



TEKNIikka JA LIIKENNE

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

INSINÖÖRITYÖ

Sähkönlaadunmittauksella lisäarvoa AMR-järjestelmistä

**Työn tekijä: Aki Ranta
Työn ohjaaja: TKL Jarno Varteva
Työn ohjaaja: INS. Antti Oksanen**

Työ hyväksytty: 30.4. 2009

**Jarno Varteva
lehtori**



ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Mitox Oy:lle, osana projektia jonka tarkoituksena on ottaa sähkömittareiden laadunmittausominaisuudet käyttöön. Haluan kiittää Mitoxin ohjaajia ryhmäpäällikköä Antti Oksasta ja yksikön päällikköä Jörgen Johanssonia tuesta ja avusta työn suunnittelussa. Lisäksi haluan kiittää vaimoani Tiia Rantaa tuesta ja kannustuksesta työn tekovaiheessa. Metropolialle ja erityisesti lehtori Jarno Vartevalle kiitos työmenetelmien opastamisesta.

Helsingissä 30.4.2009

Aki Ranta

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Aki Ranta	
Työn nimi: Sähkönlaadunmittauksella lisäarvoa AMR -järjestelmistä	
Päivämäärä: 30.4.2009	Sivumäärä: 43 s. + 1 liite
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Ammatillinen suuntautuminen: Sähkövoimatekniikka
Työn ohjaaja: lehtori Jarno Varteva Työn ohjaaja: ryhmäpäällikkö Antti Oksanen	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Mitox Oy:lle, joka on energianmittauspalveluita tuottava yritys. Yritys on perustettu vuonna 2005, jolloin se irtaantui Helsingin Energiasta. Yrityksen taustalla on vuosien kokemus Helsingin Energian energianmittaus- ja etäluentaratkaisujen toteuttamisesta. Työ tehtiin jotta Mitox saa ajankohtaista tietoa laadunmittausmahdollisuuksista.</p> <p>Etäluettavien mittareiden määrä tulee lisääntymään nopeasti vuoteen 2014 asti, jolloin valtioneuvoston asetuksen mukaan 80 % sähkökäyttöpaikoista tulee olla etäluennassa. Vastaavasti mittauksien, joissa pääsulake on yli 63 A, tulee olla vuoden 2010 loppuun mennessä etäluennassa. Ruotsissa etäluenta edistävää laki otettiin käyttöön vuonna 2008. Myös Euroopan unionin direktiivi edellyttää etäluettavien mittareiden asentamista.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla miten sähkönlaatu määritellään standardissa SFS-EN 50150 ja mitä suosituksia Sähköenergialiitto on antanut sähkönlaadulle. Lisäksi selvitettiin nykyisiä sähkönlaadun mittaustekniikoita ja menetelmiä. Ensimmäisen osan tutkimuksissa käytettiin kirjallisia lähteitä. Tästä jatkettiin selvittämällä neljän eri AMR-järjestelmän keskeiset ominaisuudet ja järjestelmistä saatavat sähkönlaatusuureet. Kyseiset neljä järjestelmää valittiin, koska ne ovat Mitoxilla käytössä ja niistä on käytännön kokemuksia. Tutkimukseen käytettiin kirjallisia lähteitä ja käytännön kokemuksia järjestelmistä. Lopuksi selvitettiin laadunmittausominaisuuksien käyttömahdollisuuksia ja sitä, miten tieto voidaan viedä loppukäyttäjälle. Loppuosiossa myös arvioidaan, miten mittausominaisuuksia voidaan kehittää.</p> <p>Työn lopputuloksena on tieto sähkönlaadun määritelmästä, järjestelmäkohtaisesti laadunmittausmahdollisuuksista sekä laatutiedon käyttömahdollisuuksista. Yksi merkittävistä tuloksista on taulukko jossa mittareiden laatuominaisuudet ovat kootusti. Tutkimusta voisi jatkokehittää tekemällä käytännön mittauksia mittareille ja testaamalla että ehdotetut menetelmät ovat todella toimivia.</p>	
Avainsanat: AMR-järjestelmät, sähkönlaatu, laadunmittaus	

ABSTRACT

Name: Aki Ranta

Title: Added value from AMR systems by measuring quality of electricity

Date: 30th April 2009

Number of pages: 43 pages + 1 enclosure

Department:
Electrical Engineering

Study Programme:
Electrical Power Engineering

Instructor: Lector Jarno Varteva

Supervisor: Group Manager Antti Oksanen

This final assignment was made for Mitox Oy. Mitox Oy is a company that provides energy measurement services. The company was founded year 2005 and before that, the company was a unit of Helsingin Energia. Behind company's expertise is years of experience in providing measurement services to Helsingin Energia.

Remote meter reading is increasing rapidly until the end of year 2014, when 80% of energy consumption sites must have electricity meters measuring hourly consumption installed, caused by a judgment made by The Council of State. Council of State also decided that all the meters with larger than 63 A main fuses must have an hourly measurement by the end of year 2010. In Sweden, the law that advances remote reading was introduced in 2008. Also a directive of European Union implies remote reading.

This assignment was established by researching how the quality of electricity is defined in the standard SFS-EN 50160 and what kind of quality criterion can be given. Means and methods to measure quality on electricity were also researched. In this part, literary sources were used as method of research.

The assignment continued with research of four AMR systems. Main focuses in the research were essential features and electric quality quantities measured by the system. These four systems were chosen to this research because all of them are in use at Mitox and are the systems that Mitox has the most practical knowledge of. In this part, the literary sources and practical experience were also used as a method of research.

In the closing, the possible use of these features to measure quality of electricity was clarified and a way to present this information was also introduced. The final part also describes how these features could be ennobled.

The final result of this assignment is a definition of how the quality of electricity is defined and of system specific information about features to measure quality of electricity and the possibilities of using those features. One of the most essential results is a table that defines the quality features of each of the systems. This research can be further continued by doing practical measuring and testing to verify that the methods presented in this assignment really work as described.

Keywords: AMR system, quality measurement, quality of electricity

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	JÄNNITTEEN LAATU PIENJÄNNITEVERKOSSA	3
2.1	Laadun määritelmät	3
2.2	Taajuus	4
2.3	Jännitteen suuruus ja jännitetason vaihtelut	6
2.4	Nopeat jännitemuutokset	8
2.5	Välkyntä	9
2.6	Jakelujännitteen epäsymmetria	10
2.7	Signaalijännitteet	12
2.8	Jännitekuopat	14
2.9	Keskeytykset	15
2.10	Harmoniset ja epäharmoniset yliaaltojännitteet	17
2.11	Käyttötaajuiset ylijännitteet johtimien ja maan välillä	20
2.12	Transienttiylijännitteet	21
3	ETÄLUENTA- JA MITTAUSTIEDON HALLINTAJÄRJESTELMÄT	23
3.1	Iskraemeco	24
3.2	Kamstrup	28
3.3	Landis+Gyr	31
3.4	Aidon	34
3.5	Generis EDMS	36
3.6	Melt	37
4	YHTEENVETO	38
4.1	Tulokset	38
4.2	Laatutietojen saatavuus ja käytettävyys	39
	VIITELUETTELO	44
LIITE	JAKELUJÄNNITTEEN OMINAISUUDET YHTEENVETO-TAULUKKO	

1 JOHDANTO

Valtioneuvoston asetus vaatii, että vuoteen 2014 mennessä 80 % sähkönkäyttöpaikoista tulee olla tuntiluettavia. Yli 63 A:n pääsulakkeella varustettujen kohteiden tulee olla tuntiluettavissa vuoden 2010 loppuun mennessä. Tällä hetkellä suurimpien kaupan- ja teollisuudenalojen mittarit ovat suurimmilta osin etäluettavia. Ruotsissa kaukoluentaa edellyttävä laki on tullut voimaan vuonna 2008. Euroopan unionin direktiivi edellyttää myös etäluettavien mittareiden asentamista. Energianmittaukseen tullaan todennäköisesti investoimaan miljoonia jopa kymmeniä miljoonia euroja vuodessa.

Perinteisesti energiamittari on luettu kerran vuodessa paikallisesti asentajan toimesta. Vuoden kulutus on laskutettu asiakkaan haluamin aikavälein arviolaskulla ja tasauslasku on lähtenyt kerran vuodessa. Sopimuksen päättyessä ja alkaessa asentaja on käynyt paikalla kytkemässä sähköt ja lueksassa mittarin. Etäluentajärjestelmällä mittarin lukemat tuodaan tiedonsiirtomedian välityksellä esim. kerran päivässä, luentatiheys vaihtelee järjestelmä -ja verkkoyhtiökohtaisesti. Etäluennasta takia arviolaskutusta ei enää tarvita ja asiakas saa sähkölaskunsa todelliseen kulutukseen perustuen haluamanaan ajankohtana. Lisäksi etäluentajärjestelmissä on etäohjausmahdollisuus, jolla sähköt voidaan kytkeä ja pois kytkeä kulutuspaikkakohtaisesti. Tällöin sopimusmuutostilanteissa vältytään asiakaskäynniltä.

Laatutietoja on tähän asti mitattu siirrettävällä kalustolla, joka asennetaan mahdollisimman lähelle kulutuspistettä. Laatumittauksia tehdään lähinnä asiakasreklamointien perusteella. Laatutietojen luennalla sähköverkkoyhtiö saa jokaiseen kulutuspaikkaan erillisen laatumittarin. Sähköverkkoyhtiö voi laatutiedoilla tehdä tarkempia investointipäätöksiä.

Sähkönlaatua määritellään standardeilla ja suosituksilla, joissain tapauksissa käytetään myös verkkoyhtiökohtaisia suosituksia. Tässä työssä keskitytään standardin SFS-EN 50150 määrittelemiін raja-arvoihin. Laadun määrittämiseen käytetään Sähköenergiailiiton määrittelemiä kriteerejä.

Etäluentajärjestelmiä on useita ja niiden rakenne ja tekniikat eroavat suuresti toisistaan. Sähkön laatutiedon luettavuus vaihtelee myös järjestelmäkohtaisesti ja vaikka tietoja järjestelmästä saataisi, eivät ne välttämättä ole käyttökelpoisia. Verkkoyhtiöllä voi olla useita etäluentajärjestelmiä, joten kaikkien

järjestelmien hallitseminen ja ylläpitäminen käyttäjien koneilla olisi työlästä. Siksi laatu tiedot on tuotava käyttäjälle helppokäyttöiseen järjestelmään.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, miten sähkönlaatu määritellään standardissa ja miten laatua voidaan arvioida sekä mitata. Lisäksi selvitetään voidaanko AMR-järjestelmien (Automatic Meter Reading) tuottamia laatu tietoja käyttää hyväksi laadunmittauksessa ja miten tieto saadaan käyttäjälle.

2 JÄNNITTEEN LAATU PIENJÄNNITEVERKOSSA

2.1 Laadun määritelmät

Standardi SFS-EN 50160 on laadittu laatumäärittelysten yhdenmukaistamiseksi Euroopassa. Standardi määrittelee laatuvaatimukset normaaleissa olosuhteissa. Normaaleihin olosuhteisiin eivät kuulu tilanteet, joihin sähköntoimittaja ei voi vaikuttaa. Tällaisia ovat esim.

- poikkeukselliset sääolosuhteet ja muut luonnonkatastrofit
- ulkopuolisten aiheuttamat häiriöt
- viranomaisten toimista aiheutuneet poikkeukset
- työmarkkinataistelut
- ylivoimainen este
- ulkopuolisista tapahtumista aiheutuva tehonvajaus.

Standardi ei ole voimassa huolto -ja viankorjaustilanteissa, joissa syöttöjärjestelyjä tilapäisesti muutetaan. Poikkeuksiksi lasketaan myös tilanteet, joissa sähkönkäyttäjän asennukset tai laitteisto eivät täytä standardien tai verkonhaltijan vaatimuksia. Tämä pätee myös yksityisten voimalaitosten aiheuttamiin häiriöihin [1, s. 14.]

