

Mika Kohola, Matti Laitinen

## Modulaarinen latausjärjestelmä UbiPill-laitteelle

# Modulaarinen latausjärjestelmä UbiPill-laitteelle

Mika Kohola, Matti Laitinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Tietotekniikka  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö laitettiin alulle maaliskuussa 2010, kun UbiHome- laboratorioissa valmistetussa robotissa ilmeni tarvetta jonkinlaiselle lataustelakalle. Jonkin aikaa työtä jalostettiin robotin näkökulmasta, mutta huhti-toukokuun aikana vielä ideoinnin tasolla olleen lataustelakan pääasiallinen kohde vaihtui niin ikään UbiHomessa toteutettuun UbiPill- lääkeannostelijaan.

Työtä teimme pääsääntöisesti kahdestaan Raahen tekniikan ja talouden kampuksen laboratoriotiloissa, joista löytyi työn tekemiseen tarvittavat laitteet.

Opinnäytetyön valvojana toimi Juha Rätty.

Mika Kohola

Matti Laitinen

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka, sulautetut järjestelmät

Tekijät: Mika Kohola, Matti Laitinen  
Opinnäytetyön nimi: Modulaarinen latausjärjestelmä UbiPill-laitteelle  
Työn ohjaaja: Juha Rätty  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012                      Sivumäärä: 21

Työn toimeksiantajana toimi Oulun seudun ammattikorkeakoulun Raahen tekniikan ja talouden yksikössä toimiva UbiHome- kehityslaboratorio. Työn tavoitteena oli kehittää UbiHome-laboratoriossa jo aikaisemmin kehitettyyn UbiPill-laitteeseen sähkömagneettisella induktiolla toimiva latausjärjestelmä.

Työssä oli tarkoitus tutkia ja tutustua sähkömagneettisen induktion suomiin mahdollisuuksiin latausjärjestelmissä ja näiden tulosten perusteella valmistaa latauslaitteesta prototyyppi, jota voitaisiin myöhemmin jatkokehittää ja mahdollisesti hyödyntää muissakin laitteissa. Järjestelmän oli tarkoitus olla mahdollisimman sähköturvallinen sekä helppokäyttöinen, koska se kehitettiin laitteelle, jonka pääsääntöinen käyttäjäkunta tulisi olemaan iäkkäämpää.

Erialaisten ratkaisutapojen tutkimisen jälkeen päätettiin, että laturi tulee olemaan kahdella eri piirilevyllä siten, että kelat yhdistävät ne. Ensiöpuolella oleva kela laitetaan värähtelemään tietyllä taajuudella, jonka seurauksena syntyy magneettikenttä. Viemällä toisiopuolen kela tähän magneettikenttään indusoituu siihen jännitettä, joka voidaan johtaa kuormalle.

Työn tuloksena oli laite, joka täyttää sille asetetut tavoitteet ja toimii pohjana jatkokehitystä ajatellen.

Asiasanat:

Sähkömagneettinen induktio, UbiHome, Induktiolataus, UbiPill

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Information Technology, Embedded Systems

Authors: Mika Kohola, Matti Laitinen

Title of thesis: Modular charging station for the UbiPill-device

Supervisor: Juha Rätty

Term and year of completion: Spring 2012

Number of pages: 21

This Bachelor's thesis was commissioned by the UbiHome project laboratory at Raahe School of business and engineering. The objective of this thesis was to create a charger for a previously made UbiHome device called UbiPill, which uses on electromagnetic induction as the charging method.

The aim was to study the possibilities of the electromagnetic induction as a charging method, and then to build a prototype of a charging device which could then be further developed and even used for other devices. The system should be electrically safe and also easy to use, because it will be used with a device the users of which are mainly going to be older people.

After some studying, it was decided that the charger will be in two separate circuit boards and that two coils will connect them. The primary coil is made to resonate at a certain frequency, which creates an oscillating magnetic field. When the secondary coil is brought into it, the voltage is induced to the conductors of the secondary coil and the voltage can be brought into the load.

