



Toni Karnaranta

TAAKKAMITTARI

TAAKKAMITTARI

Toni Karnaranta
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma, elektroniikkasuunnittelu ja testaus

Tekijä: Toni Karnaranta

Opinnäytetyön nimi: Taakkamittari

Työn ohjaaja: Ensio Sieppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2011 Sivumäärä: 38 + 6 liitesivua

Opinnäytetyön lähtökohtana toimi Polarmit Oy:n opinnäytetyönä teettämä prototyyppi mittauspääkeskuksissa käytettävän virtamuuntajan kuormitusta mittaavasta taakkamittarista. Tehtävänä oli selvittää, voidaanko valmistaa kustannustehokkaasti tuotetta, jolla on pieni volyymi sekä rajalliset markkinat Suomessa. Työn lopputuloksena oli tarkoitus olla valmis konsepti, jolla voidaan valmistaa tuotetta. Tämän lisäksi tuotteella piti olla viranomaishyväksyntä sekä mahdollinen valmistaja tuli olla selvitettyä.

Taakkamittarin prototyyppiä tutkittiin siitä tehtyjen raporttien avulla sekä lämpökamera- että EMI-skannerimittauksilla. Mittaukset suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun HYTKE-laboratoriossa sekä siellä sijaitsevassa häiriösuojatussa huoneessa. Mittausten tarkoituksena oli etsiä piirilevyiltä komponentteja, jotka tarvitsevat piirilevysuunnitteluvaiheessa erityishuomiota sähköisten häiriöiden sekä lämpenemisen takia. Toinen syy mittauksille oli pienentää laitteen loppukustannuksia tekemällä osa mittauksista itse. Suoritettujen mittausten perusteella voidaan todeta tuotteelle riittävän yleismittareissa käytetty kotelo, johon on lisätty elektromagneettisilta häiriöiltä suojaava pinnoite.

Tässä työssä näkyvät tulokset on esitetty Oulun talousalueella toimivalle yritykselle, joka on erikoistunut pienten sarjojen tuottamiseen. Tuote on tällä hetkellä jatkokehityksessä yrityksessä ja odottaa Polarmit Oy:n päätöstä tuotteen valmistamisesta.

ALKUSANAT

Työn aihe tuli Polarmit Oy:n toimitusjohtajalta Jukka Heikinheimolta. Työn tarkoituksena oli tuottaa valmiista taakkamittarin prototyypistä myytävä laite, joka olisi tarpeeksi edullinen verrattuna markkinoilla oleviin monimutkaisiin ja kalliisiin mittareihin.

Opinnäytetyön aihe vaikutti heti mielenkiintoiselta sen monipuolisuuden ja useiden eri toimintatapojen takia. Työ oli sopiva sekoitus tuotekehityksen eri vaiheita, aina mekaniikkasuunnittelusta direktiivien tarkasteluun.

Haluan esittää lämpimät kiitokset mielenkiintoisesta työn aiheesta Polarmit Oy:n toimitusjohtajalle Jukka Heikinheimolle. Lämpimät kiitokset myös työn ohjaavalle opettajalle Ensio Siepille hyvistä neuvoista ja laadukkaasta työn ohjauksesta. Lisäksi kiitos Tuula Hopeavuorelle kieliasuun sekä oikeinkirjoitukseen liittyvistä kommentteista.

Oulussa 24.8.2011

Toni Karnaranta

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	2
ALKUSANAT.....	3
SANASTO.....	5
1 JOHDANTO	6
2 ENERGIAN MITTAUS.....	7
2.1 Mittauspääkeskus	7
2.2 Tuntimittauslaitteisto	7
2.3 Mittauslaitteiston tarkastus	9
3 TAAKKAMITTARIIN TUTUSTUMINEN.....	11
4 BENCHMARKING	13
5 DIREKTIIVIEN JA STANDARDIEN TARKISTUS	14
5.1 Pienjännitedirektiivi 2006/95/EY	14
5.2 EMC-direktiivi 2004/108/EY	15
5.3 IEC 61010-1	17
6 MEKANIKKASUUNNITTELU	19
6.1 Kotelosuunnittelu	19
6.2 Piirilevysuunnittelu.....	21
6.3 Näytön ja näppäimistön valinta.....	22
6.4 Virtapihtien valinta	24
6.5 Ohjelmointi.....	26
7 SUORITETUT MITTAUKSET	28
7.1 Lämpökameratestausta	28
7.2 EMC-mittaukset	29
7.2.1 Sähkömagneettinen yhteensopivuus.....	29
7.2.2 EMI-skanneri	30
8 YHTEENVETO.....	32
9 POHDINTA.....	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	38

SANASTO

- BASIC** Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code, yksinkertainen ohjelmointikieli.
- CT** Virtamuuntaja
- EMC** Sähkömagneettinen yhteensopivuus
- EMI** Sähkömagneettinen häiriö
- ESD** Sähköstaattinen purkaus
- EY** Euroopan yhteisöt
- GPIO** General Purpose Interface Bus, mittauslaitteistojen yhdistämisväylä
- IEC** International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan komissio
- IP** Luokitusjärjestelmä sähkölaitteiden tiiviiden määrittämiseksi
- USB** Universal Serial Bus, sarjaväylä oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen
- Tukes** Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

1 JOHDANTO

Sähköenergian mittauslaitteiston kunto vaikuttaa suoraan asiakkaan sähkönkulutukseen. Tästä syystä onkin tarpeellista tarkastaa mittauslaitteistot niin asennuksen yhteydessä kuin käytön aikanakin. Merkittävä tekijä mittareiden tarkkuudessa pysymisessä on mittamuuntajien toisiopuolella vaikuttava taakka. Taakan suuruus määräytyy mittarin sekä johdinten taakan mukaan.

Markkinoilla on olemassa mittareita, jotka mittaavat myös taakkaa sekä vertaavat sitä mittamuuntajan nimellistaakkaan. Laitteet ovat kooltaan isohkoja sekä hintaluokka on sen verran korkea, että niitä ei ole järkevä jokaiselle asentajalle ostaa. Tästä syystä Polarmit Oy päätti kehittää oman laitteen, jolla mitataan mittamuuntajien toisiopuolella vaikuttavaa taakkaa. Taakkamittarin on tarkoitus kilpailla jo markkinoilla olevien laitteiden kanssa kokonsa ja hintansa puolesta.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuutta tuottaa taakkamittarin prototyypistä kaupallinen tuote sekä esitellään mahdollinen konsepti tuotantoa varten. Lisäksi työssä tutkitaan CE-merkin saantiin vaikuttavia direktiivejä taakkamittarille. Tuotteen vaatimuksiksi asetettiin laitteen käytettävyys mittauspaikalla sekä edullinen hinta verrattuna ammattilaiskäytössä oleviin laitteisiin.

Työssä käydään läpi taakkamittarin kotelon ja muiden tarvittavien osien valinta, markkinoiden kartoitus samanlaisten laitteiden osalta sekä direktiivien asettamat rajoitukset laitteen markkinoille saattamiseksi. Työssä tutkitaan myös prototyypin piirilevyä lämpökameran ja EMI-skannerin avulla.

2 ENERGIAN MITTAUS

2.1 Mittauspääkeskus

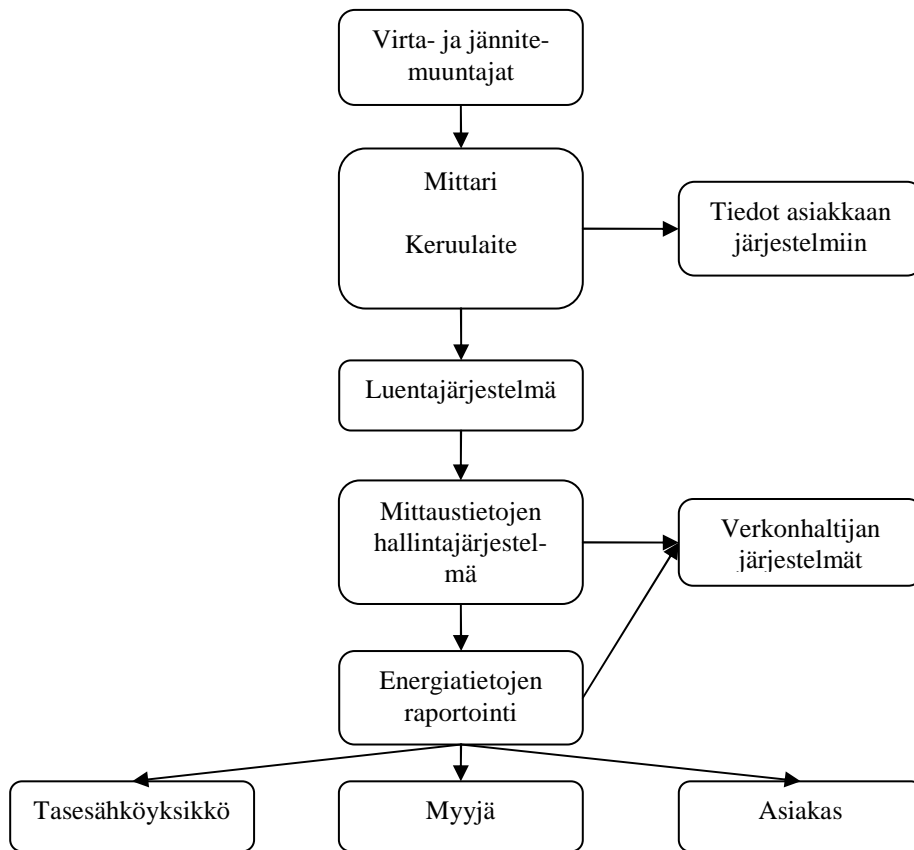
Kiinteistöjen sähköenergian kulutusta mitataan yleisesti mittauspääkeskuk-
sissa, joita valmistetaan hyvin erityyppisiin kohteisiin. Erilaisten käyttötarpei-
den sekä asennusympäristöjen takia niiden rakenne sekä komponentit poik-
keavat toisistaan, esimerkkinä keskuksen IP-luokitus.

