



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Y63A KULUTUSMITTAUS- TEN TARKASTUKSET

TEKIJÄ/T: Jesse Raunisto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jesse Raunisto	
Työn nimi Y63A kulutusmittausten tarkastukset	
Päiväys 6.5.2018	Sivumäärä/Liitteet 44/2
Ohjaaja(t) Yliopettaja Juhani Rouvali ja Lehtori Timo Savallampi	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Vantaan Energia Sähköverkot Oy / Kenttäpalveluesimies Arto Flink	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tehtiin Vantaan Energia Sähköverkot Oy:lle epäsuorien etäluettavien mittalaitteiden tarkastuskierron määrittäminen. Määrittäminen tehtiin otettiin käsittelyyn koko Vantaan Energian Sähköverkot Oy:n Y63A epäsuora mittauskalusto eli n. 4000 mittalaitetta.</p> <p>Tarkastuskierron määrittämisessä huomioitiin kohteiden vuosiennusteet ja sulakekoot. Vuosiennusteiden ja sulakekokojen perusteella määriteltiin neljä samansuuruisuutta kokonaisuutta, joiden perusteella tarkastuskierron määrittäminen tehtiin. Pienjännitekohteiden tarkastuksia tehdään 80-375 A luokassa kaksi kertaa mittalaitteen elinkaaren aikana, yli 400 A kohteille neljä tarkastusta, pienemmille keskijännitekohteille kuusi kertaa ja suurimmille keskijännitekohteille joka vuosi.</p> <p>Osana opinnäytetyötä tehtiin ohjeistus kentällä tehtävistä tarkastuksista MTE PWS 2.3 PLUS kannettavalle mittauslaitteelle. Ennen ohjeistuksen tekemistä käytiin kentällä tekemässä käytännön mittauksia pien- ja keskijännitekohteissa.</p> <p>Mittaustietojen siirto MTE PWS 2.3 PLUS kannettavalta mittareiden tarkastuslaitteelta tietokoneelle onnistui käyttämällä väliadapteria tietokoneen ja tarkastuslaitteen välillä. Tietoja pystyttiin käsittelemään tietokoneella mittalaitteen mukana tulleelta Calsoft-ohjelmalla. Mittaustiedot tallennettiin Vantaan Energian Sähköverkot Oy:n tietokantoihin ja käytössä olevaan Mitello-ohjelmaan.</p> <p>Työn lopputuloksena Vantaan Energia Sähköverkot Oy sai valmiin tarkastuskierron mittalaitteiden tarkastuksille ja ohjeistuksen kohteissa tehtävistä tarkastuksista.</p>	
Avainsanat Epäsuora, tarkastuskierto, pienjännite, keskijännite, tarkastuslaite	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jesse Raunisto			
Title of Thesis Consumption Measurement Checks of Y63A			
Date	6 May 2018	Pages/Appendices	44/2
Supervisor(s) Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer and Mr Timo Savallampi, Senior Lecturer			
Client Organisation/Partners Vantaan Energia Sähköverkot Oy / Mr Arto Flink, Field Service Manager			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to implement an inspection cycle of remotely managed electric measuring units for Vantaan Energia Sähköverkot Oy. The implementation covered all the unidirectional measuring equipment at Vantaan Energia Sähköverkot Oy, which includes approximately a total of 4000 units.</p> <p>In determining the inspection cycle, yearly targets and fuse sizes were taken into account. On the basis of annual forecasts and fuse sizes, four same size totals were defined on the basis of which the inspection cycle was determined. Low voltage testing is performed in 80 - 375 A class twice in the lifetime of in the electric measuring unit, in the 400 A class there are for four inspections, six inspections times for medium voltages and for the largest medium voltage targets the inspection is performed each year</p> <p>One part of the thesis also involved writing instructions of field inspections for MTE PWS 2.3 PLUS handheld measuring units. Practical measurements were done on the field before writing the actual instructions.</p> <p>The transfer of measurement data from MTE PWS 2.3 PLUS handheld measuring units on computer was done by using an adapter. The Calsoft software included with in the MTE PWS 2.3 PLUS handheld unit processed the data. The measurement data was stored in the database of the Vantaan Energia Sähköverkot Oy and in the Mitello software which was in use.</p> <p>As a result, Vantaan Energia Sähköverkot Oy gained a complete revision cycle for inspections and controls of the measuring instruments.</p>			
Keywords Unidirectional, inspection, voltage, measuring			
Public			

ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön on tilannut Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Kiitän kaikkia opinnäytetyöhön osallistuneita ja erityisesti työn tilaajaa ja ohjaajaa Arto Flinkiä hyvästä ohjauksesta opinnäytetyön eri vaiheissa.

Vantaalla 6.5.2018

Jesse Raunisto

SISÄLTÖ

1	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	7
2	JOHDANTO	8
3	VANTAAN ENERGIA OY	9
4	VANTAAN ENERGIA SÄHKÖVERKOT OY	11
5	SÄHKÖENERGIAN MITTAUSTAVAT	12
5.1	Epäsuora mittaustapa	14
5.1.1	Epäsuora Pienjännitemittaus	14
5.1.2	Epäsuora keskijännitemittaus ja suurjännitemittaus	15
5.2	Mittausten tarkistusten säädökset	15
6	MITTAMUUNTAJAT	16
6.1	Jännitemuuntaja	16
6.2	Virtamuuntaja	17
7	MTE PWS 2.3 PLUS KANNETTAVA KWH-MITTAREIDEN JA ASENNUSTEN TARKISTUSLAITE ...	20
7.1	Kytkenät ja käynnistys	20
7.2	Mittalaitteen kytkeminen ja irrottaminen	22
	Kytke PWS 2.3 PLUS	22
	Irrota PWS 2.3 PLUS	22
7.3	PWS 2.3 PLUS mittarintarkistus	22
8	TYYPILLISIÄ MITTAUSVIRHEITÄ	24
9	TARKASTUSKIERRON MÄÄRITYS	25
10	TARKASTUSTEN TEKEMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ	27
10.1	Kohteessa tehtävät yleiset tarkastukset	27
10.2	Mittauksen tarkastus PJ-kohteissa	28
10.3	Taakan mittaus	32
10.4	Muuntosuhteentestaus	33
10.5	Virheellinen mittaus PJ-kohteessa	33
10.6	Mittauksentarkastus KJ-kohteissa	36
10.7	PWS mittaustietojen siirtäminen	41
11	YHTEENVETO	43
12	LÄHDELUETTELO	44

LIITE 1: MITTAUSOHJE.....	45
LIITE 2: TARKASTUSLISTA.....	47

1 LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

VE	Vantaan Energia Oy
VES	Vantaan Energia Sähköverkot Oy
EV	Energiavirasto
PWS	MTE PWS 2.3 PLUS kannettava kWh-mittareiden ja asennusten tarkistuslaite
Y63A	Yli 63 A:n sulakkeen kohteet
kV	Kilovoltti
kVA	Kilovolttiampeeri
kWh	Kilowattitunti
PJ	Pienjännite
KJ	Keskijännite
A	Ampeeri
mA	Milliampeeri
Taakka	Suurin kuormitusimpedanssi, jolla mittamuuntajaa pystytään kuormittamaan kyseessä olevassa tarkkuusluokassa.
Pätöteho	Vaihtosähköpiireissä todellisuudessa kulutettu teho. Varsinainen työtätekevä teho.
Loisteho	Ei ole työtä tekevä teho. Värähtelee kuorman ja siirtoverkon välissä.

2 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Vantaan Energia Sähköverkot Oy:lle (VES) kenttäpalvelut-tiimille. Kenttäpalvelut-tiimi vastaa Vantaalla sähkönkulutuksen mittaustietojen tuottamisesta ja käsittelystä eri sähkömarkkinaosapuolten tarpeisiin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää tarkistuskierto Y63A etäluettaville mittalaitteille. Tarkastuskierron määrittämisessä otettiin koko VES:n Y63A mittauskalusto tarkasteluun ja lähdettiin paloittelemaan sitä pienempiin osakokonaisuuksiin, mitä kautta määrittelyt voitiin helposti tehdä.

VES aloittaa mittauksien tarkastuksen MTE PWS 2.3 PLUS (PWS) kannettavalla mittauksen tarkastuslaitteella, jolloin mittausvirheistä aiheutuvia kustannuksia ja lisäselvittelyjä voidaan pienentää. PWS ei ole ollut aktiivisessa käytössä. Osasyynä tähän voidaan pitää VES:n uudehkoa mittauslaittekalustoa ja Suomesta puuttuvaa mittalaitteiden tarkastuksen asetusta/säädöstä. Vanhempi mittauskalusto on kuitenkin tulemassa elinkaarensa päähän, joten mittalaitteiden tarkistuksiin on tarve.

Tämän työn tarkoituksena oli määritellä tarkistuskierto Y63A:n mittauksille, tehdä ohjeistus mittareiden tarkastuksista eri kokoluokan kohteille ja tarkastuslista kohteissa tehtävistä tarkastuksista. Lisäksi selvitettiin tiedonsiirto PWS:ltä tietokoneelle ja tehtiin kansiot mittaustietojen tallennusta varten.

Työssä käydään läpi aluksi Vantaan Energia Oy:n ja Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n tuloslukemia. Sähköenergian eri mittaustavoista paneudutaan syvällisemmin epäsuoraan mittaustapaan pien- ja keskijännitemittauksissa, ja sivutaan mittausasetusten säädöksiä. Tämän jälkeen tarkastellaan mittamuuntajia eli virta- ja jännitemuuntajia. Lisäksi käydään läpi hieman PWS:n toimintoja ja tarkastellaan yleissilmäystä laitteesta. Luvussa 9 tarkastellaan hieman mittausvirheitä ja niiden aiheuttajia. Luvussa 10 katsotaan, miten tarkistuskierto määriteltiin ja montako mittalaitetta saatiin tarkastettavaksi vuodessa. Työn loppupuolella käydään läpi tarkastuksien tekemistä käytännössä kenttäolosuhteissa ja miten mittaustiedot saatiin siirrettyä PWS:ltä tietokoneelle.

3 VANTAAN ENERGIA OY

Vantaan Energia Oy (VE) on vuonna 1910 perustettu yksi Suomen suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä. Se tuottaa sähköä ja kaukolämpöä sekä tarjoaa teollisuudelle myös maakaasua. Vantaan kaupunki omistaa yhtiöstä 60 % ja Helsingin kaupunki 40 %. (Vantaan Energia Oy, 2018)

Sähkön ja kaukolämmön tuotanto tapahtuu Martinlaakson voimalaitoksessa ja syksyllä 2014 tuotantokäyttöön otetussa jätevoimalassa. Sähkön ja kaukolämmön tuotanto tapahtuu voimalaitoksissa yhteistuotantona korkeilla hyötysuhteilla (Martinlaakson voimalaitos 90 %, jätevoimala 95 %). (Kukkonen, 2015)

VE:n palveluksessa oli vuonna 2017 keskimäärin 339 henkilöä. Yhtiön liikevaihto tilikaudella 2017 oli 285,3 milj. euroa ja liikevoitto 54,8 milj. euroa. (Vantaan Energia Oy, 2018)



Kuva 1. Vantaan Energia Oy konserninrakenne. (Vantaan Energia Oy, 2018)

Kuvassa 1 näkyy koko Vantaan Energia Oy:n konsernin rakenne. Vantaan Energia Oy omistaa VES:n lisäksi Svartisen Holding A/S:stä 49,6 %, Kolsin Voima Oy:stä 22,5 %, Solar Power Holding Oy:stä 24,1 % ja Suomen Energia Urakointi Oy:stä 25,9 %.

VE:n toimitalo (kuva 2) sijaitsee Koivuhaan kaupunginosassa, Tikkurilan lähellä. Uusi toimitalo valmistui 2017 vanhan 1972 rakennetun toimitalon paikalle. (Vantaan Energia Oy, 2016)



Kuva 2. Vantaan Energia Oy toimitalo (Vantaan Energia Oy, 2017)

4 VANTAAN ENERGIA SÄHKÖVERKOT OY

Vantaan Energia Sähköverkot Oy (VES) kuuluu Vantaan Energia -konserniin, jonka muodostavat emoyhtiö VE, sen tytäryhtiöt VES sekä osakkuusyhtiöt. Emoyhtiön omistusosuus VES:ssä on 100 %. (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2016)

VES siirtää sähköä vantaalaisille asiakkailleen maantieteellisellä vastuualueellaan sekä tarjoaa sähköverkkoihin ja energian käyttöön liittyviä palveluja. (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2016)

Yhtiön toiminta on luvanvaraista ja säänneltyä. Sähkön siirtohinnoittelun kohtuullisuutta valvoo Energiavirasto (EV). Valvonta kohdistuu neljän vuoden mittaisiin valvontajaksoihin. Hinnoittelun kohtuullisuuden kriteerit määritetään etukäteen ennen jakson alkamista. Valvontajakson päätyttyä EV tarkastaa, ovatko yhtiön valvontajakson aikana asiakkailta laskuttamien maksujen tasot olleet viraston ennalta vahvistamien menetelmien ja sähkömarkkinalain mukaisia. VES jakaa sähköä noin 118 000 käyttöpaikkaan. (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2016)

VES työllisti tilikauden 2016 aikana keskimäärin 68 henkilöä ja yhtiön liikevaihto oli 37,9 milj. euroa ja liikevoitto 8,2 milj. euroa. (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2016)

Sähkön toimintavarmuus on Vantaalla erittäin hyvä. Keskimääräinen asiakaskohtainen keskeytysaika oli 7,4 minuuttia vuonna 2016 ja yleisin sähkökatkon syy oli kaivuvario. Sähköverkon pituus Vantaalla on 3300 km, josta 90 % on maakaapelia. (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2017)

5 SÄHKÖENERGIAN MITTAUSTAVAT

Sähköenergiaa mitataan käyttöpaikalle asennettavalla sähköenergiamittarilla. Kerros- ja rivitaloissa mittarit sijaitsevat yleensä mittarikomeroissa tai sähköpääkeskuksessa. Omakotitaloissa mittarit sijaitsevat sähköpääkeskuksessa, kuten tonttikeskuksessa. Keskijännitekäyttöpaikoissa mittarit sijaitsevat yleensä muuntamossa tai sen läheisyydessä. (Kukkonen, 2015)

Sähköenergian kulutusta mitataan suoralla ja epäsuoralla mittaustavalla. Suoralla mittaustavalla sähköenergia kulkee suoraan mittarin lävitse. Epäsuorissa pienjännitemittauksissa (0,4 kV), sekä keski- (20 kV) ja suurjännitemittauksissa (110 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 esim. epäsuoralla mittauksella varustettua teollisuusrakennusta. (Kukkonen, 2015)

Standardin SFS 3381 mukaisesti mittareina käytetään IEC-, EN- ja SFS-standardien mukaisia mittareita.

