

Petri Porri

# KODINKONEMYYMÄLÄN SÄHKÖN LAADUN ANALYSOINTI

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2011

# KODINKONEMYYMÄLÄN SÄHKÖN LAADUN ANALYSOINTI

Porri, Petri  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
toukokuu 2011  
Valvoja: Lehtio, Ari  
Sivumäärä: 32  
Liitteet: Mittausraportti

Asiasanat: sähkön laatu, loisteho, yliaallot, transientit

---

Tässä opinnäytetyössä tehtiin sähkönlaatua tarkasteleva ajaltaan yhden viikon pituinen mittaus. Samalla tehtiin myös yleiskatsaus kiinteistön sähköjärjestelmään, tehtiin korjausehdotus havaittuihin vikoihin ja puutteisiin. Työ ja siihen liittyvät mittaukset suoritettiin Gigantti Oy:n Länsi-Porin myymälässä.

Mittaukset suoritettiin asettamalla Topas-1000 energia-analysaattori mittaamaan myymälän pääsulakkeiden taakse tulevaa, koko järjestelmän ottamaa tehoa seitsemän vuorokauden ajaksi.

Mittausdatan perusteella tehtiin analyysi, jossa tutkittiin ainakin seuraavia asioita: virran ja jännitteen laatu ja suuruus, taajuus, mahdolliset kytkentätransientit, vaihekuormitukset, yliaallot ja mahdollinen nollajohdon kuormittuminen. Lisäksi loistehon tarve kartoitettiin.

Mittausdatan antamia tuloksia verrattiin sähkönlaatustandardin SFS-EN50160 asettamiin vaatimuksiin.

# **ENERGY ANALYSIS OF POWER CONSUMED BY DOMESTIC APPLIANCE STORE**

Porri, Petri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

May 2011

Supervisor: Lehtio, Ari

Number of Pages: 32

Appendices: Measurement report

Key Words: power quality, reactive power, harmonics, transients

---

The purpose of this thesis was to measure the power consumed by domestic appliance store selling home and entertainment electronics. The measurements were carried out with Topas 1000 energy analyzer and it was set to measure and record the power consumption of the store. The measurement period was one week.

A survey was also made of the whole electrical system of the store. All the measurements were made in the Gigantti Oy Ab's store in Eteläväylä 4, 28610 Pori.

The measurements were made by setting Topas 1000 energy analyzer to measure the power consumed by the whole system. The current probes were installed to the main power cable near the main fuses so that there was one current probe installed in all the three phases and one in the neutral conductor. The voltage probes were installed to the three-phase wall socket in the power distribution room. Topas 1000 was set to record measurement data for seven days.

According to the measurement data an analysis was made which examines at least the following details: the frequency, stability and amplitude of the voltage, the current unbalance, the load on the neutral conductor, harmonics and transients. The need for reactive power was also defined.

The results from the measurement data were compared to energy quality standard SFS-EN 50160.

A proposal of improvements for the faults and lacks in the electrical installation was also created.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 MITTAUSJÄRJESTELYT.....	6
3 JÄRJESTELMÄN KUVAUS.....	9
5 SÄHKÖN LAATUUN LIITTYVÄT MITTAUKSET.....	11
5.1 Jännitetaso vaihtelut .....	11
5.2 Jännitteen taajuus .....	13
5.3 Jännitteen symmetria.....	14
5.4 Virran laatu, suuruus ja symmetria.....	15
5.5 Kytkeätransientit .....	22
5.6 Yliaallot.....	23
6 LOISTEHON TARVE.....	25
7 MITTAUSRAPORTIN TARKASTELUA.....	27
8 KUNNOSSAPITOTARPEET JA SÄHKÖTURVALLISUUS.....	28
9 YHTEENVETO .....	31
LÄHTEET.....	32
LIITE MITTAUSRAPORTTI	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli myymälän sähköjärjestelmän kunnon ja myymälän kuluttaman sähkön laadun tarkkailu.

Samalla pyrittiin myös tekemään sähkönlaatustandardi SFS-EN50160 mukainen yhden viikon mittainen jakelujännitteen laatua tarkasteleva mittaus. Tässä ei kuitenkaan täysin onnistuttu, sillä mittalaitteen yllättävän vikaantumisen johdosta varsin suuri osa mittausdatasta menetettiin. Aikataulusta johtuvista syistä ei ollut mahdollisuutta toteuttaa uutta mittausta, joten mittausdatan analysointi päädyttiin tekemään olemassa olevan mittausdatan perusteella. Mittausdataa oli siis käytettävissä noin puolentoista vuorokauden verran.

Työssä tehtiin myös yleiskatsaus myymälän sähköjärjestelmän kunnossapitotarpeista ja sähköturvallisuusasioista. Havaitut viat ja puutteet on kirjattu tähän työhön ja niille on myös tehty korjausehdotuksia.

Tässä opinnäytetyössä on paneuduttu kohta kohdalta sähkönlaatustandardi SFS-EN50160 asettamiin ehtoihin ja niiden täyttymiseen kyseisen myymälän sähköjärjestelmän osalta. Työ sisältää myös useita päätelmiä ja havaintoja, jotka on tehty mittausdataa hyödyntäen. Havaintojen tueksi on myös otettu muutamia laskuesimerkkejä.

## 2 MITTAUSJÄRJESTELYT

Tässä työssä asetettiin Topas-1000 energia-analysaattori mittaamaan kiinteistöön syötettyä sähkötehoa. Mittarin virtapihdit asetettiin kuvan 2 osoittamalla tavalla jokaisen keskuksen tulevan vaihejohtimen ympärille sekä nollajohtimen ympärille, virtatiedon tallentamista varten. Jännitetieto mittariin saatiin keskuksessa olleesta kolmivaihepistorasiasta. Jännitemittapäät asetettiin kaikkiin kolmeen vaiheeseen sekä nollajohtimeen, vertailupisteeksi otettiin suojamaa, kuten kuvasta 3 ja kuvasta 4 voidaan havaita. Kun mittapäät kytketty varmistettiin kannettavan tietokoneen ja mittalaitteen käyttämistä varten tarkoitetun ohjelmiston avulla, että mittapäät oli kytketty oikein ja kunnollisesti keskuksen. Kuten kuvasta 1 voidaan havaita, kannettava tietokone oli siis paikan päällä apuvälineenä mittalaitteen kytkemisessä.

Tämän jälkeen ladattiin mittausparametrit, hälytysrajat, näytteenottotaajuudet ja muut mittausasetukset mittalaitteeseen. Mittausparametrit oli tallennettu omaksi tiedostokseen jo aiemmin sähkölaboratoriossa, samalla kun tutkittiin mittalaitteen toimintaa. Tämän jälkeen asetettiin kannettavan tietokoneen avulla mittarin ajastus kohdalleen ja varmistettiin, että mittausdata tallentui.

Kun kaikki tarkistus- ja varmistustoimenpiteet oli tehty mittalaite jätettiin yhden viikon ajaksi tallentamaan mittausdataa aikavälillä 30.03.2011 - 06.04.2011. Viikon kuluttua mittauksen aloittamisesta päästiin purkamaan mittausdata mittalaitteesta. Mittausdatan purkamisessa kiinnitettiin erityistä huomiota seuraaviin asioihin: jännitteen taajuus, symmetria ja suuruus, virtaepäsymmetria, nollajohdon kuormittuminen, yliaallot, kytkentätransientit. Loistehon tarve pyrittiin myös kartoittamaan.

Mittausraporttia ja muita saatuja tuloksia verrattiin yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet määrittelevään standardiin SFS-EN50160 ja sen asettamiin vaatimuksiin.



Kuva 1 Mittausjärjestelyt. Mittalaitteen asetukset määriteltiin paikan päällä kannettavan tietokoneen avulla, käyttämällä PQ-Analyze tietokoneohjelmaa.



Kuva 2 Virtapihdit asetettiin jokaisen vaiheen ja nollajohtimen ympärille.



Kuva 3 Jännitetieto otetaan jokaiselta vaiheelta ja nollajohdolta, vertailupisteeksi otettiin suojamaa.



Kuva 4 Jännitemittapäihin yhdistetty pistotulppa on kytketty keskuksessa sijaitsevaan kolmivaihepistorasiaan. Mittalaitteen tehonsyöttö tulee sen vieressä olevasta yksivaiheisesta pistorasiasta.



### 3 JÄRJESTELMÄN KUVAUS

Myymälän sähköliittymä on 3x63A ja sähkön kulutus myymälässä muodostuu lähinnä myymälän valaistuksesta, työasemista ja esittelylaitteista. Esittelylaitteista merkittävimmän osan jatkuvasta sähkön kulutuksesta muodostavat esittelytelevisiot, joita on myymälässä noin 50 kappaletta. Myös tietokoneet muodostavat osan jatkuvasta sähkön kulutuksesta. Kannettavia tietokoneita on myymälässä esillä noin 25 kappaletta ja pöytäkoneita noin 5 kappaletta.

Vähemmän merkittävemmän osan esittelylaitteiden sähkön kulutuksesta muodostavat matkapuhelinten ja navigointilaitteiden esillepano, kylmälaitteiden ja pesukoneiden esillepano sekä PC-huoltopisteen kalusto ja huollossa olevat tietokoneet.

Isojen kodinkoneiden merkitys kulutukseen on verrattain pieni. Kylmälaitteita on verkkovirtaan kytkettynä vain kolme kappaletta. Lisäksi pesukoneet ja kuivausrummut aiheuttavat vain hyvin pientä kulutusta ainoastaan hetkellisesti esimerkiksi silloin kun laitteiden käyttöliittymää ja toimintoja esitellään asiakkaille, muutoin ne eivät ole päällä. Matkapuhelinten ja navigointilaitteiden esillepanon merkitys on pieni niiden vähäisen tehonkulutuksen vuoksi.

PC-huoltopisteen kalusto pitää sisällään yhden pöytäkoneen ja monitorin. PC-huoltopisteessä on paikat kuudelle huollettavalle tietokoneelle.

Suurimman osan esittelylaitteiden kulutuksesta muodostavat siis tietokoneiden ja televisioiden hakkuriteholähteet. Näiden aiheuttamiin häiriöihin ja ilmiöihin pyritään myös mittausdataa purettaessa kiinnittämään huomiota. Myymälän kalustoon kuuluvia työasemia on käytössä 14 kappaletta ja näiden lisäksi on käytössä viisi tulostinta ja yksi kopiokone. Lisäksi henkilökunnan taukokuoneessa yksi kahvinkeitin on päällä valtaosan myymälän aukioloajasta.

Myymälän valaistus muodostuu pääosin loisteputkivalaisimista, joita on myymälässä päällä valaistuksesta riippuen keskimäärin noin 130 kappaletta ja niissä on yhteensä noin 260 loisteputkea.

Kiinteistö lämmitetään kaukolämpöä hyödyntämällä, joten lämmitys ja näin ollen mittausajankohdan vuodenaika eivät oleellisesti vaikuta saatavaan mittausdataan.

