

Sami Hietala

T060SN1


Mittalaitteiden kuntotarkastus- käytäntö

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan ko.


Toukokuu 2014



KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä	
Tekijä(t) Sami Hietala	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Mittalaitteiden kuntotarkastuskäytäntö		
Tiivistelmä Opinnäytetyö tehtiin Voiman Oy:lle. Tavoitteena oli kartoittaa ja listata yrityksen käytössä olevat mittalaitteet ja suunnitella laitteille kuntotarkastusmenetelmä, joka täyttää turvallisuuden, luotettavuuden, standardien mukaisuuden ja tilaajan asettamat vaatimukset. Menetelmän avulla tulee voida osoittaa, että yritys seuraa mittalaitteidensa kuntoa ja tarkkuutta. Kuntotarkastusmenetelmästä on tarkoitus luoda käytäntö, joka voidaan toistaa määräajoin. Työlle oli tarvetta, sillä Voiman Oy:n yhteistyökumppanit halusivat yrityksen seuraavan mittalaitteiden kuntoa. Näin ollen myös yrityksen laatujärjestelmää tulee kehitettyä. Työssä esitellään, miten mittalaitteiden tiedonkerääminen järjestettiin. Työssä tutustutaan myös eri mittalaitteiden ominaisuuksiin sekä käydään läpi tarkastuksille asetettuja vaatimuksia. Lisäksi mittauksien toteutus ja tulosten arviointi ja dokumentointimenetelmät esitellään. Tietoja työhön haettiin kirjallisista lähteistä, kuten standardeista, valmistajan ohjeista, sähköposteista ja alan julkaisuista. Opinnäytetyön lopputuloksena yrityksen mittalaitetilanne kartoitettiin ja listatuille mittalaitteille suunniteltiin tarkastusmenetelmä, jota hyödynnettiin käytännössä. Asetetut tavoitteet saavutettiin, sillä Voiman Oy:n yhteistyökumppanit hyväksyivät opinnäytetyössä toteutetun menetelmän osaksi laaduntarkkailua. Tarkastusmenetelmästä tulee määräajoin toteutettava käytäntö.		
Asiasanat (avainsanat)		
Sivumäärä 34+12	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Jorma Pekkanen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Voiman Oy	

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Sami Hietala	Degree programme and option Electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis Inspection method for condition of the measuring equipment.		
Abstract <p>This thesis was made in cooperation with Voiman Oy. The aim of this thesis was to scan and list measuring equipment that is used by the company. A process to inspect the current condition of the measuring equipment also needed to be planned and executed on listed equipment. This process is supposed to meet requirements set by generic safety, reliability, standards and associates. The inspection method must be able to rerun by designated time span. This thesis will improve company's quality system. The study was needed because associates demanded that condition of measuring equipment needs to be monitored.</p> <p>This thesis describes the method for collecting the data from the equipment. Features of different measuring equipment are also reviewed and criteria of inspections are examined. Inspections method, calculations and results are also being reviewed. Data for the thesis has been collected from literary sources such as standards, guides, emails to manufacturers and books.</p> <p>As a result, the measuring equipment was scanned and the test method was designed and executed. The goals set were reached as company's associates approved the designed test method and it will be used in future.</p>		
Subject headings, (keywords)		
Pages 34+12	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Jorma Pekkanen	Bachelor's thesis assigned by Voiman Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	VOIMAN OY.....	1
3	MITTAUSTEN PERUSTEET	2
3.1	Suureet	2
3.2	Mittavirheet.....	2
3.2.1	Karkea virhe.....	3
3.2.2	Systemaattinen virhe.....	3
3.2.3	Satunnainen virhe.....	3
4	MITTALAITTEIDEN LISTAAMINEN	3
4.1	Kaksinapaiset jännitekoettimet.....	4
4.2	Pihti- ja yleismittarit	5
4.3	Asennustesterit.....	6
4.4	Sähköasema-mittarit	8
4.4.1	Megger EGIL.....	8
4.4.2	Megger MOM600A	8
4.4.3	Megger B10E.....	8
4.4.4	Megger SVERKER 780.....	9
4.5	Tutkat.....	9
4.5.1	Radiodetection Genny ³ ja C.A.T ³	9
4.5.2	C.SCOPE MXL ja MXT.....	9
4.5.3	Leica Digicat 550i ja Digitex 8/33.....	10
4.6	Muut mittalaitteet.....	10
4.6.1	Seba KMT SPG 5-1000	10
4.6.2	Seba KTM TDR MINI FLEX.....	11
4.6.3	KYORITSU 3125	11
4.6.4	CAUVIN ARNOUX 6547	11
4.6.5	CHAUVIN ARNOUX C.A 6460	11
4.6.6	Fameca TAG 5000S, TAG 200 ja Ensto Sindi.....	11
5	TARKASTUSKÄYTÄNNÖN VAATIMUKSET.....	12
5.1	Yleiset turvallisuusvaatimukset.....	12
5.2	Tilaaajan vaatimukset.....	12
5.3	Standardien mukaisuus	13

6	VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN.....	14
6.1	Tilat.....	14
6.2	Laitteistot	14
6.2.1	Testilaatikon ominaisuudet	15
6.2.2	Testilaatikon suunnittelu ja toteutus	15
6.3	Mittausepävarmuus.....	16
6.4	Jäljitettävyys	17
7	JAKO ITSENÄISESTI TARKASTETTAVIIN	18
8	KUNTOTARKASTUKSEN TESTAUSMENETELMÄT	18
8.1	Jännitemittaus	19
8.2	Vaihtovirtamittaus	19
8.3	Resistanssi- ja jatkuvuusmittaus	20
8.4	Taajuusmittaus	20
8.5	Kiertosuunnanmittaus	20
8.6	Napaisuudentunnistusmittaus	20
8.7	Yksinapainen vaiheilmaisuus	21
8.8	Kaksinapainen jännitteenilmaisuus paristoitta	21
8.9	Eristysvastusmittaus	21
8.10	PE-jatkuvuusmittaus	21
8.11	Impedanssi-, oikosulkuvirta- ja maattovastus silmukkamenetelmällä mittaus	22
8.12	PE-kytkennäntarkastus	22
8.13	Äänimerkin toiminnan tarkastus	22
8.14	Mittajohdot	22
8.15	Tarkastamatta jätetyt mitta-alueet.....	23
9	VIRHEALUEET JA –TAPAUKSET	23
9.1	Virherajojen ilmoittaminen.....	23
9.2	Virherajat ja mittaepävarmuus.....	24
9.3	Laskukaavat, tulos ja mittaepävarmuus	25
9.3.1	Menettely 1	25
9.3.2	Menettely 2	26
9.3.3	Menettely 3	27
9.4	Poisjätetyt toiminta-alueet	28
9.5	Jatkokäsittely	28

10	MERKINNÄT JA DOKUMENTOINTI.....	28
10.1	Merkinnät.....	28
10.2	Dokumentointi/arkistointi.....	29
11	KEHITETTÄVÄÄ.....	30
12	KUNTOTARKASTUSKÄYTÄNTÖ.....	31
13	LOPPUTULOSTEN ARVIOINTI.....	31
	LÄHTEET.....	33

LIITTEET

- 1 Mittalaittekysely
- 2 Testauslaatikon ohjeet
- 3 Voiman Oy:n mittalaitteet
- 4 Mittauspöytäkirjoja

KÄSITTEET

Pj: Pienjännite, >1kVac.

Kj: Keskijännite, 1kV -36kVac

Rdg: Tuloksen virhe prosentuaalisesti.

Dgt: Digitaalisen näytön pienimmän numeron virhe.

Akkreditoitu laboratorio: Viranomaisten hyväksymä laboratorio.

Validointi: Menetelmä, jolla tarkistetaan palvelun tai järjestelmän vastaavan sille asetettuja vaatimuksia.

SI: Kansainvälinen yksikköjärjestelmä.

Estimaatti: Lukujoukkoa kuvaava yksittäinen luku.

Referenssi: Vertausarvo.

PFC: Vaiheen ja suojamaan oikosulussa virtaava virta.

PSC: Vaiheen ja nollan oikosulussa virtaava virta.

Metrologiatoimi: ”se, jolla on hallinnollinen ja tekninen vastuu luoda ja toteuttaa mittausten hallintajärjestelmä” [35, s.12].

1 JOHDANTO

Tehokas työskentely erilaisissa verkon kunnossapito- ja rakennustöissä vaatii luottamusta työvälineitä kohtaan, ja mittalaitteet ovat yksi merkittävä osa näistä työvälineistä. Jotta voidaan luoda luotettavaa sähköverkkoa ja taata ripeät vianhoitoajat, on selvää, että työssä käytettävien mittalaitteiden tulee olla tarkkoja ja luotettavia, jotta esimerkiksi maakaapeliviivat pystytään paikantamaan mahdollisimman tarkasti ja nopeasti. Kun mittareihin voidaan luottaa, työ on tehokasta ja ylimääräistä työtä ei synny väärin mittaustulosten johdosta. Mittareiden luotettavuus ei ainoastaan vaikuta työnopeuteen, vaan sillä on merkittävä vaikutus myös työn turvallisuuden ja laadun suhteen.

Voiman Oy:llä on käytössään merkittävä määrä erilaisia mittalaitteita, joita käytetään muun muassa vianpaikantamiseen, jännitteellisyyden toteamiseen, tarkastuksiin, sähköasemien huoltotöihin, jännitetöihin ja työntuloksien arviointiin.

Opinnäytetyössäni on tavoitteena kartoittaa Voiman Oy:n mittalaitetilanne ja luoda toimintamalli, jolla pystytään tarkastamaan mittalaitteiden kunto ja mittaustarkkuus, niin että se täyttää turvallisuuden, luotettavuuden, standardien mukaisuuden ja tilaajan asettamat vaatimukset. Toimintamallia toistamalla tietyin väliajoin saadaan käytäntö, jolla saavutetaan mittareiden luotettavuuden säilymisen todennus. Samalla yrityksen laatujärjestelmää tullaan kehittämään mittalaitteiden osalta.

2 VOIMAN OY

Opinnäytetyön tilaajana toimii Voiman Oy. Voiman Oy tuottaa palveluja verkkoyhtiöille ja kuntasektorille. Yritys on perustettu vuonna 2005 Karstulassa ja nykyisin yrityksellä on toimipisteet Karstulassa sekä Saarijärvellä. Voiman Oy:n toiminta keskityy pääsääntöisesti pohjoiseen Keski-Suomeen. Yrityksellä on kolme omistajaa, ja se työllistää vakituisesti 28 henkilöä. Tämän lisäksi yritys tarjoaa mahdollisuuksia oppisopimuskoulutautujille ja kesätyöntekijöille. Vuonna 2012 yrityksen liikevaihto oli noin 3,5 miljoonaa euroa. Voiman Oy:n yhteistyökumppaneita ovat muun muassa Elenia Oy, Keuruun Sähkö Oy, Alajärvensähkö Oy ja TeliaSonera sekä Saarijärven, Kyyjärven, Kivijärven, Karstulan ja Soinin kuntien tiehallinnot. [1.]

Voiman Oy tarjoaa asiakkailleen monenlaisia palveluja. Töihin kuuluvat muun muassa 0.4kV ja 20kV ilma- ja maakaapeliverkkojen rakentaminen, kunnossapito ja suunnittelu. Tämän lisäksi yritys toteuttaa myös sähköasemien kunnossapito- ja huoltotöitä, tievalaistuksen rakennusta ja kunnossapitoa, sähkömittauskeskusten myyntiä ja asennuksia sekä puiden kaatoa. Kuvassa 1 on Voiman Oy:n logo. [1.]



KUVA 1. Voiman-logo [1]

3 MITTAUSTEN PERUSTEET

”Jos pystyt mittaamaan sen mistä puhut ja ilmaisemaan sen numeroin, tiedät siitä jotakin. Mutta jos et pysty mittamaan sitä, jos et voi ilmaista sitä numeroin, tietosi on vähäistä ja epätydyttävää laatua: se saattaa olla tiedon alku, mutta tuskin olet ajatuksisiasi päässyt tieteelliselle tasolle, olipa asia mikä tahansa.” William Thomson

3.1 Suureet

Mittaustuloksia tulkitaan suureita apuna käyttäen. Suure on mitattavissa oleva ominaisuus ja suuren yksikkö pohjautuu kansainväliseen järjestelmään SI. [34, s.10.]

3.2 Mittavirheet

Mittauksia tehdessä on tärkeää huomioida mittauksissa esiintyvät virheet. Näitä on pääsääntöisesti kolme erilaista tyyppiä. Nämä virhetyypit ovat karkeat, systemaattiset ja satunnaiset virheet.

3.2.1 Karkea virhe

”Karkea virhe on seurausta mittaamisvälineen epätarkoituksenmukaisesta ja väärästä käsittelystä, lukemavirheestä ym. Sen oletetaan kuitenkin aina olevan poistettu huolella tehdyissä mittauksissa.”[2, s. 11.]

3.2.2 Systemaattinen virhe

”Systemaattinen virhe on kyseessä silloin, kun virhe pyrkii vääristämään tulosta aina samaan suuntaan. Systemaattinen virhe syntyy esim., jos mittarin asteikkoa ei ole laadittu oikein (ns. kalibrointivirhe) tai jos analogisen mittauslaitteen osoitinta luetaan vinosti (ns. parallasivirhe). Systemaattiset virheet olisi pyrittävä löytämään ja mahdollisuuksien mukaan poistamaan.” [2, s. 11.]