Asuinympäristöissä sisätiloissa 1-vaihemittauksissa voidaan käyttää luokkien A, B tai C mittareita (taulukko 1).

Asuinympäristöissä ulkotiloissa tai 3-vaihemittauksissa voidaan käyttää luokkien B tai C mittareita (taulukko 1).

Liiketiloissa tai kevyen teollisuuden sisätiloissa voidaan käyttää luokkien B tai C mittareita, mutta ulkotiloissa käytetään luokan C mittareita (taulukko 1).

Mittarissa tulee olla kumulatiivinen elinaikalukema.

Taulukko 1. Mittalaitteiden ja mittamuuntajien tarkkuusluokat, sekä jännitteen alenema (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2014)

Mittausryhmä	Mittaustapa ja tehorajat	UN	Pätömittari	Virtamuuntajat	Jännitemuuntaja	Jännitteen alenema	Pulssimäärä
1	Suora mittaus	< 1 kV	A, B tai C	-	-	≤ 0,2 %	≥ 200
2	Virtamuuntajamittaus	< 1 kV	B tai C	0.2 S	-	≤ 0,2 %	≥ 500
3	Tehoraja < 2 MW	≥ 1 kV	B tai C	0.2 S	0.2 S	≤ 0,2 %	≥ 500
4	Tehoraja 2-10 MW	≥ 1 kV	0.5 S	0.2 S	0.2 S	≤ 0,1 %	≥ 1000
5	Tehoraja > 10 MW	≥ 1kV	0.2 S	0.2 S	0.2 S	≤ 0,05 %	≥ 2000

Mittaustapa ja tehorajat ovat mittauspisteen mitoitusteho. Se voidaan myös laskea mittamuuntajien nimellisarvoista (jännite ja virta) olettaen, että mittamuuntajat on valittu oikein.

Pulssimäärällä tarkoitetaan pulssimäärää nimelliskuormalla yhden tunnin aikana. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2014)

Mittaustapa-asetuksen liitteessä MI-003 on asetettu asuinympäristössä, liiketiloissa ja pienteollisuudessa käytettävien sähköenergiamittareiden tarkkuusvaatimukset, jotka käyvät ilmi oheisesta kuvasta 3 (mittariluokat A, B, C). Vaatimukset koskevat pätöenergian mittausta. Tarkkuusvaatimukset koskevat ainoastaan sähköenergiamittareita, ei mittamuuntajia. Lain mukaisia mittarivaatimuksia on käsitelty tarkemmin standardeissa EN 50470-1, EN 50470-2 ja EN 50470-3.

	Toimintalämpötila-alue			Toimintalämpötila-alue			Toimintalämpötila-alue			Toimintalämpötila-alue		
	+ 5 °C ... + 30 °C			- 10 °C ... + 5 °C tai + 30 °C ... + 40 °C			- 25 °C ... - 10 °C tai + 40 °C ... + 55 °C			- 40 °C ... - 25 °C tai + 55 °C ... + 70 °C		
Mittariluokka	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Yksivaihemittari; Monivaihemittari symmetrisellä kuormalla												
$I_{\min} \leq I < I_{tr}$	3,5	2	1	5	2,5	1,3	7	3,5	1,7	9	4	2
$I_{tr} \leq I \leq I_{\max}$	3,5	2	0,7	4,5	2,5	1	7	3,5	1,3	9	4	1,5
Yksivaihekuormalla käytettävä monivaihemittari												
$I_{tr} \leq I \leq I_{\max}$, katso jäljempänä määritely poikkeus	4	2,5	1	5	3	1,3	7	4	1,7	9	4,5	2

Käytettäessä sähkömekaanisia monivaihemittareita yksivaihekuormalla virta-alue rajataan välille $5I_{tr} \leq I \leq I_{\max}$.

Mittarin toimiessa eri lämpötila-alueilla sovelletaan aluetta vastaavia suurimpia sallittuja virheitä.

Kuva 3. Suurimmat sallitut virheet mittarin toimiessa eri virta-alueilla. (Energiateollisuus, 2016)

I = mittarin kautta kulkeva sähkövirta

I_{\min} = virran arvo, jonka yläpuolella virhe ei ylitä suurimpia sallittuja virherajoja (monivaihemittarit symmetrisellä kuormalla)

I_{tr} = virran arvo, jonka yläpuolella virhe ei ylitä mittarin indeksiluokkaa vastaavia pienimpiä sallittuja virherajoja

I_{\max} = suurin virran arvo, jolla virhe ei ylitä suurimpia sallittuja virherajoja

U = mittariin syötetyn sähköjännite

U_n = määritely viitejännite

f = mittariin syötetyn jännitteen taajuus

f_n = määritely viitetaajuus

Kuvassa 3 määritellyt suurimmat sallittuja virheitä koskevat vaatimukset ovat voimassa jännitealueella $0,9 \cdot U_n \leq U \leq 1,1 \cdot U_n$ ja taajuusalueella $0,98 \cdot f_n \leq f \leq 1,02 \cdot f_n$. Tehokertoimen alueen on oltava vähintään arvojen $\cos\phi = 0,5$ induktiivinen ja $\cos\phi = 0,8$ kapasitiivinen välillä.

Nimellisen käyttöjännitteen alapuolella mittarin virhe saa olla enintään 10 %.

Tarkkuusluokkasuositukset koskevat uusia ja saneerattavia pysyviä mittauskytkentöjä. Tilapäisesti voidaan käyttää esim. huoltotilanteissa tai vastaavissa epätarkempia mittauksia. (Energiateollisuus, 2016)

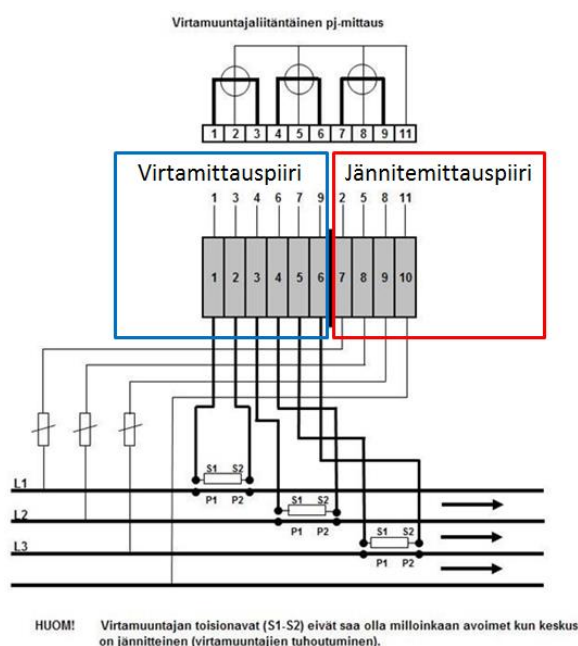
5.1 Epäsuora mittaustapa

Epäsuoraa mittaustapaa käytetään pääasiassa kohteissa, joissa pääsulakekoko ylittää 3 x 63 A. Jännitteenmittauspiiri suojataan 3 x 10 A:n ylivirtasuojilla. Virta- ja jännitteenmittauspiirin johdot kytetään riviliitinpakkaan, josta johdotus mittarille tapahtuu. Riviliitinpakassa on mahdollisuus oikosulkea virtamuuntajien toisiojohdotus 4 mm banaani liittimiä käyttämällä. Virtamuuntajien oikosulkeminen mittarinvaihdon ajaksi on tarpeellista. (Kukkonen, 2015)

Toisiokäämin jäädessä avoimeksi, magnetoi koko ensiövirta rautasydäntä, mikä kyllästyy nopeasti. Syntyvä suuri magneettivuo kasvattaa rautahäviötä, jolloin muuntaja lämpenee ja tuhoutuu. Lisäksi syntyvä magneettivuo indusoi toisioon hengenvaarallisen korkean jännitteen johtuen toisiokäämin suuresta kierrosluvusta. (Hukka, 2011)

5.1.1 Epäsuora Pienjännitemittaus

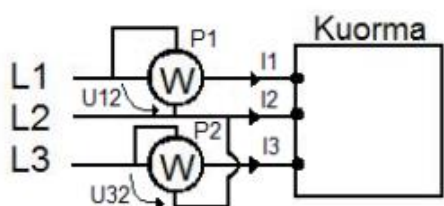
Epäsuorissa pienjännitemittauksissa (0,4 kV) virta muunnetaan helpommin mitattavaan muotoon käyttämällä kolmea virtamuuntajaa. Mitattavat johtimet tuodaan virtamuuntajien läpi siten, että teho kulkee virtamuuntajien merkintöjen P1 -> P2 suuntaisesti. Toisiopiirissä vastaava tehonsuunta on S1 -> S2. Mittari kytketään virtapiiriin kuvan 4 mukaisesti. (Kukkonen, 2015)



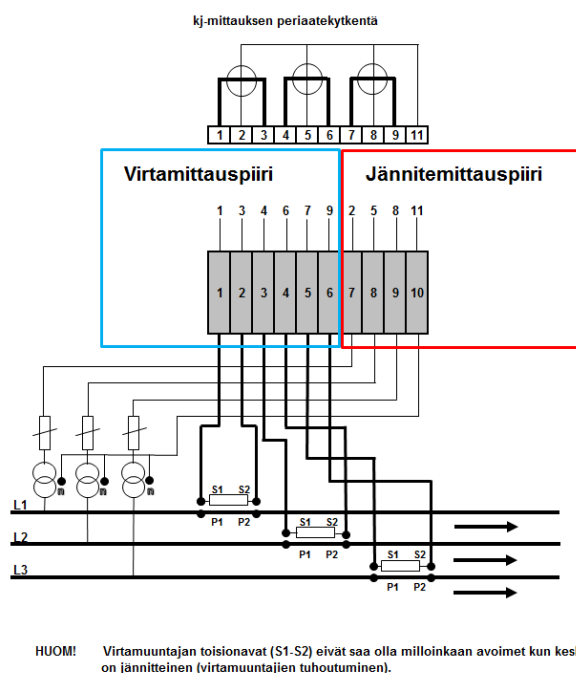
Kuva 4. Laskutusmittarin sijoittaminen virtapiiriin, epäsuoramittaus (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2018)

5.1.2 Epäsuora keskijännitemittaus ja suurjännitemittaus

Epäsuorissa keskijännitemittauksissa (20 kV) ja suurjännitemittauksissa (110 kV) jännite sekä virta muunnetaan helpommin mitattavaan muotoon käyttämällä kolmea jännite- ja virtamuuntajaa. Vanhoissa keskijännitemittauksissa on käytetty myös niin sanottua Aaron-kytkentää (kuva 5), jolloin käytössä on ollut kolme jännitemuuntajaa ja kaksi virtamuuntajaa. Tätä tapaa ei kuitenkaan käytetä enää uusissa mittauksissa. Mittari kytketään virtapiiriin kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 5. Aaron-kytkentä (Taipale, 2012)



Kuva 6. Epäsuora 20 kV:n mittauskytkentä (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2018)

5.2 Mittausten tarkistusten säädökset

Mittaustentarkistuksille ei ole voimassa olevaa säädöstä Suomessa. KWh-mittalaitteita saa näin ollen tarkastaa kukin verkkoyhtiö toistaiseksi haluamallaan tarkastusväleillä.

Tiedossa on, että säädös mittarien tarkistuksille olisi tulossa lähivuosina.