#### 4 MITTAUKSISSA ILMENNEET ONGELMAT

Kun mittalaitetta oltiin hakemassa pois mittauspaikalta 06.04.2011 huomattiin, että mittalaitteen virtavalo vilkkuu. Mittausdataa yritettiin purkaa laitteesta useammalle tietokoneelle sekä verkkoportin että sarjaportin kautta tuloksetta. Mittalaitteen yhdistäminen tietokoneeseen ei yksinkertaisesti onnistunut. Tämän jälkeen alettiin tutkia mittalaitteen ohjekirjaa. Ohjekirjasta selvisi, että vilkkuva virtavalo indikoi sitä, että mittalaitteen sisäinen akku olisi vaurioitunut. Ongelman selvittämiseen kului aikaa useita tunteja.

Mittalaitteen akku oli siis yllättäen vikaantunut omia aikojaan mittauksen aikana ja mittausdatan purkamisessa oli tämän vuoksi melko suuria ongelmia. Kun akku oli poistettu mittalaitteesta, saatiin mittausdataa kuitenkin purettua tietokoneelle, mittalaitteen ollessa kytkettynä pelkän verkkovirran varaan, ilman akkuvarmennusta. Mittalaitte oli ehtinyt tallentaa mittausdataa yhden vuorokauden ja yhdeksän tunnin ajan ennen yllättävää vikaantumistaan. Dataa oli tallentunut 30.03. kello 10:25 alkaen ja vikaantuminen oli tapahtunut 31.03. kello 20:15 päättäen samalla mittausdatan tallentumisen. Tähän aikaväliin mahtuu kuitenkin lähes kaksi täyttä aukiolopäivää ja yksi yö, joten voidaan olettaa mittausdataa kuitenkin kertyneen riittävästi hyvän kokonaiskuvan muodostamista varten kyseisestä järjestelmästä.

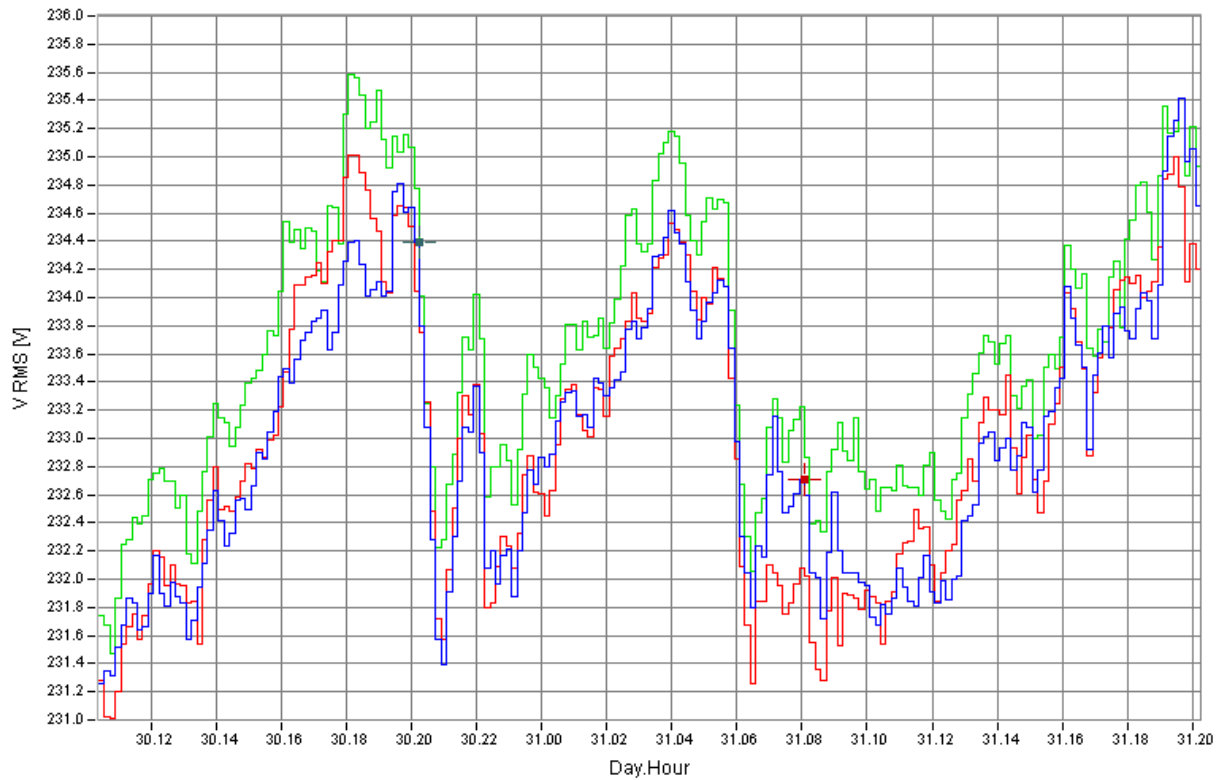
Välkynnän tarkkaa tarkastelua varten mittausdataa ei ollut kuitenkaan riittävästi, mutta koska kyseessä ei ole kovinkaan keskeinen asia tämän opinnäytetyön kannalta, tämä ei ole kovin merkittävä puute mittaustuloksissa. Mittausdatan väheneminen oleellisesti vaikuttaa myös kytkentätransienttien tutkimiseen, sillä ne riippuvat voimakkaasti kytkentähetkestä ja ovat tämän vuoksi varsin sattumanvaraisia. Mittauksen alkuperäinen tarkoitus oli muodostaa kattava yleiskuva liikkeen sähkönlaadusta ja kulutuksesta, tämä voitiin kyllä muodostaa olemassa olevan mittausdatan perusteella. Koska myymälän kalusto ja esillepano säilyy varsin tarkkaan vakiona, voidaan olettaa, että sähkönkulutus noudattaa samaa kaavaa vuorokaudesta toiseen.

## 5 SÄHKÖN LAATUUN LIITTYVÄT MITTAUKSET

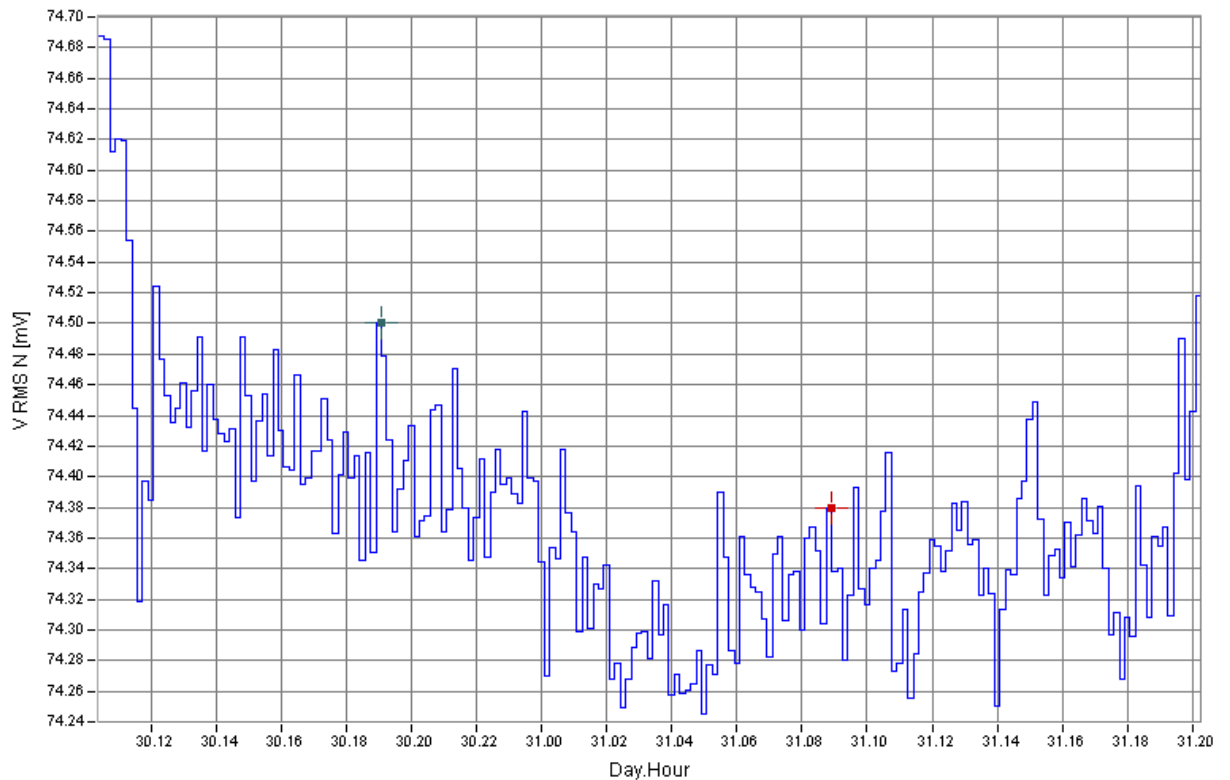
### 5.1 Jännitetason vaihtelut

Tässä kohdassa on tarkasteltu jännitteen arvojen pysymistä sallituissa rajoissa koko mittausjakson ajan. Jännitteen mittaus toteutetaan tehollisarvomittauksena siten, että mittalaite ottaa yhden näytteen kymmentä verkkojaksoa kohden ja näistä arvoista lasketaan aina 10 minuutin keskiarvoja. Jännitetason kymmenen minuutin keskiarvoista 95 prosenttia tulisi standardin SFS-EN 50160 mukaan pysyä +/- 10 % sisällä nimellisestä jännitteen arvosta, joka tässä tapauksessa on 230 V, joten rajat jännitteelle ovat 207 V – 253 V. Kuitenkin kaikki kymmenen minuutin tehollisarvojen keskiarvot tulee olla nimellinen jännite +10 % / -15 % eli tässä tapauksessa välillä 195,5 V– 253 V. Kyseessä on siis vaihejännitteen arvojen tarkastelu ja mittausjakson tulisi olla yhden viikon pituinen. [2]

Kun tarkastellaan jännitteen vaihteluja olemassa olevan mittausdatan perusteella, voidaan huomata, että jännitteen perusaallon arvot pysyivät koko mittausjakson ajan välillä 231 V – 236 V kaikilla vaihejohtimilla. Kuva 5 osoittaa jännitteen arvon vaihtelut koko mittausjakson ajalta ja siitä voidaan todeta heilahtelun olleen alle viiden voltin luokkaa. Mittauksen mukaan jännitteen arvot pysyivät koko mittausjakson ajan +/-10 % toleranssin sisällä, joten standardin vaatimuksen täyttyivät täydellisesti tämän mittauksen aikana. Nollajohdon jännitteen arvo oli mittausjakson aikana 74 mV–75 mV. Kuva 6 osoittaa nollajohtimen jännitteen arvon millivolteina koko mittausjakson ajalta.



Kuva 5 Jännitteen perusaallon amplitudit koko mittaus jakson aikana pysyvät sallituissa rajoissa ja ovat varsin symmetriset. Sininen väri merkitsee vaihetta yksi, punainen väri vaihetta kaksi ja vihreä väri vaihetta kolme.

