

Opinnäytetyö (AMK)

Elektroniikka

Elektroniikkatuotanto

2013

Niklas Wentus

# ETÄLUETTAVIEN SÄHKÖENERGIAMITTAREIDEN TESTAUKSEN AUTOMATISOINTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka | Elektroniikkatuotanto

2013 | 23 sivua

Ohjaaja Yngvar Wikström ins (YAMK)

Niklas Wentus

# ETÄLUETTAVIEN SÄHKÖENERGIAMITTAREIDEN TESTAUKSEN AUTOMATISOINTI

Työn tarkoituksena oli kehittää testausohjelma etäluettaville sähköenergiamittareille. Testausohjelman piti tarkistaa luentaan tarvittava yhteys ja mittaustarkkuus. Lisäksi testausohjelman piti olla yksinekrainen, jotta sitä olisi helppo käyttää.

Lähdemateriaalina tässä työssä käytettiin kirjallisuutta ja Internet-julkaisuja sekä KENET Oy:n esimiehen kanssa käytyjä puhelin- ja sähköpostikeskusteluja. Lähdemateriaalin ja esimieheni kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta pyrittiin kehittämään testausohjelma.

Ohjelmointikieleksi valittiin LabVIEW. Testausohjelma rakennettiin testaamaan sähköenergiamittareiden DLC yhteys ja tarkistamaan mittaustulokset ilman kuormaa ja kuorman kanssa.

Mittaustuloksista saadaan Excel raportti jossa on tulokset ja graafi. Raportista on helppo tulkita onko mittaustulokset sallituissa arvoissa.

ASIASANAT:

Sähköenergiamittari, etäluenta, LabVIEW

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Electronics production engineer

2013 | 23 pages

Instructor Yngvar Wikström M.eng

Niklas Wentus

## TESTING AUTOMATION OF REMOTELY READ ENERGY METERS

Purpose of the thesis was to develop a testing program for remotely controlled energy meters. The program needed to test the connection for reading and check the accuracy of the measurement. Additionally the test program needed to be simple and easy to use.

Resources used in this thesis were books and Internet publications but also phone and e-mail conversations with KENET Ltd. foreman were used. Based on the resources and the conversations with my foreman, attempts were made to develop a test program for the remotely controlled energy meters.

LabVIEW was chosen to be the programming language. The test program is programmed to test the energy meters DLC connection and to test the accuracy of the measurements.

Measurement results are stored in an Excel document. From this report it is easy to interpret if the measurements are in permitted range.

KEYWORDS:

Energy meter, remote control, remotely controlled, LabVIEW

# ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty KENET Oyj:lle.

Tahdon kiittää KENET Oyj:tä ja Kokkolan Energiaa heidän antamastaan mahdollisuudesta tehdä haastava ja mielenkiintoinen opinnäytetyö.

28.2.2013

Niklas Wentus

# SISÄLTÖ

## KÄYTETYT LYHENTEET

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TIEDONSIIRRON JA SÄHKÖMITTAUKSEN TEORIAA</b>	<b>2</b>
2.1 Etäyhteyden muodostaminen	2
2.2 GPRS	2
2.2.1 GPRS-verkko	3
2.3 Syöttölinjan yhteys, DLC	4
2.4 Sähkönmittauksen perusteet	4
<b>3 SÄHKÖMITTAUKSEN LAITTEET JA SPESIFIKAATIOT</b>	<b>7</b>
3.1 Iskraemeco MT371/MT372-sähköenergiamittari	7
3.2 P2LPC-keskitin	8
3.3 Iskraemeco ZO32-D1 Etäkatkaisulaite	9
3.4 Raportointi	9
3.5 Standardit	10
3.5.1 IEC 62056-standardit	10
3.5.2 CENELEC 50065-X-standardi	10
<b>4 TESTAUSOHJELMA</b>	<b>12</b>
4.1 Projektin taustatiedot ja osapuolet	12
4.2 Testipisteen tavoitteet	12
4.3 Testausaseman rakenne	12
4.4 Testausohjelman rakenne	14

4.4.1 Testaustulokset ja raportointi	15
<b>5 TESTAUSOHJELMAN KEHITYS JA VARAUKSET JATKO- KEHITTELYLLE</b>	<b>17</b>
5.1 Käytetty ohjelmisto	17
5.2 Ensimmäiset mittaukset	17
5.3 Muutokset ja niiden vaikutukset	19
5.3.1 FTP muutoksia	19
5.3.2 Mittaustulosten ja raportoinnin optimointia	20
5.4 Kehitys- ja laajennusehdotukset	20
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>21</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>22</b>

## KUVAT

Kuva 1. GPRS käyttää GSM-yhteyksiltä jääviä vapaita aikavälejä	2
Kuva 2. AMR-järjestelmän lohkoakaavio	3
Kuva 3. Ragowskin käämiin mittausperiaate ja yhden käämin silmukka	5
Kuva 4. Iskraemeco MT371-sähköenergiamittari	7
Kuva 5. P2LPC-keskitin ja sen liitännät	8
Kuva 6. Iskraemeco 20320-D1 etäkatkaisulaite	9
Kuva 7. Testausaseman rakenne	13
Kuva 8. Testausohjelman käyttöliittymä	14
Kuva 9. Testausohjelman mittausraportti	16
Kuva 10. Testausaseman rakenne ensimmäisten mittausten aikana	18

## TAULUKOT

Taulukko 1. CENELEC 50065-1 taajuusalueet	11
Taulukko 2. Mittaus ilman kuormaa	16
Taulukko 3. Mittaus kuormalla	16

## KÄYTETYT LYHENTEET

AMR	Automaattinen energiamittausverkko (Automatic Meter Reading)
DLC	Datasähköä, eli tiedonsiirtoa sähköverkossa (Distribution Line Communication)
FTP	Tiedonsiirtomenetelmä kahden tietokoneen välille (File Transfer Protocol)
GPRS	GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu (General Packet Radio Service)
GSM	Mobiliverkko (Global System for Mobile Communications)
IEC	Kansainvälinen Sähkötekniikan Komitea (International Electrotechnical Commission)
IP	Internettiin kytketyn laitteen yksilöllinen numero-sarja (Internet Protocol)
kWh	Kilowattitunti
LabVIEW	Visuaalinen ohjelmointikieli (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)
PSTN	Kokoilma kaikista kätetyistä piiri-puhelinverkoista (public switched telephone network)
PVC	Muovityyppi (Polyvinyl chloride)
RS	Sarjaporttityhteys (Recommended Standard)
S-FSK	Taajuusmodulaatio jossa dataa siirretään kanta-aallolla (Spread Frequency Shift Key)
SIM	Älykortti jota käytetään yksilöllisen matkapuhelinliittymän tietoturvalliseen tallentamiseen (Subscriber Identity Module)
VI	LaBVIEW:issa käytetty Virtuaalinen työkalu (Virtual Instrument)
VPN	Etäyhteys internetin kautta paikalliseen tietokoneeseen (virtual private network)

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli valmistaa testausasema etäalueattaville sähköenergiamittareille ja työn merkittävin osa oli LabView-ohjelmiston laatiminen.