3.2.3 Satunnainen virhe

”Satunnainen virhe eli tilastollinen virhe ei vääristä tulosta mihinkään tiettyyn suuntaan. Satunnaista virhettä on joka mittauksessa ja sen olemassaolo voidaan todeta toistamalla sama mittaus useaan kertaan. Satunnaisten virheiden virhearviointi tapahtuu tilastomatematiikan keinoin.” [2, s. 12.]

4 MITTALAITTEIDEN LISTAAMINEN

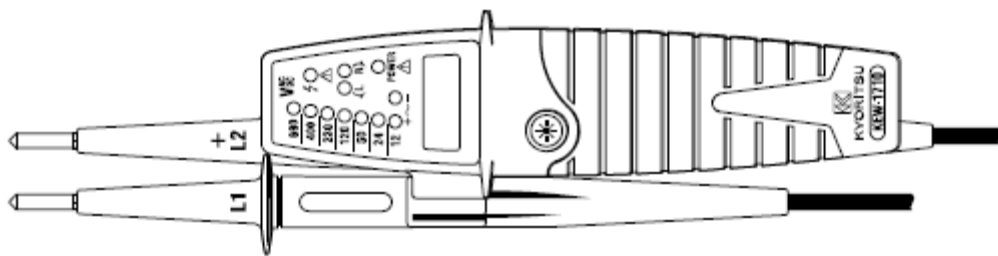
Ennen kuin mittalaitteiden tarkastelumenetelmiä voidaan alkaa suunnittelemaan, on tärkeää tutustua mittauskalustoon, jolle tarkastuskäytäntö tulee luoda. Yrityksellä ei ollut valmiina listaa käytössä olevista mittalaitteista, joten opinnäytetyössä ensimmäinen vaihe oli Voiman Oy:n mittareiden kartoittaminen ja listaaminen. Tavoitteena oli selvittää jokaisesta yhtiöllä käytössä olevasta mittalaitteesta valmistajan nimi, mittarin tyyppi ja sarjanumero. Mittalaitteita säilytettiin yhtiön molemmissa toimipisteissä sekä autoissa. Yrityksen toimipisteellä säilytettyjen mittareiden tietojen dokumentointi onnistui sujuvasti käymällä mittalaitteet läpi ja keräämällä tiedot talteen, mutta ajoneuvoissa säilytettyjen mittalaitteiden kartoitus oli haastavampaa. Vaikka käytettävissä oli lista yhtiön ajoneuvoista, ongelmia tuotti kaluston suuri määrä, ajoneuvojen liikkuminen työaikana sekä kuljettajien yksilökohtaiset mittareiden säilytyspaikat.

Näistä seikoista johtuen mittareiden kartoitusta autoissa ei ole järkevää toteuttaa samalla menetelmällä kuin toimipisteiltä. Kartoitus toteutettiin luomalla kierrätettävä lista, johon ihmiset saivat täyttää tiedot autosta löytyvistä mittalaitteistaan. Listan ensimmäinen sivu löytyy liitteestä 1. Muut sivut eivät poikenneet merkittävästi ensimmäisestä.

Mittalaitteiden listauksen jälkeen käytössä olevat mittalaitteet lajiteltiin kategorioihin mitattavien suureiden mukaan. Kategorioiksi muodostuivat: kaksinapaiset jännitekoettimet, pihti- ja yleismittarit, asennustesterit, sähköasemamittarit ja kaapelitutkat sekä muut. Seuraavissa kappaleissa tutustutaan Voiman Oy:n käytössä oleviin mittalaitteisiin pintapuolisesti ja käydään läpi, mitä suureita laitteilla voidaan tutkia. Samantyyppisten mittareiden suurien lukumäärien johdosta mittarit käsitellään tässä kappaleessa mallikohtaisesti ja kattava listaus kaikista mittalaitteista sarjanumeroineen löytyy liitteestä 2.

4.1 Kaksinapaiset jännitekoettimet

Kaksinapaiset jännitekoettimet -ryhmään listattiin mittalaitteet, joita käytetään pääsääntöisesti jännitteen havaitsemiseen, jatkuvuuden toteamiseen ja kiertosuunnanmittaamiseen. Tähän luokkaan sijoitettiin mittarit: KYORITSU KEW 1710 ja Fluke-mallit T100, T130, T140 ja PeakTech 1095. Näistä laitteista KYORITSU KEW 1710 on yksi yleisimmin käytössä oleva mittalaite ja kyseinen jännitetesteri kuuluu lähes jokaisen auton varustukseen. Muita laitteita autoista löytyy satunnaisesti. Kategorian mittalaitteita käytetään samanlaisissa mittaustehtävissä, joten on myös järkevää tarkastella mittareita samoilla menetelmillä. Missään kategorian mittalaitteessa ei ollut virtamittausta ja kaikissa oli kiinteät mittapää. Kuvassa 2 on KYORITSU KEW 1710.



KUVA 2. KYORITSU KEW 1710 [3]

Kaksinapaiset jännitekoettimet kategorian mittalaitteista löytyviä mitta-alueita olivat vaihto- ja tasajännitemittaus, napaisuudentunnistus, yksinapainen vaiheilmaisu, kiertosuunnanmittaus, jatkuvuustestaus, jännitteen ilmaisu paristoitta, vikavirtasuojakytkimen toiminnan testaus ja resistanssimittaus. Taulukkoon 1 on listattu Voiman Oy:n käyttämien kaksinapaisen jännitekoettimien mallit ja niiden ominaisuudet.

TAULUKKO 1. Kaksinapaiset jännitekoettimet [3;4;5;6, s.18-32]

	KYORITSU KEW 1710	Fluke T100	Fluke T140	Fluke T130	PeakTech 1095
Jännite(AC)	x	x	x	x	x
Jännite(DC)	x	x	x	x	x
Napaisuuden tunnistus	x	x	x	x	x
Yksinapainen vaiheilmaisu	x	x	x	x	x
Kiertosuunnan mittaus	x	x	x	x	x
Jatkuvuustestaus	x	x	x	x	x
Jännitteen ilmaisu pattereitta	x	x	x	x	x
Vikavirtasuojan testaus				x	
Resistanssi			x		

4.2 Pihti- ja yleismittarit

Pihti- ja yleismittarit kategoriaan sijoitettiin yleismittarit Metrahit 2+ ja Victor 88B ja pihtimittarit YOKOGAWA CL120 ja Fluke-mallit 374 sekä 322. Yleisimmin käytetty pihti- ja yleismittarit kategorian laite on Fluke 322, joka löytyy useimmista autoista. Muut mainitut laitteet ovat harvimminkin käytettyjä. Kuvassa 3 on Fluke 322.



KUVA 3. Fluke 322

Pihti- ja yleismittarikategorian mittalaitteet sisälsivät aiemmin käsiteltyjä mittalaitteita enemmän ominaisuuksia. Tärkeimpiä mittasuureita kyseisen luokan mittareille jännitemittausten ohessa ovat vaihtovirtamittaukset. Laitteista löytyy myös useita muita mitta-alueita, kuten tasavirta-, jatkuvuus-, resistanssi-, diodintestaus-, lämpötila-, kapasitanssi-, induktanssi ja taajuusmittaus. Pihti- ja yleismittariluokan mittalaitteet olivat pääsääntöisesti irrotettavilla mittapäillä. Taulukossa 2 on Voiman Oy:n käyttämät pihti- ja yleismittarit ominaisuuksineen.

TAULUKKO 2. Pihti- ja yleismittarit [7;8;9;10;11;12]

	Metrahit 2+	YOKOGAWA CL120	Fluke 374	Fluke 322	Fluke 324	Victor 88B
Jännite (AC)	x		x	x	x	x
Jännite(DC)	x		x	x	x	x
Virta (AC)	x	x	x	x	x	x
Virta (DC)	x		x			x
Jatkuvuus	x		x	x	x	x
Resistanssi	x		x	x	x	x
Diodintestaus	x					x
Lämpötila	x				x	x
Kapasitanssi					x	x
Induktanssi						x
Taajuus	x					x

4.3 Asennustesterit

Voiman Oy:n käytössä on kahdeksan erilaista asennustesteriä. KYORITSU-mallit 6011A, KEW 6010B, Fluke-mallit 1653B, 1653, 1652, Sonel-mallit MPI-505, MPI-520 ja BEHA AMPROBE Telaris Proinstall-100. Näistä laitteista eniten käytettyjä malleja olivat KYORITSU 6011A ja Fluke 1653B. Kuvassa 4 on KYORITSU KEW 6010B.

4.4 Sähköasema-mittarit

Sähköasemilla käytettäviä mittareita olivat reletesteri, virtalähdetesteri, mikro-ohmimittari sekä katkaisijan analysaattori. Edellä mainittuja mittalaitteita oli käytössä yksi kappale kutakin. Taulukossa 4 on Voiman Oy:n käyttämät sähköasemamittarit malleittain.

TAULUKKO 4. Sähköasemamittarit

Mittari	Valmistaja	Malli
Katkaisijan-analysaattori	Megger	EGIL
Mikro-ohmimittari	Megger	MOM600A
Virtalähde	Megger	B10E
Relekoestuslaite	Megger	SVERKER 780

4.4.1 Megger EGIL

Megger Egil -katkaisijan analysaattori on tarkoitettu käytettäväksi keskijännitteisillä sähköasemilla. Laitteella voidaan mitata katkaisijan toiminta-aikaa sekä liikettä.[19.]

4.4.2 Megger MOM600A

Megger MOM600A -mikro-ohmimittari on tarkoitettu resistanssin mittaamiseen katkaisu ja liitoskohdissa. Tällaisia kohteita ovat muun muassa kj-sulakkeet, kytkimet ja muut liitoskohdat. Suuri resistanssi liitoksissa kuormittaa kohdetta ja laskee sen käyttöikä. [20.]

4.4.3 Megger B10E

Megger B10E -virtalähde on tarkoitettu kj-sulakkeiden testaamiseen. Laitteella voidaan syöttää säädettävää vaihto- ja tasajännitettä 24 -250 voltin väliltä ja näin ollen voidaan määrittää pienin sulakkeen laukaisujännite. [21.]

4.4.4 Megger SVERKER 780

Megger SVERKER 780 on suunniteltu pääsääntöisesti suojarelelaitteiden toisiokoe-
tukseen. Laitteella voidaan kuitenkin koestaa yksivaihesuojareleet, kolmivaihereleet
vaihevaiheelta, vaihekulman kääntöä vaativat releet ja jännitereleet taajuusalueelta 15-
550Hz. [22.]

4.5 Tutkat

Kaapelitukia käytetään erilaisten maahan asennettujen kaapeleiden havaitsemiseen.
Tutkiin kuuluu lähetin ja tutka, jotka ovat omilla sarjanumeroillaan, mutta tulevissa
kappaleissa tutkat käsitellään yhdessä. Taulukossa 5 on lueteltu Voiman Oy:n kaapeli-
tutkat.

TAULUKKO 5. Kaapelitutkat

Mittari	Valmistaja	Malli
Kaapelitutka	Radiodetection	Genny ³
Kaapelitutka	Radiodetection	C.A.T ³⁺
Kaapelitutka	C.SCOPE	MXL
Kaapelitutka	C.SCOPE	MXT
Kaapelitutka	Leica	Digitat 550i
Kaapelitutka	Leica	Digitex 8/33

4.5.1 Radiodetection Genny³ ja C.A.T³⁺

Radiodetection:n kaapelitutkasarjaan kuuluu C.A.T³⁺ ja Genny³. C.A.T³⁺ on tutka ja
Genny³ on lähetinosa, jolla voidaan syöttää signaalia kaapeliin. Kyseisillä kaapelitu-
killa voidaan paikantaa radio- ja sähkökaapelit. [23.]

4.5.2 C.SCOPE MXL ja MXT

C.SCOPE:n MXL-kaapelin paikantimella voidaan havaita sähkö- ja radiokaapelit ja
niiden syvyys. MXT on signaalin lähetin ja MXL tutkaosa. [24.]

4.5.3 Leica Digicat 550i ja Digitex 8/33

Leica Digicat 550i on digitaalisella näytöllä varustettu kaapelitutka. Laitteella voidaan paikantaa radio- ja sähkökaapelit. Digitex 8/33 on signaalin lähetin ja Digicat 550i tutka. Kuvassa 5 on Leica Digicat 550i. [25.]



KUVA 5. Leica Digicat 550i

4.6 Muut mittalaitteet

Muut mittalaitteet -osioon on kerätty mittalaitteet, jotka eivät mahdu aiempiin kategoriin. Tässä kategoriassa on sekä jännitetyövälineisiin kiinnitettäviä mittalaitteita että normaaliin työhön tarvittavia laitteita. Taulukossa 6 on muut mittalaitteet osioon kategorioidut mittalaitetyypit.

