



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# JAKELUVERKON MITTAREIDEN LAATU- MITTAUSOMINAISUUSVERTAILU

Jere Maijala

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

MAIJALA, JERE:

Jakeluverkon mittareiden laatumittausominaisuusvertailu

Opinnäytetyö 49 sivua  
Toukokuu 2018

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin markkinoilla olevien kiinteiden verkkosähkötuntimittareiden laatumittausominaisuuksia. Mittareilta tavoiteltiin kattavaa tukea eurooppalaiselle, Suomen kansalliselle SFS-EN 50160 -standardille, joka määrittelee yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet.

Työn tulos oli standardin eri osat kattava vertailutaulukko, josta on nähtävissä eri valmistajien mittarivaihtoehtojen ominaisuudet mitata sähkönlaatua standardin vaatimalla tavalla. Taulukon tarkoituksena on helpottaa valittujen vaihtoehtojen kokonaiskuvan hahmottamista ja tiivistää satoja sivuja manuaaleja sekä muuta tietoa muotoon, joka tekee sopivan mittarivaihtoehdon valinnasta helpompaa.

Opinnäytetyön tilaajana oli Emtele Oy. Tilauksen tavoitteena oli kartoittaa tilaajan käyttöön sopivia EN 50160 yhteensopivia mittarivaihtoehtoja, joita Emtele pystyisi integroimaan omaan järjestelmäänsä ja tarjoamaan asiakkaalle osana palveluitaan. Opinnäytetyö itsessään rajoittuu kuitenkin tarkastelemaan vertailuun valittujen mittareiden ominaisuuksia suhteessa standardiin EN 50160 lopullisen valintaprosessin jääden työn ulkopuolelle.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Electrical Power Engineering

MAIJALA, JERE:  
Power Quality Measurement Tool Feature Comparison

Bachelor's thesis 49 pages  
May 2018

---

The purpose of this thesis was to research the modular power quality analyzer market to determine which product has the standard features for the Finnish market. The measurement devices were investigated to determine whether they have the standards equivalent to EU standard EN 50160, which has the status of Finnish national standard. The standard in question defines the voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks.

The result of the thesis was a comprehensive comparison chart between various power quality analyzers, comparing with the different evaluation methods described in EN 50160. The objective of the comparison chart was to compress hundreds of pages of device manuals and additional information into an easily readable form and enable its viewers to easily get a grasp on the current situation and the available analyzers on the market.

The thesis was commissioned by Emtele Oy. The aim was to analyze various power quality analyzers for EN 50160 compatibility, to be used and integrated into Emtele's services. The thesis itself is limited to researching the options on the market and comparing them to the standard EN 50160. The process of choosing the measuring tool for the commissioner is left outside the scope of this thesis.

---

Key words: standard, measurement, power quality

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	MITTARILTA VAADITTAVAT YLEISET OMINAISUUDET.....	9
	2.1 Jännite .....	9
	2.2 Virta .....	9
	2.3 Liitännät .....	9
3	LIITTYVÄT STANDARDIT .....	10
	3.1 Verkkotaajuus .....	10
	3.2 Jännitetason vaihtelut.....	10
	3.3 Välkyntä.....	11
	3.4 Jakelujännitteen epäsymmetria .....	12
	3.5 Harmoninen yliaaltojännite.....	12
	3.5.1 Epäharmoninen yliaaltojännite.....	14
	3.6 Jännitekuopat .....	14
	3.6.1 Tilaston kerääminen .....	14
	3.6.2 Jännitekuoppien arviointi .....	15
	3.7 Ylijännitteet .....	16
	3.7.1 Tilaston kerääminen .....	16
	3.7.2 Ylijännitteiden arviointi .....	17
4	TARJOLLA OLEVAT MITTARIVAIHTOEHDOT .....	18
	4.1 ABB ANR96-24 .....	18
	4.1.1 Yleistiedot .....	19
	4.1.2 Verkkotaajuus .....	19
	4.1.3 Jännitetason vaihtelut .....	19
	4.1.4 Välkyntä .....	20
	4.1.5 Jakelujännitteen epäsymmetria .....	20
	4.1.6 Harmoninen yliaaltojännite .....	20
	4.1.7 Jännitekuopat / ylijännitteet .....	20
	4.2 BMR PLA34 .....	21
	4.2.1 Yleistiedot .....	21
	4.2.2 Verkkotaajuus .....	22
	4.2.3 Jännitetason vaihtelut .....	22
	4.2.4 Välkyntä .....	23
	4.2.5 Jakelujännitteen epäsymmetria .....	23
	4.2.6 Harmoninen yliaaltojännite .....	24
	4.2.7 Jännitekuopat / ylijännitteet .....	24
	4.3 Schneider Electric PowerLogic PM5100.....	25

4.3.1	Yleistiedot .....	25
4.3.2	Verkkotaajuus .....	26
4.3.3	Jännitetason vaihtelut .....	26
4.3.4	Välkyntä .....	27
4.3.5	Jakelujännitteen epäsymmetria .....	27
4.3.6	Harmoninen yliaaltojännite .....	27
4.3.7	Jännitekuopat / ylijännitteet .....	27
4.4	Schneider Electric PowerLogic PM8240.....	28
4.4.1	Yleistiedot .....	28
4.4.2	Verkkotaajuus .....	29
4.4.3	Jännitetason vaihtelut .....	29
4.4.4	Välkyntä .....	30
4.4.5	Jakelujännitteen epäsymmetria .....	30
4.4.6	Harmoninen yliaaltojännite .....	30
4.4.7	Jännitekuopat / ylijännitteet .....	31
4.5	Schneider Electric PowerLogic ION7650 .....	31
4.5.1	Yleistiedot .....	32
4.5.2	Verkkotaajuus .....	33
4.5.3	Jännitetason vaihtelut .....	33
4.5.4	Välkyntä .....	33
4.5.5	Jakelujännitteen epäsymmetria .....	34
4.5.6	Harmoninen yliaaltojännite .....	34
4.5.7	Jännitekuopat / ylijännitteet .....	35
4.6	Iskra MC 760 .....	35
4.6.1	Yleistiedot .....	36
4.6.2	Verkkotaajuus .....	37
4.6.3	Jännitetason vaihtelut .....	37
4.6.4	Välkyntä .....	38
4.6.5	Jakelujännitteen epäsymmetria .....	38
4.6.6	Harmoninen yliaaltojännite .....	39
4.6.7	Jännitekuopat / ylijännitteet .....	39
4.7	Carlo Gavazzi WM40 96 .....	40
4.7.1	Yleistiedot .....	41
4.7.2	Verkkotaajuus .....	41
4.7.3	Jännitetason vaihtelut .....	41
4.7.4	Välkyntä .....	42
4.7.5	Jakelujännitteen epäsymmetria .....	42
4.7.6	Harmoninen yliaaltojännite .....	42
4.7.7	Jännitekuopat / ylijännitteet .....	43

4.8	Takowa TNM96-ETN-II.....	43
4.8.1	Yleistiedot .....	44
4.8.2	Verkkotaajuus .....	44
4.8.3	Jännitetason vaihtelut .....	45
4.8.4	Välkyntä .....	45
4.8.5	Jakelujännitteen epäsymmetria .....	45
4.8.6	Harmoninen yliaaltojännite .....	45
4.8.7	Jännitekuopat / ylijännitteet .....	45
5	TULOKSET .....	47
6	POHDINTA.....	48
	LÄHTEET .....	49

**LYHENTEET JA TERMIT**

FIFO	First In First Out
THD	Kokonaissärö (Total Harmonic Distortion)
DC	Tasasähkö
AC	Vaihtosähkö
MMC	MultiMediaCard

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Emtele Oy:n tarpeen pohjalta löytää käyttötarkoituksiinsa sopiva modulaarinen sähkömittari, joka kykenisi yksinkertaisen jännitetason, taajuuden ja virran tarkkailun lisäksi mittaamaan ja parhaimmillaan itsenäisesti arvioimaan sekä raportoimaan jännitteen laatua Suomen kansallisen standardin EN 50160 mukaisesti. Syynä jakeluverkkoyhtiöiden kasvanut kiinnostus jatkuvaa verkon laadun mittaamista kohtaan.

standardi EN 50160 määrittelee yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet, eikä juuri suoraan käsittele keinoja, joilla ominaisuuksien arviointi toteutetaan. Tietyt jänniteominaisuuksien mittaamenetelmät kuvataan sen sijaan standardissa EN 61000-4-30, joka on yksi standardin EN 50160 velvoittavista liitteistä. Tämän vuoksi mittarivalmistajakaan eivät aina mainitse suoraan tukevansa standardia EN 50160, vaan yhteensopivuus tulee velvoittavien liitteiden kautta, ja yhteensopivuuden selvittäminen vaatii tarkempaa mittarin ominaisuuksiin tutustumista.

Työn rajaaminen kohtuullisen kokoiseksi tehtiin valitsemalla arvioitavaksi kahdeksan eri modulaarista mittaria, joiden yleiset ominaisuudet ja ulkoiset perusliitännät sopivat Emtelen käyttötarkoituksiin. Mittareiden vertaileminen suhteessa standardiin EN 50160 tehtiin selventämällä ensin standardin eri osien merkitys mittarilta vaadittavien ominaisuuksien suhteen, ja hakemalla sitten tietoa mittareiden ominaisuuksista ja mahdollisuuksista noudattaa näitä vaadittuja ominaisuuksia. Myös suurimmat syyt standardissa kuvatuille ilmiöille on selvitetty.



## **2 MITTARILTA VAADITTAVAT YLEISET OMINAISUUDET**

Tavoitteena on löytää mittari, joka toteuttaa standardin 50160 velvoittavine viitteineen. On kuitenkin tärkeää, että myös tietyt perustoiminnot ja -ominaisuudet mittarissa ovat sellaisia, että ne eivät muodosta esimerkiksi väyläratkaisunsa puolesta ongelmaa yhteensopivuudessa muiden laitteiden kanssa. Kaikki tähän vertailuun valitut mittarit täyttävät tässä kappaleessa esitetyt perusvaatimukset.

### **2.1 Jännite**

Mittarilta vaaditaan kyky mitata jakeluverkon jännitettä suoran galvaanisen liitännän kautta, sekä ominaisuus välittää mitattu tieto eteenpäin. Laitteen kuuluu kestää myös jakeluverkon ylijännitetilanteita. Mittarin täytyy kyetä kolmivaiheisten, sekä neli- että kolmijohtimisten järjestelmien mittaamiseen.

