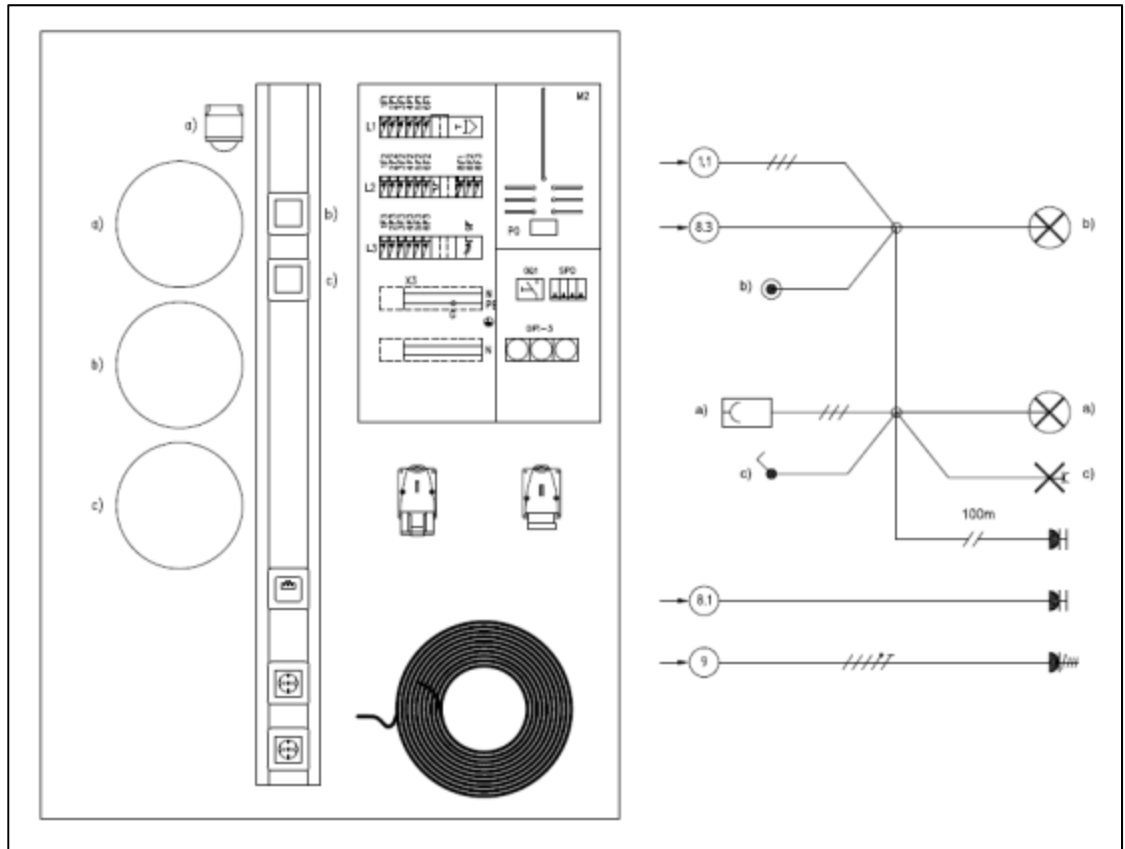
Testiasennuksen toteutusta pohtiessa oli aluksi harkinnassa vikojen mallinnus kaupallisten esikuvien tapaan, mutta siitä ajatuksesta piti luopua varsin pian. Aina samanlaisena toistuvan vian tekeminen ei vaikuttanut mielekkäältä. Tätä

testiasennusta syötettäisiin 11 kVA teholla, joten vikojen aikaan saaminen ei onnistuisi yhtä pienillä kytkimillä tai ohuilla johdotuksilla kuin halvimmilla tehdastekoisilla testialustoilla. Eniten arvelutti se, miten estää käyttöönottestien jatkaminen ennen kaikkien vikojen korjaamista. Vaikutti selkeämmältä pitää asennus mahdollisimman pelkistettynä ja unohtaa vikojen simulointi.

Kaapeleiden asennus pinta-asennuksena olisi edesauttanut aistinvaraista tarkastusta, mutta rujan ulkonäön sekä heikon muunneltavuuden vuoksi vaaka kallistui johtokanavajärjestelmän puolelle. Käytettävissä olisi ollut sopiva pätikä Mekan Instal-kourua, mutta koska AP9-jakorasiaa ei saanut ujutettua kourun leveämpään osastoon, piti alumiininen Instal hylätä. Seinän taustapuolella olevassa KNX-asennuksessa oli käytetty Rehaun johtokanavaa, jonka 130 mm leveään versioon jakorasiakin mahtui. Muovisena sitä oli myös mukavampi työstää, joten valinta oli johtojärjestelmän osalta selvä.