6 MITTAMUUNTAJAT

Mittamuuntajia käytetään mittaus- ja suojaustekniikassa. Yleisimmin käytetyt mittamuuntajat ovat virta- ja jännitemuuntaja. Niiden tehtävänä on muuntaa primääripiirin jännite- ja virtasuureet mitta-reille ja releille (toisiokojeet) sopivaan arvoon eli laajentaa mitta-alaa. Niitä käytetään siksi, että mit-tareiden ja releiden rakentaminen suurille virroille ja jännitteille on teknisesti vaikeaa. (Korpinen, 2018)

Standardin SFS 3381 mukaan mittamuuntajina käytetään standardien SFS-EN 61869-1, -2, -3 ja -5 mukaisia mittamuuntajia. (Energiateollisuus, 2016)

6.1 Jännitemuuntaja

Jännitemuuntajia käytetään keski- ja suurjännitemittauksissa (VES:llä 20 kV ja 110 kV) muuntamaan ensiön jännite mittarille sopivaksi pienemmäksi jännitteeksi. Jännitemuuntajan muuntosuhteella tar-koitetaan jännitemuuntajan ensiön- ja toisiojännitteiden suhdetta. Jännitemuuntajan muuntosuhde noudattaa seuraavaa kaavaa (1):

$$\mu = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

μ on muuntosuhde

U_1 on ensiöjännite

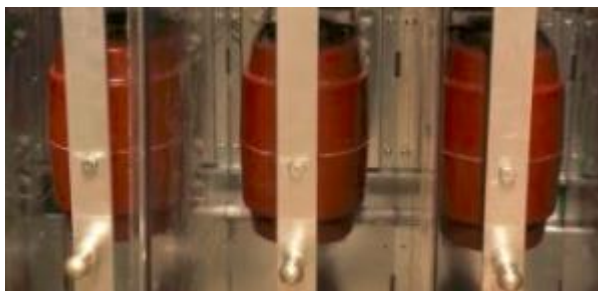
U_2 on toisiojännite

N_1 on ensiökäämin kierrosluku

N_2 on toisiokäämin kierrosluku. (Kukkonen, 2015)

Jännitemuuntajien tarkkuusluokat ovat 0,1; 0,2; 0,5; 1 ja 3. Tarkkuusluokat tarkoittavat jännitevir-hettä prosentteina.

Standardin SFS 3381 mukaan jännitemuuntajan tarkkuusvaatimus on 0,2 kattaen kaikki tehoalueet. (Energiateollisuus, 2016)



Kuva 7. Jännitemuuntajat KJ-kohteessa

6.2 Virtamuuntaja

Virtamuuntajan tehtävänä on normaalisti ensiövirran pienentäminen. Sen tähden ensiön kierrosluku on pieni ja toision kierrosluku on suuri. Virtamuuntaja valitaan joko suojaus- tai mittaustehtävään. Samaa virtamuuntajaa voidaan käyttää myös molempiin tarkoituksiin, sekä suojaukseen että mittaukseen (VES:lla ei käytetä samaa virtamuuntajaa suojauksessa ja laskutusmittauksessa). Tällöin virtamuuntajassa on useampia sydämiä. Sydämillä on yhteinen ensiökäämi, mutta kullakin sydämellä oma toisiokääminsä. Mittaukseen käytettävää sydäntä nimitetään mittaussydämeksi ja suojaukseen käytettävää sydäntä suojaussydämeksi. Ulosasennettavat virtamuuntajat ovat tavallisesti öljytäytettäviä ja hermeettisesti suljettuja, jotta öljy ei joudu alttiiksi ulkoilman kosteudelle. Ulkoisen eristyksen muodostaa tavallisesti posliinikuori. Sisään asennettavissa virtamuuntajissa käytetään yleensä valuhartsieristystä. Sen etuna on suuri sähköinen ja mekaaninen lujuus. (Korpinen, 2018)

Virtamuuntajan muuntosuhteella tarkoitetaan virtamuuntajan ensiö- ja toisiovirtojen suhdetta. Virtamuuntajan muuntosuhde noudattaa seuraavaa kaavaa (2):

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2)$$

μ on muuntosuhde

I_1 on ensiövirta

I_2 on toisiovirta

N_1 on ensiökäämin kierrosluku

N_2 on toisiokäämin kierrosluku. (Kukkonen, 2015)

Epäsuorien PJ- ja KJ-mittauksien kerroin muodostuu virtamuuntajien ja jännitemuuntajien muuntosuhteista.

Todellisuudessa kaavan (3) mukaisesti:

$$\text{Kerroin} = \text{Ensiölävistykset} * \frac{I_1}{I_2} * \frac{U_1}{U_2} \quad (3)$$

I_1 on ensiövirta

I_2 on toisiovirta

U_1 on ensiöjännite

U_2 on toisiojännite

Virtamuuntajan toision 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. (Kukkonen, 2015)

VES:lla virtamuuntajien toisiovirta on aina 5 A ja tarkkuusluokka 0.2S, joka määräytyy standardin SFS 3381 mukaan. Virtamuuntajat on oltava kahdelle virta-alueelle. KytKentä pitää olla uusissa kohteissa pienemmällä puolella muuntajien kokoluokassa alle 5200 kilovolttiampeeria (kVA) (asiakkaan muuntajakoko).

Virtamuuntajien mitoitus ja muuntosuhde valinta tapahtuu kohteen muuntajatehojen mukaan seuraavan taulukon mukaisesti:

Taulukko 2. Muuntajatehot (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2018)

Kokonaismuuntajateho kVA	Virta-alue	KytKentä
0 - 1700	50 - 100 / 5	50 / 5
1700 - 2600	75 - 150 / 5	75 / 5
2600 - 3500	100 - 200 / 5	100 / 5
3500 - 5200	150 - 300 / 5	150 / 5
5200 - 7000	100 - 200 / 5	200 / 5
7000 - 10400	150 - 300 / 5	300 / 5

Virtamuuntajan nimellistaakka ilmoitetaan volttiampeereina (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. (Kukkonen, 2015)



Kuva 8. Virtamuuntajat PJ-kohteessa

Kuvan 8 mukaisia virtamuuntajia käytetään PJ-kohteissa. Kuvan virtamuuntajat sijaitsivat kauppakeskus kiinteistössä.



Kuva 9. Virtamuuntajat KJ- kohteessa

Kuvan 9 mukaisia virtamuuntajia käytetään KJ- kohteissa. Kyseiset virtamuuntajat sijaitsivat teollisuusrakennuksen muuntamotilassa.

7 MTE PWS 2.3 PLUS KANNETTAVA KWH-MITTAREIDEN JA ASENNUSTEN TARKISTUSLAITE

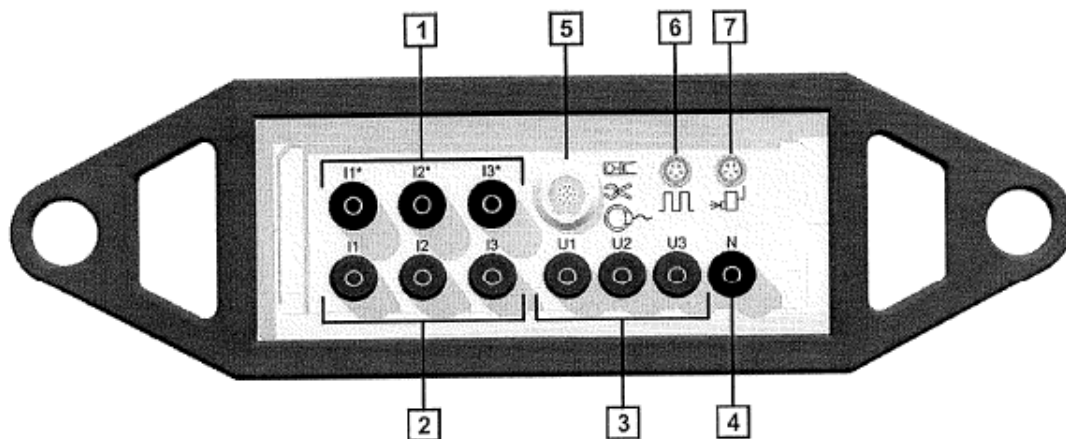
MTE PWS 2.3 PLUS kannettava mittarintarkistuslaite (PWS) on 3-vaiheinen elektroninen mittarintarkistuslaite, joka on kehitetty käytettäväksi tarkistuslaitteena kenttäolosuhteissa 1- ja 3-vaiheisten kWh-mittareiden tarkistamiseksi. Laitteella on mahdollista tarkistaa samanaikaisesti kaikki mittari- asennusten sähköiset parametrit ja vastaavat piirit. Laitteessa on integroitu mittamuuntajien tarkistustoiminto, joka saatavana tarkkuusluokissa 0.1 ja 0.2.

Laitetta voidaan käyttää joko suoraliitännäisenä mittausalueen ollessa 1 mA:sta 12 A:iin, tai avattavilla omilla pihtivirtamuuntajilla alueen ollessa 10 mA:sta 100 A:iin. Täten on mahdollista helposti ja nopeasti mitata sekä virtamuuntaja- että suoraliitännäiset mittarit. Virtamuuntajan muuntosuhdemittaus LEMflex-letkukupihdeillä 3000 A asti.

Laitetta voidaan syöttää joko mittauspiiristä tai ulkopuolisesta jännitelähteestä (1-vaihe pistorasia) (MTE, 2007)

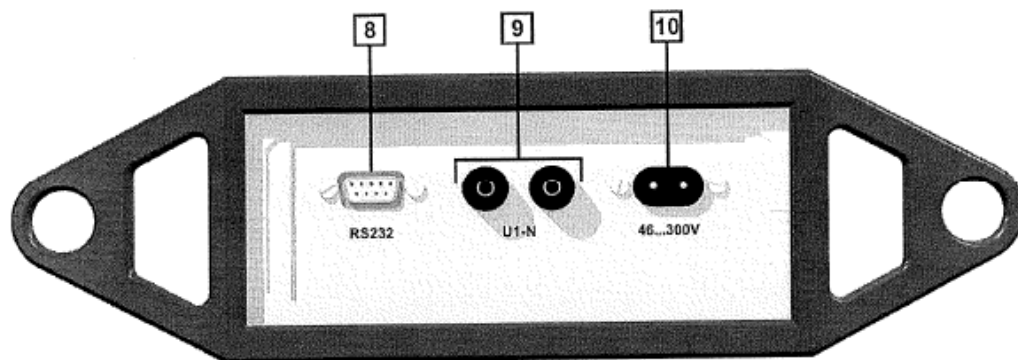
7.1 Kytkenät ja käynnistys

Kytkenäliittimet sijaitsevat laitteen ylä- ja alaosassa. Toimintoja ohjataan joko omilla painikkeilla tai sarjaliitynnän kautta.



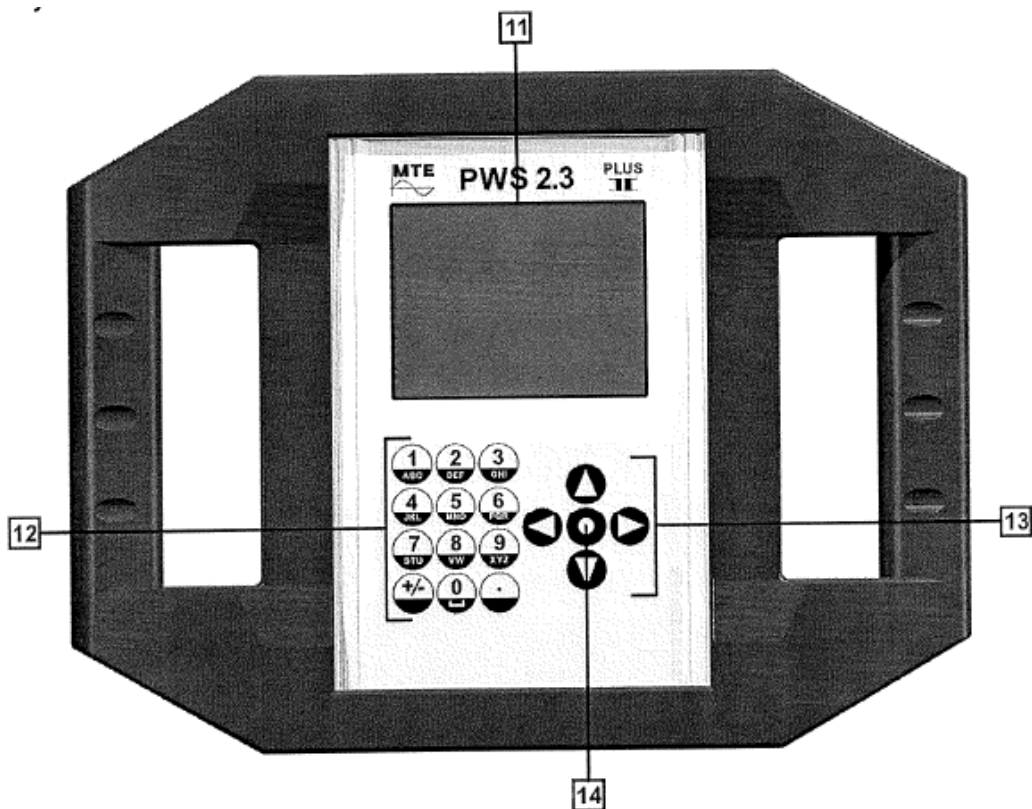
Kuva 10. Mittalaitteen yläosa (MTE, 2007)

1. Virtalähdöt I1*, I2*, I3*
2. Virtatulot I1, I2, I3
3. Jännitteiden vaihekytkennät U1, U2, U3
4. Nollajohtimen N liitin
5. Pihtivirtamuuntajien kytkennät
6. Impulssilähtö
7. Pulssitulo



Kuva 11. Mittalaitteen alaosa (MTE, 2007)

- 8. RS232 sarjaliityntärajapinta
- 9. Liittimet syötölle 2- ja 4-johdin verkoista
- 10. Ulkoisen syötön liitin



Kuva 12. Mittalaitteen etuosa (MTE, 2007)

- 11. LCD-näyttö
- 12. Alfanumeerinen näppäimistö
- 13. Kursoripainikkeet
- 14. Enter-painike. (MTE, 2007)