### **2.2 Virta**

Mittarilta vaaditaan kyky mitata jakeluverkossa tyypillisesti kulkevia virtoja virtamuuntajan kautta, sekä ominaisuus välittää mitattu tieto eteenpäin. Laitteen kuuluu kestää myös jakeluverkon oikosulkutilanteet. Mittarin täytyy kyetä kolmivaiheisten, sekä neli- että kolmijohtimisten järjestelmien mittaamiseen.

### **2.3 Liitännät**

Mittarissa pitää olla jonkinlainen väyläliitäntä, jolla se pystyy kommunikoimaan tietokoneen kanssa ja välittämään mittaustietoa, sekä olla konfiguroitavissa tämän tietokoneen kautta. Tietokoneelta on siis pystyttävä lukemisen lisäksi myös kirjoittamaan tietoa mittarille.

### 3 LIITTYVÄT STANDARDIT

Tärkeä osa uuden mittarin valintaprosessia on yhteensopivuus EN-50160 standardin kanssa, joka sisältää määritelmiä ja raja-arvoja yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuuksille. Standardissa on kuvattu, millä tavoin eri jakeluverkon ilmiöt mitataan ja menetelmät, joilla arvioidaan ilmiöiden standardinmukaisuutta.

Osa standardissa EN 50160 kuvattujen jänniteominaisuuksien mittausten menetelmistä tarkennetaan velvoittavissa viitteissä toisiin standardeihin, joista mittariominaisuuksien kannalta tärkein on jännitteen laadun testaus- ja mittausten menetelmiä kuvaava standardi EN 61000-4-30.

#### 3.1 Verkkotaajuus

standardissa EN 50160 on pienjänniteverkon taajuudeksi määritelty 50 Hz. Normaaleissa käyttöolosuhteissa taajuuden tulee pysyä 50 Hz  $\pm$ 1 % välillä 99,5 % vuodesta ja aina välillä 50 Hz + 4 % / - 6 %. Standardin mukaan taajuuden mittaaminen tapahtuu 10 sekunnin aikavälillä, josta lasketaan perustaajuuden keskiarvo.

Mittarilta vaaditaan siis kyky mitata verkon taajuutta 10 sekunnin keskiarvotetuissa mitausjaksoissa. Keskiarvotetut tulokset täytyy myös pystyä tallentamaan siten, että on mahdollista valvoa 50 Hz  $\pm$ 1 % raja-arvot ylittävien keskiarvojen prosentuaalista osuutta. Tämä prosentuaalinen osuus lasketaan vuoden tarkastelujaksolta.

#### 3.2 Jännitetason vaihtelut

standardissa EN 50160 on määritelty pienjänniteverkon nimellisjännite  $U_n = 230$  V, joko vaiheen ja nollan välillä tai kolmijohtimisille kolmivaihejärjestelmille  $U_n = 230$  V vaiheiden välillä. Normaaleissa käyttöolosuhteissa yleisen verkon jännitetason vaihtelut eivät saisi ylittää  $\pm$ 10 % nimellisjännitteestä.

standardin mukaan jännitetason vaihtelun mittaaminen on tehtävä kahdella eri aikavälillä. Jakelujännitteen tehollisarvon 10 minuutin keskiarvon tulee olla välillä  $U_n + 10 \% / - 15 \%$ , ja viikon pituisen mittausjakson aikana jakelujännitteen tehollisarvojen 10 minuutin jaksoilta mitatuista keskiarvoista 95 % tulee olla välillä  $U_n \pm 10 \%$ .

Mittarilta vaaditaan siis kyky mitata verkon jännitetason vaihteluita 10 minuutin keskiarvotetuissa mittausjaksoissa. Keskiarvotetut tulokset täytyy myös pystyä tallentamaan siten, että on mahdollista valvoa  $U_n \pm 10 \%$  raja-arvot ylittävien keskiarvojen prosentuaalista osuutta. Tämä prosentuaalinen osuus lasketaan viikon tarkastelujaksolta.

### 3.3 Välkyntä

Syitä välkyntälle ovat usein tasaisin väliajoin kuormavirtaansa muuttavat suuritehoiset laitteet, jotka aiheuttavat jännitetason heilahtelemista ajan suhteen. (IEEE 519-2014:10.5) Näitä suuritehoisia laitteita voivat olla esimerkiksi toimistorakennusten paljon käytetyt hissit, tai muut teollisuudessa käytetyt, usein kuormaansa muuttavat sähkömoottorit.

standardissa EN 50160 välkyntä määritellään valonlähteen luminanssin (pintakirkkauden) tai spektrijakauman muutosten aiheuttamana näköaistimuksen ajallisena vaihteluna. Välkyntän häiritsevyyttä mitataan välkyntän häiritsevyyksindeksillä, jota mitataan kahdella eri ajanjaksolla.

Lyhytaikaista häiritsevyyksindeksiä ( $P_{st}$ ) mitataan kymmenen minuutin aikavälillä. Tapaa laskea  $P_{st}$  ei ole määritelty EN 50160:ssa, vaan laskentaan löytyy kaava standardista IEC/TR 61000-3-7, joka on listattu standardin EN 50160 velvoittavissa liitteissä. Pitkäaikaista häiritsevyyksindeksiä ( $P_{lt}$ ) mitataan laskemalla kahdestatoista kahden tunnin mittausaikaväliltä saadusta  $P_{st}$  arvosta seuraavan yhtälön mukaan:

$$P_{lt} = \sqrt{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}} \quad (1)$$

standardi EN 50160 määrittelee, että minkä tahansa viikon pituisen mittausjakson aikana jännitteen vaihtelun aiheuttaman välkynnän pitkäaikaisen häiritsevyysindeksin tulisi olla 95 % ajasta  $P_{lt} \leq 1$ .

Mittarilta vaaditaan siis välkynnän osalta standardia IEC/TR 61000-3-7 noudattava tapa mitata pienjänniteverkon välkyntää, sekä kyky mitata  $P_{st}$  arvoja sekä kymmenen minuutin että kahden tunnin aikaväliltä. Kahden tunnin aikavälejä täytyy pystyä tallentamaan vähintään edelliset kaksitoista kappaletta, sekä kyetä laskemaan näistä arvoista pitkäaikainen häiritsevyysindeksi. Lopuksi, laskettuja pitkäaikaisen häiritsevyysindeksin arvoja kuuluu säilyttää vähintään viikon ajan, ja laskea miltä tahansa viikon mittaiselta ajanjaksoilta  $P_{lt} \leq 1$  ylittävien tulosten osuus.

### 3.4 Jakelujännitteen epäsymmetria

standardissa EN 50160 epäsymmetria on määritelty monivaihejärjestelmän tilanteena, jossa vaihejännitteiden (perustaajuus) tehollisarvot tai niiden väliset kulmat eivät ole samat. Epäsymmetrian mittaaminen tehdään laskemalla jännitteiden perustaajuisille myötä- ja vastakomponenteille 10 minuutin tehollisarvon keskiarvo jokaiselle vaiheelle. Keskiarvoista lasketaan suhdeluku. Mittausjaksot ovat viikon pituisia, jolloin 95 % 10 minuutin tehollisarvon keskiarvoista tulee olla välillä 0...2 % perustaajuisesta myötäkomponentista.

Mittarilta vaaditaan siis kyky muuntaa mitatun jännitteen perustaajuuskomponentit symmetriseen komponenttijärjestelmään, ja laskea sitten vasta- ja myötäkomponenttien suhde kymmenen minuutin tehollisista keskiarvoista. Näitä suhdelukuja tulee pystyä säilyttää vähintään viikon ajan, jotta raja-arvot ylittävien tulosten prosenttiosuus on laskettavissa.

### 3.5 Harmoninen yliaaltojännite

Syitä harmoniselle yliaaltojännitteelle ovat pääasiassa epälineaarises kuormat, joiden muuttuva impedanssi johtuu virran johtumisesta lähinnä aallonhuipuilla. Kuorman nopeat kytkeytymiset pois ja päälle johtavat ei-sinimuotoisiin virtapulsseihin, jotka tarpeeksi

suurina vaikuttavat myös jännitteenmuotoon. (fuseco) Tavallisimpia epälineaarisia kuormia ovat muun muassa moottoreiden käynnistimet ja nopeussäädetyt käytöt. (ABB)

standardissa EN 50160 on harmoninen yliaaltojännite määritelty sinimuotoisena jännitteenä, jonka taajuus on jakelujännitteen perusaallon taajuus kokonaisluvulla kerrottuna. Standardissa on määritelty raja-arvot yliaaltojännitteille järjestyslukuun 25 saakka. Yliaaltojännitteistä mitataan tehollista keskiarvoa 10 minuutin mittaisissa mittausjaksoissa, ja kunkin viikon pituisen mittausjakson aikana 95% näistä keskiarvoista tulee olla raja-arvojen alapuolella.

TAULUKKO 1. Harmonisten yliaaltojännitteiden sallitut arvot liittämiskohdassa järjestyslukuun 25 saakka prosentteina perustaaajuisesta jännitteestä  $u_1$  (SFS-EN 50160)

Parittomat yliaallot				Parilliset yliaallot	
Kolmella jaottomat		Kolmella jaolliset			
Järjestysluku h	Suhteellinen jännite ( $U_h$ )	Järjestysluku h	Suhteellinen jännite ( $U_h$ )	Järjestysluku h	Suhteellinen jännite ( $U_h$ )
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 %				

HUOM. Järjestysluviltaan yli 25 harmonisille ei anneta arvoja, koska ne ovat tavallisesti pieniä ja hyvin arvaamattomia resonanssitilanteiden vuoksi.

Yksittäisten yliaaltojen lisäksi standardissa on määritelty raja-arvo kokonaissärökertoimelle (THD), johon otetaan huomioon kaikki yliaallot järjestyslukuun 40 saakka. 40 on kuitenkin mainittu standardissa vain vakiintuneeksi käytännöksi. Tämän arvon tulee olla aina alle 8 %.

Mittarilta vaaditaan siis ominaisuutta eritellä yliaallot vähintään järjestyslukuun 25 saakka ja laskea niistä jokaiselle oma tehollisarvon keskiarvo 10 minuutin mittausväliä. Lisäksi mittarin täytyy kyetä laskemaan kullekin yksittäiselle yliaallolle taulukossa 1 esitettyjen raja-arvojen ylittävien keskiarvojen osuus kunkin viikon mittaisen mittausjakson aikana. THD tulisi olla mahdollista laskea järjestysluviltaan ensimmäisten 40 yliaallon perusteella.