Jännitteen laatua tarkkaillaan liittämiskohdassa, eli jakeluverkon ja liittäjän välisessä kohdassa. Standardin SFS-EN 50160 laatuvaatimusten lisäksi on joukko laatutekijöitä, joiden avulla jännitteen laatua arvioidaan. Laatutekijät jaotellaan laatuluokkiin, joita ovat korkea-, normaali- ja standardilaatu.

Jännitteen laatu muodostuu seuraavista osatekijöistä:

- verkkotaajuus
- jakelujännitteen suuruus
- jännitetason vaihtelut
- nopeat jännitemuutokset

- epäsymmetria
- signaalijännitteet
- jännitekuopat
- lyhyet keskeytykset
- pitkät keskeytykset
- harmoniset yliaaltojännitteet
- epäharmoniset yliaaltojännitteet
- käyttötaajuuden ylijännitteet
- transienttiylijännitteet.

[1, s. 18.]

2.2 Taajuus

Taajuus on kaikissa synkronisesti yhteen kytketyissä verkoissa sama, eli kulutuspaikan sijainti tai laitteet verkossa eivät siihen vaikuta. Täten myöskään jakeluverkonhaltija ei voi vaikuttaa taajuusvaihteluihin. Pohjoismaiden yhteiskäyttöverkoissa tavallinen taajuuden vaihtelu (Kuva 1) on $\pm 0,1\%$, jota voidaan pitää erittäin hyvänä arvona. [1, s. 19.]



Kuva 1 Taajuuspoikkeama [4, s. 114]

Taajuuden määrittäminen

Suomessa jakelujännitteen taajuus on 50 Hz. Standardin määritelmän mukaan normaaleissa käyttöolosuhteissa perustaajuuden keskiarvon on oltava 10 s. mittausjakson aikana välillä

- 50 Hz \pm 1 % (eli 49,5...50,5 Hz) 99,5 % vuodesta
- 50Hz +4 % / -6 % (eli 47...52 Hz) 100 % ajasta.

[1, s. 19.]

Taajuudelle voidaan taulukon 1. mukaisesti antaa laatuluokituksia [2, s. 14].

Taulukko 1. Taajuuden laatukriteerit [2, s. 14]

Korkealaatu	50 Hz \pm 0,5 %	100 % ajasta
Normaalilaatu	50 Hz \pm 1 %	100 % ajasta
Standardilaatu	50 Hz+4 % / -6 % (eli 47...52 Hz)	100 % ajasta

Taajuuden mittaaminen

Taajuuden mittaaminen ei ole laadunvalvonnan kannalta tarpeellista, koska taajuudesta saadaan tarvittaessa tietoa järjestelmävastuullisen mittauksista, eli Suomessa tieto saadaan Fingrid Oyj:ltä. Tämä ei koske saarekekäyttöilanteita. [1, s. 19.]

2.3 Jännitteen suuruus ja jännitetason vaihtelut

Jakelujännitteen tasoon vaikuttavat seuraavat tekijät:

- jännitesäätäjien asettelut sähköasemilla
- verkon mitoitus
- verkon kuormitustilanne
- liittymiskohdan sijainti verkossa.

[1, s. 19.]

Jännitteen suuruuden ja jännitetasojen vaihteluiden määrittäminen

Jännitetaso määritetään 10 min keskiarvon perusteella. Tämän ajanjakson aikana jännitteestä otetaan 10 jakson pituisia näytteitä jännitteestä, jolloin yhden mittausjakson kestoksi 50 Hz:n taajuudella tulee 200 ms. Keskeytyksien aikana mitattuja keskiarvoja ei huomioida. [1, s. 20.]

Jännitteen suuruuden hallinta perustuu jakeluverkon mitoitukseen ja verkostolaskentaan. Jännitettä mitataan 110/20 kV:n sähköasemilla ja siellä sitä voidaan säätää käämikytkimellä. Säädössä saadaan prosentuaalisesti samanlainen muutos koko aseman alueella. [1, s. 20.]

Suomessa pienjänniteverkon nimellisjännite vaihe -ja nollajohtimen välillä on 230 V. Standardi määrittelee seuraavat arvot normaaleissa käyttöolosuhteissa kun vikatapauksia tai keskeytyksiä ei oteta huomioon:

- 95 % jakelujännitteen tehollisarvojen 10 min keskiarvoista tulee sijoittua välille $U_n \pm 10 \%$
- kaikkien tehollisarvojen 10 min keskiarvojen tulee sijoittua välille $U_n +10 / -15 \%$.

[2, s. 16.]

Pienjänniteverkossa tapahtuvat hitaat jännitevaihtelut vaihejännitteellä voidaan luokitella taulukon 2 mukaisesti [1, s. 21].

Taulukko 2. Jännitevaihtelun laatuluokitukset [1, s. 21]

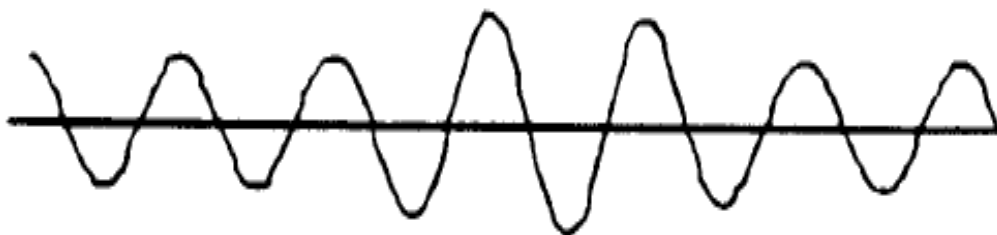
Korkealaatu	tehollisarvojen 10 min keskiarvot	220...240 V
	10 min arvojen keskiarvo	225...235 V
Normaalilaatu	tehollisarvojen 10 min keskiarvot	207...244 V
Standardilaatu	95 % tehollisarvojen 10 min keskiarvoista	207...253 V
	100 % tehollisarvojen 10 min keskiarvoista	195,5...253 V

Jännitteen suuruuden ja jännitetasojen vaihteluiden mittaaminen

Jännitetasoja on mahdollista mitata myös erikseen asennettavilla tilapäisillä kaukoluettavilla laitteilla. Jännitteen mittaaminen sähkönkäyttöpaikalla antaa todellisemman kuvan jännitteen suuruudesta. Mittauksilla jakeluverkonhaltija voi tarvittaessa tarkentaa laskelmiaan, kerätä kokemusta laatutasosta tai aukottomasti selventää jännitteen laadun vaihteluiden osalta. Kaikki tyypilliset käyttötilanteet tulevat huomioiduksi, kun mittausjakso on niin pitkä että nämä käyttötilanteet esiintyvät. [1, s. 20.]

2.4 Nopeat jännitemuutokset

Nopealla jännitteen muutoksella tarkoitetaan hetkellistä jännitteen nousua kuvan 2 mukaisesti. Nopeat jännitemuutokset aiheutuvat pääasiassa asiakkaan verkossa tapahtuvista kuormitusmuutoksista, mutta myös järjestelmässä tapahtuvista kytkennöistä. [2, s.16.]



Kuva 2. Hetkellinen nopea jännitemuutos [4, s. 115]

Nopeiden jännitemuutosten määrittäminen

Standardin mukaan normaalina hetkellisenä jännitteenmuutoksena voidaan pitää 5 %:n U_n , mutta myös 10 %:n U_n on hyväksyttävää muutaman kerran päivässä [2, s.16].

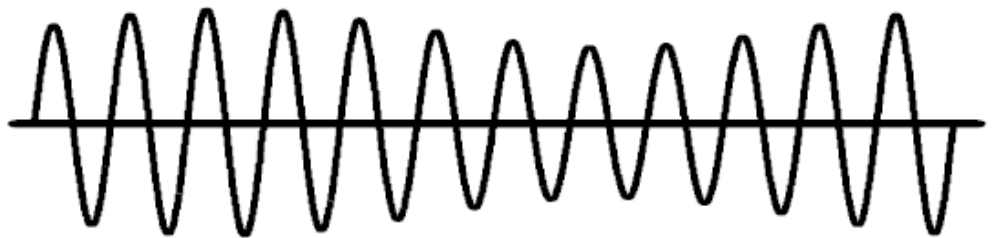
Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 5 %:n U_n ovat hyväksyttäviä, kun niitä tapahtuu vain 2 - 3 kertaa tunnissa [1, s. 21].

Nopeiden jännitemuutosten mittaaminen

Mittaamiseen voidaan käyttää esimerkiksi piirtureita, oskilloskooppeja tai häiriöanalysaattoreita [1, s. 21]. Mittausten tekeminen vaatisi kuitenkin jatkuvia mittauksia, häiriön kertaluontoisuudesta johtuen. Jatkuvista jännitteenmuutoksista käytetään termiä "välkyntä", josta seuraavassa kappaleessa.

2.5 Välkyntä

Nopeat jännitteenmuutokset aiheuttavat välkyntää, mutta aiheuttavat häiriötä myös mm. oikosulkumoottoreissa, tahtikoneissa ja tasasuuntaajissa. Välkyntä on näköaistimuksen epävakausta, joka aiheutuu luminanssiltaan tai spektrijakaumaltaan vaihtelevasta valoärsykkeestä. Välkyntää (kuva 3) aiheuttavat kuormat, joiden reaktiivinen teho vaihtelee voimakkaasti. Tällaisia ovat esim. valokaariuunit ja valssaamot. Yleisesti voidaan sanoa, että välkyntää aiheuttavat kuormat, joiden tehonvaihtelu on suuri verrattuna kyseisen sähköverkon pisteen oikosulkutehoon. [3, s. 11.]



Kuva 3. Välkyntä [4, s. 115]

Välkyntän määrittäminen

Jännitemuutoksien suuruudella taajuuden funktiona määritellään välkyntän suositusarvot. Välkyntän häiritsevyyttä luokitellaan lyhytaikaisella häiritsevyyksillä (P_{st}) ja tästä johdetulla pitkäaikaisella häiritsevyyksillä (P_{lt}). [1, s. 21.]

Standardi määrittelee että jakelujännitteen välkyntän häiritsevyyksien on oltava minkä tahansa viikon aikana 95 % ajasta $P_{lt} \leq 1$. Ihmiset kuitenkin reagoivat välkyntään eri tavoilla. Joissain tapauksissa $P_{lt} = 1$ voi olla häiritsevää, kun taas joissain tapauksissa on havaittu suurempia tasoja ilman haittavaikutuksia. [2, s. 16.]

Nopeille jännitemuutoksille pien- ja suurjänniteverkossa voidaan määrittää taulukon 3 mukaiset laatuluokitukset.

Taulukko 3. Nopeiden jännitevaihteluiden laatuluokitukset [1, s. 22]

Korkealaatu	$P_{st,max} \leq 1$ $P_{lt,max} \leq 0,8$
Normaalilaatu	$P_{lt,max} \leq 1$
Standardi	95 % P_{lt} -arvoista viikossa on korkeintaan 1

Laatuluokituksessa poimitaan vuorokauden 144 mittaustuloksesta P_{st} kolmanneksi suurin arvo $P_{st,max}$ ja päivän suurin P_{lt} -arvo $P_{lt,max}$. [1, s. 22.]

Välkyntän mittaaminen

Ongelmatapauksissa välkyntää voidaan mitata piirturilla, välkyntämittarilla, oskilloskoopilla tai häiriöanalysointorilla. Häiriölähdettä ei aina voida todeta liittymispisteessä, jolloin mittaukset on syytä suorittaa mahdollisimman lähellä häiriintyvää valopistettä. Lyhytaikaisen häiritsevyyssindeksin mittaaminen voidaan suorittaa ajanjaksona, jona häiriö esiintyy, mutta pitkäaikaista häiritsevyyssindeksiä tulisi mitata vähintään viikko. [1, s. 21.]