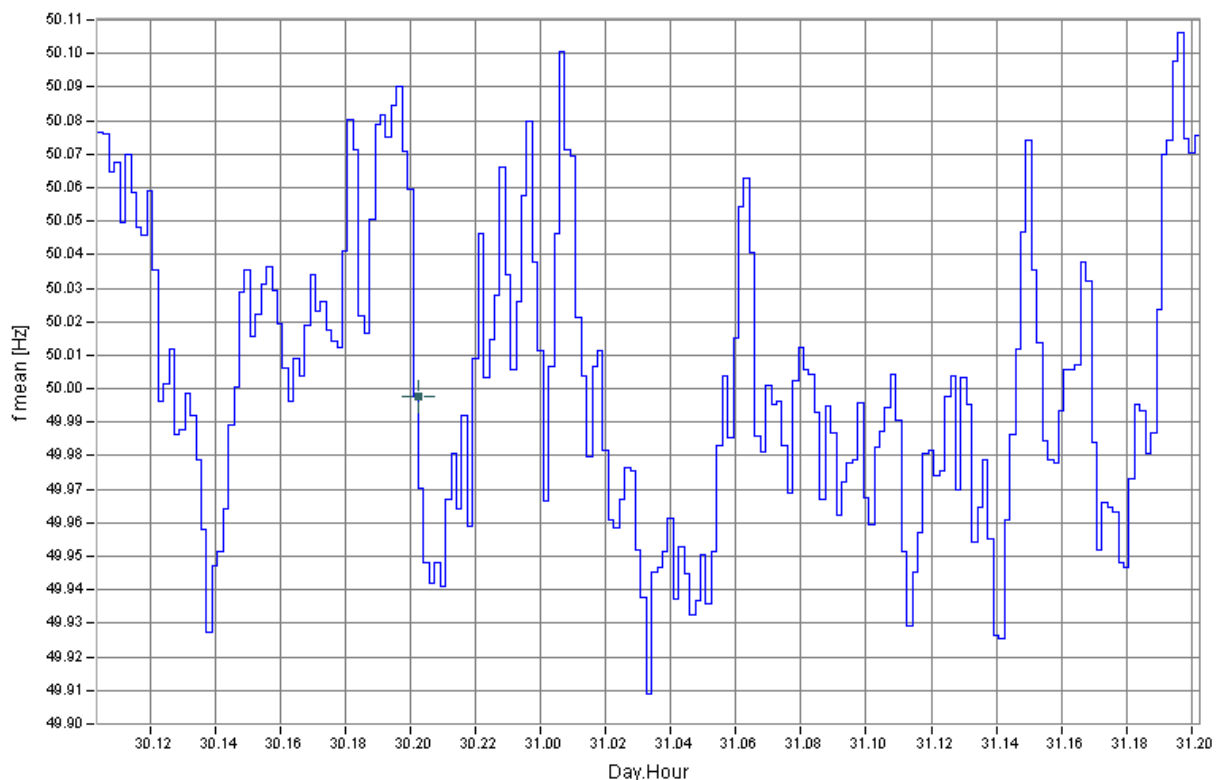


Kuva 6 Nollajohdon jännite mittausjakson aikana oli välillä 74,70 - 74,24 mV

## 5.2 Jännitteen taajuus

Jakelujännitteen taajuuden poikkeaminen nimellisestä on haitallista verkossa käytettäville laitteille, joiden nimellinen käyttötaajuus on 50 Hz. Tämän lisäksi jakeluverkon tietyt osat esimerkiksi tahtigeneraattorit ovat hyvin alttiita taajuuden heilahteluille. Tämän vuoksi yhteiskäyttöisten jakeluverkkojen taajuudelle on asetettu tiukat raja-arvot. Jakelujännitteen taajuuden tulisi olla mahdollisimman lähellä arvoa 50Hz. Standardi SFS-EN 50160 määrittelee yhteiskäyttöverkon taajuudelle seuraavat raja-arvot: jännitteen taajuuden tulee olla 50Hz +/- 1 % eli välillä 49,5 Hz – 50,5 Hz vuodesta 99,5 % ja tämän lisäksi arvojen tulee olla välillä 50 Hz +4 % / -6 % siis taajuusvälillä 47 Hz – 52 Hz koko mittausjakson ajan eli 100 % ajasta. [2]

Kun mittaustuloksista otetaan tarkasteltavaksi taajuuden muutoksia kuvaava aikajana, voidaan todeta taajuuden vaihtelun olleen koko jakson ajan välillä 49,90 Hz – 50,11Hz. Kuvasta 7 voidaan tarkastella taajuuden vaihtelua mittausjakson aikana. Taajuusvaihtelun ollessa kyseisellä välillä täyttää jakelujännitteen laatu taajuuden osalta erittäin hyvin standardin SFS-EN 50160 asettaman määritelmän.



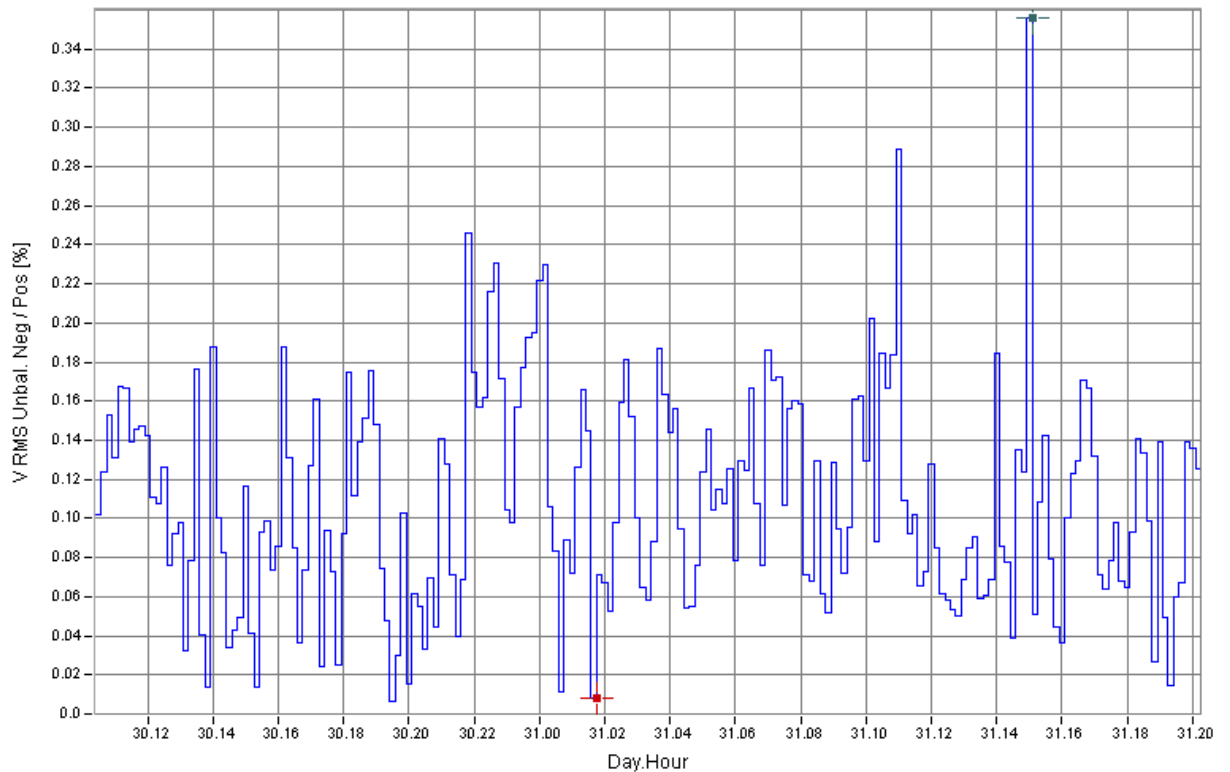
Kuva 7 Taajuuden vaihteluita kuvaava aikajana, koko mittausjakson ajalta. Skaala kuvaajassa on 49,90-50,11 Hz.

### 5.3 Jännitteen symmetria

Standardi SFS-EN 50160 määrittelee jakelujännitteen epäsymmetrialle seuraavanlaiset rajat: Jokaisen viikon aikana tulee jännitteiden vastakomponenttien 10 minuutin tehollisarvojen olla 95 % ajasta korkeintaan 0 – 2 % perustajuisen myötä komponentin arvosta. Jakeluverkon syöttämän jännitteen tulisi olla symmetristä eli jännitteiden välisten kulmien ja jännitteiden tehollisarvojen tulisi olla samat. Kuormitus ja käytössä oleva laitteisto ja niiden jännitehäviöt vaikuttavat oleellisesti jännitteen symmetriaan. Silloin kun mitataan kiinteistön ottaman tehon laatua, kyseessä on usein perinteisesti hyvinkin epäsymmetrinen kuorma. Nollajohdon yksi tehtävä on pitää vaihejännitteiden arvot kutakuinkin vakiona ja keskenään yhtä suurina. Mikäli nollajohtoa ei olisi tai se katkeaisi, voisi epäsymmetrisessä tilanteessa tähtipiste siirtyä hyvinkin merkittävästi. Nollajohdon puuttuessa tai vikaantuessa epäsymmetrisesti kuormitetussa verkossa pyrkivät vähiten kuormitettujen vaiheiden jännitteet nousemaan eniten, pahimmassa tapauksessa jopa pääjännitteiden suuruiseksi. [2]

Mittausdatan purkamiseen tarkoitettulla PQ-Analyze tietokoneohjelmalla voidaan tarkastella jännitteen symmetriaa myös suoraan prosentteina. Symmetrian voidaan todeta toteutuneen varsin hyvin jo kun tarkastellaan edellä olevaa kuvaa 5. Standardi SFS-EN 50160 määrittelee kuitenkin jakelujännitteen epäsymmetrian arvot prosentteina. Siksi tähän on liitetty myös kuva 8, josta voidaan tarkastella vaiheiden välistä jännite-epäsymmetriaa suoraan prosentteina. Kuvasta 8 voidaan todeta koko mittausdataa kerrittäneen ajan jännitteen epäsymmetrian olleen alle 0,35 %, mikä täyttää standardin vaatimukset täysin.

Myös nollajohdon jännite on alle koko mittausjakson ajan alle 75 mV, kuten kuvasta 6 voidaan todeta.



Kuva 8 Jännitteen epäsymmetria prosentteina, on koko mittausjakson ajan välillä 0 – 0,35 %.

#### 5.4 Virran laatu, suuruus ja symmetria

Tässä kohdassa tarkastellaan virran suuruutta ja symmetriaa. Tämä on merkittävä asia, sillä kiinteistöjen verkot, kuten jo edellä on mainittu kuormittavat syöttävää verkkoa hyvinkin epäsymmetrisesti. Tämän kohdan yhteydessä tulevat esille ainakin seuraavat seikat: vaiheiden kuormittuminen, virtasymmetria, vaihesiirtokulmat ja nollajohdon kuormittuminen. Epäsymmetrisellä kuormalla voi nollajohto kuormittua jopa enemmän kuin eniten kuormitettu vaihejohdin. [1]

Virran suuruus ja symmetriatilanne vaihtelivat jonkin verran kellonajasta riippuen. Myymälän aukioloaikana ja myös yöaikaan ykkösvaiheella oli selkeästi suurin kuorma. Ero vähiten ja eniten kuormitettujen vaihejohdinten kuormituksissa oli myymälän aukioloaikana noin 10 ampeeria. Koko jakson ajan ykkösvaihe kuormittui vaiheista selkeästi eniten, mutta kakkos- ja kolmosvaiheiden kuormitukset olivat tiettyjä ajan hetkestä riippuvia piikkejä lukuun ottamatta varsin samaa suuruusluokkaa. Päiväsaikaan pienin kuorma oli keskimäärin kakkosvaiheella.

