

Toni Kukkonen

Energiamittauksen laadun kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

22.4.2015

Alkusanat

Olen työskennellyt ennen opintojeni aloittamista sekä opintojeni ohella asentajana Vantaan Energia Sähköverkot Oy:ssä. Insinööriyön aihetta tuntui luontevalta lähteä tiedusteemaan omasta yksiköstä. Mielenkiintoinen ja ajankohtainen aihe löytyi, ja sitä lähdettiin työstämään. Insinööriyön ohjaajana toimi työpaikaltani mittauspalveluesimies Arto Flink ja Metropolia Ammattikorkeakoulusta lehtori Sampsa Kupari. Haluan kiittää ohjaajiani tärkeistä neuvoista ja kannustavasta ohjauksesta insinööriyön aikana.

Vantaalla 22.4.2015

Toni Kukkonen

Tekijä Otsikko	Toni Kukkonen Energiamittauksen laadun kehittäminen
Sivumäärä Aika	74 sivua + 2 liitettä 22.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Mittauspalveluesimies Arto Flink Lehtori Sampsa Kupari
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Vantaan Energia Sähköverkot Oy:lle (VES). VES vastaa Vantaan alueen sähköverkkotoiminnasta. Työssä oli tavoitteena kehittää energiamittauksen laatua. Työ rajattiin sisältämään sähkömittareiden asennustyöohjeen laatimisen sekä mittauksien tarkastustoiminnan kehittämisen. Koska VES on vaihtanut kaikki sähkömittarit etäluettavaiin malleihin, työssä tutkittiin, miten etäluentaa voitaisiin hyödyntää mittauksien tarkastamisessa.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin laadittua laadukkaan ja tehokkaan sähkömittariasennuksen työohje. Työohjeella saadaan yhtenäistettyä asentajien työtavat sekä taattua asennuksen korkea laatu ja tehokas suoritus. Työohjeen liitteeksi laadittiin tarkistuslista. Tarkistuslistalla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä mittariasennusprosessissa. Lisäksi työohjeen liitteeksi laadittiin VES:n suunnittelu- ja urakointiohjeisiin pohjautuva puute- ja vikalista, joka jätetään asennuskohteeseen, jos kohdetta ei voida mittaroida puutteiden tai vikojen takia.</p> <p>Työssä saatiin kehitettyä mittauksien tarkastustoimintaa ennen asennusta tehtävien tarkastuksien, asennuksen aikaisten tarkastuksien, sekä asennuksen jälkeisten tarkastuksien osalta. Uudet tarkastustoimenpiteet sisällytettiin työohjeeseen. Uusilla tarkastustoimenpiteillä saadaan parannettua mittauksen laatua ja nopeutettua laatuun vaikuttaviin vikoihin reagoimista.</p> <p>Työssä havaittiin, että mittauksien tarkastamisessa voidaan hyödyntää etäluentaa eri tavoin. Etäluennan avulla on muun muassa mahdollista havaita epäsuorissa mittauksissa mittauspiirien viat lukemalla mittareista vaihekohtaiset jännitteet ja virrat. Työssä tarkastettiin pieni osa epäsuorista mittauksista etäluennan avulla. Tarkastuksissa havaittiin yksi mittaus, jossa oli vikaa virranmittauspiirissä.</p> <p>Laitevalmistajilta oli tilattu kytkentävirheellisten mittareiden raportit vuonna 2014. Työssä havaittiin, että raporttien ulkopuolelle oli käytännössä jäänyt suuri osa epäsuorista mittauksista. Työssä selvitettiin, että kytkentävirheet olisivat havaittavissa mittauksista etäluennan avulla tehtävässä tarkastuksessa, jossa mittareilta luetaan mittarimallista riippuen vaihekohtaiset tehot, virtojen vaihekulmat tai vektoridiagrammi. Työssä tarkastettiin osa keski-jännitemittauksista etäluennan avulla. Tarkastuksissa havaittiin yksi mittaus, jossa oli kytkentävirhe.</p>	
Avainsanat	energiamittaus, kehittäminen, asennustyöohje, sähkömittari, etäluenta

Author Title	Toni Kukkonen Developing the Quality of Energy Metering
Number of Pages Date	74 pages + 2 appendices 22 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Arto Flink, Supervisor, Metering Services Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>This thesis was commissioned by Vantaa Energy Electricity Networks Ltd (VEEN). VEEN is responsible for electricity network operations in the Vantaa region in Finland. The purpose of this thesis was to develop the quality of energy metering. The scope of this thesis was limited to include formulating guidelines for the installation of electrical meters and developing the inspection of metering. As VEEN has switched to using smart meters that allow remote reading, this thesis also investigated how remote reading could be utilized in the inspection of measurements.</p> <p>Guidelines for high-quality and effective installation of electrical meters were the final outcome of this thesis. The guidelines can be used to unify the working methods of persons installing meters and to guarantee high-quality installation and effective performance. A check-list was compiled as an attachment to the guidelines. The check-list can be used to avoid human errors. Moreover, a list of deficiencies and faults based on VEEN's instructions for designing and contracting was included as an attachment to the guidelines. The list will be left to installation sites where deficiencies or faults have resulted in not being able to conduct metering on the target.</p> <p>The thesis process succeeded in developing the inspection of metering concerning inspection before installations, inspection during installations, and inspection after installations. New inspection activities were included in the work guidelines. The new inspection activities help to improve the quality of metering and allow quicker reacting to faults impacting quality.</p> <p>It was observed during the thesis process that remote reading can be utilized in the inspection of measurements. The remote reading makes it possible to detect faults in metering circuits in indirect measuring by reading phased voltages and electric currents from the meters. A small number of indirect measurements were inspected with the use of remote reading as a part of this thesis. The inspection revealed a measurement where there was a fault in the current metering circuits.</p> <p>Reports on meters with coupling errors had been ordered from the manufacturer of the instruments in 2014. Through this thesis, it was found out that the majority of indirect metering had been practically left out of the reports. The thesis determined that the coupling errors could be detected from the measurements in inspection conducted with remote reading, which involves reading phased power, phase differences or vector diagram depending on the meter model. Remote reading was used to inspect some of the medium voltage measurements. One measurement with a coupling error was detected through the inspection.</p>	
Keywords	energy measurement, development, installation guidelines, electric meter, automatic meter reading

Sisällys

Alkusanat

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	2
3	Vantaan Energia Sähköverkot Oy	3
4	Sähkön hinta	4
5	Sähköenergian mittaaminen	6
5.1	Suora sähköenergian mittaustapa	7
5.2	Epäsuora sähköenergian mittaustapa	8
5.2.1	Epäsuora pienjännitemittaus	8
5.2.2	Epäsuora keskijännitemittaus	9
6	Mittamuuntajat	11
6.1	Virtamuuntajat	11
6.2	Jännitemuuntajat	13
7	Sähkölaitteiden etäluenta	14
7.1	Etäluentaan siirtyminen	15
7.2	Etäluenta VES:ssä	16
8	VES:n käyttämät etälentalaitteet	20
8.1	L+G:n etälentalaitteet	21
8.1.1	L+G:n EMPC100-keskitin	22
8.1.2	L+G:n ERE2-toistin	23
8.1.3	L+G:n etäluettavat sähkömittarit	24
8.2	Aidonin etälentalaitteet	25
9	Etäluennan yhteysongelmat	28

9.1	2G/3G-tiedonsiirron yhteysvika	29
9.2	Katve Meshnet-verkossa	29
9.3	Irronnut RS485-kaapeli	29
9.4	Sähkötön mittari	29
9.5	PLC-verkon yhteysongelmat	30
9.6	PLC-verkon yhteysongelmien selvitys	32
10	Mittauksen laatu	36
10.1	Asennuksen laatu	37
10.2	Mittarin laatu	37
10.3	Mittauksen tarkkuus	38
10.4	Etäluentayhteyden laatu	39
10.5	Mittarilta saatavien tietojen laatu	39
10.6	Integraation laatu	40
11	Tarkastustoiminnan kehittäminen	42
11.1	Epäsuorien mittareiden määräaikaistarkastukset	44
11.1.1	Etäluenta epäsuorien mittareiden määräaikaistarkastamisessa	46
11.1.2	Etäluennalla tehdyt tarkastukset	47
11.2	KytKentävirheellisten mittareiden havaitseminen	50
11.3	L+G:n E650-mittauksien tarkastaminen vektoridiagrammin avulla	54
11.3.1	Kuorman tyypin vaikutus vektoridiagrammiin	57
11.3.2	KytKentävirheiden havaitseminen vektoridiagrammin avulla	59
11.3.3	Etäluennalla tehdyt tarkastukset keskijännitemittauksille	60
12	Laadukkaan ja tehokkaan sähkömittariasennuksen työohje	61
13	Toiminnan tehostaminen mittariasennusprosessissa	63
13.1	Kunnossapitotöiden prioriteetit	63
13.2	Postinumeroalueiden työtehtävien hoito	66
13.3	Kenttäkannettavan käyttö mittariasennukseen liittyvissä työtehtävissä	67
14	Yhteenveto ja johtopäätökset	68
	Lähteet	72
	Liitteet	
	Liite 1. Uuden tiketin lisääminen tikettijärjestelmään	
	Liite 2. Laadukas ja tehokas sähkömittariasennus - Työohje	

Lyhenteet

AIM	Gridstream AIM; Landis+Gyrin mittareiden luentajärjestelmä
GPRS	General Packet Radio Service; GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu
GSM	Global System for Mobile; maailmanlaajuisesti käytetty matkapuhelinjärjestelmä
GW	Aidon Gateway; Aidonin mittareiden luentajärjestelmä
L+G	Landis+Gyr; mittarivalmistaja
MIHA	mittaustiedon hallinta
MIPA	mittaripaja
MMK	monimittarikeskus
P2P	Point-to-Point; yhteystapa, jolla mittari on suoraan yhteydessä luentajärjestelmään
PDA-laite	Personal Digital Assistant; kämmentietokone, jolla mittari linkitetään asennuksen yhteydessä oikeaan käyttöpaikkaan.
PLC	Power Line Communication; sähköverkon kautta tapahtuva tiedonsiirto
VE	Vantaan Energia Oy
VES	Vantaan Energia Sähköverkot Oy
VKO	verkkokäskyohjaus
VKV	verkkokäskyvastaanotin
YTL	yleistietolomake

1 Johdanto

Tämä insinööriyö on tehty Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n (VES) asiakkuudenhallintayksikölle. VES vastaa sähköverkkotoiminnasta Vantaalla. Asiakkuudenhallintayksikkö vastaa asiakkuudenhallinnan lisäksi verkkoyhtiön vastuulle kuuluvien mittauspalveluiden, taseselvityksen ja sanomaliikennepalveluiden toteuttamisesta.

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää energiamittauksen laatua ja sitä kautta varmistaa etäluettavien energiamittareiden mittauksen laatu. VES on siirtynyt etäluentaan, jolloin uudet etäluettavat energiamittarit mahdollistavat tarkemman mittauksen laadunvalvonnan. Etäluettavien mittareiden osalta ei ole kuitenkaan vielä kertynyt samanlaista osaamista kuin niin sanottujen perinteisten mittareiden osalta, joita käytettiin vuosikymmeniä. Laatua haluttiin kehittää myös sen vuoksi, että laitevalmistajilta tilatuista raporteista oli käynyt ilmi kytkentävirheellisiä sähkömittareita. Kytkentävirheellä mittari mittaa liian vähän tai väärälle rekisterille.

Työ rajattiin sisältämään mittauksien tarkastustoiminnan kehittämisen sekä sähkömittareiden asennustyöohjeen laatimisen. Tarkastustoiminnan kehittäminen pitää sisällään ennen asennusta tehtävät tarkastukset, asennuksen aikana tehtävät tarkastukset sekä asennuksen jälkeen tehtävät tarkastukset. Etäluentaan siirtymisen johdosta työssä tutkitaan miten etäluentaa voitaisiin hyödyntää mittauksien tarkastamisessa.

VES:llä ei ollut olemassa omia ohjeita mittareiden asennuksille, lukuun ottamatta keski-jännitemittarin asennusohjetta, joka on tehty noin kaksi vuotta sitten. Mittareiden asennuksiin on olemassa laitevalmistajien ohjeet, mutta ne ohjeistavat ainoastaan itse asennushetken työn eli pienen osan mittariasennusprosessista. Laitevalmistajien asennusoppaat ja manuaalit eivät myöskään ohjeista asennusprosessissa tehtäviä tarkastustoimenpiteitä.

Nykyään mittariasennuksissa ja mittauksille suoritettavissa tarkastustoimenpiteissä on jonkin verran eroja asentajakohtaisesti. Työohjeella saadaan yhtenäistettyä asentajien työskentelytavat sekä taattua asennuksen korkea laatu ja tehokas suoritus.

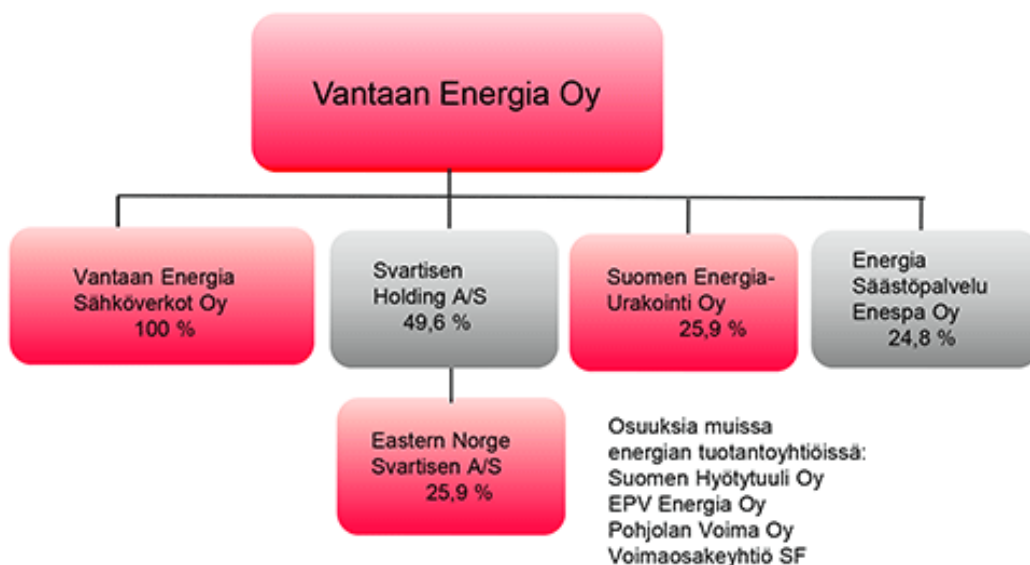
Työn teoriaosiossa käsitellään mittariasennuksiin liittyviä asioita, kuten mittareiden kyt-kentöjä, sähköenergian mittaustapoja, mittamuuntajia sekä etäluentaa ja sen yhteis-ongelmia. Lisäksi työssä kerrotaan, mistä mittauksen laatu koostuu.

2 Vantaan Energia Oy

Vantaan Energia Oy (VE) on vuonna 1910 perustettu kaupunkienergiayhtiö, joka tuot-taa ja myy sähköä ja kaukolämpöä sekä vastaa Vantaan alueen kaukolämpötoiminnas-ta. Lisäksi yhtiö myy maakaasua teollisuuden tarpeisiin. VE on yksi Suomen suurim-mista kaupunkienergiayhtiöistä. Yhtiön omistavat Vantaa (60 %) ja Helsinki (40 %).

Sähkön ja kaukolämmön tuotanto tapahtuu Martinlaakson voimalaitoksessa sekä syk-syllä 2014 tuotantokäyttöön otetussa jätevoimalassa. Sähkön ja kaukolämmön tuotanto tapahtuu voimalaitoksissa yhteistuotantona korkeilla hyötysuhteilla (Martinlaakson voi-malaitos 90 %, jätevoimala 95 %).

VE on suuri työllistäjä Vantaalla työllistäen keskimäärin 295 henkilöä tilikaudella 2013. Yhtiön liikevaihto tilikaudella 2013 oli 342,3 miljoonaa euroa ja liikevoitto 26,1 miljoonaa euroa. VE sekä sen tytär- ja osakkuusyhtiöt muodostavat yhdessä Vantaan Energia -konsernin. Konsernin rakenne esitetään kuvassa 1. [1; 2; 3.]



Kuva 1. Vantaan Energia -konsernin rakenne [2].

VE:n toimitalo sijaitsee Tikkurilassa. Toimitalon pihassa on latauspiste kahdelle sähköautolle. Sähköautojen lataaminen on toistaiseksi ilmaista. Sähköautojen latauspiste esitetään kuvassa 2. [4.]



Kuva 2. Sähköautojen latauspiste VE:n toimitalon edessä [4].

3 Vantaan Energia Sähköverkot Oy

Vantaan Energia Sähköverkot Oy (VES) on osa Vantaan Energia -konsernia. Yhtiö on kokonaan emoyhtiö VE:n omistuksessa oleva tytäryhtiö. Yhtiö on perustettu vuonna 2006 ja se aloitti toimintansa 1.1.2007. Perustaminen tehtiin sähkömarkkinalain muutoksen vuoksi, joka velvoitti energiayhtiöitä eriyttämään sähköverkkotoiminnan ja energian myynnin erillisiin yhtiöihin. VES vastaa Vantaan alueen sähköverkkotoiminnasta, joka sisältää muun muassa sähköverkkojen rakentamisen, käytön ja kunnossapidon sekä mittaus toiminnan. Mittaus toiminta sisältää sähköenergiamittauksien lisäksi kaukolämpöenergia- ja kaasumittaukset.

VES jakaa sähköä noin 113 000 käyttöpaikkaan. Sähkönjakelun asiakkaille hoitaa 3 200 kilometrin pituinen sähköverkko. Keskijänniteverkon (20 kV) osuus sähköverkosta on 960 kilometriä ja loppuosa on pienjänniteverkkoa (0,4 kV). Jakeluverkosta suurin osa (83,6 %) on maakaapelia, ja lukema nousee jatkuvasti. Sähköverkkoa rakennettaessa uusi verkon osa pyritään toteuttamaan maakaapelilla, ja vastaavasti olemassa olevaa verkkoa saneerattaessa ilmakaapelit pyritään korvaamaan maakaapelilla. Suuren maakaapelointiasteen ansiosta asiakkaille aiheutui ainoastaan keskimäärin 0,33 sähkönjakelukeskeytystä vuonna 2013. Keskimääräinen sähkönjakelukeskeytyksen kesto-aika oli 8 minuuttia.

VES työllisti keskimäärin 68 henkilöä tilikaudella 2013. Yhtiön liikevaihto tilikaudella 2013 oli 33,9 miljoonaa euroa ja liikevoitto 8,3 miljoonaa euroa.

Sähköverkkotoiminta on monopolin takia luvanvaraista ja tiukasti säädeltyä toimintaa, johon vaaditaan Energiaviraston myöntämä verkkolupa. Sähköverkkotoiminnalle sallitaan kohtuullinen tuotto. Energiavirasto valvoo kohtuullista tuottoa sekä sitä, että verkonhaltijat noudattavat sähköverkkotoiminnalle asetettuja velvoitteita. [1; 5; 6; 7; 8.]

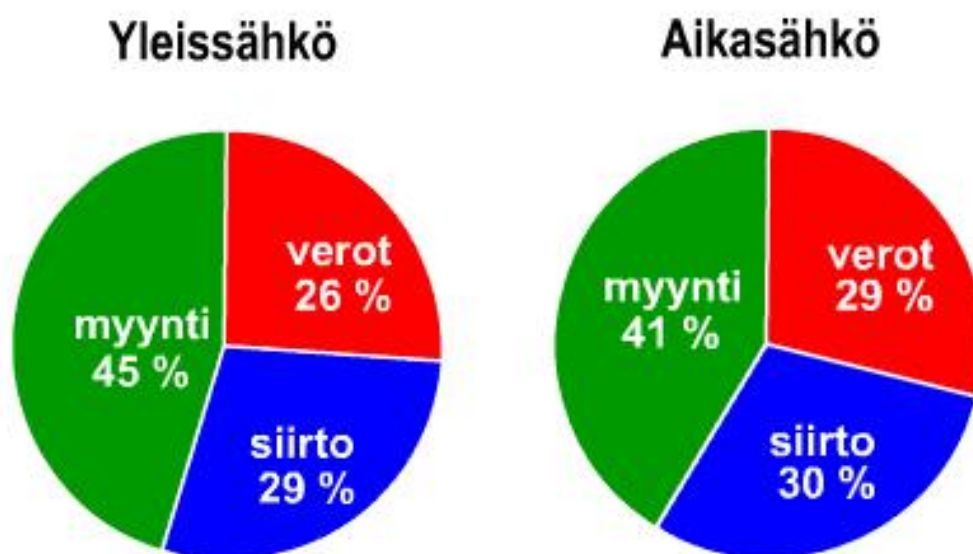
4 Sähkön hinta

Sähkömarkkinalaki (386/1995) avasi sähkömarkkinat asteittain kilpailulle vuodesta 1995 lähtien. Syksystä 1998 lähtien kaikki asiakkaat ovat voineet kilpailuttaa sähköenergiaa myyviä yhtiöitä. Kilpailun vapauttaminen ei koskenut sähköverkkopalvelun osuutta. Sähkön siirto ostetaan yhä siltä verkkoyhtiöltä, jonka alueella sähkön käyttöpaikka sijaitsee.

Sähkön hinta koostuu sähköenergian myyntihinnasta, siirtomaksusta ja veroista. Sähköenergian myyntihinta muodostuu pääasiassa tuotanto- ja ostokustannuksista. Tuotantokustannuksiin vaikuttavat muun muassa sähkön tuottamiseen tarvittavan polttoaineen hinta. Ostokustannukset määräytyvät pohjoismaisessa Nord Pool-sähköpörsissä. Sähkön siirtomaksuilla katetaan jakeluverkon kunnossapito ja rakentaminen. Tämän lisäksi se kattaa muun muassa sähkön siirrosta, kantaverkon käytöstä sekä mittareiden luennasta aiheutuvat kustannukset. Siirto- ja myyntihinnat koostuvat

kulutukseen perustuvasta osasta (c/kWh) sekä kuukausittaisesta osasta, jota kutsutaan perusmaksuksi (€/kk).

Sähkön kulutuksesta maksetaan sähkövero, joka koostuu sähkön valmisteverosta sekä huoltovarmuusmaksusta. Sähkövero maksetaan sähkönsiirtolaskun yhteydessä ja se tilitetään edelleen valtiolle. Siirto- ja myyntihintoihin sekä sähköveroon lisätään arvonlisävero. Sähkön loppuhinta muodostuu kahdella yleisimmällä tuotteella tyypillisesti kuvan 3 diagrammien mukaisesti. [9; 10.]



Kuva 3. Sähkön tyypillinen hinnanmuodostus [10].

Myynti ja verkkopalvelutuotteet

Käyttöpaikkaan saataviin tuotteisiin vaikuttavat käyttöpaikan pääsulakekoko sekä jännitetaso. Pienjännitteellä (0,4 kV) yleisiä verkkopalvelu- ja myyntituotteita ovat yleissiirto-, aikasiirto- ja kausisiirtotuotteet. Yleissiirtotuotteella sähköenergian hinta on kiinteä vuorokaudenajasta riippumatta. Aikasiirtotuotteella sähköenergian hinta on edullisempaa yöllä kuin päivällä. Kausisiirtotuotteella sähköenergian hintaan vaikuttaa lisäksi myös vuodenaika.

Moniaikatutuotteissa tariffien aikajaottelu tapahtuu etäluettavien mittareiden sisäisen kellonajan mukaan, minkä perusteella mittari rekisteröi kulutuksen oikealle rekisterille.

Etäluettavissa mittareissa lämmityskuormat ohjataan päälle mittarityypistä riippuen porrastetusti kalenterin mukaan tai satunnaisesti tietyn aikaikkunan sisällä. Asiakkaalla on mahdollisuus käyttää myös omia lämmityksenohjauslaitteita VES:n tarjoaman lämmityksenohjauksen sijasta.

Mikäli sähköenergia ostetaan toisesta yhtiöstä kuin VE:ltä, myyvän yhtiön tariffien aika-jaottelu voi erota VES:n aikajaottelusta. Kuorman ohjaukset tapahtuvat kuitenkin VES:n verkkopalvelutuotteiden mukaisesti, jolloin kuormat saattavat kytkeytyä päälle arvokkaammalla myyntituotteen tariffilla.

Verkkopalvelutuotteen vaihtaminen on maksullinen palvelu, joka edellyttää joissain tapauksissa mittarin vaihtoa. Tuote voidaan ladata osaan mittareista etänä luentajärjestelmästä käsin, jolloin mittarinvaihdolta vältytään. [11.]

5 Sähköenergian mittaaminen

Sähköenergian kulutusta mitataan käyttöpaikalle asennettavalla sähköenergiamittarilla. Kerros- ja rivitaloissa mittarit sijaitsevat yleensä mittarikomeroissa tai sähköpääkeskuksessa. Omakotitaloissa mittarit sijaitsevat yleensä sähköpääkeskuksessa, kuten tontti-keskuksessa. Keskijännitekäyttöpaikoissa mittarit sijaitsevat yleensä muuntamossa tai sen lähetyvillä.

Vanhoissa rakennuksissa mittarit saattavat sijaita asiakkaan tiloissa, kuten esimerkiksi omakotitalon eteisessä. Vaikka mittarit on vaihdettu etäluettaviin malleihin, niille on kuitenkin päästävä tarpeen vaatiessa suorittamaan huoltotöitä. Huoltotyöt sujuvat tehokkaasti, kun mittarit ovat vapaan pääsyn piirissä. Mikäli huoltotöissä on tarvetta tehdä sähköjakelunkeskeytys, siitä sovitaan aina asiakkaan kanssa etukäteen tai jätetään ilmoitus vähintään kolme päivää aikaisemmin. Sähkömittarin vaihto kestää keskimäärin puoli tuntia.

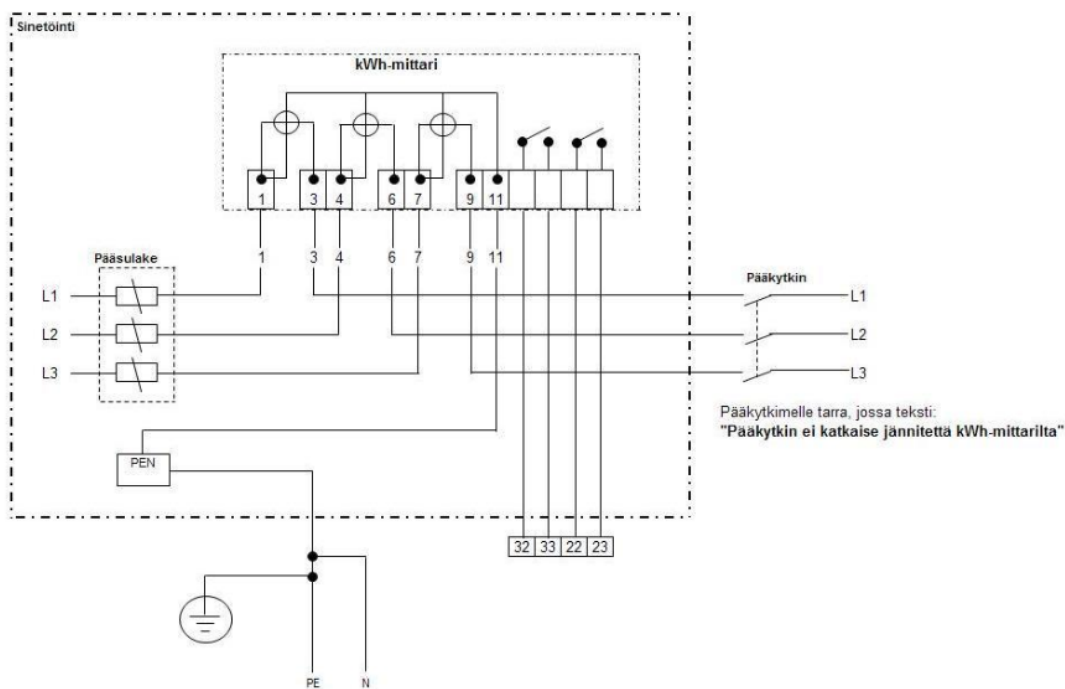
VES velvoittaa sähkösaneerauksien yhteydessä siirtämään mittarit vapaan pääsyn piiriin, mikäli sähköliittymässä tapahtuu muutoksia. Tällöin sähköliittymässä noudatetaan nykyisiä liittymisehtoja.

Sähköenergian kulutusta mitataan suoralla tai epäsuoralla tavalla. Suoralla mittaustavalla sähköenergia kulkee suoraan mittarin läpi. Epäsuorissa pienjännitemittauksissa (0,4 kV) virta sekä keskijännitemittauksissa (20 kV) virta ja jännite muunnetaan helpommin mitattavaan muotoon käyttämällä mittamuuntajia.

Pienkohteissa mitataan pätötehoa ja suurkohteissa tämän lisäksi loistehoa. Pienkohteella tarkoitetaan esimerkiksi suoralla mittauksella varustettua kotitaloutta ja suurkohteella esimerkiksi epäsuoralla mittauksella varustettua teollisuusrakennusta.

5.1 Suora sähköenergian mittaustapa

Suoraa mittaustapaa käytetään pääasiassa kohteissa, joissa pääsulakekoko on 3 x 63 A tai pienempi. Suoran sähkömittarin kytkentä toteutetaan virtapiiriin kuvan 4 mukaisesti. Kuten kuvasta voidaan havaita, uusissa sähkökeskuksissa pääkytkin on asennettu virtapiiriin mittarin jälkeen. Tämä liittyy Energiateollisuus ry:n tuntimittausuositukseen. Kun pääkytkin on virtapiirissä mittarin jälkeen, pääkytkimen käyttö ei tee mittaria jännitteettömäksi eikä aiheuta yhteysvikaa etäluettavan mittarin ja luentajärjestelmän välille. Vanhoissa keskuksissa pääkytkin on virtapiirissä ennen mittaria.



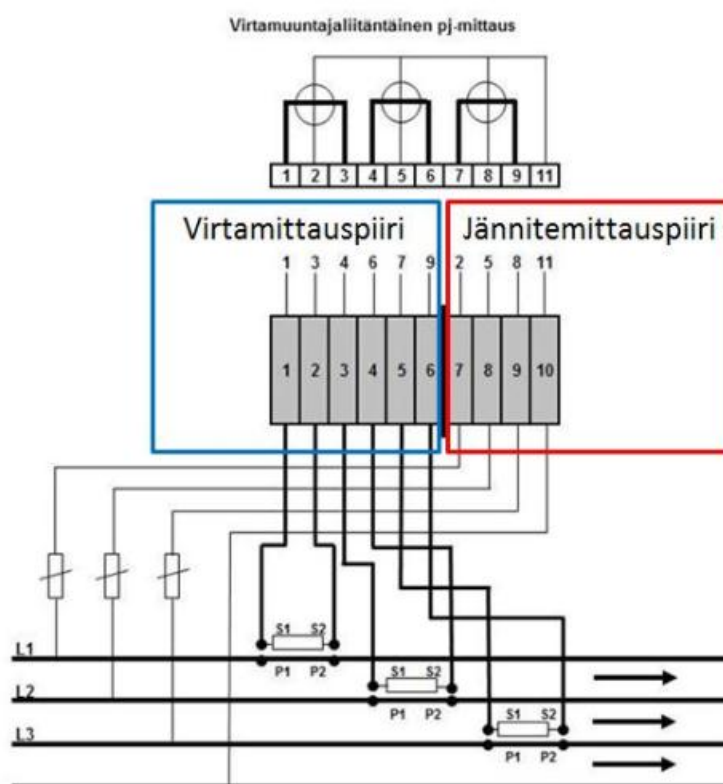
Kuva 4. Suoran mittauksen kytkentäkaavio [12].

5.2 Epäsuora sähköenergian mittaustapa

Epäsuoraa mittaustapaa käytetään pääasiassa kohteissa, joissa pääsulakekoko ylittää $3 \times 63 \text{ A}$. Jännitteenmittauspiiri suojataan $3 \times 10 \text{ A}$:n ylivirtasuojilla. Virta- ja jännitteenmittauspiiriin johdot kytketään riviliitinpakkaan, josta johdotus mittarille tapahtuu. Riviliitinpakassa on mahdollisuus oikosulkea virtamuuntajien toisiojohdotus 4mm:n banaani liittimiä hyväksi käyttäen. Virtamuuntajien oikosulkeminen mittarinvaihdon ajaksi on tarpeellista.

5.2.1 Epäsuora pienjännitemittaus

Epäsuorissa pienjännitemittauksissa (0,4 kV) virta muunnetaan helpommin mitattavaan muotoon käyttämällä kolmea virtamuuntajaa. Mitattavat johtimet tuodaan virtamuuntajien läpi siten, että teho kulkee virtamuuntajien merkintöjen $P1 \rightarrow P2$ suuntaisesti. Toisiojohdossa vastaava tehonsuunta on $S1 \rightarrow S2$. Mittari kytketään virtapiiriin kuvan 5 mukaisesti:



Kuva 5. Epäsuoran 0,4 kV:n mittauksen kytkentäkaavio [12].

Kuvasta 6 voidaan havaita epäsuoran (0,4 kV) mittauksen rakenne keskuksen läpinäkyvien kansiensa ansiosta.

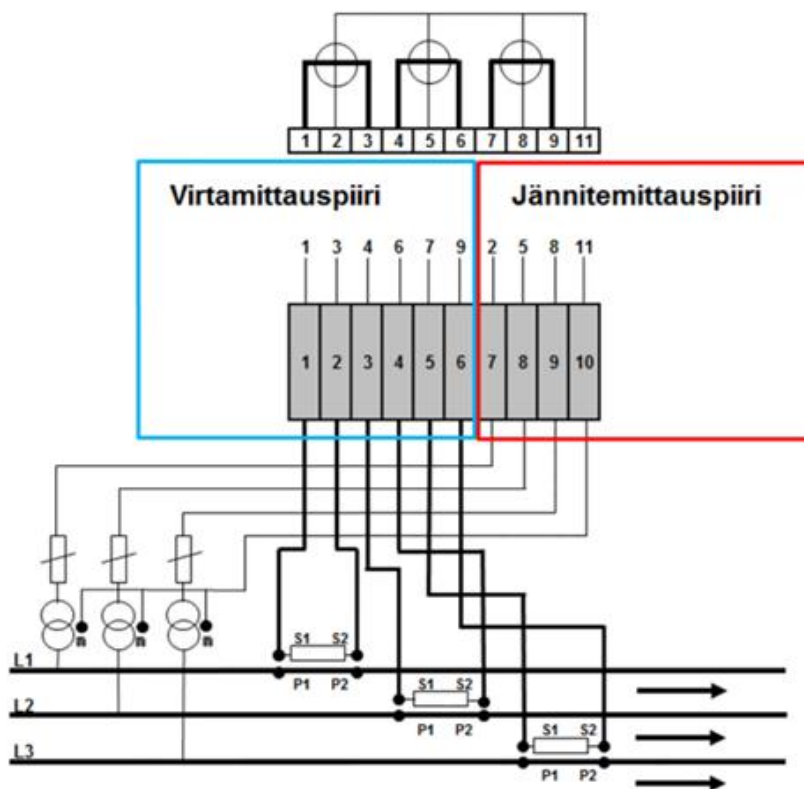


Kuva 6. Epäsuoran mittauksen rakenne (0,4 kV).

Pääkytkinkennossa on mittauksen virtamuuntajat. Pääkytkinkennon vasemmalla puolella on sähkömittari. Pääkytkinkennon alla olevassa kennossa on tehty liittymisjohdon kytkentä. Samassa kennossa on myös liittymän pääsulakkeet. Pääkytkinkennon oikealta puolelta voidaan havaita jännitteenmittauspiirin sulakkeet ja mittauspiirien riviliittimet.

5.2.2 Epäsuora keskijännitemittaus

Epäsuorissa keskijännitemittauksissa (20 kV) jännite sekä virta muunnetaan helpommin mitattavaan muotoon käyttämällä kolmea jännite- ja virtamuuntajaa. Vanhoissa keskijännitemittauksissa on käytetty myös niin sanottua Aaron-kytkentää, jolloin käytössä on ollut kolme jännitemuuntajaa ja kaksi virtamuuntajaa. Tätä tapaa ei kuitenkaan käytetä enää uusissa mittauksissa. Mittari kytketään virtapiiriin kuvan 7 (ks. seur. s.) mukaisesti.



Kuva 7. Epäsuoran 20 kV:n mittauksen kytkentäkaavio [13].

Mittamuuntajat sijaitsevat mittauskenossa. Kuvassa 8 esitetään 20 kV:n mittauksen mittauskenno. Kuvassa alempana ovat jännitemuuntajat ja ylempänä virtamuuntajat.



Kuva 8. 20 kV:n mittauksen mittamuuntajat.

6 Mittamuuntajat

Mittamuuntajilla tarkoitetaan muuntajia, jotka muuntavat virran tai jännitteen releille tai kojeille sopiviksi. Mittamuuntajilla laajennetaan virran ja jännitteen mittausaluetta. Ilman mittamuuntajia suurien virtojen ja jännitteiden mittaaminen olisi teknisesti haastavaa. Mittamuuntajia käytetään sähköenergiamittauksien ohella sähköverkon suojaamisessa sekä loistehon kompensointilaitteistoissa. [14.]

6.1 Virtamuuntajat

Virtamuuntajan tehtävänä on muuntaa ensiöpuolen virta pienemmäksi toisiovirraksi. Virtamuuntaja koostuu ensiö- ja toisiokäämeistä sekä sydäimestä. Pienjännitevirtamuuntajassa ensiökäämi muodostuu mitattavasta johdosta tai kiskosta, joka viedään virtamuuntajan läpi. Toisiokäämi on käämitty virtamuuntajan sydämen ympärille. Sähköenergian laskutusmittauksissa jokainen vaihe on varustettu omalla virtamuuntajallaan, pois lukien vanhat 20 kV:n mittaukset, jotka on toteutettu Aaron-kytkennällä. Kuvassa 9 esitetään yhdessä epäsuorassa mittauksessa (0,4 kV) käytetyt virtamuuntajat:



Kuva 9. Virtamuuntajat epäsuorassa 0,4 kV:n mittauksessa.

Virtamuuntajan muuntosuhteella tarkoitetaan virtamuuntajan ensiö- ja toisiovirtojen suhdetta. Virtamuuntajan muuntosuhde noudattaa seuraavaa kaavaa:

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

μ on muuntosuhde

I_1 on ensiövirta

I_2 on toisiovirta

N_1 on ensiökäämin kierrosluku

N_2 on toisiokäämin kierrosluku. [15, s. 84.]

Virtamuuntajan muuntosuhde toimii epäsuorassa 0,4 kV:n mittauksessa mittauksen kertoimena. Mittarin keräämät kulutuslukemat kerrotaan mittaustiedonhallintajärjestelmässä mittauksen kertoimella, jolloin saadaan todelliset kulutuslukemat. Epäsuorassa 20 kV:n mittauksissa mittauksen kerroin muodostuu virtamuuntajien ja jännitemuuntajien muuntosuhteista.

Virtamuuntajan toisiosion tulee olla suljettu aina, kun ensiöpiirissä kulkee virtaa. Muuten virtamuuntajan toisiokäämiin voi indusoitua jopa hengenvaarallinen jännite, joka voi aiheuttaa läpilyönnin sekä virtamuuntajan kuumenemisen ja tuhoutumisen. Virtamuuntajat oikosuljetaan aina mittarinvaihdon ajaksi. [15, s. 83–86.]

Taulukossa 1 (ks. seur. s.) esitetään virtamuuntajien tarkkuusluokat. Tarkkuusluokka tarkoittaa virtavirhettä prosentteina nimellisvirralla. Sähköenergian laskutusmittauksissa käytetään tarkkuusluokkaa 0,2S, joka on pienemmällä kuormilla tarkempi kuin tarkkuusluokka 0,2. Vanhoissa mittauksissa tarkkuusluokka voi poiketa nykyisestä, jolloin mitaus on kuitenkin rakennettu sen ajan vaatimuksien mukaisesti.

Taulukko 1. Virtamuuntajien tarkkuusluokat ja virheprosentit [16].