### 3.5.1 Epäharmoninen yliaaltojännite

standardi EN 50160 ei ota kantaa sallittuihin epäharmonisten yliaaltojen hyväksyttäviin raja-arvoihin, mutta mainitsee epäharmonisten yliaaltojen aiheuttavan herkästi välkyntää. Mittarin ei tarvitse kyetä mittaamaan epäharmonisia yliaaltoja.

## 3.6 Jännitekuopat

Suurimmat syyt jännitekuopille ovat käynnistyvät moottorit, oikosulut ja ylikuormitus. Kaikissa tapauksissa suuri virta aiheuttaa jännitetason putoamisen nimellisjännitteen alapuolelle. (Powerstandards)

standardissa EN 50160 jännitekuoppa määritellään jakelujännitteen tehollisarvon tilapäisenä alenemisena jossakin jakelujärjestelmän kohdassa kuopan havahtumisjännitteen alapuolelle. Standardin mukainen havahtumisjännite on 90 % vertailujännitteestä.

### 3.6.1 Tilaston kerääminen

Jännitekuoppien tilastoinnissa mittaaminen tulee standardin EN 50160 mukaan tehdä standardin EN 61000-4-30 mukaisesti käyttäen jakelujännitteen nimellisarvoa vertailujännitteenä. Jotta EN 50160 täyttyy, on mitattava jäännösjännitettä sekä kestoaikaa. Jäännösjännite on jännitteen tehollisarvon minimiarvo mitattavan jännitekuopan kestoaikana. Tarkastelutapa riippuu jakelujärjestelmän johdinluvusta. Nelijohtimisissa kolmivaihejärjestelmissä nollan ja vaiheen välistä, ja kolmijohtimisissa kolmivaihejärjestelmissä vaiheiden väliltä. Yksivaihejärjestelmissä johtimien välinen jännite. Mitattu tieto on luokiteltava ja tilastoitava seuraavan taulukon mukaisesti:

TAULUKKO 2. Jännitekuoppien luokittelu jäännösjännitteen ja kestoajan perusteella (SFS-EN 50160)

Jäännösjännite u %	Kesto aika t ms				
	$10 < t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	ALKIO A1	ALKIO A2	ALKIO A3	ALKIO A4	ALKIO A5
$80 > u \geq 70$	ALKIO B1	ALKIO B2	ALKIO B3	ALKIO B4	ALKIO B5
$70 > u \geq 40$	ALKIO C1	ALKIO C2	ALKIO C3	ALKIO C4	ALKIO C5
$40 > u \geq 5$	ALKIO D1	ALKIO D2	ALKIO D3	ALKIO D4	ALKIO D5
$5 > u$	ALKIO X1	ALKIO X2	ALKIO X3	ALKIO X4	ALKIO X5

Tilastoa tehdessä mittarin täytyy siis kyetä lähinnä mittaamaan jännitekuoppien jäännösjännitettä sekä kestoaikaa standardin EN 61000-4-30 mukaisella tavalla, sekä välittää mitattu tieto eteenpäin tilastoa keräävälle laitteelle. Luokittelun standardin määrittelemiin alkioihin voi myös vaihtoehtoisesti tehdä jo mittarissa.

### 3.6.2 Jännitekuoppien arviointi

standardin EN 50160 mukaan jännitekuoppien arviointi on tehtävä standardin EN 61000-4-30 mukaisesti. Kolmivaihejärjestelmää tarkasteltaessa yksittäisten vaiheiden mitatut jännitekuopat yhdistetään yhdeksi ekvivalenttiseksi jäännösjännitteeksi sekä kestoajaksi. Jos kyseessä on useita peräkkäisiä kuoppia, voidaan soveltaa IEC/TR 61000-2-8 referenssisääntöjä perättäisten kuoppien yhdistämismenetelmästä.

Riippuen tavasta, jolla mittaja tahtoo mittarin käsittelevän jännitekuoppien kestoaikaa, mittarin täytyy kyetä yhdistämään peräkkäisten jännitekuoppien kestoajat IEC-raportin IEC/TR 61000-2-8 referenssisääntöjä noudattaen. Jos perättäisiä kuoppia käsittelee omina jännitekuoppinaan, mittarin on vain pystyttävä mittaamaan kuopan jäännösjännite sekä kesto aika standardin EN 61000-4-30 mukaisesti ja kolmivaihejärjestelmää tarkasteltaessa yhdistämään vaiheiden mittaustulokset yhdeksi ekvivalenttiseksi tulokseksi.

### 3.7 Ylijännitteet

Suurin yksittäinen syy ylijännitteille on suuren kuorman äkillinen katoaminen verkosta. Tällöin jännitteensäätimet eivät ehdi kompensoida tapahtumaa ja jännite nousee nimellisjännitettä korkeammaksi. Myös viat nollajohtimessa voivat johtaa ylijännitteeseen. (Powerstandards)

Ylijännitteiden arviointi tapahtuu hyvin samankaltaisesti kuin jännitekuoppien arviointi. Standardissa EN 50160 ei ole annettu tarkkaa raja-arvoa ylijännitteen havahtumiselle, mutta sen mainitaan olevan tavanomaisesti 110 % nimellisjännitteestä.

#### 3.7.1 Tilaston kerääminen

Ylijännitteiden tilastoinnissa mittaaminen tulee standardin EN 50160 mukaan tehdä standardin EN 61000-4-30 mukaisesti käyttäen jakelujännitteen nimellisarvoa vertailujännitteenä. Jotta EN 50160 täyttyy, on mitattava jännitteen tehollisarvon maksimiarvoa sekä kestoaikaa. Tarkastelutapa riippuu jakelujärjestelmän johdinluvusta. Nelijohtimisissa kolmivaihejärjestelmissä nollan ja vaiheen välistä, ja kolmijohtimisissa kolmivaihejärjestelmissä vaiheiden väliltä. Yksivaihejärjestelmissä johtimien välinen jännite. Mitattu tieto on luokiteltava ja tilastoitava seuraavan taulukon mukaisesti:

TAULUKKO 3. Ylijännitteiden luokittelu maksimijännitteen ja kestoajan mukaisesti (SFS-EN 50160)

Ylijännite u %	Kesto aika t ms		
	$10 < t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	ALKIO S1	ALKIO S2	ALKIO S3
$120 > u \geq 110$	ALKIO T1	ALKIO T2	ALKIO T3

Tilastoa tehdessä mittarin täytyy siis kyetä lähinnä mittaamaan ylijännitteiden tehollisarvon maksimiarvoa sekä kestoaikaa standardin EN 61000-4-30 mukaisella tavalla, sekä välittää mitattu tieto eteenpäin tilastoa keräävälle laitteelle. Luokittelun standardin määrittelemiin alkioihin voi myös vaihtoehtoisesti tehdä jo mittarissa.



### 3.7.2 Ylijännitteiden arviointi

standardin EN 50160 mukaan ylijännitteiden arviointi on tehtävä standardin EN 61000-4-30 mukaisesti. Kolmivaihejärjestelmää tarkasteltaessa yksittäisten vaiheiden mitatut ylijännitteet yhdistetään yhdeksi jännitteen tehollisarvon maksimiarvoksi sekä kestoajaksi. Jos kyseessä on useita peräkkäisiä ylijännitteitä, voidaan soveltaa IEC/TR 61000-2-8 referenssisääntöjä perättäisten ylijännitteiden yhdistämismenetelmästä.

Riippuen tavasta, jolla mittaaaja tahtoo mittarin käsittelevän ylijännitteiden kestoaikaa, mittarin täytyy siis kyetä yhdistämään peräkkäisten ylijännitteiden kestoajat IEC-raportin IEC/TR 61000-2-8 referenssisääntöjä noudattaen. Jos perättäisiä ylijännitteitä käsittelee omina ylijännitteinään, mittarin on vain pystyttävä mittaamaan ylijännitteen tehollisarvon maksimiarvo, sekä kesto aika standardin EN 61000-4-30 mukaisesti. Kolmivaihejärjestelmää tarkasteltaessa on kyettävä yhdistämään vaiheiden mittaustulokset yhdeksi ekvivalenttiseksi tulokseksi.

## 4 TARJOLLA OLEVAT MITTARIVAIHTOEHDOT

Vertailtaviksi valittiin mittareita useilta eri valmistajilta kahden pääkriteerin mukaan. Tärkeintä oli, että mittarista löytyivät kaikki tarvittavat liitännät esimerkiksi kolmivaiheisen virran mittaamiseen virtamuuntajien avulla, sekä katsomalla alustavasti, kuinka luopavalta kyseisen mittarin tuoteselostus vaikutti EN 50160 tuen osalta. Mukana on myös Emtelen tietoon muita kautta tulleita mittarivaihtoehtoja ei erityisessä järjestyksessä.

Tässä luvussa käsitellään mahdollisimman yksityiskohtaisesti standardissa EN 50160 kuvattujen arviointimenetelmien yhteensopivuutta vertailtaviin mittareihin ja avataan syitä sille, miksi mittarissa on tai ei ole mahdollisuutta mitata verkon jänniteilmiöitä ko. Standardin vaatimalla tavalla. Mittarien tietojen saatavuus ja tietomäärän julkisuus vaihtelevat huomattavasti laitevalmistajien välillä.

### 4.1 ABB ANR96-24

ABB+ ANR96-24 on verkkoanalysaattori, jonka pääasiallinen tarkoitus on tallentaa ja analysoida sähköverkon ominaisuuksia. Se käyttää ulospäin lähtevään viestintään RS485 sarjaliikenneväylää. Analysaattorissa on myös 128x128 pikselin LCD-näyttö ja 5 fyysistä nappia näytön alapuolella.



KUVA 1. ANR96-24 verkkoanalysaattori (ABB)

standardinmukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täyttyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

#### 4.1.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (abb.com):

TAULUKKO 4. ANR96-24 yleistietoja

Mitat	96 x 96 x 130 mm
Paino	430 g
Käyttölämpötila	-10...50 °C
Nimellissyöttöjännite	85-265 VDC
Tietoliikenneväylät	RS232 RS485

#### 4.1.2 Verkkotaajuus

ANR96-24 mittaa verkon taajuutta ottamalla 64 näytettä jaksonaikana. Näytteenottotaajuus siis vaihtelee mitattavan taajuuden mukaan. Mittarin mittausjakso on 0,1 sekuntia. standardi EN 50160 vaatii mittausajaksi 10 sekuntia, joten mittari ei tue verkkotaajuuden mittaamisen osalta kyseistä standardia.