TAULUKKO 6. Muut mittalaitteet

Mittari	Valmistaja	Malli
Vianpaikannus mittari	Seba KMT	SPG 5-1000
Vianpaikannus mittari	Seba KMT	TDR MINI FLEX
Eristysvastusmittari	KYORITSU	3125
Eristysvastusmittari	CHAUVIN ARNOUX	6547
Maattovastus mittari	CHAUVIN ARNOUX	C.A 6460
Jännitteenilmaisoin 10- 30kV	Fameca	TAG5000S
Jännitteenilmaisoin 15- 45kV	Fameca	TAG 200
Jännitteenilmaisoin	Ensto	Sindi

4.6.1 Seba KMT SPG 5-1000

Seba KMT SPG 5-1000 on maakaapelivianpaikannuslaite. Laitteeseen kuuluu lähetin ja mittalaitteosa. Lähettimellä voidaan syöttää tutkittavaan kaapeliin jännitepulsseja 5kV asti. Mittalaitteosalla etsitään mahdollisia kaapelin läpilyöntikohtia. [26.]

4.6.2 Seba KTM TDR MINI FLEX

Seba KMT TDR MINI FLEX on kaapelivianpaikannin. Laitteella voidaan paikantaa vika 6 kilometrin päästä. Laitteen toiminta perustuu äänitaajuussignaalien lähettämiseen. [27.]

4.6.3 KYORITSU 3125

KYORITSU 3125 on eristysvastusmittari, joka mahdollistaa kaapelien testaamisen jännitteillä 500 - 5000 voltia. Laitteella voidaan havaita resistanssi arvoja väliltä 999Ω – $1000G\Omega$. [28.]

4.6.4 CAUVIN ARNOUX 6547

CHAUVIN ARNOUX 6547 on eristysvastusmittari, jossa testijännitteet voidaan valita väliltä 40 - 5100 voltia. Laiteella voidaan mitata eristysvastus arvoja väliltä $10k\Omega$ - $10T\Omega$. [29.]

4.6.5 CHAUVIN ARNOUX C.A 6460

CHAUVIN ARNOUX C.A 6460 -maattovastusmittarilla voidaan mitata maattovastusarvoja väliltä 0 - 1999Ω . Mittaaminen tapahtuu maapiikkejä apuna käyttäen. [30.]

4.6.6 Fameca TAG 5000S, TAG 200 ja Ensto Sindi

Jännitteenilmaisimet Fameca TAG 5000S, TAG 200 ja Ensto Sindi on tarkoitettu kiinnitettäväksi jännitetyösauvoihin. Enston Sindi soveltuu työskentelyyn pj-puolella ja Famecan TAG-sarja soveltuu kj-puolelle. TAG 5000S soveltuu jännitteille 10 - $30kV$ ja TAG 200 jännitteille 15 - $45kV$. Kuvassa 6 on TAG 200.



KUVA 6. Fameca TAG200

5 TARKASTUSKÄYTÄNNÖN VAATIMUKSET

Suunniteltaessa mittalaitteiden kuntotarkastusmenetelmää yritykselle, joka tuottaa palveluja yksityiselle ja julkiselle sektorille on tärkeää huomioida, että mittalaitteille suunniteltavat tarkastusmenetelmät saavuttavat tason, joka täyttää eri tahojen vaatimukset.

5.1 Yleiset turvallisuusvaatimukset

SFS600-3 -kirja määrittää vaatimuksia työnlaadulle. Yleiset turvallisuusvaatimukset tulevat täytettyä, kun mittalaitteiden tarkkuus ja luotettavuus mahdollistavat sellaisen työn tekemisen, jonka lopputulos täyttää SFS600-3 s.8 2. luku 5§ vaatimukset ”Sähkölaitteet ja laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.”[31, s.8.]

5.2 Tilaajan vaatimukset

”Työkalujen tarkastukset

- Työkalujen tarkastukset ja kalibroinnit on tehtävä valmistajien ohjeiden ja määräysten mukaisesti.
- Aina käyttöönottaessa ja määrävälein tarkastettavia ovat esimerkiksi jännitetyökalut, jännitteen ilmaisimet, turvalvaljaat ja –vyöt varusteineen sekä pylväskengät.
- Määrävälein kalibroitavia ovat esim. mittalaitteet ja koestimet sekä kaapelijatkojen ja kaapelikenkien puristuslaitteet.
- Kaikista tarkastuksista on pidettävä pöytäkirjaa.
- Urakoitsijan on ylläpidettävä luetteloa tarkastus ja kalibrointivaatimusten täyttymisestä. Urakoitsija esittää luettelon Elenialle puolivuositain kuukausipalavereissa ja kun sitä erikseen pyydetään.

- Elenian omistamat urakoitsijoiden käytössä olevat sähkölaatumittarit kalibroidaan valmistajan (Mx Electrix) ohjeen mukaisesti viiden vuoden välein ja aina mahdollisten korjausten yhteydessä. Viimeisin kalibrointi on tehty 2012.”[32, s.14.]

5.3 Standardien mukaisuus

Standardien mukaisuus saavutetaan seuraamalla ”Testaus- ja kalibrointipätevyys. Yleiset vaatimukset SFS-EN ISO/IEC 17025”- standardia. ”1.1 Tässä kansainvälisessä standardissa määritellään yleiset vaatimukset päteville testauksille ja/tai kalibroinneille, mukaan lukien näytteenotto. Se kattaa sekä standardoidut että standardisoimat tomatt ja laboratorion itse testaus ja kalibrointimenetelmät. 1.2 Tämä kansainvälinen standardi soveltuu kaikille testausta ja/tai kalibrointia tekeville organisaatioille. Ne voivat olla esimerkiksi ensimmäisen, toisen ja kolmannen osapuolen laboratorioita ja sellaisia laboratorioita, joissa testaus ja/tai kalibrointi muodostaa osan tarkastustoimintaa ja tuotesertifiointia. Tämä kansainvälinen standardi soveltuu kaikille laboratorioille henkilökunnan määrästä tai testauksen ja/tai kalibroinnin soveltamisalan laajuudesta riippumatta. Jos laboratorion toimintaan ei sisälly yhtä tai useampaa tämän kansainvälisen standardin kattamaa toimintaa, kuten näytteenotto ja uusien menetelmien suunnittelu/kehittäminen, ei näiden kohtien vaatimuksia sovelleta.” [33, s.12.] Standardin kohdan 5.1.1 mukaan kalibroinnissa tulee huomioida erinäisiä seikkoja, jotka käyvät ilmi kuvassa 7.

5 Tekniset vaatimukset

5.1 Yleistä

5.1.1 Monet tekijät vaikuttavat laboratorion testausten ja/tai kalibrointien oikeellisuuteen ja luotettavuuteen. Tällaisia vaikuttavia tekijöitä ovat

- inhimilliset tekijät (5.2)
- tilat ja ympäristöolot (5.3)
- testaus- ja kalibrointimenetelmät ja menetelmien validointi (5.4)
- laitteisto (5.5)
- mittausten jäljitettävyys (5.6)
- näytteenotto (5.7)
- testattavien ja kalibroitavien kohteiden käsittely (5.8).

KUVA 7. Kalibrointiin vaikuttavat tekijät [33, s.30]

6 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN

6.1 Tilat

Mittaukset suoritettiin työhön varatussa tilassa, jossa lämpötila oli säädettävissä ja ilmalaatu oli tasaista. Tilassa ei voitu havaita häiritseviä ääni- tai värinätaasoja. Tila siivottiin viikoittain ja valaistuksena toimivat loisteputkivalaisimet. Auringonvalon vaikutuksen sai tarvittaessa poistettua sälekaihtimilla. Tilassa sähkönlaatu oli verrannollista paikallisen sähköverkon sähkönlaatuun ja sähköiset suojaukset olivat kunnossa. Ympäristön olosuhteet pyrittiin pitämään vakiona, jotta niiden vaikutus saadaan minimoitua.

6.2 Laitteistot

Vertailevassa kuntotarkastuksessa apuna käytettiin akkreditoidussa laboratoriossa kalibroitua Gossen Metrawatt Metrahit 2+ -yleismittaria sekä Megger SVERKER 780 -releenkoestuslaitetta. SVERKER 780 mahdollistaa vaihtojännitteen portaattoman säädön välillä 0-250Vac ja tasajännitteen säädön välillä 0-300Vdc. Vaihtojännitteen taajuutta pystyttiin myös säätämään portaitaisesti 15-550Hz välillä. Laitteella pystytään myös syöttämään vaihtovirtaa 0–100A alueella. SVERKER 780 sisälsi myös erikokoisia vastuksia, joita hyödynnettiin mittauksissa. Laite sisälsi näytön, josta saatiin tarkasteltua syötettyjä arvoja. Kuvassa 8 on Megger SVERKER780 -releenkoestuslaite ja Gossen Metrawatt Metrahit 2+ -yleismittari.



KUVA 8. SVERKER 780 ja Metrahit 2+

Tietyissä mittauksissa apuna käytettiin jo valmiina olevia tunnettuja virtapiirejä. Tämän lisäksi eristysvastusmittauksien ja PE-jatkuvuusmittauksien testaamista varten suunniteltiin ja rakennettiin testilaatikko.

6.2.1 Testilaatikon ominaisuudet

Testauslaatikko suunniteltiin PE-jatkuvuus- ja eristysvastusmittauksia varten. Yleisesti suojamaajohtimen resistanssiarvot ovat hyvin pieniä ja mukailevat johdinmateriaalien resistanssiarvoja. Tästä syystä PE-jatkuvuusmittauksien testaamiseen tarvittiin piiri, josta löytyi pieni resistanssi, joka voisi kuvata mahdollista oikeaa tilannetta. Eristysvastusmittauksien testaamiseen taas vaadittiin piiri, jonka resistanssi voisi vastata kaapelien johtimien välisiä resistanssiarvoja, mutta arvo ei saisi kuitenkaan olla niin suuri, että mittausalueet ylittyisivät.

6.2.2 Testilaatikon suunnittelu ja toteutus

PE-jatkuvuusmittauksen testaamiseen halutut ominaisuudet saavutettiin asentamalla testipalikkaan yksi kappale 1Ω :n vastuksia. Eristysresistanssimittaukset taas suoritetaan usein suurilla jännitteillä ja on tärkeää, että rakennettava testilaatikko kestää ainakin usein käytettävän 500Vdc mittausalueen. Tärkeää on myös, että resistanssi on sijoitettu järkevästi välille $0\text{--}200\text{M}\Omega$, niin että tulokset voisivat vastata oikeaa kaape-

lia. Eivätkä käytettävien mittalaitteiden mitta-asteikot ylity. Tällöin tuloksista saadaan vertailukelpoisia. Käytettävissä oli komponentteja, joiden maksimi tehonkesto oli 0,6W. Tällöin minimiresistanssi, joka voidaan testilaatikkoon asentaa 500 voltin mitausta käytettäessä, saadaan kaavan 1 mukaisesti.

$$R = \frac{U^2}{P} \quad (1)$$

R = resistanssi

P = teho

U = jännite

Jotta komponenttien kesto voidaan 500V mitta-alueella turvata, tulee resistanssin olla suurempi tai yhtä suuri kuin 0,4166...MΩ. Testipalikan valmistusta varten oli saatavana vastuksia kooltaan 1MΩ ja 10MΩ sekä 0-1MΩ potentiometri. Komponentteja yhdistelemällä laatikkoon saatiin kolme erisuuruista testialuetta. Ensimmäiseen alueeseen laitettiin kaksi kappaletta 1MΩ vastuksia rinnan ja näiden kanssa sarjaan 0-1MΩ potentiometri. Näin alueen arvoja voidaan säätää 0,5-1,5MΩ välillä portaattomasti ja komponenttien tehonkesto ei ylity, vaikka potentiometri on säädetty miniarvoon. Toinen mitta-alue toteutettiin kytkemällä kaksi 10MΩ vastusta rinnan, joten toisen alueen arvoksi muodostui 5MΩ. Kolmas mitta-alue toteutettiin kytkemällä kolme 10MΩ vastusta sarjaan, jolloin alueen kokonaisarvoksi muodostuu 30MΩ. Eri alueet valitaan mittaamalla eristysresistanssi eri naparuuvien väliltä. Laatikon käyttöohjeet ja kuva laatikosta löytyvät liitteestä 2.

6.3 Mittausepävarmuus

”Mittaustulos ilman arviota tuloksen luotettavuudesta on käytännössä arvoton” [34, s.17]. Suoritettujen mittausten mittaepävarmuus voidaan katsoa johtuvan referenssilaitteen mittavirheestä, testattavan laitteen virheestä sekä käyttäjästä. Mittauksen mittaepävarmuuden määrittäminen vaihtelee käytettävästä menetelmästä johtuen. Epävarmuudet verkonkuormituksen, SVERKKER 780 -releenkoestuslaitteen tai ympäristöolosuhteiden johdosta voidaan pois sulkea, sillä samat tekijät vaikuttavat referenssimittalaitteeseen sekä testattavaan mittalaitteeseen. Kuitenkin mittauksia tehtäessä ympäristön lämpötila, ilmankosteus sekä värinätaot pyrittiin pitämään vakioina ar-

voissa, jotka mahtuvat kuvassa 9 ilmoitettuihin referenssimittalaitteen suositeltuihin mittausolosuhteisiin.