Accuracy class	% Current error @ % of In						% Angle error @ % of In									
							Minutes					Centiradians				
	1	5	20	50	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,1		0,4	0,2		0,1	0,1		15	8	5	5		0,45	0,24	0,15	0,15
0,2		0,75	0,35		0,2	0,2		30	15	10	10		0,9	0,45	0,3	0,3
0,2S	0,75	0,35	0,2		0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5		1,5	0,75		0,5	0,5		90	45	30	30		2,7	1,35	0,9	0,9
0,5S	1,5	0,75	0,5		0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9
1		3	1,5		1	1		180	90	60	60		5,4	2,7	1,8	1,8
3				3		3										
5				5		5										

Virtamuuntajan nimellistaakka ilmoitetaan voltiampeereina (VA). Erilaisiin kohteisiin valitaan nimellistaakaltaan erilaiset virtamuuntajat. Virtamuuntajan valinta riippuu nimellistaakan osalta toisioon kytketystä kuormasta, josta käytetään nimitystä taakka. Toisioon taakan muodostavat johdotukset, riviliittimet sekä mittari. Toisioon kytketyn taakan tulee olla 25–100 % virtamuuntajan nimellistaakasta, jotta virtamuuntaja pysyy tarkkuusluokassaan. [15, s. 86.]

6.2 Jännitemuuntajat

Jännitemuuntajia käytetään keski- ja suurjännitemittauksissa (VES:llä 20 kV ja 110 kV) muuntamaan ensiön jännite mittarille sopivaksi pienemmäksi jännitteeksi. Jännitemuuntajan muuntosuhteella tarkoitetaan jännitemuuntajan ensiö- ja toisiojännitteiden suhdetta. Jännitemuuntajan muuntosuhde noudattaa seuraavaa kaavaa:

$$\mu = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

μ on muuntosuhde

U_1 on ensiöjännite

U_2 on toisiojännite

N_1 on ensiökäämin kierrosluku

N_2 on toisiokäämin kierrosluku. [15, s. 82.]

Jännitemuuntajien tarkkuusluokat ovat 0,1; 0,2; 0,5; 1 ja 3. Tarkkuusluokat tarkoittavat jännitevirhettä prosentteina. Sähköenergian laskutusmittauksissa käytetään tarkkuusluokkaa 0,2. [15, s. 82–83.]

7 Sähkömittareiden etäluenta

Etäluennalla tarkoitetaan mittaustietojen lukemista mittarista etänä luentajärjestelmästä käsin. Ennen etäluentaan siirtymistä sähkömittarit luki vuosittain mittarinlukija tai asiakas. Tällaista käyttöpaikalla luettavaa mittaria kutsutaan manuaalimittariksi. Etäluentaan siirtymisen myötä manuaalimittari on vaihdettu etäluettavaan malliin. Etäluettavien mittareiden mittaustiedot siirtyvät automaattisesti VES:n luentajärjestelmiin öisin. Etäluennassa laskutus perustuu kulutuksen mukaiseen laskutukseen, jolloin käyttöpaikan kulutusta ei tarvitse enää arvioida. Tämä poistaa kerran vuodessa lähetettävät tasauslaskut.

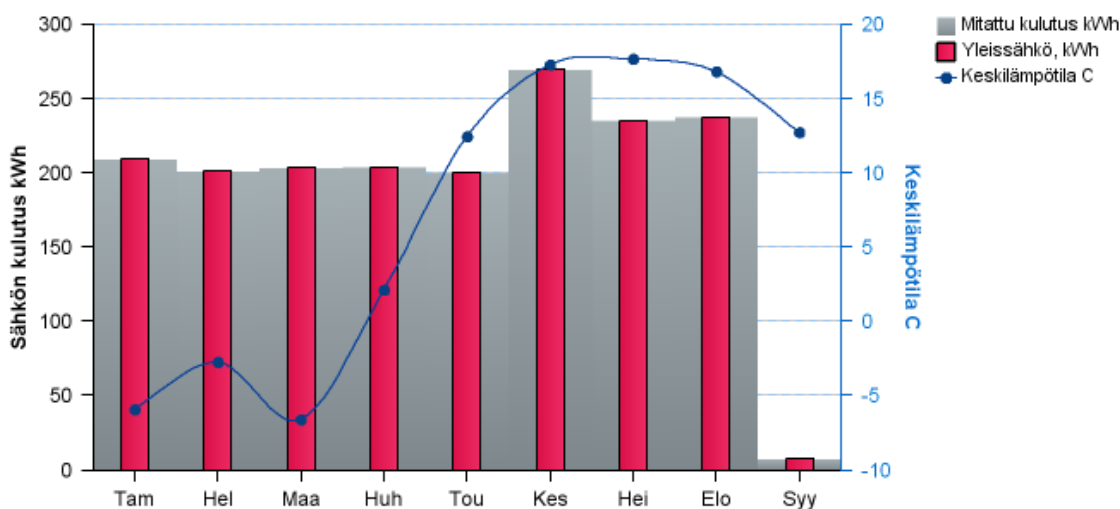
Etäluennan lisäksi mittareita voidaan etähallita. Etähallinnan kautta mittareita voidaan ohjelmoida, ja mittareiden ohjausreleiden ja etäkytkentälaitteiden kytkentätiloja voidaan muuttaa etänä. Sopimustapahtumissa käyttöpaikalle, joka on varustettu etäkytkentälaitteellisella mittarilla, ei tarvitse lähettää asentajaa sähkön kytkentä- ja katkaisutehtäviin, vaan ne voidaan tehdä etänä luentajärjestelmästä käsin. Etäkytkentä ja katkaisutehtävät on automatisoitu, joten ne tapahtuvat automaattisesti käyttöpaikan sähkösovimuksen alkaessa tai päättyessä.

Etäkytkentälaitteella varustetuissa käyttöpaikoissa asiakas voi myös itse katkaista sähköt käyttämällä pääkytkimen sijasta mittarilta löytyvää painonappia, joka ohjaa etäkytkentälaitetta. Tämä on myös suositeltavaa niissä kohteissa, joissa pääkytkin sijaitsee virtapiirissä ennen mittaria. Jos asiakas katkaisee tällaisessa kohteessa sähköt käyttämällä pääkytkintä, mittarilta katoaa jännite, jolloin mittariin ei saada muodostettua yhteyttä. Tällöin käyttöpaikalle joudutaan lähettämään asentaja tutkimaan mittarin yhteysongelmaa. Sähkötoissa työkohteen erottamiseen tulee kuitenkin käyttää aina pääkytkintä etäkytkentälaitteen sijasta.

Etäluennan myötä asiakkaat voivat tarkastella kulutustaan Vantaan Energian Energiapeili-palvelussa. Asiakkaat näkevät Energiapeilin kautta omat kulutuksensa sekä

asiakas- ja sopimustietonsa. Energiapeilin avulla asiakkaat voivat muuttaa omia kulutustottumuksiaan ja säästää näin pienemmän sähkölaskun muodossa. Sähkön kulutusta voi tarkastella palvelussa niin vuosi-, kuukausi-, päivä- kuin tuntitasollakin. Palvelussa voi myös vertailla omaa sähkönkulutustaan muiden samantyyppisten käyttöpaikkojen kulutukseen. Kuvassa 10 esitetään Energiapeilin kuukausittaisen kulutuksen raportti. [17.]

Sähkön kulutus



Kuva 10. Energiapeilin kuukausittaisen kulutuksen raportti (tekijän oma raportti).

7.1 Etäluentaan siirtyminen

Etäluentaan siirtyminen perustui valtioneuvoston mittausasetukseen (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 66/2009). Mittausasetus velvoitti kaikkia verkkoyhtiöitä järjestämään tuntimittauksen 80 %:iin käyttöpaikoista vuoden 2013 loppuun mennessä. Tuntimittauksen ulkopuolelle sai jäädä ainoastaan suuruudeltaan enintään 3 x 25 A:n kohteita. Suurempia kohteita sai jättää tuntimittauksen ulkopuolelle ainoastaan, jos vuosittainen sähkönkulutus oli enintään 5 000 kWh ja jos käyttöpaikka ei ollut kilpaillussa myynnissä. Suurille, yli 3 x 63 A:n mittauksille tuntimittaukseen saattamisen vaatimus oli vuoden 2010 loppuun mennessä. [18, s. 9–10.]

Tuntimittauksella tarkoitetaan mittausasetuksessa laitteistoa tai laitteistojen yhdistelmää, joka rekisteröi kulutetun sekä verkkoon syötetyn sähkön määrän tunneittain. Rekistereihin tallennettujen lukemien tulee olla luettavissa tuntimittauslaitteistosta viestintäverkkojen välityksellä.

Mittausasetuksen mukaan tuntimittauslaitteiston ja verkonhaltijan tietojärjestelmien tulee täyttää vähintään edellä mainitut vaatimukset. Vaatimukset ovat voimassa mittausasetuksen voimaantulon jälkeen tilatuille tuntimittauslaitteistoille.

- Mittauslaitteiston rekisteröimä tieto tulee voida lukea laitteiston muistista tiedon siirtoverkon kautta (etäluentaominaisuus).
- Mittauslaitteiston tulee rekisteröidä yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohdat.
- Mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan tietoverkon välityksellä lähetettäviä kuormanohjaukskomentoja, ja siinä tulee olla vähintään yksi kuormanohjaukseen käytettävissä oleva ohjauslaite, jota ei saa varata muuhun käyttöön.
- Mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta.
- Mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tietosuojan tulee olla asianmukaisesti varmistettu.
- Lisäksi verkonhaltijan tulee asiakkaansa erillisestä tilauksesta tarjota tämän käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on standardoitu liitäntä reaaliaikaista sähkökulutuksen seuranta varten.

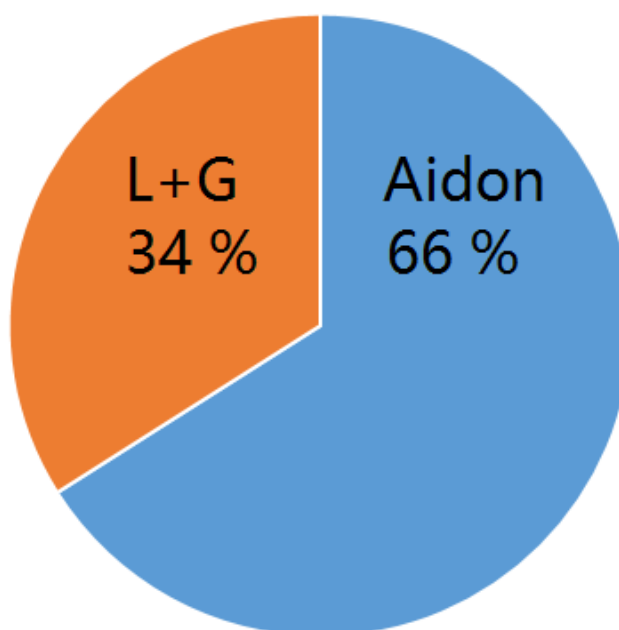
Mittausasetuksessa määritetään myös, että tuntimittauksen ulkopuolelle jätetyt kohteet on luettava kolme kertaa vuodessa. Kolmesta mittarinluennasta verkonhaltijan vastuulla on yksi luenta, ja asiakas on velvollinen toimittamaan kaksi muuta luentaa verkonhaltijan niitä pyytäessä. Mikäli asiakas ei lue mittaria pyydettyäessä, ei verkonhaltija ole velvollinen hankkimaan puuttuvia lukemia. [18, s. 9–10, 13.]

7.2 Etäluenta VES:ssä

Kaikki VES:n sähkömittarit on vaihdettu etäluettaviksi muutamia erikoiskohteita lukuun ottamatta. Erikoiskohteella tarkoitetaan kohdetta, johon mittarinvaihtoa ei ole päästy suorittamaan esimerkiksi sisäänpääsyn takia. Tällaisia erikoiskohteita ovat mm. autotalot. Erikoiskohteet odottavat asiakkaan toimenpiteitä.

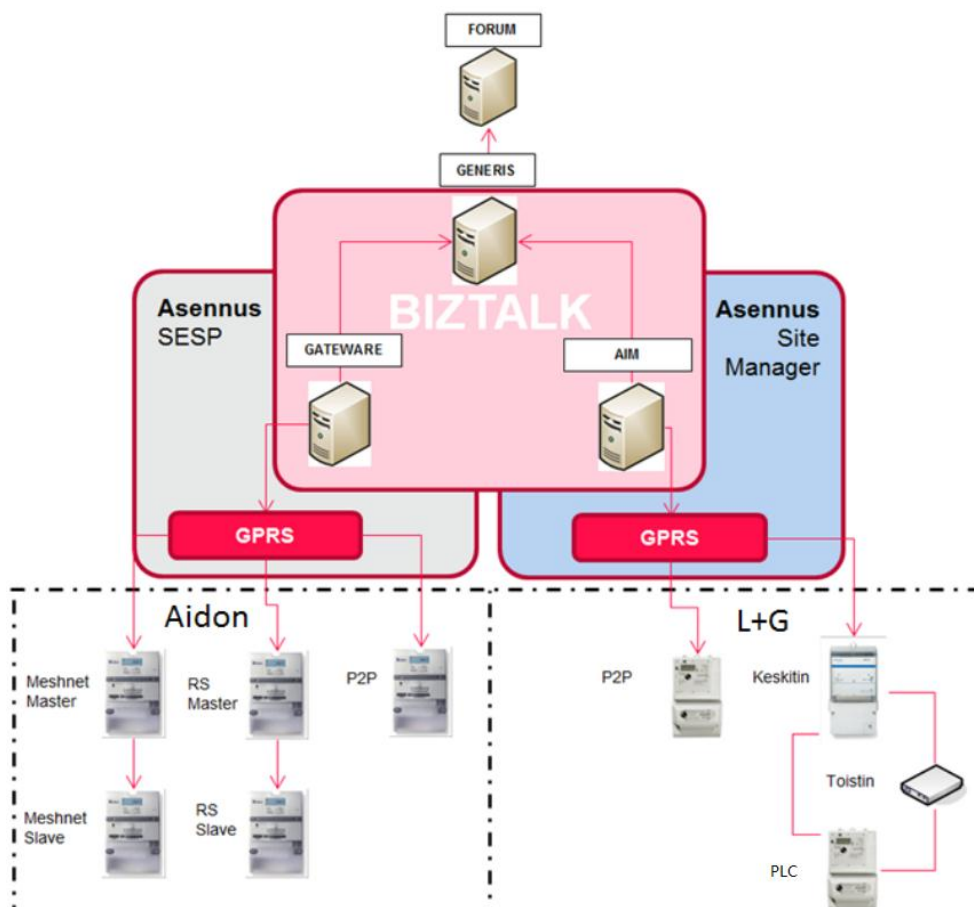
VES alkoi vaihtamaan yli 3 x 63 A:n kohteiden mittareita etäluennan piiriin hyvissä ajoin, jolloin mittarit saatiin vaihdettua etäluettaviksi ennen määräaika. $\leq 3 \times 63 \text{ A}$:n kohteiden osalta 80 %:n rajapyykki saavutettiin huomattavasti ennen määräajan umpeutumista syksyllä 2012. Viimeiset manuaalimittarit vaihdettiin etäluettaviksi erikoiskohteita lukuun ottamatta vuoden 2012 lopussa. Massavaihdot suoritettiin $\leq 3 \times 63 \text{ A}$:n kohteiden osalta kahdessa eri massavaihtoprojektissa, jossa jakoperusteena oli Vantaan kahteen osaan halkaiseva junarata. Ensimmäisessä massavaihtoprojektissa vaihdettiin junaradan itäpuoli Landis+Gyrin (L+G) etäluettaviin mittareihin. Toisessa massavaihtoprojektissa vaihdettiin junaradan länsipuoli Aidonin etäluettaviin mittareihin.

VES:llä on asennettuna yhteensä noin 113 000 etäluettavaa sähkömittaria. Epäsuoria mittareita on noin 3 500 kappaletta ja loput on suoria mittareita. Kuvassa 11 esitetään eri laitevalmistajien mittareiden osuudet mittarikannasta prosentteina:



Kuva 11. Asennettujen mittareiden määrät prosentteina laitevalmistajittain.

Aidonin mittareiden luentajärjestelmänä toimii Aidon Gateway (GW) ja L+G:n mittareiden puolestaan Gridstream AIM (AIM). Luentajärjestelmät lukevat mittarit automaattisesti öisin ajastetuilla luennoilla. Luentajärjestelmistä tiedot siirtyvät mittaustiedonhallintajärjestelmä Generikseen, joka toimii mittaustietojen varastointi- ja käsittelypaikkana. Kuvassa 12 (ks. seur. s.) esitetään VES:llä käytössä olevia järjestelmiä ja etäluentatapoja.



Kuva 12. VES:llä käytössä olevia järjestelmiä ja etäluentatapoja [19].

Forum on asiakastieto- ja laskutusjärjestelmä. Biztalk on integraatiojärjestelmä, jota pitkin tiedot siirtyvät eri järjestelmien välillä. SESP- ja Site Manager -järjestelmissä tehdään PDA-laitteiden työmääräimien hallinta. PDA-laite on kämmentietokone, jolla mittari linkitetään oikeaan käyttöpaikkaan asennuksen yhteydessä. Aidonin mittareiden ja L+G:n mittareiden asennuksissa käytetään eri PDA-laitteita joissa on eri ohjelmistot. Tämän takia myös työmääräimiä hallitaan eri järjestelmissä. Mittareiden etäluentatapoja käsitellään jäljempänä luvussa 8.

Etäluennan toteuttaminen perustui varhaisimmissa kohteissa pulssien keräämiseen manuaalimittareista erillisellä päätteellä, jota kutsutaan pulssinkeruulaitteeksi. Ensimmäiset etäluettavat päätteet asennettiin VES:n sähköverkkoon 1990-luvun puolivälin jälkeen. Päätteet asennettiin suurkohteisiin.

Pulssinkeruulaite kytkettiin manuaalimittarin pulssiulostuloon, ja mittarin tyyppikilvessä ilmoitettu pulssisuhde (x pulssia/kWh/kvar) ohjelmoitiin pulssinkeruulaitteeseen.

Pulssinkeruulaite laski pulssien perusteella tuntikohtaisen energiankulutuksen. Pulssinkeruulaitteita voitiin lukea etänä yhteystavasta riippuen GSM:n tai puhelinlinjan kautta. Kohteista saatiin luettua ainoastaan pulssinkeruulaitteen tuntisarjat, jolloin itse mittariin ei ollut etäyhteyttä. VES on vaihtanut kaikki pulssinkerääjillä toteutetut etäluennat älykkäisiin etäluettaviin sähkömittareihin.

Etäluentaan siirtymisen myötä VES luopui verkkokäskyohjauksista (VKO) 1.3.2013. Verkkokäskyillä ohjattiin manuaalimittareiden tariffeja, asiakkaiden lämmityskuormia sekä katuvaloja. Ohjaukset tapahtuivat verkkokäskylähettimellä, joka oli asennettu sähköasemalle. Verkkokäskylähetin lähetti sähköverkon kautta ohjausviestejä käyttöpaikalle asennetulle verkkokäskyvastaanottimelle (VKV).

Kuvasta 13 voidaan havaita Enermet MT40 pulssinkeräimellä toteutettu mittarin etäluenta ennen mittarinvaihtoa:



Kuva 13. Epäsuora 20 kV:n mittaus ennen mittarinvaihtoa.

Kyseessä on 20 kV:n mittaus, joka on toteutettu Aaron-kytkennällä, eli käyttämällä kah- ta virtamuuntajaa ja kolmea jännitemuuntajaa. Etäluenta on tapahtunut puhelinlinjaa pitkin. Enermet MT40 on kuvassa riviliittimien yläpuolella oleva laite. Keskellä on erilli- set pätö- ja loisenergiamittarit. Vasemmalla puolella on pätöenergiamittari ja oikealla puolella loisenergiamittari. Oikeassa laidassa on VKV, jolla on tapahtunut pätöener- giamittarin tariffin vaihtaminen sähköverkon kautta tapahtuvalla ohjauksella. Pätöener- giamittarille on kytketty myös erillinen tähtipisteen vahvistuspiiri, joka havaitaan

pätöenergiamittarin kytkentärیمان alapuolella olevana piirilevynä. Kuvassa 14 esitetään mittaus mittarinvaihdon jälkeen:



Kuva 14. Epäsuora 20 kV:n mittaus mittarinvaihdon jälkeen.

Kuten kuvasta voitiin havaita, kehitys menee eteenpäin, ja nykyään samat asiat saadaan toteutettua yhdellä, älykkäällä mittarilla. Vanhojen laitteiden tilalle on vaihdettu L+G:n E650-mittari. Mittari käyttää yhteystapana P2P (Point-to-Point) -tekniikkaa, eli se on suoraan yhteydessä luentajärjestelmään GPRS-yhteyden välityksellä. Mittarin antenni voidaan havaita 2ek-kotelon päältä.

8 VES:n käyttämät etäluentalaitteet

VES:n sähköverkkoon asennetut etäluettavat sähkömittarit koostuvat pääosin L+G:n ja Aidonin mittareista. Myös muutamia MX-Electrixin mittareita on käytössä 110 kV:n mittauksissa Martinlaakson voimalaitoksella. L+G:n mittarit on suurimmaksi osaksi asennettu ensimmäisessä $\leq 3 \times 63$ A -kohteiden massavaihtoprojektissa, minkä takia ne ovat suurimmaksi osaksi vanhempaa tekniikkaa kuin mitä L+G:llä on nykyään tarjota.

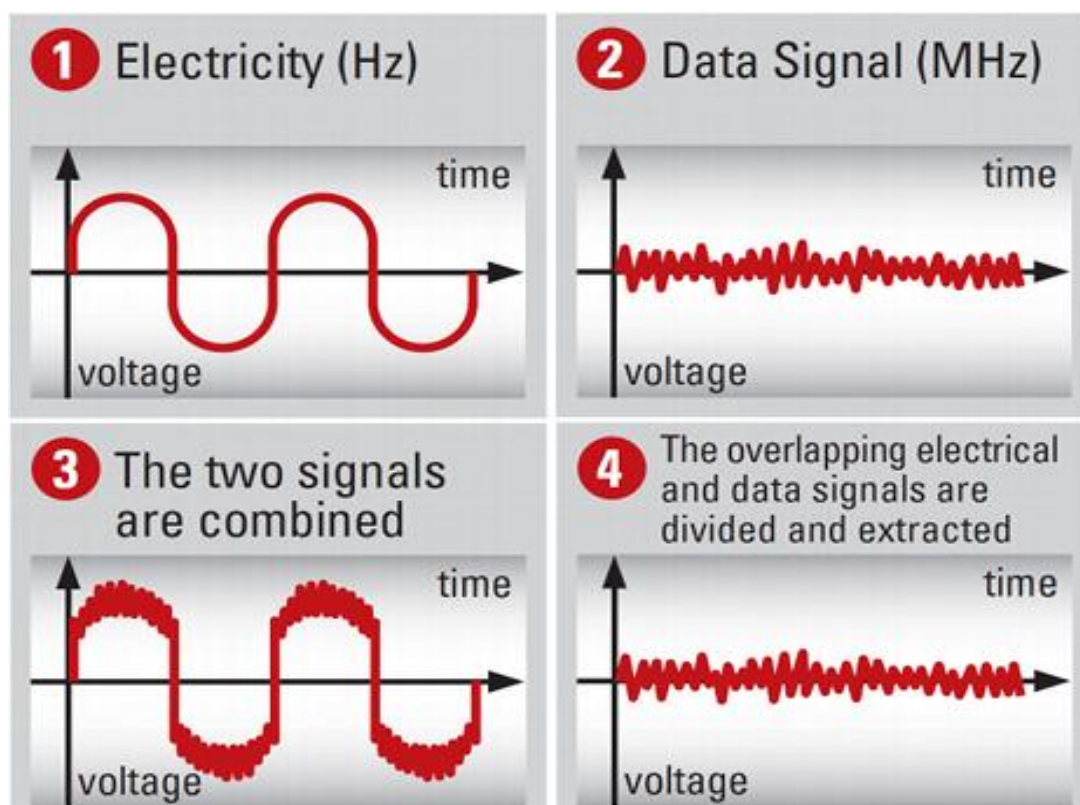
Aidonin mittarit asennettiin toisessa ja viimeisessä $\leq 3 \times 63$ A -kohteiden massavaihtoprojektissa, joten mittarit perustuvat suurimmaksi osaksi uusimpaan tekniikkaan, mitä Aidonilla on. Ainoastaan yksivaihemittaukset sekä osa epäsuorista mittauksista on Aidonin vanhempaa 5000-sarjaa.

8.1 L+G:n etäluentalaitteet

L+G:n mittareiden etäluenta on toteutettu suurimmaksi osaksi PLC-tekniikalla. PLC tulee sanoista Power Line Communication (sähköverkkotiedonsiirto). Mittarit käyttävät sähköverkkotiedonsiirrossa Echelonin LonTalk-protokollaa.

PLC-verkko koostuu keskittimestä, etäluettavista mittareista sekä mahdollisista toistimista. Keskitin kerää mittareilta mittaustietoja sähköverkon kautta sekä välittää kerätyt tiedot luentajärjestelmään. PLC-tiedonsiirrossa käytetään standardin SFS-EN 50065-1 määrittämää taajuusaluetta 3–95 kHz, joka on varattu sähköyhtiöiden käyttöön.

Etäluentasignaali generoidaan etäluentalaitteissa verkon 50 Hz:n perusaallon päälle. Vastaanottavassa päässä etäluentasignaali erotellaan 50 Hz:n perusaallosta, jolloin jäljelle jää etäluentasignaali. PLC-tiedonsiirtoa havainnollistetaan kuvassa 15. [20; 21.]



Kuva 15. PLC-tiedonsiirron periaate [20].

PLC-signaali kulkee verkossa olosuhteista riippuen 300–500 metriä. Signaalin kulkemiseen vaikuttavat mm. kaapeleissa olevat jatkokset, kaapeleiden poikkipintojen muutokset sekä sähköverkon topologia. Maakaapeloidussa verkossa signaali kulkee pidemmän matkan vaimentumatta kuin ilmajohtoverkolla, jossa signaali säteilee enemmän ympäristöön. Signaalia saadaan tarvittaessa vahvistettua toistimella. [21.]

PLC-tekniikan vahvuutena ovat valmiiksi rakennetut tiedonsiirtoreitit ja alhaiset tiedonsiirtokulut. Yhdellä keskittimellä ja sen dataliittymällä voidaan lukea jopa 250 mittaria. Mittarit eivät myöskään ole riippuvaisia asennuspaikan 2G/3G-verkon kuuluvuudesta. Usein kerrostalojen sähköpääkeskukset sijaitsevat kellarikerroksessa, jolloin kohteissa on huono 2G/3G-verkon kuuluvuus. Sähköverkkoa ei kuitenkaan ole optimoitu tiedonsiirtoon. Tämän takia PLC-tekniikalla on myös omat heikkoutensa, kuten alttius sähköverkossa oleville häiriöille.

Haja-asutus- tai teollisuusalueilla PLC-tekniikan käyttö ei ole perusteltua mittareiden alueellisesti pienen määrän takia, jolloin kohteissa käytetään muita paremmin soveltuvia etäluentatapoja.

8.1.1 L+G:n EMPC100-keskitin

Keskittimen tehtävänä on kerätä mittareilta mittaustietoja sekä välittää ne luentajärjestelmään. Lisäksi keskittimen tehtävänä on välittää luentajärjestelmästä annettuja käskyjä mittareille. Tällaisia käskyjä ovat muun muassa mittareiden etäkytkennät ja -katkaisut. Keskittimelle määritetään luentajärjestelmän topologian hallinnassa, mitä mittareita ja mittareiden rekistereitä se lukee. Topologian hallinnassa tehdään myös muuntopiirille asennettujen toistimien lisäämiset topologiaan, jolloin toistimille määritetään mittarit, joiden tiedonsiirtoa ne toistavat.

Keskitin kommunikoi muuntopiirille asennetuille mittareille kolmen vaiheen kautta. Keskitin asennetaan yleensä muuntamolle, jolloin se kytketään muuntamon omakäyttökeskukseen. Puistomuuntamoon asennettaessa keskitin tulee asentaa lämmitysvastuksella ja termostaatilla varustettuun koteloon keskittimen toimintalämpötilan (0–50 °C) takia, joka voi alittua talvella. [21.]

Kuvassa 16 esitetään muuntamolle asennettu EMPC100i-keskitin. Keskitin on asennettu termostaatilla ja lämmitysvastuksella varustettuun Fibox-koteloon.



Kuva 16. Muuntamolle asennettu EMPC100i-keskitin.

Keskitin on yhteydessä luentajärjestelmään GPRS-yhteyden kautta. Yhdelle keskittimelle suositellaan luettavaksi enintään 250 mittaria. Suuremmilla mittarimäärillä luentojen laatu voi laskea. Tarvittaessa muuntopiirille voidaan asentaa useita keskittimiä kuuluvuusongelmien tai suurten mittarimäärien takia.

Keskitintä voidaan hallita etänä muodostamalla yhteys keskittimen Linux-käyttöjärjestelmään. Yhteys muodostetaan käyttämällä Putty-ohjelmistoa. Putty on ohjelma, jolla voidaan muodostaa yhteys muihin internetiin yhteydessä oleviin tietokoneisiin. Etähallinnan avulla keskitintä voidaan konfiguroida ja etälentälaitteiden välistä tiedonsiirtoa testata sähköverkon kautta *pingaamalla*.

8.1.2 L+G:n ERE2-toistin

Etälentasignaalia saadaan vahvistettua toistimella. Toistimen avulla saadaan kasvatettua sähköverkossa tapahtuvaa tiedonsiirtoa 300–500 metrin verran. Toistimen kytkentä tapahtuu kolmivaiheisesti. Toistin toistaa PLC-verkossa tapahtuvaa tiedonsiirtoa sekä jakaa tietoa eri vaiheille. Toistin voidaan asentaa jakokaappiin tai mittariin repuksi,

jolloin se korvaa mittarin kytkentäkotelon kannen. Kumpaankin tarkoitukseen on oman mallisensa toistin. [22.]

Muuntopiirille voidaan asentaa tarvittaessa useita toistimia. Toistimia voidaan myös ketjuttaa, jolloin ne toistavat toistensa lähettämää etäluentasignaalia. Toistimien ketjusta saatetaan tarvita pitkissä jakeluverkon säteissä, joissa signaali vaimenee liikaa. Tällöin toistimet ovat asennettuna esimerkiksi eri jakokaappeihin. Kuvassa 17 esitetään toistimen jakokaappiasennus. Toistin on asennettu jakokaapin oikeassa kyljessä olevaan lisäkaappiin.



Kuva 17. Toistimen jakokaappiasennus.

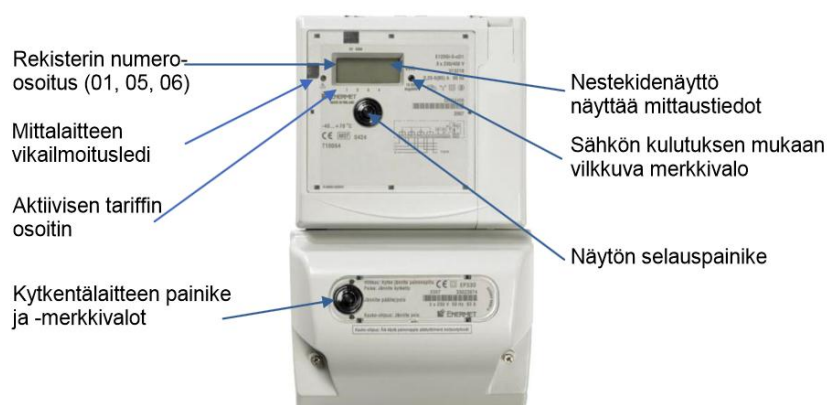
8.1.3 L+G:n etäluettavat sähkömittarit

VES:n käyttämät L+G:n mittarit koostuvat suorista 1- ja 3-vaihemittareista, epäsuorista pienjännitemittareista sekä epäsuorista keskijännitemittareista. Osa suorista mittareista on varustettu etäkytkentälaitteella. Suurin osa mittareista käyttää etäluentatapana PLC-tekniikkaa. Mittarit kommunikoivat PLC-verkossa mittarin L1-vaiheen liittimen kautta. Epäsuorat mittarit ovat pääasiassa varustettu P2P-yhteystavalla.

VES:n käyttämät L+G:n mittarit koostuvat seuraavista malleista ja mallisarjoista:

- E070L/ET10/E350 (suoria 1-vaihemittareita)
- E120-sarja (pääasiassa suoria 3-vaihemittareita)
- E600-sarja (pääasiassa epäsuoria mittareita)
- E650-sarja (pääasiassa epäsuoria mittareita)
- E700-sarja (epäsuoria keskijännitemittareita).

Kuvassa 18 esitetään L+G:n 3-vaiheinen suora E120-sarjan LiMe-mittari, joka on varustettu etäkytkentälaitteella. Mittari käyttää tiedonsiirrossa PLC-tekniikkaa.



Kuva 18. L+G:n 3-vaiheinen suora E120LiMe-mittari [23].

8.2 Aidonin etäluentalaitteet

VES:n käyttämät Aidonin mittarit koostuvat suorista 1- ja 3-vaihemittareista sekä epäsuorista pienjännitemittareista. Mittarit koostuvat kahdesta eri mallisarjasta, 5000-sarjasta sekä 6000-sarjasta. Aidonin mittareiden tiedonsiirto perustuu pitkälti *master* (isäntä) ja *slave* (orja) -periaatteeseen. *Master*-mittarit keräävät tietoa *slave*-mittareilta ja välittävät kerätyt tiedot luentajärjestelmään GPRS-yhteyden (2G/3G) avulla. Vastaavasti luentajärjestelmästä voidaan lähettää käskyjä, jolloin *master*-mittarit välit-

tävät käskyn *slave*-mittareille. Aidonin mittarit ovat modulaarisia, jolloin mittari ja tiedonsiirto-osa ovat erillisiä. Tämä mahdollistaa mittarin yhteystavan vaihtamisen ilman mittarinvaihtoa. Kaikki Aidonin suorat mittarit on varustettu integroidulla etäkytkentälaitteella. Kuvassa 19 esitetään Aidonin 3-vaiheinen suora 6000-sarjan mittari. [24.]



Kuva 19. Aidonin 3-vaiheinen suora 6000-sarjan mittari [25].

Aidonin mittarit käyttävät kolmea eri tiedonsiirtotapaa:

1. RS485
2. P2P
3. Meshnet.

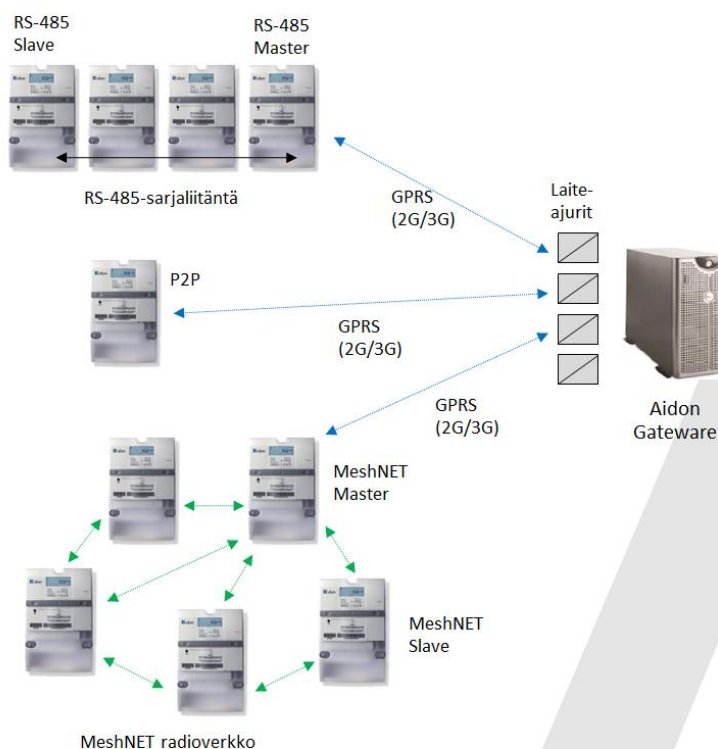
RS485 perustuu *master/slave*-periaatteeseen. Tiedonsiirto *master*- ja *slave*-mittareiden välillä tapahtuu RS485-kaapelin välityksellä. RS485-kaapelin kokonaispituus voi olla enintään 100 metriä, ja yksi *master*-mittari voi lukea enintään 63 *slave*-mittaria. Yhteystapaa käytetään pääasiassa rivitaloissa ja kerrostaloissa, joissa mittarit sijaitsevat samassa tilassa tai monimittarikeskuksessa.

P2P-yhteydellä varustetut mittarit ovat yhteydessä suoraan luentajärjestelmään GPRS-yhteyden (2G/3G) välityksellä. Yhteystapaa käytetään pääasiassa haja-asutusalueilla tai kohteissa, joissa on yksi mittaus eikä ympäröivää Meshnet-verkkoa.

Meshnet on radioverkko, joka perustuu *master/slave*-periaatteeseen. Meshnet-verkkoa käytetään pääasiassa tiheästi asutuilla omakotitaloalueilla sekä kerrostaloissa, joissa mittarit sijaitsevat asiakkaan tiloissa. Meshnet-radioverkko muodostaa mikroverkkoja, joissa *slave*-mittareilla on vaihtoehtoisia reittejä *master*-mittarille. *Slave*-mittarit toimivat tiedonvälittäjänä ja välittävät toisten *slave*-mittareiden tietoja *master*-mittarille. Meshnet-verkon maksimikantama on noin 400 metriä. Tällöin Meshnet-mittareiden antennien välillä ei saa olla näköestettä, ja mittareilla tulee olla myös vaihtoehtoinen reitti *master*-mittarille.

Vakaan ja luotettava tiedonsiirron saavuttamiseksi Meshnet-mittareilla tulisi olla vähintään kaksi muuta Meshnet-mittaria 200 metrin säteellä. Yksi Meshnet-*master*-mittari voi lukea enintään 100 *slave*-mittaria, mutta suositeltu määrä on 20–40 *slave*-mittaria yhtä *master*-mittaria kohden. Meshnet-mittareilla muodostettu tiedonsiirto on edullisempi erillisiin P2P-mittareihin nähden, koska yhdellä GPRS-yhteyden omaavalla Meshnet-*master*-mittarilla voidaan lukea useita mittareita radioverkon kautta ja säästää näin tiedonsiirtokuluissa. [26.]

Mittareiden tiedonsiirtotapoja havainnollistetaan kuvassa 20:



Kuva 20. Aidonin mittareiden tiedonsiirtotavat [27].

9 Etäluennan yhteysongelmat

Etäluennan yhteysongelmien havaitseminen tapahtuu pääasiassa luentajärjestelmien avulla. Aidonin kuulumattomat mittarit ilmestyvät luentajärjestelmässä (GW) oleviin vikaryhmiin. L+G:n kuulumattomat mittarit ilmestyvät pääasiassa luentajärjestelmän (AIM) muodostamiin raportteihin.

Mittareiden etäluentayhteyksille suoritetaan valvontaa päivittäin. Mikäli kuulumattomaksi havaittua mittaria ei saada kuuluviin järjestelmästä tehtävillä toimenpiteillä, tehdään mittarista vikatehtävä tikettijärjestelmään. Tikettijärjestelmä on web-pohjainen järjestelmä, jonka kautta mittareihin liittyvät kunnossapitotyöt kulkevat. Jokainen vikatyö yksilöityy omalla tapausnumerollaan. Uuteen tikettiin on täytettävissä liitteen 1 mukaiset tiedot.

Asentajat valitsevat tikettijärjestelmästä vikatöitä ja merkitsevät ne työn alle. Kun työ on suoritettu, vikatyö merkitään tapauksesta riippuen käsitellyksi tai suljetuksi. Tikettijärjestelmän avulla vikatöiden etenemistä saadaan valvottua ja seurattua helposti. Tikettijärjestelmässä on myös mahdollista asettaa vikatöille erilaisia prioriteetteja.

Etäluennan yhteysongelmia aiheuttavat laiteviat ja muut yhteysongelmat. Laitevioissa kuulumattomien mittareiden määrä riippuu siitä, millaista laitetta vika koskee. Jos vika koskee keskitintä, toistinta tai *master*-mittaria, on kuulumattomia mittareita useampia.

Muita etäluennan yhteysongelmia aiheuttavat

- 2G/3G-tiedonsiirron yhteysvika
- katve Meshnet-verkossa
- irronnut RS485-kaapeli
- sähkötön mittari
- PLC-etäluentatavalla jakorajamuutokset, sähköverkon häiriöt ja signaalin vaihenemat.

9.1 2G/3G-tiedonsiirron yhteysvika

2G/3G-tiedonsiirron yhteysvika johtuu yleensä huonosta 2G/3G-signaalin kuuluvuudesta tai operaattorin tukiasemaviasta. Kun kyseessä on huono signaalitaso, sitä tulee parantaa siirtämällä antenni parempaan paikkaan.