Mittauskeskukset ovat isompia kokonaisuuksia, jotka voidaan sijoittaa joko
seinään tai upotettavaksi maahan. Mittauskeskukset sisältävät mittaukseen
liittyviä johtoja, sulakkeita sekä osassa käyttökohteita energian kulutuksen
seurantaan käytettäviä mittareita.

Tällä hetkellä energiamittareita päivitetään etäluettaviksi tuntimittausperus-
taisiksi mittareiksi. Mittausasetuksen mukaan tuntimittaus tulee järjestää vä-
hintään 80 %:ssa verkonhaltijan käyttöpaikoista vuoteen 2013 mennessä.
Vuoden 2010 loppuun mennessä suuret eli 3 * 63 ampeerin käyttöpaikat tuli
varustaa tuntimittauslaitteistolla sekä täysin uudet tämän suuruiset mittalait-
teistot tulee varustaa tuntimittauslaitteistolla. (Tuntimittauksen periaatteita
2010, 7.)

2.2 Tuntimittauslaitteisto

Tuntimittauslaitteisto mittaa ja rekisteröi laitteiston muistiin sähköön kulutuk-
sen tunneittain, ja rekisteröity tieto voidaan lukea laitteiston muistista verkon
välityksellä. Kuvassa 1 on esitetty tuntimittausperiaate sekä tiedonsiirtoketju
alkaen mittauslaitteistosta ja päättyen mittaustietojen vastaanottajiin.



KUVA 1. Tuntimittaus ja tiedonsiirtojärjestelmä (Tuntimittauksen periaatteita 2010, 14)

Kuvassa 1 esitettyjen virta- ja jännitemuuntajien tehtävänä on muuntaa sähköverkon virta tai jännite mittalaitteelle sopivaksi (Yleistä virtamuuntajista. 2000–2007, 1). Mittamuuntajat asennetaan kaikkiin vaiheisiin. Virtamuuntajan valintaan vaikuttaa mitattava virta, joka tulee olla 5–120 % ensiön nimellisvirrasta. (Energianmittauslaitteiston suunnitteluohje. 2007.)

Mittari ja johdotukset aiheuttavat aina virtamuuntajalle pienen kuormituksen. Taakan tulee olla 25–100 % virtamuuntajan nimellistaakasta, jotta virtamuuntaja pysyy tarkkuusluokassaan. (Energianmittauslaitteiston suunnitteluohje. 2007.)

2.3 Mittauslaitteiston tarkastus

Mittauslaitteiston kunto sekä mittaustarkkuus vaikuttavat suuresti sähkön kulutukseen, ja näin ollen tarkistusten laiminlyönti voi aiheuttaa taloudellisia menetyksiä.

Aiemmin voimassa olleen sähkömarkkinalainsäädännön mukaan käyttäjällä sai olla omistuksessaan tuntimittalaite tai siinä käytettävä tiedonsiirtoyhteys. Tämän lain mukaan käyttäjä myös vastaa laitteen kunnossapidosta sekä tarkastamisesta. (Tuntimittauksen periaatteita. 2010, 11.)

Maaliskuun alussa 2009 valtioneuvoston asetus kumosi tämän oikeuden, ja siirsi vastuun laitteista verkon haltijalle. Kyseisillä asiakkailta on kuitenkin oikeus pitää nämä laitteet vuoden 2013 loppuun asti. (Tuntimittauksen periaatteita. 2010, 11.)

Nykyisen mittalaitedirektiivin mukaan ”toiminnanharjoittaja on vastuussa siitä, että käytössä oleva mittauslaite soveltuu käyttötarkoitukseen ja -ympäristöön, toimii jatkuvasti luotettavasti ja sen käyttö täyttää lain vaatimukset” (Tuntimittauksen periaatteita. 2010, 9).

Yksi asia, joka vaikuttaa mittauslaitteiston tarkkuuteen ja sen myötä myös sähkön kulutukseen, on virtamuuntajan toisiopuolella vaikuttava taakka suhteessa virtamuuntajan nimellistaakkaan. Kuten jo aikaisemmin on todettu, mittari ja johdotukset aiheuttavat toisiopuolelle taakan, jonka täytyy olla 25–100 % virtamuuntajan nimellistaakasta, jotta virtamuuntaja pysyy sallitussa tarkkuusluokassa. Mittarin taakka selviää mittarin käyttöohjeista, mutta johdinten taakka lasketaan kaavalla 1.

$$S = I_{SN}^2 \times \rho \times \frac{l}{A}, \text{ jossa}$$

S= johtimen taakka (VA)

I_{SN} = nimellistoisiovirta (A)

ρ = johtimen ominaisvastus ($\Omega/\text{mm}^2/\text{m}$)

l= johtimen pituus (m)

A= johtimen poikkipinta-ala (mm^2)

KAAVA 1. Johdon taakan laskeminen (Tuntimittauksen periaatteita. 2010, liite 2.)

Mittareiden tarkastusta varten on olemassa laitteita, joilla saadaan muiden suureiden ohella myös taakka laskettua, mutta hintaluokkansa takia niitä ei voida jokaiselle sähköasentajalle hankkia.

3 TAAKKAMITTARIIN TUTUSTUMINEN

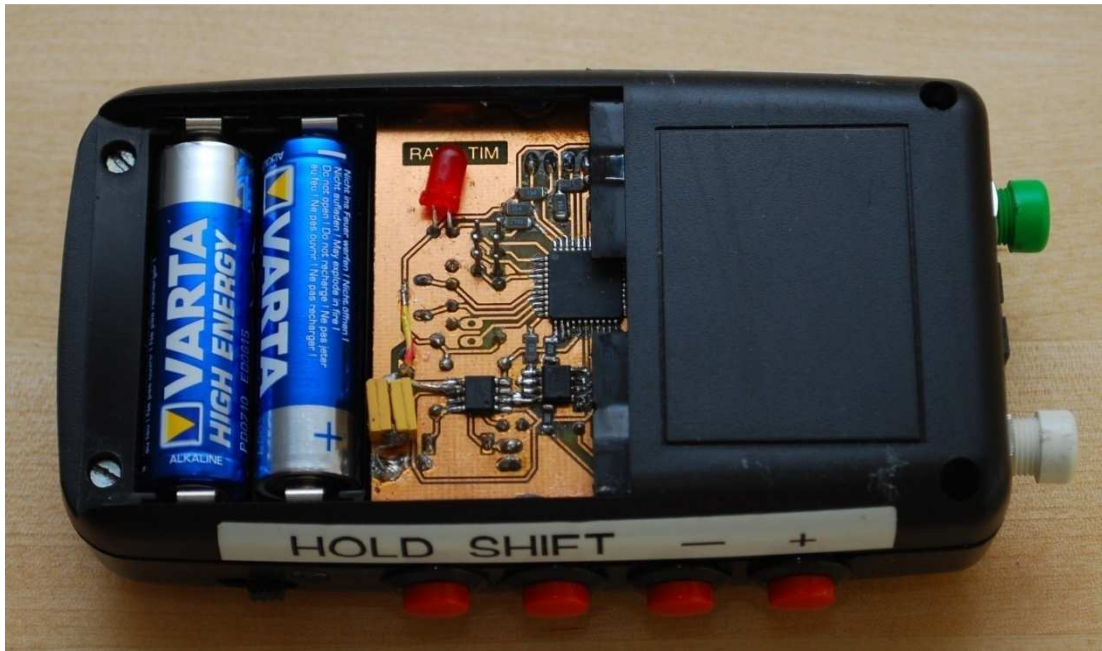
Taakkamittari mittaa virtamuuntajan toisiopuolella vaikuttavaa, sähköenergiamittarin sekä johdinten aiheuttamaa taakkaa. Tätä taakkaa laite vertaa asentajan syöttämään mittamuuntajan nimellistaakkaan, joka on välillä 1,5–25 VA. Tuloksena saatavan taakan arvon tulee olla n. 25–100 % nimellistaakan arvosta ollakseen riittävä. Jos taakan arvo ei ole kyseisellä välillä, taakka ei ole riittävä tai liitokset ovat löystyneet.

Opinnäytetyön tekeminen alkoi tutustumalla taakkamittarin prototyyppiin sekä sen mukana tulleisiin dokumentteihin.

Kuvissa 2 ja 3 näkyy taakkamittarin prototyypin kotelointia sekä hieman piirilevyn layoutia. Prototyyppi on kooltaan 135 * 77 * 36 mm. Piirilevyn koko on 80 * 60 mm.