2.6 Jakelujännitteen epäsymmetria

Jakelujännitteen epäsymmetria aiheutuu epäsymmetrisistä käyttötilanteista. Näitä aiheuttavat esim. suuret yksivaiheiset käytöt, rikkoontuneet sulakkeet ja yhden vaiheen kompensointiparistot. Sähkömoottoreissa epäsymmetria lisää roottorihäviöitä ja pienentää momenttia. Lisäksi myös jotkin elektroniset laitteet kuten tietokoneet saattavat häiriintyä. [4, s. 117.]

Jakelujännitteen epäsymmetrian määrittäminen

Standardin määritelmän mukaan 95 % jakelujännitteen vastakomponentin 10 minuutin tehollisarvon keskiarvoista tulee olla välillä 0...2 % jokaisen viikon aikana [2, s. 26].

Epäsymmetria voidaan määritellä yhtälön 1 mukaisesti tai pääjännitteillä yhtälön 2 mukaisesti. Laatu määritellään näytteistä lasketun 10 minuutin keskiarvon U_{uSh} perusteella.

$$U_u = \frac{\text{jännitteenvastakomponentti}}{\text{jännitteenmyötäkomponentti}} * 100\% \quad (1)$$

$$U_u = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \quad (2)$$

jossa

$$\beta = \frac{U_{12}^4 + U_{23}^4 + U_{31}^4}{(U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)^2} \quad (3)$$

β = jännitekerroin

U_u = epäsymmetria

U_{12} = jännite vaiheiden L1 ja L2 välillä

U_{23} = jännite vaiheiden L2 ja L3 välillä

U_{31} = jännite vaiheiden L3 ja L1 välillä

[1, s. 25.]

Taulukko 4. Epäsyyntian laatukriteerit [1, s. 25]

Korkealaatu	kaikki tulokset $U_{uSh} \leq 1\%$
Normaalilaatu	kaikki tulokset $U_{uSh} \leq 1,5\%$
Standardi	95 % tuloksista $U_{uSh} \leq 2\%$

Jakelujännitteen epäsymmetrian mitta

Jännitteen epäsymmetriaa ei juurikaan mitata sen vähäisten vaikutusten takia, ja mittauskalustoa ei ole yleisesti ollut käytössä. Mittaaminen suositellaan liitettäväksi kaukoluettaviin energiamittareihin ja erillisiin laatumittareihin. Mittauksien avulla voidaan tehostaa jakeluverkon käyttöä. Mittausjakson tulisi kestää minimissään muutamia päiviä, mutta mieluiten viikon. [1, s. 25.]

2.7 Signaalijännitteet

Signaalijännitteet tarkoittavat jännitteitä, joita käytetään tiedonsiirtoon sähköverkossa. Kuvassa 4 on signaalijännitteen aiheuttama muutos jakelujännitteeseen. Yhteyttä käytetään pääsääntöisesti tariffien, kytkentätilanteiden sekä verkon komponenttien ohjaamiseen. [5, s. 15.]

Signaalijännitteet aiheuttavat häiriötä elektronisissa laitteissa. Häiriötä voi esiintyä herkimmissä laitteissa, vaikka standardin rajoja ei ylitettäisikään. Nykyisin tiedonsiirtotekniikkaa käytetään myös energiamittareiden etäyhteytenä.

**Kuva 4. Signaalijännitteet [4, s. 117]**

Signaalijännitteiden määrittäminen

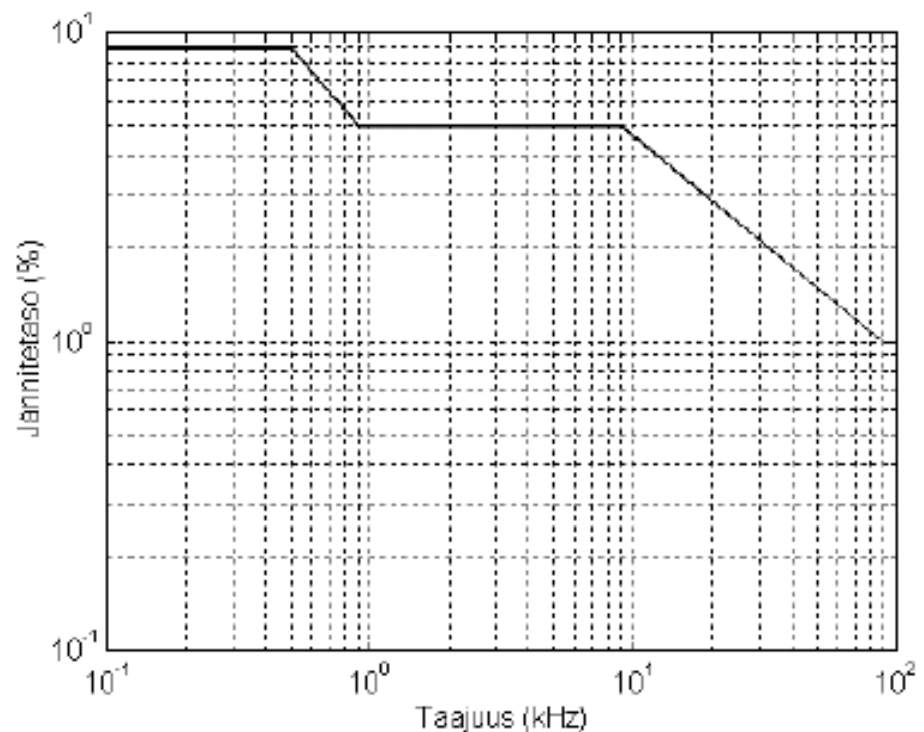
Signaalijännitteen suuruudelle määritellään standardissa arvot taajuuden funktiona. 99 % mitatuista 3 sekunnin keskiarvoista tulee olla kuvan 5 mukaisia. [2, s. 22.]

Signaalijännitteille voidaan antaa taulukon 5 mukaiset laatuksiteerit.

Taulukko 5 Signaalijännitteiden laatuksiteerit [1, s. 26]

Korkealaatu	kaikki arvot korkeintaan kuvan 5 rajakäyrän suuruisia
Normaalilaatu	kaikki arvot korkeintaan kuvan 5 rajakäyrän suuruisia
Standardi	99 % arvoista ei ylitä kuvan 5 rajakäyrää

Kuvasta 5 nähdään sallittu signaalijännitteentaso prosentteina nimellisjännitteestä taajuuden funktiona.



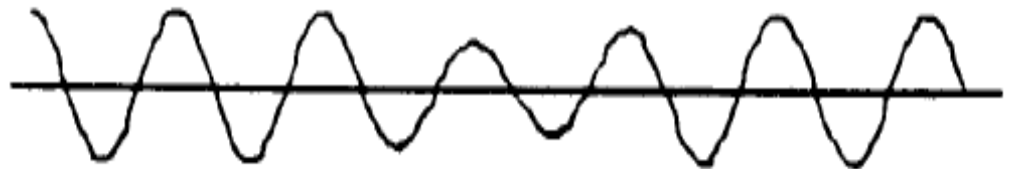
Kuva 5. Signaalijännitteiden maksimitasot taajuuden funktiona [4, s. 124]

Signaalijännitteiden mittaaminen

Signaalijännitteitä voidaan mitata spektrianalysaattoreilla tai sopivien yliaaltomittareiden avulla. Yliaaltomittarissa on mitattavan taajuuden oltava valittavissa. Mittausajan tulisi kattaa ajanjakso, jolloin signaalijännitteet ovat suurimmillaan. Varmin tulos saadaan koko päivän kestäväällä mittauksella. [1, s. 26.]

2.8 Jännitekuopat

Jännitekuopilla tarkoitetaan jännitteen hetkellistä pientymistä kuvan 6 mukaisesti, jopa 1...90 %:iin jakelujännitteestä, ja nopeaa palautumista. Tavallinen kesto jännitekuopalle on 10 ms...1 min. Jännitekuoppia joissa jakelujännite ei laske alle 90 % sovitusta tasosta ei lasketa jännitekuopiksi. Jännitekuopat aiheutuvat lähinnä suuritehoisista kytkennöistä tai yleisverkoissa tapahtuvista vioista. Jännitekuopat ovat hyvin harvinaisia, odottamattomia ja satunnaisia tapahtumia. [1, s. 27.] Jännitekuopasta voi aiheutua teollisuudessa suuriakin ongelmia, mikäli alijännitesuojaukset eivät ole yhdenmukaisia. Ongelmat aiheutuvat, kun osa prosesseista keskeytyy jännitekuopasta ja osa ei. [5, s. 24.]



Kuva 6 Jännitekuoppa [4, s. 115]

Jännitekuoppien määrittäminen

Standardi ei anna varsinaisia rajoja jännitekuopille, mutta määrittelee normaaleissa olosuhteissa niille indikaatiiviset arvot. Niiden mukaan jännitekuopan keston tulee olla alle 1 s ja suuruus enimmäkseen alle 60 %. [2, s. 18.]

Jännitekuoppien mittaaminen

Keskijänniteverkosta aiheutuvien kuoppien määrää voidaan arvioida tilastoinnilla vikoja sekä sähköasemien jälleenkytkentätapahtumia. Systemaattiselle jännitekuoppien mittaamiselle ei näyttäisi tällä hetkellä olevan tarvetta, joten niitä tilastoidaan lähinnä vain muiden laatumittausten yhteydessä. Tuloksia voidaan käyttää sähkönkäyttäjien riskianalyysointitekoon. [1, s. 27.]

Tarvittaessa jännitekuoppia voidaan mitata piirtureilla ja häiriötallentimilla. Mittauksissa on huomioitava käytettävien mittalaitteiden reagoitinopeuksia ja huomioitava ne mittaustulosten käsittelyssä. Mittausjakson tulee olla niin pitkä, että kaikki häiriötilanteet saadaan tallennettua. [1, s. 27.]

2.9 Keskeytykset

Tilanne jossa jakelujännite laskee alle 1 %:iin nimellisjännitteestä lasketaan keskeytykseksi (kuva 7). Keskeytykset voidaan jakaa kahteen luokkaan:

- Suunnitellut keskeytykset aiheutuvat verkossa tehtävistä töistä ja niistä ilmoitetaan asiakkaalle etukäteen.
- Häiriökeskeytykset aiheutuvat pysyvistä tai ohimenevistä vioista, ne johtuvat usein kolmannen osapuolen toimista, laitevioista ja sääolosuhteista. Häiriökeskeytykset voidaan jakaa keston mukaan kahteen osaan:
 - o Lyhyt keskeytys < 3min, jonka aiheuttaa ohimenevä vika. Jännite palautuu automaattisella jälleenkytkennällä.
 - o Pitkä keskeytys > 3min, jonka aiheuttaa pysyvä vika. Jännite ei palaudu automaattisella jälleenkytkennällä.

[1, s. 10]



Kuva 7. keskeytys [4, s. 114]

Keskeytysten määrittäminen

Keskeytys lasketaan alkaneeksi, kun se on tullut verkkoyhtiön tietoon joko asiakkaan tai tietojärjestelmän ilmoituksena. Lähes poikkeuksetta tieto pienjänniteverkon vioista tulee asiakkailta. Keskeytys katsotaan päättyneeksi kun sähköjakelu on palautettu. [5, s. 26.]

Standardi SFS-EN 50160 antaa lyhyille keskeytyksille indikaatiiviset arvot, joissa lyhyiden keskeytysten esiintymismäärä vaihtelee vuosittain muutamasta kymmenestä useisiin satoihin. Näistä 70 % voi olla kestoltaan alle yhden sekunnin. [2, s. 18.]

Standardi SFS-EN 50160 antaa pitkille keskeytyksille indikaatiiviset arvot, joissa pitkien keskeytyksien määrä vuodessa vaihtelee 10:stä tai jopa 50 kpl:seen. Pitkien keskeytyksien määrään vaikuttaa paljolti verkon rakenne. [2, s. 18.]