Ilta- ja yöaikaan myymälän ollessa suljettuna ero eniten kuormitetun ykkösvaiheen ja vähiten kuormitetun kakkosvaiheen välillä oli normaalitilanteessa noin 7 ampeeria. Illan ja yön aikana ykkösvaiheella oli 10 tunnin ajan kahteen muuhun vaiheeseen verrattuna ylimääräistä kuormaa aika välillä 20:25 – 06:25, tämä viittaa jonkin ajastetun laitteiston toimintaan.

Kyseinen edellä mainittu ajastettu toiminto osoittautui myymälän keskuksella tehdyn tarkastelun yhteydessä kiinteistön ulkovalaistukseksi. Samalla aikavälillä myös nollajohdon kuormitus kasvaa, tämä johtuu siitä, että kuorman kasvaminen vain yhdellä vaiheella lisää virtaepäsymmetriaa. [1]

Nollajohdon kuormittuminen voidaan osoittaa myös laskennallisesti, laskemalla kaikkien vaiheiden kulmamuotoiset virrat yhteen saadaan tuloksena nollajohdossa kulkeva virta, samantyyppinen laskentamalli pätee myös vaihejännitteisiin ja nollajohdon jännitteeseen. [1]

Nollajohdon virta voidaan laskennallisesti osoittaa esimerkiksi seuraavasti, jos tilanne on resistiivinen:

$$I_{V1} = 40,533 \angle 0^\circ, I_{V2} = 34,157 \angle 120^\circ, I_{V3} = 35,075 \angle 240^\circ$$

$$I_{V1} + I_{V2} + I_{V3} = 40,533 \angle 0^\circ A + 34,157 \angle 120^\circ A + 35,075 \angle 240^\circ A = 5,99 \angle -6,99^\circ A$$

$$I_{V1} + I_{V2} + I_{V3} = I_N = 5,99 A$$



Kun halutaan ottaa huomioon kuorman induktiivisuus, voidaan käyttää seuraavanlaista laskentamallia:

Tässä tapauksessa valitaan tietty ajan hetki, tässä tapauksessa valittiin ajanhetkeksi 30.03 kello 14 jolta luetaan kuvasta 10 kyseisen ajan hetken vaihevirratt ja samalle ajan hetkelle ajoittuvat tehokertoimet kuvasta 12. Tehokertoimista lasketaan arcus cosini, niin saadaan vaihekulmat ja koska kyse on tässä tapauksessa lievästi induktiivisesta kuormasta, vähennetään saadut kulmat resistiivisen tapauksen vaihesiirtokulmista. Jos kyseessä olisi kapasitiivinen tilanne, niin saadut kulmat taas lisättäisiin resistiivisen tilanteen vaihesiirtokulmiin.

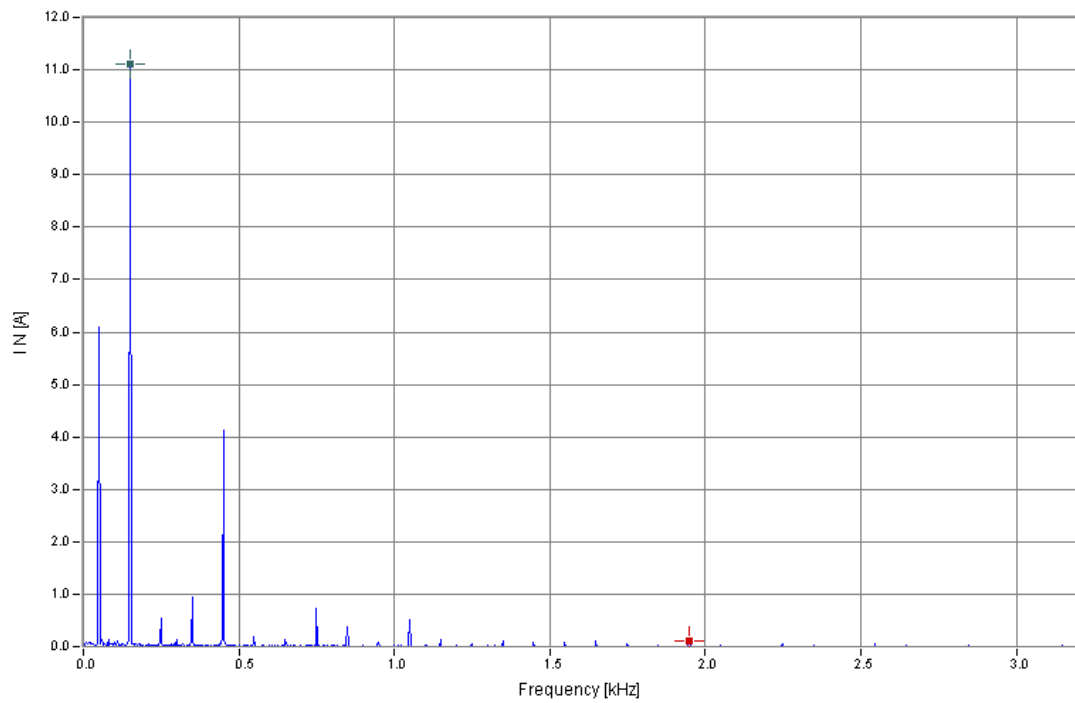
$$I_{V1} + I_{V2} + I_{V3} = 40,533 \angle 0^\circ - 10,33^\circ A + 34,157 \angle 120^\circ - 9,28^\circ A + 35,075 \angle 240^\circ - 10,67^\circ A$$

$$I_{V1} + I_{V2} + I_{V3} = 5,32 \angle -20,54^\circ A$$

$$I_{V1} + I_{V2} + I_{V3} = I_N = 5,32 \angle -20,54^\circ A$$

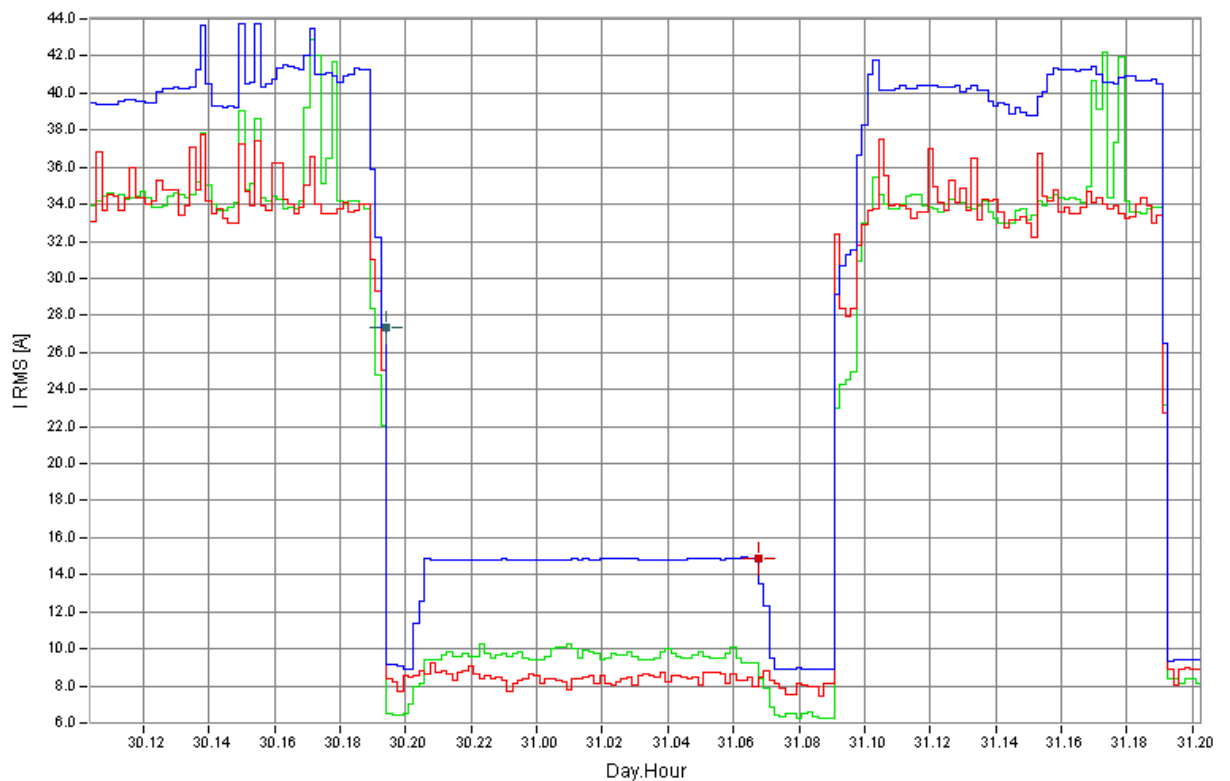
Tästä voidaan havaita, että hyvinkin pieni vaihesiirto saattaa jonkin verran vaikuttaa nollajohtimen virran arvoon. Edellisessä esimerkissä virran arvot säilyvät samoina, mutta vaihesiirtokulmat muuttuvat hieman resistiivisen tapauksen esimerkkiin verrattuna.