7.2 Mittalaitteen kytkeminen ja irrottaminen

Kytke PWS 2.3 PLUS

1. Kytke CT-virtapihdit PWS 2.3 PLUS:aan, jos niitä aiotaan käyttää.
2. Kytke valopää SH 2003 tai käsikytkin PWS 2.3 PLUS:aan (jos käytössä)
3. Kytke syöttöjännite PWS 2.3 Plus:lle:
 - Syöttö ulkoisesta jännitteestä**
Käytä vakioverkkokaapelia (2-napainen. Laite käynnistyy välittömästi)
 - Syöttö mittausjännitteestä**
4-johdin: Liitä kaapeli ulkoiseen syöttöliittimeen ja U1-N liittimiin laitteen pohjassa.
3-johdin: Liitä erikoissyöttökaapeli (4 mm turvaliittimet) alaosan ulkoisen syöttöliittimen Verkkoo: Ja päällä olevien jänniteliittimien U1-U2 tai U2-U3 tai U3-U1 välille.
Laite käynnistyy välittömästi, kun mittausjännite on kytketty.
4. Kytke jännitekaapelit ensin PWS 2.3 PLUS:aan ja sitten mittaukseen
5. Kytke mittausvirrat
 - a) Kytke virtajohtimet ensin PWS 2.3 PLUS:n suoriin liittimiin ja sitten mittaukseen riviliittimille (jos käytössä)
 - b) Liitä virtapihdit mittaukseen (jos käytössä) (MTE, 2007)

Irrota PWS 2.3 PLUS

1. Irrota mittausvirrat:
 - a) Irrota virtapihdit mittauksesta (jos käytössä)
 - b) Irrota virtakaapelit ensin mittauksesta ja sitten PWS 2.3 PLUS:stä (jos käytössä)
2. Irrota jännitekaapelit ensin mittauksesta ja sitten PWS 2.3 PLUS:sta.
3. Irrota syöttö PWS 2.3 PLUS:lle:
 - a) Irrota ulkoinen syöttö
 - b) Irrota liitännät mittausjännitteestä
4. Irrota valopää SH 2003 tai käsikytkin PWS 2.3 PLUS:sta (jos käytössä)
5. Irrota virtapihdit PWS 2.3 PLUS:sta (MTE, 2007)

7.3 PWS 2.3 PLUS mittarintarkistus

PWS 2.3 PLUS tarkistuslaite laskee määritellyn määrän induktiomittarin roottorikiekon pyörähdyksiä tai elektronisen mittarin ledin vilkahduksia optisen SH2003 silmän tai käsikytkimen avulla. Näiden pulssien ja energiamittaustietojen avulla laite laskee tarkistettavan mittarin (DUT = device under test) energiamittauksen virheen.

Testaus valopäämoodissa tapahtuu laskemalla jokaisen kiekon pyörähdyksen tai pulssin, tai start / stop moodissa laskemalla ainoastaan start pulssin ja viimeisen pulssin.

Kiekon merkki tai LED pulssi-informaatio voidaan syöttää PWS 2.3 PLUS:lle joko pulssitulona, automaattisesti SH 2003 valopäällä tai pulssikaapelin kautta tai manuaalisesti käsikytkimellä, tai enter-painikkeella start / stop moodissa. (MTE, 2007)

8 TYYPILLISIÄ MITTAUSVIRHEITÄ

Etäluettavien mittalaitteiden laadusta vastaavat mittalaitteiden valmistajat. Kunkin mittarivalmistajan uusilla laitteilla on takuu, joten viallinen mittalaite saadaan vaihdettua uuteen nopeasti ja viallinen mittalaite toimitettua valmistajalle tarkempaa tarkastusta/korjausta varten. Suurimmassa osassa viakatapauksista mittalaite on mitannut liian vähän. Taulukossa 3 on lueteltu tyypillisimpiä mittausvirheitä.

Taulukko 3. Mittausvirheitä

Mittausjohtimet kytketty ristiin
Mittarissa mekaaninen vika
Mittauksen palanut sulake
Löysät liitokset

Mittalaitteessa esiintyvä mekaaninen vika voi olla tehtaalla syntynyt, esim. vaiheen L1 mittauspiiri on poikki mittarinsisäisesti, jolloin mittalaite ei päästä virtaa lävitseen. Vika saadaan korjattua vaihtamalla mittalaite uuteen.

Palanut sulake aiheuttaa sen, ettei mittalaitteen lävitse kulje jännitettä ja näin ollen yksi vaihe on pois käytöstä, eli mittalaite ei mittaa yhden vaiheen kulutusta, ennen kuin palaneen sulakkeen tilalle vaihdetaan uusi sulake.

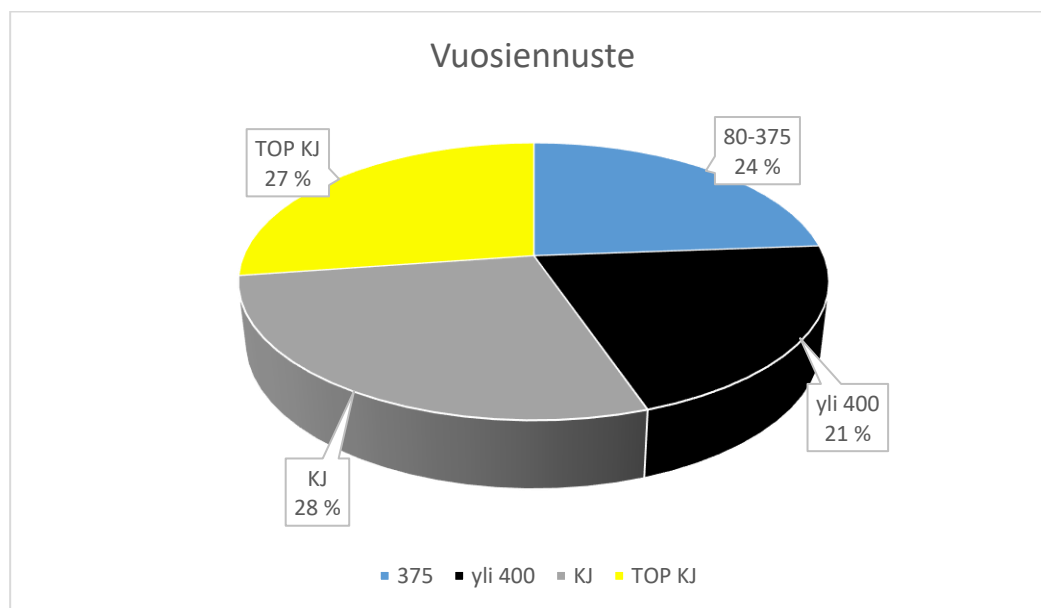
Löysät liitokset voivat aiheuttaa riviliittimen tai mittauksen ruuviliitoksen vikaantumisen. Löysistä liitoksista voi aiheutua esim. sulakkeiden palamista tai mittausvirhe, jolloin mittalaite mittaa liian vähän.

Kytkevirheet aiheuttavat pääsääntöisesti sen, että mittalaitteet mittaavat liian vähän tai mittaus-
tulokset tallentuvat väärään rekisteriin.

9 TARKASTUSKIERRON MÄÄRITYS

Tarkastuskierron määrittelyssä lähdettiin liikkeelle Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n tarpeesta saada epäsuorien mittalaitteiden tarkastukseen tehty määräty sopivasta tarkastusvälistä.

Tarkastuskierron määrittelyssä otettiin käsittelyyn koko VES:n Y63A epäsuora mittauskalusto ja lähdettiin paloittelemaan sitä pienempiin osiin sulakekokojen ja vuosienenergiaennusteiden perusteella.



Kuva 13. Vuosiennuste piirakka sulakekoottain

Sulakekokojen perusteella saatiin paloitteltua kokonaismittarimassa neljään n. samansuuruiseen vuosiennustekokonaisuuteen (kuva 13), jonka pohjalta tarkastuskierto määriteltiin. Sininen alue 80-375 A, musta yli 400 A, Harmaa KJ-kohde pois lukien suurimmat ja keltainen 16:sta suurinta KJ- kohdetta.

Tarkastuskierron määrittelyssä lähdettiin liikkeelle määrittelemällä kierto 80-375 A:n kohteille. Määrittely aloitettiin hankintavuoden 2008 mittalaitteista koska, vuosien 2005-2007 mittauskalusto oli poistumassa käytöstä luonnollisen kierron takia.

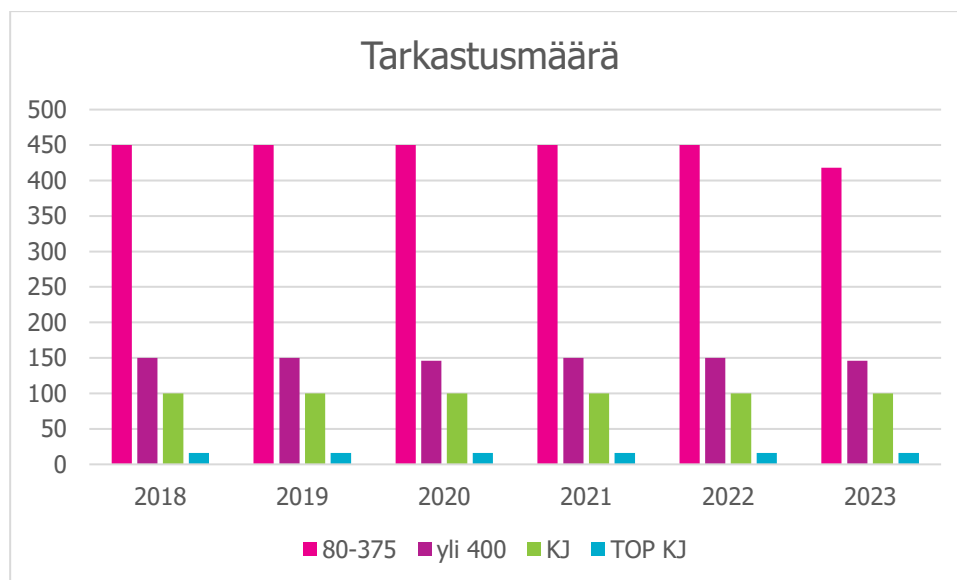
80-375 A:n ryhmälle määriteltiin kaksi tarkastuskertaa mittarin elinkaaren aikana, koska lähtökohtaisesti yhden mittalaitteen kulutus on kohtalaisen pieni ja näin ollen ei ole järkevää tuhata resursseja pienten kohteiden tarkastuksiin ja näin ollen vuosittainen tarkastusmäärä saatiin pidettyä kohtuullisena.

Yli 400 A:lla tarkoitetaan kaikkia muita PJ-kohteita kuin 80-375 A. Yli 400 A:n kohteille lähdettiin samaisesta syystä kuin 80-375 A hankintavuoden 2008 mittalaitteista.

Tälle ryhmälle saatiin määriteltyä viisi tarkistuskertaa mittalaitteen elinkaaren aikana. Tarkistuskerroja on syytä olla enemmän tässä koko luokassa, koska kulutukset alkoivat olla kohtuullisen kokoisia.

Harmaalla merkatulla KJ-kohteilla tarkoitetaan kaikkia paitsi kulutukselta suurimpia 16 kohdetta. KJ-kohteita tulee tarkastaa useammin suuremman kulutuksen takia ja sopivaksi tarkastusmääräksi saatiin määritettyä seitsemän kertaa mittalaitteen elinkaaren aikana.

Lopuksi määritettiin keltaisella merkatuille TOP KJ-kohteille, joilla tarkoitetaan suurimman kulutuksen omaavia KJ-kohteita. Kulutukset olivat niin suuria, että tarkastus tulee tehdä joka vuosi tämän ryhmän mittalaitteille. Tästä syystä muutaman prosentin virhe mittauksessa voi aiheuttaa kohtuullisen suuret kustannukset.



Kuva 14. Tarkastusmäärät vuosittain

Mittareille saatiin näin ollen määriteltyä tarkastuskierto ja vuodessa tarkastettavaksi saatiin n. 700 mittalaitetta (kuva 14).

Mittalaitteen keskimääräinen käyttöikä on n. 15 vuotta. Näin ollen mittalaite vaihdetaan, jos siinä havaitaan vika tai se tulee käyttöikänsä päähän.

10 TARKASTUSTEN TEKEMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

VES:lla käytössä oleva PWS-tarkastuslaite otettiin päivittäiseen käyttöön ja sillä aloitettiin tekemään kWh-mittausten tarkastuksia. PWS:än tarkkuus on huomattavasti parempi kuin kiinteissä kWh-mittareissa ja mittamuuntajissa. Etäluettavan mittalaitteen tarkkuus on huomattavasti parempi kuin piirissä olevien mittamuuntajien.

PWS:llä tehdään vakituisesti kahta erityyppin mittausta PJ-kohteissa, mittauksentarkastus ja taakanmittaus. Lisäksi epäselvissä tai lisäselvitystä vaativissa kohteissa voidaan suorittaa muuntosuhteiden tarkastus. KJ-kohteissa tehdään ainoastaan mittauksentarkastus, koska jännitetasot ja luokse pääsemisen ongelmat tulevat niissä vastaan.

10.1 Kohteessa tehtävät yleiset tarkastukset

Tarkastuskohteeseen saavuttua varmistetaan ensimmäiseksi kulutusmittalaitteen numero. Tämän jälkeen tehdään yleissilmäys kohteesta (kohde näyttää siistiltä eikä varastolta). Tarkastetaan, että kulutusmittalaite on verkossa, ajassa, tehonuolet oikein, vaihejännitteet näkyvät mittarin näytössä ja mittarilla on riittävä kentänvoimakkuus. Mittamuuntajien sijoitus tulee tarkistaa ja lisäksi tulee katsoa, että oikea lähtö on mittauksessa. Tämän jälkeen varmistetaan, ettei mittaamatonta sähköä ole. Kohteessa tulee olla vaadittavat komponentit (riviliittimet, etusulakkeet jne ...). Samoin tulee tarkistaa, ettei ylimääräisiä laitteita ole kytketty laskutusmittauspiireihin.