#### 4.1.3 Jännitetason vaihtelut

ANR96-24 mittaa verkon taajuutta  $\pm 0,5$  % tarkkuudella 0,1 sekunnin mittausjaksoissa. Mittari ei tue jännitetietojen tallentamista muistiin. Standardi EN 50160 vaatii jännitetason mittausajaksi 10 minuuttia, tarkastelujakson ollessa viikon mittainen. Mittari ei siis tue verkon jännitetason vaihteluiden osalta kyseistä standardia.

#### **4.1.4 Välkynä**

ANR96-24 Ei tue välkynnän laskemista EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta mitata  $P_{st}$  tai  $P_{It}$  arvoja millään aikavälillä, eikä standardin vaatimaa IEC/TR 61000-3-7 yhteensopivuutta.

#### **4.1.5 Jakelujännitteen epäsymmetria**

ANR96-24 Ei tue jakelujännitteen epäsymmetrian laskemista tai analysointia EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarin mittausjaksot eivät ole 10 minuutin pituisia, eikä mittarissa ole ominaisuutta eritellä jännitettä sen myötä- ja vastakomponentteihin.

#### **4.1.6 Harmoninen yliaaltojännite**

ANR96-24 mittaa jokaiselle vaiheelle jännitteen harmonisia komponentteja ensimmäisen 31 harmonisen komponentin pohjalta. Mittari käyttää harmonisten komponenttien mittausjaksojen pituutena viittätoista minuuttia, eikä sitä ole mahdollista muuttaa. Vaikka mittari täyttääkin siis standardin EN 50160 vaatimat järjestysluviltaan ensimmäiset 25 aaltoa, mittausjakson pituus ei ole yhteensopiva standardissa kuvatus 10 minuutin kanssa.

Koska mittari mittaa THD:n samojen 31 ensimmäisen yliaallon perusteella, se ei myöskään täytä standardissa suositeltua THD:n laskentaa järjestysluviltaan ensimmäisten 40 yliaallon perusteella.

#### **4.1.7 Jännitekuopat / ylijännitteet**

TNM96-ETN-II ei tue jännitekuoppien tai ylijännitteiden arviointia EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta jäännösjännitteen tai tehollisarvon maksimiarvon huomaamiselle tai säilyttämiselle, eikä mittari tue EN 61000-4-30 yhteensopivia jännitekuoppien arviointimenetelmiä.

## 4.2 BMR PLA34

BMR PLA34 on sähkönlaatuanalysointilaitte, joka on suunniteltu noudattamaan standardissa IEC 61000-4-30 kuvattuja mittausmenetelmiä luokassa S. Sen pääasiallinen käyttötarkoitus on sähkön laadun arviointi standardin EN 50160 mukaisilla menetelmillä eri käyttökohteissa. Sen käyttämät väyläratkaisut ovat USB, RS485 sekä Ethernet. Etupaneelissa on segmentoitu LCD-näyttö ja neljä nappia. PLA34 on mahdollista saada versiona PLA34RG, jossa virtamittaus tapahtuu Rogowski-keiloilla virtamuuntajan sijaan.



KUVA 2. PLA34 (BMR)

standardin mukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täyttyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

### 4.2.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (schneider-electric.fi):

TAULUKKO 5. PM8240 yleistietoja

Mitat	96 x 96 x 75 mm
Paino	525 g
Käyttölämpötila	-25...70 °C
Nimellissyöttöjännite	80-265 VAC/DC
Tietoliikenneväylät	USB RS485 Ethernet

PLA34 käyttää BMR:n omaa suljetun lähdekoodin ohjelmistoa PMS:ää kehittyneempien mittaustiedonhallintaominaisuuksien ajamiseen, kuten EN 50160 yhteensopivaan mittasuureiden arviointiin. Tämä tarkoittaa, että mittari itsessään ei tue kaikkia standardin vaatimia tapoja arvioida jänniteilmiöitä, vaan arviointi tapahtuu mittariin tallennetun mittaustiedon pohjalta PMS-ohjelman kautta serveritietokoneella.

#### 4.2.2 Verkkotaajuus

PLA34 mittaa verkon taajuutta  $\pm 0.01$  Hz tarkkuudella. Manuaalissa mainitaan suoraan, että mittari tukee EN 50160-standardia verkkotaajuuden seurannan osalta.

Mittari tallentaa kaiken keräämänsä mittaustiedon sisäiseen 1 Gigatavun flash-muistiinsa. Mittausjakson pituuden voi määrittää laitteen asetuksista standardin vaatimaan kymmeen sekuntiin. Vuotuinen raja-arvot ylittävien mittausjaksojen osuus on laskettava etäyhteyden kautta tietokoneella, joten täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi on mittarin kanssa samassa verkossa oltava tietokone, jolla mittaustiedot arvioidaan.

#### 4.2.3 Jännitetason vaihtelut

PLA34 mittaa verkon jännitettä  $\pm 0.2$  % tarkkuudella. Manuaalissa mainitaan suoraan, että mittari tukee EN 50160-standardia verkon jännitetason vaihteluiden seurannan osalta.

Mittari tallentaa kaiken keräämänsä mittaustiedon sisäiseen 1 Gigatavun flash-muistiinsa. Mittausjakson pituuden voi määrittää laitteen asetuksista standardin vaatimaan kymmeneen minuuttiin. Viikoittainen raja-arvot ylittävien mittausjaksojen osuus on laskettava etäyhteyden kautta tietokoneella, joten täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi on mittarin kanssa samassa verkossa oltava tietokone, jolla mittaustiedot arvioidaan.

#### **4.2.4 Vätkyntä**

PLA34 mittaa verkon vätkyntää standardin EN 61000-4-15 määrittämällä tavalla, joka tuottaa myös EN 50160 standardissa vaaditut 10 minuutin ja 2 tunnin vätkynnän lyhytaikaisen häiritsevyysindeksin  $P_{st}$  arvot. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN 50160-standardia vätkynnän arvioinnin osalta.

Mittari tallentaa kaiken keräämänsä mittaustiedon sisäiseen 1 Gigatavun flash-muistiinsa. Pitkäaikaisen häiritsevyysindeksin  $P_{lt}$  laskeminen tapahtuu etäyhteyden kautta tietokoneella, joten täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi on mittarin kanssa samassa verkossa oltava tietokone, jolla mittaustiedot arvioidaan.

#### **4.2.5 Jakelujännitteen epäsymmetria**

PLA34 mittaa verkon jännitteen epäsymmetriaa  $\pm 0.15$  % tarkkuudella jokaiselle vaiheelle ja tallentaa arvon prosentteina vastakomponentin suhteesta myötäkomponenttiin. Manuaalissa mainitaan suoraan, että mittari tukee EN 50160-standardia jakelujännitteen epäsymmetrian arvioinnin osalta.

Mittari tallentaa kaiken keräämänsä mittaustiedon sisäiseen 1 Gigatavun flash-muistiinsa. Mittausjakson pituuden voi määrittää laitteen asetuksista standardin vaatimaan kymmeneen minuuttiin. Viikoittainen raja-arvot ylittävien mittausjaksojen osuus on laskettava etäyhteyden kautta tietokoneella, joten täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi on mittarin kanssa samassa verkossa oltava tietokone, jolla mittaustiedot arvioidaan.

#### 4.2.6 Harmoninen yliaaltojännite

PL34 laskee verkon vaiheille harmoniset komponentit järjestyslukuun 64 saakka standardin IEC 61000-4-30 luokan 1 tarkkuudella. THD lasketaan näistä  $\pm 5\%$  tarkkuudella. Manuaalissa mainitaan suoraan, että mittari tukee EN 50160-standardia jakelujännitteen epäsymmetrian arvioinnin osalta.

Mittari tallentaa kaiken keräämänsä mittaustiedon sisäiseen 1 Gigatavun flash-muistiinsa. Mittausjakson pituuden voi määrittää laitteen asetuksista standardin vaatimaan kymmeen minuuttiin. Viikoittainen raja-arvot ylittävien mittaussaksojen osuus on laskettava etäyhteyden kautta tietokoneella, joten täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi on mittarin kanssa samassa verkossa oltava tietokone, jolla mittaustiedot arvioidaan.

#### 4.2.7 Jännitekuopat / ylijännitteet

PLA34 käyttää jännitekuoppien ja ylijännitteiden havaitsemiseen mittarin sisäistä logiikkaa joka havahtuu raja-arvon ylittyessä tai alittuessa. Mittari ei kuitenkaan tallenna suoraan jäännösjännitettä tai ylijännitteen tehollisarvon maksimiarvoa, vaan tallentaa jännitteen vaiheiden puolijaksojen RMS-arvoa hetken ennen ja jälkeen havahtumisen. Tämän tallenteen maksimikesto on 40 sekuntia, jolloin pidempien kuoppien minimi saattaa jäädä havaitsematta, saman pätiessä ylijännitteen vastaaviin arvoihin. Kaikille lyhyemmille jännitekuopille mittari kuitenkin täyttää mittaamisen osalta vaadittavat ominaisuudet.

Mittari tallentaa kaiken keräämänsä mittaustiedon sisäiseen 1 Gigatavun flash-muistiinsa. Jännitekuopista ja ylijännitteistä mittari tallentaa yllä mainitut RMS-näytteet sekä tapahtuman kestoajan. Mittari ei kuitenkaan luokittele kuoppia ja ylijännitteitä mittaamansa tiedon perusteella, joten standardin EN 50160 suosittelemien arviointimenetelmien toteuttamiseksi on mittarin kanssa samassa verkossa oltava tietokone, jolla mittaustiedot arvioidaan.



### 4.3 Schneider Electric PowerLogic PM5100

Schneider Electric PowerLogic PM5100 on tehomittari, joka on tarkoitettu ensisijaisesti sähkönkulutuksen seurantaan sekä sähköverkon hallintaan ja seurantaan. Se käyttää ulkoiseen viestintään RS485 sarjaliikenneväylää. Etupaneelissa on 128x128 pikselin LCD-näyttö ja neljä nappia etupaneelissa.