KUVA 2. Kuva taakkamittarin prototyypistä



KUVA 3. Prototyyppi takapuolelta, paristokotelo auki

Taakkamittariin kuuluu lisäksi virtapihdit, joilla mitataan virtamuuntajan toisiopuolen virtaa, sekä kaksi mittajohtoa, joilla mitataan virtamuuntajan navoista jännitettä. Virtapihtien toimintaa on esitelty laajemmin luvussa 6.4.

4 BENCHMARKING

Taakkamittariin tutustumisen jälkeen oli tarkoituksena kartoittaa alan markkinoilta vastaavia tai samankaltaisia tuotteita. Tämä tehtiin osittain siksi, että ei olisi mielekästä tuoda markkinoille täysin samankaltaista tuotetta. Toinen syy tähän oli hinta-laatusuhteen vertailu muihin tuotteisiin. Vertailulla haettiin myös taakkamittarille sopivaa hintaluokkaa, joka pystyisi kilpailemaan muiden tuotteiden kanssa.

Markkinoiden kartoitus tapahtui pääasiassa Internetistä hakukoneita käyttämällä sekä tunnettujen valmistajien tuotekatalogeja selailemalla. Näillä menetelmillä löydettiin monta taakan laskentaan käytettävää laitetta, mutta suurin osa niistä oli joko kooltaan liian isoja tai sitten niiden hinta oli liian korkea. Löydettyjen laitteiden joukosta poimittiin kolme laitetta, jotka vastasivat parhaiten annettuja kriteerejä. Kaksi näistä laitteista oli muuten täysin identtisiä, mutta ne olivat eri valmistajan tekemiä ja väriltään erilaisia. Näissä laitteissa huonona puolena oli niiden koko, joka ei vastannut haluttuja vaatimuksia kädessä pidettävyyden kannalta. Kolmas laite löytyi australialaiselta valmistajalta, ja sitä ei ollut Euroopan markkinoilla saatavissa. Tämä laite oli kuitenkin kooltaan ja muilta ominaisuuksiltaan lähimpänä tavoitetta, johon tällä opinäytetyöllä pyrittiin. Mainitut laitteet on esitelty liitteessä 1.

Kartoituksen perusteella voitiin todeta, että Euroopan markkinoilla ei ole saatavilla vastaavaa tuotetta kysynnästä huolimatta. Tämän seurauksena päätettiin jatkaa tuotteen jatkokehitystä ja siirtää resursseja markkinoiden kartoituksesta muihin tehtäviin.

5 DIREKTIIVIEN JA STANDARDIEN TARKISTUS

Benchmarkingin jälkeen piti selvittää onko taakkamittarin tekeminen ylipäänsä mahdollista lain asettamissa rajoissa.

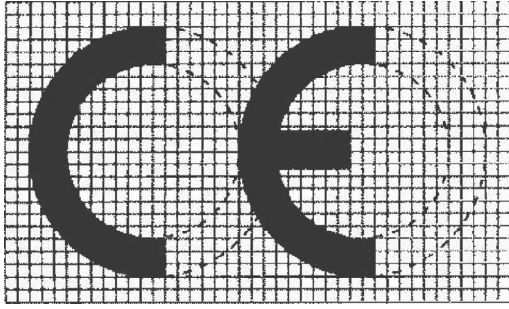
Suomen lainsäädäntö ei ole niin laaja, että sillä voitaisiin puuttua tällaisten laitteiden valmistukseen, vaan asia on jätetty EU:n komissiolle sekä muille elimille, jotka säätelevät erilaisia standardeja. Standardit velvoittavat teettämään tuotteille erilaisia testejä, jotta ne saavat CE-merkinnän, jolla valmistaja vakuuttaa, että tuote noudattaa sitä koskevien EU:n direktiivien ja määräysten vaatimukset.

Koska erilaisia direktiivejä on olemassa hyvin paljon, tutkittiin muita jännite- ja virtamittauksessa käytettäviä tuotteita ja niissä sovellettavia direktiivejä. Näin saatiin selville direktiivit, jotka pitää huomioida taakkamittaria suunniteltaessa. Näitä direktiivejä olivat pienjännitedirektiivi 2006/95/EY, EMC-direktiivi 2004/108/EY ja IEC-61010-1. Nämä direktiivit on esitelty seuraavissa alaluvuissa.

5.1 Pienjännitedirektiivi 2006/95/EY

Pienjännitedirektiivi koskee sähkölaitteita, jotka toimivat vaihtovirralla nimellisjännitealueella 50–1000 V sekä tasavirralla nimellisjännitealueella 75–1500 V, lukuun ottamatta direktiivin liitteessä mainittuja sähkölaitteita sekä ilmiöitä.

Ennen markkinoille saattamista laitteeseen on kiinnitettävä CE-merkintä, jolla osoitetaan direktiivin säännösten mukaisuus. CE-merkinnässä kirjainten tulee olla samankorkuisia sekä vähintään 5 mm korkeita. Kuvassa 4 on esitetty CE-merkinnän kirjoitustapa. (EMC-direktiivi. 2004.)



KUVA 4. CE-merkinnän oikea kirjoitustapa sekä mittasuhteet (EMC-direktiivi. 2004)

Direktiivin mukaan laitteen olennaiset ominaisuudet tulee merkitä joko laitteeseen tai, jos se ei ole mahdollista, laitteen mukana tulevaan ilmoitukseen. Olennaisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan niitä ominaisuuksia, joiden tunteminen ja noudattaminen varmistaa kyseisen laitteen turvallisen käytön käyttötarkoituksissa, joita varten se on tehty. Sähkölaite tulee suunnitella ja valmistaa siten, että se voidaan koota ja liittää verkkoon turvallisesti ja oikein. Lisäksi tuotteen nimi on painettava selvästi laitteeseen tai sen pakkaukseen. Näiden lisäksi sähkölaitteen tulee olla suojattu mahdollisilta vaaratilanteilta, kuten valokaarilta ja muilta mahdollisilta vaaratilanteilta. (Pienjännitedirektiivi. 2006.)

Näiden vaatimusten mukaisuuden osoittamiseen ei tarvita kolmatta osapuolta, jos valmistaja osaa itse tehdä vaatimustenmukaisuuden arvioinnin, laatia laitetta koskevat tekniset asiakirjat ja kirjoittaa edellä oleviin toimiin perustuvan vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Lisäksi valmistajalla tulee olla valmistuksen sisäinen testausjärjestelmä, joka varmistaa, että kaikki linjalta valmistuvat tuotteet noudattavat teknisissä asiakirjoissa kuvattua tuotetta. (Mattila. 2011.)

5.2 EMC-direktiivi 2004/108/EY

EMC-direktiivin tärkein tavoite on varmistaa, että laitteistot toimivat aiheuttamatta liiallista sähkömagneettista häiriötä, joka häiritsee muita laitteistoja ja sähkönjakeluverkkoja. Lisäksi laitteistojen oman häiriönsietokyvyn tulee olla

riittävä, jotta ne voivat toimia tarkoitetulla tavalla. Vaatimusten tavoitteena ei ole pyrkiä häiriöttömään ympäristöön, koska siihen vaikuttavat myös muun muassa fyysiset tekijät. Direktiivi ei sääntele turvallisuuteen liittyviä tekijöitä, vaan laitteistojen sähkömagneettista yhteensopivuutta. (D 2004/108/EY.)

Edellytys sille, että sähkölaitteeseen voidaan soveltaa EMC-direktiiviä, on, että se on tarkoitettu loppukäyttäjälle. Useamman valmiin laitteen yhdistelmää käsitellään tässä direktiivissä yhtenä kokonaisuutena, jota koskevat samat säännökset kuin yhtä laitetta. (EMC-direktiivi. 2004.)

Valmistajan on suoritettava laitteelle EMC-arviointi, joko itse tai käyttämällä kolmatta osapuolta, suojausvaatimusten täyttämiseksi sekä laadittava siitä tarvittavat asiakirjat, joilla voidaan osoittaa testien tulokset. Arvioinnissa on otettava huomioon laitteen toimintaolosuhteet. Laitteen EMC-arviointi voidaan tehdä kolmella eri tavalla:

- soveltamalla yhdenmukaistettuja EMC-standardeja
- EMC-arviointi, jossa valmistaja käyttää omaa menetelmää eikä sovelta yhdenmukaistettuja standardeja
- edellä mainituista menetelmistä muodostettu yhdistetty arviointi. (EMC-direktiivin 2004/108/EY soveltamisopas. 2007.)

Direktiivi sisältää laitteen emissiolle sekä immunitetille mitattavat raja-arvot, joiden mukaan testit tehdään. Emissiotestissä mitataan sähkömagneettisen säteilyn voimakkuus, joka lähtee laitteesta johtumalla sekä säteilemällä. Immunitettitesteissä testataan laitteen toimintaa häiriökenttien vaikutuksen alaisena sekä ukkosen, sähköstaattisen purkauksen ja verkkohäiriöiden vaikutuksia. (EMC-direktiivi. 2004.)