Suurista sähkön etämittausjärjestelmistä on tehty useita opinnäytetöitä. Pekka Rintala on tehnyt ”Mittaus-kaavioiden käyttö jakokeskussuunnittelussa” ja Pertti Pakonen pitänyt Fortumin seminaarin ”PLC-Seminaari”. Nämä antoivat kokonaiskuvaa tämän työn laatimiseksi [1] [2].

Opinnäytetyön alussa keskitytään testausohjelman tekemiseen ja tässä tapahtuvien ongelmakohtien ratkaisuun. Ensimmäisten testimittaukset suoritettiin KENET Oyj:illä testipisteessä ja tässä avulla pyrittiin kartoittamaan mahdolliset ongelmakohdat. Muutosten jälkeen työssä suoritettiin lopputestaukset ja lopullisten tulosten analysointi.

Aluksi työssä käsitellään tiedonsiirron ja sähkömittauksen teoriaa. Luvussa 3 käsitellään tarkemmin sähkömittauksessa käytettäviä laitteita ja spesifikaatioita. Luvussa 4 keskitytään testausohjelmaan ja itse testausasemaan. Lopuksi pohditaan myös tulevaisuuden kehitystä ja laaditaan yhteenveto koko testausasemasta.

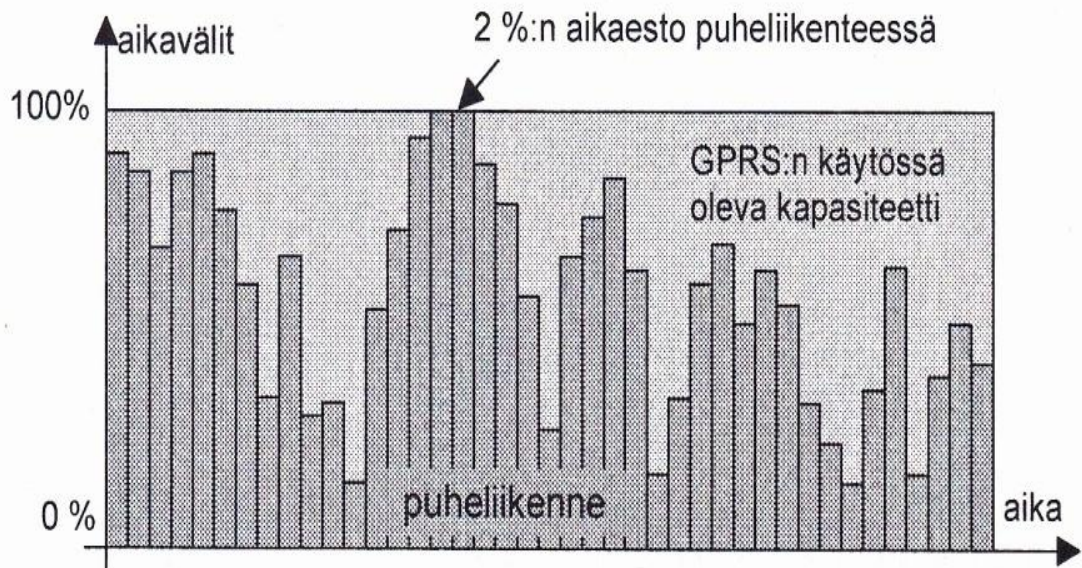
## 2 TIEDONSIIRRON JA SÄHKÖMITTAUKSEN TEORIAA

### 2.1 Etäyhteyden muodostaminen

Sähköenergiamittarin etäyhteys on toteutettu sähköverkon kautta tai langattomasti radiopuhelinverkossa. Suurin osa sähköenergiamittareiden tiedonsiirrosta tapahtuu sähköverkon välityksellä keskittimiin, täältä etäyhteys on rakennettu radiopuhelinverkon kautta energialaitokselle [2].

### 2.2 GPRS

GPRS on tiedonsiirtopalvelu joka toimii GSM verkossa. GPRS:ää käytetään langattoman internet-yhteyden muodostamiseen GPRS-sovittimen avulla. Tekniikka käyttää GSM-yhteyksiltä jääviä vapaita aikavälejä datan siirtämiseen [3, s.49–50 ].



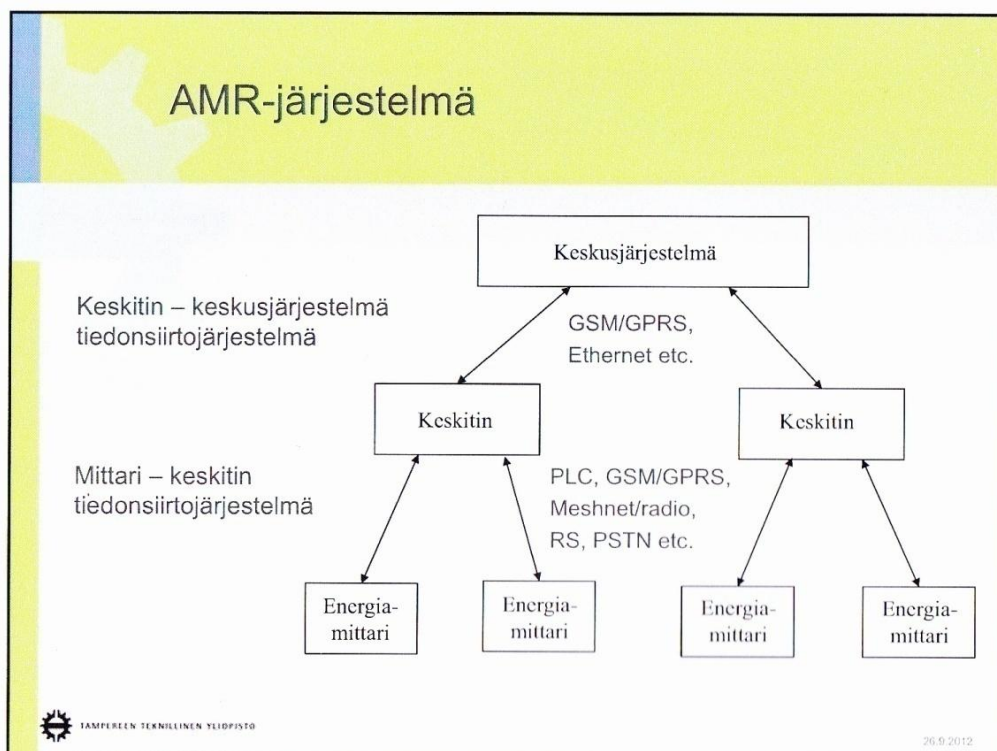
Kuva 1. GPRS käyttää GSM-yhteyksiltä jääviä vapaita aikavälejä. [3, s.50]

### 2.2.1 GPRS -verkko

Palveluun tarvitaan myös IP-pohjainen GPRS-runkoverkko, energiamittauksessa tämä on toteutettu olemassa olevalla infrastruktuurilla käyttäen AMR-tekniikkaa [2] [3]. Tyypillisesti tämä tekniikka mallinnetaan kahdella eri tavalla ”Tähti” ja ”Silmukka”.