5.3 Laittevalinnat

Asennuksen kokoonpanon tulisi tukea mahdollisimman monipuolisesti käyttöönottotarkastuksessa tehtäviä mittauksia. Rajoittavana tekijänä oli pieni asennuspinta-ala. Tuumailun jälkeen hahmottui kuvan 6 kaltainen sommitelma. Seuraavassa on hieman perusteluja valinnalle.



Kuva 6. Testilaitteiston luonnos

Valaistusryhmä muodostuu kolmesta valaisimesta, joita ohjataan kytkimellä, painonapilla ja liiketunnistimella. Liiketunnistin edustaa elektronista laitetta, joka voi rikkoutua eristysvastusmittauksen aikana. Lisäksi sen ohjatun vaihejohtimen eristysvastus pitää mitata erikseen. Laitteen kotelointi on eristävä, joten suojajohtimen jatkuvuutta ei mitata. Toimintatesti pitää kuitenkin muistaa tehdä.

Painonappiohjauksen perusteluna taas on impulssirele, joka tulee ottaa huomioon eristysvastusmittauksen aikana. Impulssireleessä on vipu, jonka avulla se saadaan pakotettua 1-asentoon myös virrattomana. Jotta jousitetun painonapin ohjaava johdin tulisi mitattua, täytyy nappia pitää alas painettuna eristysvastusmittauksen aikana.

6-kytkimellä ohjatun valaisimen tarkoitus on lähinnä lisätä toiminnallista testattavaa. Toki tässäkin on kytkimen asennolla merkitystä eristysvastusta mitattaessa. Valaisimien oli alun perin tarkoitus olla muovirunkoisia, mistä johtuen yksi valaisin on liitetty valaisinpistorasiaan suojajohtimen jatkuvuusmittauksen vuoksi. Myöhemmin kaikki valaisimet vaihtuivat alumiinirunkoisiksi, ja valaisin-

pistorasia jäi asennukseen esimerkkinä uudesta DCL-valaisinpistorasiasta (Device for Connecting a Luminaire). Suomessa käytetystä SFS 5799:n mukaisesta valaisinpistorasiasta luovutaan uusissa kohteissa 1.4.2019 jälkeen. DCL (SFS-EN 61995, kts. kuva 7) ei ainakaan ensituntumalta vaikuta edistysaskeleelta. Johtimille on jätetty olemattoman pieni kytkentätila ja liittimen rakenne vaikuttaa heppoiselta.



Kuva 7. Schneider Electric ELKO-sarjan DCL-liitin

Yksivaiheisia pistorasioita testiasennukseen tuli kaksi kappaletta. Toinen näistä on omassa ryhmässään C16 johdonsuojan takana ja toinen on valaisinryhmän jatkeena 100 m pitkällä kaapelilla kytkettynä. Ajatuksena on havainnollistaa pitkän kaapelin vaikutus suojajohtimen resistanssiin, syötön automaattiseen poiskytkentään sekä jännitteen alenemaan. Vaikutusta pyritään korostamaan käyttämällä 1,5 mm² johtimia. Pistorasioilla on käyttöä myös vikavirtasuojan mittauksessa. Kaapelikelan riittävän tukevan kiinnityksen toteutus paljastui lopulta testiasennuksen haastavimmaksi yksityiskohdaksi. 100 m pitkää kaapelia olisi ollut paitsi työlästä, myös hyödytöntä yrittää levittää laajemmin käytössä olleelle seinäpinta-alalle. Lopulta kaapeli jäi vielä tehtaan pakettiinkin, jotta se ei hajoaisi kiinnittäessä. Kaapeli siis lämpiää herkästi ja jäähtyy hitaasti, joten valaisinryhmään liitettyä pistorasiaa ei saa kuormittaa muutoin kuin käyttöönottomittauksissa. Kiertosuunnan mittausta varten asennukseen on liitetty yksi kolmivaihepistorasia.

Muualla kuin kaupunkiympäristössä voidaan tänä päivänä tarvita sähköasennusta suojaavia ylijännitesuojia myös maakaapeloidun verkon liittymissä. Tämä lisää ylijännitesuojauksen käyttöä ja vaikuttaa myös käyttöönottotarkastukseen. Testiasennuksen keskuksen DIN-kiskoon liitettiin pistoliitettävät va-

ristoriyljännitesuojat, jotka voidaan irrottaa ilman työkaluja kantaosastaan eristysvastusmittauksen ajaksi.