Reference Conditions

Ambient temperature	+ 23 °C ± 2 K
Relative humidity	40 ... 60%
Measured quantity frequency	45 ... 65 Hz
Measured quantity waveshape	Sinusoidal
Battery voltage	3 V ± 0.1 V

KUVA 9. Metrahit 2+ suositusmittausolosuhteet [7]

6.4 Jäljitettävyys

”Metrologiatoimen johdon tulee varmistaa, että kaikki mittaustulokset ovat jäljitettävissä kansainväliseen mittayksikköjärjestelmään (SI)” [35, s.28]. Mittanormaalien jäljitettävyyttä kuvataan kuvassa 10. Toisen portaan kansalliset mittanormaalit eli sekundäärinormaalit jäljittelevät ylimmällä portaalla olevia, SI – järjestelmän mukaan määräytyviä primäärinormaaleita. Sekundäärinormaaleita käytetään akkreditoitujen laboratorioiden referenssi normaaleiden määrittämiseen, ja näitä käytetään yrityksen sisäisen referenssinormaalien määrittämiseen. [36.]



KUVA 10. Jäljitettävyys [36]

Testauksissa käytettävän referenssilaitteen läpäistessä kolmannen osapuolen toteuttaman lisensoidun kalibroinnin saa laite jäljitettävyyden. Yrityksen kuntotarkastuksessa testattavien mittalaitteiden antamia arvoja verrataan kalibroituun jäljitettävyyden omaavaan laitteeseen.

7 JAKO ITSENÄISESTI TARKASTETTAVIIN

Kaikkia käytössä olevia mittalaitteita ei katsottu järkeväksi tarkistaa itse. Laitteita ei voitu tarkastaa vertailumenetelmällä, jos laitteiden lukumäärä oli niin pieni, että se ei mahdollistanut vertailumenetelmän käyttöä. Myös osa laitteista olisi vaatinut testimenetelmiä ja laitteistoja, joiden toteuttamisen ei katsottu olevan järkevää itsenäisesti. Tällaisia olivat yleensä erittäin tarkkoihin aikoihin tai korkeisiin jännitteisiin perustuvat mittaukset. Näin ollen päädyttiin ratkaisuun, jossa kategorioiden kaksinapaiset jännitekoettimet, pihti- ja yleismittarit sekä asennustesterit tarkastukset toteutetaan itsenäisesti ja kategorioiden sähköasemamittarit, tutkat ja muut mittalaitteet tarkastukset jätetään itsenäisen tarkastuksen ulkopuolelle. Jälkimmäisten kategorioiden laitteiden tarkastukset suositellaan toteutettavan ulkopuolisen tahon toimesta.

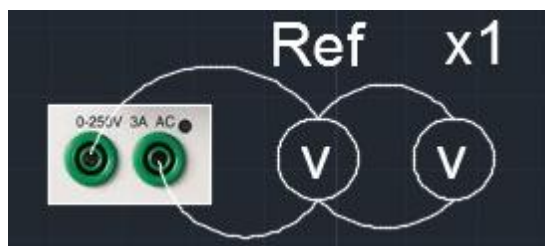
8 KUNTOTARKASTUKSEN TESTAUSMENETELMÄT

Kuntotarkastusta varten kehitettiin vertailukalibrointimenetelmä. Vertailukalibrointi perustuu akkreditoidussa laboratoriossa kalibroidun laitteen ja testattavan laitteen tulosten vertailuun. Mahdollisimman tarkka yleismittari ja asennustesteri lähetetään kalibroitavaksi, ja näitä laitteita käytetään referenssiarvoina testattaville mittalaitteille. Toteutettuun ensimmäiseen kuntotarkastukseen kalibroitettiin vain yleismittari, joten erilaisia menetelmiä jouduttiin käyttämään asennustesterien tulosten arviointiin. Vertailumenetelmässä testattava mittalaite asetettiin mittaamaan samaa suuretta kalibroidun referenssilaitteen kanssa ja mittareille syötettiin samaa arvoa halutusta suureesta. Tämän jälkeen mittalaitteiden tuloksia vertailtiin keskenään. Osa mittauksista suoritettiin mittamaalla tunnettuja arvoja ja osassa testeistä vertailtiin mittalaitteiden antamien tuloksien mediaaneja luotuun referenssiarvoon. Näin jouduttiin menettelemään, koska kalibroitua referenssilaitetta ei ollut käytettävissä kaikkiin testeihin. Mittaukset pyrittiin tekemään käyttäen samoja mittajohtoja, jotta eri mittajohtojen aiheut-

tamien virheiden kompensoinnilta vältyttiin. Mikäli mittauksissa havaittiin poikkeavuuksia, mittajohdot irrotettiin ja kytkettiin uudelleen huonojen kontaktien vaikutuksen pois sulkemiseksi.

8.1 Jännitemittaus

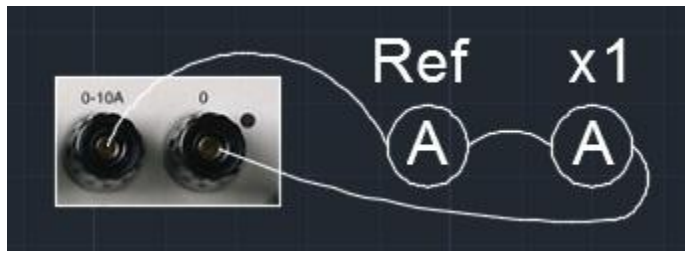
Jännitemittauksessa mitataan pisteiden välistä potentiaaliero. Mittauksessa erisuuruista jännitettä syötettiin SVERKER 780 -releenkoestuslaitteella. Vaihtojännitetestit suoritettiin 50Hz taajuudella ja testattava mittalaite kytkettiin kalibroidun Metrahit 2+ -yleismittarin kanssa rinnan SVERKER 780:n 0-250Vac ulostuloihin. Tasajännitteellä testattava mittalaite kytkettiin SVERKER 780:n 0-300Vdc ulostuloihin. Digitaaliselta näytöltä tuloksen ilmoittavat laitteet tutkittiin usealla valituilla mittauspisteellä ja tulokset arvioitiin virherajoja käyttäen. Led-ilmaisulla tuloksen osoittavat jännite- ja jatkuvuustesterit testattiin ledien ilmoittamilla arvoilla. Tulokset arvioitiin hyväksyty-hylätty-periaatteella. KYORITSU:n asennustesterit tarkistettiin vain jännitteellä 230V. Kuvassa 11 on vaihtojännitemittauskytkentä.



KUVA 11. Vaihtojännitemittaus

8.2 Vaihtovirtamittaus

Virtamittauksissa mitattiin elektronien liikettä. Yleismittareissa virta mitataan shunttinvastuksen ylisentyvän jännitteen avulla ja pihtiampeerimittareissa johtimen ympärille syntyvän magneettikentän avulla hauenleukoja hyödyntäen. Vaihtovirtamittauksessa erisuuruista vaihtovirtaa syötettiin SVERKER 780 -releenkoestuslaitteella. 0-10Aac ulostulo oikosuljettiin ja testattava mittalaite kytkettiin kalibroidun Metrahit 2+ -yleismittarin kanssa sarjaan SVERKER 780:n 0-10Aac ulostuloihin. Tulokset arvioitiin virherajoja käyttäen. Kuvassa 12 on vaihtovirtamittauskytkentä.



KUVA 12. Vaihtovirtamittaus

8.3 Resistanssi- ja jatkuvuusmittaus

Resistanssimittauksissa mitataan sähköistä vastusta. Mitta-alueen tarkistus tehtiin mittaamalla SVERKER 780:ssa olevia erisuuruisia vastuksia. Resistanssimittauksen tuloksia tutkiessa käytettiin apuna virherajoja. Jatkuvuusmittauksen tarkastus toteutettiin mittaamalla piiriä, jonka resistanssi oli lähellä nollaa. Tapauksissa, joissa mittalaite ilmoitti piirin jatkuvuuden, mittaus kirjattiin läpäistyksi, muissa tapauksissa tulos kirjattiin hylätyksi. Jatkuvuusmittausta tutkiessa ei tarkasteltu virhemarginaaleja.

8.4 Taajuusmittaus

Taajuusmittauksessa mitattiin siniaallon toistojen määrää sekuntia kohden. SVERKER 780 -releenkoestuslaite laitettiin taajuussäätöalueelle ja eritaajuista vaihtojännitettä syötettiin testattavalle ja verrokkimittalaitteelle. Testattava mittalaite kytkettiin kalibroidun Metrahit 2+ -yleismittarin kanssa rinnan SVERKER 780:n 5-220Vac -ulostuloihin. Arviointi perustui virherajoihin.

8.5 Kiertosuunnanmittaus

Kiertosuunnanmittauksessa mitataan, että vaihejärjestys on oikein ja kiertosuunta haluttu. Mitta-alueen tarkistus toteutettiin mittaamalla kiertosuunta tunnetusta 3-vaihepistorasiasta. Tapauksissa, joissa mittalaite näytti kiertosuunnan oikeinpäin, mittalaite läpäisi testin, muissa tapauksissa testiä ei läpäisty.

8.6 Napaisuudentunnistusmittaus

Napaisuudentunnistustesti osoittaa positiivisen ja negatiivisen navan tasasähkösyötössä. Alueen testaus toteutettiin mittaamalla releenkoestuslaitteen 0-300Vdc navoilta

syötettyä tasajännitettä. Tällöin positiivinen ja negatiivinen napaisuus olivat tunnettuja. Testattavan mittalaitteen antamia tuloksia verrattiin tunnettuun napaisuuteen ja tulokset arvioitiin hyväksyty–hylätty-periaatteella.

8.7 Yksinapainen vaiheilmaisuus

Yksinapainen vaiheilmaisuus -testissä voidaan havaita jännitteellinen napa vaihtosähkösyötössä. Alue arvioitiin hyväksyty–hylätty-periaatteella. Testissä mittalaitteen testipää liitettiin SVERKER 780 0-250Vac liittimeen, jonka jälkeen jännitettä alettiin hiljalleen nostamaan. Vaiheilmaisun valon syttyessä tutkittiin, vastaako jännite ohjeissa ilmoitettua jänniterajaa.

8.8 Kaksinapainen jännitteellinen ilmaisuus paristoilta

Kaksinapainen jännitteellinen ilmaisuus paristoilta -toiminto varoittaa jännitteellisyydestä, vaikka laitteen paristot olisivat loppuneet. Mitta-alueentestaus suoritettiin poistamalla paristot mittalaitteesta. Testissä mitattiin releenkoestuslaitteen 0-250Vac navoilta syötettyä jännitettä. Osa mittareista ilmoitti jännitteen merkkivalolla. Kyseisissä laitteissa tutkittiin, toimiiko jännitteestä varoittava ilmaisins ohjeiden lupaamalla riittävän alhaisella jännitetasolla. Osa mittalaitteista osoitti myös eri jännitetasot led-indikaattorein. Näissä laitteissa meneteltiin samalla keinoin kuin jännitemittauksissa. Tulokset arvioitiin hyväksyty–hylätty-menetelmällä.

8.9 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksella tutkitaan kaapeleiden eristeiden kuntoa, ettei oikosulun vaaraa synny. Alueen testaaminen suoritettiin mittaamalla tunnettuja eristysresistanssiarvoja valmistetun testilaatikon avulla. Laatikkoon simuloituja eri eristysvastusarvoja mitattiin eri jännitealueilla 500 volttiin saakka. Mittarin ilmoittamia arvoja tutkittiin virherajoja apuna käyttäen.

8.10 PE-jatkuvuusmittaus

PE-jatkuvuusmittauksella todetaan, että suojamaa on yhtenäinen. Testausmittaus toteutettiin testilaatikkoon apuna käyttäen. Mittaukset suoritettiin mittalaitteiden omia

mittajohtoja käyttäen. Ennen mittausta mittapäiden resistanssi kompensointiin pois ja tämän jälkeen testilaatikon tunnettu resistanssi mitattiin ja tuloksien paikkansapitävyys arvosteltiin ilmoitettuja virherajoja käyttäen.

8.11 Impedanssi-, oikosulkuvirta- ja maattovastus silmukkamenetelmällä mitta

Impedanssi-, oikosulkuvirta- ja maattovastussilmukkamenetelmällä mittauksissa mittalaite kuormittaa verkkoa ja laskee halutut arvot jännitteen aleneman perusteella. Oikosulkuvirta- ja maattovastusmittauksen arvot lasketaan impedanssimittauksen perusteella. Mittauksilla varmistetaan muun muassa, että oikosulkuvirta on riittävän suuri sulakkeiden laukaisua varten. Impedanssimittaukset L-N, L-PE, oikosulkuvirtamittaus ja maattovastusmittaus silmukkamenetelmällä suoritettiin valitusta testipistorasiasta. Eri mittareiden antamat mittaustulokset kirjattiin muistiin, ja niitä verrattiin luotuun verrokkitulokseen.

8.12 PE-kytkennäntarkastus

PE-kytkennäntarkistusmittauksessa tarkastetaan suojamaan kytkentä niin, ettei se ole jännitteellinen. Mitta-alueen tarkistus tehtiin piirissä, jossa suojamaa oli jännitteetön. Testissä tarkistettiin, tuleeko ilmoitus näyttöön testinappia painettaessa. Jännitteettömässä piirissä varoitusta ei pitäisi tulla. Testi arvioitiin hyväksyty-hylätty-periaatteella.