Tähtimuotoisessa verkostossa jokainen mittari kommunikoi itse suoraan keskittimen kanssa. Tämä vaatii verkoston tarkkaa suunnittelua ja korkeita lähetystehoja kattamaan pitkiä etäisyyksiä keskittimen ja mittarin välillä.

Silmukkaverkostossa kaikki mittarit voivat kommunikoida suoraan keskittimen kanssa, mutta voi myös vastaanottaa ja välittää viereisten mittareitten tietoa. Liittyäkseen silmukkaverkkoon, sähkömittarin täytyy vain saada yhteys lähimpään mittariin. Toisin kuten tähtiverkostossa, Silmukkaverkoston keskittimet kerää mittareilta informaatiota laajalta alueelta. Keskittin tarvitsee vain olla yhteyksessä yhteen verkoston sähkömittariin toimiakseen [4] [5].



Kuva 2. AMR-järjestelmän lohkokaavio. [2]

### 2.3 Syöttölinjan yhteys, DLC

Suurin osa sähköenergiamittareiden datasiirrosta tapahtuu sähköverkon kautta hyödyntäen vuorosuuntaista half-duplex kommunikointityyppiä. Half-duplex kommunikointityyppi sallii datan siirtymisestä laitteelta toisella, mutta ei samanaikaisesti. Kommunikointi tapahtuu muuntamoihin asennettujen keskittimien ja mittauskohteissa olevien mittareiden välillä [6].

Sähköverkon luonteesta johtuen on DLC-tiedonsiirrossa käytetty ratkaisua, joka on standardin CENELEC 50065-X mukainen [7]. CENELEC 50065-X standardi rajoittaa ja estää kommunikoinnin aiheuttamia häiriöitä verkon ulkopuolelle. Tämän tekniikan käyttö tulee tulevaisuudessa yleistymään entistä enemmän ja sitä kehitellään edelleen [1] [2].

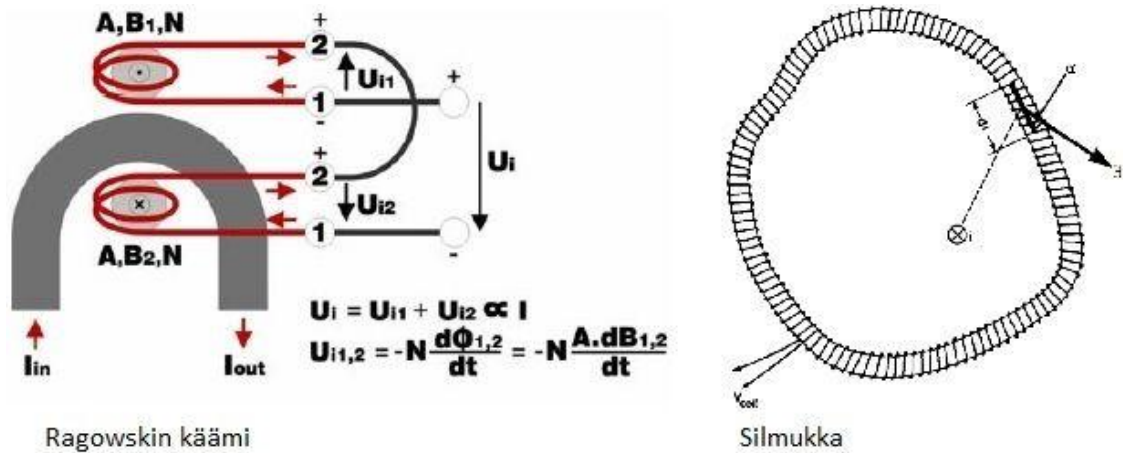
DLC on saanut suuren suosion smart grid kaupungeissa, koska ei ole tarvetta rakentaa erillistä verkkoa tai hankkia uusia laitteita. Smart grid kaupungeissa on sähköverkko, joka hyödyntää tietoliikenne teknologiaa tiedon keräämiseen ja sen hyödyntämiseen. Tämä automatisoitu verkko parantaa tehokkuutta, toimintavarmuutta ja kustannus-tehokkuutta. DLC toimii myös siellä missä RF signaalit eivät, esimerkiksi asuntojen kellareissa.

DLC datasiirto käyttää hyväkseen olemassa olevaa pienjänniteverkon 15 – 500 kHz:in korkeampia taajuuksia, kahdella kapeakaistaisella S-FSK kantoaallolla jossa perustaajudet ovat 93600 Hz ja 83200 Hz [1] [6] [7].

### 2.4 Sähkönmittauksen perusteet

Perinteisesti sähköenergia on mitattu induktioperiaatteeseen pohjautuvalla sähköenergiamittarilla. Induktiomittarissa on alumiinikiekko joka pyörii moottorin tavoin, kun mittarin jännite- ja virtakäämeissä kulkee virta. Kiekon pyörimisnopeus on verrannollinen jännitteeseen ja syötettyyn virtaan. Kuvassa 3 nähdään tarkemmin vaiheen mittaus.

Etäluettavien sähköenergiamittareitten mittauselementti perustuu Ragowskin käämiin, tämä mittaa muutoksia induktoidussa jännitteessä. Jokaisella vaiheella on kaksi käämiä, ensimmäinen käämi mittaa sisääntulojännitteen ja toinen ulkopuolista häirintää. Ragowski käämeistä saatu ulostulosignaali integroidaan, vahvistetaan ja kerrotaan mittausjännitteellä ja lähetetään sähkömittarin mikroprosessorille [8] [9].



Kuva 3. Ragowskin käämiin mittausperiaate ja yksi käämin silmukka [8].

Ragowskin käämin mittausperiaate on suoraan verrannollinen Amperin lakiin. Ragowskin käämi tunnistaa johtimen ympärillä olevaa magneettikenttää, Amperin laki hyväksikäyttäen saadaan virran ja magneettikentän välinen yhteys.

Kun virta kohtisuorassa magneettivuon tiheyden  $B_1$  ja  $B_2$  kanssa (äärettömän ohut) kohdasta laskettu jännite, tässä  $n$  lohkon magneettivuo  $d\phi$  ja  $\phi$  on koko silmukan magneettivuo.

$$d\phi = \mu_0 H A n dl \cos \alpha$$

$$\phi = \int d\phi = \mu_0 n A \int H \cos \alpha dl = \mu_0 n A i$$

$N$  osoittaa virran vuon suuntaa,  $A$  on silmukan pinta-ala,  $H$  on magneettikenttä,  $dl$  on leikkauskohdan pituus,  $\cos L$  on silmukan ja magneettikentän välinen kulma [8] [9].