The result of this thesis is a device that meets its requirements and that can be used for further development.

Keywords:

Electromagnetic inductance, UbiHome, Inductive charging, UbiPill

## SISÄLLYS

ALKULAUSE	3
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Induktiolataus	7
1.2 UbiHome	8
2 MÄÄRITELMÄ	9
3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ	10
3.1 Sähkömagneettinen induktio	10
3.2 Käämi eli kela	11
3.3 Colpitts-oksillaattori	11
3.4 Cockcroft-Walton- generaattori	12
4 TOTEUTUS	14
4.1 Ensiöpuoli	15
4.2 Toisiopuoli	16
5 TESTAUS	17
6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	18
7 YHTEENVETO	19
LÄHDELUETTELO	20
LIITTEET	21

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö aloitettiin, koska UbiHome-projektilaboratoriossa oli tarvetta laturille, joka toimisi joko yhdellä tai useammalla UbiHomessa tehdyllä laitteella. Tavoitteena oli tehdä laturin tai latausaseman pohja, josta olisi sitten helppo jatkaa laitteen kehittelyä. Erityisvaatimuksena oli, että laturin pitäisi toimia induktioperiaatteella. Induktio valittiin erityisvaatimukseksi, koska haluttiin tutkia sen potentiaalia sähköakkujen lataustekniikkana. Lisäksi toimivaa induktiolaturia on kohtalaisen helppo muokata käytettäväksi muissa laitteissa. Kun työtä oli saatu tehtyä jonkin matkaa, päätettiin, että ajan säästämiseksi laturi tehdään ainoastaan UbiHomessa tehdyille UbiPill-laitteelle.

## 1.1 Induktiolataus

Kannettavat akkukäyttöiset mobiililaitteet ja tietokoneet ovat nykyään arkipäivää ja niitä löytyy lähes kaikilta ja kaikkialta. Uutta laitetta ostettaessa tulee sen mukana aina langallinen laturi. Tämä kuormittaa luontoa pitkällä aikavälillä. Lisäksi laturin kantaminen mukana ei ole aina mahdollista. Sähkömagneettisella induktiolla toteutetut laturit tai latausasemat saattavat olla tulevaisuuden ratkaisu johdollisten laturien korvaajiksi. Tällaisia latausasemia voisi löytyä esimerkiksi julkisilta paikoilta, joissa kuluttajat niitä voisivat käyttää, esimerkiksi kännykän lataamiseen kahvia juodessa. Tässä työssä esitellään yksinkertainen versio tällaisesta laturista. Muutamilta yrityksiltä on jo olemassa kaupallisia ratkaisuja sähkömagneettista induktiota käyttävistä latureista tai latausasemista. Tulevaisuudessa induktiolatausta hyödyntävät laturit tulevat vähentämään langallisten latureiden määrää radikaalisti. WPC (Wireless Power Consortium) on vuonna 2008 perustettu yhteisö, johon kuuluvat kaikki suurimmat kannettavia laitteita valmistavat yritykset ympäri maailmaa. Tämän yhteisön tarkoituksena on kehittää "Qi"-nimellä kulkevaa universaalia standardia langattomalle lataamiselle.

(<http://www.wirelesspowerconsortium.com>)

## **1.2 UbiHome kehityslaboratorio**

Ubihome on Oulun seudun ammattikorkeakoulun Raahen tekniikan ja talouden yksikössä toimiva kehityslaboratorio, jonka tavoitteena on tehdä jokapäiväistä elämää helpottavia laitteita. Erityiskohteena ovat vanhukset. Erytisesti laitteiden käyttöliittymiin kiinnitetään huomiota, ja ne pyritään tekemään mahdollisimman yksinkertaisiksi sekä helppokäyttöisiksi. ([www.ubihome.org](http://www.ubihome.org))