Kuva 15. Mittauksen etusulakkeet ja riviliittimet

Kuvan 15 mukaisia sulakkeita ja riviliittimiä käytetään PJ-kohteissa. Riviliittimien välissä olevalla kelteisellä liuskalla erotetaan mittauksen virta- (riviliittimien numerot 1-6) ja jännitepuolet (7-10).

10.2 Mittauksen tarkastus PJ-kohteissa

PJ-mittaukset suoritettiin kauppakeskus- ja kerrostaloympäristöissä. Mittausten tarkoituksena oli tarkastella kohteissa olevien epäsuorienmittalaitteiden tarkkuusvirheitä ja lisäksi suoritettiin taakan- ja muuntosuhteentestaus.



Kuva 16. Tarkasteltava mittalaite

Kuvassa 16 on kohteessa oleva mittalaite Aidon 6550, jolle tarkastukset tehtiin. Mittalaitteen tarkkuusluokka on 0,5, joten mittaustarkastus on suositeltavaa tehdä PWS:llä. Mittaukset aloitettiin kytkemällä mittalaite ohjeistuksen mukaisesti mittauspiiriin. PJ-kohteissa mittaukset tehdään lähtökohtaisesti aina ensiöstä. Mittaus tehdään toisiosta vain, jos mittamuuntajat on sijoitettu sellaiseen paikkaan, missä niihin ei pääse käsiksi.

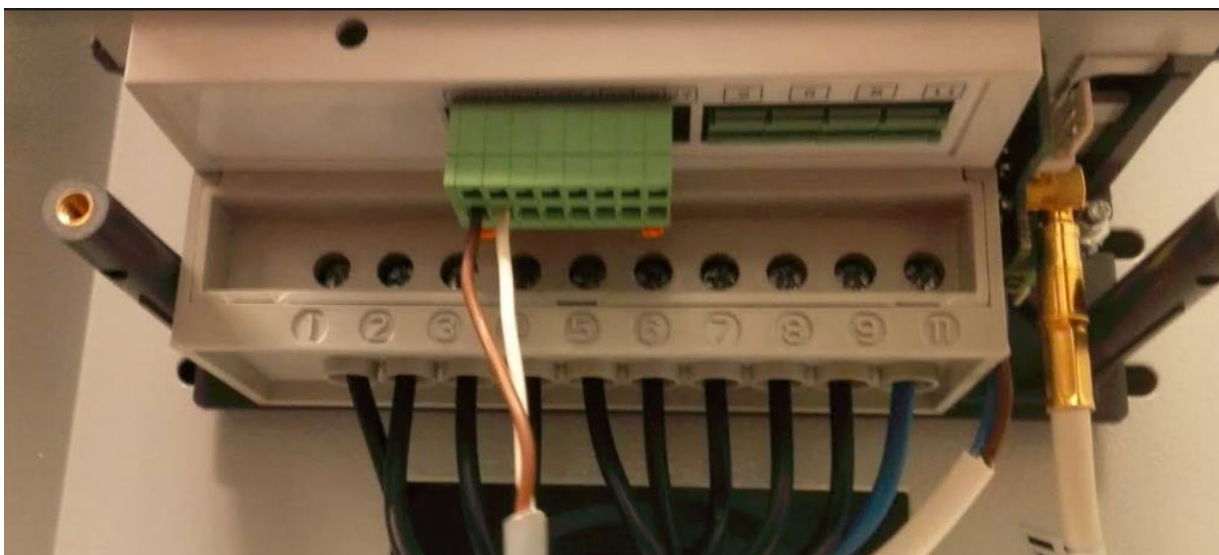
Kuvassa 17 PWS on kytketty mittauspiiriin ensiöpuolelle. Kuvasta näkee, miltä mittauksentarkastus näyttää käytännössä. Laitteelle otettiin käyttöjännite pistorasiasta.



Kuva 17. PWS kytkettynä mittauspiiriin

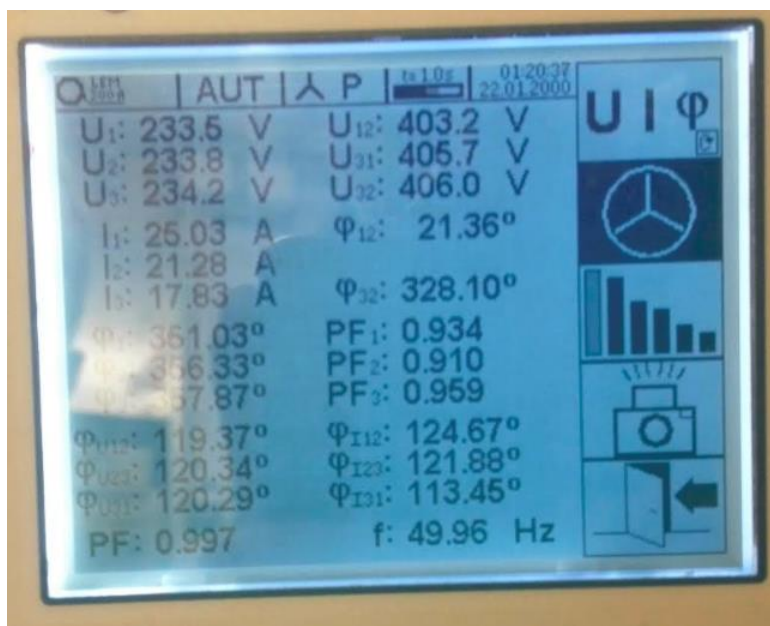


Kuva 18. LEMflex-letkupihdit kytkettynä mittauspiiriin



Kuva 19. S0 pulssilähtö

Kuvan 19 mukaista S0 pulssilähtöä käytettiin mittauksessa, koska PWS laskee näiden pulssien ja energiamittaustietojen avulla tarkistettavan mittarin energiamittauksen virheen.



Kuva 20. Yleisnäkyä mittauksesta

PWS:ltä tarkasteltavat asiat mittauksen tarkkuutta mitattaessa näkyvät kuvassa 20. Näytöltä katsotaan, että mittalaite mittaa jännitteet, virrat ja tehokertoimet.

$U_1 - U_3$ = vaihejännitteet

U_{12}, U_{31}, U_{32} = pääjännitteet

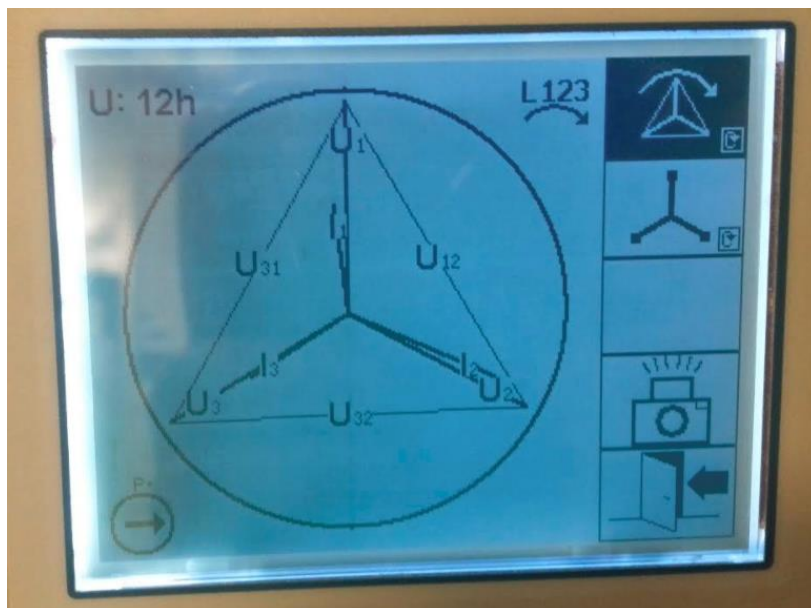
$I_1 - I_3$ = vaihevirrat

$\varphi_1 - \varphi_3$ = vaihekulmat

$PF_1 - PF_3$ = vaihekohtaiset tehokertoimet

PF = kokonaistehokerroin

f = taajuus



Kuva 21. Mittauksen vektoridiagrammi

PWS:ltä pystyttiin helposti katsomaan mittauksesta piirrettyä vektoridiagrammia (kuva 21). Nopealla vilkaisulla pystytään päättämään, että jännitteet ja virrat ovat samansuuntaisia U_1 jännite hieman edellä virtaa I_1 samoin, kuin muut jännitteet ja virrat. Mittauksessa ei ole kytkentävirheitä.



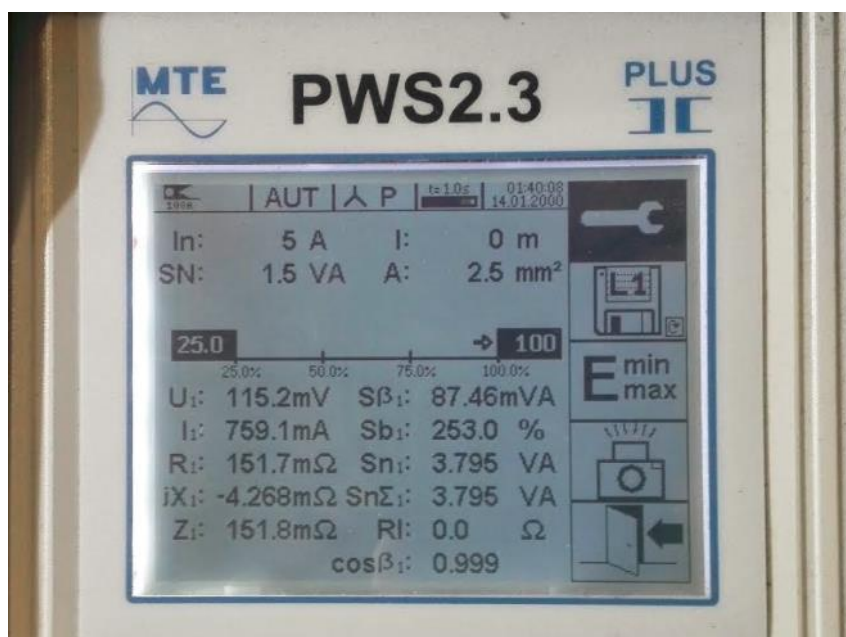
Kuva 22. PJ- mittalaitteen tarkkuus

Ennen varsinaisen mittauksentarkkuuden testausta tehdään 1-2 s mittainen kokeilumittaus ja katsotaan, että saadaan mittarille oikean näköisiä mittaustuloksia. Kuvasta 22 nähdään mitattavan mittalaitteen tarkkuus. Tarkkuus on PWS:n näytöltä luettuna 0,187 % 60 s tarkastelujaksolla. Pidemmällä tarkasteluajalla saadaan tarkempi lukema mittauksentarkkuudesta.

Mittaustulokset tallennettiin omalle muistipaikalleen. PWS:n tallennus on hieman hidasta, joten mukana kannattaa pitää ruutuvihkoa ja kynää. Muistipaikan numero ja mittauksen nimi kirjattiin ruutuvihkoon, jolloin tuloksia siirrettäessä tietokoneelle on helpompaa katsoa vihkosta muistipaikannumerolla tehty mittaus.

10.3 Taakan mittaus

Taakan mittauksen (kuva 23) tarkoituksena oli selvittää mittauspiirin taakka. Mittaus suoritetaan ensiöstä. Ennen mittausta tulee PWS:ltä nollata mittamuuntajien kertoimet. Taakan mittaus tulisi suorittaa pihdeillä, koska LEMflex-letkupihdit (kuva 18) käytettäessä mittalaite laskee myös niiden taakan mittaukseen ja näin ollen mittaustulos on virheellinen.



Kuva 23. PWS taakan mittaus

Mittauksen toisiovirraksi In asetetaan arvokilvestä luettu 5 A ja virtamuuntajien SN arvoksi arvokilvestä katsottu nimellistaakka 1.5 VA.

I: tarkoittaa kaapelin pituutta virtamuuntajien ja mittauspisteen välillä. A: tarkoittaa kaapelin poikkipinta-alaa mittauspisteen ja virtamuuntajien välillä.

Jokaisen vaiheen taakka tulisi olla 10 % sisällä mitatusta. Jos näin ei ole, tulee ensimmäiseksi tarkastaa riviliittimet ja toistaa tämän jälkeen mittaus.

Jokaiselle vaiheelle tehtiin oma taakan mittaus. Mittaustuloksen olisi pitänyt olla 25-100 % välillä. Kytkennät varmistettiin ja mittaus toistettiin. Tulokset olivat kuvan 23 mukaisia.

10.4 Muuntosuhteentestaus

Muuntosuhteentestauksella halutaan vertailla ensiön ja toisioin muuntosuhdetta. Aluksi valittiin ensiö- ja toisiovirran mittaustavat. Ensiöön kytkettiin LEMflex-letkupihdit ja toisioon suorat virranmittauspihdit. PWS:lle tulee syöttää nimelliset ensiö- ja toisiovirrat.

