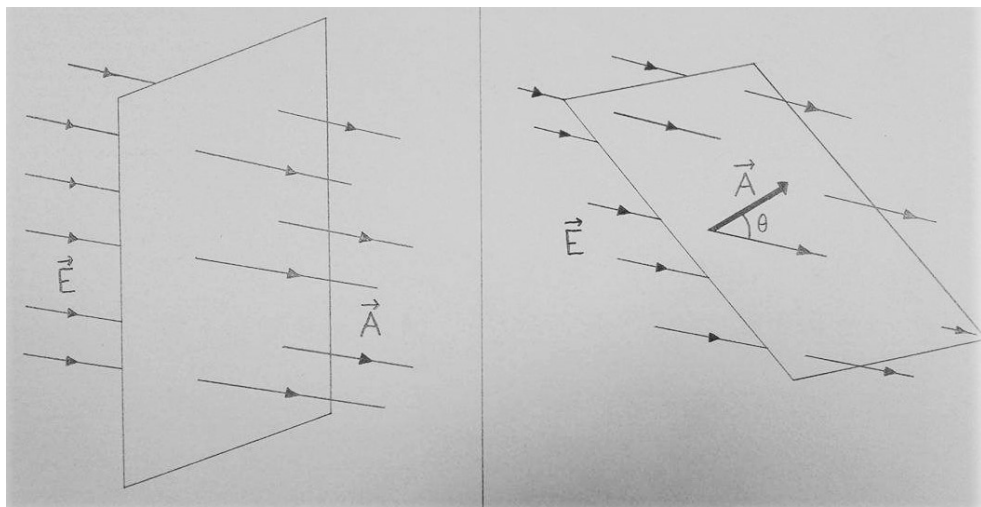


# *Energirenovering*

---



P1 PROJEKT  
GRUPPE C2-16A  
ENERGI  
AALBORG UNIVERSITET  
DEN ?. DECEMBER 2016



**AALBORG UNIVERSITET**  
STUDENTERRAPPORT

**Første Studieår v/  
School of Engineering and Science (SES)**  
Energi  
Strandvejen 12-14  
9000 Aalborg  
<http://www.tnb.aau.dk>

**Titel:**

Trådløs Mobilopladning

**Projekt:**

P1-projekt

**Projektperiode:**

September 2016 - December 2016

**Projektgruppe:**

C2-16a

**Vejledere:**

Christian Uhrenfeldt

**Oplagstal: ?**

**Sidetal: ?**

**Appendiks: ?**

**Afsluttet: DATO**

**Synopsis:**

Her kommer vores synopsis til at være.

*Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatterne.*

# Problemanalyse

# 1

## 1.1 Historie??

H.C Ørsted var på ungdomsrejse i 1801, på denne rejse så H.C Ørsted nogle billeder, det var billeder, som tyskeren E.F.F. Chladni kunne fremkalde disse billeder var avancerede geometriske mønstre, som blev fremkaldt ved han strøg en violinbue med forskellige toner imod en glasplade med sand på. Men det der gjorde H.C Ørsted oprindeligt interesseret, ved han fandt ud af, at han kunne gøre fint pulver elektrisk og derved skabe et mønster ved at stryge violinbuen imod pladen. Ud fra dette kunne H.C Ørsted se den sammenhæng der mellem den elektriske og mekaniske kraft. H.C Ørsted var inspireret af den tyske filosof Immanuel Kant igennem hele sit liv. Immanuel Kant havde opstillede sin egen teorier om naturen på trods han aldrig havde arbejdet med fysik. Immanuel Kants teori omkring naturen var, at der kun findes to naturkræfter hvilket vil mene, at elektricitet, magnetisme, varme og lys bare er de to kræfter, som er kombineret forskelligt. Magnetiske og elektriske kræfter måtte have en sammenhæng, det var H.C Ørsted overbevist om, dette skyldtes Immanuel Kant teori.

Det var H.C Ørsted der i 1820 opdagede, at en magnetnål med kræfter bliver påvirket af elektrisk strøm, men hvis strømstyrken i ledningen blev øget viste det sig, at kraften der var på magnetnålen blev større. H.C Ørsted opdagede, som den første også, at magnetfeltet danner en lukket kreds.