## 2 MÄÄRITELMÄ

Työn tavoiteena oli rakentaa lataustelakka UbiHomessa kehitetylle UbiPill-laitteelle. Työn erityisvaatimuksina oli, että lataus tapahtuisi käyttäen hyväksi sähkömagneettista induktiota sekä että laturi olisi mahdollisimman modulaarinen, jotta sitä voitaisiin tulevaisuudessa tarpeiden mukaan jatkokehittää. Alussa kehiteltiin ajatusta telakkamaisesta ratkaisusta. Laitteen ensiöpuoli tulisi toimimaan latausasemana, jolla olisi oma kotelointi sekä näyttö akun latauksen näyttämiseen. Samalla näyttö olisi myös tarkkaillut akun varausta, ja sen tullessa täyteen olisi lataus keskeytetty. Kotelointi olisi tehty siten, että kotelossa olisi syvennys tai ura, joka olisi ollut toisiopuolen muotoinen ja johon toisiopuoli olisi mahtunut. Lisäksi suunniteltiin, että laitteella olisi pystynyt lataamaan myös toisten laitteiden akkuja. Ajan säästämiseksi koteloinnista kuitenkin luovuttiin sekä keskityttiin kehittämään laite vain UbiPill-laitetta varten.

Käytännössä UbiPill-laitteessa olevat akut määrittävät osan laturin ominaisuuksista. Akut vaativat vähintään 5 voltin tasajännitteen latautuakseen. Niinpä laturi täytyi rakentaa siten, että toisiopuolen ulostulosta saadaan vähintään 5 voltia.

Työn alussa päätettiin, että laturia aletaan kasata kehitellä ja kahdelle erilliselle piirilevyille. Koska keloja tulee olemaan kaksi, niin tämä oli käytännöllisin ratkaisu. Piirilevyt yhdistää magneettikentän avulla kaksi kelaa, jotka on kytketty ensiö- ja toisiopiiriin. Tämä lisää myös työn modulaarisuutta, sillä jos kelat värähtelevät samalla taajuudella ja ovat induktanssiltaan samanlaiset, on ensiö- tai toisiopuolen elektroniikan muuttaminen helppoa.

### 3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Laturissa on kaksi puolta, ensiöpuoli ja toisiopuoli. Kelat yhdistävät nämä puolet käyttämällä sähkömagneettista induktiota. Ensiöpuolella on niin sanottu Colpittsin oskillaattori, jolla luodaan toisiopuolen tarvitsema magneettikenttä. Toisiopuolella puolestaan on niin sanottu Cockcroft-Walton-generaattori, joka muuntaa ensiöpuolelta saadun vaihtojännitteen tasajännitteeksi.

#### 3.1 Sähkömagneettinen induktio

Sähkömagneettista induktiota käytetään sähköön tuotannossa ja sitä ilmenee myös päivittäin käytettävissä laitteissa, kuten sähköhammasharjan laturissa ja induktioliedessä. Sähköä indusoituu johtimeen, kun sen ohitse kulkee jatkuvasti muuttuva magneettikenttä. Vastaavasti johtimessa kulkeva sähkövirta alkaa muodostaa ympärilleen magneettikenttää. Tarvittava magneettikenttä saadaan aikaan tavallisella magneetilla tai käämin avulla.

Käämit ovat usealle silmukalle kiedottua johdinta ja toimiakseen käämi tarvitsee jatkuvasti muuttuvan magneettivuon, joka saadaan aikaan liikuttamalla joko käämiä tai magneettia. Käämissä olevien johdinsilmukoiden läpi kulkeva magneettivuo liikuttaa käämin johtimien elektroneja ja muodostaa näin sähkövirtaa. Käämissä kulkeva virta muodostaa magneettikentän, joka pyrkii vastustamaan virran muutosta. Tätä ilmiötä kutsutaan induktanssiksi (H) ja se ilmoitetaan aina yhtenä käämin arvona. Induktation löysi Michael Faraday, joka nimesi ilmiön Faradayn induktiolaiksi.

(Inkinen - Manninen - Tuohi 2002, 165-168.)

### 3.2 Käämi eli kela

Kela on passiivinen sähkötekniikan ja elektroniikan komponentti, joka voi varastoida energiaa sen läpi kulkevan sähkövirran synnyttämään magneettikenttään. Varastoitunut energia pyrkii vastustamaan kelan läpi kulkevan virran muutoksia, mitä ominaisuutta kuvataan induktanssilla. Induktanssin yksikkö on Henry (H).