8.13 Äänimerkin toiminnan tarkastus

Äänimerkki on tärkeä ominaisuus useissa mittalaitteissa, koska sillä voidaan esimerkiksi varoittaa jännitteellisyydestä tai ilmoittaa jatkuvuus muiden indikaattorien ohella. Mikäli äänimerkin toimimattomuus havaittiin mittauksia suorittaessa, merkittiin tämä huomio mittauspöytäkirjaan ja alue hylättiin.

8.14 Mittajohdot

Mittalaitteiden mittajohtojen kunto ei vaikuta ainoastaan karkean virheen osalta, vaan huonokuntoiset mittapäät saattavat olla myös turvallisuusriski käyttäjälle. Vaikka irro-

tettävien mittalaitteidenmittajohtojen kunnan arviointi ei varsinaisesti ole kytköksissä mittalaitteen mittaustarkkuuden arvioinnin kanssa, tehtiin pöytäkirjoihin myös merkintöjä mittapäiden kunnosta. Eristevauriot mittajohdoissa ja pahimmat mittakärkien vauriot kirjattiin pöytäkirjoihin.

8.15 Tarkastamatta jätetyt mitta-alueet

Tarkoituksellisesti testauksen ulkopuolelle jätettiin osa toimialueista. Näihin toimialueisiin kuuluivat tasavirta-, lämpötila-, kosketusjännite-, kapasitanssi- ja induktanssimittaus sekä diodin- ja vikavirtasuojakytkimentoiminnantestaus. Myös maattovastuksen mittaus maapiikeillä sekä pätö-, lois- ja näennäisteho ja tehokerroinmittaukset jätettiin asennustesterien osalta toteuttamatta, sillä tarvittavia lisävarusteita ei ollut käytettävissä.

9 VIRHEALUEET JA –TAPAUKSET

Toteutetussa kuntotarkastuksessa pyritään pääasiallisesti havaitsemaan mahdollinen laitteesta löytyvä systemaattinen virhe. Seuraavissa kappaleissa esitellään menetelmiä virheiden tutkimiseen.

9.1 Virherajojen ilmoittaminen

Useimmissa mittalaitteiden ohjekirjoissa mitta-alueille oli määritetty sallitut maksimivirhearvot. Pääsääntöisesti virherajat ilmoitettiin suhteellisesti prosenttimuotoisena, niin että siihen lisättiin digitaalisen mittalaitteen numeerinen virhe, esimerkiksi $\pm 1\%rdg \pm 5dgt$, joissain tapauksissa virherajat saatettiin antaa suoraan absoluuttisena arvona esimerkiksi $\pm 1,5V$. Lukemavirhe vaikutti digitaalinäytön pienimpään lukuun, joka oli usein ilmoitettu myös ohjeissa. Kuvassa 13 on esimerkki virherajojen esittämisestä.

Accuracy (23±5°C)	±1.5V (7...100V) ±1%±5dgt (100...690V) AC (45...400Hz), DC (±)
-------------------	--

KUVA 13. KEW 1710 virherajat [3]

Oikosulkumittausten virherajat ”Määritetään silmukkavastuksen ja verkkojännitteen mittausten tarkkuudella”[15, s.61]. Oikosulkuvirta lasketaan Fluken ohjeen mukaan ”PFC tai PSC määritetään jakamalla mitattu verkkojännite mitatulla silmukkavastuksella (L-PE) tai Linjavastuksella (L-N).”[15, s.61.] Menetelmä on sama myös erimerkkisissä mittalaitteissa. Näin ollen virherajat oikosulkuvirtamittauksille saadaan kaavan 2 mukaisesti.

$$Ik(\text{virheraja}) = 1 - \frac{\left(\frac{U}{Z}\right)}{\left(\frac{U_{max}}{Z_{min}}\right)} \quad (2)$$

U = jännite

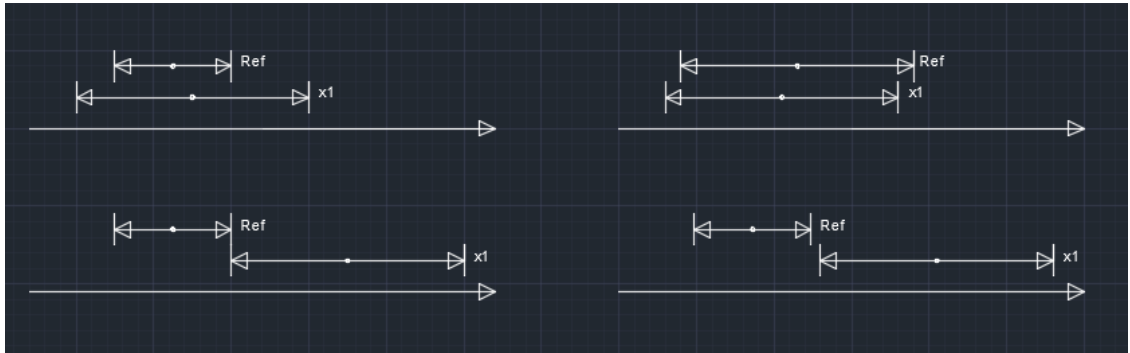
Z = impedanssi

9.2 Virherajat ja mittaepävarmuus

”Mittaepävarmuus on arvio ilmoitetun mittaustuloksen siitä osasta, joka kuvaa aluetta, jonka sisällä mittasuureen ”oikea” arvo on.” [37, s.2]. Mittauksissa, joissa testattavan laitteen arvoja verrataan kalibroidun referenssimittalaitteen arvoihin, ja tuloksia arvioidaan virherajojen avulla, joudutaan tutkimaan mittaepävarmuutta. Mittaepävarmuus määräytyy referenssilaitteen ja testattavan laitteen virherajojen mukaisesti käytettävän arviointimenetelmän perusteella. Tilanteessa, jossa referenssi mittalaite on tarkkuudeltaan huomattavasti testattavaa x1 laitetta tarkempi, voidaan vaatia, että referenssilaitteen mittatuloksen tulee olla kokonaisuudessaan virherajoineen testattavan mittalaitteen x1 virherajojen sisäpuolella. Virherajojen ylittyessä toiselta puolelta tulos hylätään. Kyseistä menettelyä kutsutaan työssä menettelyksi 1. Käytäntö on esitetty kuvan 14 vasemmassa yläreunassa.

Menettelytapa 1 on kuitenkin mahdoton tilanteessa, jossa verrattavien mittalaitteiden virherajat ovat samat tai hyvin samankokoiset, sillä virherajat risteävät suurella todennäköisyydellä. Tällainen tilanne on esitetty kuvan 14 oikeassa yläreunassa. Tapauksissa joissa referenssi- ja testilaitteen virherajat ovat samaa kokoluokkaa, voidaan referenssimittalaitteen tulosta käsitellä yhtenä pisteenä, joka sijoittuu tuntemattomaan kohtaan virherajojen sallimalle etäisyydelle laitteen ilmoittamasta tuloksesta. Tämän pisteen sijoittumista verrataan testattavan laitteen x1 tulokseen ja sen virherajoihin. Jos piste voi sisältyä virherajoihin tulos hyväksytään ja jos pisteiden kuvitellut alueet eivät

voi leikata tulos hylätään. Toimintamallia kutsutaan työssä menetelmäksi 2. Kuvan 14 vasenmassa-alalaidassa on esitetty graafisesti menetelmä 2:n suurin mahdollinen virhe, joka läpäisee testin. Kuvan 14 oikeassa alalaidassa on esitetty saman menettelyn hylätty tapaus. Absoluuttinen mittaepävarmuus määräytyy uloimpien virhemarginaalien mukaan. Menettelyä 2 käytettäessä testin mittaepävarmuus on yleensä suurempi kuin tapauksessa, jossa käytetään menettelyä 1.



KUVA 14. Mittaepävarmuus. Kuvassa piste kuvaa laitteen näyttämää arvoa ja marginaalit pisteen ympärillä kuvaa aluetta, jolle arvo todellisuudessa sijoittuu.

9.3 Laskukaavat, tulos ja mittaepävarmuus

Testeissä lasketaan referenssilaitteen ja testattavanlaitteen ilmoittamien arvojen perusteella molemmille laitteille omat mini- ja maksimiarvot. Arvot saadaan laskettua kaavan 3 mukaan.

$$x + (x * \%rdg) + dtg = x_{max} \quad (3)$$

$$x - (x * \%rdg) - dtg = x_{min}$$

x = mittarin lukema

rdg ja dtg = mittalaitteen virherajoja

9.3.1 Menettely 1

Tilanteissa, joissa referenssimittalaite oli testattavaa laitetta x_1 huomattavasti tarkempi, tutkitaan, mahtuuko referenssilaitteen tulos virherajoineen testattavan mittalaitteen x_1 tuloksen ja sen virherajan sisään. Vertailu toteutettiin käyttäen Excel-kaavaa 4, joka ilmoittaa termein ”ok” ja ”ei”, onko tulos tavoitellunlainen. Menettelyn 1 tapauk-

sisä, mittaepävarmuus määräytyy testattavan mittalaitteen virherajojen mukaan, eikä mittaepävarmuutta erikseen lasketa.

$$= JOS(JA(Ref_{max} < x1_{max}; Ref_{min} > x1_{min}); "ok"; "ei") \quad (4)$$

9.3.2 Menettely 2

Tilanteissa, joissa vertailtavien mittalaitteiden virherajat olivat samansuuruisia, tutkitaan, voiko referenssiarvo mahdollisesti osua laitteen $x1$ arvon virherajan sisään, eli leikkaavatko virhemarginaalien sisäiset alueet. Tällöin halutaan tietää, onko referenssilaitteen maksimi suurempi kuin $x1$ minimiarvo ja onko referenssilaitteen minimiarvo pienempi kuin $x1$ maksimiarvo. Tulkinta tehtiin Excel-kaavan 5 avulla, joka ilmoittaa termein ”ok” ja ”ei”, leikkaavatko virherajojen alueet.

$$= JOS(JA(Ref_{max} > x1_{min}; Ref_{min} < x1_{max}); "ok"; "ei") \quad (5)$$

Menettelyssä 2 mittaepävarmuus arvioidaan katsomalla referenssilaitteen ja testilaitteen ilmoittamia tuloksia. Laitteiden ilmoittamien tuloksien maksimi- ja minimiarvoista katsotaan toisistaan kauimmaisat pisteet. Näiden uloimpien pisteinen välimatka on mittauksen konkreettinen mittaepävarmuus. Kuvassa 15 mittaepävarmuus on esitetty graafisesti.



KUVA 15. Mittaepävarmuus, menetelmä 2

Jos epävarmuus halutaan ilmoittaa suhteellisessa muodossa $\pm X \%$, tulee tulos jakaa kahdella, jotta epävarmuus saadaan \pm -muotoon, sekä muuttaa prosenteiksi jakamalla se mitattavan suureen täysin oikealla arvolla. Koska täysin oikeaa mitta-arvoa ei käytetyllä referenssilaitteella voida selvittää, absoluuttinen epävarmuus jaetaan kyseisen mittauksen pienimmällä mahdollisella arvolla Ref_{min} tai $x1_{min}$, jotta laskennallinen

epävarmuus muodostua oikeaa epävarmuutta suuremmaksi. Mittaepävarmuus saadaan esittää todellisuutta suurempana [37, s.1]. Laskennallinen arvo mittaepävarmuudelle määräytyy Excel-kaavan 6 mukaisesti.

$$= ((MAKS(Ref_{max}; x1_{max}) - MIN(Ref_{min} - x1_{min}))/2/MIN(Ref_{min}; x1_{min})) \quad (6)$$

9.3.3 Menettely 3

Testeissä, jossa tuloksia verrattiin toisiin kalibroimattomiin mittalaitteisiin, suoritettiin pisteestä useita mittauksia. Mittalaitteen tuloksista otettiin mediaaniarvo, jotta satunnaisen virheen vaikutus vähenee. Koska kalibroidun mittalaitteen referenssiarvoa ei ollut käytettävissä, jouduttiin luoman oma referenssiarvo. Kaikkien mittalaitteiden tuloksista otettiin keskiarvo, jota käytettiin referenssiarvona. Vertailussa tarkasteltiin mahtuuko mittavirhe sallittuun maksimivirheeseen. Mittavirhe ja maksimivirhe laskettiin kaavojen 7 ja 8 mukaan. Menettely 3 -mittauksia olivat muun muassa silmukanimpedanssi- ja oikosulkuvirtamittaus. Menettelyä 3 jouduttiin käyttämään kalibroidun laitteen puuttumisen takia, eikä menetelmän tarkkuus ja tuloksien vertailukelpoisuus saavuta samaa tasoa kuin muissa menettelyissä, joten menettelyä 3 tulee välttää aina kalibroidun laitteen ollessa saatavilla. Menettelyn 3 testeissä ei voida määrittää mittaepävarmuutta.