Operaattorin tukiasemavika ilmenee yleensä useana samalla alueella samaan aikaan kuulumattomaksi muuttuneena GPRS-yhteyttä käyttävänä laitteena. Tällöin yhteysvian korjaaminen lähtee liikkeelle operaattorille tehtävästä vikailmoituksesta. Kun yhteysongelma koskee *master*-mittaria tai keskitintä, niiden lukemat mittarit ovat myös kuulumattomia.

9.2 Katve Meshnet-verkossa

Kuulumaton Meshnet-*slave*-mittari johtuu yleensä katveesta Meshnet-verkossa. Tämä havaitaan usein yhtenä kuulumattomana Meshnet-*slave*-mittarina. Yhteysongelma korjataan vaihtamalla mittarin moduuli Meshnet-*masteriksi*. Tällöin myös alueen muille *slave*-mittareille tulee yksi reitti lisää luentajärjestelmään.

9.3 Irronnut RS485-kaapeli

RS485-kaapelin irtoaminen ilmenee yleensä yksittäisenä tai useampana kuulumattomana RS485-*slave*-mittarina. Tämä riippuu siitä, kuinka monelta mittarilta kaapeli on irronnut. Jos RS485-kaapeli irtoaa *master*-mittarilta, ovat kaikki siihen kytketyt *slave*-mittaritkin kuulumattomia. Yhteysongelma korjataan kaapelin uudelleen kiinnittämisellä.

9.4 Sähkötön mittari

Sopimustapahtumissa tai kesäasunnoissa asiakas saattaa katkaista sähköt käyttämällä pääkytkintä, jolloin mittarilta katkeaa jännite. Tällöin mittariin ei saada yhteyttä. Suurimmassa osassa keskuksia pääkytkin on sijoitettu virtapiiriin ennen mittaria. Ainoastaan muutaman vuoden ikäisissä keskuksissa pääkytkin on mittarin jälkeen. Tällaisissa keskuksissa jännite pysyy mittarilla, vaikka sähköt katkaistaan pääkytkintä käyttämällä.

Mittareilta katkaistaan sähköt usein myös kerrostalojen saneerauksien yhteydessä, jolloin mittareihin ei saada yhteyttä.

9.5 PLC-verkon yhteysongelmat

Sähköverkon häiriöt

Sähköverkkoon ilmestynyt voimakas häiriö ilmenee yleensä useana kymmenenä kuulumattomana PLC-etäluentatapaa käyttävänä mittarina muuntopiirillä. Yhteysongelman korjaamiseksi häiriö tulee poistaa sähköverkosta. Tätä varten häiriö paikannetaan, missä käytetään apuna Echelon PLCA-22 -analysointia. Häiriön paikantamisen jälkeen VES vaatii häiriötä aiheuttavan laitteen poistamista sähköverkosta. Tämä tarkoittaa yleensä laitteen korjaamista tai vaihtamista uuteen.

VES:n liittymisehdot velvoittavat, että liittäjän tai sähkönkäyttäjän laitteet eivät saa häiritä verkonhaltijan tiedonsiirtoa sähköverkossa:

Liittyjä sallii jakeluverkon haltijan mittaustietojen siirtämiseksi tai muiden verkko-toimintaan perustuvien tiedonsiirtotarpeiden välittämiseksi tarpeellisen tiedonsiirron omassa sähköverkossaan. Tällainen tiedonsiirto ei saa aiheuttaa tarpeettomia kustannuksia eikä tarpeetonta häiriötä liittyjälle eikä sähkönkäyttäjille. Liittyjä tai sähkönkäyttäjä ei myöskään saa myöhemmillä toimenpiteillään häiritä tai vaarantaa tämän kohdan mukaista aiemmin aloitettua verkonhaltijan tiedonsiirtoa.
[28.]

Hyvin yleisiä sähköverkkoon häiriötä aiheuttavia laitteita ovat hakkuriteholähteet, joita sisältävät nykyään lähes kaikki laitteet. Yleensä laitteet toimivat muuten asianmukaisesti mutta aiheuttavat häiriötä sähköverkkoon. Voimakas häiriö vääristää PLC-signaalia, jolloin muuntopiirin mittareiden etäluenta estyy.

Häiriön vaikutus muuntopiirin yhteyksien toimintaan riippuu siitä, missä kohdin muuntopiiriä häiriölähde sijaitsee. Jos häiriölähde sijaitsee lähellä muuntamoaa, häiriö vaikuttaa suuresti koko muuntopiirin yhteyksien toimintaan, koska häiriötasot keskittimellä nousevat. Kun häiriölähde sijaitsee kauempana muuntamosta, häiriö vaimenee jakeluverkossa ennen muuntamolle saapumista, jolloin vaikutus on pienempi. Yksi vikaantunut

laite, kuten antennivahvistimen hakkuriteholähde, saattaa aiheuttaa sähköverkkoon niin suuren häiriön, että koko muuntopiirin mittareiden etäluenta estyy.

Lähes jokainen laite aiheuttaa jonkin verran häiriötä sähköverkkoon. Tämän takia sähköverkon häiriötasot muuttuvat jatkuvasti sähköverkkoon kytkettyjen laitteiden mukaan. Häiriötasojen muutokset vaikuttavat yhteyksien laatuun, jolloin kuuluvuusongelmia saattaa syntyä, vaikka sähköverkossa ei olisi yhtä varsinaisesti PLC-tiedonsiirtoa häiritsevää laitetta. Tällöin saatetaan tarvita toistimen tai lisäkeskittimen asentamista yhteyksien palauttamiseen. Vikaantuneen laitteen kohdalla häiriö on kuitenkin huomattavan suuri. Kun häiriötasoja mitataan Echelon PLCA-22 -analysointilaitteella häiriölähteen syötöstä, häiriötasot ovat analysointilaitteen mitta-asteikon yläpäässä.

Signaalin vaimenema

Signaalin vaimenema ilmenee yleensä useana kuulumattomana mittarina jakeluverkon säteen päässä. Ongelma korjataan asentamalla toistin esimerkiksi jakeluverkon säteen puolivälissä olevaan jakokaappiin. Ennen asennusta tarkastetaan luentajärjestelmästä, millaiset yhteydenlaatutiedot jakeluverkon säteen mittareilla on.

Yhteydenlaatutiedoilla tarkoitetaan keskittimen ja mittarin välistä yhteydenlaatua sähköverkossa. Mittareiden yhteydenlaadusta on saatavissa tieto luentajärjestelmästä kuvan 21 mukaisesti:

Unit Type ^	Unit Numb...	Status	Installation Date	Metering point	Address	Communication
E120LiME		Active (1,5,PQI)	18.10.2013 7:01:49		Testiosoite(etky) 0 01690 VANTAA	100,0 % (1 days)

Kuva 21. Mittarin yhteydenlaatutieto AIM-luentajärjestelmässä.

Yhteydenlaatu ilmaistaan prosentteina: 0–100 %. Kun mittareiden yhteydenlaatutietoja verrataan verkkokarttaan, nähdään miten PLC-signaali käyttäytyy verkon eri kohdissa sekä se, mihin kohtaan verkkoa toistin on syytä asentaa.

Signaalin liiallista vaimenemaa voi ilmetä myös muuntamosaneerauksien jälkeen, jos esimerkiksi kiinteistömuuntamo korvautuu puistomuuntamolla. Liittymisjohtoja joudutaan tällöin yleensä jatkamaan, jolloin kaapeleiden kasvanut pituus ja kaapeleihin tehty

jatkos vaimentaa PLC-signaalia. Tilanne korjataan asentamalla toistimia tarvittaessa muuntamosaneerauksen valmistuttua.

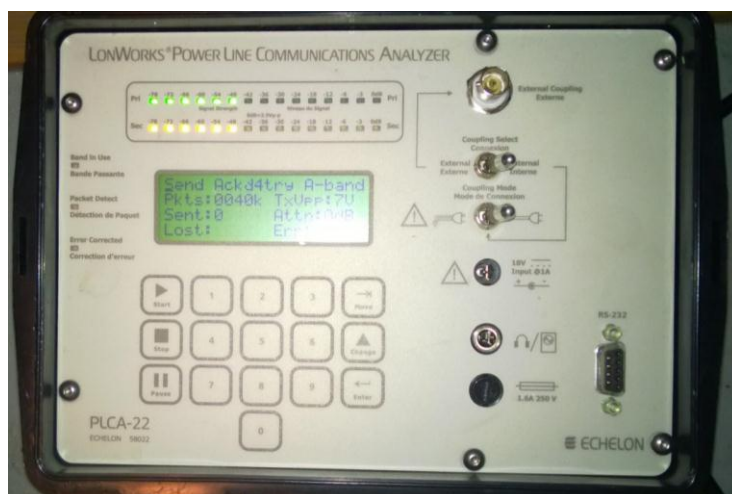
Jakorajamuutokset

Jakorajamuutokset voidaan jakaa ennalta tiedossa oleviin ja ennalta tiedossa olemattomiin jakorajamuutoksiin. Ennalta tiedossa olemattomia jakorajamuutoksia tehdään silloin, kun jakeluverkon osa vioittuu ja sähköä saadaan syötettyä vialliseen verkon osaan esimerkiksi toisen muuntopiirin kautta. Mittareihin ei saada tällöin yhteyttä, ennen kuin mittarit on siirretty oikean muuntopiirin keskittimen alle luontajärjestelmän topologian hallinnassa. Tällaisista jakorajamuutoksista merkitään tieto VES:n sähköverkon käyttöpäiväkirjaan. Sen perusteella mittarit voidaan siirtää oikean keskittimen alle.

Etukäteen tiedossa olevia jakorajamuutoksia tehdään esimerkiksi verkon rakentamisen yhteydessä. Näistä saadaan tieto etukäteen, jolloin tarvittavat topologiamuutokset voidaan tehdä luontajärjestelmään heti jakorajamuutoksen jälkeen.

9.6 PLC-verkon yhteysongelmien selvitys

PLC-verkon yhteysongelmat havaitaan luontajärjestelmän (AIM) muodostamien raporttien avulla. Yhteysongelmia selvitetään Echelon PLCA-22 -analysaattoreiden avulla. Echelon PLCA-22 -analysaattori on kuvan 22 mukainen laite.



Kuva 22. Echelon PLCA-22 -PLC-analysaattori.

Analysaattoreilla voidaan mitata PLC-verkon häiriötasoja sekä testata PLC-verkon tiedonsiirtoa kahden eri pisteen välillä. Häiriötasojen mittauksessa analysaattori kytketään mitattavan vaiheen ja nollan välille. Vaiheen häiriötasot havaitaan laitteen signaalitasomittarista, joka esitetään kuvassa 23.

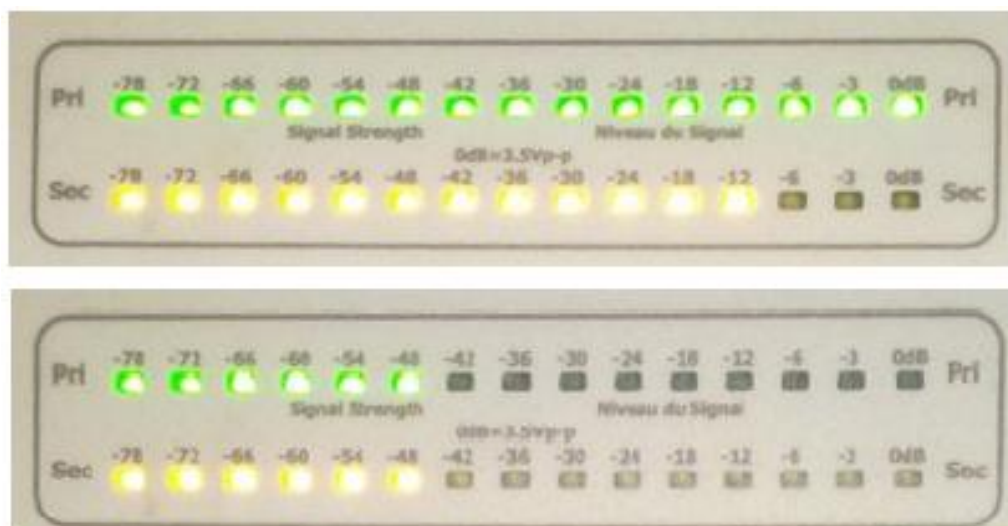


Kuva 23. Echelon PLCA-22 -PLC-analysaattorin signaalitasomittari.

Pri (Primary) -palkki kuvaa 86 kHz:n signaalitason ja Sec (Secondary) -palkki 75 kHz:n signaalitason. 0 dB vastaa 3.5 V huipusta huippuun signaalia. Mitä pienempi desibeli määrä on, sitä pienempi signaalitaso on. Normaali etälentalaitteiden välinen liikenne näkyy mittauksessa tasaisin väliajoin tapahtuvana pulssimaisena signaalitasojen nousuna ja laskuna. Häiriötasot havaitaan väliaikoina, kun etälentalaitteiden välillä ei ole liikennettä. Kun häiriö on voimakas, peittyy etälentalaitteiden kommunikaatio kokonaan häiriön alle. Normaali häiriötaso on alle -42 dB. [29.]

Häiriö paikannetaan mittaamalla häiriötasoja verkon eri kohdista. Mittaukset aloitetaan kohteesta, jossa kuulumattomia mittareita on eniten. Häiriölähde saattaa vaikuttaa kohteeseen epäsuorasti, jolloin häiriötä ei välttämättä tavata ensimmäisestä mittauspisteestä. Häiriömittauksia jatketaan mittaamalla häiriötasot kohteesta, jossa kuulumattomia mittareita on toiseksi eniten. Jos tällaista kohdetta ei selkeästi ole, jatketaan mittauksia muuntopiirin säteiden jakokaapeista. Jos jakokaapista havaitaan korkeat häiriötasot, siirrytään tekemään mittauksia jakokaapin lähtöihin. Jos häiriö paikannetaan tulevaisuuden esimerkiksi kerrostalon sähköpääkeskuksesta, laputetaan kerrostaloon tiedote sähkökatkosta vähintään kolmen päivän päähän.

Lopullinen häiriön paikantaminen tehdään tekemällä kiinteistön osia vuoro kerrallaan jännitteettömäksi, kunnes havaitaan, että häiriö poistuu. Jännitteettömäksi tekeminen aloitetaan kiinteistökeskuksen lähdöistä. Kuvasta 24 (ks. seur. s.) voidaan havaita erään antennivahvistimen aiheuttama häiriö kiinteistökeskuksessa.



Kuva 24. Kiinteistökeskuksesta mitatut häiriötasot.

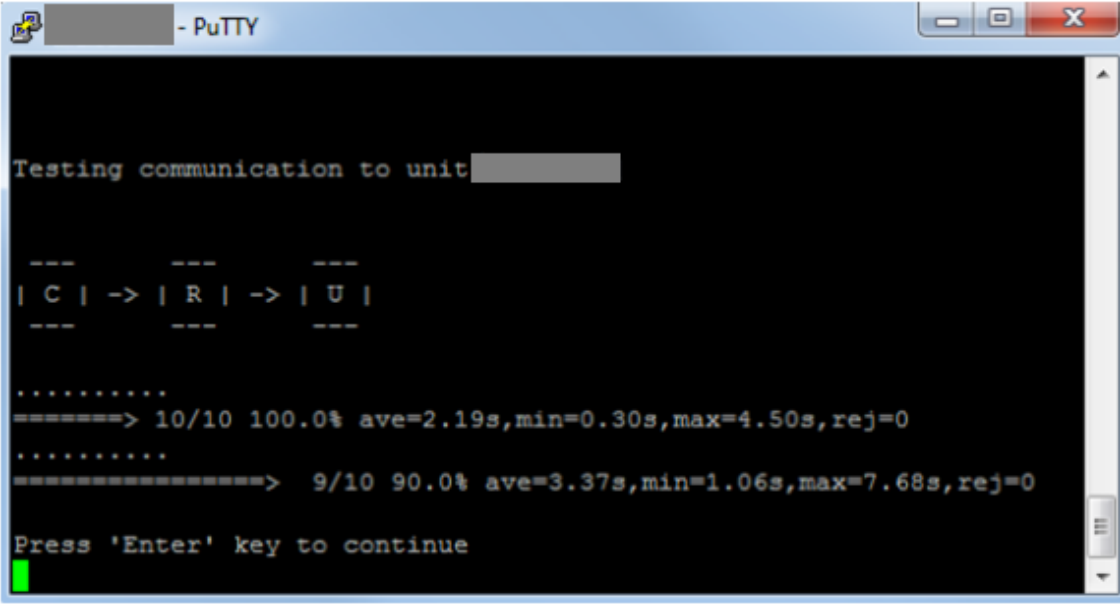
Ylempänä ovat häiriötasot silloin, kun antennivahvistin on kytkettynä verkkoon, ja alempana häiriötasot silloin, kun antennivahvistimen sulake on poistettu kiinteistökeskuksesta. Vaikka antennivahvistin on yksivaiheisesti kytkettävä laite, muidenkin vaiheiden häiriötasot olivat lähes yhtä korkeita. Tämä johtuu vaiheiden välisestä ylikuulumisesta.

Kun halutaan testata tiedonsiirtoa kahden eri pisteen välillä, käytetään kahta analyysointia. Tätä tapaa käytetään toistinten optimaalisten asennuspaikkojen hakemiseen. Tällöin toinen analyysointilaite kytketään esimerkiksi muuntamolle ja toinen jakokaappiin. Vuorollaan toinen analyysointilaite valitaan paketteja lähettäväksi osapuoleksi ja toinen vastaanottavaksi. Analyysointilaitteet keskustelevat toistensa kanssa sähköverkossa, joten lähettäjän/vastaanottajan valinta voidaan tehdä kummassakin mittauspisteessä. Analyysointilaitteesta käynnistetään pakettien lähettäminen, ja kun tarpeellinen määrä paketteja on lähetetty, lähettäminen keskeytetään. Mittauksen lopuksi näytetään analyysointilaitteiden välinen yhteydenlaatu.

Optimaalinen paikka toistimelle on verkon kohta, jossa analyysointilaitteiden välillä ei huku paketteja kumpaankaan suuntaan lähetettäessä. Käytännössä toistimien paikan määrittäminen tehdään kuitenkin luontajärjestelmästä saatavien mittareiden yhteydenlaatu-tietojen ja verkkokartan perusteella. Kun yhteydenlaatu-tietoja verrataan verkkokarttaan, nähdään kuinka PLC-signaali käyttäytyy verkon eri kohdissa.

PLC-tiedonsiirtoa voidaan testata kahden eri pisteen välillä myös ottamalla etäyhteys keskittimen käyttöjärjestelmään. Yhteyksien laatua voidaan testata tällöin keskittimen ja valitun mittarin tai toistimen välillä. Testaaminen tapahtuu *pingaamalla* valittua laitetta sähköverkon kautta. Keskittimen Linux-käyttöjärjestelmään muodostetaan yhteys käyttämällä Putty-ohjelmistoa. Yhteyden muodostaminen tapahtuu syöttämällä ohjelmiston asetuksiin keskittimen IP-osoite. Yhteyden muodostamisen jälkeen keskittimeen kirjaututaan käyttäjätunnuksella ja salasanalla.

Keskittimen käyttöjärjestelmässä olevasta sovelluksesta valitaan mittari tai toistin, jolle tiedonsiirtoa halutaan testata. Testauksessa keskitin *pingaa* valittua laitetta kymmenellä testipaketilla sähköverkon kautta. Testauksen lopuksi ohjelma näyttää laitteiden välisen yhteydenlaadun. Jos keskittimen ja testattavan mittarin välillä on toistin, sovellus testaa ensin yhteydenlaadun toistimelle. Toistimen testaamisen jälkeen sovellus testaa keskitin→toistin→mittari-välisen yhteydenlaadun. Laitteiden välisestä yhteydenlaadusta saadaan tieto kuvan 25 mukaisesti:



```

Testing communication to unit ██████████

---      ---      ---
| C | -> | R | -> | U |
---      ---      ---

.....
=====> 10/10 100.0% ave=2.19s,min=0.30s,max=4.50s,rej=0
.....
=====> 9/10 90.0% ave=3.37s,min=1.06s,max=7.68s,rej=0

Press 'Enter' key to continue

```

Kuva 25. Yhteydenlaadun testaaminen etäluentalaitteiden välillä.

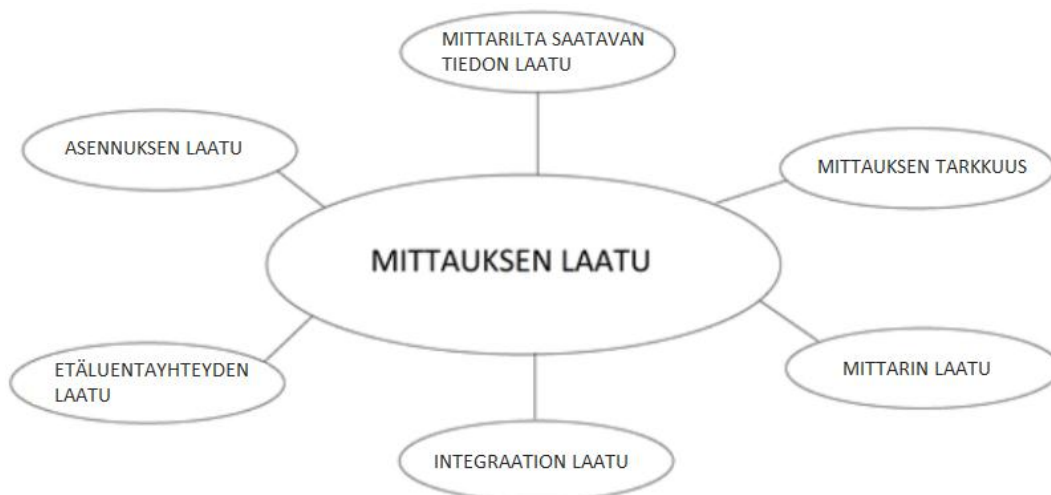
Kuvassa C tarkoittaa keskitintä (Concentrator), R toistinta (Repeater) ja U yksikköä (Unit). Yksikkö tarkoittaa tässä tapauksessa mittaria. Kuvasta havaitaan, että keskittimen ja toistimen välillä ei huku paketteja. Keskitin→toistin→mittari-välillä hukkuu yksi paketti kymmenestä. Yhteydenlaatu mittarille on hyvä (90 %). Kun yhteyden-

laatu laskee noin 50 % tasolle, alkaa ilmetä ongelmia etäkytkentöjen läpi menemisessä. Mittaustiedot siirtyvät kuitenkin vielä normaalisti luentajärjestelmään.

Testauksen avulla saadaan kuuluvuutta parantavan toimenpiteen jälkeen saman tien vaste siitä, auttoiko toimenpide. Tällainen kuuluvuutta parantava toimenpide on esimerkiksi häiriölähteen poistaminen sähköverkosta, toistimen asentaminen tai topologiamuutos, jossa mittari siirretään jo olemassa olevan toistimen alle.

10 Mittauksen laatu

Kuvassa 26 esitetään mittauksen laadun osa-alueet. Suuri osa näistä osa-alueista on riippuvaisia toisistaan. Esimerkiksi asennuksen laatu ja mittarin laatu vaikuttavat suoraan etäluentayhteyden laatuun.



Kuva 26. Mittauksen laadun osa-alueet.

Ennen etäluentaan siirtymistä mittauksen laadun voidaan sanoa muodostuneen asennuksen laadusta, mittarin laadusta ja mittauksen tarkkuudesta. Etäluentaan siirtymisen myötä mittauksen laatuun vaikuttavat myös etäluentayhteyden laatu, mittarilta saatavan tiedon laatu ja integraation laatu.

Mittauksien laadulla on vaikutusta kaikkeen toimintaan, jota tehdään kulutuksen mitaamisen ja kulutuksen laskuttamisen välillä. Pitämällä mittauksien laatu hyvänä saadaan turhan työn määrä pidettyä alhaisena ja resurssit ohjattua tärkeämpiin

tehtäviin. Mittauksien laadulle suoritetaan päivittäin valvontaa eri järjestelmissä. Asentajat korjaavat valvonnassa havaittuja poikkeamia päivittäin kentällä.

10.1 Asennuksen laatu

Mittauksen laadulle rakennetaan perustukset asennusvaiheessa. Tämän takia asennuksen laadun tulee olla mahdollisimman korkea. Asennuksen korkea laatu ja yhtenäinen lopputulos voidaan varmistaa hyvillä ja selkeillä asennusohjeilla ja prosesseilla. Asennuksessa tulee ottaa huomioon etäluennan kuuluvuusnäkökulma, minkä vuoksi asennuksen laatu on suoraan yhteydessä etäluentayhteyden laatuun. Asennuksen laatu vaikuttaa myös oleellisesti mittauksen tarkkuuteen. Jos mittauksessa on kytkentävirhe, mittaus mittaa liian vähän tai väärälle rekisterille.

Asennuksien laatua valvotaan tekemällä epäsuorissa mittaroinneissa jälkitarkastus noin kuukauden kuluttua asennuksesta. Yleensä kuukauden kuluessa mitattu lähtö on otettu käyttöön, jolloin mittarille on tullut kuormaa. Kuormaa tarvitaan, jotta tarvittavat tarkastukset saadaan tehtyä. Jälkitarkastus tehdään toisen asentajan toimesta.

10.2 Mittarin laatu

Mittarin laadun takaavat mittareiden valmistajat. Mittarin on hoidettava sähköenergian mittaaminen laadukkaasti, minkä lisäksi mittaustiedot tulee siirtää laadukkaasti etäluentayhteydellä luentajärjestelmään. Mittarin laadulla on oleellisesti vaikutusta mittauksen tarkkuuteen, koska vikaantunut mittari ei välttämättä mittaa oikein. Lähes kaikissa vikatapauksissa mittari mittaa liian vähän. Mittarin laadulla on suuri vaikutus myös mittarilta saatavan tiedon laatuun, koska mittari ilmoittaa viastaan esimerkiksi kulutuslukeman statuksen mukana.

Mittareiden valmistajat suorittavat mittareilleen laadunvalvontaa, jonka avulla virheelliset tuotantoerät voidaan jäljittää, jos mittareissa ilmenee normaalia enemmän toimintavikoja. Mittareiden laatua valvotaan tarkkailemalla vikatapauksien määrää. Jos vikoja ilmenee normaalista poikkeava määrä, asiasta ollaan yhteydessä laitevalmistajaan.

10.3 Mittauksen tarkkuus

Mittauksen tarkkuuteen vaikuttavat oleellisesti asennuksen laatu ja mittarin laatu. Näiden lisäksi myös ulkoiset tekijät voivat vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Esimerkiksi salama voi vaurioittaa mittauksen virtamuuntajaa, jolloin mittaus ei mittaa yhden vaiheen kulutusta.

Mittauksen tarkkuuteen voivat vaikuttaa myös piilevät viat. Esimerkiksi huono kontakti epäsuoran mittauksen mittauspiirin johtimessa ei välttämättä ilmene kuin ajan kanssa. Tällainen tilanne saattaisi olla esimerkiksi mittauspiirin riviliittimeen kiinnitetty johto, jossa johdon eriste on liittimen sisällä, jolloin kontakti itse johtimeen ei ole kunnollinen. Tällöin kaikki saattaa näyttää hyvälle asennuksen yhteydessä tehtävissä tarkastuksissa sekä jälkitarkastuksessa, mutta ajan myötä, kun liitoksessa tapahtuu kipinäointia ja liitoksen ylimenovastus kasvaa, mittaus ei enää mittaa yhdellä vaiheella. Tämän takia asennuksen ja jälkitarkastuksen yhteydessä on tärkeää tarkastaa liitoskohdat myös silmämääräisesti.

Asennuksen laatu vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen muun muassa siten, että kytkentävirheellä mittari mittaa liian vähän tai väärälle rekisterille. Kytkevävirheellä mittaria ei saa mittamaan liikaa. Epäsuorissa mittauksissa kulutus voisi periaatteessa olla liian suuri tai pieni, jos mittaustiedonhallintajärjestelmään syötetty kerroin ei vastaisi käyttöpaikan mittamuuntajien muodostamaa kerrointa. Tällöin kulutus kerrottaisiin mittaustiedonhallintajärjestelmässä väärällä kertoimella.

Kerroin tarkastetaan kuitenkin asennuksen yhteydessä sekä sen jälkeen tehtävässä jälkitarkastuksessa. Keski-jännitekohteissa mittamuuntajia ei pystytä tarkastamaan enää jälkitarkastuksessa mittauskennon jännitteellisyyden takia. Tämän takia mittamuuntajien tyypikilvet kuvataan asennusvaiheessa. Kuvat arkistoidaan, ja arkistoiduista kuvista voidaan jälkepäin todentaa mittauksen kerroin ilman sähkönjakelun keskeytystä.

Mittauksien tarkkuutta valvotaan päivittäin mittareilta saatavien tietojen avulla, kuten hälytyksien ja kulutuslukemien statuksien valvonnalla. Vikaepäilytapauksissa mittauksille suoritetaan myös tarkkuusmittauksia. Mittauksen tarkkuuteen liittyviä vikoja olisi

mahdollista saada selville epäsuorissa mittauksissa etäluennan avulla tehtävällä tarkastuksella, jota käsitellään luvussa 11.1.

10.4 Etäluentayhteyden laatu

Etäluentayhteyden laatu perustuu mittarin laatuun ja asennuksen laatuun. Yhteysvikaiseen mittariin ei saada muodostettua yhteyttä. Mittarin asennuksessa tulee ottaa huomioon kuuluvuusnäkökulma, jotta etäluennalle saavutetaan laadukas yhteys. Etäluentayhteyksien toimintaan vaikuttavat myös oleellisesti operaattorien tukiasemaviat. Tukiasemavika voi aiheuttaa etäluentalaitteen ja luentajärjestelmän välille yhteysvian, jolloin etäluentayhteyttä ei saada muodostettua.

Myös sähköverkon häiriöillä on oleellisesti vaikutusta etäluentayhteyksien toimintaan kun kyseessä on mittarit jotka kommunikoivat PLC-tekniikalla. Sähköverkkoon ilmestynyt voimakas häiriö voi estää koko muuntopiirin mittareiden etäluentayhteyksien toiminnan. Etäluentayhteyksien laatua valvotaan päivittäin luentajärjestelmien ja mittaus-tiedonhallintajärjestelmän avulla.

10.5 Mittarilta saatavan tiedon laatu

Ennen etäluentaan siirtymistä vikaantuneesta mittarista saatiin tieto asiakkaalta, asentajalta tai mittarinlukijalta, kun mittarissa paloi vikavallo tai kun mittari ei ollut kerryttänyt kulutusta normaaliin lukeutuvaa määrää. Nykyään viasta saadaan useimmiten tieto mittarin itsediagnosoinnin avulla.

Mittari tarkkailee jatkuvasti toimintaansa, ja jos se havaitsee, että mittauksessa on ollut jotain normaalista poikkeavaa, se antaa hälytyksen tai toimittaa mittautiedon statuksen normaalista poikkeavana. Status kertoo mittautiedon luotettavuuden. Mittautieto ja sen status kulkevat käsi kädessä eri tietojärjestelmien välillä.

Hälytyksille ja statuksille suoritetaan päivittäin valvontaa mittautiedonhallintajärjestelmässä sekä luentajärjestelmissä. Valvonnan kannalta on tärkeää, että etäluentayhteys toimii. Jos etäluentayhteyttä ei saada muodostettua, ei laatutietojakaan voida valvoa.

Kuvassa 27 esitetään erään mittarin tuntisarjaa GW-luentajärjestelmässä. Mittari on lähettänyt tuntisarjan statuksessa (Quality) tiedon mittariviasta. Tuntisarjat siirtyvät statustietoineen luentajärjestelmästä mittaustiedonhallintajärjestelmä Generikseen, jossa statuksien valvonta tehdään.

Value	Timestamp	Code	Quality	Qualit...	Received
7,6700	22.1.2015 15:00:00	es1	Ok	0	23.1.2015 8:47:00
7,6700	22.1.2015 16:00:00	es1	Ok	0	23.1.2015 8:47:00
7,6800	22.1.2015 17:00:00	es1	Ok	0	23.1.2015 8:47:00
7,6800	22.1.2015 18:00:00	es1	Ok	0	23.1.2015 8:47:00
0,0000	22.1.2015 19:00:00	es1	Uncertain, MissingValueDeviceError, NotV...	289	23.1.2015 8:47:00
0,0000	22.1.2015 20:00:00	es1	Uncertain, MissingValueDeviceError	33	23.1.2015 8:47:00
0,0000	22.1.2015 21:00:00	es1	Uncertain, MissingValueDeviceError	33	23.1.2015 8:47:00
0,0000	22.1.2015 22:00:00	es1	Uncertain, MissingValueDeviceError	33	23.1.2015 8:47:00
0,0000	22.1.2015 23:00:00	es1	Uncertain, MissingValueDeviceError	33	23.1.2015 8:47:00
7,6800	23.1.2015 0:00:00	es1	Ok	0	23.1.2015 8:47:00

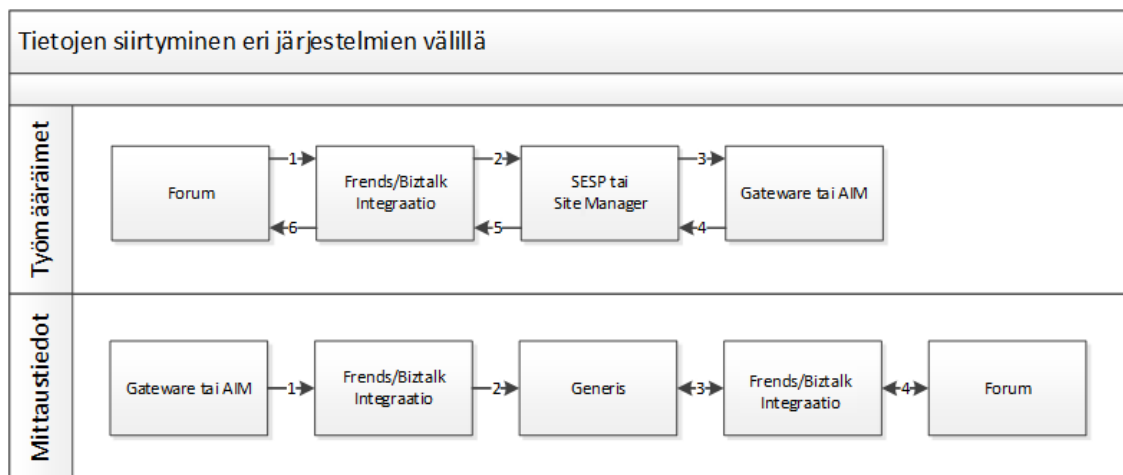
Kuva 27. Statuspoikkeama mittarin tuntisarjassa GW-luentajärjestelmässä.

10.6 Integraation laatu

Mittareiden rekisteröimät tiedot kulkevat luentajärjestelmistä integraatiojärjestelmä Biztalkia pitkin muihin järjestelmiin. Jos integraatiojärjestelmässä on vikaa, mittaustiedot eivät siirry eri järjestelmien välillä kuten pitäisi. Mittaustietojen siirtyminen järjestelmien välillä on tärkeää muun muassa sen takia, että statustarkastelu tehdään mittaustiedonhallintajärjestelmä Generiksessä ja kulutuksien laskutus asiakastieto- ja laskutusjärjestelmä Forumissa.

Myös mittareiden asennus-, vaihto- ja poistotyömääräimet kulkevat integraatiojärjestelmän kautta. Jos tiedot eivät liiku järjestelmien välillä, kuten niiden pitäisi, esimerkiksi mittarin vaihto ei päivity järjestelmiin. Tällöin vanha mittari näkyy luentajärjestelmässä kuulumattomana mittarina, eikä uuttakaan mittaria saada luettua.

Kuvasta 28 voidaan havaita yleisperiaate tietojen liikkumisesta eri järjestelmien välillä. Kuvasta havaitaan, että mittaustiedoilla tai työmääräimillä on monta mahdollisuutta jäädä jumiin eri järjestelmien välille. Järjestelmien välistä tietojen siirtymistä valvotaan Friendsillä, joka on integraation monitorointityökalu.



Kuva 28. Tietojen siirtyminen eri järjestelmien välillä.

Mittauksen tehtävä (esim. mittarin vaihto) perustetaan asiakastietojärjestelmä Forumiin. Sieltä tehtävä liikkuu integraatiojärjestelmää pitkin SESP- tai Site Manager- järjestelmään, jossa työmääräimien hallinta tapahtuu. Työmääräin siirretään SESP:stä tai Site Managerista PDA-laitteeseen. Kun työmääräin suoritetaan PDA-laitteella, palautetaan se tämän jälkeen uusilla tiedoilla varustettuna SESP- tai Site Manager -järjestelmään. Työmääräimen tiedot siirtyvät tämän jälkeen luentajärjestelmään. Sitten työmääräimen tiedot palautuvat samaa reittiä takaisin, jolloin ne siirtyvät viimeisenä Forumiin.

Mittaustiedot siirtyvät luentajärjestelmistä integraatiojärjestelmää pitkin Generikseen. Koska kulutuksien laskutus tapahtuu Forumin kautta, pyytää Forum tarvittaessa tietoja Generiksestä integraatiojärjestelmän välityksellä, esimerkiksi sähkösopimuksen päättyessä tai laskutusajojen yhteydessä.

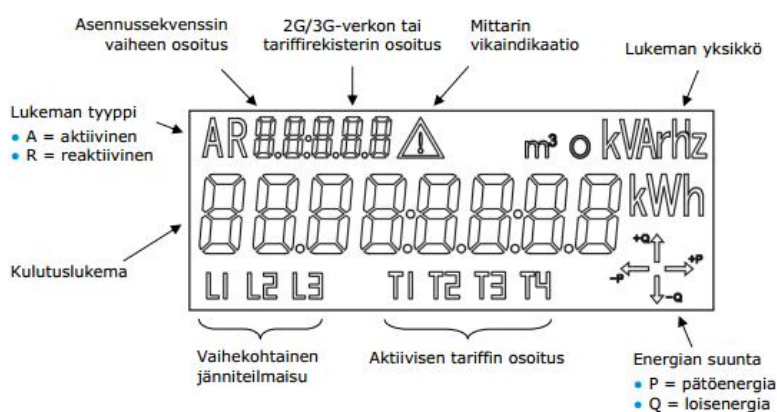
Integraatiolle suoritetaan päivittäin valvontaa, jossa tarkastetaan, että tiedot ovat siirtyneet eri järjestelmien välillä kuten pitää.

11 Tarkastustoiminnan kehittäminen

Mittauksille suoritetaan joukko erilaisia tarkastuksia ennen mittarin asennusta, asennuksen yhteydessä ja asennuksen jälkeen. Myös mittareiden vaihtoihin kuuluu erilaisia tarkastustoimenpiteitä. Tarkastuksilla pyritään varmistumaan mittauksen laadusta. Ennen mittareiden asentamista tarkastetaan, että urakoitsija on noudattanut VES:n suunnittelu- ja urakointiohjeita. Tarkastamisella varmistetaan, että kohde on toteutettu VES:n vaatimuksien mukaisesti.

Suunnittelu- ja urakointiohjeet määrittävät muun muassa mittauksen tarkkuuteen liittyviä asioita, kuten esimerkiksi sen, minkälaiset virtamuuntajat epäsuorassa mittauksessa tulee olla. Suunnittelu- ja urakointiohjeilla varmistetaan myös, että mittareiden asennus- ja huoltotoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti ja tehokkaasti. Kohde mittaroidaan vasta sitten, kun suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattamisesta on varmistuttu.

Asennuksen yhteydessä varmistetaan kytkennän oikeellisuus sekä mittaamalla että silmämääräisesti. Asennuksen lopuksi tehdään muun muassa tarkastuksia mittarin näytöltä. Mittarin näytöltä on havaittavissa esimerkiksi tehonsuunnan vektorinuolet, jänniteosoittimet ja virheilmoitukset. Havaittavat asiat riippuvat mittarimallista. Kuvassa 29 esitetään Aidonin 6000-sarjan mittarin näytöltä havaittavia asioita:



Kuva 29. Aidonin 6000-sarjan mittarin näytöltä havaittavat asiat [26].

Vikatapauksessa kulutuslukeman kohdalle ilmestyy virheilmoitus. Näytön oikeasta alalaidasta voidaan havaita tehonsuunnan vektorinuolet. Pätötehon vektorinuolet tulee olla normaalitapauksessa +P:n suuntainen. Pientuotantokohteessa tai kytkentävirheellä vektorinuolet voi näyttää myös -P:n suuntaan.