Direktiivi edellyttää valmistajalta teknisiä asiakirjoja, jotka mahdollistavat laitteen suojausvaatimusten mukaisuuden arvioinnin. Teknisten asiakirjojen lisäksi edellytetään EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus, jolla osoitetaan, että laite täyttää kaikki asianmukaiset vaatimukset. Vakuutuksen antaa yhteisön

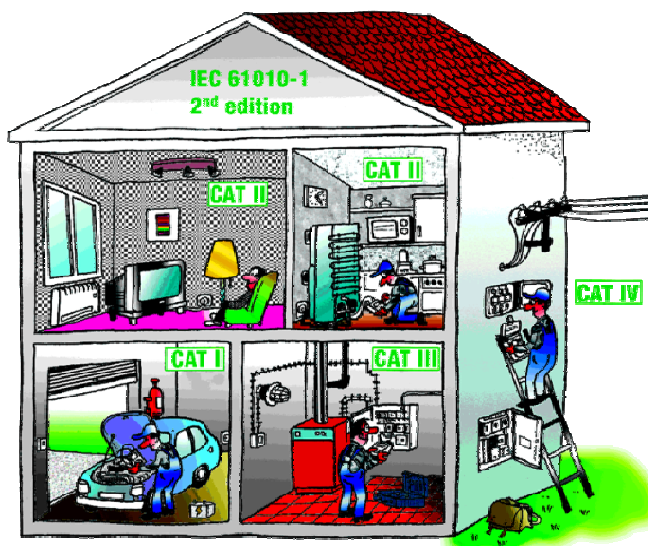
sisäinen tai ulkopuolinen valmistaja tai valtuutettu edustaja yhteisössä. (CE-merkki ja suunnittelu. 2000, 5.)

5.3 IEC 61010-1

IEC 61010-1 -standardi määrittää yleiset turvallisuusvaatimukset sähkölaitteille. Vaatimusten tarkoituksena on suojata käyttäjää ja ympäristöä seuraavilta tapauksilta:

- sähköisku
- mekaaniset häiriöt
- lämpötilan nouseminen liian korkealle tasolle
- tulen leviäminen laitteesta
- nesteiden vaikutukset ja niiden paine
- säteilyn vaikutukset
- kaasujen vapautuminen. (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use.)

Vaatimusten lisäksi standardi määrittää laitteiden luokittelun ja tyyppitestit laitteille. Kuvassa 5 on esitetty laitteiden luokittelu CAT 1–CAT 4.



KUVA 5. Standardin mukainen luokittelu laitteille (CAT IV)

Laitteiden luokittelu tapahtuu käyttöpaikassa olevan jännitteen mukaan. Esimerkiksi pienjännitealue sijoittuu luokkaan CAT 3.

Standardin mukaan suunniteltu laite on turvallinen seuraavissa käyttöympäristöissä: sisätiloissa, alle 2000 m korkeudessa, 5–40 °C lämpötiloissa sekä valmistajan vakuutuksella näiden rajojen ulkopuolella. (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use)

6 MEKANIKKASUUNNITTELU

Mekaniikkasuunnittelulla tarkoitetaan tässä työssä taakkamittarin ulkoasun sekä piirilevyn uudelleensuunnittelua. Mekaniikkasuunnittelu jaettiin tässä työssä neljään osa-alueeseen, joita ovat kotelosuunnittelu, piirilevysuunnittelu sekä näytön, näppäimistön sekä virtapihtien valinta. Viimeisenä osa-alueena oli ohjelmointi.

6.1 Kotelosuunnittelu

Kotelon valinnassa keskeisintä oli sen koko verrattuna käytettävyyteen. Laitteen käytettävyyden kannalta kotelon tuli olla helposti kädessä pidettävä sekä siinä tuli olla mahdollisuus kiinnittää se mittauskeskukseen esimerkiksi magneetilla.

Koska laitetta käytetään mahdollisesti myös kosteissa tiloissa, tuli ottaa huomioon myös sen IP-luokitus sekä sen säilyminen koteloon tehtävien muutosten jälkeen. Tilaajan toiveena oli saada laite, jonka IP-luokka olisi vähintään IP54 ja enintään IP67. Taulukon 1 mukaan IP54 olisi pölysuojattu sekä suojattu loiskuvalta vedeltä, kun taas IP67 on täysin pölysuojattu ja vesitiivis taulukossa 1 osoitetuilla arvoilla.

TAULUKKO 1. Tiiveysluokat taulukoituna (IP-luokitusjärjestelmä. 2009)

IP 4x	Suojattu vieraalta kiinteältä esineeltä \geq 1 mm tai enemmän.	IP x4	Suojattu loiskuvalta vedeltä.
IP 5x	Pölyltä suojattu. Pölyn tunkeutumista ei ole kokonaan estetty, mutta pöly ei aiheuta laitteen toimintaan häiriöitä, eikä vaaranna laitteen muita luokituksia.	IP x5	Suojattu vesisuihkulta. Suojattu joka puolelta paineella suihkutetulta vedeltä.
IP 6x	Täysin pölyltä suojattu	IP x6	Suojattu voimakkaalta vesisuihkulta.
		IP x7	Suojattu hetkittäiseltä veteen upottamiselta. (1m, 20 C ja 30 min)
		IP x8	Suojattu jatkuvalta veteen upottamiselta. Valmistaja voi määrittää syvyyden, lämpötilan ja ajan.

Kolmas ratkaiseva asia oli kotelon mahdollinen muokkaaminen käyttötarkoitukseen sopivaksi. Tällä tarkoitetaan näytön ja näppäimistön sijoittamista sekä virtapihdin ja mittauspäiden kiinnittämistä koteloon. Ajatuksena oli tehdä yleismittarin näköinen laite, jossa näyttö olisi yläosassa, näppäimet sen alla ja mittajohdoille olisi liittimet laitteen pohjalevyssä.

Yleismittarin tyyppisiä koteloratkaisuja on markkinoilla melko paljon, mutta niiden koko vaihtelee hyvinkin paljon. Koon puolesta päädyttiin siihen, että sen maksimikoko saisi olla 170 * 80 * 40 mm. Laitteen minimikokona pidettiin käteen sopivaa laitetta, jossa johdot eivät hallitse laitetta. Tällä tarkoitetaan sitä, että laitteen koko ei ole suhteettoman pieni johtojen liitinten kokoon verrattuna.

Näiden vaatimusten perusteella kartoitettiin eri kotelovaihtoehtoja maahan-tuojilta sekä muilta mahdollisilta alan toimijoilta. Tuotteet listattiin erilliseen taulukkoon, joka esiteltiin tilaajalle. Tilaaja valitsi siitä omasta mielestään sopivimmat kotelot, joita kartoitettiin hieman enemmän. Näin päädyttiin Boplan valmistamiin muovikoteloihin, jotka on esitelty liitteessä 2. Liitteessä esitetyistä koteloista valittiin kuvassa 6 näkyvä kotelo. Sen koko on 130* 75* 26 mm, ja siinä on valmiina aukko näytölle sekä näytön alapuolella oleva tila on varattu kalvonäppäimistölle. Kalvonäppäimistö on saatavilla lisävarusteena. Kotelon IP-luokka on IP40, eli se on pelkästään pölyltä suojattu, mutta tiivis-tesarjalla on mahdollista nostaa IP-luokitus IP65.

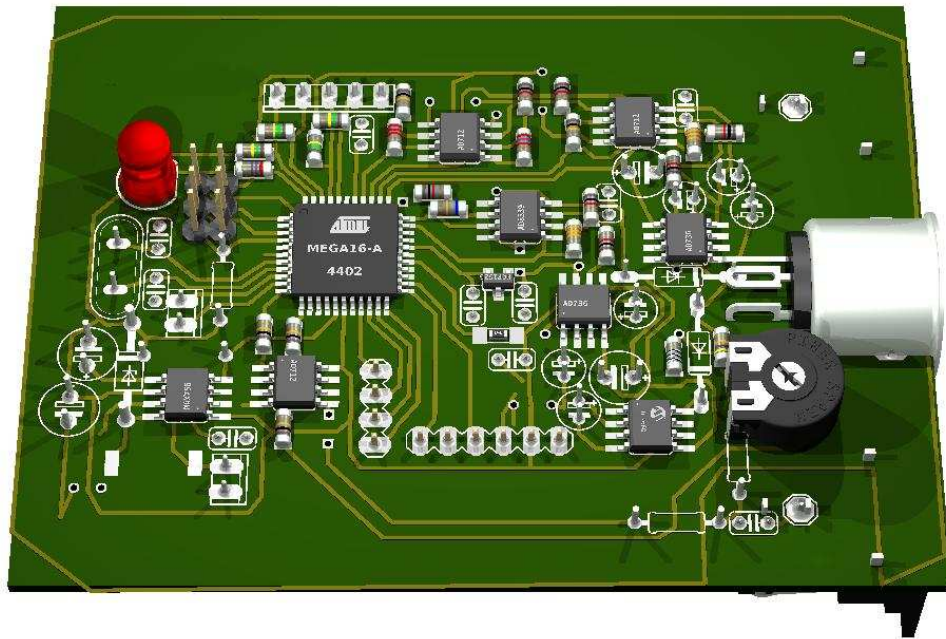


KUVA 6. Bopla ART 335 -kotelo (Hand held enclosures - ARTEB-335DIS/335F)

6.2 Piirilevysuunnittelu

Piirilevysuunnittelu on hyvin tärkeässä osassa suunniteltaessa uusia tuotteita. Piirilevysuunnittelulla voidaan vaikuttaa laitteen kotelointiin, sen kokoon ja muotoon. Lisäksi siinä voidaan vaikuttaa mahdollisten näppäimien ja muiden lisäosien sijoitukseen tuotteessa.