Maadoituksella ja potentiaalintasauksella on keskeinen merkitys sähköturvallisuuden ja sähkömagneettisten häiriöiden suhteen. Myös testiasennukseen haluttiin esimerkin vuoksi maadoitusjärjestelmä. Lenkki eristämätöntä 16 mm^2 Cu -kaapelia esittää maadoituselektrodia ja päämaadoituskiskoon yhdistetyt putken pätkät ilmanvaihtokanavan sekä vesijohtoverkon potentiaalintasausta. Nämä kuuluu mitata suojajohtimien jatkuvuutta testatessa. Testiasennus lopullisessa muodossaan on esitetty kuvassa 8 ja laitteiston keskuskaavio löytyy liitteestä 1.



Kuva 8. Käyttöönottotarkastuksen harjoittelua varten rakennettu testiasennus

5.4 Mittausten aikainen sähköturvallisuus

Koska asennusta syötetään viisijohtimisella nousujohdolla, ei tarvetta nolla- ja PE-johtimen erottamiseen ole. Tämä osaltaan helpotti asennuksen toteuttamista siten, ettei keskuksen suoja-alueita tarvitse avata. Peltien paikalleen jättämisellä on paitsi turvallisuusnäkökohta, myös vaikutusta testiympäristön kuntoon. Ellei peltejä paikoilleen laittaessa ole riittävän huolellinen, voi osa johdotuksesta jäädä suoja-alueen ja rungon väliin puristuksiin ja aikaa myöten vahingoittua.

Asennuksen jännitteettömyys saadaan varmistettua yksinkertaisesti irrottamalla syöttökaapeli kojevastakkeesta. Mittausta varten on sekä syötön kojevastakkeelle että voimapistorasialle olemassa irrotettavat sovittimet (kojevastakkeen sovitin näkyy kuvassa 8), jotka sallivat turvabanaanipistokkeiden käytön. Pääkytkimen vieressä sijaitsevia ylijännitesuoja-moduuleita varten piti keskuksen suoja-alueen aukkoa avartaa hieman ylä- ja alaosastaan. Aukkoa suurennettiin vain sen verran, että suoja-moduulin saa nostettua pois avaamatta suoja-alueita, kosketussuojauksen kuitenkaan kärsimättä. Näillä toimenpiteillä käyttöönottomittaukset voidaan, niin halutessaan, toteuttaa avaamatta keskusta (kts. liitteen 3 ohjeistus). Asennukselle suoritetun ensikäyttöönottotarkastuksen mittauspöytäkirja on taltioitu liitteeseen 2.

6 POHDINTA

Työn käsinkosketeltavana tuloksena syntyi tavoitteen mukainen yksinkertainen ja siirrettävä sähköasennus opetuskäyttöön. Valtaosa työhön käytetystä ajasta kului kuitenkin kirjallisuuden, pääasiassa sähköasennusmääräysten parissa. Asennusmääräyksiä käytettiin niin käyttöönottotarkastuksen sisältöön tutustuttaessa, kuin myös asennuksen toteutusta miettiessä. Koska työn teoriaosuus perustui lähes yksinomaan määräyksiin joiden sisältöä oli vastikään päivitetty, tuntui luonnolliselta tehdä selkoa myös uudistuneista standardeista.

Standardien läpikäyminen veikin yllättävän paljon aikaa huolimatta siitä, että Sesko on koostanut olennaiset muutokset kunkin standardin viimeiselle sivulle. Määräykset sisältävät paljon viittauksia ja paikoin tieto on niin hajautettu, että kokonaisuuden hahmottaminen ottaa aikansa. Harmillisesti useat viittausten kohteet ovat esimerkiksi laitestandardeja tai kansainvälisiä esikuvia,

joihin koulun SFS-lisenssillä ei pääse käsiksi. Siinä on ongelma, jolle soisi löytävän ratkaisun. Jollakin tapaa opiskelijoille pitäisi sallia mahdollisimman laajat oikeudet tutustua myös kansainvälisiin standardeihin. Suuntaus luultavasti on, että Suomessakin sovelletaan entistä enemmän CENELEC:n tuotteita, ja kansalliset määräykset jäävät vähemmistöön. Ongelmia tuotti myös eräiden kohtien tulkinta. Kaikkia uudistuneita osia ei ole vielä kovin laajalti selitetty vapaasti luettavissa kirjoituksissa, joten itselle muodostuneen käsityksen vahvistaminen ei aina käynyt hetkessä. Seskon väki kyllä tuntui vastaavan opiskelijankin kyselyyn varsin ymmärtäväisesti ja kiitettävällä nopeudella.