Kun verrataan laskettua nollajohdon virtaa kuvan 11 samalla ajan hetkellä, eli 30.03 kello 14 osoittamaan nollajohtimen virtaan huomataan, että arvot kuitenkin poikkeavat toisistaan. Kuvan 11 osoittama arvo kyseisen hetken nollajohdon virralle on 13,86 ampeeria. Ilmiötä selittää esimerkiksi se, että myös yliaallot kuormittavat nollajohdinta, etenkin kolmannella yliaallolla on varsin suuri merkitys. Vaihejohdinten yliaaltokuormat summautuvat nollajohtimeen, samalla tavalla kuin virtaepäsymmetriakin. Kun tarkastellaan kuvaa 9, voidaan todeta, että nollajohtimen 150Hz taajuinen virta tässä tapauksessa on suurempi kuin 50Hz taajuinen virta. [1]



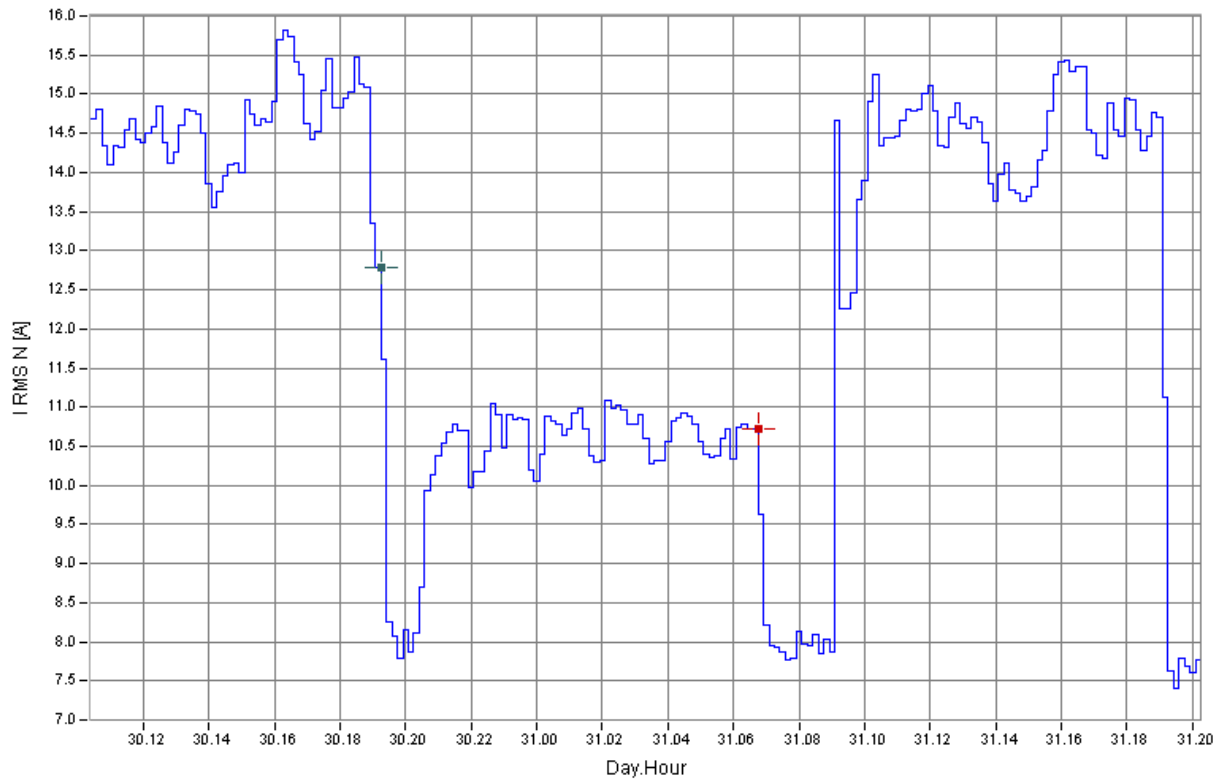
Kuva 9 Nollajohdon virrat eri taajuuksilla. Kuvasta voidaan huomata, että kolmannen yliaallon 150 Hz virta on nollajohdossa amplitudiltaan suurempi kuin käyttötaajuinen 50 Hz virta.

Vaiheista yksi kuormittuu selkeästi muita enemmän, tämän vuoksi saattaisi keskuksessa tehtävä vaihekuormien uudelleen jako tasata tilannetta. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi siirtelemällä kuormia sopivasti eri vaiheilla oleviin johdonsuojakatkaisijoihin. Epäsymmetria on pahimmassa tilanteessa kuitenkin vain noin kymmenen ampeerin luokkaa ja tämän suuruusluokan epäsymmetria voi näin ollen muodostua esimerkiksi vain yhdestä 16 ampeerin ryhmästä. Koska myymälän laitteisto ja esillepano muuttuu ajoittain, ei tämän suuruusluokan epäsymmetriaan ole aiheellista puuttua asennustoimenpitein.



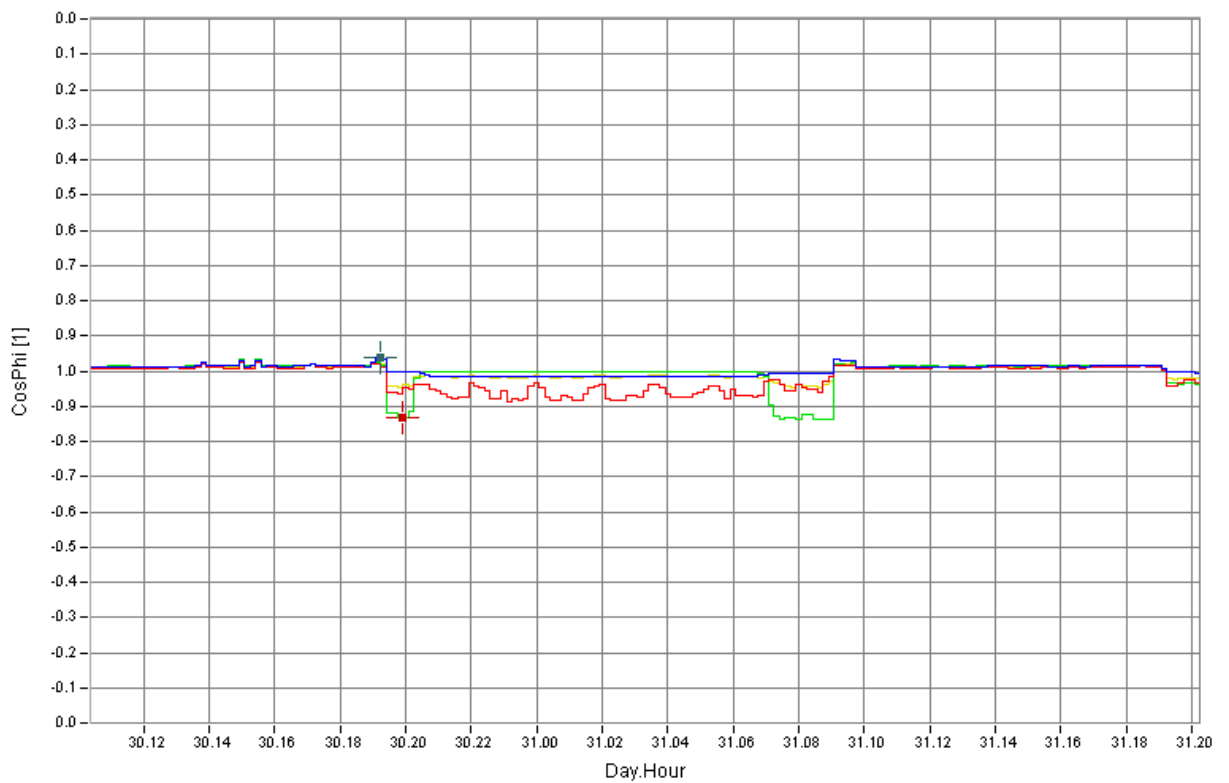
Kuva 10 Vaihevirrat koko mittausjakson aikana vaihtelivat jonkin verran. Sininen väri merkitsee vaihetta yksi, punainen väri vaihetta kaksi ja vihreä väri vaihetta kolme.

Nollajohdon kuormittuminen on myymälän aukioloaikana suuruusluokkaa 13,5 – 16 ampeeria. Kuvaa 10 ja kuvaa 11 vertailemalla voidaan myös todeta, että nollajohdon kuormittuminen seuraa varsin tarkasti vaihevirtojen epäsymmetriatilannetta. Vaihevirtojen epäsymmetrian kasvaessa myös nollajohdon kuormitus kasvaa. Yöaikaan ykkösvaiheella olevan ajastetun kuorman käynnistyttyä nollajohdon kuormitus on 10 – 11 ampeeria ja ennen kyseistä tapahtumaa se on lyhyen jakson ajan alle 8 ampeeria.



Kuva 11 Nollajohdon kuormittuminen seuraa varsin tarkasti vaiheiden välistä virtaepäsymmetriaa.

Tehokertoimet vaiheilla olivat myymälän aukioloaikana hieman induktiivisella puolella, hyvin lähellä puhtaasti resistiivistä arvoa. Sulkemisajan jälkeen resistiivisen kuorman vähennyttyä selkeästi ja atk-laitteiston pudottua valmiustilaan tehokerroin on kapasitiivisella puolella, kakkosvaiheella enimmillään suuruusluokkaa  $\cos\phi -0,86$ . Kuvaa 12 tutkimalla voidaan huomata vaihesiirron vähäisyys päiväsaikaan ja kuorman kapasitiivisyys sulkemisajan jälkeen. Tästä voidaan myös päätellä loistehon kulutuksen olevan varsin vähäistä, ja ilta- ja yöaikaan loistehoa jopa tuotetaan paikallisesti kakkosvaiheen kuorman kapasitiivisyydestä johtuen.



Kuva 12 Vaihesiirto eri vaiheilla mittausjakson aikana vaihteli lähinnä illan ja yöaikana. Sininen väri merkitsee vaihetta yksi, punainen väri vaihetta kaksi ja vihreä väri vaihetta kolme.

## 5.5 KytKentätransientit

Mittalaite mahdollistaa myös transienttiylijännitteiden tarkastelun. Transienttien tallentamista ajatellen on käytettävä melko suurta näytteenottotaajuutta niiden lyhyen keston vuoksi. Tämän mittauksen yhteydessä asetettiin transienttien tutkimiseen näytteenottotaajuudeksi 5 MHz. Transientteja ovat kytKentätransienttien lisäksi myös ilmastolliset ylijännitteet, joita esiintyy ukonilmalla, mutta tässä kohdassa on pyritty kytKentätransienttien tutkimiseen ja analysointiin. Ennalta ajatellen suurimpien kytKentätransienttien pitäisi esiintyä jokaisen mittauspäivän aamuna hieman ennen myymälän aukioloajan alkamista, samalla hetkellä kun myymälän esittelylaitteisto kytketään päälle. KytKentätransientin suuruus riippuu merkittävästi kytkentähetkestä, lähellä jännitteen positiivisen tai negatiivisen jakson huippuarvoa tapahtuvan kytkentähetken aiheuttamat transienttijännitteet ovat huippu arvoltaan suurimpia. Tästä johtuen kytKentätransienttien huippuarvojen suuruus määräytyy ainakin osittain sattumalta. [1]

KytKentätransientit aiheuttavat välillä ongelmia esimerkiksi tietyn tyyppisten johdonsuojakatkaisijoiden kanssa, sillä ne laukeavat hetkellisestäkin nimellisarvon ylityksestä, vaikka kuorma ei muuten ylittäisikään johdonsuojakatkaisijan nimellisarvoa. Esimerkiksi myymälän esittelytelevisioita syöttävien ryhmien johdonsuojakatkaisijoiden kanssa ilmenee toisinaan tämän kaltaisia ongelmia.