Det næste skridt blev dog ikke taget af H.C Ørsted, men af Michael Faraday, Michael Faraday som var udlært bogbinder, men senere blev han assistent for en berømt kemiker nemlig Humphry Davy. Michael Faraday opdagede i 1831 princippet bag den elektriske transformer og generator, men ikke mindst også elektromagnetisk induktion. Resten af årtiet arbejdede Michael Faraday med, at udvikle sine teorier og ideer omkring elektricitet.

Nikola Tesla var en amerikansk opfinder med serbiske rødder, han lavede offentlige demonstrationer hvor han fremviste forsøg. Men Nikola Tesla fik aldrig rigtig den faglige anerkendelse, som han havde fortjent, men han befandt sig i skyggen Thomas Edison. Nikola Tesla var en af grundene til, at vekselstrøm vandt over jævnstrøm, dette gjorde blandt andet ved elmotoren, som bliver drevet på vekselstrøm. Hvis der bliver nævnt radiokredsløb, skal der tænkes på Nikola Tesla, da han var den første der udviklede de første, som var forstærkede. Opdagelsen omkring forstærkede radiokredsløb, som desuden er en forløber for det der bliver brugt meget i dag, der er tale om radio og tv. Nikola Tesla gjorde ikke kun forarbejdet for radio og tv, men han lavede også forarbejdet for smartphones og ikke mindst internettet, dette gjorde han ved, at lave eksperimenter, som

indeholdt et trådløst elektronisk netværk.

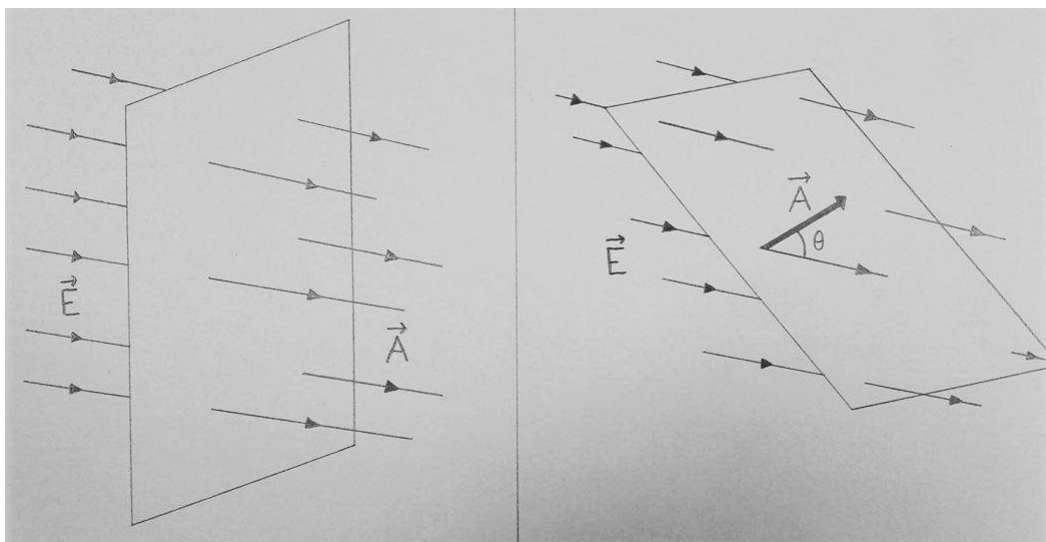
## 1.2 Fysiske love??

Induktiv kopling:

- Elektriske felter
  - Gauss's lov

Inden vi begynder at beregne den strøm, der bliver induceret mellem den trådløse oplader og det elektriske apparat, så skal vi have bedre kendskab til elektriske felter. Til dette skal vi se nærmere på Gauss's lov, der beskriver elektrisk flux gennem forholdet mellem det elektriske felt og det areal, det passerer ved en lukket overflade.