Käyttöönottotarkastuksen mittauksista löytyy paljon kirjallisuutta, eikä mittausosio ole määräysten myötä muuttunut. Itse mittaustapahtumassa tarvitaan maalaisjärjen lisäksi kykyä hyödyntää tilanteeseen parhaiten soveliasta työkalua sekä sähkötekniikan perusteita. Aistinvaraiseen tarkastukseen sen sijaan on tuotu joitakin uusia kohteita. Tarkastuksen tämä puoli on visaisempi jo senkin vuoksi, ettei toteutukseen ole olemassa tiettyä helposti ohjeistettavaa tapaa, vaan tarkastus tulisi osata tehdä aina tapauskohtaisesti. Kustannustehokas ja huolellinen tarkastus edellyttää koko SFS 6000 -standardisarjan sujuvaa käytäntöön soveltamista ja vuosien työkokemusta sähköurakoinnista. Pelkällä kirjaviisaudella ei selvästikään pärjää.

Kirjoittajalla ei ole aiempaa ammatillista kokemusta sähköasennuksista, joten suoraviivaisemman asennuksen rakentamisessa tuli eteen joukko uusia asioita. Nämä liittyivät pääsääntöisesti komponentteihin ja työtapoihin. Eräänä esimerkkinä mainittakoon ylijännitesuojat, joiden käyttö johti siihen, että ylijännitesuojien valintaa, sijoittamista, mitoitusta sekä asennusta on luvussa kaksi käsitelty hieman laajemmin. Rakennettu laitteisto on toteutettu periaatteella sähköturvallisuus ensin, joten sen opetukselliset ansiot jäivät vaatimattomimmiksi, kuin olisi suonut. Fyysinen koko asetti rajoitteita kaapeloinnin ja laitteiden lukumäärän suhteen. Jotain vaihtelua mittauksiin voisi saada liitämällä pistorasiaan eri tavoin eristysviallisia tai väärin kytkettyjä laitteita. Tällaisen vian korjaaminen on vaivatonta ja mittausten jatkaminen irrottamatta ensin viallista kulutuslaitetta epätodennäköistä. Potentialitasaukseen voisi lisätä ylimenoresistanssia ilman, että siitä olisi vaaraa kenellekään. Sähkölämmitystä edelleen jonkin verran rakennetaan, joten sähkövastus ja tämän ohjauksikkö olisivat voineet olla perusteltuja jonkin valaisimen tilalle.

Työn tekeminen vastasi aika tarkkaan odotuksia, eikä tuottanut suurempia yllätyksiä. Laki- ja määräystekstien lukeminen ei ollut aivan uutta, samoin asioiden selvittämisestä ja yksityiskohtien tarkentamisesta oli aiempaa kokemusta. Työ vahvisti käsitystä sähköasennuksia säätelevien asiakirjojen sisällöstä sekä rakenteesta ja varmasti helpottaa tiedon hakua tulevaisuudessa. Lisäksi lukuisat sähköalan organisaatiot ja näiden tehtävät sekä keskinäiset vuorovaikutussuhteet hieman kristallisoituivat. Myös asiakokonaisuuden rajaamista, esitystapaa ja muotoa joutui aprikoimaan aivan riittävästi.

LÄHTEET

ABB. 2015. Surge and lightning protection solutions. PDF-dokumentti. Saatavissa:

https://library.e.abb.com/public/651f4cbebb2c4883b03f5fc347f21d08/1TXH000375C0202_Surge_and_lightning_protection_solutions_EN.pdf [viitattu 12.3.2018].

Innohome Oy. s.a. EU-liesiturvastandardi. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.innohome.com/wp-content/uploads/EU-Cooker-Safety-Standard-Article-FI.pdf> [viitattu 18.3.2018].

Kautto, P. 2016. Kaapelit ja paloturvallisuus ST-käsikirja 39. Tampere: Grano Oy.

Saastamoinen, A. & Saarelainen, K. 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset ST-käsikirja 33. 3. uusittu painos. Tampere: Tammerprint Oy.

SESKO ry. 2018. SESKO ry. verkkosivut. HTML-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sesko.fi> [viitattu 16.3.2018].