KUVA 3. PowerLogic PM5100 (Schneider Electric)

standardin mukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täyttyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

#### 4.3.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (schneider-electric.fi):

TAULUKKO 6. PM8240 yleistietoja

Mitat	96 x 96 x 72 mm
Paino	380 g
Käyttölämpötila	-25...70 °C
Nimellissyöttöjännite	100-415 VAC, 125-250 VDC
Tietoliikenneväylät	RS485

### 4.3.2 Verkkotaajuus

PM5100 mittaa verkkotaajuutta  $\pm 0.05$  % tarkkuudella, ja siitä löytyy yksinkertainen hälytyslaskuri ali- ja ylitaajuuksille. Hälytyslaskuri tallentaa raja-arvot ylittävien jaksojen ajallisen keston yhdessä hälytysten maksimiarvojen kanssa ja tallentaa ne rekisteriin, johon mahtuu 40 viimeisintä hälytystä. Rekisteri jaetaan yhdessä kaikkien muiden hälytysten kanssa.

Mittari ei kuitenkaan mittaa taajuutta 10 sekunnin keskiarvotetuissa mittausjaksoissa, jonka vuoksi se ei ole yhteensopiva standardissa EN 50160 kuvatun verkkotaajuuden arviointimenetelmän kanssa. Lisäksi hälytysrekisterin tallennuspaikkojen rajallinen määrä tarkoittaa, että muisti saattaa tulla täyteen ennen tarkastelujakson loppua.

### 4.3.3 Jännitetason vaihtelut

PM5100 mittaa verkon jännitettä  $\pm 0.5$  % tarkkuudella, ja siitä löytyy yksinkertainen hälytyslaskuri ali- ja ylijännitteille. Hälytyslaskuri tallentaa raja-arvot ylittävien jaksojen ajallisen keston yhdessä hälytysten maksimiarvojen kanssa ja tallentaa ne rekisteriin, johon mahtuu 40 viimeisintä hälytystä. Rekisteri jaetaan yhdessä kaikkien muiden hälytysten kanssa.

Mittari ei kuitenkaan mittaa jännitettä 10 minuutin keskiarvotetuissa mittausjaksoissa, jonka vuoksi se ei ole yhteensopiva standardissa EN 50160 kuvatun jännitetason vaihtelun arviointimenetelmän kanssa. Lisäksi hälytysrekisterin tallennuspaikkojen rajallinen määrä tarkoittaa, että muisti saattaa tulla täyteen ennen tarkastelujakson loppua.

#### 4.3.4 Välkynä

PM5100 Ei tue välkynnän laskemista EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta mitata  $P_{st}$  tai  $P_{lt}$  arvoja millään aikavälillä, eikä standardin vaatimaa IEC/TR 61000-3-7 yhteensopivuutta.

#### 4.3.5 Jakelujännitteen epäsymmetria

PM5100 arvioi verkon jakelujännitteen epäsymmetriaa laskemalla sitä mittaamastaan jännitteestä. Hälytyslaskuri tallentaa raja-arvot ylittävien jaksojen ajallisen keston yhdessä hälytysten maksimiarvojen kanssa ja tallentaa ne rekisteriin, johon mahtuu 40 viimeistä hälytystä. Rekisteri jaetaan yhdessä kaikkien muiden hälytysten kanssa.

Mittari ei kuitenkaan mittaa epäsymmetriaa 10 minuutin keskiarvotetuissa mittausjaksoissa, jonka vuoksi se ei ole yhteensopiva standardissa EN 50160 kuvatun jakelujännitteen epäsymmetrian arviointimenetelmän kanssa. Lisäksi hälytysrekisterin tallennuspaikkojen rajallinen määrä tarkoittaa, että muisti saattaa tulla täyteen ennen tarkastelujakson loppua.

#### 4.3.6 Harmoninen yliaaltojännite

PM5100 mittaa jännitteen yksittäiset harmoniset komponentit järjestyslukuun 15 asti, joita se käyttää myös kokonaissärön THD laskemiseen. Mittari laskee THD:n kahdella eri tavalla, mutta kumpikin käyttää vain viittätoista ensimmäistä harmonista komponenttia, jonka vuoksi mittarilla ei kykene tarkastelemaan harmonista yliaaltojännitettä standardin EN 50160 vaatimalla tavalla.

#### 4.3.7 Jännitekuopat / ylijännitteet

PM5100:ssa ei ole ominaisuutta jännitekuoppien tai ylijännitteiden tarkasteluun. Mittari

ei tue jännitekuoppien tai ylijännitteiden tarkastelua, eikä ole yhteensopiva standardissa IEC 61000-4-30 kuvatus jännitekuoppien ja ylijännitteiden mittaamenetelmän kanssa, joka on vaatimuksena EN 50160 yhteensopivuudelle.

#### 4.4 Schneider Electric PowerLogic PM8240

Schneider Electric PowerLogic PM8240 on verkon laadun analysointiin ja ominaisuuksien mittaamiseen tarkoitettu energiamittari. Se käyttää ulkoiseen viestintään RS485 sarjaliikenneväylää. Siinä on 320x240 pikselin TFT LCD-näyttö ja viisi nappia etupaneelissa.



KUVA 4. PowerLogic PM8240 (Sähkönumerot)

standardinmukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täytyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

##### 4.4.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (schneider-electric.fi):

TAULUKKO 7. PM8240 yleistietoja

Mitat	96 x 96 x 77,5 mm
Paino	581 g
Käyttölämpötila	-25...70 °C
Nimellissyöttöjännite	90-415 VAC, 110-415 VDC
Tietoliikenneväylät	Ethernet RS485

#### 4.4.2 Verkkotaajuus

PM8240 mittaa verkon perustaajuutta  $\pm 0.02$  % tarkkuudella. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia verkkotaajuuden ominaisuuksien seurannan osalta.

Mittarissa on rekisteri, joka tallentaa mitattuja 10 sekunnin välejä. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausvälien määrä N. Lisäksi niiden mittausvälien määrä N1, jotka olivat yli 50 Hz  $\pm 1$  % ja vielä yksi luku N2 niille, jotka ylittivät +4 % ja -6. Myös epäonnistuneiden mittaustulosten määrälle on oma lukunsa. Arvot resetoidaan uuden mittauskauden/vuoden alussa.

#### 4.4.3 Jännitetaso vaihtelut

PM8240 mittaa verkon jännitetasoa  $\pm 0.2$  % tarkkuudella. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia jännitteen ominaisuuksien seurannan osalta.

Mittarissa on rekisteri, joka tallentaa jännitteen mitattuja 10 minuutin välejä jokaiselle vaiheelle. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausten määrä. Lisäksi niiden mittausvälien määrä, jotka ylittävät raja-arvot  $\pm 10$  %, sekä + 10 % - 15 % ylittävien mittausvälien määrä. Myös epäonnistuneiden mittaustulosten määrälle on oma lukunsa. Arvot resetoidaan uuden mittauskauden alussa.

#### 4.4.4 Välkyntä

PM8240 Ei tue välkyntän laskemista EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta mitata  $P_{st}$  tai  $P_{lt}$  arvoja millään aikavälillä, eikä standardin vaatimaa IEC/TR 61000-3-7 yhteensopivuutta.

#### 4.4.5 Jakelujännitteen epäsymmetria

PM8240 mittaa verkon epäsymmetriaa 10 minuutin sykleissä tarkkuudella  $\pm 0.5 \%$ . Muistiin tallennettavat arvot ovat jännitteen vasta- ja myötäkomponenttien suhteita seuraavan kaavan mukaisesti

$$V_{UNBAL\%} = \frac{\text{vastakomponentti (10 minuutin keskiarvo)}}{\text{myötäkomponentti (10 minuutin keskiarvo)}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Mittarissa on rekisteri, joka tallentaa epäsymmetrian mitattuja 10 minuutin välejä. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausvälien määrä sekä niiden mittausvälien määrä, joiden epäsymmetriasuhde oli yli 2 %. Mittari laskee näiden lukujen suhdetta viikon aikavälillä. Myös epäonnistuneiden mittaustulosten määrälle on oma lukunsa. Arvot resetoidaan uuden mittauskauden alussa. Näin EN 50160 asettamat vaatimukset tulevat täytettyä.

#### 4.4.6 Harmoninen yliaaltojännite

PM8240 mittaa jännitteen harmonisia komponentteja  $\pm 2 \%$  tarkkuudella. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia yliaaltojännitteen seurannan osalta.

Mittarissa on rekisteri, johon se tallentaa harmonisten aaltojen laskettuja arvoja 10 minuutin välein. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausvälien määrä N, niiden mittausvälien määrä  $N_1$ , joihin yksi harmonisista komponenteista ylitti taulukossa 1 annetut raja-arvot sekä niiden mittausvälien määrä  $N_2$ , jolloin THD ylitti 8%. Mittari laskee THD:n 40, 50, tai 63 ensimmäisen yliaallon perusteella. Myös epäonnistuneiden mittausvälien

määrä tallennetaan rekisteriin. Mittari tarkkailee arvoja  $N_1/N$  ja  $N_2/N$ . Rekisteri resetoitetaan viikon mittausjakson alkaessa uudestaan.

#### **4.4.7 Jännitekuopat / ylijännitteet**

PM8240 mittaa jännitekuoppia ja ylijännitteitä IEC 61000-4-30 mukaisella mittausmenetelmällä, ja on mittaustarkkuudeltaan IEC 61000-4-30 luokkaa S. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia jännitteekuoppien ja ylijännitteiden mittaamisen osalta.

Mittari tallentaa havaitut jännitekuopat sekä yliaallot lokiinsa, josta ne voi etähallintakoneella hakea tarkasteltavaksi. Mittari itse ei luokittele havaitsemiaan jännitekuoppia tai ylijännitteitä esimerkiksi standardin EN 50160 ehdottamalla luokittelumenetelmällä, vaan mittatietojen jatkokäsittely on tehtävä tietokoneella.

#### **4.5 Schneider Electric PowerLogic ION7650**

Schneider Electric PowerLogic ION7650 on energia- ja sähkönlaatumittari, joka on suunnattu sähkön laadun analysoinnin lisäksi kulutuksen seurantaan. Sen käyttämät väyläratkaisut ovat RS232/RS485, valokuitu, ethernet sekä puhelin/modeemi (RJ11). Etupaneelissa on taustavalaistu LCD-näyttö, valokuituportti, ilmaisevia ledivaloja sekä yksitoista nappia.



KUVA 5. PowerLogic ION7650 (Schneider Electric)

standardinmukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täytyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

#### 4.5.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai mittarin tuotesivulta (sahkonumerot.fi):

TAULUKKO 8. PowerLogic ION7650 yleistietoja

Mitat	192 x 192 x 174 mm
Paino	1900 g
Käyttölämpötila	-20 ... 70°C
Syöttöjännite	85...240 VAC / 110...300 VDC
Tietoliikenneväylä	Ethernet Puhelin/modeemi RS485 RS232 valokuitu



### 4.5.2 Verkkotaajuus

ION7650 mittaa verkon perustaajuutta  $\pm 0.01$  Hz tarkkuudella. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia verkkotaajuuden ominaisuuksien seurannan osalta.