Først kan vi definere formelen for flux, som angiver det elektriske felt ganget med arealet, det løber igennem:  $\Phi = E \cdot A$ . Da indfaldsvinklen for det elektriske felt også har betydning, så ser vi  $\vec{E} \cdot \vec{A}$  i stedet for, hvilket også kan opskrives som  $\Phi = E \cdot A \cdot \cos(\theta)$ . (Se figur X) Figur af elektrisk felt vinkelret og vinklet på overflade



**Figur 1.1.** Figur Vinkelflux

Gauss's lov angiver ikke kun den elektriske flux, men den kan benyttes til at beregne den flux, der forløber over et bestemt areal. Derved skal vi integrere i forhold til overfladen, samt at vektor A skal ganges med en faktor d, så vi får  $\Phi = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ , som igen kan skrives som  $\Phi = \int E \cdot dA \cdot \cos(\theta)$ . Herefter tager Gauss relation til det cirkulære felt omkring en positiv ladning. A bliver i denne sammenhæng formelen for en kugles overflade  $4\pi r^2$ , mens integralet ophæves, da vi nu omtaler hele overfladen igen. Herfra får vi:  $\Phi = E \cdot 4\pi r^2$

Det elektriske felt E er også angivet til at være  $\frac{kq}{r^2}$ . Ud fra dette får vi den elektriske flux til:  $\Phi = \frac{kq}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = 4\pi kq$ . k er derudover defineret som  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ , hvilket vi kan indsætte i forrige formel, hvorved vi får:  $\frac{4\pi q}{4\pi\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0}$ .

q angiver den omkransede ladning for en lukket overflade. Derved kan vi opskrive Gauss's lov til følgende:

$$\oint \vec{E} \bullet d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

- Elektromagnetisme
  - Ampère's lov

Ampère's lov beskriver relationen mellem magnetiske feltstyrker og størrelsen af en jævn strøm gennem en ledning givet over længden  $l$ . Ampère tager udgangspunkt i, hvis man befinder sig ved ledningens center og følger magnetfeltet, som omkredser ledningen. Her er magnetfeltets styrke defineret ved vektoren  $\vec{B}$ , og et definerede linjestykke af magnetfeltets længde angives som  $d\vec{l}$ . For at beregne den jævne strøm gennem ledningen, skal vi tage integralet af de to vektorer prikket sammen. Herved beskrives Ampère's lov:

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{l} = \mu_0 I$$

Vektor  $\vec{B}$  er angivet ved  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , da vi arbejder med et cirkelformet magnetfelt. Derudover er det lukkede integrale af  $d\vec{l}$  den totale længde af cirkelperiferien angivet ved  $2\pi r$ . Produktet mellem disse vil dermed blive  $\mu_0 I$ , som vi ser på højre side af Ampère's lov.

- Faraday's lov

En af de begreber, som elektromagnetisme beskriver, er induktion af spænding ved hjælp af magnetisme. Før vi ser på Faraday's lov, skal vi kende begrebet magnetisk flux. Magnetisk flux ligner til delt elektrisk flux, som beskrevet tidligere. Her tager man integralet over det magnetiske felt prikket med et bestemt overfladeareal:  $\Phi_B = \int \vec{B} \bullet d\vec{A}$

En induceret strøm opstår ikke fra den magnetiske flux alene, men ved en ændring i den magnetiske flux. Dette betyder, at der bliver induceret spænding, hvis der sker en ændring af magnetfeltets styrke, den påvirkede overflades størrelse eller vinklen for, hvordan det magnetiske felt går gennem den pågældende overflade.

Faraday benytter den magnetiske flux til at beskrive den inducerede spænding ved:

$$\varepsilon = -1 \cdot \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Ændringen af den magnetiske flux optræder ofte modsat af den inducerede spænding, så derfor ganger Faraday en faktor -1 på det differentierede udtryk af den magnetiske flux. Den magnetiske flux kan også beskrives som  $\vec{B} \bullet \vec{A}$  eller  $B \cdot A \cdot \cos(\theta)$ .

- Maxwell's ligninger (Forbindelse mellem Faraday og Ampère)

Ved trådløs opladning arbejder man med at omdanne elektrisk flux til magnetisk flux gennem spolen ved transmitteren, hvorefter den magnetiske flux igen skal omdannes til en elektrisk flux ved modtageren. For at beskrive hvordan elektriske felter omdannes til magnetisk flux, så skal vi se nærmere på Ampère's lov. Herefter kan overgangen fra magnetfelt til elektrisk flux beskrives gennem Faraday's lov. Til slut kan vi se på Maxwell's ligninger, som bygger videre på Ampère's og Faraday's love, hvorved vi kan skabe en sammenhæng.