SFS 6000-1:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät.

SFS 6000-4-41:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta.

SFS 6000-4-42:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-42: Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta.

SFS 6000-4-44:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä.

SFS 6000-4-46:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-46: Suojausmenetelmät. Erottaminen ja kytkentä.

SFS 6000-5-51:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt.

SFS 6000-5-52:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät.

SFS 6000-5-53:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus.

SFS 6000-5-54:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet.

SFS 6000-5-55:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-55: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Muut sähkölaitteet.

SFS 6000-6:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset.

SFS 6000-7-701:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-701: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Kylpy- ja suihkutilat.

SFS 6000-7-705:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-705: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Maa- ja puutarhatalouden tilat.

SFS 6000-7-710:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat.

SFS 6000-7-713:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-713: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Kalusteet.

SFS 6000-7-722:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö.

SFS 6000-7-729:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-729: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Jakokeskusten asentaminen.

SFS 6000-7-753:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-753: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lämmitysjärjestelmät.

SFS 6000-8-801:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-801: Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot.

SFS 6000-8-802:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-802: Täydentävät vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt.

SFS 6000-8-803:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-803: Täydentävät vaatimukset. Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot.

SFS 6000-8-813:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-813: Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen.

SFS-EN 60598-1. 2015. Valaisimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset ja testit.

SFS-EN 61557-2. 2007. Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V A.C. and 1 500 V D.C. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 2: Insulation resistance.

SFS-EN 61557-4. 2007. Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V A.C. and 1 500 V D.C. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 4: Resistance of earth connection and equipotential bonding.

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2017. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 24. painos. Helsinki: Painokurki Oy.

Sähkötieto ry. 2011. ST 53.16 Rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien ylijännitesuojaus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähköturvallisuuslaki 19.12.2016/1135.

Tukes. 2017a. Pientalojen sähköasennuksissa ja niiden käyttöönottotarkastuksissa puutteita. WWW-dokumentti. Päivitetty 22.3.2017. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Sahkolaitteistot-ja--urakointi/Pientalojen-sahkoasennuksissa-ja-niiden-kayttoonottotarkastuksissa-puutteita/> [viitattu 27.2.2018].

Tukes. 2017b. Sähkölaitteistot ja tarkastukset. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ ja_hissit/ohjeet/Tukes-ohje16_2017_Sahkolaitteistot_ ja_tarkastukset.pdf [viitattu 20.1.2018].

Tukes. 2018. Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit (S10-2018). PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ ja_hissit/ohjeet/Tukes-ohje_20_2018_Sahkolaitteistoalueen_standardit.pdf [viitattu 27.2.2018].

Tukes s.a. SL 1 täyttöohje. Word-dokumentti. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/lomakkeet/sahko_ ja_hissit/SL1_opas.doc [viitattu 9.2.2018].

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 30.12.2016/1434.

TESTIASENNUKSEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Mittaukset on tehty 06.04.2018 Fluke 165B sähköasennustesterillä.

Suojajohtimen jatkuvuus

Kohde	R _{Lo}
PMK-Putkisto	0,00 Ω
PMK-IVK	0,00 Ω
PMK-PE	0,00 Ω
PE-Keskuskaappi	0,00 Ω
PE-Valaisin1	0,00 Ω
PE-Valaisin2	0,00 Ω
PE-Valaisin3	0,00 Ω
PE-PR1 (ylempi)	1,12 Ω
PE-PR2 (alempi)	0,00 Ω
PE-Voimapistorasias	0,00 Ω

Eristysresistanssi

Kohde	R _{ISO}	Jännite	Huom!
Syötön kojevastake	500 MΩ	500 V	Painon. + 6-kytk. + Imp.rele 1-asento
Liiketun. Ohj.johdin	200 MΩ	250 V	Mitattu liiketunnistimesta

Syötön automaattinen poiskytkentä ja vikavirtasuojat

Ryhmä	Z _I	I _k (A)	Suoja	Vaadittu I _k	RCD I _{ΔN}	RCD ΔT
8F1	0,64 Ω	356 A	C16	200 A	21 mA	20 ms
8F3	3,08 Ω	74 A	B10	62,5 A		
9F1	0,55 Ω	414 A	C16	200 A		
9F2	0,55 Ω	416 A	C16	200 A		
9F3	0,52 Ω	442 A	C16	200 A		

Vikavirta mitattu nousevalla sinimuotoisella vikavirralla.