Keskeytysten mittaaminen

Pienjänniteverkon keskeytyksiä ei mitata, koska mittaaminen vaatii katkoja rekisteröivän laitteiston liittämispisteisiin [5, s. 27]. Keski-jänniteverkon vioista ja keskeytyksistä saadaan tieto verkkotieto-, käytöntuki- tai kaukokäyttöjärjestelmistä. Keskeytysten mittaaminen energiamittareilla parantaisi asiakaspalvelun nopeutta keskeytystilanteessa huomattavasti. Keskeytystieto olisi järkevää siirtää suoraan käytönvalvontajärjestelmään, josta pystyttäisiin heti analysoimaan vian laatu ja sen laajuus.

Keskeytysten tunnusluvut

KTMP (1637/1995):n mukaan jakeluverkonhaltijan tulee ilmoittaa sähkömarkkinakeskukselle keskeytyksiä koskevat tunnusluvut. Nämä tunnusluvut käsittelevät vain KJ-verkosta aiheutuvia keskeytyksiä.

Sähköenergialiitto tilastoi pienjänniteasiakkaiden keskeytyksiä, mutta keskeytyksien täydellinen tilastointi on lähes mahdotonta, koska keskeytyksiä ei pystytä seuraamaan riittävän laajalti. Tällainen täydellinen tilastointi vaatisi

jokaiselle kuluttajalle oman keskeytyksiä rekisteröivän mittalaitteen. Tunnuslukuina asiakkaan näkökulmasta toimisi keskeytysaika vuodessa (h/a) tai keskeytysten lukumäärä vuodessa (kpl/a). [5, s. 27.]

2.10 Harmoniset ja epäharmoniset yliaaltojännitteet

Erona harmonisella ja epäharmonisella on se, että harmoninen yliaaltojännite on jaksosta toiseen samanlainen, mutta epäharmoninen muuttuu jaksoittain.

Yliaaltojännitteitä aiheuttavat mm.

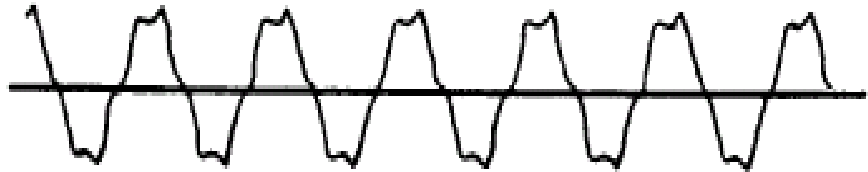
- ylikuormitetut muuntajat
- epäsymmetriset kuormitukset
- hakkuriteholähteet
- tasasuuntaajat
- taajuusmuuttajat
- tyristorikäytöt
- purkauslamput.

Viime vuosina yliaaltojännitteiden määrä sähköverkossa on kasvanut elektronisten laitteiden kuten taajuusmuuttajien käytön lisääntymisen johdosta.

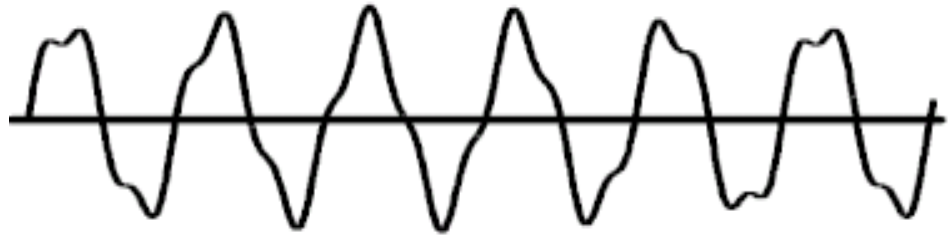
Yliaallot aiheuttavat mm.

- verkkohäviöiden kasvua
- muuntajien ylikuormittumista
- laitteiden kuormitettavuuden alenemista
- mittarin virhenäyttämiä
- suojarleiden virhetoimintoja
- äänihäiriöitä
- nollajohtimen ylikuormittumista.

Kuvassa 8 on harmonisesti säröytynyt jännite ja kuvassa 9 on epäharmonisesti säröytynyt jännite.



Kuva 8. Harmoninen yliaaltojännite [4, s. 116]



Kuva 9. Epäharmoninen yliaaltojännite [4, s. 116]

Harmonisien yliaaltojen määrittäminen

Standardi SFS-EN 50160:n mukaan normaaleissa käyttöolosuhteissa, jokaisen viikon aikana 95 % jokaisen yksittäisen harmonisen yliaaltojännitteen 10 minuutin keskimääräisistä tehollisarvoista U_n tulee olla pienempi tai yhtä suuri kuin taulukossa 6 määritelty arvo. Yksittäisten harmonisten ylijännitteiden arvot voivat ylittyä resonanssitilanteissa. Jakelujännitteen kokonaissärökertoimen tulee kuitenkin olla alle pienempi tai yhtä suuri kuin 8 % (pl. harmoniset yliaallot joiden järjestysluku on yli 40).

Taulukko 6 Harmonisten yliaaltojännitteiden arvot liittämiskohdassa järjestyslukuun 25 saakka prosentteina perustaajuisesta jännitteestä U_1 [2, s. 20.]

Parittomat yliaallot				Parilliset yliaallot	
kolmella jaottomat		kolmella jaolliset			
järjestysluku h	suhteellinen jännite (U_n)	järjestysluku h	suhteellinen jännite (U_n)	järjestysluku h	suhteellinen jännite (U_n)
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6...24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

Standardi ei määrittele tasoja epäharmonisille yliaaltojännitteille. Tasoja har-
kitaan epäharmonisien yliaaltojännitteiden lisääntyessä [2, s. 20].

Pienjänniteverkon harmonisille yliaalloille voidaan viikon mittausajalle antaa
taulukon 7 mukaiset kriteerit [1 s. 23].

Taulukko 7. laatukriteerit harmonisten yliaaltojen osalta [1 s. 23]

Korkealaatu	harmoninen kokonaissärö $THD \leq 3 \%$
Normaalilaatu	kaikki U_n arvot taulukon 4 mukaisia ja $THD \leq 6 \%$
Standardilaatu	95 % U_n - ja THD -arvoista ei ylitä taulukon 4 mukaisia arvoja

Harmonisten yliaaltojen mittaaminen

Harmonisten yliaaltojen mittaaminen tehdään liikuteltavalla kalustolla. Kalus-
to on yhdessä mittauspisteessä n. viikon ajan, jonka jälkeen oletetaan että
verkon normaalit käyttötilanteet on mitattu. Mittauskalustolla voidaan tarpeen
vaatiessa tehdä myös hetkellisiä mittauksia. Hetkellisiä mittaustuloksia voi-
daan käyttää verkkoyhtiön laskelmien tarkentamiseen sekä sähköverkon
laadun kartoittamiseen. [1, s. 23.]

Mittalaitteina käytetään toistaiseksi muistioskilloskooppeja tai spektri- tai häi-
riöanalysointilaitteita. Mittaustekniikan kehittymisen myötä myös nopeat yliaal-
toilmiöt saadaan mitattua. On suositeltavaa että mittaukset tehdään kolmi-
vaiheisesti. [1, s. 23.]

2.11 Käyttötaajuiset ylijännitteet johtimien ja maan välillä

Käyttötaajuiset ylijännitteet aiheutuvat joko asiakkaan tai jakeluverkon viallisista asennuksista. Kolmivaihejärjestelmän nolapisteen siirtymä voi aiheuttaa jännitteen nousun jopa vaiheiden välisen jännitteen suuruiseksi. [1, s. 27.]

Tietyissä olosuhteissa muuntajan yläjännitepuolen vika voi aiheuttaa pienjännitepuolelle käyttötaajuisen ylijännitteen vikavirran kulkuajaksi. Tämän jännitteen tehollisarvo ei tavallisesti ylitä arvoa 1,5kV. [2, s. 18.]

Käyttötaajuisen ylijännitteiden määrittäminen

Standardi ei anna varsinaisesti raja-arvoja käyttötaajuisille ylijännitteille, koska ne aiheutuvat vioista ja eivätkä täten ole etukäteen ennakoitavissa. Ylijännitteen kestoajaksi annetaan korkeintaan 5 s, joka on keskijännitesuojauksen ja vian selvittämiseen käytetyn katkaisijan toiminta-aika. [2, s. 18.]

Jakelujännitteen arviointiin voidaan käyttää kappaleen 2.3 *Jännitteen suuruuden ja jännitetasojen vaihteluiden määrittäminen* mukaisia menetelmiä [1, s. 27].

Käyttötaajuisen ylijännitteiden mittaaminen

Käyttötaajuisen ylijännitteiden mittaamiseen voidaan käyttää samoja menetelmiä kuin kappaleen 2.3 *Jännitteen suuruuden ja jännitetasojen vaihteluiden mittaaminen*. Jatkuvia mittauksia voidaan käyttää esimerkiksi maasulun havaitsemiseen.

2.12 Transienttilylijännitteet

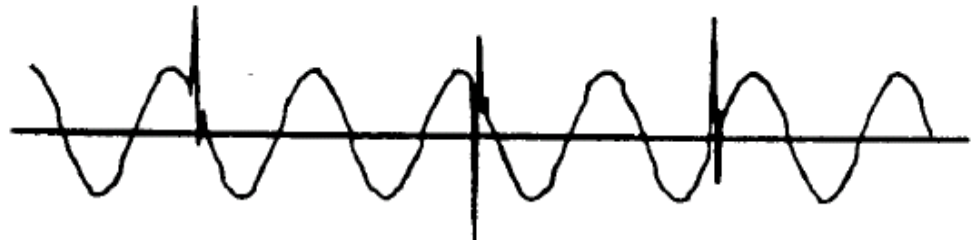
Transienttijännitteiden (kuva 10) suuruus pienjänniteverkossa ei tavallisesti ylitä arvoa 6 kV, mutta suuremmatkin jännitteet ovat mahdollisia. Keskijänniteverkoissa ukkosen aiheuttamat transienttilylijännitteet voivat olla satoja kilovoltteja. [1, s. 28.]

Sähkökäyttöpaikoilla esiintyvät transienttilylijännitteet aiheutuvat tavallisesti muiden sähkölaitteiden kytkennästä [1, s. 28].

Transienttilylijännitteet saattavat aiheuttaa seuraavia ongelmia:

- ylijännitesuojan laukeaminen
- eristeen läpilyönti
- tietokoneiden tietojen tuhoutuminen
- tietokoneiden uudelleenkäynnistyminen
- tietokoneiden vahingoittuminen.

[4, s. 115.]



Kuva 10 Transienttilylijännite [4, s. 116].

Transienttiylijännitteiden määrittäminen

Standardi SFS-EN 50160 ei määrittele rajoja transienttiylijännitteille. Transienttiylijännitteet jaotellaan kestoajan perusteella kolmeen tyyppiin (taulukko 8):

- pitkä transientti
- keskipitkä transientti
- lyhyt transientti.

[1, s. 28.]

Taulukko 8 Transienttien jaottelu [1, s. 28].