Maxwell indså, at der måtte foretages modifikationer for Ampère's lov, hvis der skulle kunne skabes symmetri med Faraday's lov. Ved Maxwell's ligninger er Faraday's lov opgivet som det lukkede linjeintegrale af det magnetiske felt, som er lig det negative differentiale

af den magnetiske flux i forhold til tid:  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -1 \cdot \frac{d\Phi_E}{dt}$ .

Herefter kan vi kaste et blik på Maxwell's modificerede udgave af Ampère's lov. Maxwell har her udbygget formelen, så der skabes en symmetri med Faraday's lov. Derved bliver Ampère's lov omskrevet til, at det lukkede linjeintegrale af det magnetiske felt er lig den elektriske spænding lagt sammen med differentialet af den elektriske flux i forhold til tiden, hvorpå der er ganget en faktor bestående af produktet mellem permeabilitetskonstanten og permittivitetskonstanten:  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I + \mu_0 \epsilon_0 \cdot \frac{d\Phi_E}{dt}$ .

Grunden til, at Maxwell udbygger Ampère's lov, er, at loven kun er gældende for, at en stabil strøm er med til at danne en magnetisk flux. For at skabe symmetri med Faraday, udformede Maxwell sin teori om, at elektrisk flux også er gældende for at danne magnetisk flux ved en ustabil strøm. Derved er udtrykket  $\mu_0 \epsilon_0 \cdot \frac{d\Phi_E}{dt}$  tilføjet til det oprindelige udtryk.

## 1.3 Basis-begreber??

### 1.3.1 Mikrobølger

En metode man kan bruge til at sende energi trådløst er ved hjælp af mikrobølger hvor man så omdanner den elektriske energi til mikrobølger og så sender dem via en PTU (Power Transmitter Unit) og til PRU (Power Receiver Unit). Hvor ved at man så omdanner mikrobølgerne tilbage til elektrisk strøm. Den typiske frekvens man bruger ligger mellem 300 MHz og 300 GHz. Mikrobølger har en fordel i form af at de kan sammen med at de sender energi, så kan de også bruges til at sende information, altså de kan bruges til kommunikation. Det er ikke en mulighed som bliver brugt særlig ofte, da der kan ske mutationer hvis man er udsat for enten for hård stråling eller hvis man ofte bliver udsat for strålingen. Der er så stor fare at The Federal Communications Commission (FCC) har beslået de stærke transmittere. Det er en af grundene til at man ikke bruger dem i bl.a. mobilopladere. FCC har lagt restriktioner på laderne til at må være på maks 4 W.