Epäsuorille mittauksille suoritetaan asennuksen jälkeen jälkitarkastus. Jälkitarkastus tehdään monimutkaisemman rakenteen takia. Jälkitarkastus tehdään noin kuukauden kuluttua mittaroinnista, koska mitattu lähtö on otettu yleensä siihen mennessä käyttöön, jolloin mittarilla on kuormaa. Kuormaa tarvitaan, jotta tarvittavat tarkastukset saadaan tehtyä.

Tarkastustoimenpiteille ei ollut olemassa kirjallista ohjetta, lukuun ottamatta keskijännitemittarin asennusohjetta, joka sisältää keskijännitemittarin asennusprosessiin liittyvät tarkastustoimenpiteet. Tämän takia suoritettavissa tarkastustoimenpiteissä on ollut eroja asentajakohtaisesti.

Työssä saatiin kehitettyä mittauksien tarkastustoimintaa monin eri tavoin. Luvussa 12 käsiteltyyn työohjeeseen laadittiin tarkastustoimenpiteet, joilla voidaan varmistaa mittauksen laatu asennus- ja vaihtoprosessin osalta.

Suurimmat muutokset nykyisen toiminnan ja työohjeen välillä ovat seuraavat:

- Mittauksille tehtäville tarkastuksille on kirjallinen käytäntö, jolloin mittauksille tehtävät tarkastustoimenpiteet ovat yhtenäiset.
- Mittareiden asennuksien ja vaihtojen jälkeen asentaja tekee tarkastuksia luenta-järjestelmässä, jolloin mittauksen laatuun vaikuttaviin vikoihin reagoidaan nopeammin. Asentaja suorittaa viankorjaukset havaitessaan tarkastuksissa poikkeaman.
- Epäsuorien L+G:n E650-mittareiden asennuksille tehdään jälkitarkastus mittarista luettavan vektoridiagrammin avulla. Tarkastus tehdään etäluennalla ennen varsinaiselle jälkitarkastuskäynnille lähtemistä. Vektoridiagrammista on helposti havaittavissa kytkentävirhe ja sen tyyppi sekä mittauspiirien viat. Vektoridiagrammista otetaan kuvakaappaus, joka arkistoidaan. Arkistoidusta kuvakaappauksesta voidaan todentaa, että mittaukselle on suoritettu tarkastus etäluennan avulla ja että mittaus on ollut tarkastuksen yhteydessä kunnossa.
- Epäsuorat (0,4 kV:n) mittaukset tarkastetaan jälkitarkastuksen yhteydessä kenttätarkastuslaitteella. Kenttätarkastuslaitteella saadaan tarkastettua mittaus

kokonaisvaltaisesti. Kenttätarkastuslaitteella tehtävä tarkastus ei juuri pidennä tarkastuskäyntiin käytettyä aikaa. Kenttätarkastuslaitetta käytetään nykyään mittauksien tarkastamiseen vikaepäilytapauksissa.

- Epäsuorien mittareiden vaihtojen jälkeen tehdään käytönvertailu vanhan ja uuden mittarin tuntitehoille mittaustiedonhallintajärjestelmässä. Tarkastuksella varmistetaan, ettei mittauksessa ollut vikaa ennen mittarin vaihtoa tai sen jälkeen.
- Epäsuorien mittareiden vaihdoissa tarkastetaan mittauksen toiminta ennen mittarin vaihtoa. Tarkastuksessa havaitaan mahdollinen mittauksessa ollut vika ja sen syy.
- Epäsuorien mittareiden vaihdoissa tarkastetaan mittausjohtimien liitoskohdat hapettumien ja huonojen kontaktien varalta.
- 20 kV:n mittauksien jälkitarkastuksessa lasketaan virtamuuntajien muuntosuhde mittarin ja pienjännitekeskuksen verkkoanalysointivirtojen avulla. Tarkastuksella voidaan varmistua virtamuuntajien muuntosuhteen oikeellisuudesta.

Uusilla tarkastustoimenpiteillä saadaan parannettua mittauksen laatua ja nopeutettua mittauksen laatuun liittyviin vikoihin reagoimista. Kaikkia määritettyjä tarkastustoimenpiteitä ei voida ottaa käyttöön ilman, että asennushenkilökunta koulutetaan järjestelmien, laitteiden ja eri ohjelmistojen käyttämiseen. Koulutus on tarkoitus pitää kevään 2015 aikana.

11.1 Epäsuorien mittareiden määräaikaistarkastukset

Mittauksille ei tehdä nykyään säännöllisiä määräaikaistarkastuksia. Tämä johtuu siitä, että VES:n mittarikanta on hyvin tuoretta. Olen kuitenkin havainnut, että määräaikaistarkastukset olisivat tarpeellisia epäsuorissa mittauksissa mittaussiirien vikojen takia. Määräaikaistarkastuksien hyödyllisyyttä perustellaan seuraavilla tapauksilla. Tapaukset ovat tulleet vastaan selvittäessäni mittareiden kuuluvuusongelmia VES:n palveluksessa.

Epäsuoran 0,4 kV:n mittauksen jännitteenmittauspiirissä huono kontakti

Luentajärjestelmä oli ilmoittanut kuulumattomasta epäsuorasta 0,4 kV:n mittarista. Kuuluvuusongelman selvityksen yhteydessä mittarin näytössä havaittiin vikakoodi, jonka perusteella mittaus päätettiin tarkastaa. Mittauksen tarkastamisen yhteydessä havaittiin, että jännitteenmittauspiirin L2-vaiheen jännite oli 2-ek-kotelon riviliittimellä 72 V. Tarkempi tutkimus osoitti, että L2-vaiheen johtimella ei ollut kunnon kontaktia riviliittimeen. Johto oli riviliittimessä siten, että pääasiallinen kontakti oli johtimen eristeeseen.

Jännitteet ovat olleet normaalit mittarin asennuksen ja jälkitarkastuksen yhteydessä, mutta johtimen huono kontakti on aiheuttanut ajan myötä liitokseen kipinöintiä. Kipinöinti on aiheuttanut liitokseen ylimenovastusta, jonka takia jännite oli alentunut 72 volttiin. Alentuneen jännitteen takia mittari oli mitannut ainoastaan noin yhden kolmasosan L2-vaiheen kulutuksesta. Vastaavanlainen huono liitos voi olla myös virranmittauspiirissä. Kuuluvuusongelman oli aiheuttanut huono 2G-signaalin voimakkuus, joka korjaantui antennin siirrolla.

Osa mittareista valvoo ali- ja ylijännitteitä sekä lähettää niistä hälytyksen. Tällaisissa mittareissa jännitteenmittauspiirin viat tulevat selville hälytyksen kautta.

Viallinen virtamuuntaja 20 kV:n mittauksessa

Luentajärjestelmä oli ilmoittanut kuulumattomasta 20 kV:n mittauksen pulssinkeräimestä. Pulssinkeräimellä varustetut mittarit vaihdettiin tuohon aikaan uudempaan tekniikkaan kuuluvuusongelman ilmaantuessa. Teollisuusaluetta syötti 20 kV:n puistomuuntaja, jossa sähköenergian mittaus tapahtui. Mittaus oli toteutettu kombimittarilla, joka rekisteröi pätö- sekä loistehon kulutuksen. Mittarin etäluenta oli toteutettu Enermet MT40 pulssinkeräimellä, joka oli yhteydessä luentajärjestelmään puhelinlinjan kautta.

Mittarinvaihdon aikana tehtävissä tarkastuksissa havaittiin, ettei virranmittauspiirin L2-vaiheella kulkenut virtaa. L1- ja L3-vaiheilla kulki noin 0,7 A virtaa. Kohteen työntekijältä selvisi, että kiinteistöön oli iskenyt salama. Selvisi myös, että salama oli vioittanut pulssinkeruulaitteen etäluentaan käytettävää puhelinlinjaa, jolloin etäluenta ei onnistunut.

Mittarinvaihdon jälkeen pulssinkeräimestä luettiin puuttuvat mittaustiedot talteen tietokoneella. Mittaustiedot siirrettiin tämän jälkeen luentajärjestelmään, josta havaittiin, että kulutus oli pudonnut noin 1/3 salaman iskun jälkeen. Salama oli vioittanut myös L2-vaiheen virtamuuntajaa. Mittaus ei ollut mitannut salaman iskun jälkeen mitään L2-vaiheella. Mittauksen kuntoon saattaminen vaati mittarinvaihdon lisäksi myös virtamuuntajien vaihdon, joka puolestaan vaati 20 kV:n sähköjakelun keskeytyksen. Virtamuuntajien vaihto saatiin ajoitettua samaan aikaan kuin muuntamohuolto, jolloin erillistä sähköjakelun keskeytystä pelkästään virtamuuntajien vaihdon takia ei tarvinnut tehdä.

Jos salama ei olisi vioittanut pulssinkeruulaitteen puhelinlinjaa, ei vikaa olisi saatu selville kuin vasta seuraavan mittarinvaihdon yhteydessä tehtävissä tarkastuksissa. Vika ei olisi tullut ilmi, vaikka kohteessa olisi ollut älykäs sähkömittari.

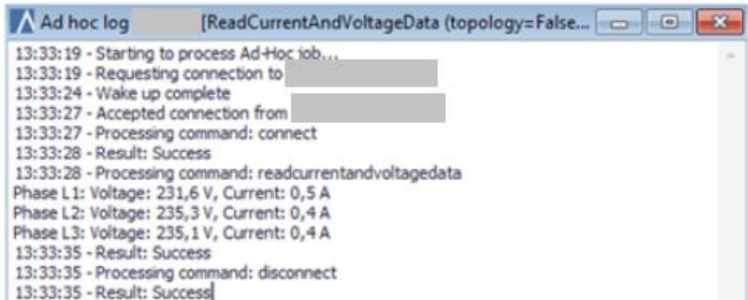
11.1.1 Etäluenta epäsuorien mittareiden määräraikaistarkastamisessa

Työssä havaittiin, että epäsuorien mittauksien mittausspiirien viat voidaan havaita etäluennan avulla. Edellä mainitut viat, joilla perusteltiin määräraikaistarkastuksien hyödyllisyyttä, olisivat havaittavissa etäluennan avulla tehtävässä tarkastuksessa.

Mittausspiirien viat voidaan havaita lukemalla mittareista vaihekohtaiset jännitteet ja virrat luentajärjestelmästä käsin. Epäsuorissa mittauksissa on yleensä suhteellisen symmetrinen kolmivaihekuormitus. Jos luetuista vaihevirroista havaitaan, ettei yhdellä vaiheella kulje virtaa tai virta on huomattavasti alempi kuin kahden muun vaiheen, on mittaus syytä tarkastaa paikan päällä. Tällöin virranmittauspiirissä on todennäköisesti huono kontakti jossain liitoskohdassa tai viallinen virtamuuntaja.

Jos luetuista vaihejännitteistä havaitaan, että vaihejännite puuttuu tai on normaalia alhaisempi, jännitteenmittauspiirissä on todennäköisesti huono kontakti jossain liitoskohdassa tai jännitteenmittauspiirin sulake on palanut. Vaihekohtaisista jännitteistä ja virroista saadaan kuvan 30 (ks. seur. s.) mukaiset tulokset eri luentajärjestelmissä. Kuvassa ylempänä ovat AIM:n tulokset ja alempana GW:n tulokset.

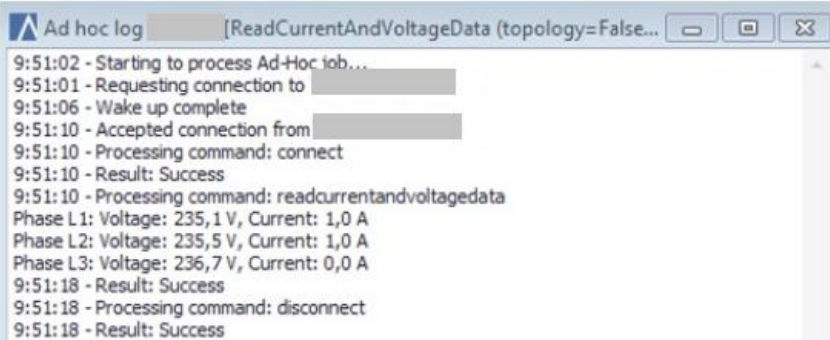
Analog Registers				
	Name	Reading Time	Register Value	Unit of Meas.
	13 Current L3	23.2.2015 13:36:13	0,30000	A
	14 Current L2	23.2.2015 13:36:14	0,27000	A
	15 Current L1	23.2.2015 13:36:18	0,36000	A
	16 Voltage L3	23.2.2015 13:36:23	233,92000	V
	17 Voltage L2	23.2.2015 13:36:24	232,28000	V
	18 Voltage L1	23.2.2015 13:36:28	232,40000	V



Kuva 30. Vaihekohtaisien jännitteiden ja virtojen luenta luentajärjestelmissä.

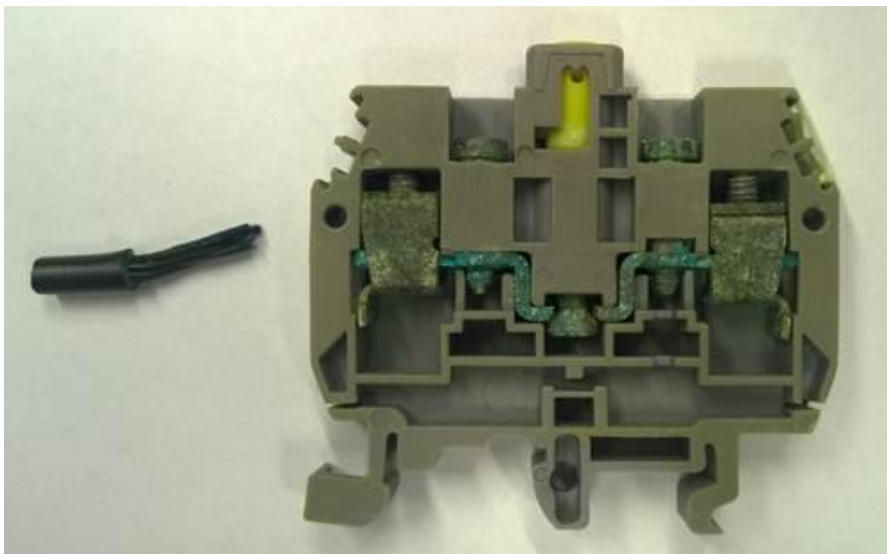
11.1.2 Etäluennalla tehdyt tarkastukset

Työssä etsittiin epäsuorista mittauksista vikoja tekemällä tarkastukset 50 mittaukselle etäluennan avulla. Tarkastuksissa luettiin mittareista vaihekohtaiset jännitteet ja virrat. Yhdessä tarkastetussa mittauksessa havaittiin kuormaa vain kahdella vaiheella. Kuvasta 31 havaitaan, että L1- ja L2-vaiheilla kulkee 1,0 A ja L3-vaiheella 0 A virtaa:



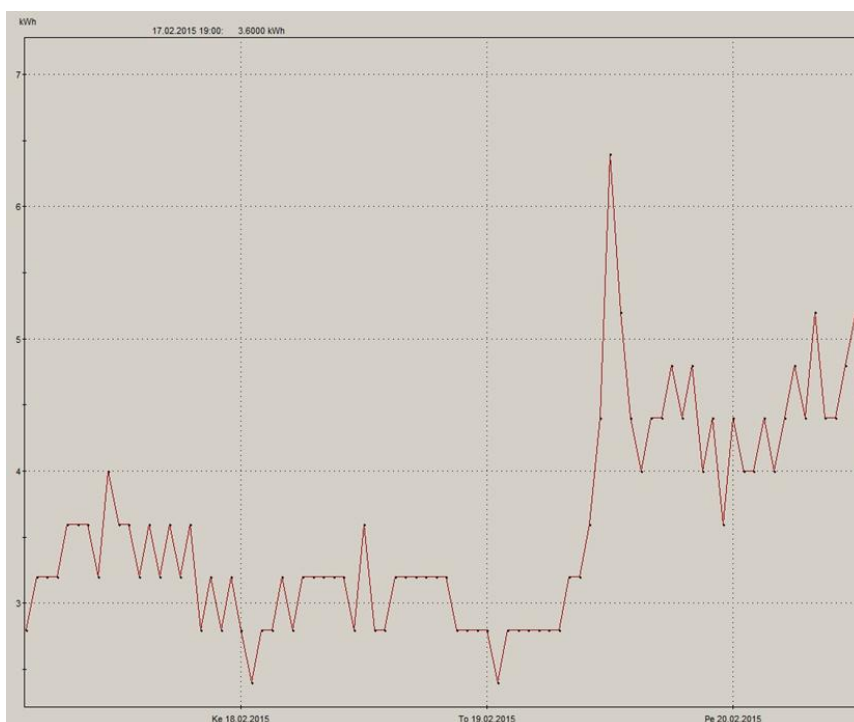
Kuva 31. Mittarista luetut vaihejännitteet ja virrat GW-luentajärjestelmässä.

Mittaus tarkastettiin paikanpäällä. Vikaa selvitettyä ja kytkentää purkaessa havaittiin, että riviliittimet ja riviliittimiin kytketyt johtimet olivat pahasti hapettuneita. Mittarille kiinnitettävissä johtimissa ei ollut hapettumaa, joten ilmeisesti siihen keskuksen osaan, jossa riviliittimet sijaitsevat, on joskus päässyt kosteutta. Kuvassa 32 (ks. seur. s.) esitetään L3-vaiheen virranmittauspiirin riviliitin, ja osa siihen kytkettynä olleesta johdosta.



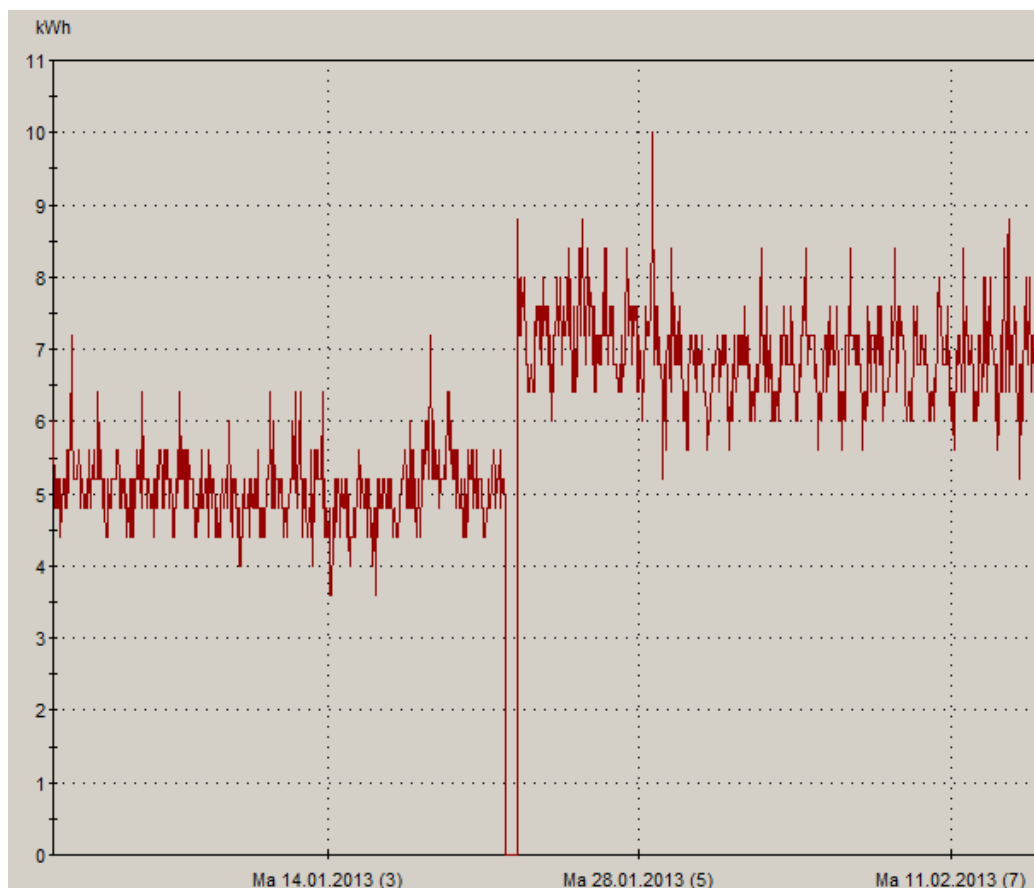
Kuva 32. Hapettunut johdin ja riviliitin.

L3-vaiheen virtamuuntajan toisiopiirissä oli ollut hapettuman takia huono kontakti, minkä vuoksi mittaus ei ollut mitannut L3-vaiheen kulutusta. Mittaus korjattiin, minkä jälkeen mittaustiedonhallintajärjestelmän tuntitehokuvaajassa tapahtui selkeä nousu. Tuntitehot ennen korjausta ja korjauksen jälkeen voidaan havaita kuvasta 33:



Kuva 33. Tuntitehot ennen mittauksen korjausta ja sen jälkeen.

Tarkempi tuntitehokuvaajan tutkiminen osoitti, että mittauksessa oli ollut vikaa jo ennen edellistä mittarinvaihtoa vuonna 2013. Tuntitehot olivat nousseet huomattavasti mittarinvaihdon jälkeen, joka voidaan havaita kuvasta 34:



Kuva 34. Tuntitehot ennen mittarin vaihtoa ja sen jälkeen vuonna 2013.

Tuntitehojen nousu on seurausta siitä, että epäsuorien mittareiden vaihdoissa kiristettiin mittausspiirien liitokset. Virranmittauspiirissä on ollut huono kontakti ennen mittarin vaihtoa, mutta kontakti on parantunut mittarinvaihdon jälkeen, kun liitokset on kiristetty.

Epäsuorien mittareiden vaihtojen jälkeen tarkastetaan, että mittari mittaa jokaisella vaiheella. Mittarinvaihdon jälkeen tehtävissä tarkastuksissa kaikki on ollut kunnossa. Kontakti on huonontunut uudelleen ajan myötä, minkä vuoksi mittari on lopettanut mittauksen uudelleen yhdellä vaiheella.

Laadittuun työohjeeseen määritettiin epäsuorien mittauksien osalta, että mittauspiirien johtimien liitokset tarkastetaan vaihdon yhteydessä hapettumien ja huonojen liitoksien varalta, ja että mittauksen toiminta tarkastetaan sekä ennen mittarinvaihtoa että sen jälkeen. Lisäksi työohjeeseen määritettiin, että epäsuoran mittarinvaihdon jälkeen tehdään käytönvertailu mittaustiedonhallintajärjestelmässä, jossa verrataan vanhan ja uuden mittarin tuntitehoja graafisesti. Jos tuntitehoissa on tapahtunut mittarinvaihdon jälkeen muutos, mittauksessa on ollut vikaa ennen mittarinvaihtoa tai sen jälkeen.

VES:n verkossa on noin 3 500 epäsuoraa mittaria. Työssä selvitettiin, että lähes kaikista mittareista on mahdollista lukea vaihekohtaiset jännitteet ja virrat etäluennan avulla. Lisäksi selvitettiin, että tiedot olisivat luettavissa suuresta osasta mittareita luentatyöllä, jolloin tietoja ei tarvitsisi lukea mittareista yksitellen. Tiedot pitää kuitenkin poimia luentatyön jälkeen tietokannasta, jotta tietoja pääsee tarkastelemaan raportin muodossa. Tämä vaatii laitevalmistajalta scriptiä, mitä varten tulee tehdä tarjouspyyntö. Yhden mittarin manuaalinen tarkastaminen vie aikaa noin minuutin verran.

Epäsuorissa kohteissa on yleisesti huomattavasti suuremmat energiankulutuksen määrät suoriin kohteisiin verrattuna, jonka takia laskuttamatta jääneet kulutukset ovat vika-tapauksissa huomattavan suuria.

Suosittelavaa olisikin, että mittauspiirien kuntoa alettaisiin valvoa määräajoin etäluennan avulla tehtävillä tarkastuksilla. Ensimmäiset kaksi tarkastusta voitaisiin tehdä esimerkiksi vuoden välein. Tarkastusväliä voitaisiin tarvittaessa säätää tuloksien perusteella optimaalisemmaksi.

11.2 Kytkevävirheellisten mittareiden havaitseminen

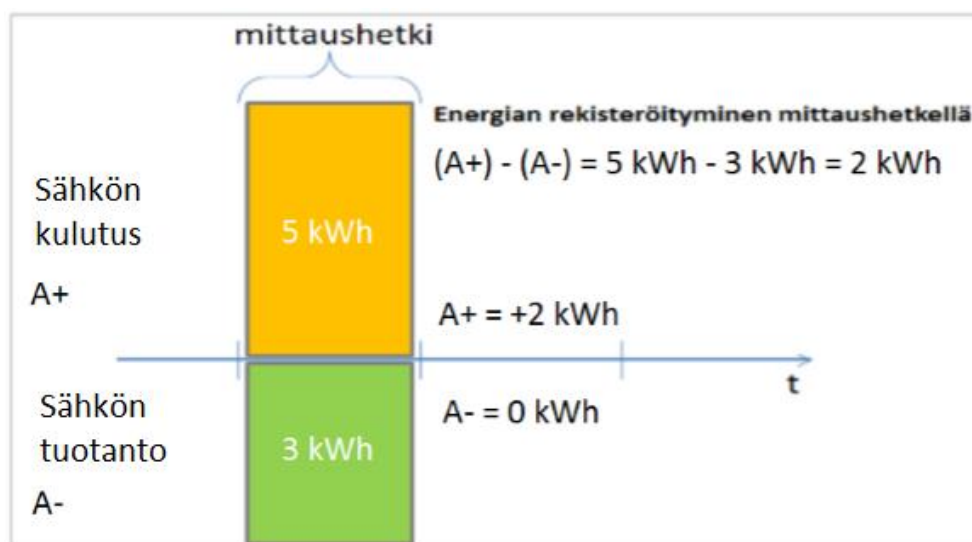
Laitevalmistajilta oli tilattu hetki ennen insinööriyön aloittamista kytkävävirheellisten mittareiden raportit. Raportit tilattiin ensimmäisen kerran. Aidonin mittareiden osalta kytkävävirheellisten mittareiden raporttiin oli listattu kaikki ne mittarit, joilla oli kertynyt tuotantoa mittarin tuotantorekisterille A-. Asiakkaalle lasku lähtee mittarin kulutusrekisterin A+ perusteella.

Kaikki Aidonin mittarit ovat ei-netottavia mittareita, lukuun ottamatta niitä käyttöpaikkoja, joille on tehty pientuotantosopimus. Tämä tarkoittaa sitä, että mittaushetken energiankulutus ja energiantuotanto rekisteröityvät omille rekistereilleen A+ ja A-. Jos Aidonin mittarilla on kytkentävirheen takia väärä tehonsuunta yhdellä tai useammalla vaiheella, se näkyy tuotannon kertymisenä A--rekisterille. Tällainen kytkentävirhe on esimerkiksi mittaria syöttävän ja mittarilta lähtevän johtimen kytkeminen ristiin.

L+G:n mittareiden osalta kytkentävirheraporttiin oli listattu ne mittarit, joilla oli:

- kertynyt tuotantoa A--rekisterille
- hälytys väärästä tehonsuunnasta
- hälytys väärästä kiertosuunnasta

Suurin osa L+G:n mittareista netottaa tuotannon ja kulutuksen. Netottaminen tarkoittaa sitä, että mittaushetken energiankulutuksesta vähennetään mittaushetken energiantuotanto. Netottamisesta esitetään esimerkki kuvassa 35:



Kuva 35. Netottamisen periaate. Muokattu lähteestä [30].

Netottavalla mittarilla tuotanto menee A--rekisterille vasta silloin, jos mittaushetken energiantuotanto ylittää mittaushetken energiankulutuksen. Tämä tarkoittaa sitä, että

normaalilla kolmivaihekuormituksella A--rekisterille ei kerry tuotantoa, vaikka yhden vaiheen tehonsuunta olisi kytketty väärinpäin.

Symmetrisellä kolmivaihekuormalla yhden vaiheen väärä tehonsuunta kumoaa yhden oikein kytketyn vaiheen energiankulutuksen, jolloin jäljelle jää ainoastaan yhden oikein kytketyn vaiheen energiankulutus.

Valtaosasta L+G:n suorista netottavista mittareista on saatavissa hälytys väärästä tehonsuunnasta. Jos tällaisella mittarilla on ollut kytkentävirheen takia väärä tehonsuunta yhdellä tai useammalla vaiheella, se on tullut ilmi hälytyksen myötä laitevalmistajan kytkentävirheraportissa. VES:llä ei ole mahdollisuutta valvoa väärän tehonsuunnan hälytystä.

Yhteensä Aidonin ja L+G:n mittareita oli haarukoitunut kytkentävirheraportteihin noin 80. Lähes kaikissa oli kertynyt tuotantoa A--rekisterille, tai väärän tehonsuunnan hälytys oli päällä. Kytkentävirheraporttien mittarit on tarkastettu. Suurimmassa osassa oli kytkentävirheen takia väärä tehonsuunta yhdellä vaiheella. Osassa kohteista oli oikeasti tuotantoa, jonka takia A--rekisterille oli kertynyt arvoja. Esimerkiksi eräässä kohteessa havaittiin aurinkopaneelit, jotka ovat syöttäneet välillä sähköenergiaa verkkoon päin. Eräässä jätevesipumppaamossa taas pumppuja jarrutettiin verkkoon, jonka takia A--rekisterille oli kertynyt arvoja.

Työssä havaittiin, että suuri osa (58 %) epäsuorista mittareista on jäänyt käytännössä kytkentävirheraportin ulkopuolelle. Seuraavat L+G:n epäsuorat mittarit (0,4 kV:n ja 20 kV:n) nettavat kulutuksen ja tuotannon, eikä mittareista ole saatavissa väärän tehonsuunnan hälytystä

- L+G:n E600-sarja
- L+G:n E650-sarja
- L+G:n E700-sarja.

Työssä selvitettiin, että myös edellä mainituista mittareista on saatavissa tieto yhden vaiheen väärästä tehonsuunnasta. Väärä tehonsuunta saadaan selville etäluennalla

tehtävällä tarkastuksella, jossa mittareista luetaan mallista riippuen vaihekohtaiset tehot tai virtojen vaihekulmat. Seuraavaksi on havainnollistettu, kuinka väärä tehonsuunta saadaan selville.

E700-sarjan mittarille tehtiin kytkentävirhe VES:n mittarilaboratoriossa. Mittarista luettiin tämän jälkeen vaihekohtaiset tehot kuvan 36 mukaisesti. Väärä tehonsuunta näkyy L1-vaiheella negatiivisena tehona. Väärä tehonsuunta havaitaan samalla tavalla myös E600-sarjan mittarista.

Analog Registers				
Name	Reading Time	Register Value	Unit of Meas.	
41 PL1	3.3.2015 15:01:55	-462,00000	ei mitään (ei mitta)	<input type="checkbox"/>
42 PL2	3.3.2015 15:01:55	463,00000	ei mitään (ei mitta)	<input type="checkbox"/>
43 PL3	3.3.2015 15:01:55	462,00000	ei mitään (ei mitta)	<input type="checkbox"/>

Kuva 36. Väärä tehonsuunta L1-vaiheella E700-sarjan mittarilla

E650-sarjan mittarille tehtiin kytkentävirhe VES:n mittarilaboratoriossa. Mittaria kuormitettiin puhtaasti resistiivisellä kuormalla. Mittarista luettiin virtojen vaihekulmat kuvan 37 mukaisesti. Väärä tehonsuunta havaitaan L1-vaiheella jännitteen ja virran välisestä 180 asteen vaihe-erosta. Oikealla kytkennällä vaihe-ero olisi 0 astetta. Jännitteellä ja virralta voi olla enintään 90 asteen vaihe-ero ilman, että tehon suunta muuttuu.

Analog Registers				
Name	Reading Time	Register Value	Unit of Meas.	
5 Phase angle I(L3)-U(L1)	12.3.2015 9:24:16	240,00000	ei mitään (ei mitta)	<input type="checkbox"/>
6 Phase angle I(L2)-U(L1)	12.3.2015 9:24:17	120,00000	ei mitään (ei mitta)	<input type="checkbox"/>
7 Phase angle I(L1)-U(L1)	12.3.2015 9:24:18	180,00000	ei mitään (ei mitta)	<input type="checkbox"/>

Kuva 37. Väärä tehonsuunta L1-vaiheella E650-sarjan mittarilla

E650-sarjan mittarilla väärä tehonsuunta saadaan selville myös lukemalla mittarista vektoridiagrammi etäluennan avulla. Tätä asiaa käsitellään seuraavassa luvussa.

Vaihekohtaiset tehot ja virtojen vaihekulmat on mahdollista lukea E600-, E650- ja E700-sarjan mittareista luentatyönä. Aivan kuten vaihekohtaisien jännitteiden ja virtojen luennan kohdalla laitevalmistajalle tulee kuitenkin tehdä tarjouspyyntö scriptistä, joka poimii luetut tiedot tietokannasta raportin muotoon. Yhden mittarin manuaalinen tarkastaminen vie aikaa noin minuutin verran.

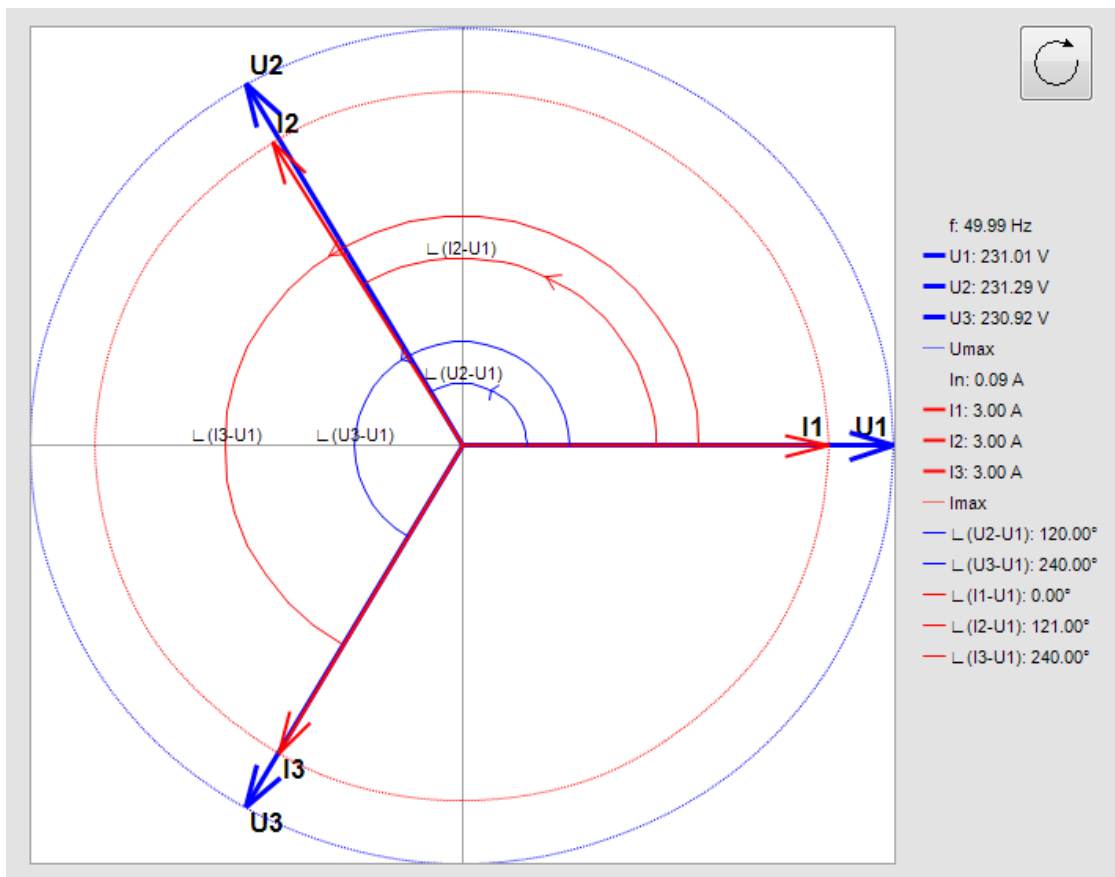
Epäsuorissa kohteissa on yleisesti huomattavasti suuremmat energiankulutuksen määrät suoriin kohteisiin verrattuna, jonka takia laskuttamatta jääneet kulutukset ovat kytkentävirheellä huomattavan suuria. Suositeltavaa olisikin, että E600-, E650- ja E700-sarjan mittareille tehtäisiin tarkistukset etäluennan avulla kytkentävirheen varalta.

11.3 L+G:n E650-mittauksien tarkastaminen vektoridiagrammin avulla

L+G:n E650-mittareiden huoltotyökaluna toimii .MAP110-ohjelma. Ohjelmaa on käytetty tähän mennessä mittareiden paikan päällä lukemiseen kannettavalla tietokoneella esimerkiksi silloin, kun operaattorilla on ollut tukiasemavika ja mittareihin ei ole saatu tämän takia muodostettua yhteyttä. Luentaa varten mittarin ja tietokoneen välille muodostetaan yhteys kaapelilla. Kaapelin toisessa päässä on USB-liitin, joka kiinnitetään tietokoneeseen, ja toisessa päässä optinen lukija joka kiinnitetään mittariin. Talteen luetut tuntisarjatiedostot siirretään luentajärjestelmään toimistolla.

Työssä havaittiin, että ohjelmistolla on mahdollista tarkastaa myös mittauksen vektoridiagrammi. Lisäksi havaittiin, että tarkastus on mahdollista tehdä etäluennan avulla syöttämällä .MAP110-ohjelmaan oikeat yhteysasetukset ja mittarin IP-osoite. Vektoridiagrammin avulla mittauksesta voidaan havaita väärät kytkennät, vialliset mittamuuntajat sekä mittauspiireissä olevat huonot liitokset.

Vektoridiagrammi on pysäytyskuva pyörivistä jännitteiden ja virtojen osoittimista. Kuvassa 38 (ks. seur. s.) esitetään L+G:n E650-sarjan mittarista luettu vektoridiagrammi. Osoittimien pyörimissuunta on vektoridiagrammissa myötäpäivään.



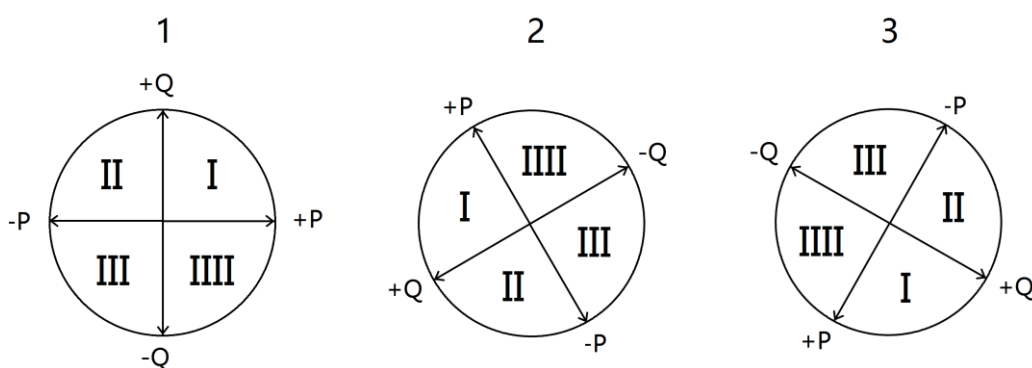
Kuva 38. L+G:n E650-mittarista luettu vektoridiagrammi.

Virran ja jännitteen välinen vaihe-ero riippuu loistehon tyypistä sekä siitä, otetaanko jakeluverkosta pätötehoa vai syötetäänkö sitä jakeluverkkoon. Kytkevävirheet havaitaan vektoridiagrammin osoittimien asennoista. Mittauspiirien viat, kuten vialliset mittamuuntajat ja huonot liitokset havaitaan virran ja jännitteen osoittimista sekä tehollisarvoista.

Koska L+G:n E650 on netottava mittari, josta ei ole saatavissa väärän tehonsuunnan hälytystä, ei yhden vaiheen väärä tehonsuunta näy normaalilla kolmivaihekuormituksella kytkentävirheellisten mittareiden raportissa. Väärä tehonsuunta näkyy kuitenkin mittauksen vektoridiagrammissa. Työhön päätettiin sisällyttää kaikkien E650-mittarilla varustettujen keskijännitemittauksien tarkastaminen etäluennan ja vektoridiagrammin avulla. Tarkastuksissa tarkastettiin mittauspiirien kunnot ja kytkentöjen oikeellisuudet. Tarkastuksissa havaittiin yksi mittaus, jossa oli kytkentävirheenä väärä tehonsuunta yhdellä vaiheella. Näitä tarkastuksia käsitellään luvussa 11.3.3.