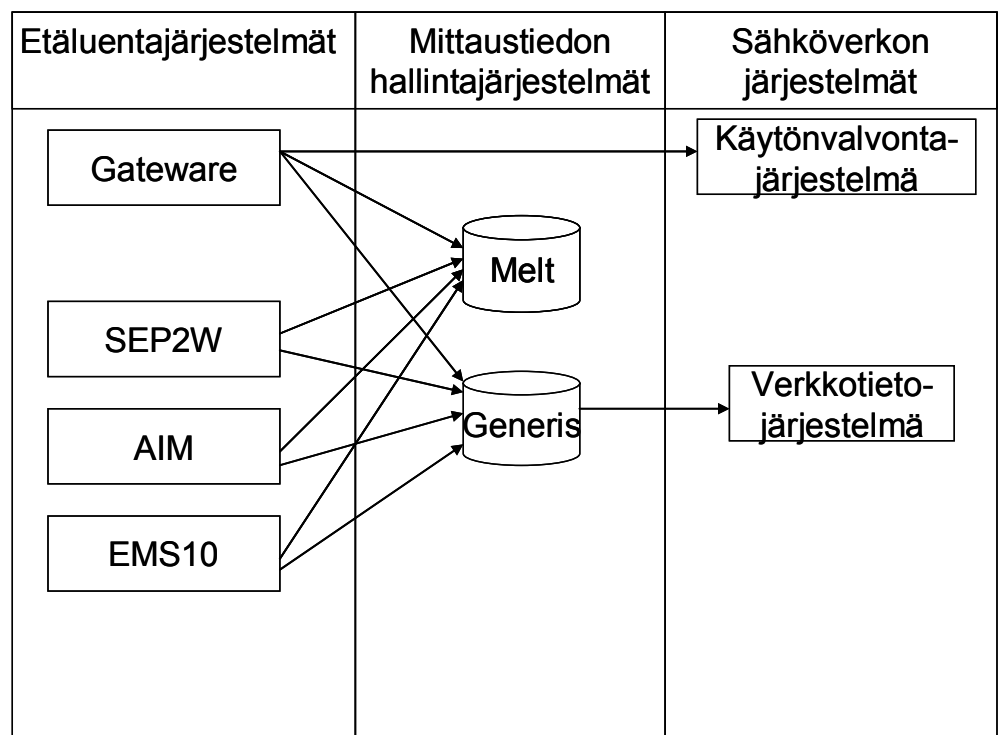
	Kesto aika(μs)	amplitudi (kV)
Pitkä transientti	> 100 μ s	
Sulakeen palaminen		1-2
Kompensointikondensaattorin kytkentä		2-3 kertaa Uh
Keskipitkä transientti	1... 100 μ s	
Johtojen lähelle iskeneen salaman indusoimat jännitteet		10-20
Suoraan johtoon iskeneet salamaniskut		10-20
Katkaisijoiden toiminnat		X
Lyhyt transientti	< 1 μ s	
Paikalliset kuormien kytkennät		1-2

Transienttiylijännitteiden mittaaminen

Transienttiylijännitteitä voidaan sähkönkäyttäjien ongelmien selvittämiseksi mitata häiriötallentimilla ja -analysointilaitteilla. Laadua voidaan arvioida transienttiylijännitteiden lukumäärällä. [1, s. 28.]

3 ETÄLUENTA- JA MITTAUSTIEDON HALLINTAJÄRJESTELMÄT

Etäluentajärjestelmistä välitetään tieto mittaustiedon hallintajärjestelmiin. Mittaustiedon hallintajärjestelmistä tietoa voidaan toimittaa sähköverkon järjestelmiin tai käsitellä tietoa kyseisessä järjestelmässä. Hälytystieto voidaan viedä käsiteltäväksi mittaustietojen hallintajärjestelmiin tai suoraan käytönvalvontajärjestelmään. Järjestelmien välinen integraatio voidaan toteuttaa tiedostopohjaisesti tai rakentamalla tietokantarajapinta järjestelmien välille. Suuren datamäärän takia parhaaksi käytännöksi on todettu tietokantarajapinta. Kuvassa 11 on esitelty esimerkki järjestelmäkokonaisuudesta.



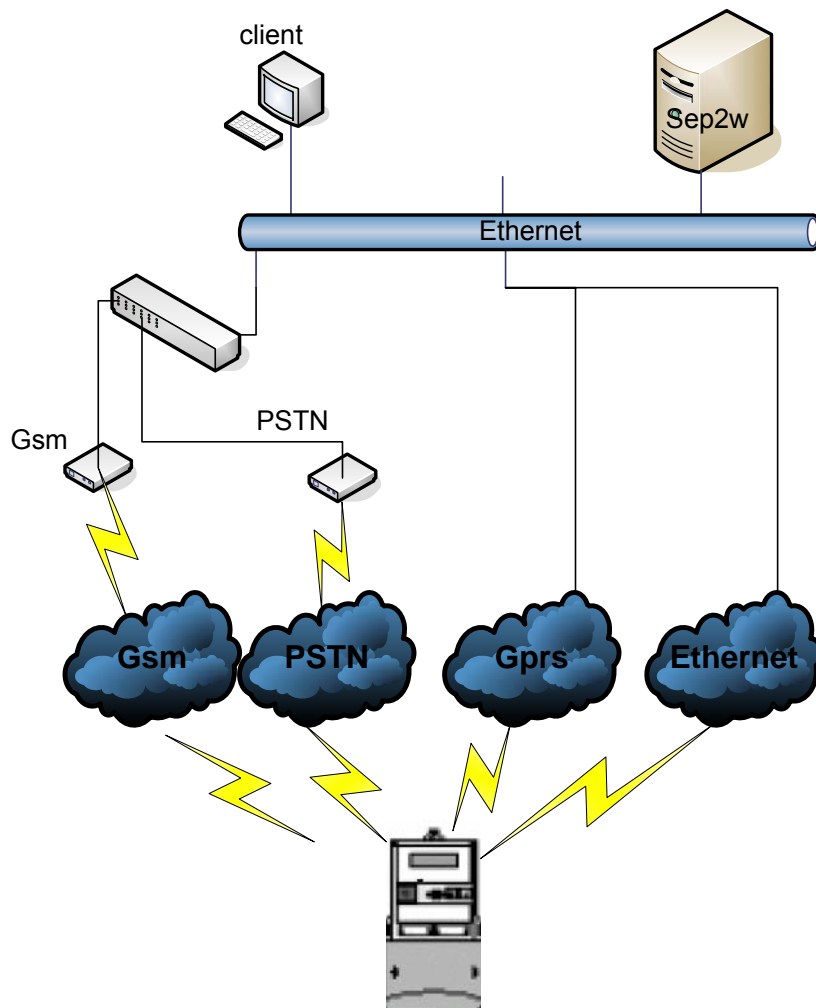
Kuva 11. Järjestelmäkokonaisuus

Tarkasteltaviksi etäluentajärjestelmiksi on valittu neljän eri valmistajan järjestelmät:

- Iskraemeco
- Kamstrup
- Landis+Gyr
- Aidon.

3.1 Iskraemeco

Järjestelmän rakenne on kuvan 12 mukainen.



Kuva 12. Iskraemeco etäluentajärjestelmä

SEP2W etäluentajärjestelmä

Luentajärjestelmän pohjana toimii luentapalvelin jossa on tietokantoja. Luentapalvelimella on LAN-yhteys sarjaporttilaajentimeen, johon modeemit on kytkettyinä. Luentapalvelimelle on myös määritelty yhteys Mitoxin APN-verkkoon, johon myös osa mittareista on kytkettyneenä. Tietokannasta luentatiedot siirretään tietokantarajapinnan välityksellä. Jalostettu tieto viedään edelleen laskutusjärjestelmään.

SEP2W Manager on tietokannanhallintaohjelma, jolla pystytään tekemään ylläpito muutoksia suoraan tietokantaan. Ohjelmassa on myös ominaisuus, jolla mittaustuloksia voidaan tarkastella käyttöpaikkakohtaisesti, sekä jotain hakutoimintoja. Hakutoiminnot eivät tosin ole kovin laajat, koska ohjelma on tarkoitettu lähinnä käyttöpaikkakohtaisten tietojen tallentamiseen.

SEP2W collect on varsinainen luentaohjelma. Ohjelmalla määritellään mitä toimintoja mittarille tehdään, esim. tuntisarjanluenta ja ajanasetus. Lisäksi ohjelmalla määritellään luentaryhmiä, joille määritellään oma suoritus aika. Näin luennat voidaan hoitaa automaattisesti. Ohjelmalla myös määritellään mittarikohtaisesti käytettävä yhteystyyppi, esim. Gprs-yhteys tai modeemi.

MT372

MT372 on tarkoitettu kotitalouksien, yritysten ja teollisuuden sähköenergian mittaamiseen. Mittari pitää sisällään täysin integroidun Gsm/Gprs-modeemin. Tarvittaessa Gsm/Gprs-modeemi voidaan vaihtaa Rs485-moduuliin, joka mahdollistaa mittareiden kommunikoinnin yhteisen keskitimen välityksellä. Tällöin samassa tilassa olevat mittarit voidaan etälukea yhdellä yhteydellä. [6, s. 1 – 2.]

Mittari voidaan kytkeä suoralla kytkennällä jopa 120 A asti. Mittarissa on myös mahdollisuus 5 A virtamuuntajakytkentään. Nimellisjännite on 3 x 230/400V. [6, s. 1 – 2.]

Tehonmittaus on mahdollista molempiin suuntiin. Mitattavia tehosuureita ovat

- pätöteho
- loisteho
- näennäisteho.

Tehonmittauksen tarkkuus voidaan valita, joko luokkaan 1 tai 2. Suurin tehohuippu voidaan mitata 5, 10, 15, 30 tai 60 minuutin jaksoissa. [6, s. 1 – 2.]

Mittarista löytyy seuraavia laadunmittausmahdollisuuksia:

- hetkellinen jännite ja virta
- ali -ja ylijännite
- jännitevika vaiheittain
- jännite-epäsymmetria
- jännitteen päivittäinen huippu- ja minimiarvo
- lyhyiden jännitekatkojen(< 3 min) lukumäärä.

[6, s. 1 – 2.]

MT831

MT831 on kolmivaiheinen elektroninen mittari joka on tarkoitettu suurille tai keskikokoisille teollisuus- ja yrityskohteille. Mittarissa on mahdollisuudet seuraaviin mittauksiin:

- pätöenergia ja pätöteho molempiin suuntiin
- näennäisenergia ja näennäisteho molempiin suuntiin
- loisenergian ja loisteho neljässä sektorissa
- kuormitusprofiili pätö -ja loisteho
- sähkönlaadun rekisteröinti
- toimitetun sähköenergian rekisteröinti.

[7, s.1 – 2.]

Mittari voidaan kytkeä suoraan, virtamuuntajilla tai virta- ja jännitemuuntajilla mitattavaan tehoon. [7, s.1 – 2.]

Mittarin modeemi on valittavissa. Mittariin voidaan asentaa: PSTN-, GSM/GRPS-, ISDN- tai Ethernet-modeemi. Modeemeihin saadaan kytkettyä mittareita CS-, RS485- ja RS232-väylien välityksellä. [7, s.1 – 2.]