### 1.3.2 Elektromagnetisme

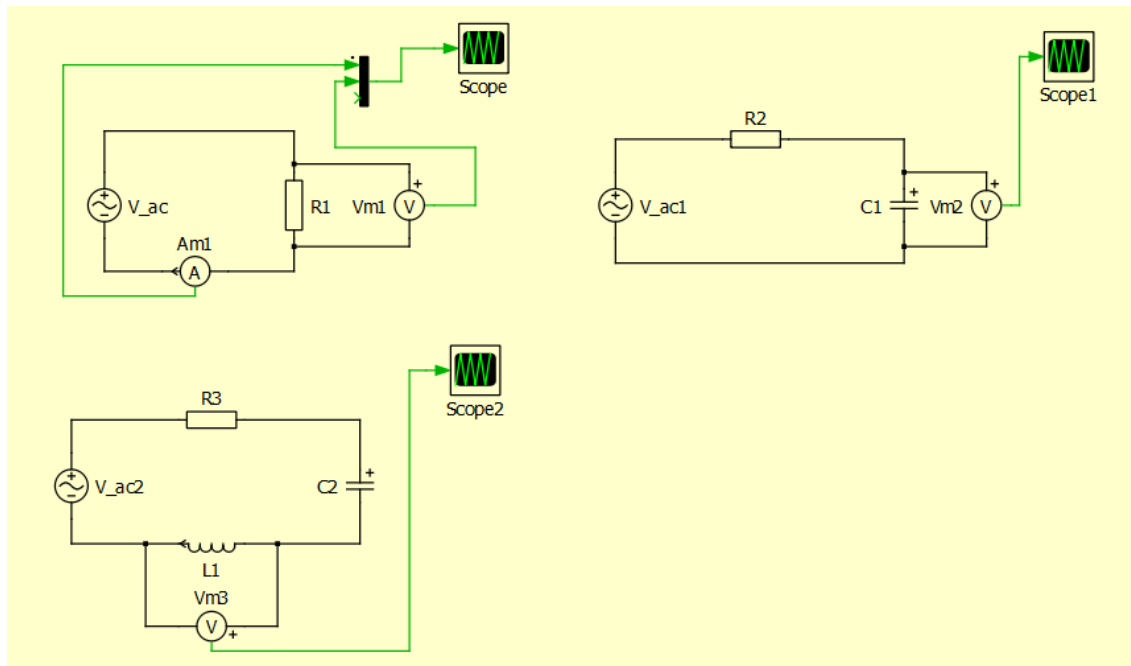
Elektromagnetisme er i sin enkelthed meget simpel. Elektromagnetisme virker på den måde at man har et materiale som man gør magnetisk ved hjælp af at sende en elektrisk strøm igennem. Ved at man gør det vender atomerne sig så de følger strømmen, og man får derved skabt 2 modstående poler som tiltrækker negativt eller positivt ladede partikler. En af fordele ved elektromagnetisme er at man selv kan sørge for hvornår et materiale skal være magnetisk og hvornår materialet ikke skal være magnetisk, ved at det er elektrisk kan man også bruge det til at vende polerne. Hvis man bruger jævnstrøm kan man holde polerne på plads, og hvis man bruger vekselstrøm kan man få polerne til at skifte retning kan man styre magnetiske felter. Og det gør at man kan bruge dem som motor. Når man snakker om elektromagnetisme bliver man også nød til at snakke om induktion. Induktion sker når man bruger magnetisme til at vende polariteten på fx en gryde eller mobil. Man kan vende polariteten på en gryde for at gøre gryden varm, altså til at lave mad, men uden faren for at man kan brænde sig på blusset bagefter, da pladen aldrig er blevet varm. Man kan også bruge induktion til hvis man vil lade sin mobiltelefon op, der er efterhånden mange teleselskaber som har gjort deres mobiler klar til at kunne lades op uden at skulle sætte et stik i den ene ende. Det er fx selskaber som Apple, Samsung, Huawei osv. Måden telefonen lader er at telefonen ligges på en flade hvor der er et magnetisk felt, som telefonen bryder og når det sker begynder telefonen lige som gryden at modtage energi, som den omdanner til elektrisk energi.

### 1.3.3 Spoler

I dette afsnit er der planlagt, at blive snakket om spoler. Både i forhold til vores kredsløb i ples, samt hvordan det bedst kan benyttes til "wireless power transfer".



### 1.3.4 Opbygning af kredsløb??



**Figur 1.2.** LCR-Kredsløb

Hvor:

$R$	Resistans [ $\Omega$ ]
$V_{ac}$	Generator[Volt]
$A$	Ampere-meter [Ampere]
$V$	Volt-meter [Volt]

### 1.3.5 Qi

For at få implementeret trådløs opladning, så skal produkterne overholde bestemte systemkrav, for at opladningen skal kunne fungere optimalt eller overhovedet fungere.