Koska VES käyttää uusissa keskijännitekäyttöpaikoissaan E650-mittareita, laadittuun työohjeeseen määritettiin, että mittauksen vektoridiagrammi tarkastetaan ennen jälkitarkastuskäynnille lähtöä etäluennalla. Vektoridiagrammista otetaan tarkastuksen yhteydessä kuvakaappaus, joka arkistoidaan. Arkistoidun kuvan avulla voidaan todentaa, että tarkastus on tehty ja että mittaus on ollut tarkastuksen yhteydessä kunnossa.

Vektoridiagrammin tulkitsemisen avuksi tehtiin kuvan 39 mukaiset neljään kvadranttiin jaetut tehoympyrät. Tehoympyröitä on kierretty 120 asteen välein, jolloin niillä voidaan analysoida helposti vektoridiagrammin kolmea eri vaihetta. Silmän harjaantuessa tehoympyröitä ei ole tarvetta käyttää, vaan kaiken oleellisen osaa sanoa vektoridiagrammista nopealla vilkaisulla. Normaalisti vaihejärjestyksellä L1–L2–L3 tehoympyrällä yksi analysoidaan L1-vaihetta, tehoympyrällä kaksi L2-vaihetta ja tehoympyrällä kolme L3-vaihetta.



Kuva 39. Tehoympyrät vektoridiagrammin tulkitsemiseen.

Tiettyä vaihetta analysoidaan siihen tehoympyrään, jossa tehoympyrän +P-nuoli on kyseisen vaihejännitteen osoittimen suuntainen. Analysoidun vaiheen virran osoittimen sijainti kvadranteissa kertoo tehon tyyppin taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Kvadrantit ja tehon tyypit.

Kvadrantti	Tehon tyyppi
I	Kulutus ja induktiivinen loisteho
II	Tuotanto ja induktiivinen loisteho
III	Tuotanto ja kapasitiivinen loisteho
IIII	Kulutus ja kapasitiivinen loisteho

Normaalitilanteessa, jossa käyttöpaikassa ei ole tuotantoa, virran osoittimen tulee olla kvadrantissa I tai III, tai sitten +P-nuolen suuntainen. Muuten kyseessä on kytkentävirhe. Virran vaihe-ero voi olla enintään 90 astetta jännitteen osoittimesta suuntaan tai toiseen ilman, että tehon suunta muuttuu.

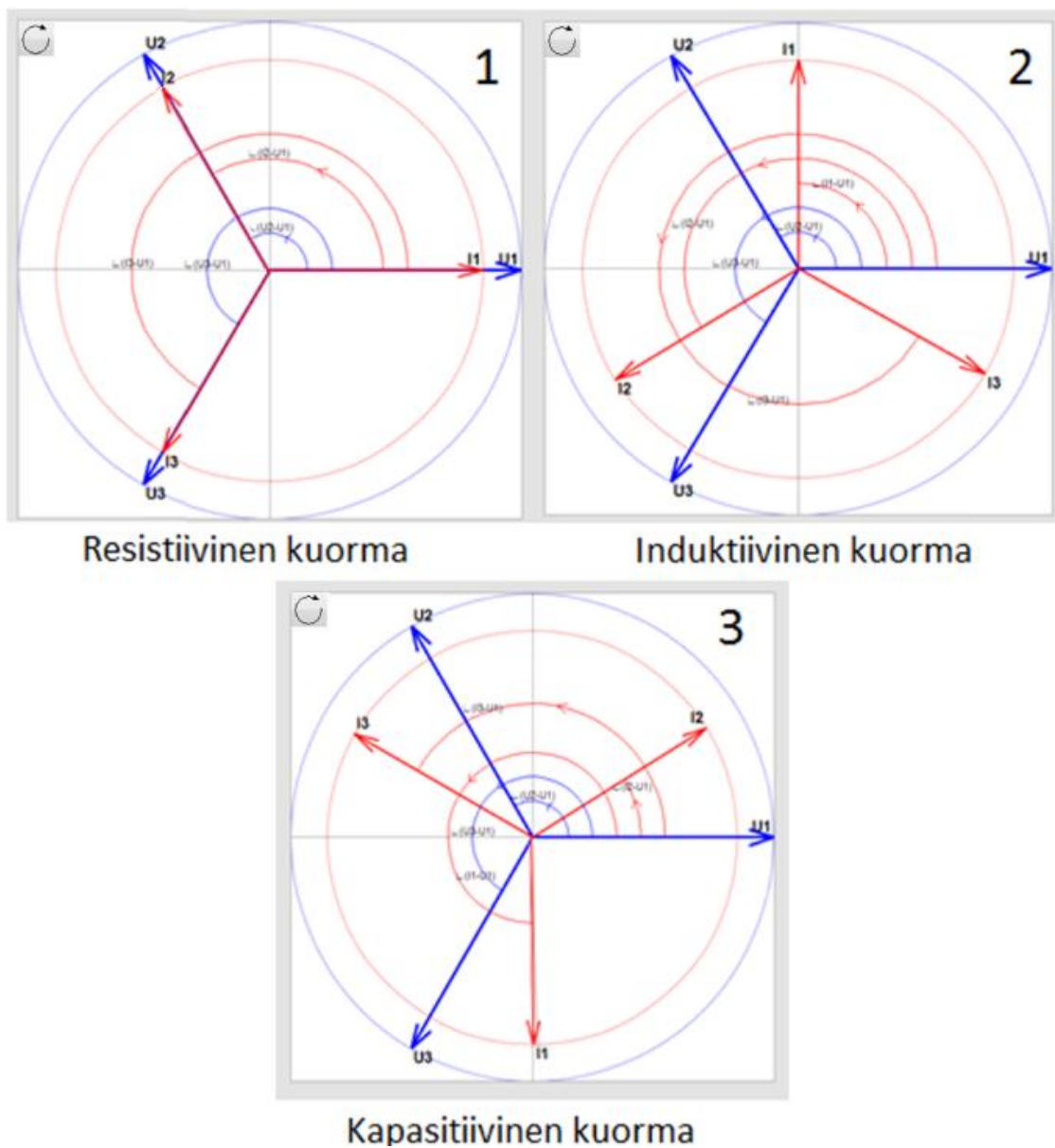
11.3.1 Kuorman tyyppin vaikutus vektoridiagrammiin

Vektoridiagrammin tutkimiseksi L+G:n E650-mittari kytkettiin VES:n mittarilaboratoriossa testipöytään ja kuvan 40 keinokuormituslaitteeseen. Keinokuormituslaitteesta voidaan säätää mittarille syötettävää jännitettä, virtaa ja näiden välistä vaihe-eroa. Tämän jälkeen mittariin muodostettiin etäyhteys .MAP110-ohjelmalla. Ensin tutkittiin, miltä erilaiset kuormat näyttävät vektoridiagrammissa. Tämän jälkeen kytkentään tehtiin erilaisia virheitä, joiden vaikutusta vektoridiagrammiin tarkasteltiin.



Kuva 40. Keinokuormituslaite.

Keinokuormituslaitteesta asetettiin vaihejännitteiksi 230 V ja vaihevirroiksi 3 A. Arvot pidettiin samoina mittauksien välillä. Jännitteen ja virran välistä vaihe-eroa muutettiin mittauksien välillä. Tällä nähtiin, miltä erityyppiset kuormat näyttävät vektoridiagrammissa. Kuvan 41 (ks. seur. s.) vektoridiagrammissa yksi jännitteen ja virran väliseksi vaihe-eroksi on asetettu on 0 astetta, vektoridiagrammissa kaksi 90 astetta ja vektoridiagrammissa kolme -90 astetta.



Kuva 41. Erityyppisten kuormien vaikutus vektoridiagrammiin

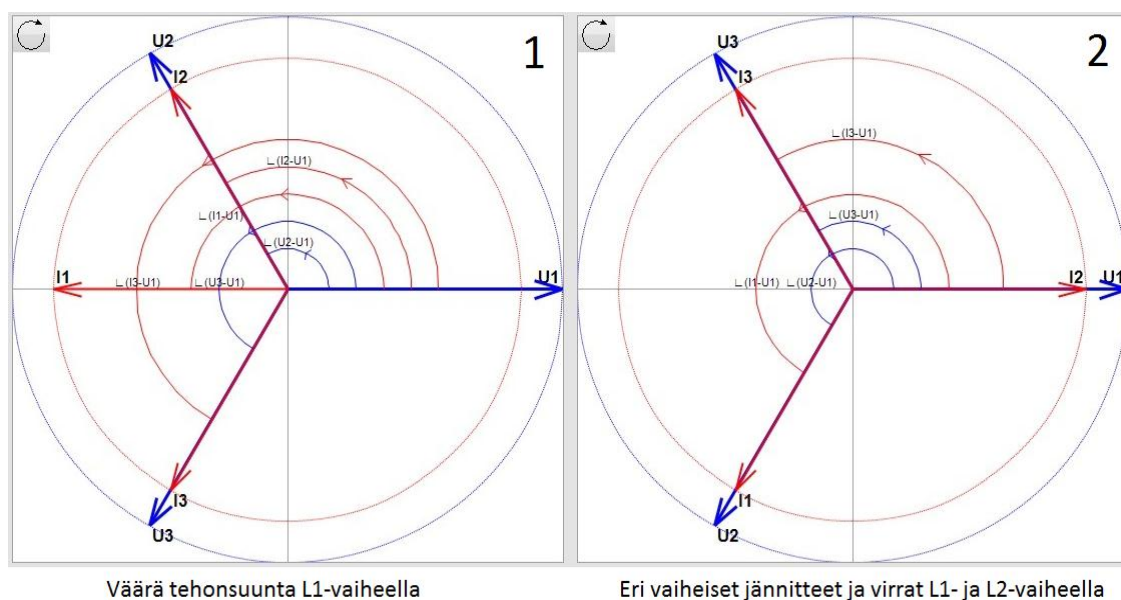
Vektoridiagrammista yksi havaitaan, ettei vaihekohtaisien jännitteiden ja virtojen välillä ole vaihe-eroa, jolloin kyseessä on puhtaasti resistiivinen kuorma. Puhtaasti resistiivinen kuorma on optimaalisin verkkoyhtiön kannalta, koska kuormassa ei ole loistehoa, joka lisäisi jakeluverkon kuormitusta.

Vektoridiagrammista kaksi havaitaan, että vaihekohtaiset virrat ovat 90 astetta vaihekohtaisia jännitteitä jäljessä. Tällöin kyseessä on puhtaasti induktiivinen kuorma. Virroilla ja jännitteillä olisi lähes vastaavanlaiset vaihe-erot, jos 20 kV:n mittauksen perässä oleva muuntaja kävisi tyhjäkäynnillä, eli sen perään ei olisi kytketty kuormaa.

Vektoridiagrammista kolme havaitaan, että vaihekohtaiset virrat ovat 90 astetta vaihekohtaisia jännitteitä edellä. Tällöin kyseessä on puhtaasti kapasitiivinen kuorma. Virroilla ja jännitteillä olisi lähes vastaavanlaiset vaihe-erot, jos käyttöpaikassa ei olisi ollenkaan kuormitusta mutta loistehoa ylikompensoitaisiin.

11.3.2 KytKentävirheiden havaitseminen vektoridiagrammin avulla

Mittaukseen tehtiin kytKentävirheitä, joiden vaikutusta vektoridiagrammiin tutkittiin. Jännitteen ja virran väliseksi vaihe-eroksi asetettiin 0 astetta. Keinokuormituslaitteen muut arvot pidettiin samoina kuin aikaisemmissa mittauksissa. KytKentävirheet esitetään kuvassa 42:



Kuva 42. KytKentävirheiden vaikutus vektoridiagrammiin.

Ensimmäisessä vektoridiagrammissa on kytKentävirheenä väärä tehonsuunta L1-vaiheella. KytKentävirhe havaitaan U1- ja I1-osoittimien 180 asteen vaihe-erosta.

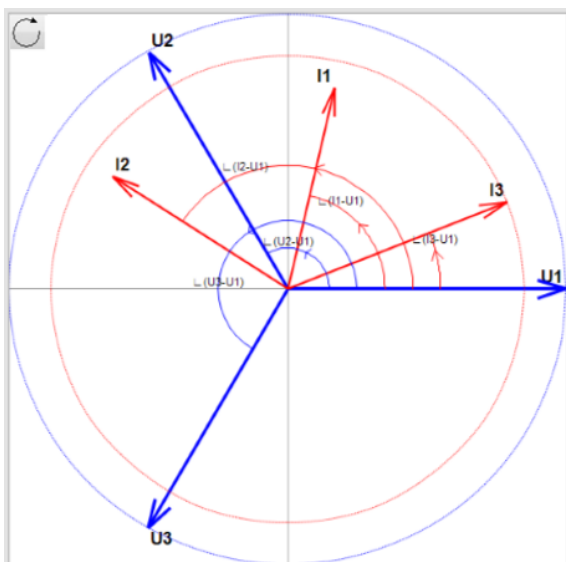
Toisessa vektoridiagrammissa jännitteet ja virrat eivät ole kytKentävirheen takia samanvaiheisia. KytKentävirhe havaitaan ristissä olevista vaihevirtojen osoittimista. I1-osoitin on U2-osoittimen suuntainen, ja vastaavasti I2-osoitin on U1-osoittimen suuntainen.

Kuvissa esitettyjen kytkentävirheiden lisäksi kytkentävirheenä voi olla myös esimerkiksi väärä vaihejärjestys. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta mittaukseen, kunhan jännitteet ja virrat ovat samanvaiheisia.

11.3.3 Etäluennalla tehdyt tarkastukset keskijännitemittauksille

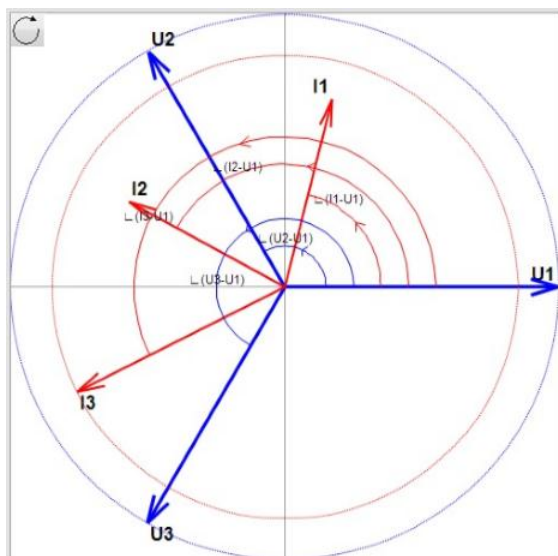
Työhön sisällytettiin kaikkien E650-mittareilla varustettujen keskijännitemittauksien tarkastamiset etäluennan avulla. VES:n verkossa on yhteensä 172 kpl E650-mittarilla varustettua keskijännitemittausta. Tarkastukset suoritettiin .MAP110-ohjelmistolla tarkastamalla mittauksen vektoridiagrammi etänä. Tarkastuksissa tarkistettiin mittauspöydien kunto sekä mittauksen kytkennän oikeellisuus.

Etäluennan avulla tehdyissä tarkastuksissa havaittiin yksi keskijännitemittaus, jossa oli kytkentävirhe. Mittauksen vektoridiagrammi näytti etäluennan avulla tehtävässä tarkastuksessa kuvan 43 mukaiselta. Vektoridiagrammista havaitaan loistehon aiheuttamat vaihe-erot sekä oleellisena asiana se, että L3-vaiheen jännitteellä ja virralla on yli 90 asteen vaihe-ero, mikä viittaa väärään tehonsuuntaan L3-vaiheella.



Kuva 43. Väärä tehosuunta L3-vaiheella.

Asentajan paikalla käynti vahvisti tilanteen. Asentaja korjasi kytkennän, minkä jälkeen vektoridiagrammi näytti etäluennan avulla tehtävässä tarkastuksessa kuvan 44 (ks. seur. s.) mukaiselle.



Kuva 44. Korjattu kytkentä.

Kuvasta voitiin havaita, että vaikka loistehoa on paljon, ei vaihekohtaisien jännitteiden ja virtojen vaihe-ero ylitä 90 astetta. Koska käyttöpaikka oli otettu käyttöön vasta muutama kuukausi sitten, kytkentävirheen johdosta oli jäänyt laskuttamatta kulutusta ainoastaan arviolta noin 8 000 kWh:n verran.

12 Laadukkaan ja tehokkaan sähkömittariasennuksen työhohje

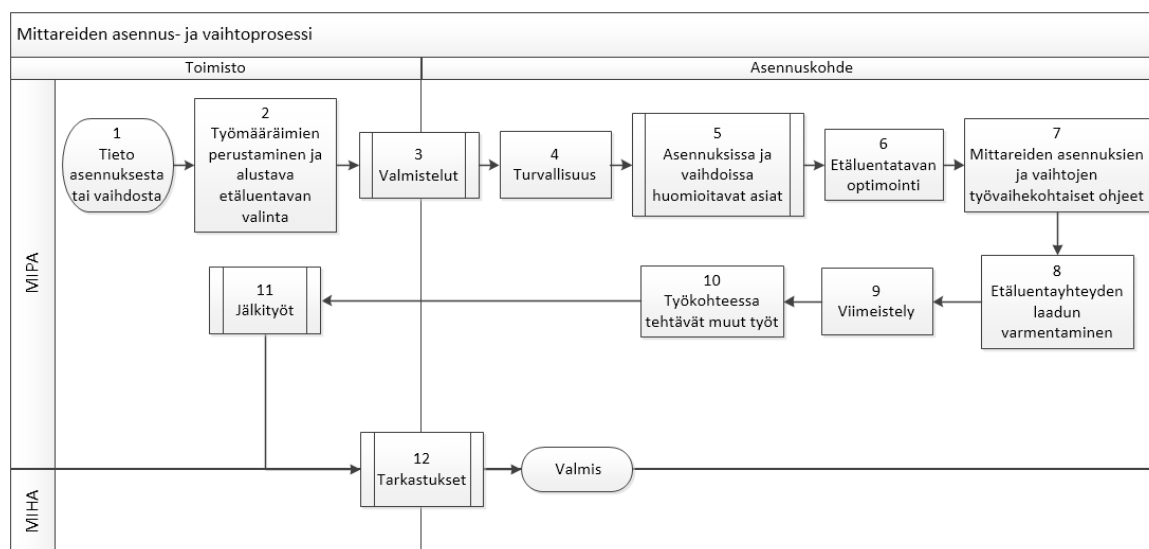
VES:illä ei ollut omaa ohjeistusta mittareiden asennuksiin liittyen lukuun ottamatta keskijännitemittarin asennusohjetta, joka on tehty pari vuotta sitten. Muissa tapauksissa mittareiden asennusohjeina ovat toimineet laitevalmistajien asennusoppaat ja manuaalit. Nämä ohjeistavat kuitenkin ainoastaan asennushetken työn eli pienen osan mittariasennusprosessista. Laitevalmistajien asennusoppaat ja manuaalit eivät myöskään ohjeista asennusprosessissa tehtäviä tarkastustoimenpiteitä. Jos esimerkiksi kytkentöjen tarkastaminen ei kuuluisi normaalin mittariasennusprosessin toimenpiteisiin, asennettuna olisi paljon väärin kytkettyjä mittauksia. Tämä koskee varsinkin epäsuoria 0,4 kV:n ja 20 kV:n mittauksia.

Ohjeistuksen puuttumisen takia asennusprosessissa on ollut eroja asentajakohtaisesti. Eroja on ollut myös jonkin verran mittauksille suoritettavien tarkastuksien tekemisessä. Mittauksille suoritettavat tarkastustoimenpiteet ja muutkin mittariasennukseen liittyvät asiat on opittu silloin, kun uusi asentaja on aloittanut työt ja kiertänyt vanhemman

asentajan kanssa niin sanotun harjoittelujakson ajan. Asiassa on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Uusi asentaja oppii hyvät tavat ja vastaavasti huonotkin tavat. Eri perehdyttäjiillä on ollut erilaiset työskentelytavat, jolloin ne ovat myös jalkautuneet erilaisina uusille asentajille. Kun asennusprosessille on olemassa työohje, työskentelytavat voidaan yhtenäistää ohjeen mukaisiksi.

Työssä laadittiin sähkömittareiden asennuksille työohje, joka kuvaa koko mittariasennusprosessin alusta loppuun saakka. Laadittu työohje noudattaa niin sanottua yhden käynnin periaatetta. Yhden käynnin periaatteena on tehdä asennukset kerralla kuntoon laadukkaasti ja tehokkaasti välttämällä turhia käyntejä. Yhden käynnin periaate sisältää myös sen, että kohteessa tehdään varsinaisen työn lisäksi muita mittaustoimintaan liittyviä tehtäviä. Kun muut tehtävät tehdään saman käynnin yhteydessä, ei kohteeseen tarvitse palata enää myöhemmin näiden asioiden takia.

Työohjeen rakenne laadittiin noudattamaan mittariasennusprosessia. Kuvassa 45 on esitetty työohjeen rakenne prosessikaavion muodossa. Prosessikaavion vaiheet koostuvat työohjeen luvuista. MIPA (mittaripaja) ja MIHA (mittaustiedon hallinta) kuvaavat prosessikaaviossa asiakkuudenhallintayksikön eri tiimejä. Yksityiskohtaisempi prosessikaavio löytyy työohjeen liitteenä olevasta toimintokuvauksesta.



Kuva 45. Työohjeen rakenne prosessikaavion muodossa.

Työohjeeseen laadittiin liitteeksi vaihekohtainen tarkistuslista. Tarkistuslistan eri kohdissa on viitattu työohjeen siihen lukuun, jossa kyseistä asiaa käsitellään. Lisäksi tarkistuslistan kääntöpuolelle laadittiin laadukkaan lopputuloksen tarkistuslista. Tarkistuslistojen avulla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä mittariasennusprosessissa.

Työohjeen liitteeksi laadittiin myös puute- ja vikalista mittareiden asennuksia varten. Puute- ja vikalistaan on listattu VES:n mittarointiin liittyvät suunnittelu- ja urakointiohjeet, sekä niiden noudattamiseen liittyvät yleiset puutteet tai viat. Suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattaminen tarkastetaan ennen mittarointia. Puute tai vika rastitaan listasta, jos asia ei ole käynnin yhteydessä kunnossa. Puutteista ja vioista ilmoitetaan urakoitsijalle, ja puute- ja vikalista jätetään kohteeseen. Urakoitsija korjaa puutteet ja viat sekä ottaa yhteyttä asentajaan uuden mittarointipäivän sopimiseksi. Urakoitsijaa laskutetaan turhasta käynnistä.

Laadittu työohje on liitteenä numero 2. Ohje on laadittu VES:n asiakirjapohjalle. Keski-jännitemittarin asennusohje on sisällytetty työohjeeseen pienillä muutoksilla. Kaikkia työohjeen asioita ei voida ottaa käyttöön ilman asennushenkilökunnan kouluttamista. Koulutus on tarkoitus pitää kevään 2015 aikana.

13 Toiminnan tehostaminen mittariasennusprosessissa

Seuraavaksi esitetään muutamia kehitysehdotuksia, joilla toimintaa voitaisiin saada tehokkaammaksi. Osa tehostamistoimista voitaisiin tehdä muuttamalla toimintatapoja, ja osa vaatii uusien laitteiden hankkimista.

13.1 Kunnossapitotöiden prioriteetit

Mittareiden kunnossapitotyöt kulkevat tikettijärjestelmän kautta. Tikettijärjestelmän tehtäville on mahdollista määrittää prioriteetti asteikolla 1–3, josta 3 on nykyään kiireellisin. Prioriteettikenttä voidaan myös jättää tyhjäksi. Prioriteettien käytölle ei ole nykyään olemassa varsinaisia ohjeita. Kunnossapitotyöt on kuitenkin tärkeää suorittaa optimaalisessa järjestyksessä, jotta toiminta on mahdollisimman tehokasta ja laadukasta. Nykyään kunnossapitotöitä ei suoriteta täysin optimaalisessa järjestyksessä.

Seuraavaksi määritellään kehitysehdotuksena kunnossapitotöiden prioriteetit eli oikeat suoritusjärjestykset. Vastakohtana nykyiselle käytännölle on, että ensimmäisenä tulee kiireellisin prioriteetti jne.

Prioriteetti 1

- etäkytkentätehtävät, joita ei ole saatu suoritettua luentajärjestelmästä käsin
- sähkön toimitukseen liittyvät mittariviat.

Prioriteetti 2

- mittauksen tarkkuuteen liittyvät viat
- lämmityksenohjausviat
- etäkatkaisutehtävät, joita ei ole saatu suoritettua luentajärjestelmästä käsin.

Prioriteetti 3

- kuulumattomat keskittimet ja *master*-mittarit
- häiriöt PLC-verkossa
- toistin- ja keskitinasennukset.

Prioriteetti 4

- yksittäisiin mittareihin liittyvät etäluennan yhteysongelmat
- muut tehtävät.

Prioriteetti 1

Kiireellisimpiä tehtäviä ovat sähkön toimitukseen liittyvät viat. Niihin kuuluvat etäkytkentätehtävät, joita ei ole saatu suoritettua luentajärjestelmästä käsin, sekä sähkön toimitukseen liittyvät mittariviat, kuten esimerkiksi vika mittarin etäkytkentälaitteessa. Etäkytkentälaitte voi vikaantua esimerkiksi siten, että yhden kärjen läpi ei mene jännite. Tällaiset viat pitää saada korjattua mahdollisimman nopeasti, jotta asiakkaalle aiheutuva haitta saadaan minimoitua.

Jos etäkytkentää ei saada tehtyä luentajärjestelmästä käsin, pitää asentaja lähettää paikan päälle tekemään kytkentä. Asiakkaille on luvattu sopimusehdoissa, että sähköjen kytkentä tapahtuu sähkönsopimuksen alkamispäivänä tietyn aikaikkunan sisällä.

Prioriteetti 2

Toisena tulevat mittauksen tarkkuuteen liittyvät viat, lämmityksenohjausviat sekä läpimenemättömät etäkatkaisut. Mittarin ensisijainen tehtävä on mitata sähköenergian kulutusta, ja vasta tämän jälkeen tulee etäluentaominaisuus. Kaikki mittauksen tarkkuuteen vaikuttavat viat pitää korjata mahdollisimman nopeasti.

Lämmityksenohjausviassa asiakkaalle aiheutuu vaivaa lämmityksen manuaalisesta ohjaamisesta. Usein viat ovat asiakkaan omissa laitteissa, kuten lämmityksen ohjauksen välireleessä tai lämmityksiä ohjaavassa kontaktorissa. Ilman paikan päällä käyntiä on kuitenkin vaikea sanoa, onko vika asiakkaan laitteissa vai mittarin ohjauksessa. Lämmityksenohjaus kuuluu verkkopalveluun, joten siihen liittyvät viat pitää korjata mahdollisimman nopeasti.

Myös läpimenemättömät etäkatkaisut tulee saada suoritettua nopeasti, koska asiakas on velvollinen maksamaan kulutuksen ainoastaan sähkönsopimuksen päättymispäivään asti.

Prioriteetti 3

Kolmantena tulee selvittää etäluennan yhteysongelmat, joilla on vaikutusta useisiin mittareihin. Tällaisia moniin mittareihin vaikuttavia yhteysongelmia ovat esimerkiksi kuulumattomat *master*-mittarit ja keskittimet sekä häiriöt PLC-verkossa. Selvittämällä ensin useisiin mittareihin liittyvät yhteysongelmat kuulumattomien mittareiden määrä saadaan pidettyä mahdollisimman alhaisena.

Useisiin mittareihin liittyvillä yhteysongelmilla on myös tapana kertaantua. Esimerkiksi kuulumattoman *master*-mittarin *slave* mittarille voi tulla etäkytkentätehtävä, jolloin kunnossapitotyö muuttuu kiireiseksi. Jos kuulumattoman *master*-mittarin yhteysvika johtuu operaattorin tukiasemaviasta, yhteysvikaa ei saada korjattua saman tien. Vian korjaaminen vie operaattorilta oman aikansa sen jälkeen, kun ilmoitus viasta on tehty. Tällaisessa tapauksessa se mittari, jolle on tullut kytkentätehtävä, joudutaan vaihtamaan uuteen. Tämä johtuu siitä, että etäkatkaistua mittaria ei voida nykyisillä työkaluilla kytkeä muuten kuin luentajärjestelmästä lähetettävällä käskyllä, mikä vaatii etäluentayhteyden toimimisen. Etäkytkentätehtävien todennäköisyys yksittäisten yhteysongelmaisten mittareiden kohdalla on pienempi.

Myös toistimien ja keskittimien asentaminen kuuluu kolmanteen kohtaan, koska niiden asentamisella saadaan korjattua useisiin mittareihin liittyviä yhteysongelmia.

Prioriteetti 4

Neljäntenä tulevat yksittäisiin mittareihin liittyvät etäluennan yhteysongelmat ja muut tehtävät.

13.2 Postinumeroalueiden työtehtävien hoito

Vaikka Vantaa on alueellisesti suhteellisen pieni, paikasta toiseen siirtymiseen kuluu yllättävän paljon aikaa. Siksi on tärkeää, että päivän työt ovat alueellisesti toistensa lähellä. Päivän mahdollisiin töihin kuuluvat muun muassa sähkö- ja kaukolämpömittareiden asennukset ja vaihdot, laskutukseen vaikuttavien vikojen korjaamiset, epäsuorien mittareiden jälkitarkastukset sekä sopimustapahtumiin ja perintään liittyvät

kytkentätehtävät. Kun päivän työt ovat alueellisesti toistensa lähellä, siirtymisiin käytetty aika saadaan minimoitua ja itse työhön käytettävä aika maksimoitua.

Mittareiden kunnossapitoon liittyvissä tehtävissä kohteessa suoritettavaan työhön saattaa kulua vähemmän aikaa kuin kohteeseen siirtymiseen. Esimerkkejä tällaisista töistä ovat viallisen tiedonsiirtomoduulin vaihtaminen tai irronneen RS485-kaapelin kiinnittäminen. Vaativimmissa tapauksissa aikaa kuluu jopa kymmenkertaisesti.

Kerrostalojen uudisasennuksien kohdalla samassa kohteessa saatetaan suorittaa asennuksia useita päiviä suurten mittarimäärien takia. Tällöin siirtymisiin kulutettu aika on minimissään itse asennustyöhön nähden.

Työtehtävät saataisiin tehtyä tehokkaammin, kun työt tehtäisiin asentajakohtaisesti postinnumeroalueittain. Tällöin siirtymisiin käytetty aika on minimissään ja työhön käytettävä aika maksimissaan. Postinnumeroalueet voisivat kiertää tietyin väliajoin, jolloin toisen asentajan tekemät epäsuorien mittauksien jälkitarkastukset tapahtuisivat ilman ylimääräisiä siirtymisiä. Postinnumeroalueiden kierto pitäisi yllä myös paikallistuntemusta, josta on etua lomien aikaisessa tehtävien hoidossa.

13.3 Kenttäkannettavan käyttö mittariasennukseen liittyvissä työtehtävissä

Mobiililaajakaistalla varustettujen kenttäkannettavien hankinnalla saataisiin tehostettua toimintaa. Kenttäkannettava mahdollistaisi kenttätyöskentelyssä yhteydet kaikkiin järjestelmiin, jolloin kaikki asentajien tarvitsema tieto olisi saatavilla kentällä työtehtäviä suoritettaessa. Tietojen hakeminen ja tulostaminen paperille ennen kohteeseen lähtöä loppuisi.

Kenttäkannettavan avulla saataisiin testattua etälumentalaitteiden yhteyksiä ja toimintoja. Asentaja voisi testata etälumentayhteyden toimivuuden saman tien, kun yhteysvialle on tehty korjaava toimenpide. Nykyään etälumentayhteyden testaaminen tapahtuu soittamalla toimistolla olevalle henkilölle tai laitevalmistajan tukeen. Nämä toimenpiteet vievät kahden henkilön aikaa, kun sama asia saataisiin hoidettua yhden henkilön toimesta.

Kenttäkannettavasta olisi suurta hyötyä myös PLC-verkon kunnossapitotöissä. Toistimelle voitaisiin etsiä optimaalisin paikka ennen asentamista. Toistimelle otettaisiin tällöin väliaikainen jännitesyöttö aiotusta asennuspaikasta esimerkiksi hauenleuoilla. Toistin vietäisiin tämän jälkeen kenttäkannettavan avustuksella luentajärjestelmän topologiaan, minkä jälkeen toistimen kuuluvuus ja sen kuuluvuutta parantava toiminta testattaisiin *pingaamalla* huonosti kuuluvia mittareita Putty-ohjelmistolla.

Testaamisen tuloksista riippuen toistimelle voitaisiin tehdä lopullinen asennus tai sille voitaisiin hakea saman tien optimaalisempi asennuspaikka. Nykyään asentajat tekevät toistinten topologiaan viemisen päivän päätteeksi toimistolla, joten jos toistimen paikka ei ollut optimaalinen, kohteeseen joudutaan palaamaan uudelleen.

Sama pätee myös sähköverkon häiriöiden paikantamiseen ja poistamiseen. Kun häiriötä aiheuttava laite poistetaan hetkeksi sähköverkosta, voitaisiin kenttäkannettavalla *pingata* muuntopiirin kuulumattomia mittareita. Tulosten perusteella saataisiin saman tien vaste siitä, oliko häiriötä aiheuttava laite ainoa vai onko niitä vielä lisää.

Esimerkiksi häiriötä aiheuttavan antennivahvistimen vaihtoon menee yleensä joitakin päiviä sen jälkeen, kun siitä on tehty ilmoitus isännöitsijälle. Vasta kun antennivahvistin on vaihdettu, saadaan vaste siitä, lähtivätkö mittareiden yhteydet toimimaan. Jos verkossa oli muitakin häiriölähteitä, joudutaan alueelle palaamaan suorittamaan uusia häiriömittauksia.

Kenttäkannettava voisi myös mahdollisesti toimia PDA-laitteiden korvaajana. Tämä kannattaa pitää mielessä, kun nykyisiä PDA-laitteita ollaan korvaamassa uusilla.

14 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työssä laadittiin laadukkaan ja tehokkaan sähkömittariasennuksen työohje. Työohje kuvaa mittariasennusprosessin alusta loppuun saakka. Työohje noudattaa niin sanottua yhden käynnin periaatetta. Yhden käynnin periaatteena on tehdä asennus kerralla kuntoon laadukkaasti ja tehokkaasti. Yhden käynnin periaate pitää sisällään myös sen, että työkohteessa tehdään varsinaisen toimenpiteen lisäksi myös muita mittaustoimintaan liittyviä tehtäviä.

Työohjeen liitteeksi laadittiin tarkistuslista, joka koostuu työohjeen eri luvuista ja sen myötä asennusprosessin eri vaiheista. Tarkistuslistan kääntöpuolelle laadittiin laadukkaan lopputuloksen tarkistuslista. Tarkistuslistojen avulla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä mittariasennusprosessissa. Lisäksi työohjeen liitteeksi laadittiin puute- ja vikalista asennuskohteita varten. Puute- ja vikalistaan on listattu VES:n suunnittelu- ja urakointiohjeet ja niihin liittyvät yleiset puutteet ja viat. Jos kohde ei ole vaatimuksien mukaisessa kunnossa mittarointipäivänä, asiasta ilmoitetaan urakoitsijalle ja puute- ja vikalista jätetään kohteeseen. Urakoitsijaa laskutetaan turhasta käynnistä. Urakoitsijan tulee ottaa yhteyttä asentajaan sopiaukseen uuden mittarointipäivän.

Laaditun työohjeen avulla saadaan yhtenäistettyä asentajien työskentelytavat sekä taattua asennuksen korkea laatu ja tehokas suoritus. Laadittua työohjetta voidaan käyttää tulevaisuudessa uuden asentajan tai kesätyöntekijän perehdyttämisen apuna. Työohje on laadittu VES:n tarpeisiin, mutta sitä voidaan käyttää pohjana myös muissa verkkoyhtiöissä, jolloin toimintatapoja saataisiin yhtenäistettyä verkkoyhtiöiden välillä. Tästä olisi etua varsinkin mittarointitöitä tekeville urakoitsijoille, kun eri verkkoyhtiöillä olisi samankaltaiset toimintatavat. Työohjetta olisi mahdollista kehittää ja jatkojalostaa sisällyttämällä siihen mittareiden kunnossapitotöihin liittyviä asioita.

Työssä saatiin kehitettyä mittauksien tarkastustoimintaa monin eri tavoin. Uudet tarkastustoimenpiteet sisällytettiin työohjeeseen. Suurimmat muutokset nykyisen toiminnan ja työohjeen välillä ovat seuraavat:

- Mittauksille tehtäville tarkastuksille on kirjallinen käytäntö, jolloin mittauksille tehtävät tarkastustoimenpiteet ovat yhtenäiset.
- Mittareiden asennuksien ja vaihtojen jälkeen asentaja tekee tarkastuksia luenta-järjestelmässä, jolloin mittauksen laatuun vaikuttaviin vikoihin reagoidaan nopeammin. Asentaja suorittaa viankorjaukset havaitessaan tarkastuksissa poikkeaman.
- Epäsuorien L+G:n E650-mittareiden asennuksille tehdään jälkitarkastus mittarista luettavan vektoridiagrammin avulla. Tarkastus tehdään etäluennalla ennen varsinaiselle jälkitarkastuskäynnille lähtemistä. Vektoridiagrammista on helposti havaittavissa kytkentävirhe ja sen tyyppi sekä mittauspiirien viat. Vektori-

diagrammista otetaan kuvakaappaus, joka arkistoidaan. Arkistoidusta kuva-kaappauksesta voidaan todentaa, että mittaukselle on suoritettu tarkastus etäluennan avulla ja että mittaus on ollut tarkastuksen yhteydessä kunnossa.

- Epäsuorat (0,4 kV:n) mittaukset tarkastetaan jälkitarkastuksen yhteydessä kenttätarkastuslaitteella. Kenttätarkastuslaitteella saadaan tarkastettua mittaus kokonaisvaltaisesti. Kenttätarkastuslaitteella tehtävä tarkastus ei juuri pidennä tarkastuskäyntiin käytettyä aikaa. Kenttätarkastuslaitetta käytetään nykyään mittauksien tarkastamiseen vikaepäilytapauksissa.
- Epäsuorien mittareiden vaihtojen jälkeen tehdään käytönvertailu vanhan ja uuden mittarin tuntitehoille mittaustiedonhallintajärjestelmässä. Tarkastuksella varmistetaan, ettei mittauksessa ollut vikaa ennen mittarin vaihtoa tai sen jälkeen.
- Epäsuorien mittareiden vaihdoissa tarkastetaan mittauksen toiminta ennen mittarin vaihtoa. Tarkastuksessa havaitaan mahdollinen mittauksessa ollut vika ja sen syy.
- Epäsuorien mittareiden vaihdoissa tarkastetaan mittausjohtimien liitoskohdat hapettumien ja huonojen kontaktien varalta.
- 20 kV:n mittauksien jälkitarkastuksessa lasketaan virtamuuntajien muuntosuhde mittarin ja pienjännitekeskuksen verkkoanalysointivirtojen avulla. Tarkastuksella voidaan varmistua virtamuuntajien muuntosuhteen oikeellisuudesta.

Uusilla tarkastustoimenpiteillä saadaan parannettua mittauksen laatua ja nopeutettua mittauksen laatuun liittyviin vikoihin reagoimista.

Työssä havaittiin, että mittauksien tarkastamisessa voitaisiin hyödyntää etäluentaa eri tavoin. Etäluennan avulla on muun muassa mahdollista havaita epäsuorissa mittauksissa mittausspiirien viat lukemalla mittareista vaihekohtaiset jännitteet ja virrat. Jos esimerkiksi yhdeltä vaiheelta puuttuu virta, virranmittauspiirissä on todennäköisesti vikaa.

Työssä suoritettiin etäluennalla tarkastukset 50 epäsuoralle mittaukselle lukemalla mittareista vaihekohtaiset jännitteet ja virrat. Tarkastuksissa havaittiin mittausta, jossa puuttui virta yhdeltä vaiheelta. Paikan päällä käynti osoitti, että mittauspiirien riviliittimet ja johtimet olivat niin hapettuneita, ettei mittausta mitannut yhden vaiheen kulutusta huonon kontaktin takia. On hyvin todennäköistä, että vastaavanlaisia tapauksia on lisää. Suositeltavaa olisikin, että epäsuorille mittauksille tehtäisiin määräajoin tarkastukset etäluennan avulla. Ensimmäiset kaksi tarkastusta voitaisiin tehdä esimerkiksi vuoden välein. Tarkastusväliä voitaisiin tarvittaessa säätää tuloksien perusteella optimaalisemmaksi.