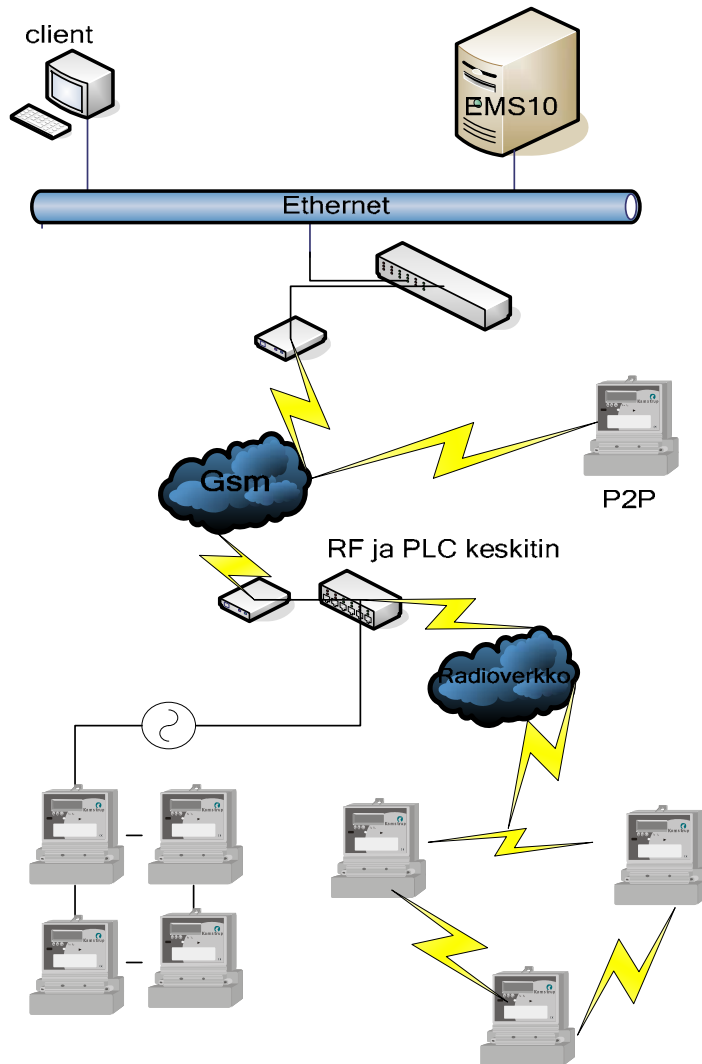
Mittarista löytyy seuraavia laadunmittausominaisuuksia:

- hetkellinen vaihejännite, vaihevirta ja taajuus
- RMS -jännite -ja virta-arvot vaiheittain
- harmonisten yliaaltojännitteiden mittaus kahdeksanteen yliaaltoon asti vaiheittain
- harmonisten yliaaltovirtojen mittaus kahdeksanteen yliaaltoon asti vaiheittain
- tehokerroin vaiheittain ja summana
- virran ja jännitteen välinen vaihekulma
- jännitekatkot.

[7, s.1 – 2.]

3.2 Kamstrup

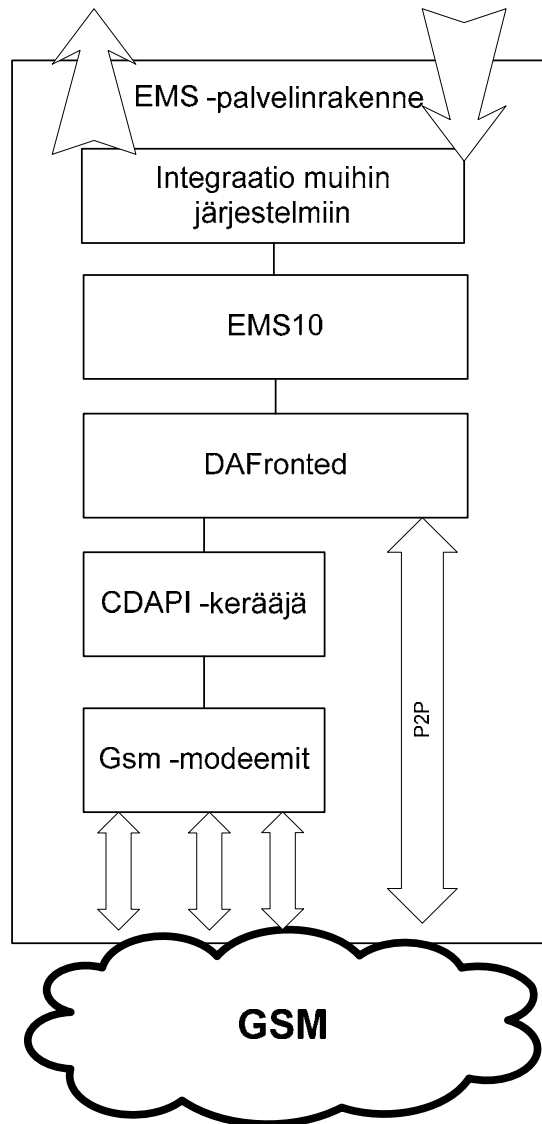
Kamstrupin EMS10-järjestelmän rakenne on kuvan 13 mukainen. Mittarit tallentavat luentatietoja moduuliin. EMS10-ohjelmisto välittää luentapyynnön keskittimille, jotka välittävät tiedon eteenpäin reitittimien kautta mittareille. Keskitin kerää tiedot muistiinsa ja toimittaa ne EMS10-ohjelmistolle. [16, s. 5.]



Kuva 13 Kamstrup etäluentajärjestelmän [16, s. 5.]

EMS10

Luentapalvelimen rakenne on kuvan 14 mukainen.



Kuva 14. EMS-etäluentajärjestelmän rakenne [16, s. 6]

EMS10-palvelimen ohjelma CDAPI kerää luentatiedon keskittimiltä ja tallentaa tiedot väliaikaisesti. EMS10-ohjelma hakee tiedon CDAPI:lta ja tallentaa sen tietokantaan. Tietokannasta tietoa välitetään ylempiin järjestelmiin rajapinnan tai tiedoston avulla.

DAFrontend -ohjelma välittää tietoa EMS10:ltä CDAPI-kerääjälle ja toisinpäin. CDAPI -kerääjä suorittaa EMS10:n antamat tehtävät. Ohjelma hallinnoi myös tiedonsiirtomodeemeja.

Kamstrup 351 combi

Kamstrup 351 combi -mittari on kolmivaiheinen virtamuuntajaliitännäinen mittari. Mittari on suunniteltu vapaille energiamarkkinoille, pien- ja keskisuurten teollisuuden tarpeisiin. Lisäominaisuuksia mittarille tuo vaihdettava moduuli, jonka avulla myös tiedonsiirtotapa voidaan vaihtaa. Mittarilla voidaan mitata seuraavia suureita:

- pätö-energia ja -teho
- lois-energia ja -teho

[8, s. 1 – 5.]

Toistaiseksi mittarissa ei ole laadunmittausominaisuuksia, mutta ominaisuuksia kehitetään parhaillaan.

Kamstrup 382

Kamstrup 382-mittari on suorakytkentäinen kolmivaiheinen mittari, joka on tarkoitettu kotitalouksien sähköenergian mittaamiseen. Mittarin nimellisjännite on $3 \cdot 230V \pm 10\%$ ja virrankestoisuus saatavissa 105 A:iin asti. Mittariin voidaan tallentaa tietoa 8 eri tariffille. Mittarin kommunikointimediaksi voidaan valita: M-BUS, PLC, TCP/IP, GSM/GPRS tai Radio. Mittarilla voidaan mitata seuraavia suureita:

- pätöteho ja -energia molempiin suuntiin
- loisteho ja -energia molempiin suuntiin.

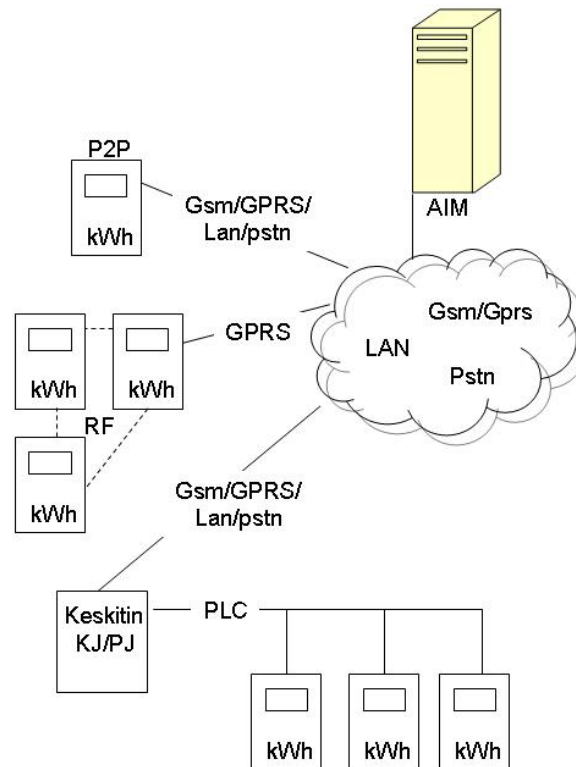
Mittarissa on seuraavia laadunmittausominaisuuksia:

- jännitekatkoloki
- yli- ja alijännitteet, joiden rajat säädettävissä $\pm 20\%$.

[9, s.1 – 5.]

3.3 Landis+Gyr

AIM-järjestelmä on kuvan 15 mukainen. Palvelimia voi tarpeen mukaan olla useampia [15, s. 17].



Kuva 15. AIM-järjestelmän kuvaus [15, s.17.]

AIM

AIM-konsepti on suunniteltu helpottamaan energiayhtiöiden mittaustietojen keruuta ja hallintaa. AIM-järjestelmä on modulaarinen ja avoin ja se integroiduu vaivattomasti muihin järjestelmiin. Nopeuden lisäämiseksi eri moduuleihin voidaan liittää useita tiedonsiirtopalvelimia. Moduulit ovat valittavissa kunkin sähköverkkoyhtiön tarpeen mukaisesti. [15, s. 4.]

Järjestelmään voidaan liittää kotitalous-, kaupan ja teollisuuden, ja sähköverkonmittareita [15, s. 5].

Tieto mittareilta voidaan siirtää seuraavia medioita käyttäen:

- GSM/GPRS
- LAN
- PSTN
- LV PLC
- MV PLC.

[15, s. 5.]

AIM tarjoaa työkalut normaalien toimenpiteiden, kuten energianmittaus-, asiakas- ja kulutustietojen käsittelyyn, valvonnan ja raportoinnin lisäksi mittaustiedon tarkistamiseen ja tariffilaskentaan. Tämän lisäksi AIMiin on lisättävissä moduuleita mittareiden ohjaamiseen dynaamisesti ja automaattisesti, esim. katunvalo-ohjaus on toteutettavissa. Ohjaukset voidaan kohdistaa laitekohtaisesti tai laiteryhmiin. Lisäksi mittareille voidaan tehdä erikoisluentoja tarpeen mukaan, esim. sähkökatkot ja jännitteenlaatu. [15, s. 5,7.]

Mittaustieto voidaan siirtää avoimen rajapinnan välityksellä mittaustietojen hallintajärjestelmiin kuten generis ja Melt. Lisäksi integrointi on mahdollista mm. asiakastieto- ja laskutusjärjestelmiin, asennuksenhallintajärjestelmiin ja verkonhallintajärjestelmiin. [15, s.5.]

E700

E700 on epäsuora kolmivaiheinen mittari, joka voidaan kytkeä virtamuuntajilla tai virta- ja jännitemuuntajilla. Mittarin datalehdessä ei ole mainintaa laatuominaisuuksien mittaamisesta, mutta jännitteen mittauksella saadaan tietoa hetkellisistä jännitetasoista.

E700 mittaa seuraavia suureita:

- pätöteho –ja energia
- loisteho –ja energia
- näennäisteho
- jännite
- virta
- tehokerroin.

[13, s.1 – 2.]