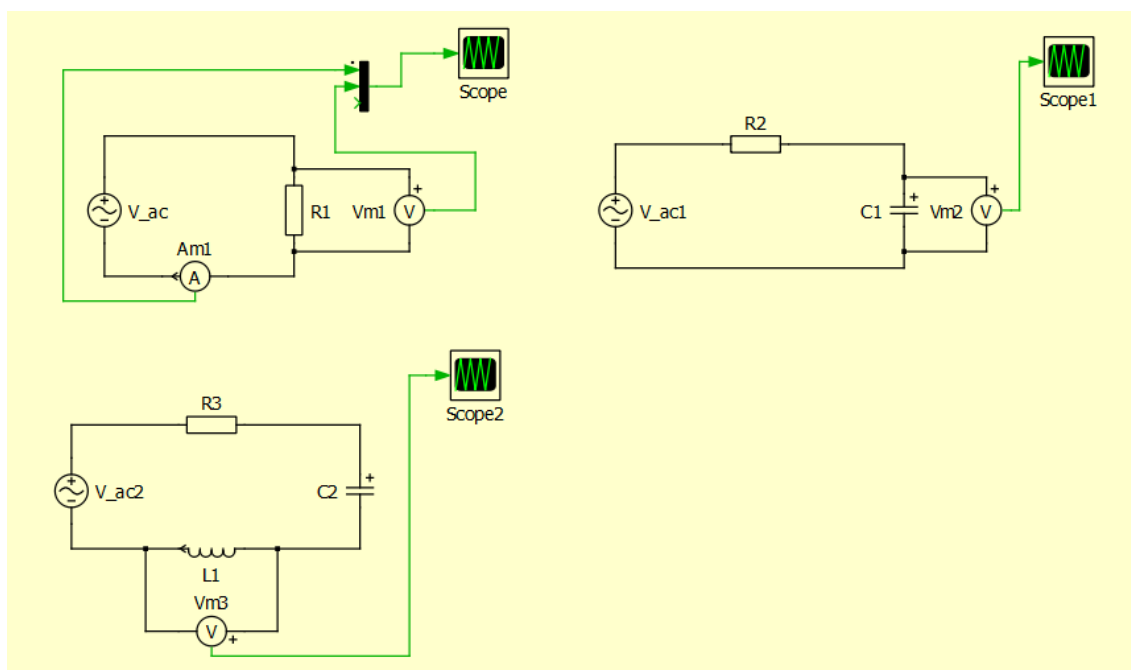
Wireless power consortium er en samlet organisation af forskellige virksomheder, som arbejder med trådløs opladning indenfor mange forskellige produkter. De har igennem denne organisation opsat det, de kalder Qi-standarderne, som beskriver hvilke systemkrav der skal opfyldes, og hvilke dele der skal implementeres i produkterne, før de er kompatible til trådløs opladning.

For at en trådløs opladning kan finde sted, skal der være en transmitter, der udsender strømmen, mens der i modsatte ende skal være en modtager, der opfanger strømmen og oplader produktet. For at produktets opladning skal godkendes af Qi-standarderne, skal transmitteren indeholde en brugerflade, som kan koples sammen med alle godkendte modtagere. Derudover skal modtageren kunne sende oplysningerne omkring opladningen tilbage til transmitteren, så den modtager data, den kan bearbejde.



# Eksperimentplan 1 2

P1 - Gruppe C-16a - 07-Nov-16



**Figur 2.1.** Foreslåede eksperiment kredsløb. R-kreds - CR-kreds - LCR-kreds

## 2.1 Hvad vil vi opstille?

- R-kreds
- CR-kreds
- LCR-kreds

Til alle opstillingerne vil der i starten benyttes et oscilloskop som kilde, sat til vekselspænding ved 5 V, 50Hz.

De tre opsætninger benyttes som reference punkter til videre eksperimentring.

## 2.2 R-kreds

Til at starte med vil vi opstille, det måske aller simpleste kredsløb, ved bare at sende en vekselspænding over en resistor og måle spændingsforskellen og strømmen over det.

Herefter vha.  $U = R \cdot I$  kan der så undersøges om den aflæste værdi af resistoren er den samme som den målte.

## 2.3 CR-kreds

Opstillingen her er ens med R-kredsen, uden ampere-meter, bare at der nu er sat en kapacitator på og volt-meteret er flyttet hen over kapacitatoren.

Herefter ses der på om der er sket en ændring i spændingsforskellen over kapacitatoren, sammenlignet med den mængde spænding der er tilført systemet.

## 2.4 LCR-kreds

Dette er den vigtigste kreds der undersøges, da der nu er lavet et loop ved at sætte en spole i kredsløbet. Volt-meteret der benyttes her skulle gerne være et der kan tegne grafer, specifikt  $(U, t)$ .

Kredsløbet er en forlængelse af de to andre. Volt-meteret er nu bare flyttet til hen over spolen, da dette er den komponent med størst relevans.

Her undersøges der den spændingskurve der kan tegnes over spolen. Denne kan herefter sammenlignes med kurven i givet fra en simulering i PLECS. Dette er selvfølgelig kun relevant hvis det er muligt at komme tæt på virkelige værdier i programmet.

## 2.5 Spørgsmål til Vejleder

1. Det store spørgsmål er selvfølgelig om vi har fanget hvad du har forsøgt at fortælle os under mødet (7/11).

Vi har forsøgt at sætte nogle ord på hvordan vi gerne vil opstille kredsløbende og hvad vi vil undersøge ved det enkelte kredsløb og hvorfor. Det sværeste var nok at formidle hvorfor vi vil undersøge de forskellige ting.