Mittaus ei ehtinyt laukaista testiasennuksen vikavirtasuojaa, vaan sähkölaboratorion ryhmäkeskuksen vikavirtasuojat laukesi ensin.

.

Kiertosuunta

Kohde	Kiertosuunta
Keskus	OK
Voimapistorasias	OK

Jännitteen maksimialenema (kuparijohtimelle 20 °C lämpötilassa ja $\cos\varphi=0,95$)

$$U_{\Delta} = \frac{0,0168 \cdot 10^{-6} \Omega m \cdot 100 m}{1,5 \cdot 10^{-6} m^2} \cdot 2 \cdot 10 A \cdot 0,95 = 21,28 V$$

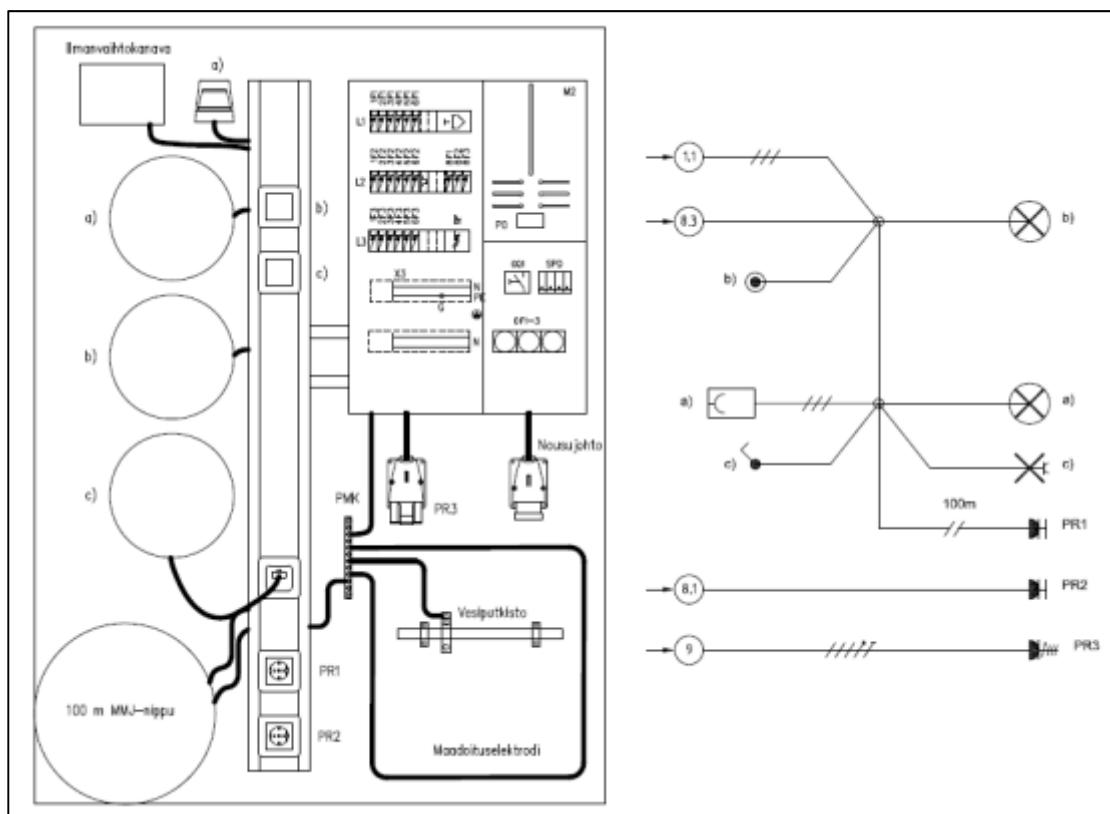
$$U_{\Delta} \% = 100 \% \cdot \frac{21,28 V}{231 V} = 9,2 \%$$

Toimintatesti

Kohde	Toiminta
Liiketunnistin	OK
Painonappi	OK
6-kytkin	OK

KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTEN TYÖOHJE

Tässä asiakirjassa kuvataan eräs tapa suorittaa käyttöönottomittaukset sähkölaboratoriossa olevalle siirrettävälle testiasennukselle (kts. kuva 1). Asennuksen maadoitusjärjestelmänä on TN-S ja asennusta syötetään viisinapaisella 16 A voimajatkajohtolla, joten PE- ja N-johtimien erotus tapahtuu yksinkertaisesti irrottamalla syöttökaapeli. Tästä seuraa, että tarvetta keskuksen suoja-
peltien avaamiselle ei ole. Tämä ohjeistus lähtee olettamasta, että mittaukset tehdään avaamattomalle keskukselle.