E120GiME

E120GiME on suora kolmivaiheinen sähköenergiamittari. Mittari on tarkoitettu kotitalouksien energianmittaamiseen. Mittari mittaa seuraavia suureita:

- pätöteho ja -energia sekä
- loisteho ja -energia

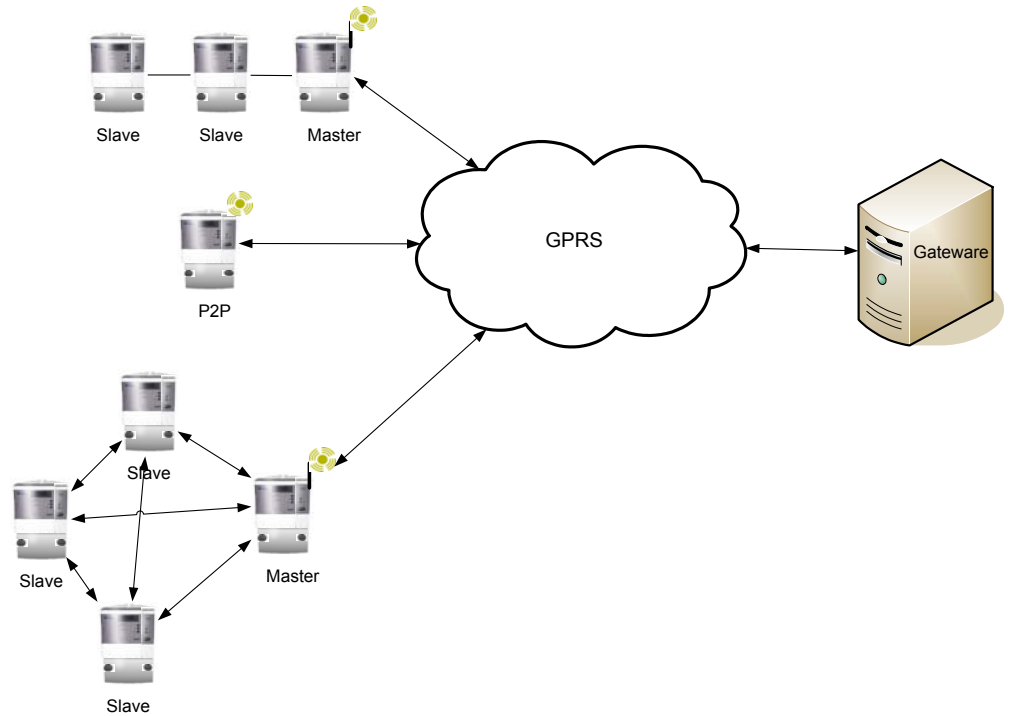
Mittarista löytyy valmius seuraavien laatu- ja tilatietojen mittaamiseen:

- sähkökatkot, joiden osalta tunnistamisviive säädettävissä
- vaihekohtaiset sähkökatkot, joiden osalta tunnistamisviive säädettävissä
- alijännite, johon on säädettävissä kaksi eri hälytystasoa
- ylijännite , johon on säädettävissä yksi taso

[14, s. 24 – 25, 27.]

3.4 Aidon

Mittarit tallentavat lukemat moduuleihinsa. Gateway lukee mittarit Gprs -verkon välityksellä, joko suoraan tai Master-mittarin välityksellä. Mittareiden moduulit ovat vaihdettavissa, joten tiedonsiirtotekniikan muuttaminen ei aiheuta mittarin vaihtoa.(kuva 16.)



Kuva 16. Aidon etäluentajärjestelmä [18, s. 1]

Gateway

Gatewayn päätehtävä on toimia lukukoneena, joka välittää tietoa muihin järjestelmiin. Järjestelmä on suunniteltu integroitumaan ylemmän tason ohjelmiin, mutta myös Gatewaylla voidaan tehdä normaaleja käyttötoimenpiteitä. Järjestelmän pohjana on tietokanta jonne tietoa välitetään, suurimmissa järjestelmissä on mahdollisuus käyttää erillistä tietokantapalvelinta. [17, s. 1.]

Aidon 5550

Aidon 5550 -mittari on kolmivaiheinen ja epäsuora. Mittarissa on mahdollisuudet seuraaviin mittauksiin:

- Pätöteho ja -energia molempiin suuntiin
- loisteho ja -energia molempiin suuntiin
- virta ja jännitteet
- hälytysrekisteri.

Mitattavia suureita voidaan tallentaa kertymä- tai tariffirekistereihin, kumpiakin rekistereitä on 4 kpl. Kuhunkin rekisteriin mahtuu 24 arvoa. Tuntisarjaa voidaan tallentaa 4 rekisteriin 3 kk:n ajan. [10, s.1 – 2.]

Laatutietojen tallennus:

- jännitekatkot
- jännitteen laatu/tehosyötön laatu.

Lisäksi Gprs-moduulissa on hälytystoiminto, joka lähettää tekstiviestin jännitekatkon tapahtuessa. [10, s. 2.]

Eri moduuleilla mittarin yhteystyypiksi voidaan valita:

- Gprs/SMS
- LAN
- LP Radio
- RS485
- Mbus.

[11, s.1 – 2.]

3.5 Generis EDMS

Generis EDMS, lyhennettynä EDMS tulee sanoista energy data management system. Järjestelmä on energian mittaustiedon hallintajärjestelmä, joka on tarkoitettu täyttämään vapaan energiakaupan tieto- ja liiketoimintahallinnalle asetetut vaatimukset. Järjestelmä koostuu moduulikokonaisuuksista ja kokonaisuudet on tarkoitettu vastaamaan jakeluverkonhaltioiden, energiayriyten ja tasevastaavien tarpeita. Lisäksi järjestelmää voidaan käyttää myös esim. kaukolämmön tasehallintaan. Järjestelmän ensisijaisia toimintoja ovat

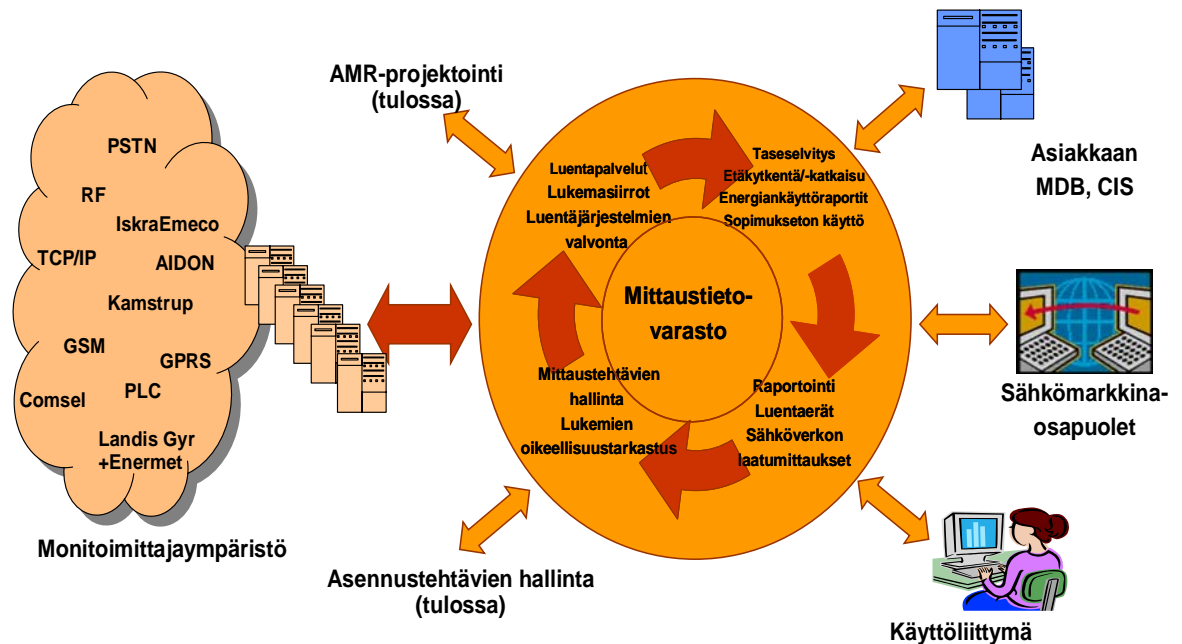
- mittaustiedon käsittely
- taseselvityslaskennat
- b-2-b kommunikaatio.

Järjestelmäkonsepti integroituu olemassa oleviin järjestelmiin, kuten asiakastietojärjestelmät, etäluentajärjestelmät ja sähköverkon järjestelmät. Kommunikaatio järjestelmien välillä voidaan toteuttaa joko käyttämällä tiedostopohjaista tiedonsiirtoa tai tietokantarajapinnan avulla. [12.]

3.6 Melt

Melt (kuva 17) on sovelluskokonaisuus, joka antaa työkalut etäluennan mitalaiteiden ja mittaustiedon hallintaan, projektin seurantaan ja palveluraportointiin. Järjestelmä on laajalti niin asiakaspalvelun kuin asiantuntijoiden käytössä Helsingin Energialla ja Mitoxilla. Järjestelmän pääominaisuuksia ovat

- päivittäisten lukematietojen tarkkailu halutulla aikavälillä
- luentojen onnistumisen raportit
- mittareiden etäohjaus ja Ad hoc luenta
- asennustehtävien välitys.



Kuva 17 Melt-järjestelmä

4 YHTEENVETO

Laatutietojen saatavuus vaihtelee suuresti eri järjestelmävalmistajien välillä. Useimpien valmistajien esitteissä mainitaan laadunmittausominaisuus, mutta sisältö jää usein tyhjäksi. Laatutietojen mittausta kuitenkin kehitetään jatkuvasti järjestelmien käytön lisääntymisen myötä.

4.1 Tulokset

Taulukkoon 9 on kerätty laatutietojen saatavuuden etäluentajärjestelmäkohtaisesti.

Taulukko 9. Laatutaulukko

Mittari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ISKRA														
MT372	X	X	X			X		X	X					
MT831	X	X									X			
Kamstrup														
351														
382			X						X	X				
Aidon														
5550		X							X	X				
Landis+Gyr														
E700		X												
E120GiME			X						X	X				

- 1 verkkotaajuus
- 2 jakelujännitteen suuruus
- 3 jännitetaso vaihtelut
- 4 nopeat jännitemuutokset
- 5 välkyntä
- 6 epäsymmetria
- 7 signaalijännitteet
- 8 jännitekuopat
- 9 lyhyet keskeytykset
- 10 pitkät keskeytykset
- 11 harmoniset yliaaltojännitteet
- 12 epäharmoniset yliaaltojännitteet
- 13 käyttötaajuuden ylijännitteet
- 14 transienttiylijännitteet

4.2 Laatutietojen saatavuus ja käytettävyys

Laatutietoja voidaan lukea mittareilta ja tallentaa luentajärjestelmän tietokantoihin. Etäluentajärjestelmien tietokannoista tietoja voidaan siirtää mittaustietojen hallintajärjestelmiin, kts. esim. Generis EDMS (kappale 3.5) tai Melt (kappale 3.6), ja tarvittaessa edelleen verkkotietojärjestelmiin. Tietojen siirtäminen vaatii kuitenkin järjestelmien jatkokehitystä.

Taajuus

Iskran MT372 ja MT831 pystyvät hetkelliseen taajuuden mittaamiseen. Kappaleessa 2.2 todetaan, ettei taajuuden mittaamisesta ole käytännössä hyötyä, mikäli mittari ei ole saarekekäyttötilanteesta johtuen irti kantaverkosta, koska järjestelmävastuullisen mittauksista saadaan tarvittaessa sama tieto.

Jakelujännitteen suuruus ja jännitetasojen vaihtelu

Nykyisin jakelujännitteen suuruutta mitataan vain korkeajänniteverkossa. Mittauksia PJ-verkon puolella tehdään vain asiakkaan ilmoitusten perusteella tai kun halutaan tarkentaa laskelmia verkon kuormituksesta.

Hetkellisillä jakelujännitteen suuruuden arvoilla voidaan todentaa esim. sähköasemien jännitesäätäjien virheellinen asettelu ja verkon mitoituksen ongelmia. Jatkuvalle mittauksella voidaan tarkkailla eri kuormitustilanteissa tapahtuvia muutoksia. Virhetilanteet havaittaisiin aikaisempaa nopeammin ja todennäköisesti välttyttäisiin myös suurelta osin asiakasreklamoinneilta.

Iskra MT831-mittarilla pystyy mittaamaan ja tallentamaan jakelujännitteen suuruuden hetkellisarvon. Tämä hetkellisarvo voidaan lukea samalla kun mittarilta luetaan päivittäiset lukemat.