Tuotteen valmistusjärjestys poikkesi hieman tavallisesta, koska prototyyppiin oli suunniteltu valmiiksi piirilevy, jonka 3D-malli on esitetty kuvassa 7. Tätä piirilevyä käytettiin mallina valittaessa koteloa, näyttöä sekä näppäimistöä.



KUVA 7. Prototyypin kaksipuoleinen piirilevy

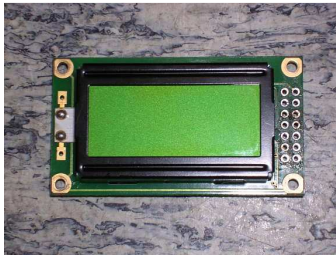
Kuvan 7 piirilevykuvassa on käytetty prototyypin piirilevykaaviota ja sen pohjalta luotu 3D-kuva Eagle 5.11- ja POV-Ray 3.6 -ohjelmilla. Komponenttien koteloinnit ovat vain suuntaa antavia eivätkä välttämättä vastaa tuotteessa olevia koteloiteja.

Piirilevyn suunnittelu jätettiin tarkoituksella työn loppupuolelle, koska siihen oli tarkoitus tehdä vain pieniä muutoksia, jotka aiheutuvat näppäimistön ja näytön sovittamisesta levyille. Piirilevyn tuotantopaikkaa kartoittaessa Oulun talousalueelta löytyi yritys, jolla on mahdollista teettää myös piirilevysuunnittelu alihankintana.

6.3 Näytön ja näppäimistön valinta

Näytön valinnassa tuli ottaa huomioon käyttäjän kannalta tarpeelliset suu-reet, jotka näkyisivät näytöllä. Tärkeämpi seikka oli kuitenkin sopivan kokoi- sen näytön löytäminen koteloon, koska suureiden näyttäminen riippuu ohjel- mastä.

Näytöllä näkyvien suureiden määrässä päädyttiin näyttämään yksi suure prototyypin neljän suureen sijaan. Muita mitattuja suureita olisi mahdollisuus tarkastella selaamalla näppäimellä alaspäin. Koska päädyttiin yhden suureen esittämiseen, prototyypissä ollut 2 * 20 merkin näyttö oli tarpeeseen liian suuri. Prototyypin näytön tilalle valittiin 2 * 8 merkin näyttö, joka on esitetty kuvassa 8 ja liitteessä 4.

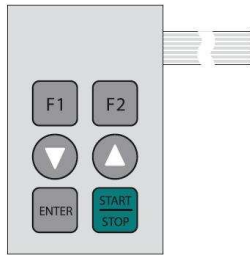


Sarake*rivi	8*2
Moduulin koko	58,0*32,0 mm
Ikkunan koko	38,0*16,0 mm
Vdd	5,0 V

KUVA 8. Valittu näyttö ja sen tekniset tiedot (Powertip - PC0802ARS-AWA-A-Q - LCD module)

Näppäimien lukumäärää ja näppäimistöä valittaessa jouduttiin miettimään taakkamittarin jo olemassa olevia toimintoja sekä mahdollisesti siihen lisättäviä toimintoja. Tultiin siihen tulokseen, että prototyypissä olevista viidestä näppäimestä poistetaan yksi, joka sytyttää taustavalon näyttöön. Siis jäljelle jäi neljä toimintanäppäintä sekä virtakytkin.

Tältä pohjalta kartoitettiin yrityksiä, jotka joko tekevät itse tai jälleenmyyvät kalvonäppäimistöjä. Oulun talousalueelta löytyi yrityksiä jotka suunnittelevat ja valmistavat kalvonäppäimistöjä mittatilaustyönä. Näihin yrityksiin oltiin yhteydessä, mutta koska kyseessä on pienet valmistuserät, ei ollut taloudellisesti järkevää ostaa tuotetta mittatilaustyönä. Tämän jälkeen päädyttiin kuvassa 9 näkyvään Boplan ARTEB-sarjalle valmistettuun näppäimistöön, jossa on kuusi näppäintä.

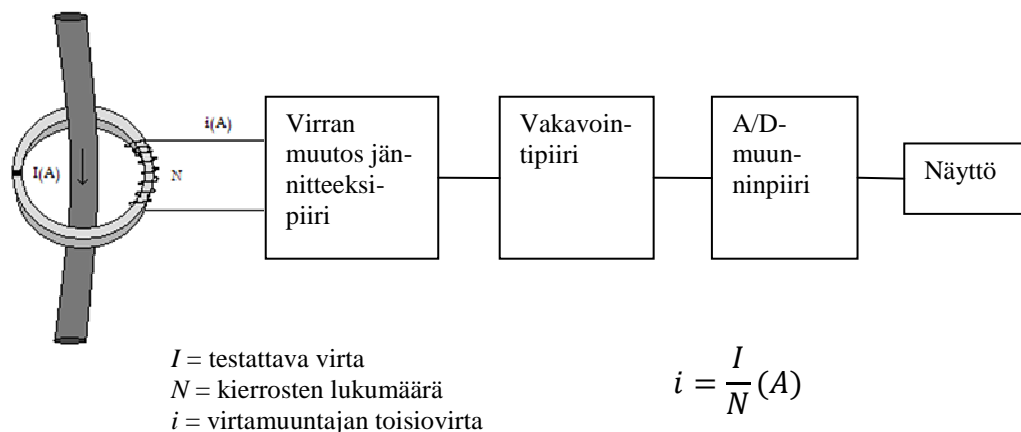


KUVA 9. Valittu näppäimistö

Kalvonäppäimistö valittiin sen käytettävyyden sekä puhdistuksen helppouden takia. Lisäksi kalvonäppäimistö on helppo asentaa koteloon sekä piirilevyille. Kalvonäppäimistön avulla kotelon IP-luokitus ei heikkene läpivientien kohdalta, koska kalvon saa asennettua tiiviisti aukkojen päälle.

6.4 Virtapihtien valinta

Virtapihti on elektroninen väline, jonka avulla voidaan mitata virtaa, jännitettä tai vaihetta johtimesta. Virtapihdissä on kaksi leukaa, joiden tarkoituksena on ympäröidä mitattava johdin. (Current clamp. 2010.) Kuvassa 10 näkyy virtapihdin toimintaperiaate.



KUVA 10. Virtapihtien toimintaperiaate (Virtapihdin toimintaperiaate)

Prototyypissä olevien virtapihtien huonona puolena oli kallis hinta sekä liian pitkä johto, joka hankaloittaa työskentelyä. Näillä perusteilla etsittiin markkinoilta edullisempaa sekä lyhyemmällä johdolla varustettua virtapihtiratkaisua. Kuvassa 11 on esitelty taakkamittarin prototyypissä käytetty virtapihti sekä sen tekniset tiedot.



Virta	AC 5 A - 50 A
Ulostulojännite	AC 50 mV/5 A, max 500 mV/50 A
Tarkkuus	$\pm 0,5\% \text{rdg} \pm 0,1 \text{ mV}(50/60 \text{ Hz})$ $\pm 1,0\% \text{rdg} \pm 0,2 \text{ mV}(40 \text{ Hz}-1 \text{ kHz})$
Vaihesiirto	$\pm 2,0^\circ(45-65 \text{ Hz})$
Ulostuloimpedanssi	$\sim 20\Omega$
Hinta	alk. 155€

KUVA 11. Prototyypin virtapihti ja sen tekniset tiedot (Load current clamp sensor)

Virtapihtien valinnassa vaikutti myös se millä tavalla informaatio kulkee pihdistä liittimeen. Päätettiin valita jänniteviestillä oleva pihti virtaviestin sijaan. Näin säästyttiin piirilevyn ylimääräiseltä muokkaamiselta, koska ulostulon vaihtaminen virtaviestiksi olisi tarkoittanut muutamien komponenttien lisäämistä levyllä.

Liitteeseen 3 kerättiin sopivia virtapihtejä, mutta valinta jätettiin tekemättä, koska olimme menossa työn tilaajan sekä ohjaavan opettajan kanssa tutustumaan yritykseen, joka mahdollisesti tuottaisi piirilevyn taakkamittariin. Yrityksen yhteistyöverkostojensa takia päätettiin kysyä heiltä mahdollisia virtapihtejä, jotka sopisivat tähän tarkoitukseen.

6.5 Ohjelmointi

Ilman toimivaa ohjelmaa laite on käyttökelvoton. Tästä syystä ohjelmointi on yhtä tärkeä osa laitteen suunnittelua sekä toteutusta kuin piirilevysuunnitteluakin. Ohjelmointiin käytetään sitä varten kehitettyjä kieliä.

Taakkamittari on ohjelmoitu BASIC-kielellä, joka on ensimmäisiä ohjelmointikieliä tietokonemaailmassa. Ohjelman latausta varten taakkamittarin piirilevyille on sijoitettu piikkirima, johon laitetaan kiinni kuvassa 12 näkyvä AVRISP mk2 -programmer. AVRISP mk2 on Atmelin valmistama laite, jolla ladataan haluttu ohjelma tietokoneen USB-portista mikroprosessorille.