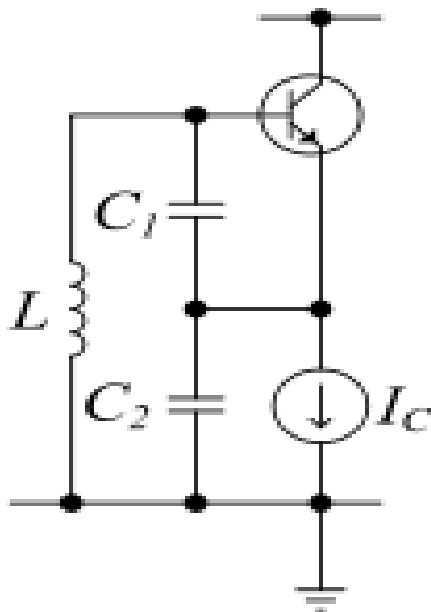
Kela tehdään tyypillisesti kiertämällä eli käämimällä sähköjohdin tätä tarkoitusta varten valmistetun ferromagneettisen sydämen ympärille. On mahdollista tehdä myös ilmasydäminen kela. Tällöin sydänaineena toimii ilma, ja kela rakennetaan esimerkiksi muovisen tukirungon päälle. Mikäli johdin on tarpeeksi jäykkä, voidaan ilmasydäminen kela tehdä myös ilman erillistä tukirunkoa. Etenkin suurilla taajuuksilla sydämenä käytetään ferriittiä. Kelan induktanssin suuruuteen vaikuttavat sydämen muoto, materiaali sekä johdinkierrosten määrä.

(Wikipedia. 2012a)

### 3.3 Colpitts-oskillaattori

Colpitts-oskillaattori on niin sanottu LC-oskillaattori. Värähtelypiirissä energian edestakainen siirtyminen kelan magneettikentän ja kondensaattorin sähkökentän välillä aiheuttaa värähtelyn. Tämän sinimuotoisen värähtelyn taajuus riippuu kelan induktanssista  $L$  ja kondensaattorin kapasitanssista  $C$ . Koska värähtelypiiristä poistuu energiaa lämpöhäviönä sekä sähkömagneettisina aaltoina, oskillaattori tarvitsee ulkoisen energianlähteen, joka syöttää piiriin lisää energiaa värähtelyn tahdissa.

(Wikipedia. 2012b)