$\mu_0$  = magneettivakio eli tyhjiön permittiivisyys  $4\pi * 10^{-7} \frac{H}{m}$

$U_i$  on johtimien välinen kokonaisjännite

$$U_i = -\frac{d\phi}{dt} = -\mu_0 n A \frac{di}{dt}$$

## 3 SÄHKÖNMITTAUKSEN LAITTEET JA SPESIFIKAATIOT

### 3.1 Iskraemeco MT371/MT372 sähköenergiamittari

Iskraemeco MT371 ja MT372 ovat rakenteeltaan samat mutta MT372 on lisäksi GPRS lähetin. MT372 käytetään ainoastaan kohteissa jossa DLC yhteyden toteuttaminen ei ole mahdollista. MT371 on elektroninen sähköenergiamittari joka on suunniteltu mittaamaan ja rekisteröimään aktiivista kolmivaiheista sähköverkkoa. Kuva 4. Iskraemeco MT371 sähköenergiamittari [8].

MT371 mittaa käyttökohteen kulutusta jatkuvasti, mittaustuloksia mittari tallentaa 60 sekunnin välein. Näistä tuloksista mikroprosessori summaa lokitiedostoon tunnin välein mittaustulokset.

Mittarilla on mikrosiru jokaiselle vaiheelle L1, L2, L3 ja virtalähde. Täältä tieto siirretään mikroprosessorille josta mittari pitää puskurimuistia jopa 3 kuukauden ajalta. Jos sattuu sähkökatkos tai yhteysongelma, tiedot saa haettua jälkikäteen mittarin puskurimuistista [8].



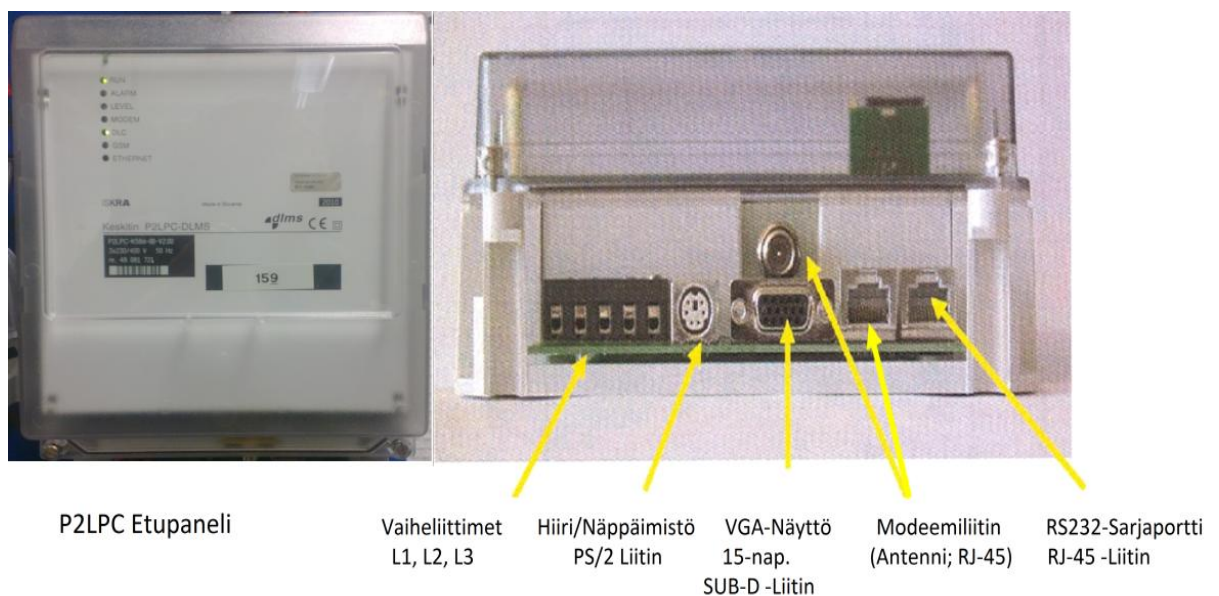
Kuva 4. Iskraemeco MT371 sähköenergiamittari [8]

### 3.2 P2LPC keskitin

Keskitin P2LPC kuvassa 5 on olennainen osa automaattista mittausjärjestelmää. Keskitimessä on integroitu tietokone, jossa on 32-bittinen prosessori. Se on riittävän tehokas suorittamaan Windows CE-käyttöjärjestelmää. Keskitin kerää mittaustiedot sen toiminta-alueella toimivilta mittareilta kahdella kommunikointimenetelmällä; DLC:llä tai GPRS:llä. Keskitimen emolevyssä on sisäänrakennettu DLC- ja GPRS-modeemi, tämä mahdollistaa kommunikoinnin mittareiden ja keskusjärjestelmän kanssa. Keskitimessä on myös optiona Ethernetliitäntä mahdollista ulkoista verkkoa varten [10].

DLC-modeemi on liitetty sisäisellä kytkennällä pienjänniteverkkoon. Modeemin yhteys ja synkronisointi pienjänniteverkon taajuuteen on toteutettu kaikkiin kolmeen vaiheeseen. DLC-modeemia ohjaava ohjelma tukee tiedon lähettämistä ja vastaanottamista kaikissa vaiheissa samanaikaisesti tai jokaisessa vaiheessa erikseen.

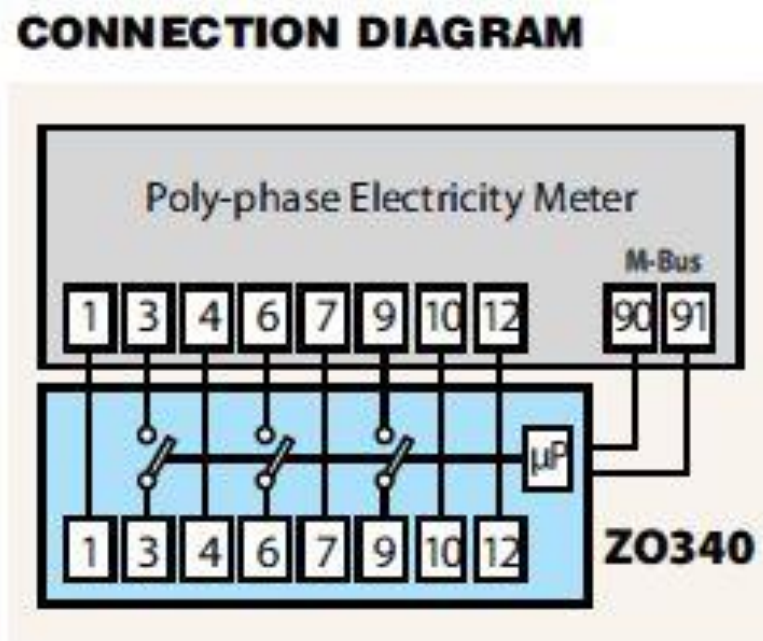
P2LPC-keskitimessä on myös sisäänrakennettu GPRS-modeemi. Keskitimellä on oma uniikki SIM-kortti ja pysyvä IP-osoite. Keskusjärjestelmä kommunikoi keskitimen kanssa FTP-yhteydellä GPRS-modeemin kautta [4] [6].



Kuva 5. P2LPC keskitin ja sen liitännät [10]

### 3.3 Iskraemeco ZO32-D1 Etäkatkaisulaite

ZO32-D1 etäkytkentälaitte on suoraan yhteensopiva Iskraemeco MT370 sarjan energiamittareihin. Etäkytkentälaitteessa on valinnainen suoja jännitepiikeille ja yhdessä sähköenergiamittarin kanssa mahdollistaa etäisen sähkön kytkennän [11].