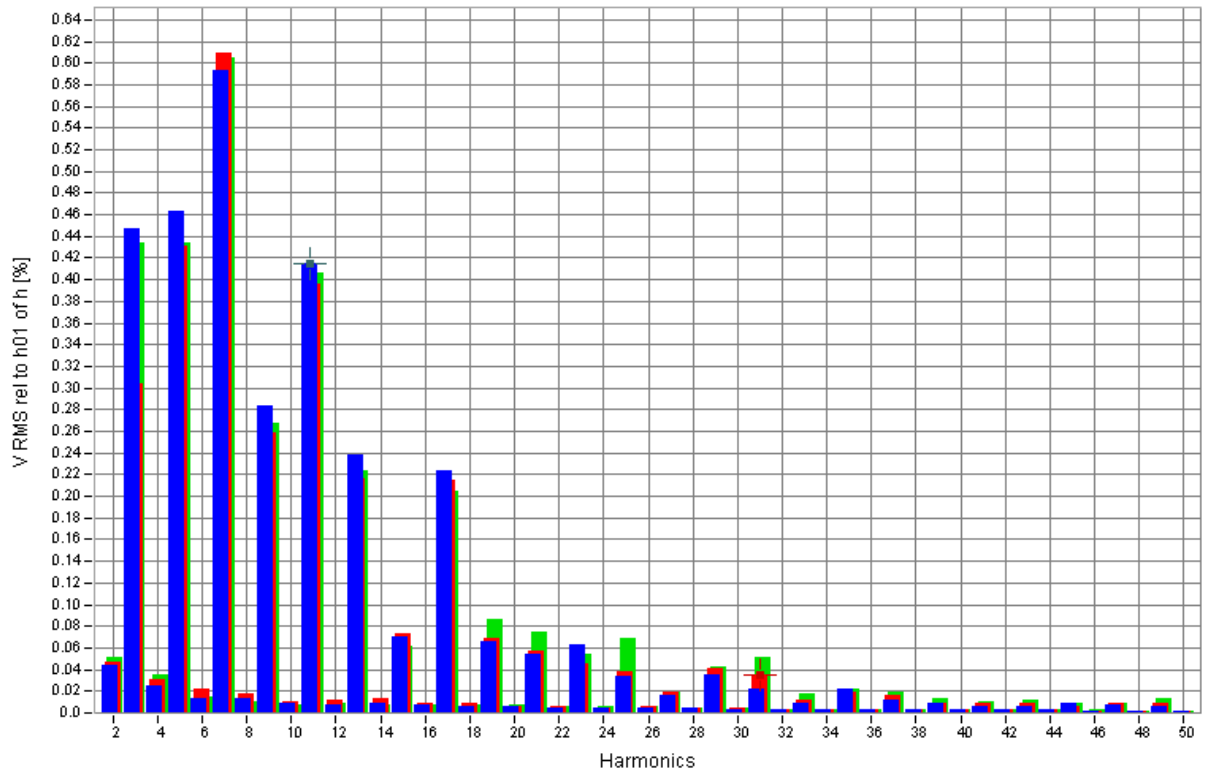
Edellä kuvatun kaltaisia transientteja ei valitettavasti saatu mittausdataan mukaan. Tämä johtuu osittain mittausdatan pienentyneestä määrästä ja osittain taas transienttien satunnaisuudesta, joka taas aiheutuu niiden kytkentähetkestä riippuvasta luonteesta.

## 5.6 Yliaallot

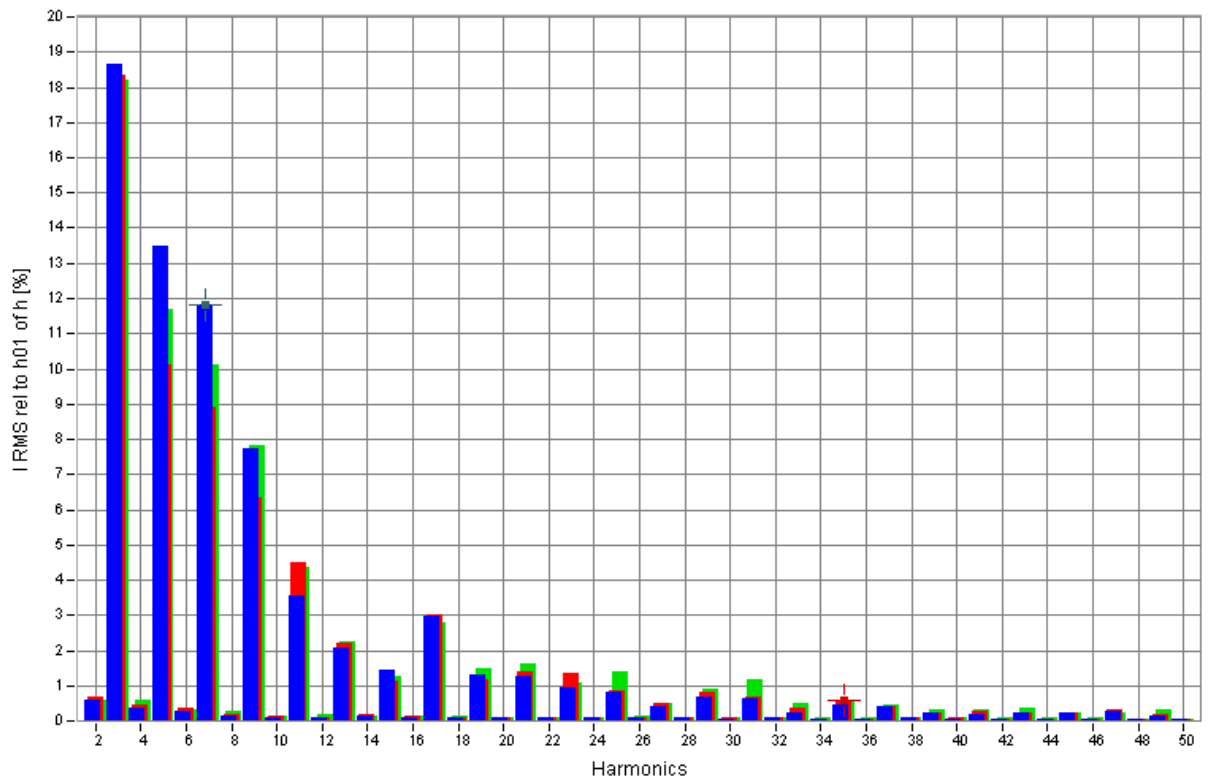
Yliaalloiksi kutsutaan jakeluverkon virtoja ja jännitteitä, jotka ovat taajuudeltaan korkeampia kuin jakelujännitteen perustaajuus, joka on tässä tapauksessa 50 Hz. Harmonisilla yliaalloilla taas tarkoitetaan perustaajuuden parillisia tai parittomia kokonaislukukerrannaisia. Kaikenlaiset epäsinimuotoiset aaltomuodot pitävät sisällään yliaaltokomponentteja. Yliaaltokomponentit voidaan erottaa perusaallosta Fouriermuunnoksen avulla. Yliaallot aiheutuvat pääsääntöisesti verkon käyttäjän omista laitteista ja saattavat aiheuttaa merkittäviä häiriötä verkkoon päin tai muille laitteiston laitteille sekä laitteiden osille. Yliaallot aiheuttavat nollajohtimen lisäkuormittumista siten, että vaihejohtimien kolmella jaolliset yliaallot summautuvat suoraan nollajohtimeen. Yliaallot aiheuttavat siis mahdollisesti nollajohdon kuormittumista myös symmetrisillä kuormilla. Yliaaltojen aiheuttamat magneettikentät ovat merkittävä häiriönlähde myös EMC- näkökulmasta tarkastellen. Yliaallot pienentävät myös jakelumuuuntajien kuormitettavuutta sekä aiheuttavat ongelmia myös loistehon kompensointia ajatellen. [1]

Elektroniikassa käytetyt virtalähteet ja loisteputket ovat merkittäviä yliaaltojen aiheuttajia, joten tämän tyyppistä järjestelmää tarkasteltaessa voivat yliaaltojen vaikutukset olla hyvinkin merkittäviä. Standardissa SFS-EN 50160 harmonisille yliaalloille on määritelty suhteelliset raja-arvot niiden järjestysluvun mukaan, ehtojen on toteuduttava viikon mittauksen aikana 95 % ajasta. Jakelujännitteen kokonaissärökertoimen tulee myös olla pienempi tai yhtä suuri kuin 8 %. Epäharmonisella yliaallolla tarkoitetaan yliaaltoa jonka taajuus ei ole perustaajuuden kokonaislukukerrannainen. Epäharmonisten yliaaltojännitteiden aiheuttamat ongelmat lisääntyvät jatkuvasti, koska moottorikäyttöissä käytettävät taajuusmuuttajat yleistyvät kokoajan. Epäharmonisille yliaalloille ei ole SFS-EN 50160 standardissa määritelty tarkkoja raja-arvoja. Kuitenkin EMC- standardi määrittelee laitteiden häiriöpäästöille ehdot, jotka määräävät sen, että laitteet eivät saa aiheuttaa ympäristöön kohtuuttomia häiriöitä ja lisäksi laitteet tulee suojata ympäristössä olevilta häiriöiltä riittävän hyvin. [1,2]

Kuvista 13 ja 14 voidaan tarkastella eri yliaaltojen suhteellista arvoa eli mikä niistä nähdään kyseisen yliaallon osuus perusaallosta prosentteina. Kuva 13 ilmoittaa yliaaltojännitteet ja kuva 14 yliaaltovirrat. Kuten kuvistakin voidaan havaita, että juuri verkkotaajuuden parittomat kokonaislukukerrannaiset korostuvat. [1]



Kuva 13 Suhteelliset yliaalto jännitteet spektrinä, ilmoitettuna prosentteina perusaallosta.



Kuva 14 Suhteelliset yliaaltovirrat spektrinä, ilmoitettuna prosentteina perusaallosta



## 6 LOISTEHON TARVE

Tässä kohdassa tarkastellaan myymälän kuluttaman tehon laatua pätötehon, loistehon ja näennäistehon näkökulmasta ajatellen. Tehdään myös laskelmat kompensoinnin mitoittamiseksi mittausdatan perusteella. Kompensoinnilla saavutetaan seuraavanlaisia etuja: saadaan johdin poikkipinnat ja johdonsuojakatkaisijat riittämään paremmin. Mikäli tariffissa loisteho on hinnoiteltu erikseen, se on verrattain kallista pätötehoon verrattuna, joten se kannattaisi usein tuottaa paikallisesti. Tässä on otettava huomioon se, että mikäli kyseessä oleva verkko on osoittautunut yliaaltopitoiseksi verkoksi, on kompensointiparistolle mahdollisesti asetettava sopiva yliaaltosuodatus, jottei rinnakkaisresonanssiin aiheuttamia ongelmia pääsisi syntymään. [1]

Kuten jo aiemmin on vaihesiirtoa kuvaavasta kuvasta 12 todettavissa, on myymälän laitteiston loistehon kulutus hyvin vähäistä ja sulkemisajan jälkeen laitteisto jopa tuottaa loistehoa hieman. Mittalaitteesta saadaan myös kuvaaja, joka kertoo sekä vaihekohtaisen loistehon kulutuksen, että kokonaisloistehon tarpeen. Kuten kuvasta 15 voidaan huomata kokonaisloistehon ollessa enimmilläänkin alle 7 kVar, vastaavasti kyseisellä ajanhetkellä kokonaisnäennäisteho on hieman alle 29 kVA ja kokonaispätöteho hieman alle 28 kW. Kompensoinnin toteuttaminen kyseiselle laitteistolle ei olisi kovinkaan mielekästä. Tähän vaikuttaa myös se, että sulkemisajan jälkeen laitteisto myös tuottaa loistehoa, enimmillään loistehon tuottoa on noin 1,5 kVar. Loistehon kulutuksen heilahteluista johtuen kompensointipariston tulisi toimia aktiivisesti loistehon kulutusta mukailleen. [1]