”Virheiden suuntaa ei yleensä tiedetä, mutta eräs yläraja-arvio lopputuloksen virheelle saadaan, kun kaikkia virherajoja pidetään positiivisina” [2, s.14]. Menetelmässä 3 mittalaittekohtainen virhe laskettiin ottamalla itseisarvo referenssilaitteen arvon ja testilaitteen x1 arvon erotuksesta kaavan 7 mukaan.

$$|\text{referenssi arvo} - x1| = \text{mittavirhe} \quad (7)$$

Sallitun virheen maksimiarvo laskettiin ottamalla itseisarvo testattavan laitteen x1 mittaustuloksen ja sallitun virheen prosenttiarvon kertomasta ja lisäämällä siihen digitaalisen mittarin numeerinen heitto kaavan 8 mukaan.

$$|x1 * \text{sallittu virhe\%}| + \text{lukemavirhe} = \text{sallittu maksimivirhe} \quad (8)$$

9.4 Poisjätetyt toiminta-alueet

Kaikkien mittalaitteiden kaikki toiminta-alueet eivät ole merkityksellisiä yrityksen toteuttamissa työtehtävissä, joten tarkastelu suoritettiin vain valituille mitta-alueille jättäen työtehtävien kannalta merkityksettömät mittausalueet huomioimatta ja tulkiten ne viallisiksi mittausalueiksi. ”Viallisesta mittauslaitteesta ei anneta kalibrointitodistusta. Jos mittauslaitteessa on useita toisistaan riippumattomia toiminta-alueita, joista osa on viallisia, todistus voidaan antaa kunnossa olevista toiminta-alueita. Tällöin kalibrointitodistuksessa tulisi selkeästi käydä ilmi ne mittausalueet, jotka on kalibroitu.” [38, s.10.]

9.5 Jatkokäsittely

Jos mittalaitteesta havaitaan yrityksen toiminnan kannalta tärkeä mitta-alue, joka ei läpäise yrityksen sisäistä testausta, suositellaan laitteelle jatkokäsittelyä. Koska loppu-työssä mukana olleet osapuolet ovat kalibroinnin suhteen valtuuttamattomia toimijoita, jätetään säätötoimenpiteet ja tarkemmat mittaukset lisensoiduille toimijoille. Kehitetyn kuntotarkastusmenetelmän perusteella voidaan kuitenkin tehdä valinta, mitkä laitteet on syytä lähettää valtuutetun tahon tutkittavaksi. Mikäli myös kolmannen osapuolen testeissä havaitaan poikkeamia, suositellaan laitteen säätämistä tai korvaamista uudella laitteella.

10 MERKINNÄT JA DOKUMENTOINTI

10.1 Merkinnät

Jokainen tarkastuksen läpikäynyt mittalaite merkittiin tarkastuksen jälkeen yksilöllisellä tarralla. Tarrassa ilmoitettiin vertailukalibrointipäivämäärä, testauksen suorittaja, yrityksen nimi sekä laitteen sarjanumero. Näiden tietojen perusteella pystytään jäljittämään laitteelle tehty mittauspöytäkirja. Laitteet, joiden sarjanumero puuttui, esimerkiksi irronneen valmistajantarran johdosta, merkittiin yksilöllisellä Voiman Oy:n omalla sarjanumeromerkinnällä. Merkinnät aloitettiin V001:stä juoksevaa numerointia käyttäen Suositus kalibrointilaboratorioille sähkösuureiden mittauslaitteiden kalib-

roinnista -kirjan mukaan. ”Jos laitteella tai sen osalla ei ole sarjanumeroa, tulisi siihen mahdollisuuksien mukaan merkitä yksikäsitteinen tunnistusnumero” [38, s.10]. Tarrasta ei ilmene, mitkä testausalueet mittalaite on läpäissyt hyväksyttävästi. Tarra todistaa vain mittalaitteen käyneen testattavana. Pääsääntöisesti tarrat pyrittiin sijoittamaan suojaisiin paikkoihin, kuten paristoluukun alle, mutta tämä ei ollut aina mahdollista mittalaitteiden rakenteista johtuen. Tällöin tarra jouduttiin liimaamaan suojattomampaan paikkaan, kuten laitteen ulkopinnalle. Kuvassa 16 on merkintätarra.



KUVA 16. Merkintätarra

10.2 Dokumentointi/arkistointi

Vertailussa saadut mittaustulokset tallennettiin mittauspöytäkirjaan. Mittalaittekohtaiset yksilölliset mittaustulokset löytyvät pöytäkirjasta tarran tarkastuspäivämäärän ja sarjanumeron perusteella. Mittauspöytäkirja on toteutettu Excel-pohjaan ja siitä ilmenee, mitkä mitta-alueet ovat läpäisseet Voiman Oy:n mittalaitteiden laadun tarkkailutestit. Tarkastamattomista ja hylätyistä mitta-alueista löytyy myös selkeä maininta mittauspöytäkirjasta. [38, s.10.] Tapauksissa, joissa mitta-alue on arvioitu hyödyntäen kalibroitua referenssilaitetta, mittauspöytäkirjaan on dokumentoitu referenssi- sekä testattavan mittalaitteen estimaatti-, sekä maksimi- ja minimiarvot sekä testin mittaepävarmuus. Menetelmällä 3 testatuista laitteista esitetään sallitut maksimivirhearvot ja se, onko mittari läpäissyt asetetut vaatimukset kyseisen mittauksen osalta. Pöytäkirjasta ilmenee myös, miten mittalaite suoriutui hyväksyty – hylätty-periaatteella arvioiduista testeistä. Mittauspöytäkirjassa mittalaitteet on käsitelty ryhmittäin, samantyyppisten mitta-alueiden mukaan; näin ollen laitteiden tutkiminen selkeytyy. Mittauspöytäkirjan lisäksi tiedot viimeisistä tarkastuspäivämääristä on kerätty kaikki mittalaitteet kattavaan listaan. Mittareista kerättyjä asiakirjoja suositellaan säilytettävän suojatussa mielellään paloturvallisessa paikassa sekä niitä tulisi säilyttää kohtuullinen

aika, esimerkiksi viisi vuotta. [38, s.11.] Esimerkkejä mittauspöytäkirjoista löytyy liitteestä 4.

11 KEHITETTÄVÄÄ

Ensimmäisen kuntotarkastuskerran mittauksia toteuttaessa käytäntöön ilmeni muutamia parannuskohteita. Ensimmäisellä mittauskerralla referenssinä käytettiin vain kalibroitua yleismittaria, mutta tulevia testauksia varten suositellaan kalibroimaan myös asennustesteri. Näin ollen asennustesterien osalta tullaan saamaan vertailukelpoisempia tuloksia muun muassa impedanssimittauksien osalta. Ensimmäisellä testauskerralla osa asennustestereiden mitta-alueista tarkasteltiin mitaten arvoja testauspisteestä ja verraten saatuja tuloksia toisien mittalaitteiden antamiin tuloksiin. Koska mittaukset on toteutettu eri ajankohtina, voi mahdolliset verkonkuormituksen muutokset vaikuttaa mittaustuloksiin, eikä asennustestereiden kaikkiin tuloksiin voi suhtautua kuin suuntaa-antavina. Jos tulevat testaukset suoritetaan käyttäen kalibroitua referenssilaitetta, mittaukset voidaan toteuttaa sellaisella aikavälillä, joka sulkee pois verkonkuormituksessa tapahtuvien muutoksien vaikutuksia.

Testien jälkeen huomioitiin myös, että vaikka vikavirtavasuojajytkimen toimintatestiä pidettiin työtehtävien kannalta epäoleellisina, huomattiin, että mittaukset ovat kuitenkin tarpeellisia muun muassa asentaessa uusia keskuksia. Näin ollen vikavirtasuojajytkimen toiminnantestaus tarkastelu suositellaan otetavaksi mukaan seuraaviin tarkastuksiin. Testausmenetelmäksi suositellaan testilaitteen ilmoittamien arvojen vertaamista verrokkilaitteen arvoihin.

Muutamissa mittauksissa havaittiin mittaepävarmuuden prosentuaalisen esityksen nousevan huomattavan suureksi. Tämä johtui siitä, kun osamittalaitteen virheestä on ilmoitettu absoluuttisena arvona. Tilanteessa, jossa mitattavana on hyvin pieni arvo suhteessa vakiona pysyvään numeeriseen virheeseen, kasvaa mittaepävarmuus huomattavasti. Seuraavaan testiin voidaan valita eri mittauspisteitä, jotka ovat paremmin suhteutettu absoluuttiseen virheeseen. Näin ollen mittaepävarmuus tulee joissain tapauksissa laskemaan.

12 KUNTOTARKASTUSKÄYTÄNTÖ

Pitkäjänteinen mittalaitteiden kunnon seuraaminen on tarpeellista niin turvallisuuden ja työnlaadun kannalta, mutta se myös helpottaa huomaamaan mittalaitteista löytyviä valmistajakohtaisia eroja, esimerkiksi keskimääräisen laitteen elinkaaren pituuksissa. Mittalaitteidentarkastustestien suunnittelun ja toteutuksen jälkeen tuli aika alkaa miettiä seuraavaa tarkastusajankohtaa. Mittalaitteiden valmistajat eivät yleisesti määritä kalibrointiajankohtia, vaikkakin osa mittalaittevalmistajista antaa suosituksia kalibrointi sykleistä. Suoritettavien mittalaitteiden tarkistuksien väliaika määräytyy yrityksessä käytettävän laatujärjestelmän mukaan. Voiman Oy:n laatujärjestelmän mukaan mittalaitteille suoritetaan vertaileva tarkastus vuosittain.[39].

Toteutettuun mittalaitteiden vertailukalibrointimenetelmään ja siihen esitettyihin parannuksiin pohjautuen yritykselle syntyi käytäntö, joka voidaan toteuttaa mittalaitteille vuosittain, näin ollen mittalaitteiden kunnon säilyminen ja mahdollinen heikkeneminen on mahdollista havaita ja korjaaviin toimenpiteisiin osataan ryhtyä. Tiedonkeräystä varten toteutetut dokumentit toteutettiin niin, että samoja pohjia voidaan käyttää myös tulevana vuosina, ja näin ollen tietojen täyttäminen tulevien vuosien osalta helpottuu. Uusien aiemmin listattujen mittalaitetyyppien lisääminen listoihin onnistuu helposti, mutta aivan uudenlaisien mittalaitteiden lisääminen vaatii todennäköisesti pienehköjen muutoksien tekemistä valmiisiin pohjiin.

13 LOPPUTULOSTEN ARVIOINTI

Lopputyössä tavoitteena oli kartoittaa Voiman Oy:n mittalaitetilanne ja tehdä sille kuntotasokatsaus, niin että yleisen turvallisuuden, luotettavuuden, standardien mukaisuuden ja tilaajan asettamat vaatimukset täyttyvät. Laitteet saatiin listattua, ja mittalaitteiden kuntoa päädyttiin tarkastelemaan käyttäen tarkoitusta varten kehitettyä kuntotarkastusmenettelyä. Näin ollen opinnäytetyösopimuksessa mainitut TK -tavoitteet tulevat täytetyksi, sillä työssä luotiin uusia menetelmiä käytännön sovelluksia varten. Kuntotarkastukseen suunniteltu vertailukalibrointi ei varsinaisesti vastaa akkreditoitun tai sertifioidun laboratorion toteuttamaa kalibrointia, mutta sen avulla saadaan kuitenkin mittauslaittekohtaista tietoa laitteiden mittaustuloksien poikkeavuuksista, ja se on mielestäni tehokas keino tarkastella mittalaitteiden kuntoa.

Lopputulosta voi pitää onnistuneena, sillä Voiman Oy:n tilaaja hyväksyi kehitetyn menettelyn käytettäväksi mittalaitteiden kunnan seurantaan, vaikka pientä kehitystä menetelmän suhteen jäi ensimmäisen testauskerran jälkeen. Kappaleessa kehityskohdeet esiteltyjä parannuksia voidaan kuitenkin hyödyntää tulevissa testauksissa.

Suunniteltu järjestelmä on kustannustehokas ja helppo tapa toteuttaa mittalaitteiden kuntotarkastus, verrattuna toimimiseen valtuutetun laboratorion kanssa. Toteutetussa menettelyssä säästyy niin aikaa kuin rahaakin, sillä töissä tarvittavia mittalaitteita ei jouduta lähettämään pitkiksi ajoiksi pois yrityksen ulottumattomista, vaan tarkastus on mahdollista totuttaa yrityksen läheisyydessä, näin ollen korvaavia mittalaitteita ei tarvita.