Kuva 6. Iskraemeco ZO320-D1 Kyt Kentäkaavio. [11]

### 3.4 Raportointi

Iskraemeco MT371 sähköenergiamittari tallentaa asiakkaan sähkönkulutuksen jatkuvasti ja tekee mittaustuloksista raportin tunnin välein. Noin 8 tunnin välein käsketään keskitintä hakemaan mittareilta mittaustiedot, ne tallentuvat keskittimen muistiin. Keskusjärjestelmä hakee tiedot keskittimeltä. Kommunikointi keskittimen kanssa toteutetaan yleisesti puhelinverkon välityksellä. FTP-yhteydellä lähetetään käsky keskusjärjestelmästä ja keskitin hakee mittareilta mittaustulokset, tämän jälkeen ladataan tulokset keskusjärjestelmään [1] [2] [8].

### 3.5 Standardit

#### 3.5.1 Sähkönmittaus standardi IEC 62056

IEC 62056 on kokoelma standardeja sähkön mittaamiseen. Standardit ovat International Electrotechnical Commissionin (IEC) sähkön mittaamiseen, tarffiin ja kuorman valvontaan keskitetyjä standardeja.

Standardit pitävät sisällään linjaukset datayhteyteksiin. Protokollat hyväksyvät myös mittareiden ohjelmoinnin ja uudelleenohjelmoinnin. Datayhteys voi olla jatkuva tai katkaistavissa riippuen siitä, onko käytössä elektroninen tai optinen kytkentä.

Jos käytössä on elektroninen kytkentä, on suotavaa että se on jatkuva yhteys, kun lueattavissa on enemmän kuin yksi tarffi. Optinen yhteys pitäisi taas olla helposti katkaistavissa, jotta kämmenlukijalla olisi mahdollista saada mittaustulokset.

Protokollat on erityisesti suunniteltu sähkömittausympäristöön, etenkin kun kyseessä on sähkön eristäminen ja tietoturva. Vaikka protokollat ovat hyvin tarkkarajaisia, niiden käyttö ja sovellus on täysin käyttäjän käsissä. Tässä tapauksessa kyseessä on suljettu ympäristö [7] [12].

#### 3.5.2 CENELEC 50065-X

Eurooppalainen DLC-standardi on määritelty CENELEC 50065-1. Tämä standardi määrittelee hyväksytyt taajuusalueet tiedonsiirrossa, maksimiamplitudit ja häiriörajat ympäröiville taajuuskaistoille. Taulukossa 1 esitetään CENELEC 50065-1 kaikki tarvittavat taajuusalueet ja niiden käyttötarkoitus [12].

Taulukko 1. CENELEC 50065-1 taajuusalueet. [12]

Band	Frequency range	Purpose
	3 kHz - 9 kHz	for electric distribution companies use only
A	9 kHz - 95 kHz	for electric distribution companies use and their licenses
B	95 kHz - 125 kHz	available for consumers with no restriction
C	125 kHz - 140 kHz	available for consumers only with media access protocol
D	140 kHz - 148.5 kHz	available for consumers with no restriction

Kokkolan energia käyttää DLC -yhteyksissään 93600 Hz ja 83200 Hz taajuuksia, Nämä sijoittuvat CENELEC A kaistalle. CENELEC A on rajoitettu lisensoituille sähkönjakeluyrityksille [12].

## 4 TESTAUSOHJELMA

### 4.1 Projektin taustatiedot ja osapuolet

Projektin osapuolet olivat Kokkolan Energia ja KENET Oyj. KENET Oyj on sähkömittaukseen erikoistunut osasto Kokkolan Energialla, joka toimittaa ja asentaa sähkömittaukseen tarvittavat laitteet, hoitaa mittareitten päivitykset ja ylläpidon yksityishenkilöille ja yrityksille. KENET Oyj hoitaa koko Kokkolan alueen sähkömittauksen ja siihen kuuluvat työt.

Vuoden 2013 loppuun mennessä 80% sähkökäyttöpaikoista tulee olla varustettuna tuntimittaukseen perustuvilla ja etäluettavilla sähkökulutuksen mittauslaitteistolla. Tämä takaraja tuo asennettavaksi suuren määrän mittareita ainakin Kokkolan seudulle [2].

Tämän työn tarkoituksena oli kehittää KENET Oyj:lle ohjelmisto, joka helpottaisi sähköenergiamittareitten testausta. Tehdasasetuksilla olevat mittarit eivät suoraan toimi Kokkolan runkoverkossa, vaan näihin joutuu tekemään ohjelmistopäivitykset ja tämän jälkeen tarkistaa, että niihin vielä saa yhteyden.

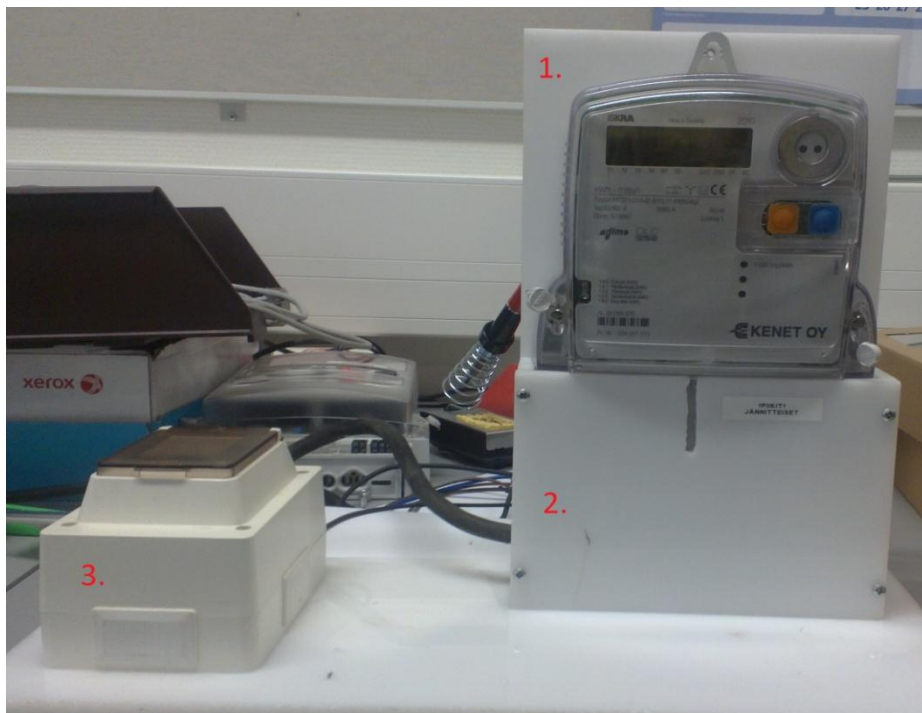
Ongelmana oli myös viallisten sähköenergiamittareiden korjausten ruuhkautuminen ja näissä epäillään olevan inhimillisiä ohjelmistopäivitysvirheitä.