KUVA 12. AVRISP mk2 -programmer (AVRISP mkII -programmer)

Alussa päätettiin muokata taakkamittarin ohjelmistoa lisäämällä siihen joitakin toimintoja sekä poistamalla käytöstä vähemmän tärkeäksi havaittuja. Päätettiin lisätä siihen seuraavat toiminnot:

- automaattinen virrankatkaisu tietyn ajan kuluttua
- end-komento, jolla mittaus lopetetaan sekä näyttö tyhjennetään
- tarvittavan taakan lisääminen, mikäli taakan prosentuaalinen arvo on alle 25 %. Tarvittavan taakan lisääminen tapahtuisi lisäämällä riittävä määrä johtoa virtamuuntajan toisiopuolelle.

Ohjelmauudistusten lisäksi tultiin siihen tulokseen, että mittaukset suoritetaan melkein aina paikassa, jossa on riittävästi valoa näytön lukemiseen, joten näytön taustavalo tuli tarpeettomaksi ominaisuudeksi ja se päätettiin

poistaa ohjelmasta. Vaatimusten määrittämisen jälkeen alettiin tutustua tarkemmin laitteessa olevaan ohjelmaan sekä BASIC-ohjelmointikieleen.

Ajanpuutteen vuoksi päätettiin kuitenkin ostaa ohjelmisto yksityiseltä henkilöltä, joka oli ollut mukana luomassa taakkamittarin prototyypin ohjelmistoa ja oli suorittanut siihen päivityksiä.

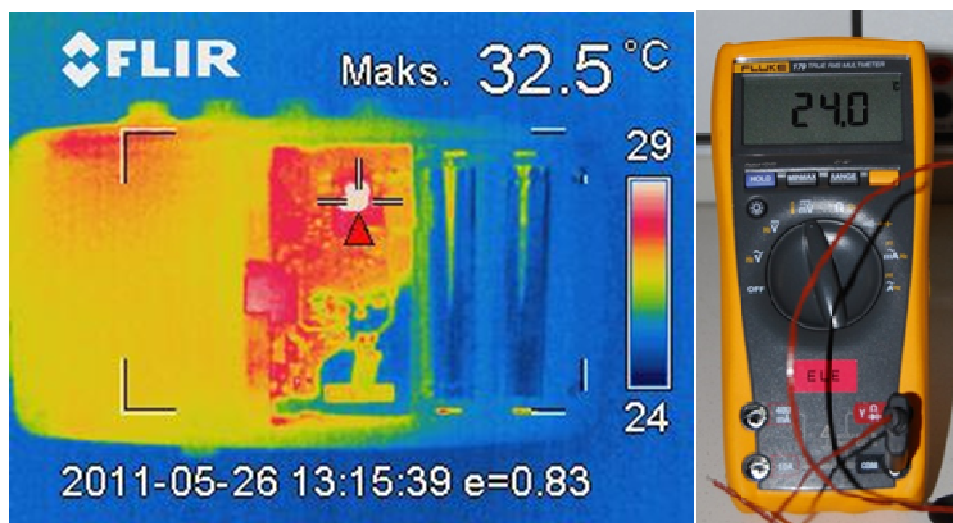
7 SUORITETUT MITTAUKSET

Piirilevyä ja koteloa tutkittiin lämpökameran ja EMI-skannerin avulla mahdollisten tulevien suunnittelu- ja testauskustannusten pienentämiseksi.

7.1 Lämpökameratestausta

Lämpökameran avulla saatiin pahiten lämpenevät komponentit esille tuotteesta, jotta tulevat valmistajat osaisivat ottaa sen huomioon koteloa suunniteltaessa.

Testauksessa käytettiin Flir systems AB:n ThermaCAM B4 -lämpökameraa. Lämpökameran toiminta perustuu sen lähettämään infrapunasäteilyyn, jonka avulla se muodostaa kuvan mitattavasta kohteesta. Kuvassa 13 lämpimimmät kohteet näkyvät valkoisena ja viileimmät kohteet tummina.



KUVA 13. Prototyyppi lämpökamerakuvassa sekä huoneen lämpötila

Kuvassa näkyy prototyypin takaosa sekä osa piirilevyä lämpökameralla kuvattuna. Vertailun vuoksi viereen otettiin myös kuva Fluke -yleismittarista, joka näyttää huoneen lämpötilaa kuvaushetkellä. Kuvaushetkellä lämpimin komponentti oli tehokela, joka näkyy kuvassa valkoisella.

7.2 EMC-mittaukset

Sähkömagneettinen yhteensopivuus on merkittävä tekijä laitteen suunnittelussa. EMC:llä tarkoitetaan laitteen kykyä toimia luotettavasti sen toimintaympäristössä. Tämän lisäksi laite ei saa tuottaa liikaa häiriötä ympäristöönsä ja näin ollen häiritä muita laitteita. Tämä sääntö koskee laitteen sisäisiä sekä ulkoisia osia, kuten komponentteja. (T724303 EMC tuotesuunnittelussa 3 op. 2010.)

7.2.1 Sähkömagneettinen yhteensopivuus

Häiriöitä voi kytkeytyä laitteeseen kolmella eri tavalla. Häiriö voi kytkeytyä laitteeseen johtumalla sekä säteilemällä sähkökentän tai magneettikentän kautta.

Johtumalla kytkeytyvät häiriöt tulevat laitteeseen johtimia pitkin. Johtimia pitkin tulevat häiriöt voidaan ehkäistä esimerkiksi suodatuksella. Sen tarkoituksena on estää laitteen tuottamien häiriöiden kulkeutuminen liitännöiden kautta laitteen ulkopuolelle sekä vastaavasti ulkopuolisia häiriöitä kulkeutumasta liitännöiden läpi laitteen sisälle. Toinen johtumalla kytkeytyvä häiriötapa on ESD, sähköstaattinen purkaus. (Sovelletun elektroniikan laboratorio, TKK.) Staattisen sähköön varaus voi nousta jopa useiden kilovolttien tasoiseen jännitteeseen, jolloin se purkautuessaan aiheuttaa voimakkaan sähkömagneettisen pulssin. Pulssin seurauksena laitteen sisäiset tai ulkoiset komponentit voivat vaurioitua. (Opintojakson oppimateriaali, 21.) ESD:itä suojautuminen tapahtuu johtamalla varaukset maadoituksen kautta laitteen maatasoon. Esimerkiksi laitteen liitännät voidaan suojata ferriiteillä.

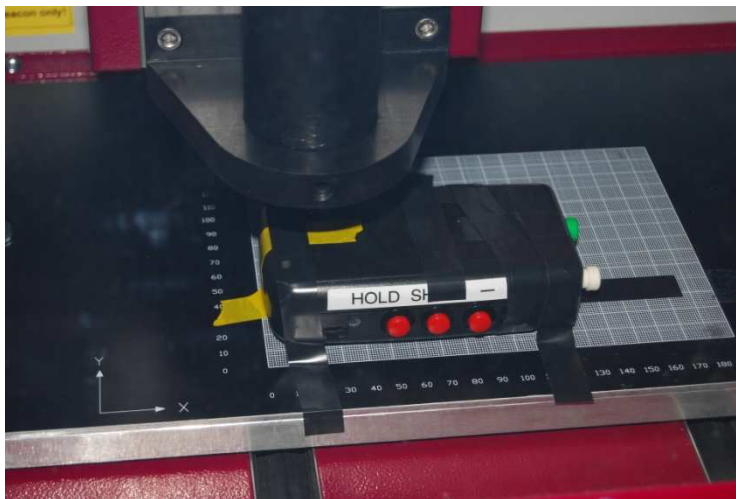
Säteilemällä tulevat sekä lähtevät häiriöt vaativat eniten suojausta. Säteilyn kautta tulevat häiriöt on otettava huomioon laitteen suunnittelun eri vaiheissa, jotta laitteen kustannukset eivät nousisi liian korkeiksi. Piirilevysuunnittelussa häiriöherkimmät komponentit kannattaa sijoittaa samalle alueelle sekä eristää ne tarpeen tullen esimerkiksi Faradayn häkillä. Faradayn häkin tarkoituksena on, että sähkömagneettinen kenttä ei pääse häkin sisäpuolelle. Kote-

loinnissa materiaalivalinnalla on suuri merkitys häiriöiden vaimennuksessa. Päälystämällä muovikotelo johtavalla materiaalilla, esimerkiksi alumiinilla saadaan ulkoa tulevat häiriöt minimoitua. (T724303 EMC tuotesuunnittelussa 3 op. 2010.)

7.2.2 EMI-skanneri

Sähkömagneettisten häiriöiden mittaamiseen käytetään erilaisia skannereita, joilla saadaan selville niin häiriöitä lähettävät komponentit kuin kotelon vuotavat kohdat. Vuotavilla kohdilla tarkoitetaan kotelon kohtia, joista häiriöt pääsevät sisälle tuotteeseen.