Spørgsmålet er så: Er det de rigtige ting vi undersøger? Hvis ja, er der nogle specifikke ting vi skal holde øje med, f.eks. mht.  $(U, t)$ ?

2. Hvilken retning går vi så? Efter forsøgende er udført, og vi har opbygget en eller anden form for reference, hvad er næste skridt så? Skal vi ind og læse godt op omkring transformere og så forsøge at danne en simpel trådløs kreds derfra, eller er der en hvis form for "mellem"step?

Spørgsmålet: Er der et mellem step, eller er der noget specifikt vi skal stikke næsen efter; f.eks. transformere (eventuelt læsestof)?

3. Er der nogle værdier der er "bedre"at benytte? Tænkt som er der en bestemt voltage/current/frequency, eller en bestemt mængde veninder/induktion på spolen, størrelse på kapacitor? Alt sådan noget.



# PV-fremadrettet 3

---

Nu da vi har lavet vores første forsøg, hvor vi har set på, hvordan spændingen skifter over en modstand, kapacitator og spole ved ændring på frekvensen, kan vi nu gå videre til vores forsøg om WPT. Vi fik chancen for at omlægge den teori, vi har læst om, ud til en forsøgsopstilling, hvor vi kunne aflæse forskellige resultater, der giver mulighed for videre arbejde. Det har ikke lokket os fra at skulle arbejde videre med projektet, snarere det modsatte. Vi har fået nyt blod på tanden og glæder os til de afsluttende forsøg. Forsøgene skal benyttes til databehandlingen, så vi kan sammenligne resultaterne, så vi har konkrete tal at arbejde ud fra, når vi skal videre med problemløsningen. Vores strategi for fremtiden er at vi vil skrives til at lave forsøg og dobbelttjekke hinandens forsøgsopstillinger. Når den ene del af gruppen er i laboratorierne vil den anden del af gruppen ihærdigt skriver videre, laver beregninger, skematics osv. til rapporten. Det er vores målsætning at holde møde hver fredag, så vi kan holde trit med vores tidsplan, og at hvis vi kommer bag ud, er det muligt for de andre i gruppen at træde til og hjælpe et medlem. Dette er ingen individuel rapport, og vi skal alle sammen kunne stå inde for rapporten. Ergo er det vigtigt, at man hjælper hinanden, for hvis der er en som taber, taber hele gruppen. Det er lige meget hvis skyld, det er, for vi er alle i samme båd.

For at holde gejsten oppe i gruppen sørger vi for at holde hinanden i nakken, så der ikke er nogen, der får problemer og falder bagud i forhold til gruppen. Projektet er en samlet indsats, så det er vigtigt at få lavet opsamlinger i gruppen, så alle kan følge med, og alle har samme udgangspunkt for senere arbejde. Derudover diskuterer vi om, hvad der interesserer os ved projektet, og hvad vi gerne vil have ud af det færdige produkt, så det holder os fast på et endeligt mål. Hvis vi arbejder med det, vi finder interesse for, er det lettere at holde sig fokuseret på arbejdsopgaverne, og man får lyst til at gøre en god indsats (ikke kun for en selv, men også for gruppen som helhed).

Som gruppe bliver vi enige om, hvilke arbejdsområder vi skal undersøge og skrive om. Herefter inddeler vi os i mindre grupper for hver arbejdsopgave (2-3 mand pr. gruppe). Dette gør, at vi hurtigt kan få indsamlet brugbar viden og udført en stort stykke arbejde, men at vi samtidig ikke står alene med en opgave. Det at være i små grupper gør også, at man kan få flere input og idéer til, hvad man eventuelt kan bringe ind over opgaven, hvilket gør at projektet bliver mere nuanceret. For at holde styr på, hvor langt hver gruppe er, og hvad de hver især har skrevet, så holder vi jævnligt møder til at opsummere processen.

Da vi er igennem problemanalysen, så har vi fået dannet os en god grundviden om projektet, som vi videre kan benytte til forsøg, modeller og projektløsningen senere hen. Dette betyder også, at vi nu skal til at specificere os på enkelte dele af projektet, så vi får

indsnævret vores undersøgelser.