Kuva 1. Käyttöönottomittauksissa käytettävä testiasennus.

Asennusta kannattaa syöttää sähkölaboratorion ryhmäkeskuksen 3-vaihelähdöstä, jolloin lähtöä suojaavan vikavirtasuojan uudelleen virittäminen on vaivatonta. Asennusta EI SAA syöttää työpöydän 3-vaihelähdöstä, koska se on tyypillisesti suojamuuntajan vuoksi kelluva.

Jännitteettömyyden varmistaminen

- Irrota syöttökaapeli kojevastakkeesta (suoraan päävarokkeiden alla).

Suojajohtimen jatkuvuus

- Liitä kojevastakkeeseen sovitin, joka käsittää kojepistokkeen ja turva-banaanihylsyt kullekin L-, N-, ja PE-johtimelle.
- Voimapistorasiasia (kuva 1. PR3) varten on vastaavanlainen sovitin, liitä sekin.

- Valitse asennustesteriin oikea mittaustoiminto (esim. R_{Lo}) ja kytke mittajohdot oikeisiin liittimiin.
- Mittajohtimiksi riittävät asennustesterin n. metrin pituiset johtimet. Testaa asennustesterin ja johtimien toiminta oikosulkemalla mittajohtimet. Tee samalla mittajohtimien kompensointi ja varmista, että mittaustulos oikosulussa on 0Ω .
- Liitä toinen mittajohto hauenleualla keskuksen alla olevaan päämaadoituskiskoon (PMK).
- Mittaa resistanssi PMK - IVK (asennuksen vasemmassa yläkulmassa oleva putken pätkä) välillä.
- Mittaa resistanssi PMK - vesiputkisto (kupariputki keskuksen alapuolella) välillä.
- Mittaa resistanssi PMK – PE-kisko (kojevastakkeessa olevan sovittimen PE-turvabanaaniliitin on käytännössä sama kuin PE-kisko).
- Mittaa resistanssi PE-kisko – keskuskaappi.
- Mittaa resistanssi PE-kisko – kaikki muut suojamaadoitetut osat (valaisimet, schuko-rasiat, voimapistorasiala). Valaisimet (kuva 1, a, b ja c) ovat alumiinirunkoisia ja niiden rungon vasemmasta reunasta on porattu maali pois mittausta varten.

Eristysresistanssi

- Aseta keskukselta pääkytkin, vikavirtasuojakytkin, impulssirele sekä kaikki johdonsuojakatkaisijat 1-asentoon.
- Poista ylijännitesuojat (pääkytkimen vieressä) varovasti vetämällä.
- Aseta 6-kytkin (kuva 1, c) 1-asentoon.
- Valitse asennustesteristä oikea mittaustoiminto (esim. R_{ISO}).
- Tarkista, että mittari mittaa nimenomaan L-PE väliltä, ja liitä turvabanaanijohtimet oikeisiin liittimiin.
- Tarkista, että mittausjännite on 500 V.
- Oikosulje mittajohtimet ja tee koemittaus (käytä mieluummin mittapäässä olevaa nappia, jos on) todetaksesi, että mittajohtimet sekä mittarin akku ovat kunnossa.
- Kytke syötön kojevastakkeen sovittimessa kaikki vaihejohtimet ja N-johdin rinnan. Liitä mittajohtimet rinnankytkentään sekä PE-liittimeen.
- Pidä painonappi (kuva 1, b) alaspainettuna mittauksen aikana, jotta myös painonapin ohjausjohdin tulee mitattua. Suorita mittaus.
- Kaikkien muiden laitteiden ja johtimien eristysresistanssi on nyt mitattu, mutta liiketunnistimen ohjausjohdin on mitattava erikseen. Avaa liiketunnistin (avattavaa ruuvia suojaava muovitulppa on ensin poistettava laitteen yläosasta). Kotelo aukeaa alaspäin kallistamalla, alaosa on ikään kuin saranoitu.
- Poista mittajohdin syötön sovittimen rinnankytkennästä (jätä toinen mittajohdin edelleen PE-liittimeen).
- Koska tällä kertaa mitatessa eivät L- ja N-johdin ole samassa potentiaalissa, on viisainta vaihtaa mittarin mittausjännitteeksi 250 V.
- Tee mittaus liiketunnistimen liittimen L'-johtimen (musta) ja PE-johtimen välillä.
- Sulje liiketunnistimen kotelo ja pura mittauskytkennät.
- Aseta kaikki laitteet ja katkaisijat 0-asentoon.
- Liitä ylijännitesuojat.

Silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta

- Varmista, että asennuksen kaikki katkaisijat ovat 0-asennossa.
- Poista sovitin asennuksen kojevastakkeesta ja liitä asennus sähkölaboratorion ryhmäkeskuksen kyljessä olevaan voimapistorasiaan.
- Työnnä jännitetesterin mittajohdin asennuksen päävarokkeen varokekannessa olevaan reikään ja toinen mittajohdin viereisen päävarokkeen varokekannen reikään, ja totea pääjännitteen olemassaolo. Toista mittaus kunkin vaiheen väliltä.
- Aseta vikavirtasuojakytkin 1-asentoon. Voimapistorasian sovittimen N-liittimessä on nyt syötön N.
- Kytke jännitetesterin toinen mittajohdin voimapistorasian sovittimen N-liittimeen.
- Kytke jännitetesterin toinen mittajohdin asennuksen päävarokkeen varokekannessa olevaan reikään ja totea vaihejännitteen olemassaolo. Toista mittaus kaikille vaiheille.
- Aseta johdonsuojakatkaisimet 8F1, 8F3 ja 9F 1-asentoon.
- Valitse asennustesteristä oikea mittaustoiminto (esim. Z_I no trip). Jos mahdollista, käytä no trip optiota, jolloin silmukkaimpedanssin mittaus ei laukaise vikavirtasuojakytkintä.
- Varmista, että mittari mittaa L-PE väliä ja liitä mittajohtimet asianmukaisesti liittimiin. Jos mahdollista, käytä mittajohtoa, jonka toisessa päässä on suojamaadoitettu pistoke.
- Liitä mittajohtimen toinen pää valaisinryhmän (PR1) pistorasiaan.
- Mittaa silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta (jos asennustesteri osaa sen laskea). Vertaa tulosta taulukkoarvoon (lue taulukon **mitattu arvo** saraketta)
- Toista mittaus muille pistorasioille. Mittaa voimapistorasian kaikki vaiheet PE-johdinta vasten.

Vikavirtasuojakytkin

- Testaa vikavirtasuojakytkin testinapilla. Muista tarvittaessa palauttaa myös sähkölaboratorion ryhmäkeskuksen 3-vaihelähtöä suojaava vikavirtasuojakytkin.
- Valitse asennustesteristä oikea toiminto (esim. $RCDI_{\Delta N}$ / $RCD_{\Delta T}$) ja liitä mittajohdin oikein. Jos mahdollista, käytä mittajohdinta jonka toisessa päässä on suojamaadoitettu pistoke.
- Varmista, että mittari käyttää sinimuotoista vikavirtaa. Käytä nousevaa vikavirtaa (ramp), tai mittaa ensin alle 15 mA vikavirralla (ei laukaisua) ja sitten uudelleen 30 mA vikavirralla (laukaisu).
- Liitä mittajohdin joko pistorasiaan PR1 tai PR2.
- Mittaa laukaisun aiheuttava vikavirta ja laukaisu-aika. Tee tarvittaessa kaksi eri mittausta. Koska mitattavassa piirissä on peräkkäin kaksi vikavirtasuojaa, voi jompikumpi laueta ensin. Sähkölaboratorion ryhmäkeskuksen vikavirtasuojakytkin on lähempänä syöttävää muuntajaa, joten sen vikavirta nousee ainakin hivenen nopeammin.

Kiertosuunta

- Mittaa ensin keskuksen kiertosuunta päävarokkeilta.
- Käytä mieluummin kiertosuunnan ilmaisevaa kaksinapaista jännitetesteriä, jonka mittapäiden kärjet mahtuvat varokekansien reikiin. Jos päätät mitata asennustesterillä, tarvitset luultavasti kolme kättä eli apurin. Jätä ennemmin mittaamatta, ettet saa sähköiskua.
- Kiertosuunnan mittaaminen voimapistorasian sovittimesta onnistuu turvallisesti asennustesterilläkin.

Toimintatesti

- Aseta johdonsuojakatkaisin 1F1 (impulssireleen ohjaus) 1-asentoon.
- Totea liiketunnistimen, painonapin ja 6-kytkimen oikea toiminta.

Tee lopuksi testiasennus jännitteettömäksi irrottamalla syöttökaapeli.