LÄHTEET

1. Voiman Oy. <http://voiman.fi>. Päivitetty 10.2.2013. Luettu 24.5.2014
2. Yleistyoöhje. Aalto-yliopisto, Kemian laitos. 2011.
3. KEW 1700/1710 INSTRUCTION MANUAL. KYORITSU ELECTRICAL INSTRUMENTS WORKS, LTD. 2006.
4. FLUKE Model T100, T120, T140, VDE Users Manual. Fluke Corporation. 2006.
5. Fluke T90/T110/T130/T150 Instruction Sheet. Fluke Corporation. 2011.
6. PeakTech® 1090/1095 AC/DC Voltage Tester. PeakTech®. 2012.
7. METRAHIT 2+ Universal TRMS Multimeter. GOSSEN METRAWATT.
8. User's Manual CL120 Clamp-on Tester. YOGOGAWA. 2003
9. FLUKE 374/375/376 Clamp Meter Käyttöohje. Fluke Corporation. 2010.
10. FLUKE 323/324/325 Clamp Meter Käyttöohje. Fluke Corporation. 2012
11. FLUKE 321 and 322 Clamp Meter Instruction Card. Fluke Corporation. 2002.
12. Victor 88B Specifications. PFD-dokumentti
13. MODEL 6011 A INSTRUCTION MANUAL. KYORITSU ELECTRICAL INSTRUMENTS WORKS, LTD. 2002
14. KEW 6010B INSTRUCTION MANUAL. KYORITSU ELECTRICAL INSTRUMENTS WORKS, LTD. 2002.
15. FLUKE 165X Electrical Installation Tester Käyttöohje, Fluke Corporation. 2003.
16. MULTI-FUNCTION ELECTRICAL INSTALLATIONS METER MPI-505. Sonel S.A..
17. MULTI-FUNCTION ELECTRICAL INSTALLATIONS METER MPI-520. Sonel S.A..
18. Monitoimisähköasennustestauslaitesarja Telaris Proinstall-100-EUR ja Proinstall-200-EUR. Amprobe. 2013.
19. Megger EGIL Circuit breaker analyzer. Megger
20. Megger MOM600A Micro-ohmeter. Megger
21. Megger B10E AC/DC Voltage Power Supply. Megger
22. Megger SVERKER 750/780 Relay Test Sets. Megger
23. User guide for C.A.T and Genny and C C.A.T+ and Genny+. Radiodetection.
24. C.SCOPE Cable Avoidance Tolls & Signal Generators. C.SCOPE.
25. Leica DIGICAT 500i/550i User Manual, Leica Geosystems.

26. SebaKMT SPG 5-1000 The complete Fault location for LV Networks. SebaKMT. 2007.
27. TDR Miniflex Brochure. SebaMKT.
28. MODEL 3125 INSTRUCTION MANUAL. KYORITSU ELECTRICAL INSTRUMENTS WORKS, LTD. 2011.
29. C.A 6505 C.A 6545 C:A 6547 C.A 6549 Megohmmeters The insulation experts at 5kV. CHAUVIN ARNOUX.
30. CHAUVIN ARNOUX Expertise for Eraths C.A 6460 C.A 6462 Eath and Resistivity Testers. CHAUVIN ARNOUX
31. SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS RY. SFS-KÄSIKIRJA 600-3. Helsinki. SFS. 2012.
32. Elenia. Työkalujen tarkastukset. PDF-dokumentti. Sähköpostiviesti. 11.2.2014
33. SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS RY. SFS_EN ISO/IEC 17025. Helsinki. SFS. 2005.
34. Sakari Juutinen. FYSP101A Laboratoriotöiden perusteet, Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos. 2006
35. SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS RY. SFS_EN ISO/IEC 10012. Helsinki. SFS. 2003.
36. MIKES- Aato Mittaustekniikka 2014. Mittaustekniikan perusteet /luento 6. Pdf-dokumentti. <http://metrology.hut.fi/courses/s108-195/Luento6.pdf>. Muokattu 25.10.2004. Luettu 24.5.2014
37. Teknillinen tarkastuskeskus. Kalibroinnin mittausepävarmuuden määrittäminen. Helsinki. TTK:n mittauspalvelutoimisto. 1990.
38. Mittatekniikan keskus. Suositus kalibrointilaboratorioille sähkösuureiden mitauslaitteiden kalibroinnista. Helsinki. Mittatekniikan keskus. 1992.
39. Voiman Oy. Laatu järjestelmä, Mittausvälineet. Sähköpostiviesti. 11.2.2014.

LIITE 1(1).
Mittalaittekysely

Toivoisin, että voisitte täyttää autostanne löytyvien mittareiden tiedot listaan.

(Yleisimmät mittarit esitetytty)

Esimerkki:

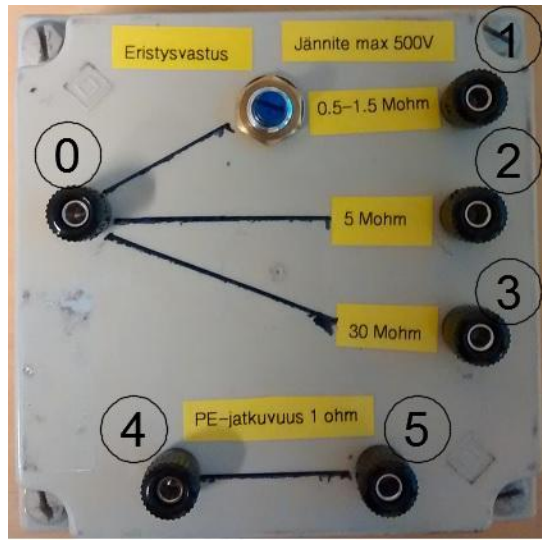
Mittarin valmistaja	Mittarin malli	Mittarin sarjanumero
KYORITSU	KEW 1710	17160
----II----	----II----	17161



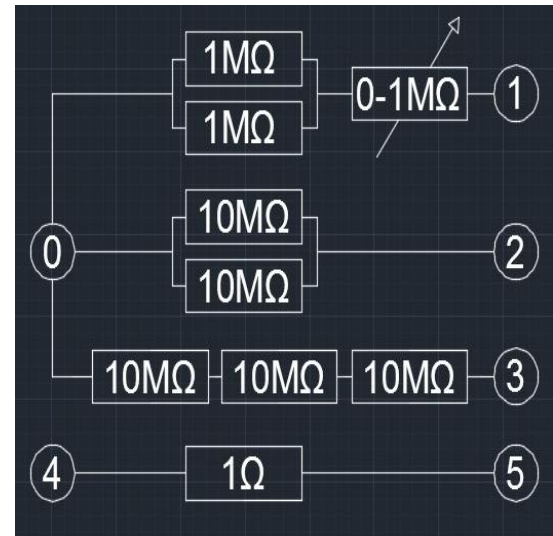
Auto	Auton rekisteri numero	Vastuu henkilö
------	------------------------	----------------

Hiace	[REDACTED]	[REDACTED]
-------	------------	------------

	Mittarin valmistaja	Mittarin malli	Mittarin sarjanumero
1	KYORITSU	KEW 1710	
2			
3			
4			
5	Fluke	322	
6			
7			
8			
9			
10			

Käyttöohje eristysvastus/PE- jatkuvuusmittaus testauslaatikolle

Kansikuva



Vastuskaavio

Eristysvastus

1. Käytä vain 500voltin jännitealuetta tai pienempää.
2. Mittaa eristysvastus mittalaitteen ohjeiden mukaan.
3. Napojen 0-1 välistä voidaan mitata eristysvastusarvoja väliltä noin 0,5-1,5MΩ säätö tehdään potentiometrillä.
4. Napojen 0-2 väliltä voidaan mitata noin 5MΩ eristysvastus.
5. Napojen 0-3 väliltä voidaan mitata noin 30 MΩ eristys vastus.
6. Alueiden resistanssit/potentiometrin säädön voi tarkistaa kalibroidulla asennustesterillä

PE –jatkuvuus

1. Mittaa mittalaitteen ohjeiden mukaan PE – jatkuvuus napojen 4-5 väliltä arvon pitäisi olla noin 1 Ω.
2. Älä mittaa eristysvastusta napojen 4-5 väliltä.

Voiman Oy:n mittalaitteet

Jännitetesterit					Viimeinen
Mittari	Valmistaja	Malli	Sarjanumero	Sijainti	tarkast. Pvm.
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060591	Hiace	23.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0093165	Hiace	8.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0020460	Hiace	8.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060881	Hiace	-
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060882	Hiace	2.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0017160	Hiace	10.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060891	Hiace	17.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0017175	Hiace	15.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060903	Hiace	10.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060596	MAN	15.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060873	MAN	14.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0020404	MB	15.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0008323	MB	28.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0093166	MB koppis	10.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0001849	MB Spinter	7.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0017143	MB Unimog	15.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0008322	Opel Vivaro	2.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0008341	Volvo FM9	-
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060599	VW LT46	22.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0001913	Hiace	15.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0076469	MAN	17.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0060928		17.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0008835		28.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0001857	Hiace	25.4.2014
Jännitetesteri	KYORITSU	KEW 1710	0006834		15.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T100	12660266	MB Unimog	15.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T100	V002	Hiace	17.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T100	12660268	VW LT46	22.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T100	20380203	VW LT46	22.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T100	V003	VW LT46	17.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T130	22561571	Hiace	17.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T140	11950272	Hiace	23.4.2014
Jännitetesteri	Fluke	T140	V001	MAN	15.4.2014
Jännitetesteri	PeakTech	1095	11054480	Hiace	4.4.2014
Jännitetesteri	PeakTech	1095	11054463		28.4.2014

Voiman Oy:n mittalaitteet

Pihti- ja yleismittarit

Pihtimittari	YOKOGAWA	CL120	TKK7049	Saarijärvi	2.4.2014
Pihtimittari	Fluke	374	23150302	Saarijärvi	2.4.2014
Pihtimittari	Fluke	324	22030525	Mersu koppis	10.4.2014
Yleismittari	Victor	88B	996093414	Saarijärvi	2.4.2014
Yleismittari	Metrahit	2+	VA2524	Saarijärvi	3.3.2014
Pihtimittari	Fluke	322	96460040	Hiace	23.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	20980114	Hiace	8.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	12430668	Hiace	4.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	97540141	Hiace	2.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	17560901	Hiace	17.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	17550585	Hiace	4.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	19750314	MAN	15.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	98590217	Opel Vivaro	2.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	87340786	Volvo FM9	4.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	11040254	MAN	15.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	19660981		17.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	90780232	Saarijärvi	2.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	90780129	Saarijärvi	4.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	97380565		4.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	12320263	Karstula	14.4.2014
Pihtimittari	Fluke	322	97520418		28.4.2014

Asennustesterit

Asennustesteri	KYORITSU	6011 A	W0329450	Hiace	23.4.2014
Asennustesteri	KYORITSU	6011 A	W0352045	Hiace	10.4.2014
Asennustesteri	KYORITSU	6011 A	W0373047	Mersu koppis	10.4.2014
Asennustesteri	KYORITSU	6011 A	W0317965	VW LT46	23.4.2014
Asennustesteri	KYORITSU	6011 A	W0329449	MAN	-
Asennustesteri	KYORITSU	KEW 6010B	W0339842	MB Sprinter	11.4.2014
Asennustesteri	Fluke	1653B	2379075	Hiace	8.4.2014
Asennustesteri	Fluke	1653B	773063	MAN	-
Asennustesteri	Fluke	1653B	2379100	MAN	17.4.2014
Asennustesteri	Fluke	1653B	1491210	Mersu koppis	11.4.2014
Asennustesteri	Fluke	1653B	1479007		16.4.2014
Asennustesteri	Fluke	1653	9785002	Volvo FM9	11.4.2014
Asennustesteri	Fluke	1653	9785017	Hiace	2.5.2014
Asennustesteri	Fluke	1652	8906033	Hiace	11.4.2014
Asennustesteri	Sonel	MPI-505	580062	Volvo vaihtol.	9.4.2014
Asennustesteri	Sonel	MPI-520	721985	Hiace	14.4.2014
Asennustesteri	BEHA AMPROBE	Telaris Proinstall-100	1479007		16.4.2014
Asennustesteri	Sonel	MPI-505	580062	Volvo vaihtol.	9.4.2014
Asennustesteri	Sonel	MPI-520	721985	Hiace	14.4.2014
Asennustesteri	BEHA AMPROBE	Telaris Proinstall-100	1479007		16.4.2014

Voiman Oy:n mittalaitteet

Sähköasemamittarit

Mittari	Valmistaja	Malli	Sarjanumero
Katkaisija-analysointilaite	Megger	EGIL	1202410
Mikro-ohmimittari	Megger	MOM600A	1203573
Virtalähde	Megger	B10E	1201704
Relekoestuslaite	Megger	SVERKER 780	1200882

Tutkat

Mittari	Valmistaja	Malli	Sarjanumero
Kaapelitutka	Radiodetection	Genny^3	10/G3-FI-166
Kaapelitutka	Radiodetection	C.A.T^3+	10/C331FI-155
Kaapelitutka	C.SCOPE	MXL	235555
Kaapelitutka	C.SCOPE	MXT	233719
Kaapelitutka	Leica	Digitac 550i	303825
Kaapelitutka	Leica	Digitex 8/33	026830

Muut

Mittari	Valmistaja	Malli
Vianpaikannus mittari	Seba KMT	SPG-1000
Vianpaikannus mittari	Seba KMT	TDR MINI FLEX
Vianpaikannus mittari	Seba KMT	TDR MINI FLEX
Eristysvastusmittari	KYORITSU	3125
Eristysvastusmittari	CHAUVIN ARNOUX	6547
Maattovastus mittari	CHAUVIN ARNOUX	C.A 6460

Mittari	Valmistaja	Malli
Jännitetesteri	Ensto	Sindi
Jännitteenkoestimen 15-45 kV	Fameca	TAG 2000
Vaiheistusmittari 10-30 kV	Fameca	TAG5000S
Vaiheistusmittari 10-30 kV	Fameca	TAG5000S

LIITE4 (1).