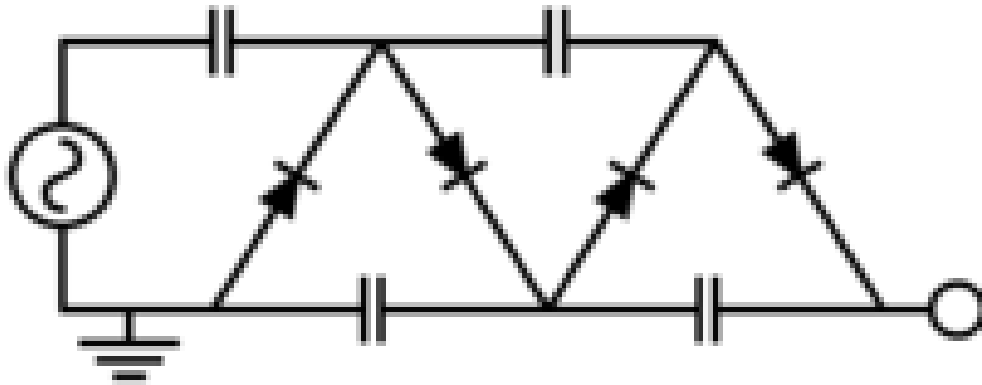


KUVA 1. Colpitts-oksillaattori. Wikipedia. 2012e

### 3.4 Cockcroft-Walton- generaattori

Cockcroft-Walton (CW)- generaattori on kaskadi eli jännitteenkertaaja, jolla vaihtovirran jännitettä voidaan nostaa kondensaattoreista ja diodeista rakennetun virtapiirin avulla virran muuttuessa samalla piirin ensimmäisen diodin jälkeen tasavirraksi. CW-generaattorilla matalat tulojännitteet saadaan nostettua helposti erittäin korkeiksi. Ihanteellisissa olosuhteissa lähtöjännite on kaksi kertaa tulojännite kertaa CW-generaattorin vaiheet. Tässä työssä käytettiin kaksivaiheista CW-generaattoria. Tavalliseen muuntajaan verrattuna CW-generaattori on halvempi sekä helpompi rakentaa. Lisäksi ulostulo voidaan ottaa CW-generaattorin mistä vaiheesta tahansa. CW-generaattorin heikkoutena on pieni ulostulovirta, erityisesti kun kondensaattori-diodi- vaiheita on useita.

(Wikipedia. 2012c)



KUVA 2. Kaksivaiheinen CW-generaattori. Wikipedia. 2012f.

## 4 TOTEUTUS

Työn toteutus aloitettiin suunnittelemalla työn eri vaiheita niiden tietojen pohjalta, mitä meillä oli UbiPill-laitteesta ja sen tarpeista. Aivan ensimmäiseksi päätimme perehtyä induktion teoriaan, koska aihe oli meille entuudestaan vieras.

Teoriaan tutustumisen jälkeen päätettiin keskittyä keloihin. Kelojen kanssa meillä oli kaksi vaihtoehtoa, joko etsiä jostain ominaisuuksiltaan sopivat valmiit kelat tai valmistaa ne itse. Koska kelat haluttiin tietyn muotoisiksi, päätettiin ne valmistaa itse. Internetistä löytyneen laskurin avulla kelan ominaisuudet oli helppo määrittää haluamikseen. Laskuriin lisätään haluttu induktanssi, kelan valmistukseen käytettävän kuparilangan paksuus sekä valmistettavan kelan haluttu halkaisija. Kun edellä mainitut tiedot on syötetty laskuriin, ilmoittaa laskuri, kuinka monta kierrosta lankaa pitää kääriä, jotta siitä saadaan määritellyn halkaisijan kokoinen kela. Vaikka molempien kelojen induktanssi on sama, voivat ne kuitenkin olla fyysiseltä kooltaan erikokoisia. Tällöin halkaisijaltaan pienempään kelaan tulee vain enemmän kierroksia.

Työn edetessä valmistimme ja testasimme useita erilaisia keloja. Valmistettujen kelojen ominaisuudet vaihtelivat niin fyysisen koon kuin fysikaalisten ominaisuuksien puolesta. Valmistamistamme keloista suurimmat olivat halkaisijaltaan noin 10 cm ja ilmasydämissä. Useiden kokeilujen ja mittausten perusteella päädyimme keloihin, jotka oli kääritty ferriittirenkaan ympärille ja toistensa päälle siten, että ensin ferriittirenkaaseen käärittiin ensiökäämi ja tämän päälle sitten toisiökäämi. Tällä tavoin toisiopuolelta mitattu jännite saatiin suurimmilleen.

## 4.1 Ensiöpuoli

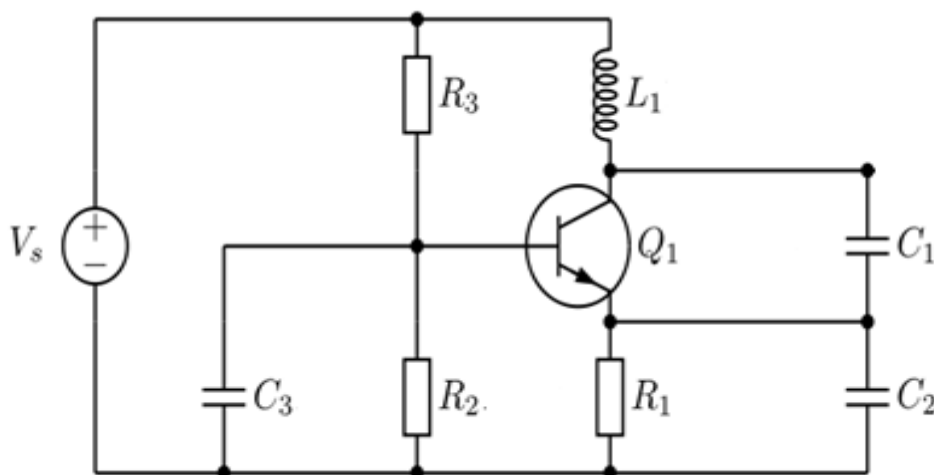
Ensiöpuolta voidaan pitää eräänlaisena latausasemana. Se on oskillaattori, joka luo magneettikentän, jotta energiaa saadaan siirrettyä toisiopuolelle.