Mikäli kompensointia lähdetäisiin toteuttamaan, laskennallisesti kuitenkin voidaan osoittaa kompensointikondensaattoreille seuraavanlainen suuruusluokka, loistehon kulutuksen ollessa maksimi arvossaan:

Kokonaisloistehon tarve  $Q=7000\text{var}$  ja syöttävä jännite  $U=230\text{V}$

Koska kaikkien vaiheiden loistehonkulutukset ovat kutakuinkin yhtä suuret, voidaan vaihekohtainen loistehon kulutus määrittää seuraavasti:

$$Q_V = \frac{Q_{\text{kok}}}{3} = \frac{7000\text{Var}}{3} = 2333,33 \text{ var}$$

Seuraavaksi lasketaan yksivaiheinen loisvirta:

$$I_{Q_v} = \frac{Q_v}{U} = \frac{2333,33\text{Var}}{230\text{V}} = 10,145\text{A}$$

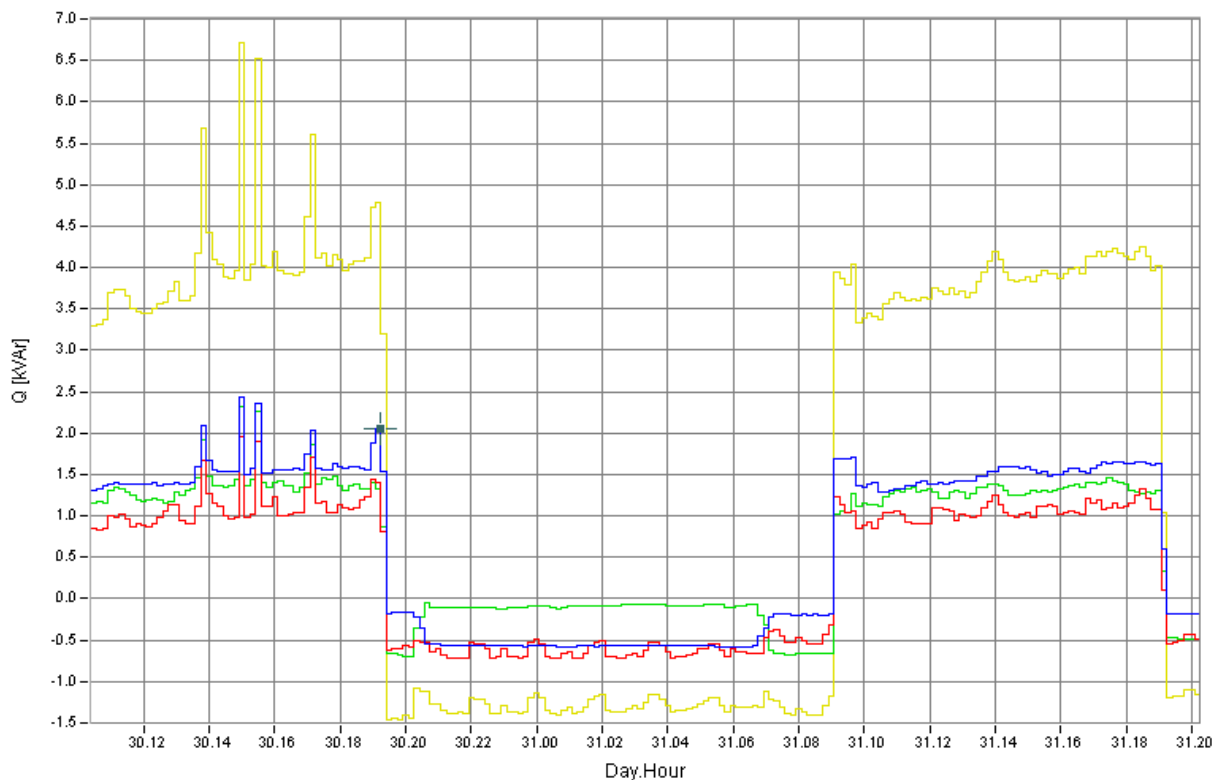
Tämän jälkeen saadaan laskettua yksivaiheinen kapasitiivinen reaktanssi:

$$X_c = \frac{U}{I_{Q_v}} = \frac{230\text{V}}{10,145\text{A}} = 22,67\Omega$$

Ja tämän jälkeen voidaan laskea kompensointikondensaattorien kapasitanssit:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi * 50\text{Hz} * 22,67\Omega} = 140,41\mu\text{F}$$

Kapasitanssiltaan  $140,41\mu\text{F}$  suuruinen kompensointikondensaattori tulisi asettaa jokaiselle vaiheelle. [1]



Kuva 15 Loistehon kulutus on melko vähäistä ja osan ajasta laitteisto myös tuottaa hieman loistehoa. Keltainen viiva kuvaajassa kertoo kokonaisloistehon kulutuksen. Sininen väri merkitsee vaihetta yksi, punainen väri vaihetta kaksi ja vihreä väri vaihetta kolme.

## 7 MITTAUSRAPORTIN TARKASTELUA

Mittauksen päätyttyä saadaan mittalaitteesta erillinen raportti joka tarkastelee mittaustuloksia standardin SFS-EN 50160 puitteissa. Työssä on liitteenä kyseinen raportti ja tämä osio sisältää sen osoittamien tuloksien tulkintaa ja tarkastelua. Kuten jo edellä on eri ilmiötä tarkasteltaessa todettu, niin standardin SFS-EN 50160 asettamat jakelujännitteen laatuvaatimukset täyttyivät erittäin hyvin tämän puolentoista vuorokauden pituiseksi jääneen mittauksen aikana. Sama asia voidaan todeta myös raporttia tarkasteltaessa. Liitteenä oleva raportti on tavallaan yhteenveto mittausdatasta mittausjakson ajalta ja se kertoo sen, että täyttyvätkö asetutut vaatimukset kaikilta osialueilta.

Tässä työssä pyrittiinkin alun perin standardin määrittelemään ajaltaan yhden viikon pituiseen mittaukseen, mutta mittauslaitteen vikaantumisesta johtuen dataa kertyi vain noin puolentoista vuorokauden ajalta. Alkuperäisen suunnitelman mukaisesta selkeästi vähentynyt mittausdatan määrä, vähentää liitteenä olevan mittausraportin painoarvoa melkoisesti. Päätaavoitteena työssä oli kuitenkin myymälän kuluttaman sähkönlaadun tarkkailu jakelujännitteen laadun tarkkailun sijaan, missä onnistuttiin kuitenkin varsin hyvin.

Topas-1000 mittalaitteella voitaisiin myös jakelujännitteen laatua tarkkailla varsin helposti, ensin asetettaisiin mittalaitteen parametrit kohdalleen ja sitten mittalaite jätettäisiin viikoksi mittaamaan mittauskohteeseen tulevia vaihejohtimia ja nollajohdinta. Tämän jälkeen mittalaitteesta voidaan viikon kuluttua suoraan tulostaa raportti, josta ilmenee oikeastaan kaikki oleellinen tieto jakelujännitteen laadun osalta.

Raportin alusta ilmenee mittauksen tiedot ja tämän jälkeen siinä on lueteltuna asetellut raja-arvot eri ilmiöille. Eri osioissa on tyypillisesti ilmoitettu prosentteina miten hyvin asetetut ehdot täyttyivät. Siitä voidaan helposti havaita myös ylijännitteet, jännitteen alenemat ja keskeytykset. [1,2]

## 8 KUNNOSSAPITOTARPEET JA SÄHKÖTURVALLISUUS

Tässä kohdassa käsitellään myymälän sähköjärjestelmän kunnossapitotarpeita ja sähköturvallisuutta.

Yleiskatsaus liikkeen sähköjärjestelmään ja asennuksiin on tarpeellinen, sillä liikkeen kalustus ja esille asettelu on vuosien varrella muuttunut jonkin verran siitä millaiseksi se on alunperin suunniteltu. Esimerkiksi esittelytelevisioiden määrä on kasvanut jonkin verran alkuperäisestä ja televisioiden tuumakoot ovat myös kasvaneet, mikä lisää niiden aiheuttamaa kuormitusta.

Normaalin myymälätyöskentelyn yhteydessä on myös pyritty selkeyttämään esittelylaitteiden ja kaluston sähkönsyöttöä. Esittelyhyllyjä ja moduuleja syötetään pääasiassa jatkojohdoilla, jotka ovat usein liitettynä katon rajassa oleviin pistorasioihin. Jatkojohtojen käyttö esittelylaitteiston sähkön syötössä on perusteltua, sillä myymälän esillepano on oltava helposti muunneltavissa. Tämän jatkojohdoilla toteutetun syötön selkeyttäminen on yksi asia johon on pyritty vaikuttamaan.

Esimerkiksi kotiteatterijärjestelmien uudelleenasettelulla saatiin niitä syöttävien jatkojohtojen määrää pienennettyä huomattavasti, lisäksi esillepanosta saatiin entistä selkeämpi ja helpommin muunneltava ja tuotteiden esittely on entistä vaivattomampaa. Samantyyppinen uudelleenasettelu on myös aiemmin toteutettu pöytätietokoneille ja niiden kanssa samassa moduulissa oleville tietokonekaiuttimille, monitorien esittelyhyllylle ja kannettavien tietokoneiden esittelyhyllylle.

Myös asennuksia koskevat kunnossapitotarpeet on pyritty kartoittamaan. Myymälästä pyrittiin etsimään kaikki vialliset tai rikkoutuneet pistorasiat, kaapelit, valaisimet ja muut sähkökalusteet. Kaikki mahdollisesti havaitut turvallisuus riskit pyrittiin myös kartoittamaan ja poistamaan.

Järjestelmän silmämääräinen tarkastelu osoitti järjestelmän ja asennusten olevan varsin hyvässä kunnossa. Valaistus on hyvässä kunnossa, viallisia valaisimia ei liikkeestä löytynyt, tosin huoltoa ja kunnossapitoa on toteutettu lähiaikoina valaistuksen osalta. Sähköasennuksista ei muutoinkaan juuri löytynyt kunnossapitotarpeita, yksi viallinen pistorasia liikkeestä tosin onnistuttiin löytämään. Kyseessä on pistorasia, joka on lähinnä myymälän siivoojien pääsääntöisesti esimerkiksi pölynimurin liittämiseen käyttämä pistorasia. Kyseinen pistorasia olisi suositeltavaa korvata ehjällä vastaavalla pistorasialla.

Turvallisuuskäytännönä voisi ottaa huomioon tällä hetkellä lähinnä PC-huoltopisteen asennukset. PC-huoltopisteen sähkönsyöttö tapahtuu samalla tavalla kuin myymälän esittelymoduulienkin sähkönsyöttö, eli yhdellä jatkojohdolla katonrajassa olevasta pistorasiasta. Tähän jatkojohtoon on liitetty muutama usealla pistokepaikalla varustettu lisäjatkojohto huollossa olevien tietokoneiden sähkönsyöttöä varten. Koska kyseinen huoltopiste on kiinteästi paikallaan, voisi sen sähkön syötön toteuttaa myös kiintein asennuksin käytännöllisyyden yhtään kärsimättä. Tosin nykyinen mallikin on osoittautunut käytössä varsin tyydyttäväksi ratkaisuksi. Koska huoltopisteessä saatetaan käsitellä viallisia atk-laitteita, voisi sen liittäminen verkkoon vikavirtasuojakytkimellä varustetun pistorasian tai jatkojohdon kautta olla aiheellista.