Mittauspöytäkirjat

referenssi laitteen virhe	Uac	Udc	R	A	f
rdg	1 %	0,50 %	1 %	1,50 %	0,1
dgt	0,05	0,05	0,5	0,005	0,2
dgt2	0,5	0,5			2

rdg=reading

dgt=digit

Ref=kalibroitusmittalaite

KYORITSU KEW 1710

sarjanumero	päivämäärä
0008322	2.4.2014

käsitelty menetelmällä 2

±%mitta-

Mittaus	virhe ±rdg	virhe ±dgt	Ref	Ref max	Ref min	testattava	testat. max	testat. min	±%mitta- epävarm.	tulos
Jännite (AC 50Hz)/7-100V	±1.5v		49,72	50,3	49,2	49,2	50,7	47,7	3,14 %	ok
100-690V	1 %	0,5	120,0	121,7	118,3	118,9	120,6	117,2	1,91 %	ok
			230,7	233,5	227,9	229,2	232,0	226,4	1,57 %	ok
			240,3	243,2	237,4	238,4	241,3	235,5	1,63 %	ok
Jännite(DC) / 7-100V	±1.5v		49,77	50,1	49,5	49,4	50,9	47,9	3,13 %	ok
100-690V	1 %	0,5	120,9	122,0	119,8	120,1	121,8	118,4	1,52 %	ok
			229,3	230,9	227,7	228,3	231,1	225,5	1,23 %	ok
			250,2	252,0	248,4	249,3	252,3	246,3	1,22 %	ok
Jännite Led			Ac 12-400							ok
Jännite Led			Dc 12-230							ok
Napaisuus										ok
Yksinapainen vaiheilmaisuus		100Vac<								ok
2napainen jännitteenilmaisuus pattereita 40Vac<										ok
Kiertosuunnan mittaus										ok
Jatkuvuus										ok
Äänimerkki										ok

Fluke T100

sarjanumero	päivämäärä
12660266	15.4.2014

Mittaus	virhe ±rdg	virhe ±dgt	tulos
Jännite Led			Ac 12-400 ok
Jännite Led			Dc 12-230 ok
Napaisuus			ok
Yksinapainen vaiheilmaisuus 100V<			ok
2napainen jännitteenilmaisuus pattereita			ok
Kiertosuunnan mittaus			ok
Jatkuvuus			ok

Mittauspöytäkirjat

Fluke T140

sarjanumero	päivämäärä
V001	15.4.2014

käsitelty menetelmällä 1 (epävarmuus=rdg+dgt)

Mittaus	virhe ±rdg	virhe ±dgt	Ref	Ref max	Ref min	testattava	testat. max	testat. min	tulos
Jännite (AC 50Hz)/V	3 %	5	49,72	50,3	49,2	49	55,47	42,53	ok
			119,9	121,6	118,2	118	126,54	109,46	ok
			230,4	233,2	227,6	228	239,84	216,16	ok
			240,3	243,2	237,4	238	250,14	225,86	ok
Jännite(DC) /V	3 %	5	50,06	50,4	49,8	50	56,5	43,5	ok
			118,8	119,9	117,7	118	126,54	109,46	ok
			230,2	231,9	228,5	229	240,87	217,13	ok
			250,1	251,9	248,3	248	260,44	235,56	ok
Resistanssi/Ω	3 %	10	498,1	503,6	499,0	499	523,97	474,03	ok
			99,7	101,2	100,7	102	115,06	88,94	ok
			25,0	25,8	26,0	29	39,87	18,13	ok
Jännite Led			Ac 12-400						ok
Jännite Led			Dc 12-230						ok
Napaisuus									ok
Yksinapainen vaiheilmaisuus			100Vac<						ok
2napainen jännitteenilmaisuus pattereita									ok
Kiertosuunnan mittaus									ok
Jatkuvuus									ok
Äänimerkki									ok

Fluke T130

sarjanumero	päivämäärä
22561571	17.4.2014

käsitelty menetelmällä 1 (epävarmuus=rdg+dgt)

Mittaus	virhe ±rdg	virhe ±dgt	Ref	Ref max	Ref min	testattava	testat. max	testat. min	tulos
Jännite (AC 50Hz)/V	3 %	5	50,69	51,2	50,1	50	56,5	43,5	ok
			120,7	122,4	119,0	120	128,6	111,4	ok
			230,4	233,2	227,6	230	241,9	218,1	ok
			240,2	243,1	237,3	240	252,2	227,8	ok
Jännite(DC) /V	3 %	5	50,56	50,9	50,3	50	56,5	43,5	ok
			119,8	120,9	118,7	120	128,6	111,4	ok
			230,1	231,8	228,4	230	241,9	218,1	ok
			251,2	253,0	249,4	251	263,53	238,47	ok
Jännite Led			Ac 12-400						ok
Jännite Led			Dc 12-230						ok
Napaisuus									ok
Yksinapainen vaiheilmaisuus			100Vac<						160<
2napainen jännitteenilmaisuus pattereita			50Vac						ok
			120Vdc						ok
Kiertosuunnan mittaus									ok
Jatkuvuus									ok
Äänimerkki									ok
vvs-k-testit									ei tarkastettu

LIITE4 (3).

Mittauspöytäkirjat

Fluke 322

sarjanumero	päivämäärä
98590217	2.4.2014

käsitelty menetelmällä 2

±%mitta-

Mittaus	virhe ±rdg	virhe ±dgt	Ref	Ref max	Ref min	testattava	testat. max	testat. min	epävarm.	tulos
Jännite (AC 50Hz)/V	1,20 %	0,5	35,10	35,50	34,70	34,9	35,8	34,0	2,70 %	ok
			100,8	102,3	99,3	100,3	102,0	98,6	1,88 %	ok
			230,3	233,1	227,5	230,3	233,6	227,0	1,44 %	ok
			240,7	243,6	237,8	240,7	244,1	237,3	1,43 %	ok
Jännite(DC) /V	1 %	0,5	35,48	35,71	35,25	35,5	36,4	34,6	2,47 %	ok
			100,3	101,3	99,3	100,2	101,7	98,7	1,52 %	ok
			200	201,5	198,5	200,2	202,7	197,7	1,27 %	ok
			250,2	252,0	248,4	250,3	253,3	247,3	1,21 %	ok
Virta (AC) /A	1,80 %	0,05	0,977	1,00	0,96	0,96	1,027	0,893	7,54 %	ok
			2,047	2,08	2,01	2,03	2,117	1,943	4,45 %	ok
			5,004	5,08	4,92	5,03	5,171	4,889	2,87 %	ok
Resistanssi /Ω	1 %	0,05	99,7	101,2	98,2	100,2	101,3	99,1	1,55 %	ok
			25,0	25,8	24,3	25,0	25,3	24,7	3,09 %	ok
Jatkuvuus										ok
Mittapäät										ok

YOGOGAWA CL120

sarjanumero	päivämäärä
TKK7049	2.4.2014

käsitelty menetelmällä 2

±%mitta-

Mittaus	virhe ±rdg	virhe ±dgt	Ref	Ref max	Ref min	testattava	testat. max	testat. min	epävarm.	tulos
Virta (AC) 0-20A	2 %	0,07	0,998	1,018	0,978	0,93	1,019	0,841	10,49 %	ok
			2,085	2,121	2,049	2,00	2,110	1,890	6,12 %	ok
			5,013	5,093	4,933	4,93	5,099	4,761	3,48 %	ok
Virta (AC) 0-200A	2 %	0,5	0,995	1,015	0,975	0,7	1,214	0,186	222,83 %	ok
			2,088	2,124	2,052	1,8	2,336	1,264	34,03 %	ok
			5,022	5,102	4,942	4,7	5,294	4,106	12,13 %	ok

LIITE4 (5).
Mittauspöytäkirjat

Tulosten mediaanien keskiarvo	L-PE	L-N
Impedanssi	0,794	0,731
Oikosulkuvirta	290,9	315,1
Maattovastus	0,54	

Mittaus	alue	rdg	dgt	syötetty arvo	mittarintulos	mittarin virhe	virheraja	tulos	käsitelty menetelmällä 3	
										Sallittu virhe
KYORITSU 6011A										
				sarja numero	päivämäärä					
				W0352045	10.4.2014					
Jännite (50Hz) /V			3 %	229,3	229	0,3	6,87	ok		
Eristysvastus /MΩ	250V	1,50 %	0,3 0,03	30,13	29,9	0,23	0,75	ok		
				4,98	4,97	0,01	0,10	ok		
				1	1,01	0,01	0,05	ok		
	500V				30,13	29,9	0,23	0,75	ok	
					4,978	4,96	0,018	0,10	ok	
					1	0,98	0,020	0,04	ok	
PE-jatkuvuus / Ω		1,50 %	0,03	0	0	0	0,03	ok		
				1,0	0,97	0,03	0,04	ok		
Silmukkaimpedanssi /Ω L-PE		3 %	0,04		0,81					
					0,81					
					0,81					
				mediaani	0,810	0,016	0,064	ok		
keskipoikkeama	0,000									
Oikosulkuvirta /A L-PE		5,8 %	4		286					
					286					
					286					
				mediaani	286,0	4,9	20,94	ok		
keskipoikkeama	0,00									
vvsk-laukaisuaika			±1%±3lukua	Aluetta ei tarkasteltu						
Mittajohdot				Kevi mittajohdossa eristevario						

LIITE4 (6).

Mittauspöytäkirjat

käsitelty
menetelmällä 3

Fluke 1652

Sallittu
virhe

sarja numero	päivämäärä
8906033	11.4.2014

Mittaus	rdg	dgt	syötetty arvo	mittarintulos	mittarin virhe	virheraja	tulos	
Jännite (50Hz) /V	0,80 %	0,3	35,12	34,9	0,22	0,58	ok	
			100,4	99,7	0,7	1,10	ok	
			229,9	229,1	0,8	2,13	ok	
Eristysvastus /MΩ	250V	1,50 %	0,3	30,13	30,0	0,13	0,75	ok
				4,978	4,98	0,002	0,10	ok
				1	1,01	0,01	0,05	ok
	500V	0,03	30,13	30,0	0,13	0,75	ok	
			4,978	4,98	0,002	0,10	ok	
			1	0,99	0,010	0,04	ok	
PE -jatkuvuus/Ω	1,50 %	0,03	0,00	0,00	0	0,03	ok	
			1,0	1,01	0,01	0,05	ok	
Silmukkaimpedanssi/Ω L-PE	3 %	0,1		0,79				
				0,79				
				0,72				
			mediaani	0,79	0,004	0,124	ok	
keskipoikkeama	0,031							
Oikosulkuvirta/A L-PE	3,8 %	3		292				
				292				
				320				
			mediaani	292,0	1,1	13,96	ok	
keskipoikkeama	12,4							
Linjaimpedanssi/Ω L-N	3 %	0,1		0,72				
				0,73				
				0,73				
			mediaani	0,73	0,001	0,122	ok	
keskipoikkeama	0,004							
Oikosulkuvirta/A L-N	3,8 %	3		321				
				317				
				316				
			mediaani	317,0	1,9	14,88	ok	
keskipoikkeama	2,0							
vvsk-laukaisuaika			Aluetta ei tarkasteltu					
vvks-laukaisuvirta			Aluetta ei tarkasteltu					
Mittajohdot			ok					

LIITE4 (7).

Mittauspöytäkirjat

käsitelty
menetelmällä 3

Sonel MPI-505

Sallittu
virhe

sarja numero	päivämäärä
580062	9.4.2014

Mittaus	rdg	dgt	syötetty arvo	mittarintulos	mittarin virhe	virheraja	tulos		
Jännite (50Hz) /V	2 %	2	35,51	35	0,51	2,70	ok		
			100,4	99	1,4	3,98	ok		
			230,4	230	0,4	6,60	ok		
Eristysvastus /MΩ Mohm	100V	3 %	0,8	30,13	29,6	0,53	1,69	ok	
				4,978	4,92	0,058	0,23	ok	
				1	1,015	0,015	0,04	ok	
	250V				30,13	29,9	0,23	1,70	ok
					4,978	4,97	0,008	0,23	ok
					1	1,009	0,009	0,04	ok
	500V				30,13	29,9	0,23	1,70	ok
					4,978	4,96	0,018	0,23	ok
					1	0,988	0,012	0,04	ok
PE-jatkuvuus / Ω	2 %	0,03	0	0	0	0,03	ok		
			1,0	1,02	0,02	0,05	ok		
Silmukkaimpedanssi/Ω L-PE	6 %	0,1		0,73					
				0,72					
				0,74					
			mediaani	0,73	0,064	0,148	ok		
keskipoikkeama	0,007								
Oikosulkuvirta/A L-PE	7,8 %	2		314					
				318					
				311					
			mediaani	314,0	23,1	24,81	ok		
keskipoikkeama	2,4								
Linjaimpedanssi/Ω L-N	5 %	3		0,75					
				0,75					
				0,74					
			mediaani	0,75	0,019	3,037	ok		
keskipoikkeama	0,004								
Oikosulkuvirta/A L-N	7,8 %	2		305					
				308					
				310					
			mediaani	308,0	7,1	26,71	ok		
keskipoikkeama	1,8								
PE-kytkennäntarkastus				ok					
Vaihejärjestyksen ilmaisun				ok					
vvsk-laukaisuaika				Aluetta ei tarkasteltu					
vvks-laukaisuvirta				Aluetta ei tarkasteltu					
Mittajohdot				ok					