### 4.2 Testausohjelman tavoitteet

Ennenkaikkea ohjelmiston ja testausaseman käyttö tulee olla helppoa ja vaivatonta. Testausaseman tulee käydä läpi kaikki sähköenergiamittarissa toimivat ohjelmistot ja niiden käskyt. Testausohjelma tekee testituloksista taulukot, joista on helppo päätellä onko energiamittari viallinen vai ehjä.

### 4.3 Testausaseman rakenne

Testausasema on rakennettu mahdollisimman helppokäyttöiseksi. Kuvassa 7 on testausasema ja sen liitännät. Testausaseman releet hoitavat sähkön ja kuorman kytkennät, jotka ovat automatisoitua testausohjelmalla.



Kuva 7. Testausaseman rakenne.

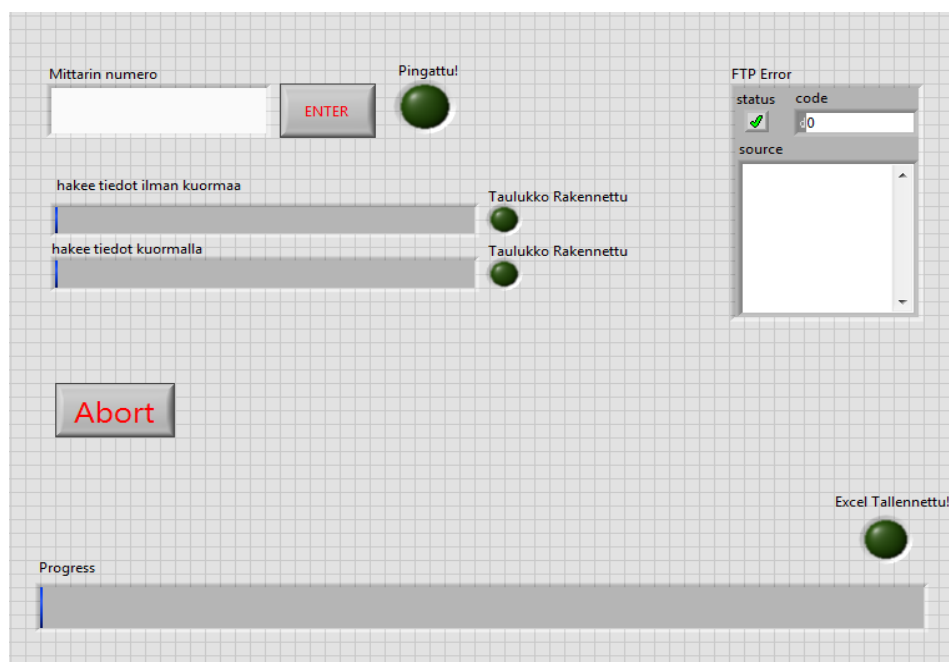
1. Testiadapterin runko-osia
2. Jännitenastat ja ohjausreleet kuormaa varten.
3. Jännitesyöttö ja sulake.

Runko koostuu polyvinyylikloridi (PVC) muovista. PVC valittiin testauspisteen materiaaliksi sen erinomaisten eristys ominaisuuksien ansiosta. PVC on myös helppo työstää ja tähän on helppo tehdä muutoksia tarvittaessa. Rungossa on sisäänrakennettu ISCRAEMECO 20320-D1 etäkatkaisulaite, jossa on jokaiselle vaiheelle oma rele. Relettä pystytään ohjamaan etäisesti mittauskäskyjen ohessa.

#### 4.4 Testausohjelman rakenne

Ohjelma on rakennettu LabVIEW:n Case Structurella. Tämä helpottaa ohjelman seuranta ja tekee järjestyksestä loogisen. Case Structuressa suorittaa yhden tai useamman tapahtuman. Tapahtumat suoritetaan järjestyksessä, joka toimii kuten kirja jossa luetaan sivu kerrallaan. Valitsin tämän suoritustavan sen suoraviivisuuden ja selkeyden takia. Ohjelman kulkua on helppo seurata ja parantaa kun siinä edetään toiminto kerrallaan ja yhdistetään ne seuraavaan.

Testausohjelma on 27 tapahtumaa pitkä. Alussa ohjelma kääkee käyttäjää syöttämään halutun mittarin sarjanumeron, ohjelma kytkee mittareille virran ja tarkistamaan onko mittari yhteydessä keskittimeen. Jos ohjelma ei havaitse mittaria, ilmoittaa se käyttäjälle listan kaikista näkyvistä mittareista [13]. Kuvassa 8 nähdään ohjelman päänäkymä.



Kuva 8. Testausohjelman käyttöliittymä.

Kun haluttu mittari on paikallistettu, ohjelma suorittaa vielä yhteydestä tarkistuksen jonka jälkeen se aloittaa mittarin testauksen.

Tämän jälkeen ohjelma käskee mittarin suorittaa sähkömittauksen ilman kuormaa noin 3 minuutin ajalta, nämä tiedot tallennetaan. Tallennuksen j lken rele kytkee kuorman ja ohjelma käskee mittarin mitata sähkönkulutuksen kuormalla.

Mittausk skeyten jälkeen ohjelma kokoaa mittaustuloksista taulukot ja tallentaa nämä valmiille Excel-pohjalle, tämä toimii myös samalla mittausp yt kirjana. Raportista näkee helposti mittaustulosten arvot ja että ovatko ne sallitujen rajojen sisällä. Jos poikkeamia tulee, mittarissa on yleensä mekaaninen ongelma.

#### 4.4.1 Testaustulokset ja raportointi

S hk energiamittarin mittaustulokset tallentuvat sen puskurimuistiin, päivämäärä- ja aikajärjestykseen, aina viimeisen mittauksen jälkeen. Jos on ollut sähkökatkoja tai ongelmia mittauksissa, harppauksia voi tapahtua tai vanhempia mittaustuloksia voi jäädä muistiin.

Testausohjelma suorittaa noin 3 minuutin mittaukset, ilman kuormaa ja kuorman kanssa. Mittaustulokset tallentuvat Excel-tilukoihin, taulukoihin 2 ja 3. Sähköenergiamittari mittaa tietyin aikavälein y - , päivä- ja kokonaisenergian kulutuksen. Testausohjelma suodattaa mittaustuloksista 1.8.0 kokonaisenergian, nämä ovat sähköenergiamittarin toimintaan tärkeimmät lukemat [8].