Esittelytelevisiot ovat kytkettyinä pistorasioihin, joita ohjataan kaikkia yhdellä katkaisijalla. Välillä myymälässä törmätään sellaiseen ongelmaan, että televisioiden aiheuttama kytkentävirtasysäys aiheuttaa sen, että televisioita syöttävän ryhmän johdonsuojakatkaisija laukeaa aina toisinaan kun kyseisestä katkaisijasta painetaan. Kyseinen ryhmä on varustettu 10 A johdonsuojakatkaisijoin. Ongelman aiheuttaa se, että johdon suojakatkaisija laukeaa hetkellisestään virta-arvon ylityksestä. Samaa ongelmaa ei ilmene tulppasulakkeiden kanssa sillä ne kestävät nimellisarvon hetkellistä ylittämistä erittäin hyvin. Ongelmaan voisi myös auttaa se, että jaettaisiin kuormaa hieman eri tavalla. Myös se, että esittelytelevisioiden määrää vähennettäisiin muutamalla kappaleella, saattaisi poistaa kyseisen ongelman.

Entistä suuremmat syöttävät kaapelit ja suuremmat johdonsuojakatkaisijat eivät välttämättä poistaisi kyseistä ongelmaa, sillä kytkentävirtasysäys voi olla sen verran suuri, että se aiheuttaisi myös jonkin verran suuremman johdonsuojakatkaisijan laukeamisen. Nykyisten C-tyypin johdonsuojakatkaisijoiden korvaaminen suuremman käynnistysvirtapiikin sallivilla johdonsuojakatkaisijoilla voisi kuitenkin korjata ongelman. Esimerkiksi D-tyypin johdonsuojakatkaisija voisi tulla kysymykseen tässä tapauksessa.

Keskus, jossa kyseiset johdonsuojakatkaisijat sijaitsevat on myymälässä, varsin lähellä kyseistä esittelytelevisioiden käynnistämistä varten olevaa katkaisijaa, joten ne on helppo käydä nostamassa ylös mikäli ne sattuvat laukeamaan. Lisäksi edellä mainittu tapahtuma on verrattain harvinainen, joten siihen ei ole välttämätöntä puuttua asennustoimenpitein.

## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tehdyn tarkastelun perusteella voidaan todeta myymälän sähköjärjestelmän olevan varsin hyvin tasapainossa ja turvallinen. Myös standardin SFS-EN 50160 asettamat määritykset täyttyvät täydellisesti, ellei tapahdu jakeluverkon häiriötiloja, kuten esimerkiksi keskeytyksiä.

Huolimatta siitä, että mittalaite vikaantui kesken mittauksen ja että varsin suuri osa alunperin suunnitellusta mittausdatasta menetettiin, voidaan todeta työn onnistuneen varsin hyvin. Työn varsinainen päätarkoitus oli tutkia myymälän kuluttaman sähkön laatua ja tämä voitiin tehdä riittävän hyvin olemassa olevan mittausdatan perusteella.

Mittausdataa tutkittaessa voitiin todeta, että myymälän sähköjärjestelmä on varsin hyvin tasapainossa. Merkittäviä kunnossapitotarpeita myymälän sähköjärjestelmästä silmämääräisen tarkastelun yhteydessä ei myöskään onnistuttu löytämään.

## Lähteet

- 1 Sähkömittausmekaniikka opintojakson kurssimateriaali
- 2 Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet: standardi SFS-EN 5016



## LIITE Mittausraportti

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

### EN50160-REPORT

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

-----

PC software:       Version 1.7.12 20071030  
 Firmware:         Version 1.7.12 20071030  
 Copyright:        Copyright (c) 2007 Fluke Corporation, www.fluke.com

-----

### SETTINGS

-----

#### General

Company:           Gigantti Oy  
 Department:       Länsi-Pori  
 Contact:           Petri Porri  
 Cause of measurement   Opinnäytetyö  
 Reference:

#### Test equipment

Firmware:           Version 1.7.12 20071030  
 PC-software:       Version 1.7.12 20071030

#### Measurement

File location:       e:\\oppari ekat mittaukset\\  
 File name:          OPPARI.DEF  
 Start time:         30.03.2011 10:25:00  
 End time:           31.03.2011 20:15:00  
 Difference:         1d 9h 50m 0s  
 Flagging:           ---

## Nominal values

Nominal voltage Un: 230.00V

Nominal voltage Un ph-ph: ---

Frequency: 50.00Hz

## Event Limits

Dip threshold: 90.00%

Swell threshold: 110.00%

Interruption threshold: 1.00%

Hysteresis: ---

S/L Interruption time threshold: 180.00s

## EN50160 Statistics

Voltage 95% pos. limit: 110.00%

Voltage 95% neg. limit: 90.00%

Voltage 100% pos. limit: 110.00%

Voltage 100% neg. limit: 85.00%

Frequency 95% pos. limit: 101.00%

Frequency 95% neg. limit: 99.00%

Frequency 100% pos. limit: 104.00%

Frequency 100% neg. limit: 94.00%

Long-term Flicker Plt: 1.00

Max. number of Events: 100

Unbalance: 2.00%

THD: 8.00%

## Rapid voltage changes

Minimum rate of change: 5.00%

---

HARMONICS

---

## Statistics

Total harmonic distortion

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
	[%]	[%]	[%]	[%]
THD	0.00 - 8.00	100.00	100.00	100.00

## Harmonics

Order	Tolerance range	L1	L2	L3
No.	[%]	[%]	[%]	[%]
2	0.00 - 2.00	100.00	100.00	100.00
3	0.00 - 5.00	100.00	100.00	100.00
4	0.00 - 1.00	100.00	100.00	100.00
5	0.00 - 6.00	100.00	100.00	100.00
6	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
7	0.00 - 5.00	100.00	100.00	100.00
8	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
9	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00
10	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
11	0.00 - 3.50	100.00	100.00	100.00
12	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
13	0.00 - 3.00	100.00	100.00	100.00
14	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
15	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
16	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
17	0.00 - 2.00	100.00	100.00	100.00
18	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
19	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00
20	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
21	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
22	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
23	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00
24	0.00 - 0.50	100.00	100.00	100.00
25	0.00 - 1.50	100.00	100.00	100.00

The table shows the percentage of 10-minute-interval values which are within the tolerance range.

At least 95% of the values of one week have to be within the tolerance range.

---

## HARMONICS

---

### Measuring values

#### Total harmonic distortion

Designation	95%-values			Maximum values			
	Tolerance range	L1	L2	L3	L1	L2	L3
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
THD	0.00 - 8.00	1.38	1.30	1.36	1.45	1.35	1.43

#### Harmonics in % of Un

Order No.	95%-values			Maximum values			
	Tolerance range	L1	L2	L3	L1	L2	L3
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2	0.00 - 2.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
3	0.00 - 5.00	0.57	0.39	0.56	0.61	0.44	0.60
4	0.00 - 1.00	0.04	0.06	0.04	0.05	0.07	0.05
5	0.00 - 6.00	0.94	0.90	0.92	0.97	0.98	1.00
6	0.00 - 0.50	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
7	0.00 - 5.00	0.70	0.71	0.71	0.88	0.86	0.88
8	0.00 - 0.50	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
9	0.00 - 1.50	0.34	0.30	0.30	0.37	0.33	0.31
10	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
11	0.00 - 3.50	0.53	0.55	0.56	0.60	0.57	0.59
12	0.00 - 0.50	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
13	0.00 - 3.00	0.36	0.34	0.33	0.38	0.36	0.36
14	0.00 - 0.50	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
15	0.00 - 0.50	0.10	0.11	0.10	0.12	0.13	0.11
16	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
17	0.00 - 2.00	0.31	0.30	0.28	0.33	0.33	0.30

18	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
19	0.00 - 1.50	0.09	0.10	0.12	0.11	0.11	0.14
20	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
21	0.00 - 0.50	0.09	0.09	0.10	0.11	0.10	0.14
22	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
23	0.00 - 1.50	0.11	0.07	0.09	0.14	0.08	0.12
24	0.00 - 0.50	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
25	0.00 - 1.50	0.05	0.06	0.10	0.09	0.09	0.13

---

## FLICKER

---

### Statistics

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
Plt	0.00 - 1.00			

At least 95% of the values of one week have to be within the tolerance range.

### Measurement values

Designation	Tolerance range	95%-values			Maximum values		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
Plt	0.00 - 1.00						

---

## SLOW VOLTAGE VARIATIONS

---

### Statistics

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
Unit	[V]	[%]	[%]	[%]
Phase voltages 95%	207.00 - 253.00	100.00	100.00	100.00
Phase voltages 100%	195.50 - 253.00	100.00	100.00	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the 95% tolerance range.

100% of the values of one week have to be within the 100% tolerance range.

## Measurement values

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
Unit	[V]	[V]	[V]	[V]
Overvoltages 100%	253.00	235.42	235.01	235.58
Overvoltages 95%	253.00	234.89	234.85	235.36
Voltage dips 95%	207.00	231.52	231.28	232.05
Voltage dips 100%	195.50	231.26	231.01	231.48

---

FAST VOLTAGE VARIATIONS

---

## Statistics

Designation	Tolerance range	L1	L2	L3
Unit	[V]	[%]	[%]	[%]
Phase voltages	11.50	100.00	100.00	100.00

---

VOLTAGE UNBALANCE

---

## Statistics

Designation	Tolerance range	Values in tolerance
Unit	[%]	[%]
Neg. system / pos. system	0.00 - 2.00	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the tolerance range.

## Measurement values

Designation	Tolerance range	95% Val	Max Val
Unit	[%]	[%]	[%]
Unbalance	0.00 - 2.00	0.19	0.36

---

F R E Q U E N C Y

---

Statistics

Designation	Tolerance range	Values in tolerance
	[Hz]	[%]
Tolerance 95%	49.500 - 50.500	100.00
Tolerance 100%	47.000 - 52.000	100.00

At least 95% of the values of one week have to be within the 95% tolerance range.

100% of the values of one week have to be within the 100% tolerance range.

Measurement values

Designation	Tolerance range	Values
Unit	[Hz]	[Hz]
Maximum 100%	52.000	50.163
Maximum 95%	50.500	50.132
Minimum 95%	49.500	49.895
Minimum 100%	47.000	49.820

---

 E V E N T S
 

---

## Overvoltages:

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	0	0	0	0
Maximum value [V]	0	0	0	0
Maximum duration	0.000us	0.000us	0.000us	0.000us

## Voltage dips

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	0	0	0	0
Minimum value [V]	0	0	0	0
Maximum duration	0.000us	0.000us	0.000us	0.000us

## Short interruptions

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	0	0	0	0
Maximum duration	0.000us	0.000us	0.000us	0.000us

## Long interruptions

Designation	L1	L2	L3	L123-N
Number	0	0	0	0
Maximum duration	0.000us	0.000us	0.000us	0.000us

---