Mittarissa on rekisteri, joka tallentaa mitattuja 10 sekunnin välejä. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausvälien määrä N. Lisäksi niiden mittausvälien määrä N1, jotka olivat yli 50 Hz  $\pm 1$  % ja vielä yksi luku N2 niille, jotka ylittivät +4 % ja -6. Myös epäonnistuneiden mittaustulosten määrälle on oma lukunsa. Arvot resetoidaan uuden mittauskauden/vuoden alussa, mutta ne tallennetaan aktiivisesta rekisteristä muistiin ennen resetoimista.

### 4.5.3 Jännitetason vaihtelut

ION7650 mittaa verkon jännitetasoa  $\pm 0.1$  % tarkkuudella. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia jännitteen ominaisuuksien seurannan osalta.

Mittarissa on rekisteri, joka tallentaa jännitteen mitattuja 10 minuutin välejä jokaiselle vaiheelle. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausten määrä N. Lisäksi niiden mittausvälien määrä N1, jotka ylittävät raja-arvot  $\pm 10$  %, sekä + 10 % - 15 % ylittävien mittausvälien määrä N2. Myös epäonnistuneiden mittaustulosten määrälle on oma lukunsa. Arvot resetoidaan uuden mittauskauden alussa, mutta ne tallennetaan aktiivisesta rekisteristä muistiin ennen resetoimista.

### 4.5.4 Välkynä

ION7650 laskee välkkyntää standardin IEC 61000-4-30 määrittämällä tavalla, luokan A tasoisella mittaustarkkuudella. Mittari käyttää perusasetuksillaan välkkyntän arviointiin standardia IEC 61000-4-15, joka on välkkyntän arvioinnin osalta huomattavasti tiukempi kuin Suomessa käytetty EN 50160. Myös standardin EN 50160 raja-arvoihin perustuva välkkyntän arviointi ja raportointi on kuitenkin saatavilla tilausvaihtoehtona.

IEC 61000-4-15 määrittelee, että lyhyen aikavälin häiritsevyysindeksi  $P_{st}$  kuuluu olla 95 % ajasta alle tai yhtä suuri kuin yksi, ja pitkän aikavälin häiritsevyysindeksi  $P_{lt}$  ei saa koskaan nousta yli 0,8. Standardissa EN 50160 taas ei ole lyhyen aikavälin häiritsevyysindeksille  $P_{st}$  määritelty raja-arvoja. Pitkän aikavälin häiritsevyysindeksin  $P_{lt}$  kuuluu olla 95 % ajasta  $\leq 1$ .

#### 4.5.5 Jakelujännitteen epäsymmetria

ION7650 mittaa verkon epäsymmetriaa 10 minuutin sykleissä tarkkuudella  $\pm 0.15$  %. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia jännite-epäsymmetrian arvioinnin osalta. Muistiin tallennettavat arvot ovat jännitteen vasta- ja myötäkomponenttien suhteita kaavan 2 mukaisesti.

Mittarissa on rekisteri, joka tallentaa epäsymmetrian mitattuja 10 minuutin välejä. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausvälien määrä  $N$  sekä niiden mittausvälien määrä  $N_1$ , joiden epäsymmetriasuhde oli yli 2 %. Mittari laskee näiden lukujen suhdetta viikon aikavälillä. Myös epäonnistuneiden mittaustulosten määrälle on oma lukunsa. Arvot resetoidaan uuden mittauskauden alussa, mutta ne tallennetaan aktiivisesta rekisteristä muistiin ennen resetointia. EN 50160 asettamat vaatimukset täyttyvät jakelujännitteen epäsymmetrian seurannan osalta.

#### 4.5.6 Harmoninen yliaaltojännite

ION7650 mittaa jännitteen harmonisia komponentteja standardin IEC 61000-4-30 määrittelemällä tavalla, käyttäen tarkkuusluokkaa 1 joka on määritelty standardissa IEC 61000-4-7. Harmoniset aallot eritellään järjestyslukuun 50 saakka. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia harmonisten yliaaltojen arvioinnin osalta.

Mittarissa on rekisteri, johon se tallentaa harmonisten aaltojen laskettuja arvoja 10 minuutin välein. Rekisteristä löytyy onnistuneiden mittausvälien määrä  $N$ , niiden mittausvälien määrä  $N_1$ , joihin yksi harmonisista komponenteista ylitti taulukossa 1 annetut raja-

arvot sekä niiden mittausvälien määrä  $N_2$ , jolloin THD ylitti 8%. Mittari laskee THD:n 40, 50, tai 63 ensimmäisen yliaallon perusteella. Myös epäonnistuneiden mittausvälien määrä tallennetaan rekisteriin. Mittari tarkkailee arvoja  $N_1/N$  ja  $N_2/N$ . Rekisteri resetoitetaan viikon mittausjakson alkaessa uudestaan, mutta ne tallennetaan aktiivisesta rekisteristä muistiin ennen resetointia. EN 50160 asettamat vaatimukset täyttyvät harmonisten yliaaltojen seurannan osalta.

#### **4.5.7 Jännitekuopat / ylijännitteet**

ION7650 mittaa jännitekuoppia ja ylijännitteitä standardin IEC 61000-4-30 määrittämällä tavalla. Havahtumisjännite on  $\pm 10$  % nimellisjännitteestä, hystereesin ollessa 2 %. Manuaalissa myös mainitaan suoraan, että mittari tukee EN50160-standardia harmonisten yliaaltojen arvioinnin osalta, ja mittari käyttää jännitekuoppien luokittelussa standardin mukaista taulukkoa.

Mittarissa on rekisteri, johon se tallentaa kuoppien ja ylijännitteiden laskettuja taulukkoarvoja. Vaikka standardissa EN 50160 ei ole jännitekuoppien tai ylijännitteiden mittaamiseen määritelty tarkkaa mittausjaksoa tai raja-arvoja, joiden sisällä arvojen pitäisi pysyä, mittari tallettaa jännitekuopat käyttäjän määrittämän pituisissa tarkastelujaksoissa. Rekisteri resetoitetaan viikon mittausjakson alkaessa uudestaan, mutta ne tallennetaan aktiivisesta rekisteristä muistiin ennen resetointia. EN 50160 asettamat vaatimukset täyttyvät harmonisten yliaaltojen seurannan osalta.

#### **4.6 Iskra MC 760**

Iskra MC 760 on verkkoanalysointilaitteisto, jonka painopiste on useiden eri sähkön ominaisuuksien mittaamiseen ja arviointiin liittyvien standardien noudattaminen. Noudatettujen standardien joukossa on muun muassa standardi EN 50160. Se käyttämät väyläratkaisut ovat RS232, RS485, ethernet sekä USB. Siinä on etupaneelissa taustavalaistu 128x64 pikselin LCD-näyttö ja viisi nappia.



KUVA 6. MC 760 (Iskra)

standardinmukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täyttyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

#### 4.6.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (sähkönumerot.fi):

TAULUKKO 9. MC 760 yleistietoja

Mitat	92 x 92 x 89 mm
Paino	600 g
Käyttölämpötila	-10 ... 65°C
Syöttöjännite	48-276 VAC / 20-300 VDC
Tietoliikenneväylä	Ethernet USB RS485 RS232

MC 760 käyttää suljetun lähdekoodin ohjelmistoa nimeltä MiQen kommunikointiin PC:n ja mittarin välillä. Mittarissa itsessään on 8 MB flash-muistia, johon se voi tallentaa mitä

tahansa mittatietoa. Mittari tukee myös erillisiä MMC-tyypin muistikortteja, sekä MMC-yhteensopivia SD muistikortteja.

#### **4.6.2 Verkkotaajuus**

MC 760 mittaa verkkotaajuutta  $\pm 0,01$  Hz tarkkuudella, ja tallentaa kaikki taajuusmittaukset 10 sekunnin keskiarvotetuissa intervaleissa. Mittariin voi asettaa tarkasteluajanjakson viikoissa, sekä raja-arvojen sisällä pysyvien mittausten vaadittu prosenttiosuus, jonka ylittyessä mittari tuottaa hälytyksen. Näin ollen standardin EN 50160 asettamat vaatimukset verkkotaajuuden tarkasteluun tulevat täytettyä.

Mittari tallettaa kaikki 10 sekunnin keskiarvot tarkastelujakson, eli verkkotaajuuden kohdalla vuoden ajalta, ja sen voi asettaa automaattisesti lähettämään tiedot verkon yli hallintakoneelle. Muussa tapauksessa mittari säilyttää tietoja enintään viimeisen seitsemän vuoden ajalta. Raja-arvojen ylitystapauksessa mittarin tuottama hälytys on erillinen viesti.

#### **4.6.3 Jännitetaso vaihtelut**

MC 760 mittaa verkon jännitettä tarkkuusluokassa 0.5 ja tarjoaa mahdollisuutta tarkkuusluokalle 0.2. Mittari mittaa jännitetaso vaihtelua kiinteissä 10 minuutin keskiarvotetuissa intervaleissa. Tarkastelujakson aikana raja-arvojen sisällä pysyvien mittaustaksojen prosenttiosuus asetetaan mittarille asetuksista, ja rajan alittuessa mittarin voi asettaa tuottamaan hälytyksen. EN 50160 vaatii yhden viikon tarkastelujaksoja ja  $U_n \pm 10\%$  raja-arvojen ylittävien keskiarvojen prosenttiosuuden tarkastelua, joista kumpikin täytyy. Mittari siis noudattaa standardia jännitetaso vaihteluiden osalta.

Mittari tallettaa kaikki 10 minuutin keskiarvot tarkastelujakson, eli jännitetaso vaihteluiden kohdalla viikon ajalta, ja sen voi asettaa automaattisesti lähettämään tiedot verkon yli hallintakoneelle. Muussa tapauksessa mittari säilyttää tietoja enintään viimeisen seitsemän vuoden ajalta. Raja-arvojen ylitystapauksessa mittarin tuottama hälytys on erillinen viesti.