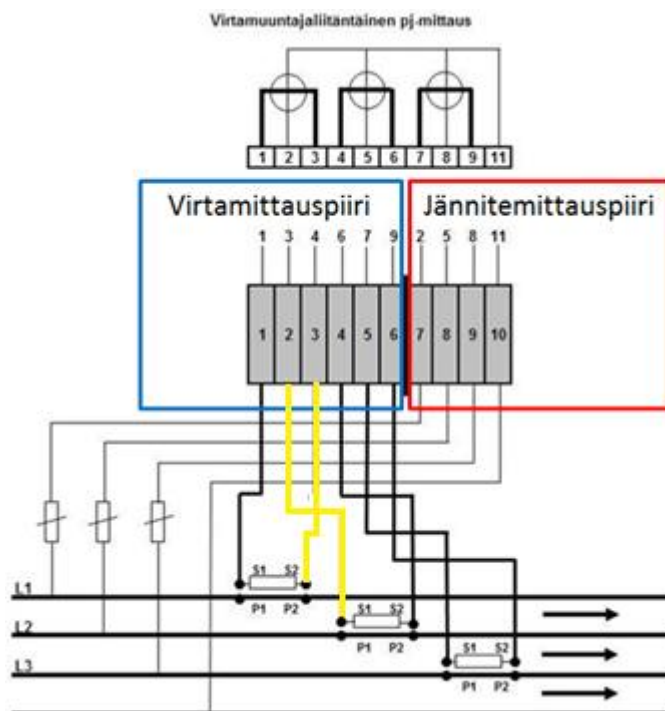
Jos tuloksissa havaitaan 180 asteen vaihe-ero tarkoittaa se sitä, että virta kiertää väärään suuntaan. Kannattaa tarkistaa pihtien ja johtojen kytkentä. Yli 5 % virhe tuloksessa vaatii lisäselvitystä.

10.5 Virheellinen mittaus PJ-kohteessa

Mittauksia tehtäessä havaittiin yhdessä mittauksessa virhe. Silmäääräisellä tarkastelulla virhettä ei olisi voinut huomata, koska kWh-mittarin näytöltä kaikki näytti olevan kunnossa.

PWS:ltä huomattiin, että mittauksen tarkkuus heitteli -35 % ja -38 % välillä ensiöstä mitattaessa, eli kWh-mittari mittasi liian vähän. Muuten kaikki näytti olevan kunnossa (kuva 25).

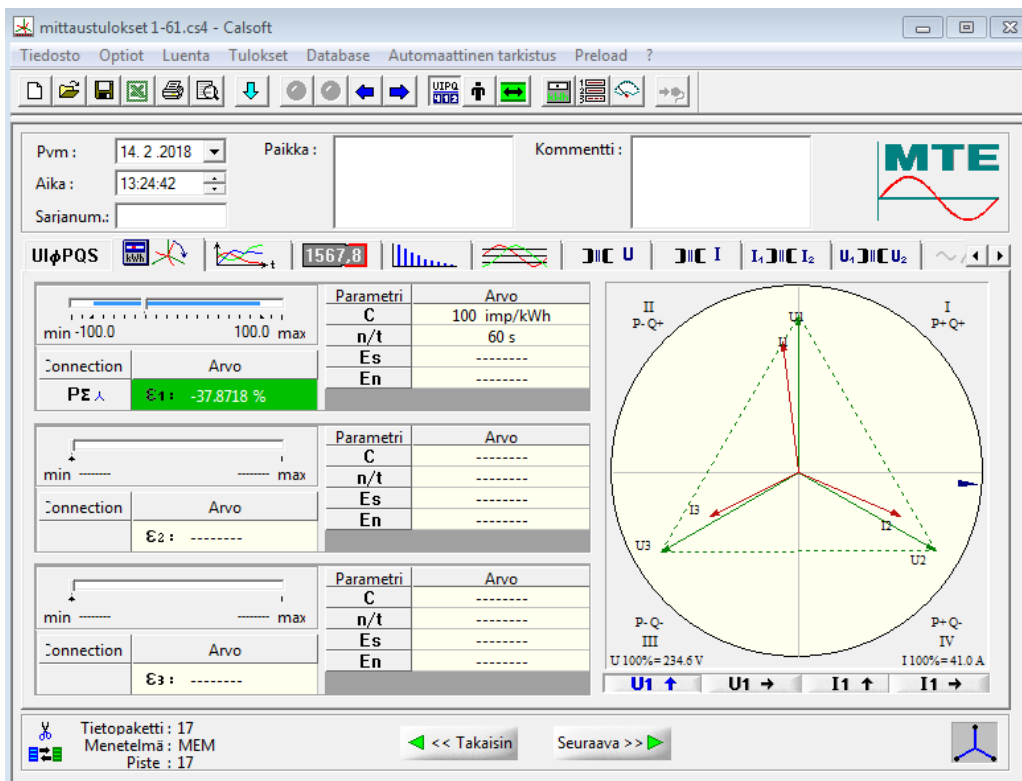
PWS kytkettiin toisiopiiriin ja sieltä saatiin kunnollisia virhelukemia (kuva 26).



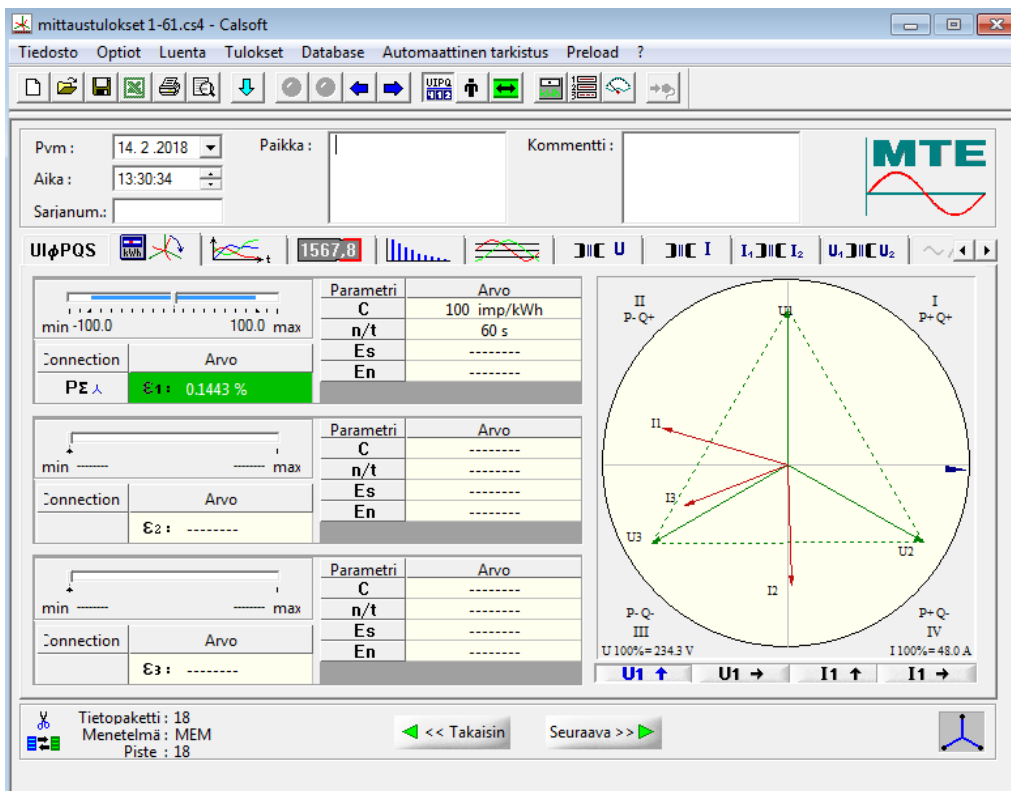
Kuva 24. Virheellinen kytkentä

Kuvassa 24 on esitetty tarkastuskohteesta löytnyt virheellinen kytkentä. Keltaiset viivat kuvaavat kytkentä virhettä. Vaiheiden L1 ja L2 virtamuuntajat olivat kytketty ristiin riviliittimille. Vaiheen L1 virtamuuntajan S2 oli kytketty riviliittimeen numero 3 ja vaiheen L2 virtamuuntajan S1 riviliittimeen numero 2. Näin ollen kytkentä oli sarjaankytkentä ja sen takia aiheutti mittausvirheen. Virheellisestä kytkennästä johtuen mittalaite mittasi kulutetun energian väärin. Kuvassa 4 on esitetty oikea kytkentä.

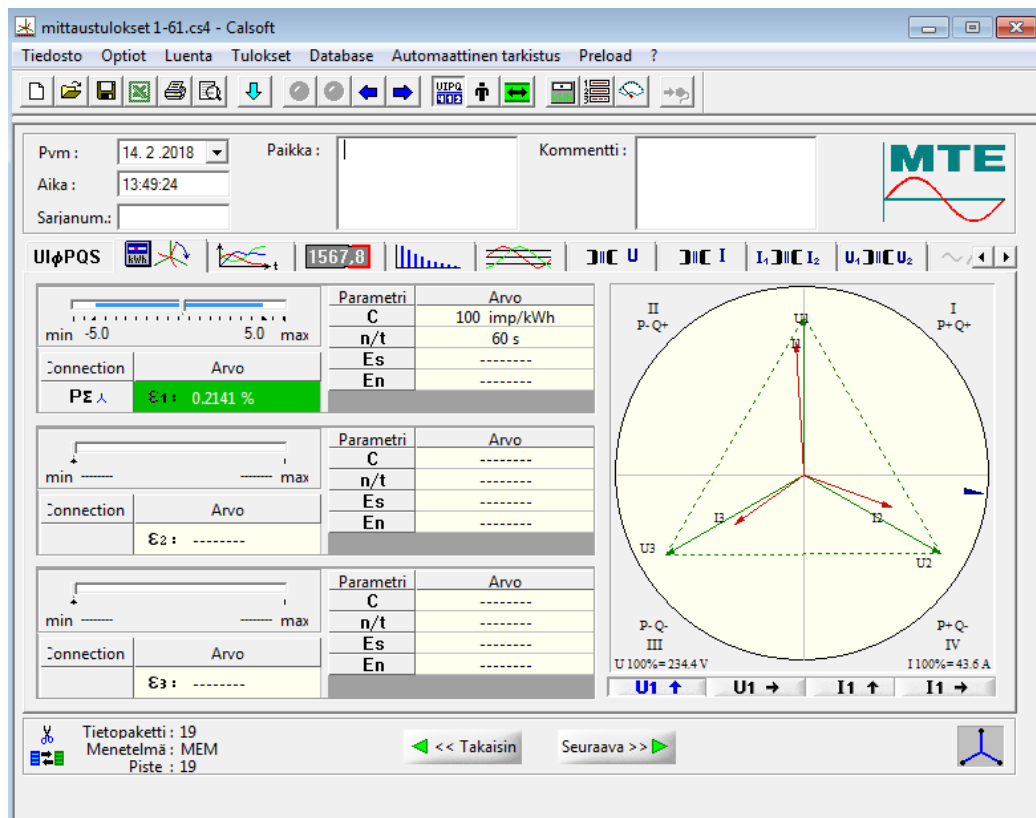
Virheellinen kytkentä korjattiin. Tämän jälkeen mittauksen tarkkuus tarkistettiin uudestaan ja saadut tulokset kirjattiin ylös (kuva 27).



Kuva 25. Mittaustulos ensiöpiiristä



Kuva 26. Mittaustulos toisiosta



Kuva 27. Korjattu mittaustulos

10.6 Mittauksentarkastus KJ-kohteissa

KJ-mittaukset tehtiin teollisuushallin ja pumppaamon mittauksille. Tarkoituksena oli selvittää kohteissa olleiden mittalaitteiden mittaustarkkuutta. KJ-mittauksentarkastus tehdään aina toisiosta.



Kuva 28. Teollisuushallin sisäänkäynnit sähkötiloihin

Kuvassa 28 on sisäänkäynti teollisuushallin sähköpääkeskus- ja muuntamotilaan. Sähköpääkeskussa sijaitsi KJ-mittalaite ja muuntamotilassa KJ-muuntajat, muuntamokojeisto (kuva 29), virta- ja jännitemuuntajat (kuva 30).



Kuva 29. KJ- muuntamokojeisto



Kuva 30. KJ-virtamuuntajat (ylhällä) ja jännitemuuntajat (alhaalla)



Kuva 31. Jännitemuuntajan vaimennusvastus, riviliittimet ja sulakkeet

Kuvassa 31 vasemmalla on esitetty jännitemuuntajan vaimennusvastus. Jännitemuuntajien vaimennusvastus asennetaan jännitemuuntajien läheisyyteen. Vaimennusvastusta ei saa asentaa suljettuun koteloon, koska vastus lämpenee käytössä.

Jännitemuuntajien ensiöpuolella ei käytetä erotinta tai suurjännitesulakkeita. (Vantaan Energia Sähköverkot Oy, 2018)

Vaimennusvastuksen tehtävänä on tasoittaa jännitteen ja virran muutosilmiöitä, kun laitteelta katkaistaan virta. (Eno, 2015)

Lisäksi muuntajan ns. vapaat lähdöt on kytketty vaimennusvastukseen ja maihin.



Kuva 32. KJ- muuntajat pumppaamossa

Kuvan 32 mukaiset KJ-muuntajat olivat pumppaamossa. Muuntajaan syötettiin 20 kV:n jännitettä. Muuntajan tarkoituksena on muuntaa suurempi jännite pienemmäksi.