Ensiöpuolen värähtelytaajuus saadaan kaavasta:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \left(\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}\right)}}$$

KAAVA 2.  $L$  on kelan induktanssi,  $C_1$  ja  $C_2$  ovat kondensaattoreita.

Ensiöpuolesta päätettiin tehdä Colpitts-oskillaattori. Erilaisia oskillaattorimalleja olisi ollut useita, mutta Colpitts sopi tähän työhön parhaiten. Pääsyyinä oli, että Colpitts-oskillaattori on virtaoskillaattori eikä jänniteoskillaattori. Koska virran vaihtelut ensiöpuolen kelassa saavat aikaan tarvittavan magneettikentän, oli Colpitts-oskillaattori paras vaihtoehto. Lisäksi sen rakenne on melko yksinkertainen ja siinä on vain yksi kela. Colpitts-oskillaattorin kela sekä sarjaan kytketyt kondensaattorit määrittävät magneettikentän värähtelytaajuuden.



KUVA 3. Ensiöpuolen piirikaavio.

## 4.2 Toisiopuoli

Laturin toisiopuoli sijaitsee yleensä ladattavassa laitteessa eli kuormassa. Ensiöpuolella luotu magneettikenttä saa toisiopuolen kelan johtimet indusoitumaan, mistä saadaan sähkövirtaa. Toisiopuolella on ensin kela, joka on induktanssiltaan mahdollisimman samanlainen kuin ensiöpuolen kela. Siihen on rinnankytketty kaksi sarjassa olevaa kondensaattoria. Kondensaattorit ovat kapasitanssiltaan 150 nanofaradia eli saman verran kuin ensiöpuolen kaksi sarjassa olevaa kondensaattoria. Näin molempien puolten kelat värähtelevät mahdollisimman samanlaisella taajuudella.

Tässä vaiheessa virta on vielä vaihtovirtaa. Koska akkujen lataukseen tarvitaan tasavirtaa, täytyy se muuttua. Muutos tehdään Cockcroft-Walton-generaattorilla. CW-generaattorilla on myös toinen tarkoitus. Koska kelojen välisessä energiansiirrossa ei ole kauhean hyvä hyötysuhde, on toisiopuolen jännite melko pieni siirron jälkeen. CW-generaattorilla jännitettä voidaan kuitenkin nostaa. CW-generaattori koostuu vaiheista. Yhdessä vaiheessa on aina kaksi kondensaattoria sekä kaksi diodia. Teoriassa jännitteen pitäisi kaksinkertaistua yhden vaiheen aikana, mutta käytännössä tähän ei voida päästä johtuen muun muassa komponenttien ja johdinlangan sisäisistä resistansseista. CW-generaattorissa on myös muita heikkouksia. Jos vaiheita on useita, rippelijännite eli jännitteen vaihtelu kasvaa. Tässä työssä käytettiin kaksivaiheista CW-generaattoria.