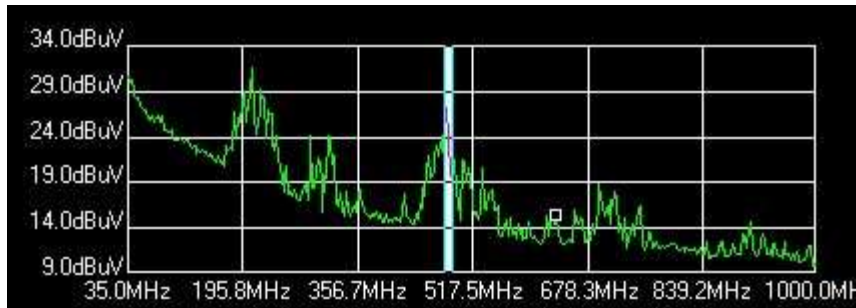
Taakkamittarin skannaamiseen käytettiin häiriösuojatussa huoneessa olevaa Detectus AB:n HR-1-skanneria, joka koostuu seuraavista komponenteista: esivahvistin, mittapää sekä CNC-koneisto, joka liikuttaa mittapäätä. Tämän lisäksi mittauslaitteistoon kuuluu HP E4403B sekä mittauslaitteistoa ohjaava tietokone. Kommunikointi PC:n ja spektrianalysaattorin välillä tapahtuu GPIB-väylän avulla. (EMI-skannerin käyttöönotto ja mittaukset. 2009.)



KUVA 14. Taakkamittari EMI-skannerissa

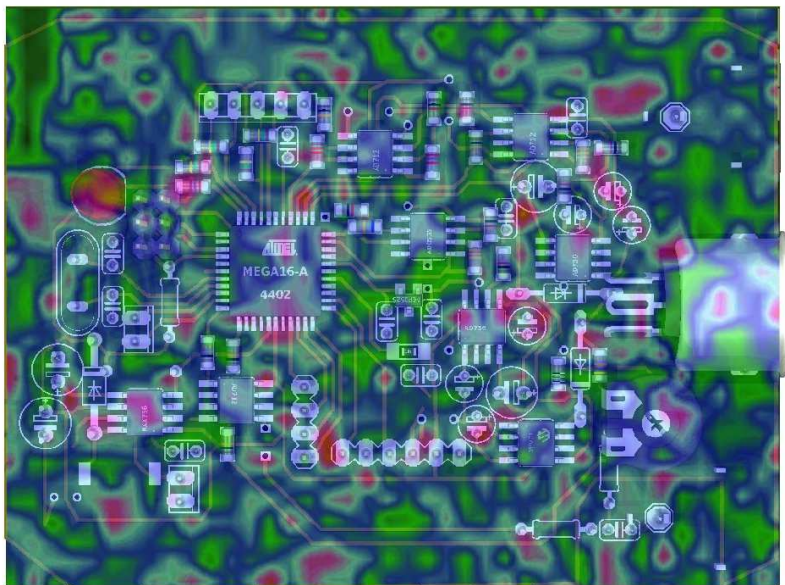
Kuvassa 14 taakkamittarin prototyypistä mitattiin taustasäteilyä. Ennen mitausta laitteelle on asetettiin parametrit, joiden mukaan tuotetta mitattiin. Parametrien avulla skanneri suoritti ensiksi nopean esiskannauksen, jonka tar-

koituksena oli piirtää spektri mitattavasta taajuusalueesta. Spektrissä olevat piikit ilmaisevat häiriötä tietyllä taajuudella. Kuvassa 15 on esitetty taakkamittarin spektri, josta poimittiin häiriötaajuuDET ja suoritettiin EMC-skannaus.



KUVA 15. Spektri taakkamittarin häiriöistä

Häiriötaajuuksien poiminnan jälkeen ajettiin EMC-skannaus, joka mittasi häiriötä poimituilta taajuuksilta sekä piirsi niistä kuvan. Kuvassa 16 näkyy suurimmat häiriökohdat eli muutama kondensaattori sekä Atmel ATmega 16-A-mikroprosessori. Tämän lisäksi kuvan reunoilla olevista näppäimistä sekä liittimistä pääsee häiriötä kotelon sisälle.



KUVA 16. Kuva prototyypin häiriökomponenteista

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia mahdollisuutta valmistaa kustannustehokkaasti tuote, jolla on pieni volyymi sekä rajalliset markkinat Suomessa. Näillä tavoitteilla lopputuloksena tuli olla esitys tuotteen valmistamisesta, jolla on viranomaishyväksyntä. Tämän lisäksi tuli kartoittaa mahdollisia valmistajia.

Piirilevyn kokoonpanijaa kartoittaessa löytyi Oulun talousalueelta yritys, joka on erikoistunut prototyyppien ja pienien sarjojen valmistukseen ja tuotteistamiseen. Yritys oli kiinnostunut tuottamaan koko laitteen sekä etsimään yhteistyökumppaneistaan yrityksiä, jotka voisivat suunnitella ja tuottaa piirilevyn, taakkamittarin kotelon, näytön sekä kalvonäppäimistön. Keskittämällä koko laitteen valmistuksen tämän yrityksen vastuulle saimme sen tuotantohintoja pudotettua alemmas.



KUVA 17. Taakkamittarin ulkoasu

Kuvassa 17 on esitelty taakkamittarin ulkoasu, joka esiteltiin yritykselle mallina valmiista tuotteesta. Kuvasta puuttuvat mittauksessa tarvittavat johdot sekä virtapihti, joita ei vielä valittu tuotteeseen. Kesäkuussa 2011 taakkamitta-

rin jatkokehittäminen oli siinä vaiheessa, että yritykseltä saatiin alustavat kustannusarviot sekä toimitusajat.

Jatkokehittämistä varten tehtiin myös mittauksia, jotta piirilevy- sekä kotelo-suunnittelussa osattaisiin ottaa huomioon joidenkin komponenttien erityistarpeet lämpösuunnittelua sekä EMC-suunnittelua silmällä pitäen.

Lämpökameramittauksissa havaittiin noin 30 °C:n lämpötiloja komponenteissa. Tuloksia väärästi hieman se, että piirilevyä ei saanut kokonaan esille, jotta lämpimin komponentti olisi saatu määritettyä tarkasti. Piirikaaviota ja lämpökamerakuvia tutkimalla voidaan kuitenkin todeta, että piirilevyn komponenteista yksikään ei aiheuta niin suuria lämpötiloja, jotta se tulisi ottaa huomioon piirilevysuunnittelussa.

EMC-suojauksen kannalta komponentit eivät tarvitse piirilevyille erillisiä Faradayn häkkeitä ympärilleen, mutta johtimien kautta tulevat häiriöt tarvitsevat erillisen suojauksen, esimerkiksi ferriittihelmet tai suotimilla varustetut liittimet.

Kotelossa kriittisimmät kohdat ovat liittimet, näyttö, näppäimet sekä paristokotelo. Prototyypin kotelossa häiriösuojaus on toteutettu sisäpinnan folioinnilla. Myös Boplan koteloihin on saatavilla EMC-suojaus kotelon sisäpuolelle (EMC-tiivisteet).

9 POHDINTA

Työ osoittautui haastavaksi ja mielenkiintoiseksi. Uusia asioita tuli työssä vastaan koko ajan. Energian mittausta ei ollut missään määrin tuttu aihe, ja se aiheutti päänvaivaa alussa suhteellisen paljon. Verkosta löytyvistä materiaaleista oli suuri apu uuden asian opettelussa.

Alun opetteluun jälkeen työ alkoi sujua ja vähitellen energian mittauksesta pääsi paremmin perille. Suurin kynnyskysymys aiheutui kuitenkin erilaisten direktiivien kanssa. Direktiivien määrän vuoksi tähän tuotteeseen sopivien direktiivien löytäminen tuotti eniten vaikeuksia. Lopulta päädyttiin etsimään samankaltaisten tuotteiden esitteitä ja ohjekirjoja, joista katsottiin, mitä standardia ne noudattavat, ja luettiin kyseiset standardit. Tämän sekä Tukesilta kysytyjen neuvojen avulla löysimme oikeat standardit.

Työn alussa määritetyt tavoitteet saavutettiin onnistuneesti. Eli taakkamittarille saatiin valmis konsepti, jonka mukaan sitä voidaan alkaa tuottamaan aiemmin mainitussa yrityksessä. CE-merkintää varten tulisi kuitenkin tehdä vielä EMC-mittauksia, jotta mittauskohteissa olevat häiriöt eivät vääristäisi mittaustuloksia tai pahimmassa tapauksessa rikkoisi laitetta.

LÄHTEET

AVRISP mkII -programmer. Atmel. Saatavissa: http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=3808. Hakupäivä 26.6.2011.

CAT IV. Gossen Metrawatt. Saatavissa: <http://www.profitest-master.de/index.php?page=CAT>. Hakupäivä 28.6.2011.

CE-merkki ja suunnittelu. 2000. Kalliokoski, Elli – Rätty, Minna. Saatavissa: www.tkk.fi/Yksikot/Elektroniikka/Kurssit/171/Materiaali/ce.pdf. Hakupäivä 14.4.2011.

Current clamp. 2010. Saatavissa: <http://www.currentclamp.org/>. Hakupäivä 15.6.2011.

EMC-direktiivi. 2004. D 2004/108/EY.