Laittevalmistajilta oli tilattu hetki ennen insinööriyön aloittamista kytkentävirheellisten mittareiden raportit. Työssä havaittiin, että raporttien ulkopuolelle oli käytännössä jäänyt suuri osa epäsuorista mittauksista. Työssä selvitettiin, että mittauksien kytkentävirheet olisivat havaittavissa etäluennan avulla tehtävässä tarkastuksessa. L+G:n E600- ja E700-sarjan mittareilla väärät tehonsuunnat havaitaan, kun mittareista luetaan vaihekohtaiset tehot etäluennan avulla, jolloin väärä tehonsuunta näkyy negatiivisena tehona. L+G:n E650-sarjan mittareilla väärä tehonsuunta havaitaan, kun mittareista luetaan vektoridiagrammit tai virtojen vaihekulmat etäluennan avulla.

Työssä tarkastettiin kaikki L+G:n E650-mittarilla varustetut keskijännitemittaukset etäluennan avulla. Tarkastuksissa havaittiin mittausta, jossa oli kytkentävirheenä väärä tehonsuunta yhdellä vaiheella. Suositeltavaa olisikin, että kaikille L+G:n E600-, E650- ja E700-sarjan mittareille suoritettaisiin tarkastukset etäluennan avulla kytkentävirheen varalta.

Lähteet

- 1 Historia. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/tietoakonsernista/Sivut/Historia.aspx>>. Luettu 18.1.2015.
- 2 Tietoa Konsernista. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/Sivut/default.aspx>>. Luettu 18.1.2015.
- 3 Vantaa Energia -konsernin tilinpäätös 2013. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/media/Documents/Vantaan%20Energia%20konsernitilipaatös%202013.pdf>>. Luettu 18.1.2015.
- 4 Uusia latauspisteitä Vantaalle. 2014. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/uutiset2014/Sivut/uusialatauspisteitavantaalle.aspx>>. Luettu 18.1.2015.
- 5 Sähköverkko. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/Sivut/default.aspx>>. Luettu 18.1.2015.
- 6 Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n tilinpäätös 2013. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/media/Documents/Tilinpäätös%202013%20VES.pdf>>. Luettu 18.1.2015.
- 7 Tuotantolaitokset ja verkostot. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/TietoaKonsernista/tietoakonsernista/Sivut/Tuotantolaitoksetjaverkostot.aspx>>. Luettu 20.1.2015.
- 8 Sähköverkkotoiminta. 2014. Verkkodokumentti.
<<https://www.tem.fi/energia/sahkomarkkinat/sahkoverkkotoiminta>>. Luettu 18.1.2015.
- 9 Sähkömarkkinat. 2014. Verkkodokumentti.
<<https://www.tem.fi/energia/sahkomarkkinat>>. Luettu 18.1.2015.
- 10 Sähkön hinta. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/sahko/s%C3%A4hk%C3%B6nhinta/Sivut/default.aspx>>. Luettu 18.1.2015.

- 11 Verkkopalvelutuotteet. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/tuotteet/Sivut/default.aspx>>.
Luettu 18.2.2015.
- 12 Suunnitteluohjeet. SUM6-pienjännitelaskutusmittarin mittarointiohjeet. 2013. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/liittymaarakentaminen/Documents/SUM6%20Pienj%C3%A4nnitelaskutusmittarin%20mittarointiohjeet.pdf>>.
Luettu 27.1.2015.
- 13 Suunnitteluohjeet. SUM7-keskijännitelaskutusmittarin mittarointiohjeet. 2013. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/liittymaarakentaminen/Documents/SUM7%20Keskij%C3%A4nnitelaskutusmittarin%20mittarointiohjeet.pdf>>.
Luettu 27.1.2015.
- 14 Korpinen, Leena. Muuntajat ja sähkölaitteet. Verkkodokumentti.
<http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf>.
Luettu 15.2.2015.
- 15 Lindeman, Keijo – Sahinoja, Tapio, Sähkömittaustekniikan perusteet WSOY 2000 Porvoo
- 16 Current transformer. Verkkodokumentti.
<http://www.openelectrical.org/wiki/index.php?title=Current_transformer>.
Luettu 20.2.2015.
- 17 Energiapeili raportointipalvelun- käyttöohje. 2014. Verkkodokumentti.
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Asiakaspalvelu/Documents/Raportointipalvelun_k%C3%A4ytt%C3%B6hje.pdf>. Luettu 26.1.2015.
- 18 Tuntimittaussuositus. 2010. Verkkodokumentti.
<http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sanomaliikenne/untimittaussuositus_2010_linkit_paivitetty.pdf>. Luettu 18.2.2015.
- 19 AMM-tilanne. 2015. Sisäinen verkkodokumentti. Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Luettu 10.3.2015.
- 20 What is Power Line Communication. Verkkodokumentti.
<<http://www.powerethernet.com/product/what-is-powerline.html>>.
Luettu 15.2.2015.
- 21 EMPC 100 Concentrator. Verkkodokumentti.
<http://www.landisgyr.fi/webfoo/wp-content/uploads/product-files/EMPC100_GB_Fact_Sheet_v200.pdf>. Luettu 20.2.2015.

- 22 ERE2 Repeater. Verkkodokumentti.
<http://www.landisgyr.com/webfoo/wp-content/uploads/product-files/ERE2_EN_Fact_Sheet_v110.pdf>. Luettu 20.2.2015.
- 23 Älykkään sähkömittarin käyttöohje (Landis & Gyr Lime-sarja). Verkkodokumentti.
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/sahko/mittarinvaihto/Documents/LG_K%C3%A4ytt%C3%B6ohje_LiME-sarja.pdf>. Luettu 14.2.2015.
- 24 Tiedonsiirto. Verkkodokumentti.
<<http://www.aidon.com/fi/tiedonsiirto/>>. Luettu 16.2.2015.
- 25 Älykkään sähkömittarin käyttöohje (Aidon 6000-sarja). Verkkodokumentti.
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/sahko/mittarinvaihto/Documents/K%C3%A4ytt%C3%B6ohje_Aidon6000-sarja.pdf> Luettu 3.2.2015
- 26 Asentajan opas. 2014. Sisäinen dokumentti. Aidon Oy. Luettu 3.2.2015.
- 27 Aidon Gateway -peruskoulutus. 2011. Sisäinen verkkodokumentti. Aidon Oy. Luettu 13.2.2015.
- 28 Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n liittymisehdot. 2014. Verkkodokumentti.
<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/Documents/Ehdot_VES_Liittymisehdot_LE2014.pdf>. Luettu 11.2.2015.
- 29 LonWorks® PLCA-22 User's guide. 1999. Verkkodokumentti.
<<http://www.echelon.com/assets/bltcea4f63abe513eb6/078-0176-01A.pdf>>. Luettu 19.4.2015.
- 30 Suunnittelu- ja urakointiohjeet. SUM9. Liite 1. Netottaminen. 2014. Verkkodokumentti.
<<http://www.vantaanenergia.fi/fi/Sahkoverkko/liittymänrakentaminen/Documents/SUM9%20Liite%201.%20Netottaminen.pdf>>. Luettu 24.2.2015.

Uuden tiketin lisääminen tikettijärjestelmään

Tiketit - Uusi kohde

Muokkaa

Tallenna Peruuta Liitä Leikkaa Kopioi Liitä tiedosto Oikeinkirjoituksen tarkistus

Vahvista Leikepöytä Toiminnot Oikeinkirjoituksen tarkistus

Tehtävän kuvaus *

Asiakkaan nimi *

Asiakkaan puhelinnumero

Käyttöpaikkanumero *

Katuosoite *

Postinumero

Mittarin sijainti *

Lukitustieto

Muuntopiiri

Keskitin

Toistin

Mittarin numero

Nykyinen luentajärjestelmä *

Uusi luentajärjestelmä *

Prioriteetti 2

Kirjauspäivä * 4.2.2015

Sovittu päivä 00: 00

Vastuuhenkilö

Tila * Uusi

Lisätietoja

Otsikko

Kuvaus

Asennus
Vaihto
Suun. Vaihto
Poisto
Vika
Y63A
Tarkastus
1kk Tarkastus

Laadukas ja tehokas sähkömittariasennus – Työohje



Ohje

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

LAADUKAS JA TEHOKAS SÄHKÖMITTARIASENNUS TYÖOHJE

Sisällysluettelo

1 Ohjeen tarkoitus.....	1
2 Työmääräimen perustaminen ja alustava etäluentatavan valinta	1
3 Valmistelut	1
3.1 Yleiset valmistelut.....	1
3.2 Vaihtojen valmistelut.....	2
3.3 Asennuksien valmistelut	2
3.3.1 Epäsuora mittaus ja 2ek-kotelo	2
3.3.2 Keskiännitemittaukset.....	3
4 Turvallisuus.....	3
4.1 Turvallisuushuomioita.....	3
4.1.1 Rinnakkaissyötöt	4
4.1.2 Työskentely jännitteisien osien lähettyvillä	4
4.1.3 Vialliset pääkytkimet.....	4
4.1.4 Mittarin kiinnitysruuvit ja aluslevyt mittareiden vaihdoissa.....	4
4.1.5 Hapertuvat johtimet	5
4.1.6 Uuninluukkuvarokeykimet.....	5
4.1.7 Takajännitteet.....	5
4.1.8 Keskiännitemittareiden asennukset	6
5 Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat	6
5.1 Asennuksissa huomioitavaa	6
5.1.1 Suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattamisen tarkastaminen	6
5.1.2 Työmaalle saapuminen	7
5.1.3 Mittareiden ristikkotunnukset.....	7
5.2 Vaihdoissa huomioitavaa.....	8
6 Etäluentatavan optimointi	9
7 Mittareiden asennuksien ja vaihtojen työvaihekohtaiset ohjeet	9
8 Etäluentayhteyden laadun varmentaminen.....	9
8.1 Antennien sijoittelu (2G/3G ja Meshnet)	9
8.2 Aidonin mittarit.....	10
8.2.1 Master-/P2P-mittarit	10
8.2.2 RS-slave-mittarit.....	11
8.2.3 Meshnet-slave-mittarit	12

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

8.3 L+G:n E650	12
9 Viimeistely.....	12
10 Työkohteessa tehtävät muut työt	13
10.1 Kulkureittien ja keskustilojen merkitseminen	13
10.2 Epäsuorien mittauksien jälkitarkastukset.....	13
10.3 Mittaamattomien lähtöjen tarkastukset ja merkinnät.....	14
10.3.1 Käyttöön otetun mittaamattoman lähdön tunnistaminen.....	15
10.4 Kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset	15
11 Jälkityöt.....	15
11.1 Yleiset jälkityöt.....	15
11.2 Ilmoitukset mittausassistentille	15
11.3 Mittariviat ja mittausvirheet	16
12 Tarkastukset	16
12.1 Luentajärjestelmässä tehtävät tarkastukset.....	16
12.2 Käytönvertailu epäsuorien mittareiden vaihdoissa	17
12.3 Epäsuorien mittareiden jälkitarkastukset (0,4 kV/20 kV).....	17
12.3.1 Ennen jälkitarkastuskäyntiä tehtävät asiat.....	17
12.3.2 Jälkitarkastus	18
12.3.3 Jälkitarkastuksen jälkeen	19
13 Valvontarutiinissa huomioitavaa	19

LIITTEET

- LIITE 1. Mittariasennuksen tarkistuslista
- LIITE 2. Mittaroinnin puute- ja vialista
- LIITE 3. Suoran sähkömittarin asennus
- LIITE 4. Suoran sähkömittarin vaihto
- LIITE 5. Epäsuoran sähkömittarin (0,4 kV) asennus
- LIITE 6. Epäsuoran sähkömittarin (0,4 kV) vaihto
- LIITE 7. Epäsuoran sähkömittarin (20 kV) asennus
- LIITE 8. Epäsuoran sähkömittarin (20 kV) vaihto
- LIITE 9. Toimintokuvaus

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

1 Ohjeen tarkoitus

Tässä ohjeessa määritetään sähkömittareiden asennuksien ja vaihtojen toimintaohjeet. Ohjeen tarkoitus on varmistaa turvallinen työskentely sekä laadukas ja tehokas lopputulos. Ohjeen eri luvut noudattavat asennus- ja vaihtoprosessin vaiheita. Ohjeen liitteeksi on laadittu mittareiden asennuksiin ja vaihtoihin liittyvä vaihekohtainen tarkistuslista. Tarkistuslista on liitteenä 1.

Tarkistuslista täytetään jokaisesta asennus- tai mittarinvaihtokohteesta. Jos mittareita asennetaan tai vaihdetaan monimittarikeskuksesta, tarkistuslistaan täytetään osoite, liittymä ja monimittarikeskuksen tunnus. Yksittäisissä kohteissa tai kohteissa, joissa vaihdetaan muutama mittari, kirjataan osoite ja käyttöpaikat.

Ohjeen liitteeksi on laadittu puute- ja vikalista uudis- ja saneerauskohteita varten. Jos kohteessa on puutteita tai vikoja, niistä ilmoitetaan yleistietolomakkeen yhteyshenkilölle ja puute- ja vikalista jätetään asennuskohteeseen. Puute- ja vikalista on liitteenä 2.

2 Työmääräimen perustaminen ja alustava etäluentatavan valinta

Liittäjä toimittaa yleistietolomakkeen liittymäpalveluihin. Liittymäpalveluissa perustetaan tämän jälkeen mittauksille käyttöpaikat. Liittymäpalvelut lähettävät sitten tiedot uusista käyttöpaikoista mittausassistenteille. Mittausassistentti perustaa tämän jälkeen käyttöpaikoille työmääräimet PDA:lle.

Mittareiden etäluentatavasta tehdään alustava valinta asennus- tai vaihtotyömääräimen perustamisvaiheessa. Jokaiseen kohteeseen valitaan teknistaloudellisesti järkevin mittausratkaisu. Yhteystavan valinnassa käytetään apuna Mitelloa.

3 Valmistelut

3.1 Yleiset valmistelut

Ennen työkohteeseen lähtemistä tulee huolehtia seuraavista asioista:

- työmääräimet löytyvät PDA:lta
- sisäänpääsy tiedot on tarkastettu ja tarvittavat avaimet on haettu
- mittaroinnissa tarvittavat työkalut ja tarvikkeet ovat mukana
- työkohteen mittarit ja mittareiden tarvikkeet ovat mukana
- akuilla toimivat laitteet on ladattu
- henkilökohtaiset suojavälineet ovat mukana.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

3.2 Vaihtojen valmistelut

Tikettijärjestelmän vaihtotehtävät merkitään työn alle.

Mittarin vaihtaminen saattaa edellyttää sähköjakelun keskeyttämistä. Jos mittarin vaihto vaatii sähköjakelun keskeyttämisen, asiasta sovitaan asiakkaan kanssa etukäteen tai asiakkaalle ilmoitetaan vähintään kolme päivää aikaisemmin ennen aiottua mittarin vaihtoa. Sähköjakelun keskeytyksestä ilmoitetaan mittarinvaihtotiedotteella.

Kokonaisten kerros- tai rivitalojen mittareiden vaihdoista ilmoitetaan siten, että asiakkaat huomaavat asian. Esimerkiksi jos koko kerrostalon mittarit vaihdetaan, siitä ilmoitetaan kaikkien rappujen ilmoitustauluilla. Jos kiinteistön mittarin vaihto vaatii sähköjakelun keskeyttämistä, myös siitä ilmoitetaan esimerkiksi kohteen ilmoitustauluilla.

3.3 Asennuksien valmistelut

3.3.1 Epäsuora mittaus ja 2ek-kotelo

Yleistietolomakkeesta ilmenee, mikäli mittari asennetaan 2ek-koteloon. Jos mittari asennetaan 2ek-koteloon, 2ek-kotelon taustalevy valmistellaan mittaripajalla ennen kohteeseen lähtöä. Mittaripajan varastossa on taustalevyjä sekä kaikki valmistelussa tarvittavat tarvikkeet. Taustalevyyn asennetaan valmiiksi mittari, DIN-kisko, riviliittimet, kouru sekä johdotukset (kuva 1). Riviliitinpakka asennetaan siten, että erotuspala erottaa alaspäin.

Valmistelun lopuksi varmistetaan, että kytkentä on suoritettu oikein. Asennuskohteessa oleva taustalevy vaihdetaan valmisteltuun taustalevyyn. Asennuskohteen taustalevy otetaan talteen mittaripajan varastolle käytettäväksi seuraavassa asennuskohteessa.



Kuva 1. Valmisteltu 2ek-kotelon taustalevy.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

3.3.2 Keskijännitemittaukset

Keskijännitekohteissa työpari tekee kohteeseen tarkastuskäynnin vähintään viisi päivää ennen sovittua toimenpidettä. Tarkastuskäynnillä tarkastetaan mittaroinnin vaatimat edellytykset, suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattaminen sekä muut mittarointityöhön mahdollisesti vaikuttavat tekijät. Jos havaitaan, että kohde ei ole mahdollisesti mittarointikunnossa toivottuun mittarointipäivään mennessä, sovitaan urakoitsijan kanssa toimenpiteistä. Mahdollinen siirtynyt mittarointipäivä merkitään yleistietolomakkeeseen.

4 Turvallisuus

Työskentelyssä noudatetaan sähkötyöturvallisuusstandardia SFS 6002 sekä VES:n työturvallisuus- ja sähkötyöturvallisuusohjeita. Työskentelyssä käytetään asianmukaisia ja työhön soveltuvia suojavälineitä ja työkaluja. Käsityökaluina käytetään asianmukaisia ja ehjiä jännitetyökaluja. Jännitteenkoettimien toiminta testataan aina ennen jännitteettömyyden toteamista.

Työskentelyssä käytettäviä suojavälineitä ovat:

- turvakengät
- huomioväriset vaatteet
- kypärä
- kolhulakki
- silmäsuojaimet
- visiiri
- kuulosuojaimet
- hengityssuojaimet
- käsien suojat.

Suojavälineisiin liittyvä tarkempi ohjeistus on Vintrassa VES:n työryhmäsivuilla. Ohjeistus löytyy VES työsuojeluasiakirjat -kansion dokumentista Suojavälineiden käyttö.

4.1 Turvallisuushuomioita

Alle on koottu mittarointityön turvalliseen suorittamiseen liittyviä turvallisuushuomioita:

- rinnakkaissyötöt
- työskentely jännitteisien osien lähetyvillä
- vialliset pääkytkimet
- mittarin kiinnitysruuvit ja aluslevyt mittareiden vaihdoissa
- hapertuvat johtimet
- uuninluukkuvarokekytkimet
- takajännitteet
- keskijännitemittareiden asennukset.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

4.1.1 Rinnakkaissyötöt

Rinnakkaissyöttöjen vaiheistus tulee tarkastaa ennen sulakkeiden kytkemistä. Tarkastuksessa mitataan, ettei eri syöttöjen samojen vaiheiden välillä ole jännite-eroa. Eri vaihejärjestys syöttöjen välillä aiheuttaa kytkentävaiheessa oikosulun. Jos tarkastuksessa havaitaan jännite-ero syöttöjen samoissa vaiheissa, keskeytetään työskentely välittömästi ja otetaan yhteyttä urakoitsijaan.

4.1.2 Työskentely jännitteisien osien lähetyillä

Mittareiden asennuksissa ja vaihdoissa saatetaan joutua työskentelemään jännitteisten osien lähetyillä. Jännitteisten osien lähellä työskentelyssä noudatetaan SFS6002 (kohta 6.4) -standardin ohjeita ja VES:n sähkötyöturvallisuusohjeita.

4.1.3 Vialliset pääkytkimet

Suurissa mittauksissa työkohteen kuorma katkaistaan pääkytkimellä, minkä jälkeen tulee varmistaa, että pääkytkin on katkaissut jännitteen kaikilta vaiheilta. Jos pääkytkin ei kytke jännitettä kaikille vaiheille, pääkytkin ohitetaan asiakkaan sähkötoimituksen jatkamiseksi.

Viallinen pääkytkin merkitään kuvan 2 tarralla. Asiakasta ohjeistetaan ottamaan yhteys sähköurakoitsijaan ja vaihdattamaan pääkytkin mahdollisimman nopeasti uuteen.



**PÄÄKYTKIN
VIALLINEN**

Kuva 2. Pääkytkin viallinen -tarra.

4.1.4 Mittarin kiinnitysruuvit ja aluslevyt mittareiden vaihdoissa

Mittarin ylimmän kiinnitysruuvien kireyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota mittareiden vaihdoissa. Löysällä oleva kiinnitysruuvi saattaa pudota siinä vaiheessa, kun vanha mittari poistetaan mittariristikosta. Mittariristikosta putoava kiinnitysruuvi putoaa todennäköisesti keskuksen sisälle ja aiheuttaa mahdollisesti oikosulun.

Lisäksi tulee varmistaa, etteivät mittarin kiinnitysruuvien aluslevyt pääse putoamaan vanhan mittarin poistamisen yhteydessä. Keskuksen sisälle putoava aluslevy aiheuttaa vastaavasti oikosulun vaaran.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

4.1.5 Hapertuvat johtimet

Johtimien kuntoon tulee kiinnittää erityistä huomiota vanhojen sähkökeskusten mittareiden vaihdoissa. Vanhojen johtimien eriste saattaa olla haurasta, jolloin puutteellinen eristys saattaa aiheuttaa oikosulun tai sähköiskun vaaran. Mikäli johtimien rakenteessa ja eristävydessä on puutteita, työ keskeytetään ja asiasta tiedotetaan sähkölaitteiston haltijaa. Työ voidaan suorittaa loppuun puutteiden korjaamisen jälkeen.

4.1.6 Uuninluukkuvarokekytkimet

Jos joudutaan tekemään käyttötoimenpiteitä uuninluukkutyypisissä 0,4 kV:n kojeistoissa (kuva 3), työryhmässä on oltava aina vähintään kaksi työntekijää.



Kuva 3. Uuninluukkuvarokeytkin.

4.1.7 Takajännitteet

Jos mittarointitoissa havaitaan vaarallisia takajännitteitä, työskentely keskeytetään välittömästi ja lähtö merkitään kuvan 4 mukaisella taralla. Asiasta otetaan yhteyttä sähkölaitteiston haltijaan.

Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi suoran sähkömittarin vaihto, jossa mittarin etusulakkeiden poistaminen ei tee mittaria jännitteetömäksi. Tällaisia tapauksia on tullut vastaan muutamia viime vuosien aikana. Takajännite on johtunut asiakkaan sähkölaitteistossa olevasta viallisesta kytkennästä.



Kuva 4. Takajännitetarra.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

4.1.8 Keskijännitemittareiden asennukset

Kj-töiden työryhmässä on aina vähintään kaksi itsenäiseen sähkötyöhön kykenevää sähköalan ammattihenkilöä, joista toinen määrittää työryhmän sähköturvallisuuksien valvojaksi VES:n sähkötyöiden vastuut -pysyväismääräyksen mukaisesti.

Työryhmän jäsenet päättävät yhdessä työnsuunnittelun yhteydessä, kumpi asentaja toimii sähköturvallisuuksien valvojana ko. työssä.

Työstä vastaava henkilö (linjaesimies) ja työryhmä tekevät työstä kohdekohtaisen kirjallisen työsuunnitelman, jos kyseessä on poikkeava tai entuudestaan tuntematon sähköjärjestelmä. Työ voidaan suorittaa, kun työstä vastaava henkilö on hyväksynyt työsuunnitelman.

Jos työkohteen jännitteettömäksi tekeminen edellyttää kytkentöjä ja -keluverkolla, kytkentä on tilattava kytkijöiltä vähintään viisi arkipäivää ennen toivottua kytkentäajankohtaa.

Asiakkaan yhteyshenkilön tulee olla paikan päällä tarkastuskäynnin ja mittarin asennuksen aikana, jotta tarvittavat kytkennät sähkökojeistossa voidaan tehdä.

Kj-töissä käytetään ainoastaan kyseiseen jännitetasoon suunniteltuja ja soveltuvia työvälineitä. Uusien kj-työvälineiden hankinnan yhteydessä pyydetään lausunto VES:n työsuojelupäälliköltä, jotta varmistetaan työvälineiden hyväksyttävyydestä.

Asentajien käytössä on yksi kj-työvälinesarja, joka on kirjattu yhden työryhmäauton varustukseen. Käytännössä työvälineitä säilytetään mittaripajan varastossa.

5 Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat

5.1 Asennuksissa huomioitavaa

5.1.1 Suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattamisen tarkastaminen

Liittyjän tulee noudattaa VES:n suunnittelu- ja urakointiohjeita. Suunnittelu- ja urakointiohjeet löytyvät VES:n verkkosivuilta. Suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattaminen tarkastetaan ennen mittarointia liittyjän toimittamista dokumenteista sekä lisäksi mittarointivaiheessa. Asentajilla on ajantasaiset suunnitteluohjeet huoltoautossa mapitettuna. Mittarit asennetaan vasta sitten, kun on varmistettu suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattamisesta.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Mahdollisissa ristiriitatilanteissa viitataan VES:n verkkosivuilta löytyviin suunnittelu- ja urakointiohjeisiin. Havaituista puutteista ja vioista ilmoitetaan yleistietolomakkeen yhteyshenkilölle, ja kohteeseen jätetään liitteen 2 mukainen puute- ja vikalista. Urakoitsija ottaa yhteyttä puute- ja vikalistan yhteyshenkilöön sopiakseen uuden mittarointiajan. Urakoitsijaa laskutetaan turhasta käynnistä.

5.1.2 Työmaalle saapuminen

Uudis- tai saneerauskohteen työmaalle saavuttaessa toimitaan seuraavien vaiheiden mukaisesti:

1. Auto pysäköidään sille osoitetulle parkkipaikalle.
2. Suojavarusteet puetaan päälle viimeistään ennen autosta poistumista.
3. Työmaaperehdytys.
 - o Otetaan tarvittaessa yhteyttä yleistietolomakkeessa mainittuun yhteyshenkilöön työmaaperehdytyksen järjestämiseksi.
4. Tarkista, että kohde vastaa mittarointipyyntöä.
5. Varmista, että työkohteen olosuhteet mahdollistavat turvallisen työskentelyn.
6. Varmista, että VES:n suunnittelu- ja urakointiohjeita on noudatettu. Mikäli kohteessa on ohjeiden vastaisia puutteita, työ keskeytetään ja urakoitsijalle jätetään lista korjattavista asioista (liite 2). Urakoitsijaa neuvotaan sopimaan uusi mittarointipäivä. Turha käynti laskutetaan urakoitsijalta.
7. Varmista urakoitsijalta, että mittareille voidaan kytkeä jännite mittaroinnin jälkeen.

5.1.3 Mittareiden ristikkotunnukset

Mittareiden ristikkotunnusten tulee ennen mittareiden asentamista olla merkitty luotettavasti, kuten maalaamalla tai kilvellä. Monimittarikeskuksen numeroinnin tulee alkaa keskuksen vasemmasta yläkulmasta ja jatkua vaakariveittäin. Yhdistetyt monimittarikeskukset katsotaan merkittäessä samaksi keskukseksi.

Mittarointihetkellä olevat ristikkotunnukset merkitään mittarin kannen alle jäävään kohtaan. Viime vuosien aikana on tullut vastaan useampia tapauksia, joissa urakoitsija on muuttanut ristikkotunnuksia mittaroinnin jälkeen, jolloin huoneistojen numerointi on muuttunut. Tämä aiheuttaa sen, että VES:n järjestelmien tiedot eivät enää vastaa paikan päällä olevaa tilannetta, jolloin mittaukset ovat ristissä. Merkinnästä voidaan todentaa jälkeensä, mikä ristikkotunnus on ollut mittarin asennushetkellä (kuva 5).

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015



Kuva 5. Merkitty mittariristikko.

5.2 Vaihdoissa huomioitavaa

Ennen suoran kiinteistönmittarin vaihtoa tulee ottaa huomioon mahdolliset hissit. Hissit ajetaan alas ja niiden oven väliin laitetaan kapula, jolla estetään hissien tilaaminen ylemmistä kerroksista. Hissin oveen laitetaan tiedote käynnissä olevasta huoltotyöstä ja hissien käyttökiellosta sen aikana (kuva 6). Tiedote varustetaan asentajan nimellä ja puhelinnumerolla.



Kuva 6. Hissiin asetettava kyltti.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

6 Etäluentatavan optimointi

Lopullinen etäluentatavan valinta tehdään paikan päällä kohteen ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi epäsuorat mittaukset on vaihdettu etäluentaan ennen suoria mittauksia, jolloin kerrostalojen epäsuorissa kiinteistöjen mittauksissa on käytetty usein P2P-mittareita. Jos tällainen kiinteistön mittari on vaihdettava esimerkiksi yhteysvian takia uuteen, tulee ottaa huomioon samassa tilassa olevien muiden mittareiden etäluentatekniikka. Jos esimerkiksi samassa tilassa on huoneistojen mittareita, jotka käyttävät etäluennassa RS-tekniikkaa, epäsuora kiinteistön mittari vaihdetaan yhteystavaltaan RS-slave-mittariksi. RS-kaapeli jatketaan tällöin huoneiston mittarilta kiinteistön mittarille. Tämän takia huoltoautossa tulee olla mukana eri yhteystavoilla varustettuja mittareita.

Mittaroinnit pyritään suorittamaan mahdollisimman vähällä määrällä master- ja P2P-mittareita. Master- ja P2P-mittarit ovat huomattavasti arvokkaampia slave-mittareihin nähden, minkä lisäksi niillä on kausittaiset tiedonsiirtokulut. Kun valitaan jokaiseen kohteeseen optimaalinen tiedonsiirtotapa, saadaan vähennettyä mittareihin ja mittareiden luentaan kohdistuvia kustannuksia.

7 Mittareiden asennuksien ja vaihtojen työvaihekohtaiset ohjeet

Mittareiden työvaihekohtaiset vaihto- ja asennusohjeet ovat työohjeen liitteinä.

- Liite 3. Suoran sähkömittarin asennus
- Liite 4. Suoran sähkömittarin vaihto
- Liite 5. Epäsuoran sähkömittarin asennus (0,4 kV)
- Liite 6. Epäsuoran sähkömittarin vaihto (0,4 kV)
- Liite 7. Epäsuoran sähkömittarin asennus (20 kV)
- Liite 8. Epäsuoran sähkömittarin vaihto (20 kV)

8 Etäluentayhteyden laadun varmentaminen

Etäluentayhteyden laatu varmistetaan asennusvaiheessa, jottei kohteeseen jouduta palaamaan huonon kuuluvuuden takia. Etäluentayhteyden laadusta voidaan varmistua asennusvaiheessa eri etäluentatekniikoilla eri tavoin.

8.1 Antennien sijoittelu (2G/3G ja Meshnet)

2G/3G-antennille etsitään asennusvaiheessa optimaalinen paikka matkapuhelimen signaalinvoimakkuussovelluksella. Hyvä signaalinvoimakkuus on -85 dB. Asennuksen lopuksi kiinnitetään 2G/3G-antenni, kun mittarilta on ensin varmistettu etäluentayhteyden laatu.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Antennit tulee sijoittaa mittarivalmistajakohtaisen minimietäisyyden päähän mittarista ja asentaa aina metallisen kotelon ulkopuolelle. Metallinen kotelo muodostaa Faradayn häikin, joka vaimentaa tiedonsiirtoa tai estää sen kokonaan. Vaikka metallisessa kotelossa olisi ikkuna, antenni tuodaan kotelon ulkopuolelle. Tällainen kotelo on esimerkiksi 2ek-kotelo (kuva 7).

Joskus hyvän kuuluvuuden saavuttamiseksi joudutaan käyttämään antennijatkoja. Antennijatkoja käyttäessä tulee kuitenkin huomioida, että signaali vaimenee suhteessa antennijohdon pituuteen. Hyvä kuuluvuus pyritään saavuttamaan mahdollisimman lyhyellä antennijohdolla.



Kuva 7. 2ek-kotelon ulkopuolelle tuotu antenni.

8.2 Aidonin mittarit

Aidonin mittarit käyvät läpi asennusprosessin, kun mittarille kytketään jännite ensimmäisen kerran. Asennusprosessissa mittarit rekisteröityvät etäluentatavasta riippuen master-mittarille tai luontajärjestelmään.

8.2.1 Master-/P2P-mittarit

Meshnet-master-mittariin kytketään asennusvaiheessa kaksi LP901-antennia. Mittari on toisella antennilla yhteydessä luontajärjestelmään 2G/3G-verkon kautta ja toisella Meshnet-verkon slave-mittareihin. Yksi Meshnet-master-mittari voi lukea enintään 100 mittaria. Suositeltava mittarimäärä on kuitenkin 20–40 mittaria.

P2P- ja RS-master-mittareihin kytketään asennusvaiheessa yksi LP901-antenni. Mittarit ovat antennin välityksellä yhteydessä luontajärjestelmään 2G/3G-verkon kautta. Yksi RS-master-mittari voi lukea enintään 63 slave-mittaria. RS-kaapelin kokonaispituus saa olla enintään 100 metriä. RS-master-mittari asennetaan monimittariyksikössä keskuksen jompaan kumpaan yläreunaan.

Master- ja P2P-mittarit näyttävät asennusprosessissa 2G/3G-signaalin voimakkuuden palloina näytöllä. Pallojen määrä vaihtelee 1:n ja 6:n välillä. Mitä enemmän näytössä on palloja, sitä parempi

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

yhteydenlaatu on. Jos kohteessa on erittäin heikko kuuluvuus, mittari näyttää signaalin voimakkuuden näytöllä desibeleinä. Jos kohteessa ei ole ollenkaan signaalin kuuluvuutta, näytölle tulee teksti "NoSig", joka tarkoittaa 'ei signaalia'.

Signaalin voimakkuus tarkastetaan mittarin näytöltä, kun mahdolliset asennustilan ovet on suljettu. Kuuluvuuden tulee olla vähintään 3 palloa hyvän etäluentayhteyden saavuttamiseksi. Jos kuuluvuus on alle 3 palloa, sitä tulee parantaa siirtämällä antenni parempaan paikkaan. Jos mittarin asennusprosessi on mennyt läpi, signaalin voimakkuuden saa uudelleen näkyviin mittarin näytölle pitämällä näytön selausnappia pohjassa 5–9 sekuntia.

Kun mittari on rekisteröitynyt luentajärjestelmään ja asennusprosessi on mennyt läpi, mittari saa kellonajan ja päivämäärän.

Etäluentayhteyden laatu on varmistettu P2P- ja master-mittareiden osalta, kun mittareiden kuuluvuus on asennustilan ovet suljettuna vähintään 3 palloa, antenni(t) on tuotu metallisen kotelon ulkopuolelle ja mittarin asennusprosessi on mennyt läpi.

8.2.2 RS-slave-mittarit

RS-kaapeli kytketään master- ja slave-mittareiden välille ennen kuin mittareihin kytketään jännite. Jännite kytketään ensimmäisenä RS-master-mittarille. Kun master-mittarille on saavutettu hyvä etäluentayhteys (luku 8.2.1), kytketään RS-slave-mittarit yksitellen jännitteisiin. Jännitteisiin kytkemisen jälkeen odotetaan hetki, että mittari rekisteröityy RS-master-mittarille. Rekisteröityminen on mennyt läpi, kun slave-mittari on saanut kellonajan ja päivämäärän. Kun slave-mittarin asennusprosessi on mennyt läpi, seuraava slave-mittari voidaan kytkeä jännitteisiin.

RS-kaapeliin ei saa tehdä T-haaroituksia. Tarvittaessa kaapelia jatketaan alku- tai loppupäästä. Mittareiden välille jäävä ylimääräinen RS-kaapelin lenkki pujotetaan mittariristikon johto-aukosta keskuksen sisäpuolelle. Tällä pyritään ehkäisemään RS-kaapeleiden irtoamisesta johtuvia kuuluvuusongelmia. Asennuksen lopuksi tulee tarkastaa RS-kaapelien kiinnitys.

Etäluentayhteyden laatu on varmistettu RS-slave-mittarin osalta, kun mittari on rekisteröitynyt RS-master-mittarille, ylimääräinen RS-kaapelin lenkki on pujotettu mittariristikon johtoaukosta keskuksen sisälle ja RS-kaapelin kiinnitys on tarkastettu.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

8.2.3 Meshnet-slave-mittarit

Meshnet-slave-mittari rekisteröityy jännitteen kytkemisen jälkeen alueella olevalle Meshnet-master-mittarille. Kun rekisteröityminen on mennyt läpi ja asennusprosessi on valmis, mittari saa kellonajan ja päivämäärän.

Koska Meshnet-mittarit muodostavat mikroverkkoja, voi uuden slave-mittarin reitittyminen master-mittarille kestää jonkin aikaa.

Etäluentayhteyden laatu on varmistettu Meshnet-slave-mittarin osalta, kun asennusprosessi on mennyt läpi ja antenni on tuotu metallisen kotelon ulkopuolelle.

Ympäröivän Meshnet-verkon kuuluvuus voitaisiin tarkistaa Tritechin L-Tool-työkalulla. Työkalua ei ole tällä hetkellä käytössä, mutta se olisi perusteltua hankkia Meshnet-verkon kattavuuden tarkastamiseen.

8.3 L+G:n E650

E650-mittari on noussut GPRS-verkkoon, kun moduulin GSM-ledi vilahuttaa 2 kertaa 3 sekunnin väliajoin. Moduulin CON-merkkivalo ilmaisee signaalin voimakkuuden. Kun CON-merkkivalo palaa jatkuvasti, signaalin voimakkuus on hyvä. Jos CON-merkkivalo ei pala, signaalitaso on liian alhainen, jolloin antennille on etsittävä parempi paikka.

Etäluentayhteyden laatu on varmistettu, kun E650-mittari on noussut GPRS-verkkoon, CON-merkkivalo palaa jatkuvasti asennustilan ovet suljettuina ja antenni on tuotu metallisen kotelon ulkopuolelle.

9 Viimeistely

Työ viimeistellään seuraavilla toimenpiteillä:

- Siivotaan omat jäljet.
- Jätetään mittareiden luentaohje ja mittareiden vaihdoissa vaihtotiedote.
- Suoritetaan sinetöinti.
- Merkitään virtamuuntajien ja jännitesulakkeiden sijainti keskukseen tarralla, jos niitä ei ole merkitty aiemmin.
- Mittareiden vaihdoissa merkitään lämmityksiä ohjaava mittari kuvan 8 tarralla.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

**TÄMÄ MITTARI
OHJAA LÄMMITYKSIÄ**

Kuva 8. Lämmityksiä ohjaavaan mittariin asetettava tarra.

Sinetöitävät asiat:

- mittarin kansi
- virta- ja jännitemuuntajien kotelot
- mittaussiirien riviliittimien kotelot
- jännitevarokkeiden kotelot tai yhtenäinen kansi
- mittarin apusähkönsyöttö sulakkeineen
- liittymän pääkytkin ja päävarokekotelo
- ylijännitesuojien kotelot.

10 Työkohteessa tehtävät muut työt

Työkohteessa tehdään varsinaisen toimenpiteen lisäksi myös muita mittaustoimintaan liittyviä toimenpiteitä. Tällaisia toimenpiteitä ovat:

- kulkureittien ja keskustilojen merkitseminen
- epäsuorien mittauksien jälkitarkastukset
- mittaamattomien lähtöjen tarkastukset ja merkinnät
- kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset.

10.1 Kulkureittien ja keskustilojen merkitseminen

Kulkureitit ja keskustilat merkitään, jotta kohteeseen löydetään helposti perille tulevaisuudessa. Koska kaukolämpömittarin asennusvaiheessa kulkureitit ja tilat eivät ole yleensä merkittävässä kohteen varhaisen rakennusvaiheen takia, tehdään merkinnät myös mahdolliselle lämmönjakohuoneelle ja sen kulkureitille. Merkinnät tehdään kuvan 9 mukaisilla tarroilla:



Kuva 9. Kulkureittien ja keskustilojen merkintätarrat.

10.2 Epäsuorien mittauksien jälkitarkastukset

Kohteissa tarkastetaan saman käynnin yhteydessä mahdolliset epäsuorat mittaukset, joille ei ole vielä suoritettu jälkitarkastusta. Tällainen kohde saattaa olla esimerkiksi kerrostalo, jonka epäsuora kiin-

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

teistön mittaaminen on mittaroitu ennen huoneistoja. Tällöin epäsuora mittaaminen tarkastetaan huoneistojen mittaroinnin yhteydessä.

10.3 Mittaamattomien lähtöjen tarkastukset ja merkinnät

Kohteissa tarkastetaan, ettei mittaamattomia lähtöjä ole otettu käyttöön. Mittaamattomat lähdöt merkitään kuvan 10 mukaisella tarralla. Tarralla liimataan kiinni keskuksen kanteen, mahdolliseen mittaamattoman lähdön mittaristikkoon sekä jos mahdollista, sulakelähdön yhteyteen (kuva 11). Tarralla estetään mittaamattoman lähdön käyttöönotto vahingossa.