## 5 TESTAUS

Erityistä testaussuunnitelmaa ei tehty, sillä testausta tehtiin jatkuvasti työn edetessä. Koska kelat ovat laitteen toiminnan kannalta erittäin tärkeitä, testattiin niitä eniten. Keloja tehtiin myös monta erikokoista niin pinta-alan kuin kierrosmääränkin osalta. Vaikka Internetistä löytyvien laskukaavojen avulla on helppo määrittää keloille haluttavat ominaisuudet resistanssin, induktanssin, kierrosmäärän sekä kelan fyysisen koon osalta, ei keloja silti käsin rakennettaessa pysty tekemään ihanteellisiksi ominaisuuksien osalta. Tämän vuoksi kelojen punominen olikin pitkälti yritys- erehdys- periaatteella tehty.

Koska kelojen tuli olla ominaisuuksiltaan mahdollisimman samanlaisia, jouduttiin kelojen pituuksia vaihtelevaan useita kertoja. Alun perin keloista oli tarkoitus tehdä halkaisijaltaan noin 5-15cm kokoisia sekä muutaman sentin paksuisia ja mahdollisimman pyöreitä, siten että ensiöpuolen kela olisi halkaisijaltaan hiukan isompi. Koska molempiin keloihin käytettiin saman verran kuparilankaa, tuli toisiopuolen kelaan enemmän kierroksia. Koska kelojen välinen sähköenergian siirto tapahtuu magneettikentän avulla, siirron hyötysuhde on yleensä sitä parempi, mitä lähempänä toisiopuolen kela on ensiöpuolen kela. Lisäksi huomattiin, että lisäämällä ferriittisydän magneettikenttään saadaan kenttää vahvistettua. Niinpä aluksi tehdystä päätöksestä tehdä keloista pyöreät ja erillään olevat luovuttiin, ja kelat päätettiin punoa ferriittirenkaan päälle siten, että ensiöpuolen kela oli ferriittirenkaan päällä ja toisiopuolen kela toisen kelan päällä. Näin kelojen välisestä sähköenergian siirrosta saatiin testatuista menetelmistä paras hyötysuhde.

Laturin muiden toimintojen testaus oli hieman suoraviivaisempaa. Nopealla testauksella selvisi, että diodeiksi tarvittiin schottkydiodeja suuren taajuuden vuoksi. Kondensaattorien ja vastuksien arvot löytyivät kohtalaisen helposti laskujen sekä kokeilujen perusteella. (Wikipedia. 2012d.)

## 6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Erilaisia jatkokehitysmahdollisuuksia tuli eteen työn edetessä. Iso osa näistä liittyi laitteen antamaan palautteeseen tai sen helppokäyttöisyyteen.

Tällä hetkellä laturissa on ledi, joka palaessaan osoittaa että akkuja ladataan. Laite ei kuitenkaan osaa keskeyttää latausta, kun akut tulevat täyteen, eikä akkujen täyttymistä myöskään huomioida esim. ledin sammumisella tai vastaavalla ilmoituksella. Tämä olisi yksi jatkokehitysmahdollisuus, johon voisi paneutua. Laite osaisi arvioida akkujen virran tarpeen ja, kun ne ovat saavuttaneet tietyn pisteen, laite katkaisisi latauksen. Kun akkujen varaustila on laskenut alatasoon, laite käynnistyy uudelleen ja alkaa jälleen ladata akkuja ilmoittaen siitä esimerkiksi erivärisillä led-valoilla.

Jos laturin käyttömahdollisuuksia haluttaisiin lisätä, voisi ns. telakointiasematyyppinen ratkaisu olla hyödyllinen. Tällöin kelat olisivat erillään ja ensiöpuolen kela ja muu elektroniikka muodostaisivat latausaseman. Tämä asema voitaisiin ympäröidä esim. muovisella kotelolla. Kotelossa voisi olla näyttö, joka näyttää käytetävän jännitteen sekä akun varaustilan. Toisiopuolen kela sekä elektroniikka voitaisiin pitää erillään, ja kelasta vietäisiin hyppylangat ladattavaan akkuun. Lataus alkaisi, kun toisiopuolen kela vietäisiin latausaseman päälle. Tämän tyylinen ratkaisu lisättynä säädeltävään ensiöpuolen jännitelähteeseen takaisi, että laturi olisi monikäyttöisempi.