EMC-direktiivin 2004/108/EY soveltamisopas. 2007. Viestintävirasto. Saatavissa: http://www.ficora.fi/attachments/suomial/5tFhGeUZU/EMCD_opas_FI.PDF. Hakupäivä 23.8.2011.

EMC-tiivisteeet. SKS-Automaatio. Saatavissa: [www.sks.fi/tuotteet/teollisuuskotelot_bopla/\\$file/EMC.pdf](http://www.sks.fi/tuotteet/teollisuuskotelot_bopla/$file/EMC.pdf). Hakupäivä 20.6.2011.

EMI-skannerin käyttöönotto ja mittaukset. 2009. Mehtälä, Jari. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Insinööriyö.

Energianmittauslaitteiston suunnitteluohje. 2007. Heikinheimo, Jukka. Saatavissa:

http://www.polarmit.fi/assets/site/files/apua_sahkomittauksiin/Mittausohje_jak_eluverkko.pdf. Hakupäivä 20.5.2011.

Hand held enclosures - ARTEB-335DIS/335F. Electro-Stock, Inc. Saatavissa: <http://www.electrostock.com/bop/bop3-18.htm>. Hakupäivä 7.6.2011.

IP-luokitusjärjestelmä. 2009. Savolainen, Jari. Saatavissa: <http://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=12160009>. Hakupäivä 25.5.2011.

Load current clamp sensor. Kyoritsu. Saatavissa: <http://www.kew-ltd.co.jp/en/products/sensor/8128.html>. Hakupäivä 19.3.2011.

Mattila, Hannu. 2011. VS: Insinööriyöhön liittyvä kysymys. Tukes, yli-insinööri. Vastaanottaja: Toni Karnaranta. 2.5.2011.

Opintojakson oppimateriaali. Kuisma, M. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl50a0200/luennot/esd-luentosatsi.pdf>. Hakupäivä 21.6.2011.

Pienjännitedirektiivi. 2006. D 2006/95/EY.

Powertip - PC0802ARS-AWA-A-Q - LCD module. Farnell. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/powertip/pc0802ars-awa-a-q/lcd-module-8x2-stn-reflect/dp/1671493?Ntt=pc0802ars-awa-a-q>. Hakupäivä 24.4.2011.

Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use. D IEC 61010-1.

Sovelletun elektroniikan laboratorio, TKK. Opintojakson oppimateriaali. 2010. Aalto: Aalto yliopisto. Saatavissa: https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/kon-41.3140/luennot/Kon-41_3140_vuoden_2010_luentokalvot_3.pdf. Hakupäivä 20.6.2011.

T724303 EMC tuotesuunnittelussa 3 op. 2010. Sieppi, Ensio. Opintojakson oppimateriaali syksyllä 2010. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Tuntimittauksen periaatteita. 2010. Energiäteollisuus. Saatavissa: http://www.polarmit.fi/assets/site/files/apua_sahkomittauksiin/Tuntimittaussuositus_2010.pdf. Hakupäivä 5.5.2011.

Virtapihdin toimintaperiaate. Nostec Electronics Co. Saatavissa: http://www.nostek.co.kr/PI_CLAMP_OPERATE.jpg. Hakupäivä 9.6.2011.

Yleistä virtamuuntajista. 2000–2007. ABB:n TTT -käsikirja. Saatavissa: http://heikki.pp.fi/abb/101_0007.pdf. Hakupäivä 20.5.2011.

LIITTEET

Liite 1. Benchmarking

Liite 2. Koteloiden vertailu

Liite 3. Virtapihtien vertailu

Liite 4. Näyttöjen vertailu

Liite 5. Taakkamittarin esite

Liite 6. Taakkamittarin esite englanniksi

BENCHMARKING

LIITE 1

<u>BENCHMARKING</u>			
Ominaisuudet	Model 704	Model 585	CAT1044D
Max virta	5A	20 A	20 A
Max jännite		480 V rms	480 V
Kuorma		0,1 - 15,8 ohm	0,1 - 15,8 ohm
Mittaustarkeus	1% 5 A ja 5 V, 5% 0,01 A ja 0,01 V		
Näyttö	Korkeus: 12,7 mm 3,5 digit		
Mitat	100 * 206 * 40 mm, 0,7 kgs	109,2 * 190,5 * 99 mm, 2,3 kg	109,2 * 190,5 * 99 mm, 2,3 kg
Käyttöjännite	4 AA paristoa	6 AA paristoa	6 AA paristoa
Valmistaja	Redphase Instruments	Radian Research	Tesco

(http://www.redphase.com.au/ctptvt_testers.htm;
<http://www.radianresearch.com/products/ct-and-pt-test-products/585.html>;
http://www.tesco-advent.com/catalog/store/comersus_viewItem.asp?idProduct=2.)

KOTELOIDEN VERTAILU

LIITE 2

KOTELOITA						
Valmistaja	Bopla				Bopla	
Malli	ARTEB				ARTEB	
Tuotenimi	ART 335 DIS?				ART 555 DIS?	
Koko	130*75*26 mm				165*92*30 mm	
Kotelointiluokka	IP40				IP 40	
Näppäimistö	FT 22506 D (6 näppäintä)? FT 11506 D (6 näppäintä)?				FT 22506 D (6 näppäintä)? FT 11506 D (6 näppäintä)?	
Näyttö	20*48 mm				20*53 mm	
Patterikotelo	El koteloa, saatavilla paristopidike BH 2MN?, 58*31,9*17,2mm				El koteloa, saatavilla paristopidike BH 2MN, 58*31,9*17,2 mm	
HUOM	min. tilaus 5 kpl Tiivistesarjalla IP65 ART 335-DI? EMC-pinnoitus?				min. tilaus 5 kpl Tiivistesarjalla IP65 ART555-DI? EMC-pinnoitus?	
Maahantuoja	SKS automation				SKS automation	

(http://www.sks.fi/inet/sks/flow.nsf/docs/kasikotelot_bopla?OpenDocument&ExpandSection=6.4%2C6.3%2C6.1#_Section6.4.)

VIRTAPIHTIEN VERTAILU

LIITE 3

<u>VIRTAPIHTEJÄ</u>										
	Kyoritsu KEW 8128		Fluke I200		Agilent U1583B		Hioki 9695-02			
Virta	AC 5 A - 50 A		AC 0,5 A - 200A		AC 0,5 A - 400 A		AC 50 A			
Ulostulojännite	AC 50 mV/5 A max 500 mV/50 A				1 mV - 10 mV		AC 10 mV/A			
Tarkkuus	±0,5%rdg ±0,1 mV(50/60 Hz)		1% of reading + 0,5 A (48-65 Hz)		2% - 2,5% + 0,5 A		±0,3%rdg, ±0,02%f.s.			
	±1,0%rdg ±0,2 mV(40 Hz-1 kHz)									
Vaihesiirto	±2,0°(45-65 Hz)						±2°			
Jännitekesto	AC 3540 V 5 s ajan									
Ulostuloimpedanssi	~20Ω		0,2 - 15Ω							

(<http://www.kew-ltd.co.jp/en/products/sensor/8128.html>;

<http://www.elektrolinna.fi/kauppa/index.php?ryhma=FF030F110&infosivukoodi=FLUKE-I200>; <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/U1583-90107.pdf>;

<http://www.hioki.com/product/clamp.html>.)

NÄYTTÖJEN VERTAILU

LIITE 4

NÄYTTÖJÄ

	<u>LMB0820</u>	<u>PC 0802-A</u>
Sarake*rivi	8*2	8*2
Moduulin koko	58,0*32,0*9,5 mm	58,0*32,0 mm
Ikkunan koko	35,0*15,0 mm	38,0*16,0 mm
Vdd	5,0 V	5,0 V
Käyttölämpötila	0 - 50 °C	

(Powertip - PC0802ARS-AWA-A-Q - LCD module;
<http://www.seeedstudio.com/depot/datasheet/LMB0820-info.pdf>.)



Taakkamittari virtamuuntajan taakan mittaukseen

Kompaktissa kotelossa oleva laite, jolla voit helposti tarkistaa virtamuuntajan sekä asennuksen kunnon. Laitteen mukana tulevalla virtapihdillä mitataan virtamuuntajan virtaa ja kahdella mittapäällä virtamuuntajan navoista jännitettä.

Laite näyttää LCD-näytöllä virtamuuntajan ja johtimien välisen taakan sekä prosenttiosuuden virtamuuntajan nimellistaakasta. Jos taakka ei ole riittävän suuri verrattuna nimellistaakkaan, laite kertoo, kuinka paljon johtoa tulee lisätä riittävän taakan saavuttamiseksi.

Ominaisuudet

- virtamuuntajan ja johtimen välisen taakan mittaus
- lisättävän taakan ilmoittaminen
- jännitteen ja virran mittaus.

TAAKKAMITTARIN ESITE ENGLANNIKSI LIITE 6



A handheld CT burden tester

The handheld CT burden tester is a simple and compact case for testing current transformer condition and installation. This tester comes with a current clamp which measures the current of the transformer and two probes to measure voltage.

The tester includes a digital LCD display showing burden and percent change with burden added. If the burden is too small comparing with burden of the current transformer, then tester shows how much cable you must add there.

Applications

- Burden measurement between current transformer and the conductor
- Shows increase of burden
- Voltage and current measurement