Kuva 33. Landis+Gyr E650 etäluettava kWh mittalaite

Kuvan 33 mukaista Landis+Gyrin mittalaitetta käytettiin testattavassa KJ-kohteessa. Mittalaitteen tarkkuus on 0,2, joten se oli riittävän tarkka kyseiseen kohteeseen. (Landis+Gyr, 2018)



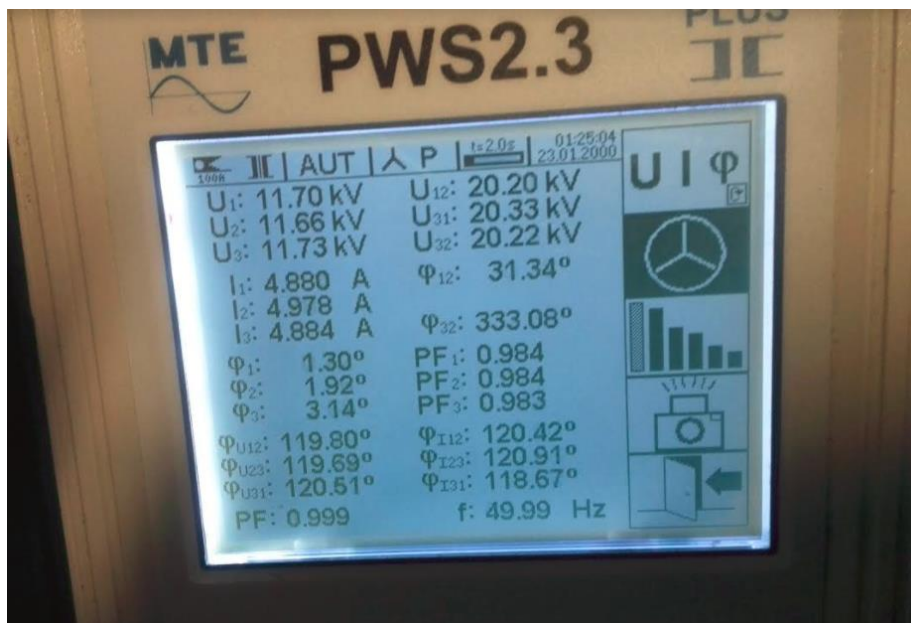
Kuva 34. Optinen valopää SH 2003 asetettuna kWh mittariin ja virtapihdit kytketty mittauspiiriin

Kuvan 34 mukaista SH 2003 optista valopäätä tarvittiin KJ-mittauksen tarkastuksessa. Landis+Gyr:n mittalaitteet antoivat liian hitaan impulssin. Tämän vuoksi ei ollut järkevää käyttää S0 pulssilähtöä, koska tarkastuksen tekemiseen olisi tarvittu pidempi tarkastelujakso kuin määritelty 1 min.



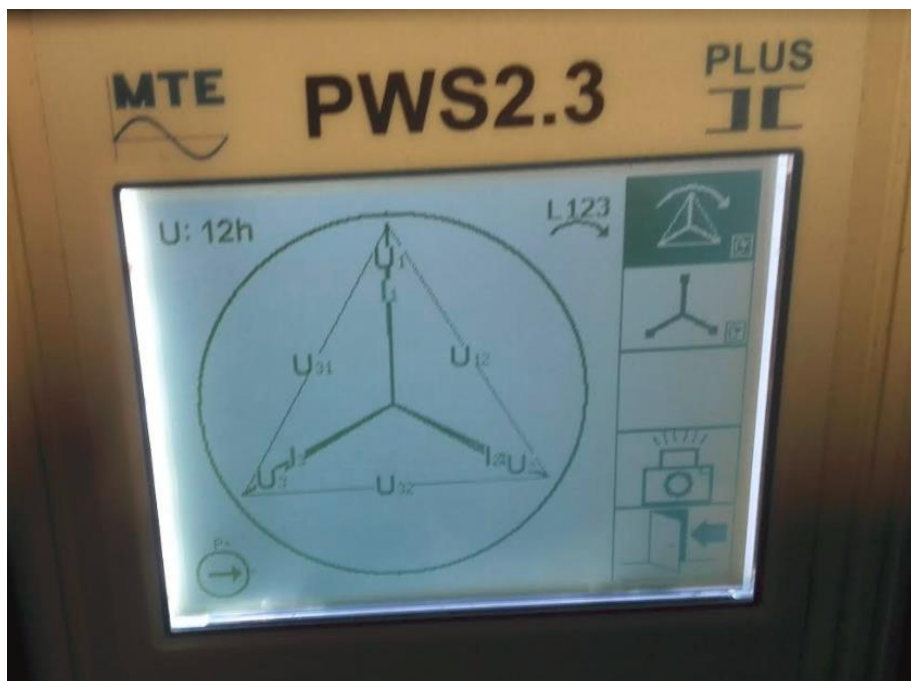
Kuva 35. Toision riviliittimet. PWS kytketty mittauksen jänniteriviliittimiin

Kuvassa 35 PWS:n käyttöjännite on otettu suoraan mittauksen jännitepiiristä.



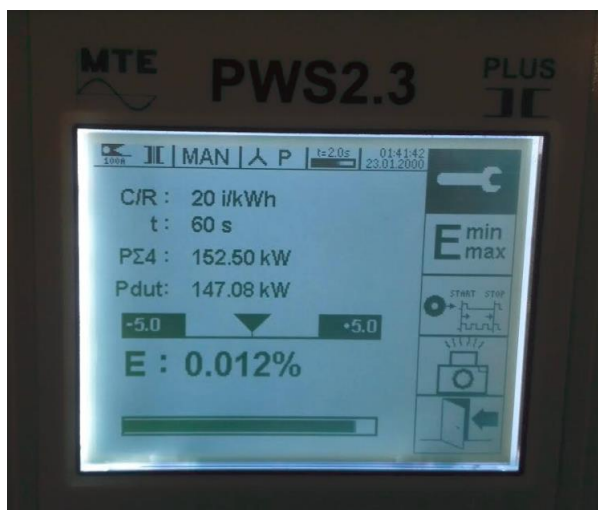
Kuva 36. PWS yleisnäkymä KJ-mittauksesta

Kuvan 36 yleisnäkymästä PWS:n näytöltä nähtiin, että mittalaite on kytketty oikein ja näytölle saatiin lukemia.



Kuva 37. KJ-mittauksen vektoridiagrammi

Kuvassa 37 on esitetty KJ-mittauksen vektoridiagrammi. Jännitteet ja virrat ovat samansuuntaisia eikä kytkentävirhettä ole.



Kuva 38. KJ- mittalaitteen tarkkuusmittauksen tulos

KWh-mittarin tarkkuus on 0.012 %, kuten kuvasta 38 voidaan lukea. Näin ollen mittari oli vaadittavassa tarkkuudessa.

Tulosten tallennus tapahtui samalla tavalla kuin PJ-mittausten kanssa.

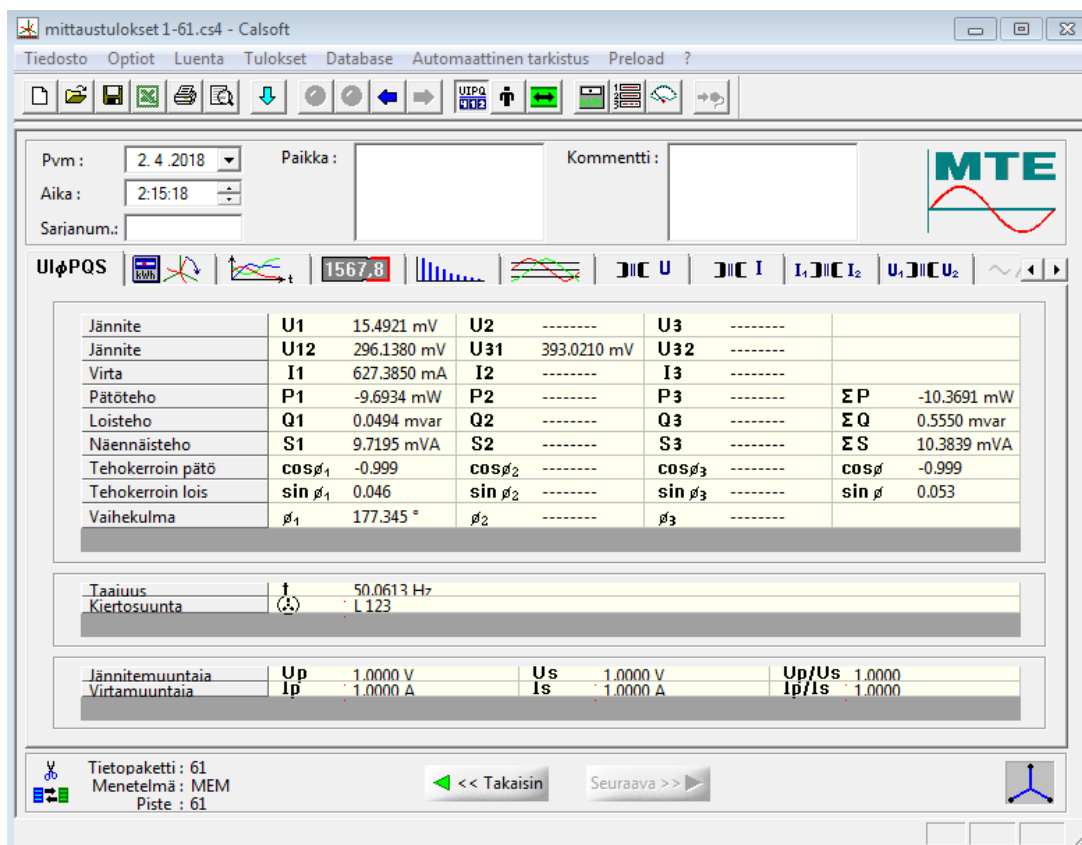
10.7 PWS mittaustietojen siirtäminen

Mittaustiedot saatiin siirrettyä PWS:ltä tietokoneelle käyttämällä USB:stä RS232 sovitinkaapelia (kuva 39). Calsoft-ohjelmalla (kuva 40) pystyttiin tarkastelemaan mittaustuloksia ja tallentamaan halutut mittaustiedot VES:n tietokantoihin.

Jokaisesta PJ- ja KJ-kohteen tarkastusmittauksesta tehtiin käyttöpaikan numerolla varustettu tiedosto. Tiedot tallennettiin niille varattuun kansioon VES:n järjestelmään. Lisäksi mittaustuloksista tehtiin yhteenveto Mitelloon (kuva 41). Mitello on Polarmit Oy:n karttapalvelusovellus, joka on tarkoitettu etäluettavien kWh-mittalaitteiden sijaintien ja huoltokohteiden tarkasteluun ja analysointiin.



Kuva 39. RS232 to USB sovitinkaapeli. (Verkkokauppa Oyj, 2018)



Kuva 40. Yleisnäkymä Calsoftista

▼ Perustiedot

Sijainti

Pääkeskuksessa

Ympäristö

Sulake

Sisäänkäisy

Putkilukko

▼ Virtamuuntajat

VM-tyyppi

Tarkkuusluokka

Nimellistaakka

Ip

Is

Lävistyksiä

Kokonaiskerroin

► Jännitemuuntajat

▼ Mittauksen tarkastus

Mittarin virhe

Mittarin kerroin

Käyttötaakka

Yksikkö

Laskennallinen

Ei

► Viat

▼ Tiedot

Kommentit

Tarkastuspvm

4.4.2018

Tarkastaja

Raunisto Jesse

Työn tila

Valitse tila

Kuva 41. Mitellon tarkastusraportti

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteina oli määritellä tarkastuskierto VES:n Y63A energiamittalaitteille, ohjeistus PWS:n käyttöön ja tarkastuslista. Y63A:lla tarkoitetaan kaikkia kohteita, joiden sulakekoko ylittää 63 A. Tavoitteisiin päästiin ja mittauskalustolle saatiin määriteltyä tarkastuskierto. Käytännössä mittaus-ten tarkastuksia tekemällä saatiin tehtyä ohjeistus PWS:n käyttöön ja tarkastuslista, josta ilmenee, mitä kohteessa tulisi huomioida mittauksentarkastuksia tehtäessä

Tarkastuskierron määrittämisen perusteella saatiin tehtyä kohdelista tarkistettavista kohteista. Kohdelistalta pystytään katsomaan energiamittalaitteet, jotka tarkistetaan määritettynä vuotena. Lisäksi tehtiin ohjeistus mittalaitteella tehtävistä tarkastuksista, sekä tarkastuslista kohteessa tehtävistä tarkastuksista. Tarkastuskierron määrittämisessä huomioitiin sulakekokojen ja vuosienergiaennusteiden perusteella sopivat tarkastusjaksot energiamittalaitteille. Mittalaitteen ohjeistus sisältää PWS:llä tehtävien tarkastusten ohjeistuksen työkohteessa. Tarkastuslistassa on koottu tiivistetyssä muodossa kohteen yleistiedot, mittauksen tarkastustiedot ja muut tarkastukset.

Energiamittalaitteiden tarkastuksille ei ole omaa säädöstään, joten jokainen sähköverkkoyhtiö voi halutessaan määritellä tarkastuskierron itselleen sopivaksi riippuen energiamittalaitteiden määrästä ja kulutuksista.

Laadittujen määritysten ja ohjeistusten perusteella pystyttiin energiamittalaitteiden tarkastukset aloittamaan käytännössä ja ohjeistuksen avulla asentajat tekevät tarkastukset johdonmukaisesti kussakin työkohteessa. Tehdyn kohdelistan avulla saadaan jokainen energiamittalaite tarkastettua halutun mukaisesti sille määritettynä ajankohtana. Ohjeistuksen avulla pystytään varmistamaan, että kaikki tarvittavat mittaukset ja tarkastukset on tehty.

Työn aikana käytiin läpi vikaraportteja ja tarkasteltiin yleisimpiä vikoja, joita Vantaan Energia Sähköverkot Oy:llä on ilmennyt mittalaitteissa. Tehtyjen tarkastusten aikana havaittiin mittausvirheitä, joten tarkastuksilla voidaan perustellusti pienentää mittausvirheitä aiheuttavia kustannuksia.

Opinnäytetyössä saatiin valmiiksi kohdelista ja määritykset, joiden avulla asentajan on helppo tehdä mittauksentarkastuksia PWS:ä käyttämällä. Lisäksi ohjeistuksesta varmistettiin, ovatko kaikki tarkastukset tehty oikeaoppisesti.