Mittaamattoman lähdön käyttöönotto on sähkövarkaus. Mittaamattomien lähtöjen käyttöönottoja on tullut vastaan viime vuosien aikana useampia. Suurimmillaan sähköä on kulutettu useiden vuosien aikana kymmenien tuhansien eurojen edestä.



Kuva 10. Mittaamaton lähtö -tarran.



Kuva 11. Merkitty mittaamaton lähtö.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

10.3.1 Käyttöön otetun mittaamattoman lähdön tunnistaminen

Käyttöön otetun mittaamattoman lähdön tunnistamisen piirteitä:

- Lähdön tunnus eroaa muista lähdöistä.
- Monimittarikeskuksesta lähtee pinta-asennettu kaapeli.
- Keskuksessa on sähkömittari, joka ei ole VES:n omistama.
- Mittariristikossa on huppuliittimet.

10.4 Kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset

Kohteissa suoritetaan käynnin yhteydessä kunnossapitotarkastus. Tarkastuksesta täytetään kunnossapitotarkastuslomake. Kunnossapitotarkastus ei koske uudiskohteita.

11 Jälkityöt

11.1 Yleiset jälkityöt

Toimistolle palaamisen jälkeen:

- Palautetaan kohdetta varten haetut avaimet.
- Tehdään tarvittavat muutokset tikettijärjestelmän tehtävälle.
- L+G:n mittareiden PDA:lla suoritettujen työmääriä puretaan luentajärjestelmään.
- Vaihdetut toimivat mittarit kerätään uusiokäytettävien mittareiden lavalle.
- Viallisten mittareiden käsittely luvun 11.3 mukaisesti.
- Epäsuoran mittarin tarkastuslomake viedään jälkitarkastettavien kohteiden lokeroon. Lisäksi kohde kirjataan epäsuorien mittareiden jälkitarkastustaulukkoon.
- Kunnossapitotarkastuslomake arkistoidaan sovittuun sijaintiin.
- 20 kV mittareiden asennuksissa mittamuuntajista ja mittauskennosta otetut kuvat arkistoidaan sovittuun sijaintiin.

11.2 Ilmoitukset mittausassistentille

Yleistietolomake toimitetaan mittarin asentamisen jälkeen mittausassistentille puumerkillä ja päivämäärällä varustettuna. 20 kV mittareiden asennuksissa ja vaihdoissa mittausassistentille toimitetaan asennus-/vaihtolomake. Mittausassistentille ilmoitetaan laskutettavat työt. Mittausassistenti perustaa asennuksesta tehtävän tikettijärjestelmään. Siitä ilmenee kohteen tiedot, mittarimäärä ja asentaja.

Jos mittarin vaihdossa havaittiin mittauksen tarkkuuteen vaikuttava vika, siitä ilmoitetaan yksityiskohtineen mittausassistentille. Tällaisia vikoja ovat esimerkiksi jänniteosoittimen puuttuminen mittarin näytöltä tai huono kontakti epäsuoran mittauksen mittauspirissä. Mittaus-

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

assistentti tekee viasta kulutusarvion ja laskutuskorjauksen. Epäsuorien mittauksien vioissa MIHA tekee kulutusarvion.

11.3 Mittariviat ja mittausvirheet

L+G:n E600-, E650- ja E700-sarjan mittareista on luettavissa mittaustiedot tietokoneella ja optisella lukupäällä. Jos tällainen mittari on vaihdettu yhteysvian takia uuteen, luetaan mittarista puuttuvat mittaustiedot talteen. Puuttuvat mittaustiedot siirretään tämän jälkeen luentajärjestelmään.

Jos viallisena vaihdetun mittarin takuu on voimassa, toimitaan seuraavasti:

- L+G:n mittarit:
Vialliselle mittarille täytetään huoltosaatetarra. Huoltosaatetarra kiinnitetään mittarin taakse.
- Aidonin mittarit:
Vialliselle mittarille täytetään huoltosaatetarra. Tarra kiinnitetään mittarin vasempaan kylkeen. Viallinen mittari rekisteröidään tämän jälkeen iAidon huoltojärjestelmään.

Takuukorjattavat mittarit viedään takuukorjattavien mittareiden hyllylle, jossa on paikat mittareille valmistajakohtaisesti. Jos viallisella mittarilla ei ole takuuta voimassa, mittari viedään romutuslavalle.

12 Tarkastukset

12.1 Luentajärjestelmässä tehtävät tarkastukset

Mittarin asentamisen ja vaihtamisen jälkeen tarkistetaan luentajärjestelmästä, että:

- mittarin etäluentayhteys toimii,
- mittarilla ei ole hälytyksiä,
- kulutuslukemien statustiedot ovat kunnossa,
- mittarin kulutus kertyy oikealle rekisterille sekä
- luentajärjestelmässä on katkeamattomat tunti-, päivä- ja yösarjat.

Tarkastukset tehdään noin pari päivää asennuksen tai vaihdon jälkeen. Jos tarkastuksissa havaitaan poikkeama, tehdään tarvittavat toimenpiteet asian korjaamiseksi. Sama tarkastusprosessi tehdään noin parin päivän kuluttua uudelleen.

Kun luentajärjestelmässä tehtävät tarkastukset on tehty ja kaiken on todettu olevan kunnossa, mittariasennuksen tarkistuslista arkistoidaan sovittuun sijaintiin.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

12.2 Käytönvertailu epäsuorien mittareiden vaihdoissa

Epäsuorien mittareiden vaihtojen jälkeen mittaustietovastaava tekee käytönvertailun mittaustiedonhallintajärjestelmässä. Käytönvertailu tehdään noin 7 päivää mittarinvaihdon jälkeen. Tähän mennessä asentaja on ehtinyt tehdä luentajärjestelmässä tehtävät tarkastukset sekä niihin perustuvat mahdolliset korjaustoimenpiteet. Käytönvertailussa verrataan käyttöpaikan tuntitehokuvaajassa vanhan ja uuden mittarin tuntitehoja. Huomiota kiinnitetään erityisesti mittarinvaihtohetkeen. Vanhan ja uuden mittarin tuntitehojen tulisi olla suurin piirtein samansuuruisia ($\pm 10\%$).

Jos käytönvertailussa havaitaan poikkeama, ilmoitetaan asiasta vaihdon tehneelle asentajalle. Asentaja käy tarkastamassa kohteen ja korjaamassa mahdolliset viat.

Jos tarkastuskäynnillä ei havaittu vikaa, siitä ilmoitetaan käytönvertailun tehneelle henkilölle. Jos kohteessa havaittiin ja korjattiin vikoja, asiasta yksityiskohtineen ilmoitetaan käytönvertailun tehneelle henkilölle ja mittausassistentille. MIHA tekee kulutusarvion ja mittausassistenti laskutuskorjauksen.

12.3 Epäsuorien mittareiden jälkitarkastukset (0,4 kV/20 kV)

Epäsuorien mittareiden asennuksille tehdään jälkitarkastus kuukauden sisällä mittaroinnista. Mittarille on yleensä kuukauden aikana tullut kuormaa. Kuormaa tarvitaan, jotta tarvittavat tarkastukset saadaan tehtyä. Tarkastuksesta täytetään epäsuoran mittarin tarkastuslomake.

12.3.1 Ennen jälkitarkastuskäyntiä tehtävät asiat

Ennen jälkitarkastuskäynnille lähtöä tarkastetaan luentajärjestelmää, että mittarille on tullut kuormaa eli että mittarille on kertynyt kulutusta.

Luentajärjestelmästä tarkastetaan kumulatiivinen lukema A-- ja A+-rekistereille. Normaalisti mittarilla tulee olla arvoja vain A+-rekisterillä. Jos A--rekisterillä on arvoja, mittarilla on todennäköisesti kytkentävirhe. Luentajärjestelmän A+-rekisterin lukema otetaan ylös, koska sitä verrataan jälkitarkastuskäynnillä mittarin näytön lukemaan.

Koska virtamuuntajien toisioon jääneet oikosulkupalat voivat kuitenkin estää kulutuksen kertymisen, tehdään mittaukselle jälkitarkastus viimeistään 2 kuukauden kuluessa mittaroinnista, vaikka mittarille ei olisi kertynyt kulutusta.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Kj-mittauksissa verrataan mittaustiedonhallintajärjestelmän kerrointa mittamuuntajien muodostamaan kertoimeen (otetut kuvat). Pj-mittauksien kohdalla mittaustiedonhallintajärjestelmän kerroin kirjataan ylös epäsuoran mittarin tarkastuslomakkeeseen, koska sitä verrataan jälkitarkastuskäynnillä virtamuuntajien muuntosuhteeseen.

E650-mittareilla varustetuissa mittauksissa tarkastetaan mittauksen vektoridiagrammi .MAP110-ohjelmistolla etäluennalla. Tarkastus tehdään, kun on havaittu, että mittauksen pääpiiriin on kertynyt kuormaa. Vektoridiagrammista otetaan kuvakaappaus joka rajataan siten, että mittarin sarjanumero näkyy kuvassa. Vektoridiagrammi tallennetaan sovittuun sijaintiin. Tiedoston nimeksi annetaan käyttöpaikkanumero.

12.3.2 Jälkitarkastus

Jälkitarkastuskäynnillä tehdään seuraavat asiat:

- Tarkasta mittarin näytöltä että kaikki on kunnossa.
 - Jänniteosoittimet, virheilmoitukset ym.
- Vertaa mittarin näytön lukemaa ja luentajärjestelmän lukemaa toisiinsa.
- Tarkasta virtamuuntajien muuntosuhteen oikeellisuus. Vertaa mittaustiedonhallintajärjestelmän kerrointa virtamuuntajien muuntosuhteeseen. Tarkasta myös taakan ja tarkkuusluokan oikeellisuus. (pj-kohteet)
- Tarkasta, että mittari mittaa jokaisella vaiheella (yksivaiheko), ja että jokaisen vaiheen tehonsuunta on +P (kj-kohteet).
- Tarkasta, että johtimet ovat kunnolla liittimissä, ja ettei johtimen eriste ulotu liittimeen asti.
- Tarkasta, että liitokset ovat kireällä.
- Tarkasta mittaus PWS 2.3-kenttätarkastuslaitteella (pj-kohteet).
- Täytä epäsuoran mittarin tarkastuslomake.

Kj-kohteissa lasketaan lisäksi virtamuuntajien muuntosuhde pj-keskuksen verkkoanalysointivirtojen ja kj-mittauksen virtojen avulla. Laskentaa varten soitetaan mittaustietovastaavalle, joka lukee kj-mittarista vaihekohtaiset virrat etäluennalla. Kun arvot on saatu luettua, ottaa asentaja kuvan pj-puolen verkkoanalysointivirtojen näytöstä. Mittaustietovastaava lähettää luetut tiedot asentajan matkapuhelimeen kuvakaappauksena. Asentaja laskee tämän jälkeen virtamuuntajien muuntosuhteen vaihekohtaisesti seuraavalla sivulla olevalla kaavalla.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

$$\mu_L = \frac{\frac{I_v}{U_{1n}}}{\frac{I_m}{U_{2n}}} = \frac{\frac{I_v}{20 \text{ kV}}}{\frac{I_m}{400 \text{ V}}} = \frac{I_v}{I_m} \cdot \frac{50}{1}$$

I_v = verkkoanalysoijan mittaama virta

I_m = mittarin mittaama virta

μ_L = virtamuuntajan laskennallinen muuntosuhde

U_{1n} = jakelumuuntajan ensiön nimellijännite

U_{2n} = jakelumuuntajan toisiosion nimellijännite

Laskut tehdään epäsuoran mittarin tarkastuslomakkeeseen. Lasketun muuntosuhteen tulee vastata virtamuuntajien todellista muuntosuhdetta.

12.3.3 Jälkitarkastuksen jälkeen

Jos jälkitarkastuksessa havaittiin ja korjattiin mittauksen tarkkuuteen vaikuttaneita vikoja, ilmoitetaan näistä yksityiskohtineen mittausassistentille. Mittausassistentti välittää tiedon MIHA:lle, joka tekee kulusarvion. Mittausassistentti korjaa laskutuksen. Epäsuoran mittarin tarkistuslomake arkistoidaan sovittuun paikkaan.

13 Valvontarutiinissa huomioitavaa

Mittauksille suoritetaan päivittäin normaalin valvontarutiinin mukaista valvontaa. Asennetut mittarit näkyvät käytännössä heti vikalistoilta, jos niissä on jotain ongelmia. Mittareista tehdään vikatehtävä kuitenkin aikaisintaan 7 päivän kuluttua. Tähän mennessä asentaja on ehtinyt tehdä luontajärjestelmässä tehtävät tarkastukset ja niiden perusteella mahdolliset korjaukset. 7 päivän aikaraja ei koske kiireisiä vikoja, kuten läpimienettäviä etäkytkentöjä.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Mittariasennuksen tarkistuslista

Liittymä: _____ Käyttöpaikka: _____
Osoite: _____
_____ MMK(t): _____

	Työohje	Suoritettu työohjeen mukaisesti
Valmistelut	Luku 3	<input type="checkbox"/>
Turvallisuus	Luku 4	<input type="checkbox"/>
Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat	Luku 5	<input type="checkbox"/>
Etäluentatavan optimointi	Luku 6	<input type="checkbox"/>
Asennuksien ja vaihtojen työvaiheet	Luku 7	<input type="checkbox"/>
Etäluentayhteyden laadun varmentaminen	Luku 8	<input type="checkbox"/>
Viimeistely	Luku 9	<input type="checkbox"/>
Työkohteessa tehtävät muut työt	Luku 10	<input type="checkbox"/>
Laadukas lopputulos (työkohteessa)	Tarkistuslistan kääntöpuoli	<input type="checkbox"/>
Jälkityöt	Luku 11	<input type="checkbox"/>
Tarkastukset (luentajärjestelmässä)	Luku 12	<input type="checkbox"/>
Laadukas lopputulos (työn jälkeen)	Tarkistuslistan kääntöpuoli	<input type="checkbox"/>

Havainnot: _____

Asentaja: _____ Pvm: _____

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Laadukkaan lopputuloksen tarkistuslista**Työkohteessa:**

- Käyttöpaikan sulakekoko on tarkastettu ja syötetty PDA:lle.
- Mittarin kannen alle jäävään tilaan on merkitty ristikkotunnus (asennukset).
- Mittamuuntajien oikeellisuus on tarkastettu.
- Mittarin kytkentä on tarkastettu ja mittari on kytketty oikein.
- Mittarin kytkentätila on muutettu oikeaksi.
- Etäluentayhteyden laatu on varmistettu.
- Mittarin näyttö on tarkastettu ja näytöllä kaikki ok.
- PDA-työt on tehty.
- Epäsuoralle mittarille on asetettu kerrointarra.
- Sinetöinnit on suoritettu.
- Omat jäljet on siivottu.
- Mittarin luentaohje on jätetty.
- Mittarin vaihtotiedote on jätetty.
- Virtamuuntajien ja jännitesulakkeiden sijainti on merkitty keskukseen tarralla.
- Useiden mittareiden keskuksissa lämmityksiä ohjaava mittari on merkitty tarralla (vaihdot).
- Kohteen jälkitarkastamattomille epäsuorille mittareille on suoritettu jälkitarkastus.
- Mittaamattomat lähdöt on tarkastettu ja merkitty.
- Kunnossapitotarkastus on suoritettu (vaihdot).
- Kulkureiitit ja keskustilat on merkitty.

Työn jälkeen:

- Kohdetta varten haetut avaimet on palautettu.
- PDA:n työmääräimet on purettu luentajärjestelmään.
- Tikettijärjestelmän tehtävälle on tehty tarvittavat muutokset.
- Epäsuorien mittareiden asennukset on kirjattu jälkitarkistettavien kohteiden taulukkoon
- Mittamuuntajista ja mittauskennosta otetut kuvat on arkistoitu (20 kV)
- Yleistietolomake on täytetty ja palautettu mittausassistentille.
- Muut lomakkeet on käsitelty asianmukaisesti.
- Laskutettavat työt on välitetty mittausassistentille laskutettaviksi.
- Mittausvioista ja mittausvirheistä on ilmoitettu mittausassistentille.
- Takuunalaisille viallisille mittareille on täytetty ja liimattu saatetarrat. Aidonin mittarit on myös rekisteröity iAidon-huoltojärjestelmään.
- Vaihdetut sekä vialliset mittarit on viety asianmukaiselle hyllylle tai lavalle.
- Luentajärjestelmässä tehtävät tarkastukset on tehty ja mahdolliset korjaustoimenpiteet on suoritettu.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Mittaroinnin puute- ja vikalista

Mittarointia ei voitu suorittaa puutteiden tai vikojen takia. Ylimääräisestä turhasta käynnistä veloitetaan jakeluverkon haltijan hinnaston mukainen veloitus. Sähköurakoitsija takaa mittarointia tilatesaan, että kohde on toteutettu Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n suunnittelu- ja urakointiohjeiden mukaisesti, ja että kohde on mittaroitavissa toivottuna mittarointipäivänä. Suunnittelu- ja urakointiohjeet löytyvät Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n verkkosivuilta.

Alle on listattu käynnillä havaitut puutteet ja viat. Urakoitsijan on otettava yhteyttä dokumentissa mainittuun yhteyshenkilöön uuden mittarointipäivän sopimiseksi. Puutteet ja viat tulee korjata ennen mittaroinnin suorittamista.

Käynnillä havaittiin seuraavat puutteet tai viat, jotka estivät mittaroinnin:

SUM1 Mittaroinnin yleisohjeet	
Väärä mittaustapa pääsulakkeisiin nähden ($\leq 3 \times 63$ A suora ja yli 3×63 A epäsuora).	
Mittarit on sijoitettu asuntoihin tai liiketiloihin.	
Sinetöintimahdollisuuksissa on puutteita.	
Muu	

SUM2 Energia- ja mittaustiloja koskevat ohjeet	
Mittariristikoiden lopulliset merkinnät puuttuvat (merkinnät esim. maalauksella tai kilvellä).	
Mittariristikon numerointi on virheellinen (numeroinnin tulee alkaa juoksevasti vasemmasta yläkulmasta vaakareivittäin, toisiinsa yhdistetyt monimittarikeskukset katsotaan numeroitaessa yhdeksi keskukseksi).	
Mittarikomeroiden välinen kaapelireitti puuttuu (reitti antennille/väyläkaapeloinnille).	
Muu	

SUM3 Saneerauskohteita koskevat ohjeet	
Muu	

SUM4 Etäluentaa koskevat ohjeet	
Mittarin antennille ei ole kaapelireittiä keskustilasta ulkotilaan.	
Muu	

SUM5 Sähkölämmityksen ohjauksien kytkentäohjeet	
Sähkölämmityksien ohjauksia ei ole toteutettu huoneistokohtaisesti.	
Muu	

SUM6 Pienjännitelaskutusmittarin mittarointiohjeet	
Mittarilla ei ole M2-alustaa.	
Mittareiden kiinnitysruuvit eivät ole kiinnitettyinä mittariristikoon.	
Epäsuoran mittauksen mittausjohtimien poikkipinta on väärä (tulee olla vähintään $2,5 \text{ mm}^2$).	
Virtamuuntajissa on väärä muuntosuhde.	

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

SUM6 Pienjännitelaskutusmittarin mittarointiohjeet	
Virtamuuntajat eivät ole hyväksytyä tyyppiä.	
Virtamuuntajien toisiopiiriin on kytketty mittaukseen liittymättömiä laitteita.	
Virtamuuntajien tehonsuunta on väärinpäin.	
Virtamuuntajien nimellistaakka on väärä.	
Virtamuuntajien toisiovirta on väärä (tulee olla 5 A).	
Virtamuuntajien tarkkuusluokka on väärä (tulee olla 0,2S).	
Virtamuuntajissa on useampi ensiolävistys (sallitaan vain yksi).	
Epäsuoran mittauksen mittausjohtimien riviliittimet eivät ole vaatimuksen mukaiset.	
Suoran mittarin päävirtapiiriin johdintyyppi ei ole vaatimuksen mukainen.	
Muu	

SUM7 Keskijännitelaskutusmittarin mittarointiohjeet	
Virtamuuntajat ovat virtapiirissä ennen jännitemuuntajia (tulee olla toisinpäin).	
Virtamuuntajien tehonsuunta on väärinpäin.	
Mittausjohtimien poikkipinta on väärä (tulee olla vähintään 2,5 mm ²).	
Mittausjohtimien riviliittimet eivät ole vaatimuksen mukaiset.	
Mittausjohtimien suojaamisessa on puutteita.	
Muu	

SUM9 Pientuotannon mittarointiohjeet	
Muu	

Muut mittaroinnin estävät puutteet tai viat	
Muu	

Lisätietoja:

Käyntiaika ja yhteyshenkilö:

Pvm/klo: _____

Nimi: _____

Puh: _____



Ohje

1

Liite 3

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

**SUORAN SÄHKÖMITTARIN ASENNUS
TYÖVAIHEKOHTAINEN OHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

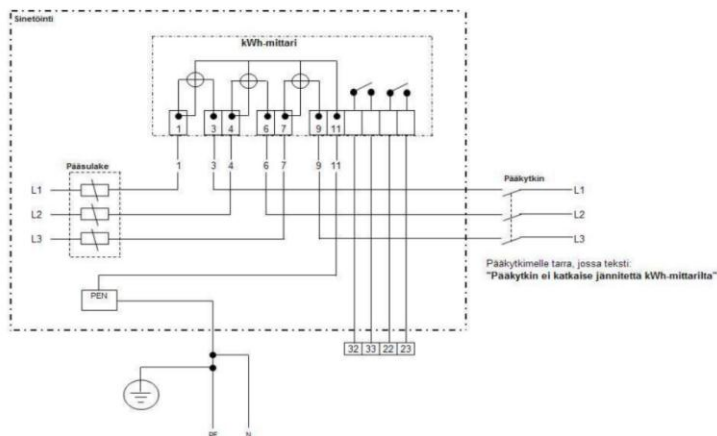
19.2.2015

Suoran sähkömittarin asennus

Ennen mittarin asennusta huomioitavat asiat:

1. Valmistelut (luku 3)
2. Turvallisuus (luku 4)
3. Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat (luku 5)
4. Etäluentatavan optimointi (luku 6).

Työvaiheet sisältävät suoran sähkömittarin asennuksen, jossa ei oteta kantaa eri etäluentatekniikkojen työvaiheisiin. Etäluentan yhteydenlaadun varmistamisesta on erillinen ohje luvussa 8. Mittari kytketään virtapiiriin kuvan 1 mukaisesti:



Kuva 1. Suoran mittauksen kytkentäkaavio.

Monimittarikeskusten mittaroinnissa huomioitavaa

Monimittarikeskusten mittaroinneissa sama työvaihe suoritetaan jokaiselle mittarille, minkä jälkeen siirrytään seuraavaan työvaiheeseen. PDA-työt aloitetaan master-mittarista. Tämän jälkeen PDA-toissa edetään loogisessa järjestyksessä slave-mittareille. Sekaanuksien välttämiseksi laitetaan merkki sen mittarin kohdalle, jonka käyttöpaikan työmääräin on avattu PDA:lta. Merkki voi olla esimerkiksi kynä. Tällä varmistetaan, ettei epähuomiossa syötetä väärän mittarin tietoja väärän käyttöpaikan työmääräimelle. Kun PDA:lta avataan seuraavan käyttöpaikan työmääräin, merkki siirretään tätä työmääräintä vastaavan mittarin kohdalle.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Työvaiheet

Ennen varsinaisen mittarointityön tekemistä on varmistettava työkohteen jännitteettömyys, turvallisuus ja tahaton sähkönsyötön kytkeytyminen. Johtimet kiinnitetään mittarille mittarivalmistajan määrittämän kiinnitysmomentin mukaisesti. Mittarointityö tehdään alla olevan työjärjestyksen mukaisesti.

1. Tarkasta sulakekoon vastaavuus yleistietolomakkeen ja käyttöpaikan välillä.
2. Irrota mittarin etusulakkeet, jos ne on kytketty.
3. Kuori tarvittaessa johtimet.
4. Kiinnitä mittari mittariristikoon.
 - o Mittariristikon johtoaukon tulee peittyä, kun mittari on asennettu.
 - o Tarvittaessa muuta mittarin asennuskorkeutta siirtämällä mittarin kiinnitysruuveja.
5. Kytke mittaria syöttävät johtimet ja nollajohdin merkintöjen mukaisesti mittarille.
6. Varmista kytkennän oikeellisuus. Oikeellisuus varmistetaan suorittamalla vaihekohtaiset jatkuvuusmittaukset mittarin etusulakkeiden kierreosan ja mittaria syöttävien johtojen välillä.
7. Kytke lähtevät johtimet mittarille merkintöjen mukaisesti.
8. Kytke mahdolliset lämmityksenohjaus- ja tehonrajoitusjohtimet mittarille mittarivalmistajan kytkentäohjeen mukaisesti.
9. Mittaa nollajohtimen jatkuvuus keskuksen runkoa vasten.
10. Tarkasta liitokset:
 - o Johtimien säikeet ovat kunnolla liittimissä.
 - o Johtimien eriste ei ole liittimen sisällä.
11. Tee johtimien liitoksille vetokokeet.
12. Tee johtimien liitoksille jälkikiristyksen.
13. Kytke jännitteet päälle.
 - o Varmista urakoitsijalta jännitteiden kytkemisen mahdollisuus.
14. Mittaa mittarin lähtevistä liittimistä vaihe- ja pääjännitteet (230/400 V) (varmista, että etäkytkentälaitteen kärkien läpi menee sähkö).
15. Tarkasta vaiheiden kiertosuunta.
16. Jos mittauspiirissä on kuormaa, tarkasta tehonsuunta mittarin tehonsuunnan vektorinuolesta (tulee olla normaalisti +P).
17. Kiinnitä mittarin kansi.
18. Aseta mittarille tarvittaessa kellonaika mittarivalmistajan ohjeen mukaisesti.
19. Tarkasta mittarin näytöltä, että kaikki on kunnossa.
 - o Jänniteosoittimet, vikakoodit ym.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

20. Tarvittaessa mittari jätetään katkaistuun tilaan.
 - Sovitaan urakoitsijan kanssa.
21. Syötä mittarin tiedot, sulakekoko sekä muut tarvittavat tiedot PDA:lle ja suorita työmääräin loppuun asti.

Työvaiheiden jälkeen huomioitavat asiat

1. Etäluentayhteyden laadunvarmentaminen (luku 8)
2. Viimeistely (luku 9)
3. Työkohteessa tehtävät muut työt (luku 10)
4. Jälkityöt (luku 11)
5. Tarkastukset (luku 12).



Ohje

1

Liite 4

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

**SUORAN SÄHKÖMITTARIN VAIHTO
TYÖVAIHEKOHTAINEN OHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Suoran sähkömittarin vaihto

Ennen mittarin vaihtamista huomioitavat asiat:

1. Valmistelut (luku 3)
2. Turvallisuus (luku 4)
3. Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat (luku 5)
4. Etäluentatavan optimointi (luku 6).

Työvaiheet sisältävät suoran sähkömittarin vaihtamisen, jossa ei oteta kantaa eri etäluentatekniikkojen työvaiheisiin. Etäluennan yhteydenlaadun varmistamisesta on erillinen ohje luvussa 8.

Monimittarikeskuksien mittareiden vaihdoissa vaihdot suoritetaan mittari kerrallaan, jotta asiakkaille aiheutuvan sähköjakelun keskeytyksen kesto aika saadaan minimoitua.

Uusi mittari jätetään vaihdon jälkeen samaan kytkentätilaan kuin vanha mittari. Jos vanha mittari oli katkaistussa tilassa, muutetaan uuden mittarin kytkentätila katkaistuksi etäkytkentälaitteen painonapilla. Kytkentätilasta soitetaan mittaustietovastaavalle, joka tarkistaa, onko kohteessa voimassa olevaa sähkö Sopimusta. Jos kohteessa ei ole voimassa olevaa sähkö Sopimusta, mittaustietovastaava lukitsee etäkytkentälaitteen painonapin luentajärjestelmästä käsin siinä vaiheessa, kun uuden mittarin tiedot ovat siirtyneet järjestelmiin.

Työvaiheet

Johtimet kiinnitetään mittarille mittarivalmistajan määrittämän kiinnitysmomentin mukaisesti. Mittarointityö tehdään alla olevan työjärjestelyn mukaisesti.

1. Tarkasta, että kohteen tiedot vastaavat PDA:n vaihtotehtävää.
2. Tarkasta sulakekoko.
3. Syötä vanhan mittarin lukema PDA:lle.
4. Irrota mittarin kansi.
5. Merkitse johtimet, jos ne eivät ole merkityt.
6. Tee työkohteeseen jännitteettömäksi käyttämällä pääkytkintä ja mittarin etusulakkeita.
 - o Jännitteet katkaistaan ensin mahdollisesta pääkytkimestä.
 - o Varmista tahattoman sähkönsyötön kytkeytyminen.
7. Totea työkohteen jännitteettömyys jokaisesta vaiheesta sekä mahdollisista lämmityksenohjaus- ja tehonrajoitusjohtimista.
8. Irrota vanha mittari mittaristikosta.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

9. Kiinnitä uusi mittari mittariristikkoon.
 - Mittariristikon johtoaukon tulee peittyä, kun mittari on asennettu.
 - Tarvittaessa muuta mittarin asennuskorkeutta siirtämällä mittarin kiinnitysruuveja.
10. Kytke mittaria syöttävät johtimet sekä nollajohdin merkintöjen mukaisesti mittarille.
11. Varmista kytkennän oikeellisuus. Oikeellisuus varmistetaan suorittamalla vaihekohtaiset jatkuvuusmittaukset mittarin etusulakkeiden kierreosan ja mittaria syöttävien johtojen välillä.
12. Kytke lähtevät johtimet mittarille merkintöjen mukaisesti.
13. Kytke mahdolliset lämmityksenohjaus- ja tehonrajoitusjohtimet mittarille mittarivalmistajan kytkentäohjeen mukaisesti.
14. Mittaa nollajohtimen jatkuvuus keskuksen runkoa vasten.
15. Tarkasta liitokset:
 - Johtimien säikeet ovat kunnolla liittimissä.
 - Johtimien eriste ei ole liittimen sisällä.
16. Tee johtimien liitoksille vetokokeet.
17. Tee johtimien liitoksille jälkikiristykset.
18. Kytke jännitteet päälle.
 - Jännitteet kytketään ensin mahdollisesta pääkytkimestä.
19. Mittaa mittarin lähtevistä liittimistä vaihe- ja pääjännitteet (230/400 V) (varmistaa, että etäkytkentälaitteen kärkien läpi menee sähkö).
20. Tarkasta tehonsuunta mittarin tehonsuunnan vektorinuoolesta (tulee olla normaalisti +P).
21. Kiinnitä mittarin kansi.
22. Aseta mittarille tarvittaessa kellonaika mittarivalmistajan ohjeen mukaisesti.
23. Muuta mittarin kytkentätila samaksi kuin vanhassa mittarissa.
 - Varmista mittaustietovastaavalta sopimuksen tila.
24. Tarkasta mittarin näytöltä, että kaikki on kunnossa.
 - Jänniteosoittimet, vikakoodit ym.
25. Syötä mittarin tiedot, sulakekoko sekä muut tarvittavat tiedot PDA:lle ja suorita työmääräin loppuun asti.

Työvaiheiden jälkeen huomioitavat asiat:

1. Etäluentayhteyden laadunvarmentaminen (luku 8)
2. Viimeistely (luku 9)
3. Työkohteessa tehtävät muut työt (luku 10)
4. Jälkityöt (luku 11)
5. Tarkastukset (luku 12).

**EPÄSUORAN SÄHKÖMITTARIN (0,4 kV) ASENNUS
TYÖVAIHEKOHTAINEN OHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

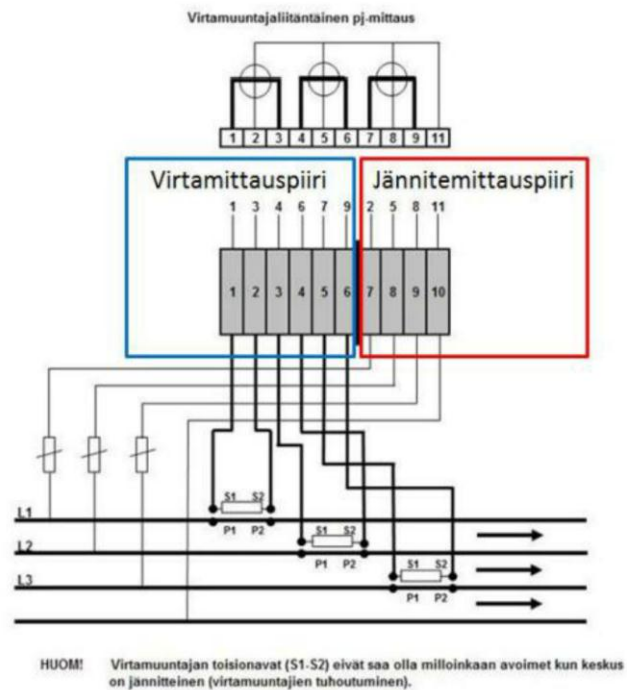
19.2.2015

Epäsuoran sähkömittarin (0,4 kV) asennus

Ennen mittarin asennusta huomioitavat asiat:

1. Valmistelut (luku 3)
2. Turvallisuus (luku 4)
3. Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat (luku 5)
4. Etäluentatavan optimointi (luku 6).

Työvaiheet sisältävät epäsuoran mittarin (0,4 kV) asennuksen, jossa ei oteta kantaa eri etäluentatekniikojen vaatimiin työvaiheisiin. Etäluentan yhteydenlaadun varmistamisesta asennusvaiheessa on erillinen ohje luvussa 8. Mittari kytketään virtapiiriin kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Epäsuoran 0,4 kV:n mittauksen kytkentäkaavio.

Virtamuuntajien tehonsuunnan tarkistaminen

Virtamuuntajien läpi menevien johdinten tehon suunnan tulee olla virtamuuntajissa olevien merkintöjen P1 → P2 suuntainen. Tehon suunta voidaan tarkastaa keskuskuvista tai silmämääräisesti. Kuvassa 2 on esimerkki keskuksesta, jossa tehon suunta voidaan määrittää helposti silmämääräisesti.



Kuva 2. Tehonsuunnan tarkastaminen.

Virtamuuntajan mitoituksen tarkastaminen

VIRTAMUUNTAJIEN OHJEELLINEN MITOITUS PIENJÄNNITTELLÄ

Mitattavan lähdön sulake A	Muuntosuhdevaihtoehdot A/A	Ensimmäiset lävistyksykset	Kytetty muuntosuhde A/A	Kerroin
3 x 80	100/5	1	100/5	20
3 x 100	100/5	1	100/5	20
3 x 125	200/5	1	200/5	40
3 x 160	200/5	1	200/5	40
3 x 200	200/5	1	200/5	40
3 x 250	300/5	1	300/5	60
3 x 315	300/5	1	300/5	60
3 x 400	400/5	1	400/5	80
3 x 500	600/5	1	600/5	120
3 x 630	600/5	1	600/5	120
3 x 750	800/5	1	800/5	160
3 x 800	800/5	1	800/5	160
3 x 1000	1000/5	1	1000/5	200
3 x 1250	1250/5	1	1250/5	250

Tarkkuusluokka **0,2S**
Taakka Taakka tulee olla alueella 0,25-1,0 nimellistaakasta.

Taulukko 1. Virtamuuntajien mitoitus.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Työvaiheet

Ennen varsinaisen mittarointityön tekemistä on varmistettava työkohteen jännitteettömyys, turvallisuus ja tahaton sähkönsyötön kytkytyminen. Johtimet kiinnitetään mittarille mittarivalmistajan määrittämän kiinnitysmomentin mukaisesti. Mittarointityö tehdään alla olevan työjärjestyksen mukaisesti.

1. Tarkasta sulakekoon vastaavuus yleistietolomakkeen ja käyttöpaikan välillä.
2. Virtamuuntajien tarkastaminen:
 - o Varmista taakan oikeellisuus mittaamalla taakkamittarilla tai laskemalla taakkalaskurilla:
www.polarmit.fi/taakkalaskuri
 - o Muuntosuhteen tulee vastata mitattua lähtöä taulukon 1 mukaisesti.
 - o Valmistaja ja tyyppi
 - o Tarkkuusluokka 0,2 S.
 - o Toisiovirta 5 A.
 - o Tehonsuunta oikein päin P1 → P2 (kuva 2).
 - o Yksi ensiölävistys.
 - o Jännitesulakkeiden jälkeen tehonsuunnassa.
3. Tarkasta, että mittauspiirien jännitteet ja virrat ovat saman vaiheisia.
4. Tarkasta, ettei toisiopuolella ole oikosulkulenkkejä virtamuuntajilla tai riviliittimillä.
5. Varmista, että mittausjohtimien päiden välillä olevat liitokset ovat kiinni.
6. Kuori tarvittaessa johtimet.
7. Kiinnitä mittari mittariristikoon.
 - o Mittariristikon johtoaukon tulee peittyä, kun mittari on asennettu.
 - o Tarvittaessa muuta mittarin asennuskorkeutta siirtämällä mittarin kiinnitysruuveja.
8. Varmista kytkennän oikeellisuus. Oikeellisuus varmistetaan suorittamalla jokaiselle mittausjohtimelle jatkuvuusmittaus jännitesulakkeilta ja virtamuuntajilta mittarille asti. Kun johtimen jatkuvuudesta ja oikeellisuudesta on varmistuttu käydään läpi muut johtimet joihin ei saa olla jatkuvuutta. Virtamuuntajilta on tarpeellista irrottaa jatkuvuusmittauksien ajaksi S2-liittimien johtimet, ettei jatkuvuutta ole virtamuuntajien käämien kautta. Kytke johtimet mittarille sitä mukaa kun jatkuvuudesta on varmistuttu.
9. Kytke mahdolliset lämmityksenohjaus- ja tehonrajoitusjohtimet mittarille mittarivalmistajan kytkentäohjeen mukaisesti.
10. Mittaa nollajohtimen jatkuvuus keskuksen runkoa vasten.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

11. Tarkasta liitokset:
 - o Johtimien säikeet ovat kunnolla liittimissä.
 - o Johtimien eriste ei ole liittimen sisällä.
12. Tee johtimien liitoksille vetokokeet.
13. Tee johtimien liitoksille jälkikiristykset.
14. Kiinnitä jännitesulakkeet.
15. Kytke mitattuun lähtöön jännite päälle.
 - o Varmista urakoitsijalta jännitteiden kytkemisen mahdollisuus.
16. Mittaa mittarin liitinrimalta vaihe- ja pääjännitteet kaikilta vaiheilta (230/400 V).
17. Tarkasta vaiheiden kiertosuunta.
18. Jos mittauspiirissä on kuormaa:
 - o Tarkasta, että mittari mittaa jokaisella vaiheella ja että jokaisen vaiheen tehonsuunta on +P.
 - o Mittaa ensiö- ja toisiovirrat ja laske niistä virtamuuntajien muuntosuhde vaihekohtaisesti.
 - o Laskettujen muuntosuhteiden tulee olla lähellä virtamuuntajien todellista muuntosuhdetta.
19. Kiinnitä mittarin kansi.
20. Aseta mittarille kerrointarra.
21. Aseta mittarille tarvittaessa kellonaika mittarivalmistajan ohjeen mukaisesti.
22. Tarkasta mittarin näytöltä, että kaikki on kunnossa.
 - o Jänniteosoittimet, vikakoodit ym.
23. Täytä epäsuoran mittarin tarkastuslomake.
24. Syötä virtamuuntajien muuntosuhde PDA:lle.
25. Syötä mittarin tiedot, sulakekoko sekä muut tarvittavat tiedot PDA:lle ja suorita työmääräin loppuun asti.

Työvaiheiden jälkeen huomioitavat asiat

1. Etäluentayhteyden laadunvarmentaminen (luku 8)
2. Viimeistely (luku 9)
3. Työkohteessa tehtävät muut työt (luku 10)
4. Jälkityöt (luku 11)
5. Tarkastukset (luku 12).

**EPÄSUORAN SÄHKÖMITTARIN (0,4 kV) VAIHTO
TYÖVAIHEKOHTAINEN OHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Epäsuoran sähkömittarin (0,4 kV) vaihto

Ennen mittarin vaihtamista huomioitavat asiat:

1. Valmistelut (luku 3)
2. Turvallisuus (luku 4)
3. Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat (luku 5)
4. Etäluentatavan optimointi (luku 6).

Ennen mittarin vaihtoa otetaan yhteys mittaustietovastaavaan, joka lukee mittarista tuntisarjat talteen.