## 7 YHTEENVETO

Työssä saatiin toteutettua sähkömagneettista induktiota käyttävä laturi, jolla UbiPill-laitteen akkujen tai pattereiden lataus onnistuu. Huomioitavaa valmistetussa laitteessa kuitenkin on, että laturi sisältää vain välttämättömimmät toiminnot laturin ja UbiPill-laitteen toiminnallisuuden takaamiseksi. Näin ollen laitteella on paljon jatkokehitysmahdollisuuksia.

Tämän työn teko oli erittäin opettavaista. Erityisesti "langattoman" sähkönsiirron periaatteiden opiskelu oli palkitsevaa. Aihe ei ollut kummallekkaan tekijälle aikaisemmin tuttu, joten uutta opittiin varmasti.

Yllättävintä työssä oli huomata, kuinka tarkkuutta vaativa toimenpide energian siirtäminen kahden kelan magneettikentän avulla on. Suunnitteluvaiheessa tätä ei vielä osattu huomioida, jonka vuoksi kelojen saaminen mahdollisimman samanlaisiksi oli paikoitellen jopa rasittavaa. Erilaisia keloja tehtiin työn edetessä useita, niiden kierrossuhteita muutettiin ja niiden fyysinen koko vaihteli.

Tulevaisuudessa langaton lataaminen tulee varmasti yleistymään. Erilaisia laitteita, johon langatonta latausta voidaan soveltaa, on todella paljon. Vaikka tällä hetkellä kaupallisia tuotteita on vasta muutama, ne eivät vielä ole yleistyneet. Voidaankin olettaa että viiden vuoden sisällä tilanne saattaa olla jo toinen. Lopuksi voidaankin todeta, että työn tärkeimmäksi anniksi muodostui sähkömagneettisen induktion ymmärtäminen sekä sähkömagneettisen induktion käyttötarkoitusten tutkiminen jokapäiväisten laitteiden kanssa.

## LÄHDELUETTELO

Ubihome. Hakupäivä 20.1.2012,

<http://ubihome.org>

Wikipedia. 2012a. Kela. Hakupäivä 25.1.2012,

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Käämi>

Pentti Inkinen, Reijo Manninen, Jukka Tuohi. Momentti 2, Insinöörifysiikka, Otava 2002.

Wikipedia. 2012b. Colpitts-oskillaattori. Hakupäivä 25.1.2012,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Colpitts\\_oscillator](http://en.wikipedia.org/wiki/Colpitts_oscillator)

Wikipedia. 2012c. Cockcroft-Walton generaattori. Hakupäivä 27.1.2012,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Cockcrof-Walton\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Cockcrof-Walton_generator)

Wikipedia. 2012d. Schottky-diodi. Hakupäivä 27.1.2012,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Schottky\\_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Schottky_diode)

Wireless power consortium. Hakupäivä 5.1.2011,

<http://www.wirelesspowerconsortium.com>

Wikipedia. 2012e. Kuva 1. Hakupäivä 25.1.2012,

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cc\\_colp2.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cc_colp2.svg)

Wikipedia. 2012f. Kuva 2. Hakupäivä 25.1.2012,

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cockcroft\\_Walton\\_Voltage\\_multiplier.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cockcroft_Walton_Voltage_multiplier.png)

## LIITTEET

Ohessa mittaustuloksia. Kaikki mittaukset tehtiin Raahen tekniikan ja talouden yksikön laboratorioissa. Mittauksissa käytettiin teholähteenä TLM 508:aa 12 voltin vaihtovirralla. Oskiloskoppi oli kaksikanavainen Tektronix TDS 210. Mittauksissa käytettiin FLUKE 89 IV yleismittaria. Kaikki edellä mainitut laitteet löytyivät Raahen tekniikan ja talouden yksikön laboratoriotiloista.

Kelojen taajuudet sekä niissä vaikuttava jännite:

Ensiöpuoli	Värähtelytaajuus	Jännite
	13,24 kHz	12V

Toisiopuoli	Värähtelytaajuus	Jännite
	13,36 kHz	4,8V

Toisiopuolen ulostulojännite on 4,95V.