Kohdelistan, ohjeistusten ja PWS:n avulla pystyy tekemään mittalaitteiden tarkastuksia kustannustehokkaasti pitkällä ajanjaksolla.

12 LÄHDELUETTELO

- Energiateollisuus. (12. 10 2016). *Tuntimittausuusitus*. Noudettu osoitteesta
https://energia.fi/files/1153/Tuntimittausuusitus_paiv_20161012.pdf
- Eno, H. (2015). *KAPASITIIVISEN LOISTEHON KOMPENSOINTI SÄHKÖVERKKOYHTIÖSSÄ*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
- Hukka, J. (2011). *Sähkönmittauksen muutosprosessin muodostaminen Corbel Oy:lle*. Theseus.
- Korpinen, L. (2018). *9muuntajat ja sähkölaitteet*. Noudettu osoitteesta
http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf
- Kukkonen, T. (2015). *Energia mittauksenlaadun kehittäminen*. Vantaa: Metropolia.
- Landis+Gyr. (2018). *Landisgyr e650*. Noudettu osoitteesta <https://www.landisgyr.fi/product/landisgyr-e650/>
- MTE. (2007). *PWS 2.3 PLUS Kannettava kWh-mittareiden ja asennusten tarkistuslaite käyttöohje*.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2014). *SFS 3381*. SESKO ry.
- Taipale, O. (2012). *Energian hallintajärjestelmän suunnittelu ja toteutus HSY-kuntayhtymälle*. Metropolia.
- Vantaan Energia Oy. (2016). *Tilinpäätös 2016*. Noudettu osoitteesta <https://vantaanenergia.s3-eu-west-1.amazonaws.com/uploads/20170419133222/VE-tilinpaatos-2016.pdf>
- Vantaan Energia Oy. (2016). *Uusi talo, uudet tavat*. Noudettu osoitteesta <https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2016/uusi-talo-uudet-tavat/>
- Vantaan Energia Oy. (10. 11 2017). Noudettu osoitteesta Moderni ja innovatiivinen toimisto inspiroi töihin:
<https://www.vantaanenergia.fi/magazine/energiavirtaa-lehti-32017/moderni-ja-innovatiivinen-toimisto-inspiroi-toihin/>
- Vantaan Energia Oy. (15. 3 2018). Noudettu osoitteesta Vantaan Energia teki vuonna 2017 hyvän tuloksen. Iso kiitos siitä kuuluu jätevoimalan tehokkaalle toiminnalle.: <https://www.vantaanenergia.fi/vantaan-energia-teki-vuonna-2017-hyvan-tuloksen-iso-kiitos-siita-kuuluu-jatevoimalan-tehokkaalle-toiminnalle/>
- Vantaan Energia Oy. (24. 1 2018). *me/vantaan.energia*. Noudettu osoitteesta
<https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>
- Vantaan Energia Sähköverkot Oy. (2016). *Tilinpäätös 2016*. Noudettu osoitteesta https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/frantic/vantaanenergia-ves/uploads/20170425173943/VES_tilinpaatos_2016_.pdf
- Vantaan Energia Sähköverkot Oy. (5. 6 2017). *Vantaalaiset kokevat sähkökatkoja muita suomalaisia selvästi vähemmän*. Noudettu osoitteesta <https://www.vantaanenergiasahkoverkot.fi/vantaalaiset-kokevat-sahkokatkoja-muita-suomalaisia-selvasti-vahemman/>
- Vantaan Energia Sähköverkot Oy. (2018). *Keskijänniteliittymät*. Vantaa: Vantaan Energia Sähköverkot Oy.
- Vantaan Energia Sähköverkot Oy. (2018). *Rivi- kerros ja liikerakennusten sähköliittymät*. Vantaa: Vantaan Energia Sähköverkot Oy.
- Verkkokauppa Oyj. (2018). *Aten UC-232A -USB A-tyyppi - DB9 uros -sarja-adapteri, RS232*. Noudettu osoitteesta
<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/1600/dhh/Aten-UC-232A-USB-A-tyyppi-DB9-uros-sarja-adapteri-RS232>
- Vierimaa, H. (2016). *Kiinteistöjen energiamittausten tarkastamisen käytännöt*. Lapin AMK.

LIITE 1: MITTAUSOHJE

Mittauksen tarkkuuden tarkastus

- Käynnistä mittauslaite (Käytä erillistä virtajohtoa tai mittalaitteen käyttöjännitteellä pitää olla oikosulkusuojaus, eli käytetään laitteen mukana tulevaa verkkojohtoa tai jos käyttöjännite otetaan mittauspiiristä, tulee jännite ottaa mittauksen jännite sulakkeiden takaa.)
- Jos käytetään mittauspiirinjännitettä, tulee saman vaiheisuus tarkastaa jännitteen koettimella. (Suhteessa ensiöön)
- Valitse asetusvalikosta käytettävä virranmittaustapa



- Ylin vaihtoehto: Valitsee käytetäänkö automaattista valintaa, vai 12 A banaaniliitäntöjä virran mittaukseen. Automaattivalinta = käytetäänkö pihtejä (isoja tai pieniä), jos pihtien liitin kytketty tarkastuslaitteeseen. (Käytettäessä joustoletkuja virran mittaukseen valitaan lisäksi LEM-letkujen ensiövirta. Valintakytkin valintalaatikossa, tulee asettaa samaan arvoon!)
- Muuntaja vaihtoehdossa tulee olla "ruksi" päällä kun mitataan ensiöstä. (Tarkastuslaitteen kertoimet ovat pois käytöstä)



- Suorita mittaus ensisijaisesti ensiöstä, jos se ei onnistu mittaus tehdään toisiovirroilla.
- Toisimittauksessa otetaan virtamuuntajien kertoimet käyttöön.



- Kytke tarkastuslaite mittauksen jännite- ja virtapiireihin.
- Tarkastettavasta mittauspiirin mittarista kytketään, pulssi joko SO pulssilähdöstä tai tarkastuslaitteen optisenpäähkautta tarkastuslaitteeseen.
- Mene päävalikkoon ja valitse viisarimittauksen symboli. (Valinnasta nähdään Kuorma- ja tehoarvot)



- Tarkasta näkymä myös vektoridiagrammista (virrat ja jännitteet saman vaiheisia)
- Mittarin tarkastusohjelma käyttöön valitsemalla päävalikosta: mittarin kuva = mittarin tarkkuuden tarkastus



- Avaa tarkastuksen asetusvalikko (ylin valinta jakoavain)
- Valitse Ref-kohtaan kokonaispätehevo $P\Sigma 4$
- Aseta C/R kohtaan pulssivakio. Jos mittarilta on saatavilla ensiöpulssi, esim. 1kWh/imp käytetään mieluiten sitä, jolloin saadaan yhdellä mittauksella varmistettua myös mittarin ohjelmointi. Ensiöimpulssi on saatavissa ainoastaan mittareilla, joihin on ohjelmoitu mittamuuntajien kertoimet.
- Jos mittaria ei voi tarkastaa ensiöimpulssista, pitää mittarissa annettu impulssivakio jakaa mittamuuntajien kertoimilla. Esim. (KJ-mittaus) Mittarilla annettu ledin impulssivakio on 20 000imp/kWh, ja tarkastettavassa kohteessa jännitemuuntajat 20 000 / 100 V ja 50 / 5 A jaetaan 20 000 mittamuuntajien kokonaiskertomella ($200 \cdot 10 = 2000$) -> $20\ 000 / 2000 = 10$, eli tarkastuslaitteelle annetaan impulssivakioksi 10imp/kWh.
- Esim. Epäsuora PJ-mittaus muuntaja 250/5 = Kerroin 50, riippuen käytetäänkö P vai SO mittaukseen katsoon mittarista vastaava arvo. Esim. $P = 10000$, mittarille asetettava arvo (C/R) = $10000/50 = 200$, SO = 5000 saadaan C/R arvoksi $5000/50 = 100$.

- Syötä tarkastelujaksonpituus kohtaan T, aluksi 2sekuntia jolla varmistetaan kytkennän oikeellisuus tämän jälkeen vaihda tarkastelujakson pituus esim. 1 minuutti.
- Poistu takaisin mittarintarkastuksen päävalikkoon. Tarkastusmittaus alkaa tällöin automaattisesti.
- Start / Stop painikkeella voit pysäyttää ja käynnistää tarkastuksen manuaalisesti.
- Jäätävä virhe tuloksessa tarkoittaa tarkastuslaitteen virheellistä kytkentää, virheellistä asettelua tai mittauksen kytkentävirhettä.
- Jos kuormitus vaihtelee tarkastuksen aikana, saattaa tarkastuslaite muuttaa automaattisesti mittausaluetta. Tällöin mittaus menee pilalle. Asia voidaan korjata asettamalla pääasetusvalikosta mittausalueet manuaalisesti. Mittausalueen vaihtuessa näytölle ilmestyy pieni asiasta ilmoittava symboli, ja mittausalueen vaihto tekee yleensä mittaukseen usean kymmenen prosentin virheen.



- Mittauksen suorituksen jälkeen tallenna mittaustulokset kameran kuvasta
- Tarkasta vielä mittaustietojen tallentuminen oikeaan muistipaikkaan. (Merkkaa paperille ylös muistipaikan numero ja mitä käyttöpaikkaa tallennettu mittaustieto koskee)

Taakan mittaus



- Mene asetusvalikkoon ja nollaa kertoimet, tai laita ruksi kertoimien päälle
- Taakan mittaus pyritään suorittamaan suoraan virtamuuntajien navoista.
- Valitse PJ-mittauksessa virtamuuntajan taakka
- Valitse tallennettava vaihe korpuskuvasta.
- Valitse Asetusvalikosta virranmittaustapa, jolla taakka mitataan. (Taakka tulisi mitata aina pihdeillä)
- Aseta toisiovirta (esim. 5 A), sekä virtamuuntajan arvokilvestä luettu nimellistaakka (xxVA)
- I: Mahdollinen kaapelin pituus VM ja mittauspisteen välillä. A = kaapelin poikkipinta, jos kaapelia mittauspisteen ja VM välillä
- Suoritetaan mittaus Vaihe kerrallaan ja tallennetaan mittaustulokset omalle muistipaikalleen. (Pidä paperista kirjanpitoa muistipaikka ja käyttöpaikkanumero)
- Jos taakat heittävät eri vaiheiden välillä yli 10%, kannattaa kohteesta etsiä vikaa (esim. kiristämällä liittimet)

Muuntosuhteen testaus, tehdään jos halutaan lisäselvitystä. (Esim. vääreleimaus virtamuuntajassa tulee ilmi jo mittarin tarkistusvaiheessa)

- Ennen muuntosuhteen testausta on asetusvalikosta nollattava kertoimet, tai laitettava ruksi kertoimien päälle.
- Jakoavaimen kuvasta
- Valitse ylimmästä valikosta mittaustapa (ensiö- tai toisiovirta) NP/NS
- Katso flexim asetukset ohjeen alusta
- Toisiovirran mittaus suorilla virtajohdoilla
- Toisella valinnalla valitaan muuntosuhde, syöttämällä nimelliset ensiö ja toisiovirrat ensiö 400/400 esim IP = 200, IS=5 A (aina)
- Tuloksissa 180 asteen vaihe-ero tarkoittaa, että jompikumpi virta kiertää väärään suuntaan, tarkista ensimmäiseksi, että pihdit ja johdot ovat oikein päin.

Yli 5% virhe tuloksessa vaatii lisäselvitystä

LIITE 2: TARKASTUSLISTA

Yleissilmäys

- Varmistus että ollaan oikeassa kohteessa
- Mittarin numeron tarkastus
- Tarkastetaan että mittarissa oikea kerrointarra (esim. 50 x kWh)
- Tarkastetaan mittarista seuraavat asiat: Mittari verkossa ja ajassa, tehonuolet, vaihejännitteet ja tarvittaessa kentänvoimakkuus.
- Mittamuuntajien sijoituksen tarkastus, onko oikea lähtö mittauksessa. Varmistetaan ettei mittaamattomta sähköä ole
- Jos kohteessa useita mittamuuntajia varmistetaan, että mittaukselle käytetään oikeita muuntajia tarkkuusluokaltaan
- Löytyykö kohteesta tarvittavat komponentit. (Riviliittimet, etusulakkeet jne...)
- Ettei ylimääräisiä latteita kytketty laskutusmittauspiireihin

Mittauksen tarkastus

- Tarkastetaan mittaus tarkastuslaitteen avulla. Kytketään mittalaite mittausohjeen mukaisesti.
- Tarvittaessa virtamuuntajien muuntosuhteiden tarkastus
- Laskutusjärjestelmässä olevien kertoimien tarkistus
- Virtamuuntajien taakkojen mittaus
- Jos mittauksessa havaitaan virhe. Tallennetaan ns. virheellinen tulos ja tehdään video. Korjataan virhe ja tallennetaan saatu korjattu tulos.
- Pidä paperista kirjanpitoa mitä ja mihin muistipaikkaan on tallennettu

Muut tarkastukset

- Liitoksien kireyden tarkastus
- Oikosulkulinkkujen kireys ja kiinnitys, linkut tulee varmistaa, että ovat kunnolla kiinni
- Mittaamattoman sähkön ja mittauskomponenttien sinetöinti

Tietojen ja tulosten kirjaus

- Muista tallentaa saadut tulokset!!!
- Jokaisesta kohteesta tehdään erillinen tarkastusvideo (virheellisestä mittauksesta tehdään erillinen video ennen korjausta).