Työvaiheet sisältävät epäsuoran sähkömittarin (0,4 kV) vaihtamisen, jossa ei oteta kantaa eri etäluentatekniikkojen työvaiheisiin. Etäluentan yhteydenlaadun varmistamisesta on erillinen ohje luvussa 8.

Työvaiheet

Johtimet kiinnitetään mittarille mittarivalmistajan määrittämän kiinnitysmomentin mukaisesti. Mittarointityö tehdään alla olevan työjärjestyksen mukaisesti.

1. Tarkasta, että kohteen tiedot vastaavat PDA:n vaihtotehtävää.
2. Tarkasta sulakekoko.
3. Tarkasta virtamuuntajien muuntosuhde/kerroin
4. Syötä vanhan mittarin lukema PDA:lle.
5. Irrota mittarin kansi.
6. Mittaa ensiö- ja toisiovirrat ja laske niistä virtamuuntajien muuntosuhde vaihekohtaisesti.
 - o Laskettujen muuntosuhteiden tulee olla lähellä virtamuuntajien todellista muuntosuhdetta.
7. Tee yksivaihekoee.
 - o Käytä mittaria yhdellä vaihejännitteellä ja virralla kerrallaan ja katso, että mittari mittaa jokaisella vaiheella ja että jokaisen vaiheen tehonsuunta on +P.
8. Tarkasta mittausjohtimien liitoskohdat hapettumien ja huonon liitoksien varalta.
9. Merkitse johtimet, jos ne eivät ole merkityt.
10. Oikosulje virtamuuntajien toisiopiiri.
11. Tee mittari jännitteettömäksi jännitesulakkeilta.
12. Tarvittaessa poista myös lämmityksenohjaussulake.
13. Totea työkohteen jännitteettömyys jokaisesta vaiheesta sekä mahdollisista lämmityksenohjaus- ja tehonrajoitusjohtimista.
14. Irrota vanha mittari mittariristikosta.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

15. Kiinnitä uusi mittari mittariristikoon.
 - Mittariristikon johtoaukon tulee peittyä, kun mittari on asennettu.
 - Tarvittaessa muuta mittarin asennuskorkeutta siirtämällä mittarin kiinnitysruuveja.
16. Kytke mittausjohtimet mittarille.
17. Kytke mahdolliset lämmityksenohjaus- ja tehonrajoitusjohtimet mittarille mittarivalmistajan kytkentäohjeen mukaisesti.
18. Mittaa nollajohtimen jatkuvuus keskuksen runkoa vasten.
19. Tarkasta liitokset:
 - Johtimien säikeet ovat kunnolla liittimissä.
 - Johtimien eriste ei ole liittimen sisällä.
20. Tee johtimien liitoksille vetokokeet.
21. Tee johtimien liitoksille jälkikiristyksset.
22. Kytke jännitteet päälle.
23. Poista virtamuuntajien toisiopiirin oikosulut.
24. Mittaa mittarin liitinrimalta vaihe- ja pääjännitteet kaikilta vaiheilta (230/400 V).
25. Tee yksivaihekoee.
 - Käytä mittaria yhdellä vaihejännitteellä ja virralla kerrallaan ja katso, että mittari mittaa jokaisella vaiheella ja että jokaisella vaiheella tehonsuuntana on +P.
26. Kiinnitä mittarin kansi.
27. Aseta mittarille kerrointarra.
28. Aseta mittarille tarvittaessa kellonaika mittarivalmistajan ohjeen mukaisesti.
29. Tarkasta mittarin näytöltä, että kaikki on kunnossa.
 - Jänniteosoittimet, vikakoodit ym.
30. Syötä virtamuuntajien muuntosuhde PDA:lle.
31. Syötä uuden mittarin tiedot, sulakekoko sekä muut tarvittavat tiedot PDA:lle ja suorita työmääräin loppuun asti.

Työvaiheiden jälkeen huomioitavat asiat

1. Etäluentayhteyden laadunvarmentaminen (luku 8)
2. Viimeistely (luku 9)
3. Työkohteessa tehtävät muut työt (luku 10)
4. Jälkityöt (luku 11)
5. Tarkastukset (luku 12).



Ohje

1

Liite 7

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

**EPÄSUORAN SÄHKÖMITTARIN (20 kV) ASENNUS
TYÖVAIHEKOHTAINEN OHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Epäsuoran sähkömittarin (20 kV) asennus

Ennen mittarin asentamista huomioitavat asiat:

1. Valmistelut (luku 3)
2. Turvallisuus (luku 4)
3. Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat (luku 5)
4. Etäluentatavan optimointi (luku 6).

Työvaiheet sisältävät epäsuoran sähkömittarin (20 kV) asentamisen, jossa ei oteta kantaa eri etäluentatekniikkojen työvaiheisiin. Etäluentan yhteydenlaadun varmistamisesta on erillinen ohje luvussa 8.

Valmistelun työvaiheet:

Ennen varsinaisen mittarointityön tekemistä on varmistettava työkohteen jännitteettömyys, turvallisuus ja tahaton sähkönsyötön kytkytyminen.

1. Tarkasta jännitekoettimen ja siirrettävien maadoitusköysien toiminta ja kunto.
2. Pyydä asiakkaan yhteyshenkilöä kytkemään työkohteeseen jännitteettömäksi.
3. Varmista työkohteen jännitteettömyys jännitteenkoettimella ja mittaa, mikä kojeiston osa on jännitteinen.
4. Pyydä asiakkaan yhteyshenkilöä kytkemään työkohteen kiinteät työmaadoitukset kiinni.
5. Tarkasta, että maadoituserottimet ovat kiinni mittauskennon molemmin puolin.
6. Lukitse maadoituserottimien ohjauskytkin lukolla ja lukitsijan tiedoilla varustetulla, standardin mukaisella varoituskyltillä (kuva 1).
7. Aseta varoituskyltit erotus- ja maadoituskohtiin.
8. Pura varaukset työkohteen kaikista vaiheista siirrettävän työmaadoitusvälineen avulla.
9. Asenna siirrettävä työmaadoitusväline työkohteeseen standardin 6002 kohdan 6.2.4 mukaisesti.
10. Merkitse siirrettävän työmaadoitusvälineen maadoituskohdat standardin mukaisilla kylteillä (kuva 2).
11. Sähköturvallisuustoimien valvoja tarkastaa ja varmistaa kohdat 1–9 tehdyiksi ja antaa luvan työn aloittamiseen.



Kuva 1. Älä kytke, työ käynnissä -kyltti



Kuva 2. Työmaadoitettu -kyltti

Työvaiheet

Johtimet kiinnitetään mittarille mittarivalmistajan määrittämän kiinnitysmomentin mukaisesti. Mittarointityö tehdään alla olevan työjärjestyksen mukaisesti.

1. Tarkasta virta- ja jännitemuuntajien muuntosuhde, teho, valmistaja, tyyppi ja tarkkuus. Mittamuuntajat tulee olla VES:n toimittamia.
2. Virtamuuntajien tarkistaminen (kuva 3):
 - o Varmista taakan oikeellisuus mittaamalla taakkamittarilla tai laskemalla taakkalaskurilla:
www.polarmit.fi/taakkalaskuri
 - o Tehonsuunta oikein päin P1 → P2.
 - o Kytkentäliuskat ovat määritellyllä muuntosuhteella ja niiden liitos määritetyssä momentissa.
 - o Jännitemuuntajien jälkeen tehonsuunnassa.
3. Tarkasta, että mittauspiirien jännitteet ja virrat ovat saman vaiheisia.
4. Tarkasta, ettei toisiopuolella ole oikosulkulenkkejä virtamuuntajilla tai riviliittimillä.
5. Varmista, että mittausjohtimien päiden välillä olevat liitokset ovat kiinni.
6. Kuori tarvittaessa johtimet.
7. Vaihda valmisteltu 2ek-kotelon taustalevy kohteessa olevan taustalevyn tilalle.
8. Kytke mittausjohtimet 2ek-kotelon riviliittimille.
9. Varmista kytkennän oikeellisuus. Oikeellisuus varmistetaan suorittamalla jokaiselle mittausjohtimelle jatkuvuusmittaus mittamuuntajilta mittarille asti. Myös jännitemuuntajien välisten kytkentöjen oikeellisuus varmistetaan mittaamalla. Kun johtimen jatkuvuudesta ja oikeellisuudesta on varmistuttu käydään läpi muut johtimet joihin ei saa olla jatkuvuutta. Mittamuuntajilta on tarpeellista irrottaa johtimia jatkuvuusmittauksien ajaksi, jottei jatkuvuutta ole mittamuuntajien kautta. (kuvat 4 ja 5).

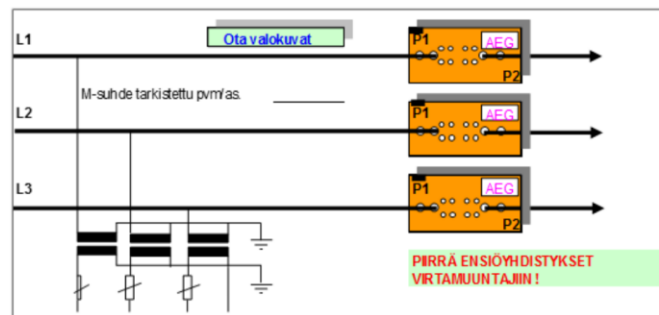
Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

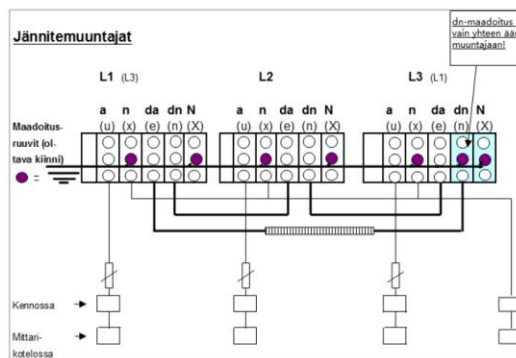
10. Tarkasta liitokset:
 - o Johtimien säikeet ovat kunnolla liittimissä.
 - o Johtimien eriste ei ole liittimen sisällä.
11. Tee johtimien liitoksille vetokeheet.
12. Tee johtimien liitoksille jälkikiristykset.
13. Täytä muuntajien ja mittauksen tiedot mittarointikaavakkeeseen.
14. Valokuvaa mittauskennot ja muuntajat, jotta muuntosuhde voidaan jälkikäteen varmistaa valokuvista.
15. Pura mahdollinen työkohteen siirrettävä työmaadoitus standardin SFS6002 kohdan 6.2.4 mukaisesti.
16. Poista lukitukset ja varoituskilvet.
17. Ilmoita työn valmistumisesta asiakkaan yhteyshenkilölle.
18. Asiakkaan valtuutettu yhteishenkilö kytkee maadoituserottimet auki ja jännitteen mittauskennoon.
19. Mittaa mittarin liitinrimalta vaihe- ja pääjännitteet (57/100 V) kaikilta vaiheilta.
20. Tarkasta vaiheiden kiertosuunta (kuva 6).
21. Jos mittauspiirissä on kuormaa:
 - o Tarkasta, että mittari mittaa jokaisella vaiheella ja että jokaisen vaiheen tehonsuunta on +P.
22. Aseta mittarille kerrointarra.
23. Aseta mittariin oikea kellonaika. Oikea järjestys päivämäärässä on vv/kk/pv.
24. Tarkasta mittarin näytöltä, että kaikki on kunnossa.
 - o Jänniteosoittimet, vikakoodit ym.
25. Täytä epäsuoran mittarin tarkistuslomake.

Työvaiheiden jälkeen huomioitavat asiat

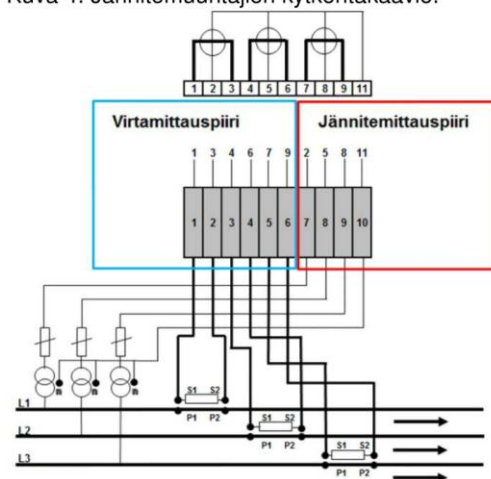
1. Etäluentayhteyden laadunvarmentaminen (luku 8)
2. Viimeistely (luku 9)
3. Työkohteessa tehtävät muut työt (luku 10)
4. Jälkityöt (luku 11)
5. Tarkastukset (luku 12).



Kuva 3. Virtamuuntajien tarkastaminen.



Kuva 4. Jännitemuuntajien kytkentäkaavio.



Kuva 5. Epäsuoran 20 kV:n mittauksen kytkentäkaavio.



Kuva 6. Vaiheiden kiertosuunnan mittaaminen.

**EPÄSUORAN SÄHKÖMITTARIN (20 kV) VAIHTO
TYÖVAIHEKOHTAINEN OHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

Epäsuoran sähkömittarin (20 kV) vaihto

Ennen mittarin vaihtamista huomioitavat asiat:

1. Valmistelut (luku 3)
2. Turvallisuus (luku 4)
3. Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat (luku 5)
4. Etäluentatavan optimointi (luku 6).

Ennen mittarin vaihtoa otetaan yhteys mittaustietovastaavaan, joka lukee mittarista tuntisarjat talteen.

Työvaiheet sisältävät epäsuoran sähkömittarin (20 kV) vaihtamisen, jossa ei oteta kantaa eri etäluentatekniikkojen työvaiheisiin. Etäluentan yhteydenlaadun varmistamisesta on erillinen ohje luvussa 8.

Työvaiheet

Johtimet kiinnitetään mittarille mittarivalmistajan määrittämän kiinnitysmomentin mukaisesti. Vaihdon tiedot täytetään vaihtolomakkeelle. Mittarointityö tehdään alla olevan työjärjestyksen mukaisesti.

1. Tarkasta, että kohteen tiedot vastaavat vaihtotehtävää.
2. Kirjaa vanhan mittarin tiedot ylös.
3. Irrota mittarin kansi.
4. Tee yksivaihekoee.
 - o Käytä mittaria yhdellä vaihejännitteellä ja virralla kerrallaan ja katso, että mittari mittaa jokaisella vaiheella ja että jokaisen vaiheen tehonsuunta on +P.
5. Tarkasta mittaajajohtimien liitoskohdat hapettumien ja huonon liitoksien varalta.
6. Merkitse johtimet, jos ne eivät ole merkityt.
7. Oikosulje virtamuuntajien toisiopiiri.
 - o 2 x oikosulkupalat kummallekin puolelle riviliittimiä.
8. Tee mittari jännitteettömäksi jännitesulakkeilta.
9. Totea työkohteen jännitteettömyys jokaisesta vaiheesta.
10. Irrota vanha mittari mittariristikosta.
11. Kiinnitä uusi mittari mittariristikoon.
 - o Mittariristikon johtoaukon tulee peittyä, kun mittari on asennettu.
 - o Tarvittaessa muuta mittarin asennuskorkeutta siirtämällä mittarin kiinnitysruuveja.
12. Kytke mittaajajohtimet mittarille.
13. Tarkasta liitokset:
 - o Johtimien säikeet ovat kunnolla liittimissä.
 - o Johtimien eriste ei ole liittimen sisällä.
14. Tee johtimille vetokokeet riviliittimillä ja mittarilla.
15. Jälkikiristä riviliittimien ja mittarin liitokset.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

16. Kytke jännitteet päälle.
17. Poista virtamuuntajien toisiopiirin oikosulut.
18. Mittaa mittarin liitinrimalta vaihe- ja pääjännitteet kaikilta vaiheilta (57/100 V).
19. Tee yksivaihekoee.
 - Käytä mittaria yhdellä vaihejännitteellä ja virralla kerrallaan ja katso, että mittari mittaa jokaisella vaiheella ja että jokaisen vaiheen tehonsuunta on +P.
20. Kiinnitä mittarin kansi.
21. Aseta mittarille kerrointarra.
22. Aseta mittarille tarvittaessa kellonaika mittarivalmistajan ohjeen mukaisesti.
23. Tarkasta mittarin näytöltä, että kaikki on kunnossa.
 - Jänniteosoittimet, vikakoodit ym.
24. Täytä uuden mittarin tiedot vaihtolappuun.

Työvaiheiden jälkeen huomioitavat asiat

1. Etäluentayhteyden laadunvarmentaminen (luku 8)
2. Viimeistely (luku 9)
3. Työkohteessa tehtävät muut työt (luku 10)
4. Jälkityöt (luku 11)
5. Tarkastukset (luku 12).



Ohje

1

Liite 9

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

**TOIMINTOKUVAUS
LAADUKKAAN JA TEHOKKAAN SÄHKÖMITTARIASENNUKSEN TYÖOHJE**

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

TOIMINTOKUVAUS; Laadukkaan ja tehokkaan sähkömittariasennuksen työohje

1 Asiakirjan muutoshistoria

PVM / Kuka	Kuvaus	Käsitelty
9.3.2015/Toni Kukkonen	Versio 0.1	

2 Roolit toiminnossa

Mittausassistentti:

- Tekee alustavan etäluentatavan valinnan ja perustaa työmääräimet PDA:lle.
- Laskuttaa tarvittaessa turhat käynnit ja muut työt.
- Tekee tarvittaessa suorien mittauksien kulutusarviot.
- Laskuttaa tarvittaessa kulutusarvion (suora & epäsuora).

Asentaja:

- Asentaa ja vaihtaa mittarit.
- Tekee vaihtojen ja asennuksien jälkeen tarkastukset luenta-järjestelmissä.
- Tekee epäsuorien mittareiden jälkitarkastukset.
- Tekee tarkastuksien perusteella mahdolliset korjaukset.

Mittaustietovastaava:

- Tekee epäsuorien mittareiden vaihdoille käytönvertailut.
- Tekee tarvittaessa epäsuorien mittauksien kulutusarviot.

3 Toimintokuvauksen perustiedot

3.1 Toimintokuvauksen omistaja

Toni Kukkonen

3.2 Kuvaus toiminnosta

Työohje määrittää mittareiden asennus- ja vaihtoprosessissa tehtävät toimenpiteet ja tarkastukset.

Asiakkuudenhallinta/Toni Kukkonen

19.2.2015

3.3 Prosessin alku

Prosessi lähtee liikkeelle mittarin asennus- tai vaihtotiedosta. Tietojen pohjalta tehdään alustava etäluentatavan valinta ja perustetaan työmääräimet PDA:lle.

3.4 Prosessin loppu

Mittareiden asennukset ja vaihdot on suoritettu laadukkaasti ja tehokkaasti. Mittauksille on suoritettu tarkastukset sekä kentällä että järjestelmissä. Tarvittavat korjaukset on tehty, ja mittauksen laadun on todettu olevan kunnossa.

3.5 Mahdollisia tallenteita

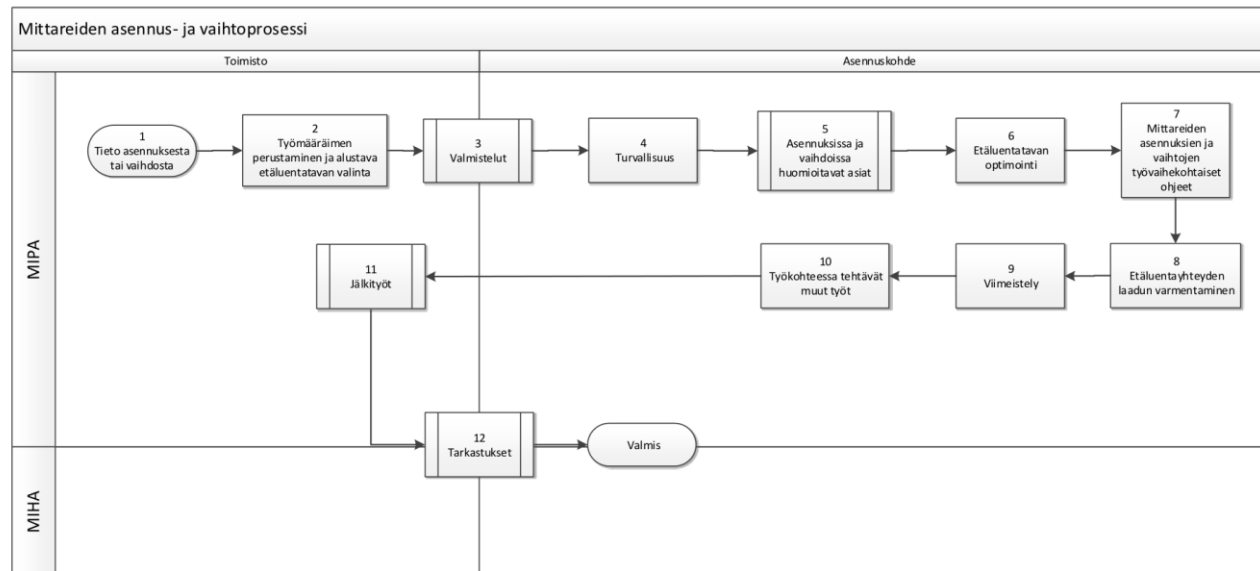
- Mittariasennuksen tarkistuslista
- YTL
- Kulutusarviot
- Epäsuoran mittarin tarkastuslomake
- Keskijännitemittarin vaihtolomake
- Kunnossapitotarkastuslomake
- Puute- ja vikalista
- Erillislaskut
- Laskutuskorjaukset.

3.6 Toiminnon mittarit

- Asennuksien ja vaihtojen laatu
- Tarkastuksien aikataulun pitävyys
- Mittausdata tulee joka aamu virheettömänä luentajärjestelmään.

Liitteet

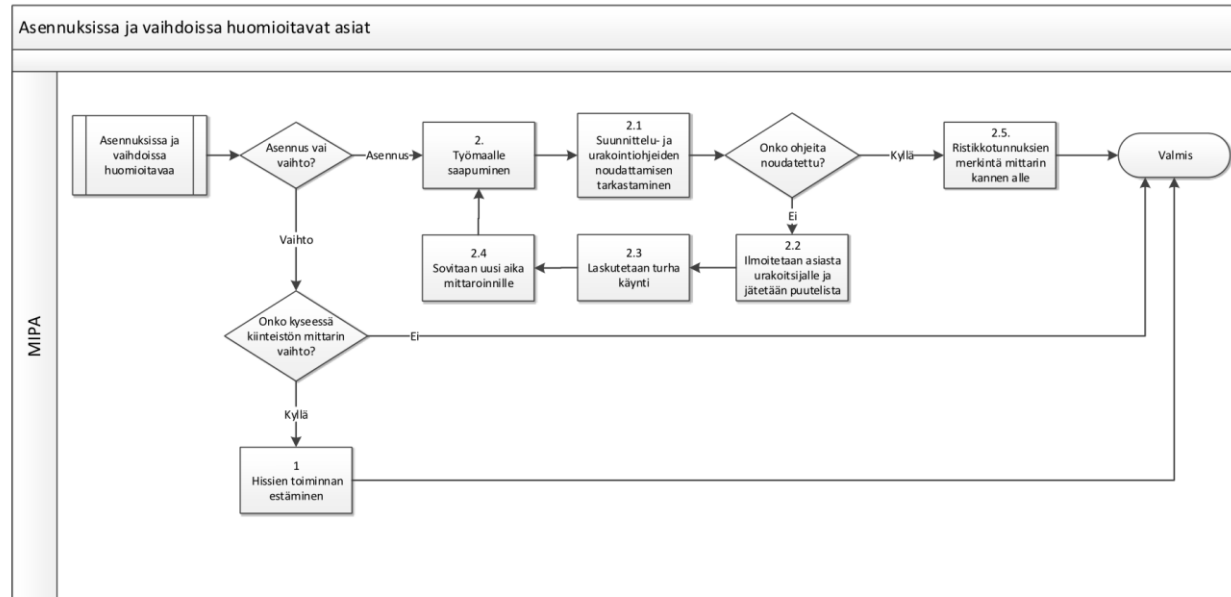
Liite 1. Prosessikaavio sekä prosessin toiminnot ja tehtävät



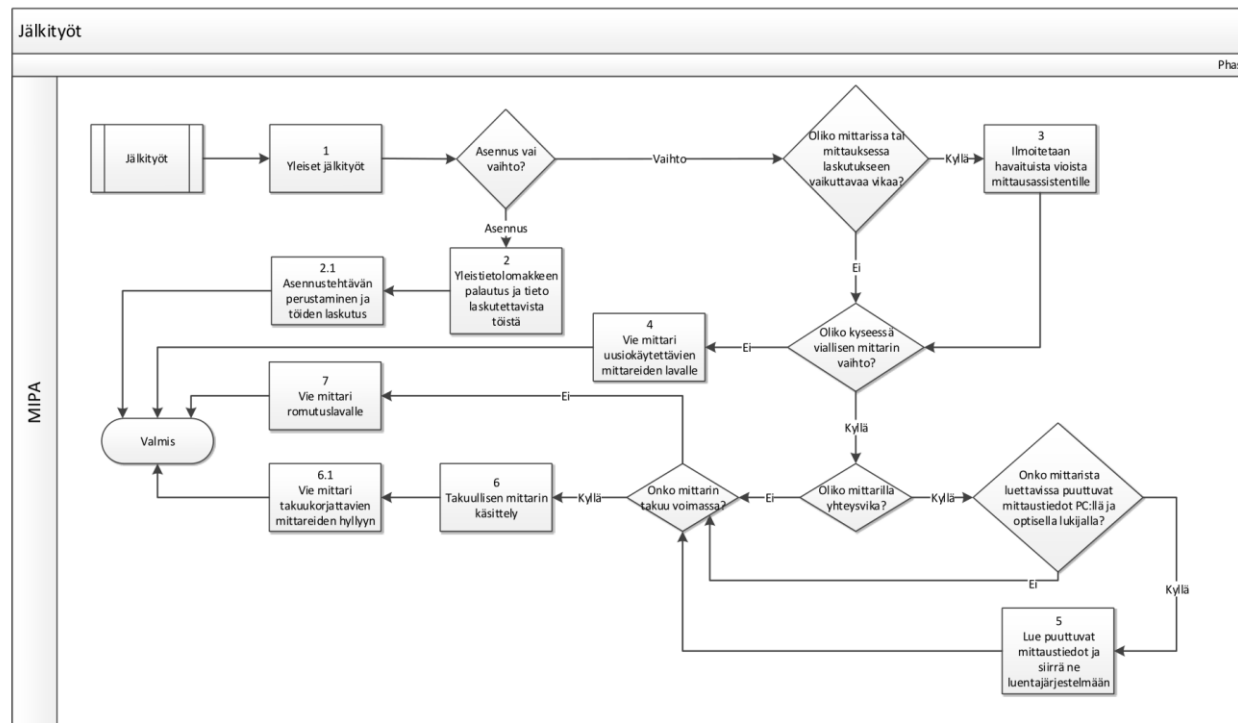
Nro	Tehtävä	Tarkenne	Osasto	Tekijä	Menettelyohjeet ja tehtäväkuvaukset	Tallenteet	Huom.
1	Tieto asennuksesta tai vaihdosta		MIPA MIHA LIPA				Uudisasennukset ja saneerauskohteiden vaihdot YTL:n kautta. Vikavaihdot MIHA:n tai MIPA:n valvonnan kautta.
2	Työmääräimen perustaminen ja alustava etäluentatavan valinta		MIPA	Mittaus-assistentti			Etäluentatavan valinnassa käytetään apuna Mitelloa. Asennustyöohjeen 2. luku
3	Valmistelut	Ennen mittarin asennusta tai vaihtoa tehtävät valmistelut.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen 3. luku
4	Turvallisuus	Asennuksien ja vaihtojen turvallisuuteen liittyvät asiat.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen 4. luku
5	Asennuksissa ja vaihdoissa huomioitavat asiat	Työmaalle saapuminen, suunnitteluohjeiden noudattamisen tarkastaminen, kiinteistön mittarin vaihtoon liittyvät huomiot.	MIPA	Asentaja		Mahdollinen puute- ja vikalista Mahdollinen erillislasku	Asennustyöohjeen 5. luku
6	Etäluentatavan optimointi	Optimaalisen etäluentatavan valinta.	MIPA	Asentaja	Valitaan kuhunkin kohteeseen optimaalisin etäluentatapa		Asennustyöohjeen 6. luku
7	Mittareiden asennuksien ja vaihtojen työvaihekohtaiset ohjeet		MIPA	Asentaja		Mahdollinen keskijännitemittarin vaihtolomake Mahdollinen epäsuoran mittarin tarkastuslomake	Asennustyöohjeen 7. luku

Nro	Tehtävä	Tarkenne	Osasto	Tekijä	Menettelyohjeet ja tehtäväkuvaukset	Tallenteet	Huom.
8	Etäluentayhteyden laadun varmentaminen	Etäluentayhteyden laadun varmentaminen asennuksen yhteydessä.	MIPA	Asentaja	Varmistetaan, että etäluentayhteyden laatu vastaa asennustyöohjeessa määriteltyjä vaatimuksia. Tarvittaessa tehdään toimenpiteet, joilla yhteydenlaatu saataan asianmukaiseksi.		Asennustyöohjeen 8. luku
9	Viimeistely	Työn lopuksi tehtävät viimeistelyt, kuten sinetöinti ja mittarin lukuohjeen jättäminen.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen 9. luku
10	Työkohteessa tehtävät muut työt	Muut mittaus toimintaan liittyvät asiat, kuten kunnossapitotarkastus sekä kulkureittien ja keskustilojen merkintä.	MIPA	Asentaja		Vaihdossa kunnossapitotarkastuslomake	Asennustyöohjeen 10. luku
11	Jälkityöt	Työkohteesta palaamisen jälkeen tehtävät työt.	MIPA	Asentaja Mittaus-assistentti		Mahdollinen YTL Mahdollinen erillislasku	Mittausassistentti laskuttaa tarvittaessa erillislaskulla työt ja perustaa asennuksista tehtävän tikettijärjestelmään. Asennustyöohjeen 11. luku
12	Tarkastukset	Mittareiden asennuksiin ja vaihtoihin liittyvät tarkastustoimenpiteet.	MIPA MIHA	Asentaja Mittaus-tietovastaava Mittaus-assistentti	Asennetuille ja vaihdetuille mittareille tehdään tarkastusluentajärjestelmässä. Epäsuorille mittareille tehdään jälkitarkastus. Epäsuorien mittareiden vaihdoille tehdään käytönvertailu.	Mahdollinen epäsuoran mittarin tarkastuslomake Mahdollinen kulutusarvio ja laskutuskorjaus Mittariasennuksen tarkistuslista	Asennustyöohjeen 12. luku

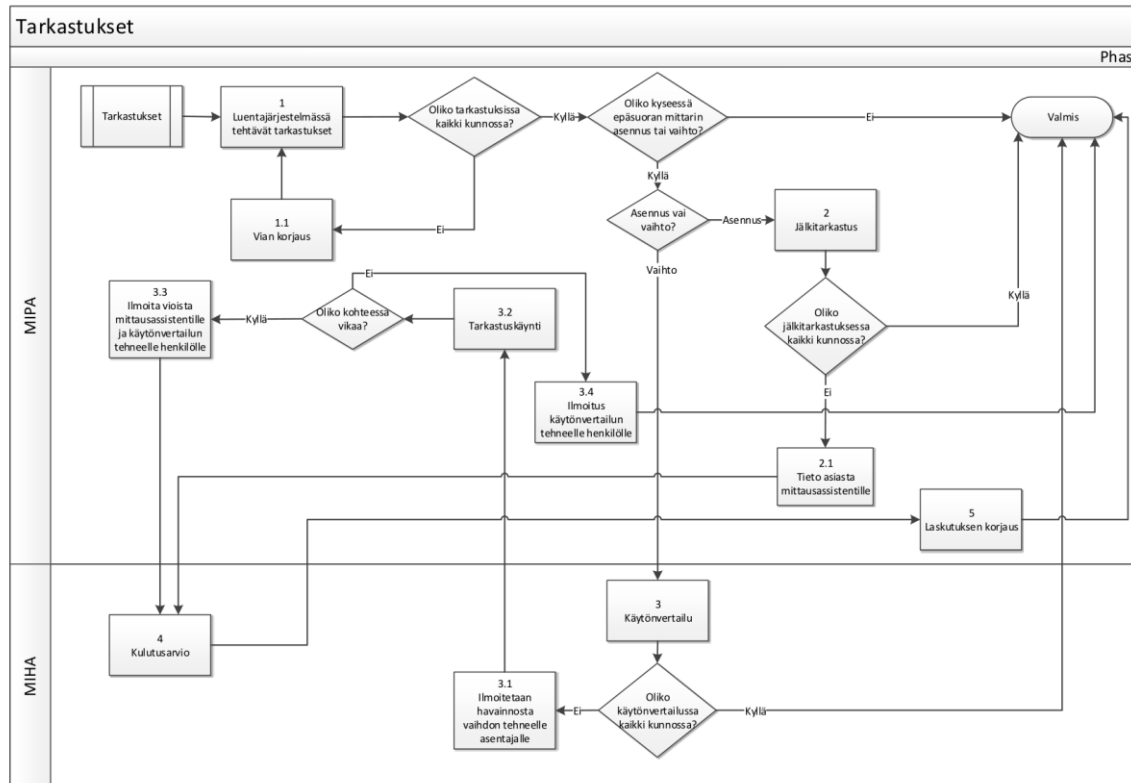
Nro	Tehtävä	Tarkenne	Osasto	Tekijä	Menettelyohjeet ja tehtäväkuvaukset	Tallenteet	Huom.
1	Tikettijärjestelmässä työn alle	Muutetaan tikettijärjestelmässä olevan tiketin tilaksi "työn alle".	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 3.2
1.1	Vaihdosta sopiminen tai ilmoittaminen	Sovitaan asiakkaan kanssa mittarinvaihdosta tai ilmoitetaan asiasta 3 päivää aikaisemmin mittarinvaihtotiedotteella.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 3.2
2	2-ek-kotelon taustalevyn valmistelu	2-ek-kotelon taustalevyn asennetaan johdotukset, mittari, kouru, DIN-kisko ja riviliititimet.	MIPA	Asentaja	Valmistelu tehdään mittaripajalla.		Asennustyöohjeen luku 3.3.1
2.1	Tarkastus 5 pv ennen mittarointia	Tarkastetaan 5 pv ennen mittarointia, onko kohde mittarointivissa toivottuna mittarointipäivänä.	MIPA	Asentaja	Tarkastus tehdään työparin kanssa.		Asennustyöohjeen luku 3.3.2
2.2	Sovitaan toimenpiteet urakoitsijan kanssa	Sovitaan urakoitsijan kanssa mittarointipäivän mahdollisesta siirtämisestä.	MIPA	Asentaja	Merkitään mahdollinen siirtynyt mittarointipäivä YTL:ään.		Asennustyöohjeen luku 3.3.2
3	Yleiset valmistelut	Yleiset valmistelut pitävät sisällään yleiset asiat, jotka tulee olla tehty ennen kohteeseen lähtemistä.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 3.1



Nro	Tehtävä	Tarkenne	Osasto	Tekijä	Menettelyohjeet ja tehtäväkuvaukset	Tallenteet	Huom.
1	Hissien toiminnan estäminen	Ennen suoran kiinteistönmittarin vaihtamista estetään mahdollisten hissien toiminta.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 5.2
2	Työmaalle saapuminen	Toimintaohjeet työmaalle saavuttaessa.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 5.1.2
2.1	Suunnittelu- ja urakointiohjeiden noudattamisen tarkastaminen		MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 5.1.1
2.2	Ilmoitetaan asiasta urakoitsijalle ja jätetään puutelista	Jos kohde ei ollut vaatimuksien mukaisessa kunnossa, ilmoitetaan asiasta urakoitsijalle ja kohteeseen jätetään puute- ja vikalista.	MIPA	Asentaja		Puute- ja vikalista	Asennustyöohjeen luku 5.1.1
2.3	Laskutetaan turhasta käynnistä		MIPA	Mittaus-assistentti		Erillislasku	Asennustyöohjeen luku 5.1.1
2.4	Sovitaan uusi aika mittaroinnille	Urakoitsija ottaa yhteyttä puute- ja vikalistan yhteyshenkilöön sopiaukseen uuden ajan mittaroinnille.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 5.1.1
2.5	Ristikkotunnusien merkintä mittarin kannen alle	Merkitään mittarin kannen alle jäävään tilaan mittaristikon tunnus.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 5.1.3



Nro	Tehtävä	Tarkenne	Osasto	Tekijä	Menettelyohjeet ja tehtäväkuvaukset	Tallenteet	Huom.
1	Yleiset jälkityöt	Yleiset jälkityöt, jotka tehdään toimistolle palaamisen jälkeen.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.1
2	Yleistietolomakkeen palautus ja tieto laskutettavista töistä	Palautetaan mittausassistentille yleistietolomake. Tiedotetaan mittausassistenttia laskutettavista töistä.	MIPA	Mittausassistentti			Asennustyöohjeen luku 11.2
2.1	Asennustehtävän perustaminen ja töiden laskutus	Mittausassistentti perustaa asennuksesta tehtävän tikkijärjestelmään ja laskuttaa työt.	MIPA	Mittausassistentti		Mahdollinen erillislasku	Asennustyöohjeen luku 11.2
3	Ilmoitetaan havaituista vioista mittausassistentille		MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.2
4	Vie mittari uusiokäytettävien mittareiden lavalle	Toimivat mittarit viedään uusiokäytettävien mittareiden lavalle.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.1
5	Lue puuttuvat mittaus-tiedot ja siirrä ne luenta-järjestelmään	Puuttuvat mittaus-tiedot on mahdollista lukea L+G:n E600-, E650- ja E700-sarjan mittareista.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.3
6	Takuullisen mittarin käsittely	Liimataan saatetarrat ja Aidonin mittareiden kohdalla rekisteröidään iAidoniin.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.3
6.1	Vie mittari takuukorjattavien mittareiden hyllyyn	L+G:n mittareille ja Aidonin mittareille on hyllyssä omat paikkansa.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.3
7	Vie mittari romutuslavalle		MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 11.3



Nro	Tehtävä	Tarkenne	Osasto	Tekijä	Menettelyohjeet ja tehtäväkuvaukset	Tallenteet	Huom.
1	Luentajärjestelmässä tehtävät tarkastukset	Tarkastetaan luontajärjestelmästä, että mittari toimii kuten pitää.	MIPA	Asentaja		Mittariasennuksen tarkistuslista	Asennustyöohjeen luku 12.1
1.1	Vian korjaus	Korjataan luontajärjestelmässä tehtävissä tarkastuksissa havaitut viat.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 12.1
2	Jälkitarkastus	Suoritetaan epäsuoralle mittarille jälkitarkastus.	MIPA	Asentaja		Epäsuoran mittarin tarkastuslomake	Asennustyöohjeen luku 12.3
2.1	Tieto asiasta mittausassistentille	Ilmoitetaan havaituista vioista mittausassistentille. Mittausassistentti välittää tiedon MIHA:lle.	MIPA	Asentaja Mittausassistentti			Asennustyöohjeen luku 12.3.3
3	Käytönvertailu	Epäsuorien mittareiden vaihdoissa tehdään käytönvertailu.	MIHA	Mittausastio- vastaava			Asennustyöohjeen luku 12.2
3.1	Ilmoitetaan havainnosta vaihdon tehneelle asentajalle	Käytönvertailussa havaituista poikkeamista ilmoitetaan asentajalle.	MIHA	Mittausastio- vastaava			Asennustyöohjeen luku 12.2
3.2	Tarkastuskäynti	Asentaja tekee kohteeseen tarkastuskäynnin ja korjaa mahdolliset viat.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 12.2
3.3	Ilmoita vioista mittausassistentille ja käytönvertailun tehneelle henkilölle	Asentaja ilmoittaa mahdollisista havaituista vioista ja korjaustoimenpiteistä mittausassistentille ja käytönvertailun tehneelle henkilölle.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 12.2
3.4	Ilmoitus käytönvertailun tehneelle henkilölle	Ilmoitetaan ettei kohteessa havaittu vikaa.	MIPA	Asentaja			Asennustyöohjeen luku 12.2
4	Kulutusarvio	Mittausastio- vastaava tekee vikatapauksissa kulutusarvion ja välittää sen mittausassistentille.	MIHA	Mittausastio- vastaava		Kulutusarvio	Asennustyöohjeen luku 12.2 ja 12.3.3
5	Laskutuskorjaus	Mittausassistentti tekee laskutuskorjauksen.	MIPA	Mittausassistentti		Laskutuskorjaus	Asennustyöohjeen luvut 12.2 ja 12.3.3