#### 4.6.4 Välkyyntä

MC 760 mittaa lyhyen aikavälin verkon välkyyntää standardin EN 50160 vaatimalla tavalla sekä 10 minuutin jaksoissa, että kahden tunnin jaksoissa. Pitkän aikavälin välkyyntän laskemiseen mittari käyttää standardin mukaista kaavaa 1 ja laskee pitkän aikavälin  $P_{lt}$  arvon kahdentoista edellisen lyhyen aikavälin  $P_{st2h}$  arvon pohjalta.

EN 50160 vaatii yhden viikon tarkastelujaksolla 95% ajasta  $P_{lt} \leq 1$ . Mittarille pystyy asettamaan tarkastelujakson sisällä sallittavien raja-arvot ylittävien tapahtumien määrän, jonka ylittyessä mittari tuottaa hälytyksen. Näin ollen mittari noudattaa välkyyntän tarkastelun osalta kyseistä standardia.

Mittari tallettaa kaikki 10 minuutin keskiarvot tarkastelujakson, eli jännitetason vaihte- luiden kohdalla viikon ajalta, ja sen voi asettaa automaattisesti lähettämään tiedot verkon yli hallintakoneelle. Muussa tapauksessa mittari säilyttää tietoja enintään viimeisen seitsemän vuoden ajalta. Raja-arvojen ylitystapauksessa mittarin tuottama hälytys on erillinen viesti.

#### 4.6.5 Jakelujännitteen epäsymmetria

MC 760 mittaa jakelujännitteen epäsymmetriaa vaiheiden välisillä jännitteillä seuraavan kaavan mukaisesti:

$$U_u = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100\% \quad (3)$$

jossa  $\beta$  lasketaan kaavalla

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

jossa  $U_{fund}$  on jännitteen perustaajuus.

Tuloksena saatava epäsymmetria-arvo on jännitteen RMS-arvoja toisiinsa vertaava prosenttiluku. Jos arvo ylittää käyttäjän määrittelemän 2% raja-arvon yli 5% tarkastelujakson aikana suoritetuista mittausjaksoista, mittari tuottaa hälytyksen.

Mittarin laskema epäsymmetria-arvo ei kuitenkaan ole sama kuin standardissa EN 50160 vaadittu symmetrisiä komponentteja vertaava epäsymmetria-arvo. Laskutapojen tulokset poikkeavat toisistaan huomattavasti. Mittari ei siis noudata standardia jakelujännitteen epäsymmetrian arvioinnin osalta.

#### **4.6.6 Harmoninen yliaaltojännite**

MC 760 ilmoittaa yksittäiset harmoniset yliaallot suhteena perustaajuisesta jännitteestä, ja ilmoittaa THD tarkkuusluokakseen 0,5, tarjoten myös vaihtoehtoa tarkkuusluokassa 0,2.

Mittari ilmoittaa yksittäiset harmoniset komponentit järjestyslukuun 25 saakka, ja mittarista löytyy ominaisuus määritellä jokaiselle yliaallolle sallitut rajat, joiden yli yksittäinen yliaalto ei saisi nousta. Tarkastelujakso määritellään viikoissa. Täysi EN 50160 yhteensopivuus saavutetaan vertaamalla 10 minuutin mittausjaksoja, jolloin jokin harmoninen aalto ylitti raja-arvot, mittausjaksojen kokonaismäärään.

Mittari laskee THD:n ensimmäisen 63 harmonisen aallon perusteella jokaiselle vaiheelle ja noudattaa standardia EN 50160.

#### **4.6.7 Jännitekuopat / ylijännitteet**

MC 760 käsittelee jännitekuoppia ja ylijännitteitä manuaalin mukaan standardin EN 50160 määrittelemällä tavalla, muttei kerro tarkemmin, kuinka mittari luokittelee ja tallentaa jännitekuopat muistiinsa.

Vaikka standardissa EN 50160 ei ole jännitekuoppien tai ylijännitteiden mittaamiseen määritelty tarkkaa mittausjaksoa tai raja-arvoja, joiden sisällä arvojen pitäisi pysyä, mittari tallettaa jännitekuopat käyttäjän määrittämän pituisissa tarkastelujaksoissa. Sen voi asettaa automaattisesti lähettämään tiedot verkon yli hallintakoneelle. Muussa tapauksessa mittari säilyttää tietoja enintään viimeisen seitsemän vuoden ajalta.

#### 4.7 Carlo Gavazzi WM40 96

Carlo Gavazzi WM40 96 on verkkoanalysointilaitteisto, jonka pääasiallinen tarkoitus on tallentaa ja analysoida sähköverkon ominaisuuksia. Se käyttää väyläratkaisunaan RS485 ja ethernet lisäksi vaihtoehtoisena kokoonpanona Profibus DPV0- ja ethernet-portteja. Siinä on etupaneelissa segmentoitu LCD-näyttö, optinen portti, useita indikaattorivaloja sekä 8 nappia.



KUVA 7. WM40 96 (Sähkönumerot)

standardinmukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täyttyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.



### 4.7.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (sähkönumerot.fi):

TAULUKKO 10. TNM96-ETN-II yleistietoja

Mitat	96 x 96 x 50mm
Paino	420 g
Käyttölämpötila	-25°C - +55°C
Syöttöjännite	100-240 VDC/AC, 24-48 VDC/AC
Tietoliikenneväylä	Ethernet RS485

WM40 96 käyttää suljetun lähdekoodin ohjelmistoa nimeltä WM3040Soft kommunikoidaan mittaustietojaan ulospäin. Ohjelmisto kykenee tuottamaan mittaustiedoista automaattisesti valmiiksi luettavassa muodossa olevia CSV-tiedostoja. Mittari itsessään kykenee tallentamaan muistiinsa mitä tahansa mittaustietoja 4MB edestä, joka saattaa mahdollistaa puuttuvien EN 50160 yhteensopivien ominaisuuksien kompensointia viemällä laadun analysoinnin mittarin ulkopuolelle.

### 4.7.2 Verkkotaajuus

WM40 96 mittaa verkkotaajuutta  $\pm 0.01$  Hz tarkkuudella välillä 45...65 Hz. Mittari kykenee tallentamaan mitattuja arvoja muistiinsa, jonka tallennuksen mittausväli on säädettävistä 1 minuutista 60 minuuttiin. Standardi EN 50160 kuitenkin vaatii verkkotaajuuden arviointiin 10 sekunnin mittausjaksoja, jonka vuoksi mittari ei kykene arvioimaan verkkotaajuutta standardin mukaisella tavalla.

### 4.7.3 Jännitetason vaihtelut

WM40 96 mittaa verkon jännitettä  $\pm 0.01$  % tarkkuudella. Mittari kykenee tallentamaan mitattuja arvoja muistiinsa, jonka tallennuksen mittausväli on säädettävistä 1 minuutista

60 minuuttiin. Tallennettavat mittausjaksot tuottavat keskiarvotettuja arvoja, joten mittari noudattaa mittaustiedon keräämisen ja tallentamisen osalta standardia EN 50160

Mittarissa ei kuitenkaan ole toimintoa arvioida kerättyä tietoa, joten täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi mittarin keräämää tietoa on määrääjain haettava etäohjattavalle tietokoneelle, joka arvioi jännitetason vaihtelun standardin vaatimalla tavalla.

#### **4.7.4 Välkynä**

PM5100 Ei tue välkynnän laskemista EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta mitata  $P_{st}$  tai  $P_{lt}$  arvoja millään aikavälillä, eikä standardin vaatimaa IEC/TR 61000-3-7 yhteensopivuutta.

#### **4.7.5 Jakelujännitteen epäsymmetria**

TNM96-ETN-II Ei tue jakelujännitteen epäsymmetrian laskemista tai analysointia EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta eritellä jännitettä sen myötä- ja vastakomponentteihin.

#### **4.7.6 Harmoninen yliaaltojännite**

WM40 96 mittaa verkon harmonisia yliaaltojännitteitä järjestysluvuiltaan 32 ensimmäisen harmonisen komponentin pohjalta jokaiselle vaiheelle. Mittari kykenee kuitenkin tallentamaan vain 19 eri mitattavaa arvoa, ja tallennustila jaetaan yhdessä kaikkien muiden tallennettavien mittasuureiden kanssa. Harmonisia komponentteja ei siis ole mahdollista tallentaa EN 50160 vaatimissa 10 minuutin keskiarvotetuissa mittausjaksoissa.

Koska mittari laskee THD:n ensimmäisen 32 harmonisen komponentin pohjalta, mittari ei myöskään täytä standardin EN 50160 suosittelemaa 40 ensimmäisen harmonisen komponentin pohjalta THD:n laskemista.

#### 4.7.7 Jännitekuopat / ylijännitteet

WM40 96 mittarilla voi toteuttaa jännitekuoppien ja ylijännitteiden mittaamisen tapahtumana, joka mittaa raja-arvojen ylittyessä jännitettä ja tallentaa sekä maksimi- että minimiarvot ja keston. Tapahtuma tallennetaan tapahtumalokiin, johon mahtuu 10000 aikaleimattua tapahtumaa FIFO-periaatteella.

Mittarissa ei kuitenkaan ole toimintoa arvioida kerättyä tietoa, joten EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi mittarin keräämää tietoa on määrääjain haettava etäohjattavalle tietokoneelle, joka arvioi jännitekuopat ja ylijännitteet standardin vaatimalla tavalla.

#### 4.8 Takowa TNM96-ETN-II

Takowa TNM96-ETN-II on verkkoanalysointilaitteisto, joka on suunniteltu erityisesti machine-to-machine (m2m) tyyppiseen energia- ja tehomittaukseen. Se käyttää väyläratkaisuina TCP/IP:tä, RS485 sekä MSTP ja sisältää oman verkkoselaintoiminnon. Siinä on 64x128 pikselin näyttö ja kuusi nappia etupaneelissa.



KUVA 8. TNM96-ETN-II (Takowa)

standardin mukaisuus arvioidaan EN 50160 suhteen, ja standardin noudattaminen joko lukee suoraan laitteen manuaalissa, tai sen vaatimusten täytyminen selvitetään ominaisuuksien perusteella. Tiedot on saatu tuotevalmistajan toimittamista manuaaleista ja esitteistä.

#### 4.8.1 Yleistiedot

Seuraavat perustiedot on luettu suoraan valmistajan manuaalista tai tuotesivulta (takowa.fi):

TAULUKKO 11. TNM96-ETN-II yleistietoja

Mitat	96 x 96 x 80 mm
Paino	620 g
Käyttölämpötila	-20 - +70 C
Syöttöjännite	90-250 VAC, 110-280 VDC
Tietoliikenneväylä	TCP/IP RS485 MSTP

TNM96-ETN-II käyttää tietokoneen kanssa kommunikoinnissa suljetun lähdekoodin ohjelmaa nimeltä UniArt. Kyseistä ohjelmaa voi käyttää hakemaan mittaus- ja asetustietoja mittarin rekisteristä sekä kirjoittamaan niitä sinne.