Iskra MT372-mittarilla pystytään tekemään kappaleessa 2.3 määritelty standardin mukainen mittaus, sekä hetkellisen arvon mittaus. Molemmat arvot voidaan lukea päivittäisen luennan yhteydessä. Mittari mittaa jatkuvasti vaiheiden jännitteitä. Mittausjaksona mittari käyttää 200 ms, joka on 10 jakson pituus 50 Hz:n taajuudella. Tulokset kerätään ja niistä lasketaan 10 min kes-

kiarvot. Mittariin on määritetty 7 seurattavaa jännitetasoa -15 % - +10 %, 5 % tasavälein, vertailutasona 230 V. 10 minuutin keskiarvon ollessa raja-arvoa suurempi tallentuu siitä tieto kyseiseen rekisteriin. Esim. jännitteen ollessa 255 V tallentuu luokkaan 1 eli > 10 % rekisteriin merkintä.

Landis+Gyr E120GiMe-mittarilla pystytään mittaamaan myös jännitteitä vaihekohtaisesti. Mittarille voidaan määritellä kaksi alijänniterajaa sekä ylijänniteraja ja viive, jolla hälytys annetaan. Esim. ylijännite 1:n rajaksi määritellään +5 % eli 241,4V. Kun jännite on viiveen ajan suurempi kuin raja-arvo, tehdään hälytys. Ominaisuus ei täysin vastaa kappaleen 2.3 määrittelemiä mittauksia, mutta antaa hyvän indikaation tarkemmille mittauksille.

Kamstrup 382-mittarilla pystytään määrittelemään yli- ja alijänniterajat ± 20 % sekä viive jolla hälytys annetaan. Viive on sama kuin jännitekatkohälytyksissä. Ominaisuus ei täysin vastaa kappaleen 2.3 määrittelemiä mittauksia, mutta antaa hyvän indikaation tarkemmille mittauksille.

Nopeat jännitemuutokset ja välkyntä

Tutkimukseen valituissa mittareissa ei ole mahdollisuutta mitata nopeita jännitteenmuutoksia tai välkyntää. Valmiudet kuitenkin nopeidenkin jännitemuutosten seuraamiseen on, eli ominaisuus on todennäköisesti lähitulevaisuudessa kehiteltävissä mittarimalleissa.

Epäsymmetria

MT372-mittari on ainut mittari, jolla voidaan mitata jännitteen epäsymmetriaa. Mittari mittaa vaiheiden jännitettä ja vertailee sitä kaikkien kolmen vaiheen keskimääräiseen jännitteeseen. Mittarille voidaan määrittää kaksi raja-arvoa, joiden perusteella mittari antaa epäsymmetriahälytyksen. Kappaleessa 2.6 esitettyjä standardin määrittelemiä prosentiarvoja mittauksista ei siis saada, eikä tuloksia voida käyttää laatukriteerien määrittämiseen. Tuloksia voidaan käyttää epäsymmetriatilanteiden havaitsemiseen. Havainnoinnin jälkeen varsinaiset mittaukset on kuitenkin tehtävä erillisellä mittalaitteistolla.

Signaalijännitteet

Signaalijännitteiden mittaaminen ei ole mahdollista tutkimukseen valituilla mittareilla.

Jännitekuopat

MT372 kykenee mittaamaan jännitekuopat mittaamalla jatkuvasti vaiheiden jännitteitä. Arvoista tallennetaan vain päivittäiset minimi- ja maksimit. Valmius tämän suureen tarkempaan mittaamiseen on, eli on odotettavissa että ominaisuus tulee olemaan tulevaisuudessa mittareissa.

Lyhyet ja pitkät keskeytykset

Iskra MT372-mittarilla lokiin tallentuvat lyhyet ja pitkät katkot. Lokista on luettavissa alkuaika ja katkon kesto.

Kamstrup 382-mittari tallentaa jännitekatkot vaihekohtaisesti. Järjestelmästä pystytään määrittelemään hälytysviive, mutta määriteltävissä on vain yksi viive, eli voidaan rekisteröidä vain pitkät tai lyhyet katkot. Katkoista tallennetaan alkuaika ja loppuaika.

Aidon 5550 taltioi hälytysrekisteriin tiedon jännitekatkoista.

Landis+Gyr E120GiME tallentaa tiedon katkoista, mutta järjestelmästä ei käy ilmi miten pitkästä katkosta on kyse.

Harmoniset ja epäharmoniset yliaaltojännitteet

MT831-mittarissa on ominaisuus nimeltä status monitoring. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää vain Iskran Meter View-ohjelmalla. Ohjelmalla otetaan yhteys mittariin ja kytketään seuranta päälle. Ohjelma näyttää graafisesti reaaliaikaista mittaustietoa. Vain ensimmäisiä kahdeksaa yliaaltoa voidaan seurata. Ominaisuus on käyttökelpoinen tarkempien mittausten indikaattorina, mutta ei pysty korvaamaan paikalla tehtäviä mittauksia.

Käyttötaajuiset ylijännitteet

Käyttötaajuisien ylijännitteiden mittaaminen ei ole tutkimukseen valituilla järjestelmillä mahdollista.

Transienttiylijännitteet

Transienttiylijännitteiden mittaaminen ei ole mahdollista tutkimukseen valituilla mittareilla.

Mittaustietojen kerääminen mittareilta

Mittaustietojen siirtäminen luentajärjestelmään aiheuttaa lisäystä tiedonsiirtokustannuksiin. Kustannusten kasvamiseen ja suuruuteen vaikuttaa käytettävä tiedonsiirtomedia. Joissain tapauksissa tiedonsiirtomedia on rajallinen. Tällöin laatutietojen siirtäminen voi aiheuttaa ongelmia varsinaisten energialukemien siirtoon.

Melt

Melt tarjoaa hyvän pohjan laaturaportin tulostamiselle suoraan käyttöliittymästä. Vastaavan tiedon kerääminen useista eri etäluentajärjestelmistä vaatii käyttäjille koulutusta ja pääsyn kuhunkin järjestelmään. Laatutietojen kerääminen etäluentajärjestelmistä Melt-järjestelmään on toteutettavissa käyttäen samoja tiedonsiirtomedioita kuin energialukemienkin siirtoon. Tällöin asiakaspalvelun ja sähköverkon käyttöön voidaan tuottaa Sähköenergialiiton suositteluun laaturaporttiin (liite) tarvittavia tietoja. Laaturaportti olisi haettavissa samalla tavalla kuin lukematkin jolloin, asiakaspalvelija pystyy heti tarkistamaan jännitteenlaadun kulutuspisteestä.

Generis EDMS

Laatutietojen vieminen Generikseen on mahdollista käyttäen samoja yhteyksiä kuin energialukemien siirtoonkin käytetään. Laatutiedoista voidaan muodostaa raportteja tai siirtää edelleen seuraavaan järjestelmään kuten verkkotietojärjestelmään.

VIITELUETTELO

- [1] *Jakeluverkon sähkön laadun arviointi*. Sähköenergialiitto ry:n julkaisusarja. Helsinki. 2001.
- [2] *SFS-EN 50160*. Suomen standardoimisliitto SFS. Helsinki. 2008.
- [3] Kara Olli, *Välkyntämittareiden kalibrointimenetelmän kehittäminen*. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Sähkö -ja tietoliikennetekniikan osasto. Espoo. 2007.
- [4] *Teknisiä tietoja ja taulukoita TTT*. Helsinki: Suomalaiset ABB -yhtiöt. 2000.
- [5] Alanen, Hätönen. *Sähkön laadun ja jakelun luotettavuuden hallinta state of art -selvitys* [verkkodokumentti]. VTT. 5/2006 [viitattu 26.2.2009]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>
- [6] Zitnik, Mihael. *MT372*. Mittariesite. Iskraemeco. Slovenia. 2007.
- [7] Zitnik, Mihael. *MT831*. Mittariesite, Iskraemeco. Slovenia. 2008.
- [8] *Kamstrup 351 combi*. Mittariesite, Kamstrup A/S, Suomen toimisto. Espoo. 2007.
- [9] *Kamstrup 382*. Mittariesite, Kamstrup A/S. Skandenborg, Tanska. 2008.
- [10] *Aidon Factsheet_Meters5540_5550_fi*. Mittariesite. Aidon Oy. Jyväskylä. 2006.
- [11] *Aidon Factsheet_System_Module_fi*. Mittariesite. Aidon Oy. Jyväskylä. 2006.
- [12] *Process vision*. Generis EDMS esittely. Saatavana yhtiön internetistä. Viitattu 26.4.2009.
- [13] *E700_FI_Fact_Sheet*. Mittariesite. Enermet. Jyväskylä. 2003.
- [14] Morko, Mari. *E120GiME_Manual_FI_v110_MDC*. Asennus- ja käyttöopas. Landis+Gyr. 2008.
- [15] *AIM_System_3_0_ProductDescription_v340_FI*. AIM –Järjestelmän tuotekuvaus. Enermet. 2007.
- [16] Precht-Jensen, Torben. *Järjestelmämäärittelyt Helsinki 1.00 fi*. Järjestelmämäärittely. Kamstrup.
- [17] *Aidon_Factsheet_gateway_fi*. Järjestelmäesite. Aidon Oy. Jyväskylä.2009.
- [18] Heinänen, Petteri. *Aidon system structure 080107*. Järjestelmäkuvaus. Aidon Oy.2009.

Jakelujännitteen ominaisuudet - yhteenveto

Kohde:

Ajalta:

Jännitteen ominaisuudet, joille on annettu raja-arvot standardissa SFS-EN50160						
Ominaisuus	Tunnus	Standardi tai laskenta- raja	Sallittu poikke- usaika /%	Mittaustapa std/eistde	Mittaus /poikkeus aika/ %	Arvio
Maksimitaajuus	fmax	52.0 Hz	0.0 %			
Minimitaajuus	fmin	47.0 Hz	0.0 %			
Taajuus	f	49.5-50.5 Hz	0.5 %			
Maksimijännite	Umax(L1)	253 V	0.0 %			
Maksimijännite	Umax(L2)	253 V	0.0 %			
Maksimijännite	Umax(L3)	253 V	0.0 %			
Minimijännite	Umin(L1)	196 V	0.0 %			
Minimijännite	Umin(L2)	196 V	0.0 %			
Minimijännite	Umin(L3)	196 V	0.0 %			
Jännitetason vaihtelu	U(L1)	207-253 V	5.0 %			
Jännitetason vaihtelu	U(L2)	207-253 V	5.0 %			
Jännitetason vaihtelu	U(L3)	207-253 V	5.0 %			
Välkynnän häiritsevyys	PIt(L1)	1.0	5.0 %			
Välkynnän häiritsevyys	PIt(L2)	1.1	5.0 %			
Välkynnän häiritsevyys	PIt(L3)	1.2	5.0 %			
Epäsymmetria, vastakomponentti	U2/U1	2.0 %	5.0 %			
Kokonaissärö	THD(L1)	8.0 %	5.0 %			
Kokonaissärö	THD(L2)	8.0 %	5.0 %			
Kokonaissärö	THD(L3)	8.0 %	5.0 %			
Huonoin harmoninen	uh=_(L1)		5.0 %			
Huonoin harmoninen	uh=_(L2)		5.0 %			
Huonoin harmoninen	uh=_(L3)		5.0 %			
Signaalijännite	_kHz(L1)		1.0 %			
Signaalijännite	_kHz(L2)		1.0 %			
Signaalijännite	_kHz(L3)		1.0 %			

Jännitteen ominaisuudet, joille ei ole annettu raja-arvoja standardissa SFS-EN 50160						
Epäsymmetria, nollakomponentti	U0/U1	4.0 %	5.0 %	---		
Jännitteen tasakomponentti	Udc(L1)	2.0 %	5.0 %	---		
Jännitteen tasakomponentti	Udc(L2)	2.0 %	5.0 %	---		
Jännitteen tasakomponentti	Udc(L3)	2.0 %	---	---		
Jännitekuopat	Udip(L1)	20 kpl	---	---		
Jännitekuopat	Udip(L2)	20 kpl	---	---		
Jännitekuopat	Udip(L3)	20 kpl	---	---		
Jännitepiikit	Utra	20 kpl	---	---		