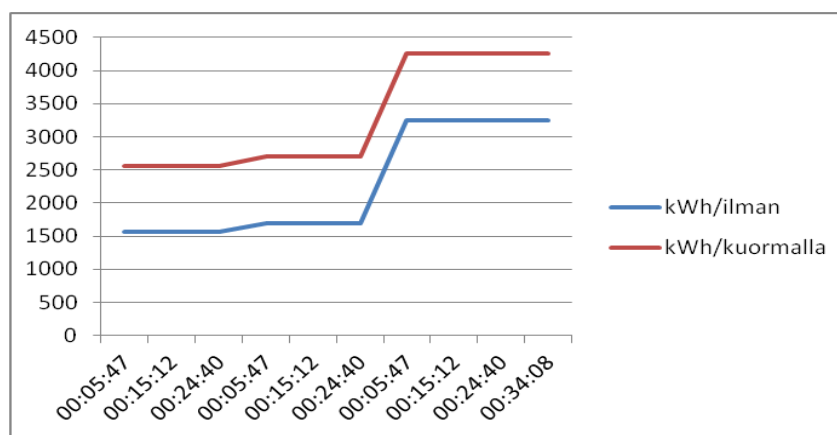
1.8.0 tuloksista rakennetaan erilliset taulukot, aikajärjestyksessä. Taulukot viedään valmiiseen Excel-pohjaan ja nimetään sähköenergiamittarin sarjanumeron ja päivämäärän mukaan. Excel-tiedosto tallennetaan KENET Oyj:n palvelimelle, kuvassa 9 nähdään esimerkkimittauksesta Excel-raportti.

Taulukko 2. Mittaus ilman kuormaa

kWh/ilman	Aika	PVM
1558,665	00:05:47	1.5.2013
1558,665	00:15:12	1.5.2013
1558,665	00:24:40	1.5.2013
1694,4	00:05:47	1.5.2013
1694,4	00:15:12	1.5.2013
1694,4	00:24:40	1.5.2013
3253,065	00:05:47	1.5.2013
3253,065	00:15:12	1.5.2013
3253,065	00:24:40	1.5.2013
3253,065	00:34:08	1.5.2013

Taulukko 3. Mittaus kuormalla

kWh/kuormalla	Aika	PVM
2558,665	00:05:47	1.5.2013
2558,665	00:15:12	1.5.2013
2558,665	00:24:40	1.5.2013
2694,4	00:05:47	1.5.2013
2694,4	00:15:12	1.5.2013
2694,4	00:24:40	1.5.2013
4253,065	00:05:47	1.5.2013
4253,065	00:15:12	1.5.2013
4253,065	00:24:40	1.5.2013
4253,065	00:34:08	1.5.2013



Kuva 9. Testiohjelman mittausraportti.

## 5 TESTAUSOHJELMAN KEHITYS JA VARAUKSET JATKOKEHITTELYLLE

### 5.1 Käytetty ohjelmisto

Testausohjelman päädyttiin tekemään National Instrumentin Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench visuaalisella ohjelmointikielellä. LabVIEW-ohjelma sisältää valmiita työkaluja ja moduuleja erilaisiin tehtäviin ja tämä tekee siitä helppokäyttöisen työkalun erilaisten testiohjelmien rakentamiseen.

LabVIEW sitoo käyttöliittymän (etupaneelin) luomisen osaksi tuotekehitystä. LabVIEW:in ohjelmia / aliohjelmia kutsutaan virtuaali instrumenteiksi, eli VI:ksi ja nämä sisältävät kolme komponenttia: lohkokaaavion, etupaneelin ja liitinpaneelin. Liitinpaneeli edustaa lohkokaaavion eri VI:tä ja etupaneeli on rakennettu ohjaimilla ja ilmaisimilla [13].

### 5.2 Ensimmäiset testaukset

Ohjelmiston ensimmäiset testimittaukset suoritettiin keväällä 2013. Alkumittauksista selvisi, että ohjelman runko oli hyvä, mutta monilla osa-alueilla oli vielä parantamisen varaa. Käytyä neuvotteluja esimiehen ja kollegojen kanssa paikannettiin suurimmiksi ongelmiksi sekä käyttäjäystävällisyys, suoraviivaisuus ja pienempien virheiden korjaaminen.

Esimiehellä on pitkä kokemus LabVIEW:stä, joten käyttäjäystävällisyys oli vaatimus kollegoilta. Ohjelman tulisi olla helppo käyttää, eikä tarvitsisi uudelleenopettelemista vaikka tulisi taukoja käyttökertojen välissä. Tähän keskityttiin erityisen paljon ja kollegat pidettiin ohjelman etenemisestä ajan tasalla. Käytön helppouden lisäksi haluttiin latauspalkit, jotta ohjelman etenemisen seuraaminen helpottuisi ja saisi varmuuden ettei se ole pysähtynyt kesken testauksen.

Testimittausten aikana huomattiin, että ohjelmasta piti tehdä suoraviivaisempi, mittaus- tulosten hakua ja prosessointia piti nopeuttaa. Energiamittarit pitävät puskuri-

muistissaan 3 kk mittaustuloksia ja testiohjelma tarvitsee vain uusimmat, valvotussa mittaussympäristössä tehdyt mittaukset.

Testausohjelma on yhteydessä keskittimeen File Transfer Protocol (FTP)-yhteydellä. Tämä on toteutettu erillisillä LabVIEW FTP-moduleilla, tämä huomattiin ongelmaksi ensimmäisten mittausten aikana. Keskittimen välimuisti täyttyi, kun FTP-yhteyksiä oli liian monta, tästä aiheutui keskittimen kaatuminen.

Suurempien ongelmien lisäksi havaittiin pieniä ohjelmistovirheitä. Katkaisulaitteen releiden ohjaaminen käskykomennolla ei toiminut, tämä ilmeni raportissa, kun mittaustulokset kuormalla ja ilman kuormaa olivat täsmälleen samat. Kuvassa 10 näemme testauspisteen ensimmäisten testimittausten aikana.



Kuva 10. Testausaseman rakenne ensimmäisten mittausten aikana.

### 5.3 Muutokset ja niiden vaikutukset

Tiedon haku, etäkatkaisulaitteen toiminnot ja käyttäjäystävällisyys vaativat muutoksia. sähköenergiamittarin puskurimuistissa on monen kuukauden tiedot josta halutaan vain tuoreimmat mittaustulokset. Testauhjelma haki kaikki halutut kohdat puskurimuistista. Ohjelman nopeuttamiseksi mittaustulokset rajattiin 10:een tapahtumaan ja kriteeriksi päivämäärän todennettavaksi lisättiin myös mittausaika.

Releiden ohjaaminen suunniteltiin 5 V pulssin avulla. Testausohjelmassa lähetti releille 5 V pulssin USB-portin kautta. Ohjelman tehostamiseksi tämä muutettiin, ja releiden tilalle asennettiin etäkatkaisulaite jota ohjataan mittauskäskyn avulla. Tämä muutos nopeutti ohjelmaa ja minimoi viiveitä. Katkaisulaitteessa havaitut ongelmat korjautuivat vaihtamalla keskitintä, koska se ei kyennyt käsittelemään katkaisulaitteelle lisättyä komentoriviä.

Käyttäjäystävällisyys oli hyvin tärkeä osa, nämä muutokset tehtiin tiiviissä yhteistyössä kollegojen kanssa. Energiamittarin testaus kestää noin 5 min, tähän he halusivat latauspalkkeja jotta ohjelman etenemistä olisi helppo seurata. Latauspalkkien sijoittelu ja selkeyttäminen oli tärkeä lisä ohjelmaan. Ohjelmaan syötettävä tieto tehtiin myös mahdollisimman pieneksi.