#### 4.8.2 Verkkotaajuus

TNM96-ETN-II mittaa verkkotaajuutta  $\pm 0,05$  % tarkkuudella. Manuaalin mukaan mittari mittaa taajuutta vain nykyhetkessä sekä 15 minuutin keskiarvolla, eikä standardin EN 50160 vaatima 10 sekunnin keskiarvo ole vaihtoehto. Mittari ei siis tue verkkotaajuuden mittaamisen osalta standardia EN 50160.

### 4.8.3 Jännitetason vaihtelut

TNM96-ETN-II mittaa verkon jännitettä  $\pm 0.2$  % tarkkuudella. Mittari mittaa jännitettä vain nykyhetkessä, eikä talleta arvoja sen pidemmälle. Standardi EN 50160 vaatii mittarilta ominaisuutta tallentaa jokaisen vaiheen keskiarvoiset mittaustulokset 10 minuutin ajanjaksolta, joten mittari ei täytä standardin vaatimuksia.

### 4.8.4 Vätkyntä

TNM96-ETN-II Ei tue vätkynnän laskemista EN 50160 vaatimien menetelmien mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta mitata  $P_{st}$  tai  $P_{lt}$  arvoja millään aikavälillä, eikä IEC/TR 61000-3-7 yhteensopivuutta.

### 4.8.5 Jakelujännitteen epäsymmetria

TNM96-ETN-II Ei tue jakelujännitteen epäsymmetrian laskemista tai analysointia EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta eritellä jännitettä sen myötä- ja vastakomponentteihin.

### 4.8.6 Harmoninen yliaaltojännite

TNM96-ETN-II laskee yksittäiset harmoniset komponentit järjestyslukuun 64 saakka. Mittari ei kuitenkaan tue harmonisten komponenttien tehollisarvon keskiarvon laskemista millään aikaväliltä, joka on vaadittua standardissa EN 50160. THD laskeminen ja hälytystiedon välittäminen, jos arvo ylittää 8% on mahdollista. THD:n osalta mittari noudattaa standardia 50160.

### 4.8.7 Jännitekuopat / ylijännitteet

TNM96-ETN-II ei tue jännitekuoppien tai ylijännitteiden arviointia EN 50160 vaatimien tapojen mukaisesti. Mittarissa ei ole ominaisuutta jäännösjännitteen tai tehollisarvon

maksimiarvon huomaamiselle tai säilyttämiseksi, eikä mittari tue EN 61000-4-30 yhteensopivia jännitekuoppien arviointimenetelmiä.

## 5 TULOKSET

Tuotevertailun helpottamiseksi markkinoilla olevista eri vaihtoehtoista luodaan lopuksi taulukko, joka sisältää kaikki työssä arvioitua mittarit verrattuna standardin EN 50160 eri osa-alueisiin. Yhteensopivuus ilmaistaan yksinkertaistettuna joko kyllä tai ei, jotta taulukosta on mahdollista saada nopeasti irti mahdollisimman paljon.

TAULUKKO 12. Mittareiden ominaisuudet suhteessa standardiin EN 50160

		Verkko- taajuus	Jännite- tason vaihtelu	Välkyntä	Jakelu- jännitteen epäsym- metria	Harmoninen Yliaaltojännite	Jännitekuopat / ylijännitteet
ABB	ANR96-24	0	0	0	0	0	0
BMR	PLA34	1*	1*	1*	1*	1*	1**
Schneider electric	PM5100	0	0	0	0	0	0
	PM8240	1	1	0	1	1	1**
	ION7650	1	1	1	1	1	1
Iskra	MC 760	1	1	1	0	1	1**
Carlo Gavazzi	WM40 96	0	1*	0	0	0	1**
Takowa	TNM96- ETN-II	0	0	0	0	0***	0

\* Mittari vaatii erillistä hallintakonetta lukemaan ja arvioimaan mittarin keräämää mitaustietoa täyden EN 50160 yhteensopivuuden saavuttamiseksi.

\*\* Mittari ei luokittele jännitekuoppia tai ylijännitteitä millään tapaa, mutta tallentaa standardissa EN 50160 kyseisten ilmiöiden arviointiin tarvittavat tiedot. Standardi vaatii luokittelua vain, mikäli jännitekuopista ja ylijännitteistä kerätään tilastoa.

\*\*\* Mittari mittaa vain THD:ta standardin vaatimalla tavalla.

## 6 POHDINTA

Vertailuun valitut mittarit noudattivat standardissa EN 50160 kuvattuja mittaus- ja arviointimenetelmiä todella vaihtelevasti. Standardi vaatii mittausjaksojen olevan juuri tietyn mittaisia, joka muodostui suurimmaksi ongelmaksi yhteensopivuuden kannalta useimmille mittareille. Useimmat mittareista kuitenkin olivat yhteensopivia vähintään joillain osa-alueilla, yleisimmin jännitetaso seurannan osalta.

Useita vertailuun valituista mittareista mainostettiin tuotesivulla yhteensopivaksi standardin EN 50160 kanssa, mutta tästä huolimatta vain yksi mittari kaikista valituista kykeni sisäisesti mittaamaan ja arvioimaan jännitteen ominaisuuksia täysin standardin vaatimilla tavoilla. Muut joko vaativat standardinmukaiseen arviointiin erillistä tietokonetta, joka hakee ja arvioi mittarin keräämiä tietoja, tai mittari ei yksinkertaisesti mittaa jotain osaa standardissa kuvatuista ilmiöistä.

Vaikeimmin löydettäviksi mittausominaisuuksiksi osoittautuivat sekä välkyntä, että jakelujännitteen epäsymmetrian mittaaminen. Kumpikin ilmiöistä vaatii mittarilta hyvin erikoistuneita mittaus- ja laskenta-algoritmeja standardinmukaiseen ilmiön arviointiin. Tämän lisäksi osa mittarivalmistajista toteutti epäsymmetrialaskentansa tavalla, joka ei ollut yhteensopiva standardin EN 50160 kanssa.



## LÄHTEET

SFS-EN 50160. 2010. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

IEC 61000-4-15. 2010. Electromagnetic compatibility (EMC) – part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications.

IEC 61000-3-40. 2015. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-40: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods.

IEEE Std 519. 2014. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems

Powerstandards. 2018. Jännitekuopat. Luettu 20.5.2018.

<https://www.powerstandards.com/tutorials/voltage-sags-dips-and-swells/>

Fuseco. 2011. Harmoniset yliaallot. Luettu 20.5.2018.

[http://www.fuseco.com.au/news/what\\_causes\\_harmonic\\_distortion](http://www.fuseco.com.au/news/what_causes_harmonic_distortion)

ABB. Tekninen opas. Luettu 20.5.2018

[https://library.e.abb.com/public/9aaf3178627952c7c1256d2800411f8d/Tekninen\\_opas\\_nro\\_6.pdf](https://library.e.abb.com/public/9aaf3178627952c7c1256d2800411f8d/Tekninen_opas_nro_6.pdf)

ABB. ANR96-24. Käyttöohje. Luettu 28.4.2018.

<http://new.abb.com/products/2CSG113000R4051/anr96-24-network-analyser>

BMR. PLA34. Tuotesivu. Luettu 12.5.2018.

<http://www.bmr-trading.com/en/products/energy-management-and-monitoring/pla34>

BMR. PLA34. Käyttöohje. Luettu 12.5.2018.

[http://www.bmr-trading.com/phocadownload/manuals/pqm/BMR\\_PLA34\\_en\\_v1-8.pdf](http://www.bmr-trading.com/phocadownload/manuals/pqm/BMR_PLA34_en_v1-8.pdf)

Sähkönumerot. WM40 96. Tuotesivu. Luettu 30.4.2018.

<http://www.sahkonumerot.fi/6706023/>

Schneider-Electric. PowerLogic PM5100. Tuotesivu. Luettu 1.5.2018.

<https://www.schneider-electric.fi/fi/product/METSEPM5100/>

Sähkönumerot. PowerLogic PM 8240. Tuotesivu. Luettu 2.5.2018.

<http://www.sahkonumerot.fi/6712034/>

Schneider-Electric. Sähkönlaatu. Käyttöohje. Luettu 2.5.2018.

<https://www.schneider-electric.fi/fi/download/document/7EN72-0197/>

Schneider-Electric. PowerLogic ION7650. Tuotesivu. Luettu 4.5.2018.

<https://www.schneider-electric.com/en/product/M7650B0C0B6E0A0A/>

Schneider-Electric. PowerLogic ION7650. Tuotesivu. Luettu 4.5.2018.

<https://www.schneider-electric.com/en/product-range-download/1460-powerlogic-ion7550-%7C-ion7650>

Takowa. TNM96-ETN-II. Käyttöohje. Luettu 10.5.2018.

[http://cdn.primeweb.fi/www.takowa.fi/products/Manual\\_TNM96-ETN\\_2.pdf](http://cdn.primeweb.fi/www.takowa.fi/products/Manual_TNM96-ETN_2.pdf)

Takowa. TNM96-ETN-II. Esite. Luettu 10.5.2018.

[http://cdn.primeweb.fi/www.takowa.fi/products/CELSA\\_TNM96\\_ETN-RUS.pdf](http://cdn.primeweb.fi/www.takowa.fi/products/CELSA_TNM96_ETN-RUS.pdf)

Iskra. MC760. Käyttöohje. Luettu 11.5.2018.

[https://www.iskra.eu/f/docs/67294/K\\_MC7x0\\_UsersManual.compressed.pdf](https://www.iskra.eu/f/docs/67294/K_MC7x0_UsersManual.compressed.pdf)

Iskra. MC760. Esite. Luettu 11.5.2018.

[https://www.iskra.eu/f/docs/67294/Leaflet\\_MC\\_7xx.compressed.pdf](https://www.iskra.eu/f/docs/67294/Leaflet_MC_7xx.compressed.pdf)

Iskra. MC760. Ominaisuusluettelo. Luettu 11.5.2018.

[https://www.iskra.eu/f/docs/67294/MC\\_760\\_MC\\_750\\_Data\\_sheet.pdf](https://www.iskra.eu/f/docs/67294/MC_760_MC_750_Data_sheet.pdf)