#### 5.3.1 FTP muutoksia

Testauhjelman suurin muutos oli FTP-osuudella. Testausohjelma oli rakennettu LabVIEW:in yksittäisillä FTP-moduuleilla. FTP-moduulit rakensivat yhteyden ja suorittivat tietyn tehtävän, kaikki mittaus- ja tuloskäskyt suoritettiin FTP-yhteyksillä. Ongelmaksi aiheutui FTP-yhteyksien määrä, tämä kuormitti keskitintä liikaa ja lopputuloksena oli yhteyden katkeminen.

Ratkaisu ongelmaan oli muuttaa FTP-siirto istunto koko ohjelman mittaiseksi, yksi sisäänkirjautuminen, jonka aikana tapahtuu kaikki FTP-siirrot. Tämä vähensi keskittimen rasitusta ja nopeutti ohjelman kulkua huomattavasti [13].

### 5.3.2 Mittaustulosten ja raportoinnin optimointia

Sähköenergiamittareitten rekisteri sisältää noin 3 kk:n mittaustulokset. Tämä tiedosto on 19801 merkkiä pitkä. Kiinnostuksen kohteena on 10 tuoreinta mittaustulosta, tämän rajattiin päivämäärän ja ajan mukaan.

Näistä kymmenestä mittaustuloksesta testausohjelma rakentaa Excel-taulukon ja sijoittaa tulokset valmiiseen Excel-pohjaan joka toimii testauspöytäkirjana. Testauspöytäkirja tallentuu verkkokovalevylle automaattisesti.

### 5.4 Kehitys- ja laajennusehdotukset

Vaikka testausohjelma suoriutui tehtävästään positiivisin tuloksin, on ohjelmassa varmasti vielä kehittämisen varaa. Ohjelman runkoa voi soveltaa ja laajentaa moniin eri tehtäviin etäluettavien sähköenergiamittareiden verkossa.

Testausohjelman laajempi käyttö sähköenergiamittareiden päivityksessä ja yksittäisten mittareiden mittaustulosten haku on yksi kehitysehdotuksista. Kun uusia sähköenergiamittareita tilataan, voidaan testausohjelman avulla päivittää mittarin ohjelmisto ja samalla testata mittari. Ohjelman avulla jokaiselle mittarille tulisi varmasti oikea ohjelmaversio ja raportti sen toimivuudesta.

Testausohjelman runkoa voisi myös soveltaa yksittäisten mittaustulosten hakuun. Yhteyksien ongelmatilanteissa, tietyn mittarin tuloksia eivät ole raportoitu. Testiohjelman voisi soveltaa helppokäyttöiseksi työkaluksi laskutukseen, he voisivat hakea halutut mittaustulokset ja saada puuttuvista tuloksista raportin.

Ohjelmaan tullaan myös lisäämään sähköenergiaenergiamittareitten ohjelmistopäivitykset. Tämä tulee mahdollistamaan varman tavan poistaa inhimilliset erehdykset mittarin ohjelmistosta.

Testausohjelman runkoon voisi myös lisätä VPN-sovellus, tämä mahdollistaisi täyden etäkäytön ja ohjelman käyttö tapahtuisi turvallisesti sisäisessä verkossa. Tämä sovellus löytyy jo Iskraemecolta:lta mutta sitä ei ole otettu käyttöön, turvallisuussyistä.

## 6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää helppokäyttöinen testausohjelma Sähköenergiamittareiden testaamiseen. Pyrittiin alusta asti tekemään luotettava ja läpikotainen testiohjelma, mutta samalla pitää sitä helppokäyttöisenä.

Opinnäytetyössä tutkittiin alan kirjallisuutta ja internet-julkaisusta kerättyä teoriaa sähkön etämittauksen eri vaiheista ja standardeista. Näillä teoreettisilla tiedoilla saatiin selville taustat ja ongelmatilanteet jotka testausohjelma piti suorittaa. Tiedon keruussa hyödynnettiin osaston esimiehen tietotaitoa.

Käytännön osuudessa suoritettiin testimittaukset KENET Oy:llä ja niiden perusteella ryhdyttiin parantamaan testiohjelman eri vaiheita.

Muutosten jälkeiset mittaukset osoittivat ohjelman ongelmakohtien poistuneen ja testiohjelma toimi huomattavasti nopeammin. Suurimmaksi ongelmaksi osoittautui FTP-yhteyden monikertaisuus. Käyttämällä vain yhtä pysyvää yhteyttä osoittautui toimivaksi ratkaisuksi.

Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehty testiohjelma etäluettaville sähköenergiamittareille nopeutti viallisten mittareiden testausta huomattavasti.

## LÄHTEET

- [1] Rintala, P. 2010. Mittauskaavioiden käyttö jakokeskussuunnittelussa. Tampere: Tampereen Ammattikorkeakoulu. (Viitattu 07.05.2013).  
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13308/Rintala.Pekka.pdf?sequence=1>
- [2] Pakonen, P. 2012. PLC –Seminaari. Espoo: Fortum Sähkösiirto Oy
- [3] Penttinen, J. 2001. GPRS-tekniikka. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy
- [4] Kari, H. 1998. GPRS. Helsinki University of Technology. (Viitattu 23.04.2013).  
<http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38001/s98/SESSION3.PDF>
- [5] Herring, R. 2013. A Fresh Approach to AMR Networking. Electric Energy Publications Inc. (Viitattu 05.05.2013).  
[http://www.electricenergyonline.com/?page=show\\_article&mag=33&article=265](http://www.electricenergyonline.com/?page=show_article&mag=33&article=265)
- [6] Zdeněk, K. 2009. Power-Line Communication - Regulation Introduction, PL Modem Implementation and Possible Application. Czech Republic: Motorola Czech Systems Laboratories. (Viitattu 20.05.2013).  
<http://www.urel.feec.vutbr.cz/ra2007/archive/ra2002/pdf/41.pdf>
- [7] International Electrotechnical Commission. 1998. Communication requirements and standards for low voltage mains signaling (Viitattu 23.10.2013)
- [8] Iskraemeco Energy Measurement and Management, MT171  
<http://www.iskraemeco.si/emecoweb/eng/index.html>
- [9] D.A Ward ja J. La. T Exon. 1993. Using Ragowski coils for transient current measurements. IET: Engineering science and education journal. (Viitattu 24.10.2013)  
<http://homepage.ntlworld.com/rocoil/Pr7o.pdf>
- [10] Iskraemeco P2LPC Keskittimen Tekninen kuvaus  
<http://www.iskraemeco.si/emecoweb/eng/index.html>
- [11] Iskraemeco Energy Measurement and Management, ZO32-D1  
<http://www.iskraemeco.si/emecoweb/eng/index.html>

[12] International Electrotechnical Commission. 2002. International IEC 62056 -21 Standard. (Viitattu 22.04.2013).

[https://docs.google.com/viewer?url=http://212.175.131.171/IEC/iec62056-21%257Bed1.0%257Den\\_.pdf&chrome=true](https://docs.google.com/viewer?url=http://212.175.131.171/IEC/iec62056-21%257Bed1.0%257Den_.pdf&chrome=true)

[13] National Instruments, LabVIEW system design software. (Viitattu 03.06.2013).

<http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/fi/>