



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Laddningsanslutning till hybridfordon

Mekatronik 2007  
(EIE070)

Grupp 4:  
Sofie Nilsson (E)  
Stefan Skoog (E)  
Erik Rubensson (M)  
Zlatko Vasiloski (M)  
Magnus Bjärenstam (M)

## **Sammanfattning**

Det finns många metoder att överföra energi från elnätet till en hybridbil. Vilken som är den bästa lösningen beror på ur vems ögon man ser. Normalt vill genomsnittskonsumenten ha den billigaste möjliga lösningen. Eller är det kanske en lite bekvämare och säkrare lösningen mer fördelaktig för tillverkaren att leverera? Vi kunde inte själv svara på den frågan, så vi presenterar här två alternativ för överföring av energi mellan laddningsstation och hybridbil: En specialkabel för anslutning direkt till befintliga uttag samt en induktiv markladdare som knappt kräver något av användaren för att fungera.

# Innehållsförteckning

Förundersökning.....	4
Bakgrund.....	4
Intressenter.....	4
Krav.....	4
Avgränsningar .....	4
Mål.....	5
Metodik.....	5
Projektorganisation.....	5
Utveckling.....	6
Metodik.....	6
Informationsinsamling.....	6
Brainstorming.....	6
Produktjämförelse och urval.....	9
Kriterier.....	9
Viktning.....	9
Urval.....	9
Produktjämförelse.....	10
Presentation.....	11
Kabeln .....	11
Induktiv platta.....	12
Appendix A - Beräkning av uteffekten.....	13
Appendix B - Loggbok.....	16

# Förundersökning

## Bakgrund

För att öka användningen av hybridbilar i samhället behöver laddningsproceduren förenklas. Vid normalt bruk behöver hybridbilar laddas minst en gång per dag. Det hade varit praktiskt att laddning kan ske då bilen står parkerad exempelvis då man är på jobbet. Det saknas i dag en enkel lösning för laddning av hybridbilar. Målet med projektet är att i teorin utveckla en lättanvänd laddningsanordning.

## Intressenter

- Ägare/användare
- Tillverkare
- Montörer
- Försäljare
- Reparatörer

## Krav

Laddningsanordningen ska:

- kunna kopplas till svenska elnätet (230 V enfas eller 400 V trefas) via standardkontakter.
- vara lätt att använda.
- fungera under normala väderförhållanden.
- ha hög säkerhet.

Önskade egenskaper:

- Kunna skötas manuellt om automatiken går sönder
- Automatiserad laddning så långt det är möjligt
- Liten och lätt
- Billig
- Miljövänlig
- Galvaniskt isolerad
- Snabb att använda
- Att användaren inte blir smutsig
- Estetisk tilltalande och passar tillsammans med bilen
- Tydligt och pedagogiskt gränssnitt
- Tilltalande ljud

## Avgränsningar

Uppgiften begränsas till att omfatta kopplingen mellan elnätet och laddaren. Själva laddaren ska ej konstrueras. Vi antar att det på parkeringen, inom fem meters avstånd, finns nätspänning tillgängligt via något av de specificerade kontaktdonen.

## Mål

Teoretisk konstruktion av anslutningen till laddningsenheten

*Förväntat resultat*

- Visualisering av resultatet
- Rapport innehållande den detaljerade lösningen

## Metodik

1. Skapa kravspecifikation
2. Brainstorma
3. Utveckla idéer
4. Välja ut de bästa idéerna med hjälp av metrics
5. Verifiera & validera resultat tillsammans med Volvo
6. Vidareutveckla slutidé
7. Utvärdera, sammanställa och skriva rapport

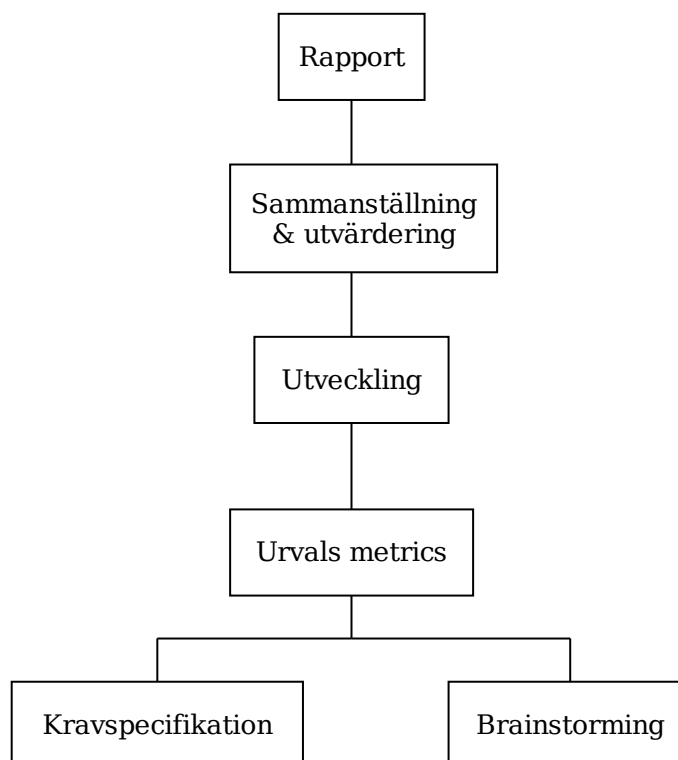
## Projektorganisation

Vår projektgrupp: Erik, Magnus, Sofie, Stefan och Zlatko

Kontaktperson på Volvo: Mats Alaküla

Kontaktperson på LTH: Hans Bengtsson

Övriga föreläsare i kursen Mekatronik (EIE070), LTH



*Arbetsstruktur, löpande nerifrån och upp.*

# Utveckling

## Metodik

Med utgångspunkt från underlaget till projektet började vi med att samla in information för att sedan ta fram krav och önskade egenskaper för att kunna avgränsa uppgiften. Därefter brainstormade vi fram förslag till lösningar som sedan utvärderas. De bästa lösningarna vidareutvecklas.

## Informationsinsamling

Vi bokade tid och pratade med vår kontaktperson på Volvo, Mats Alaküla. Efter diskussion med honom fick vi reda på mycket intressant information som vilken storleksordning på effektöverföringen som lösningen ska klara och vikten av en billig lösning med så många standardkomponenter som möjligt.

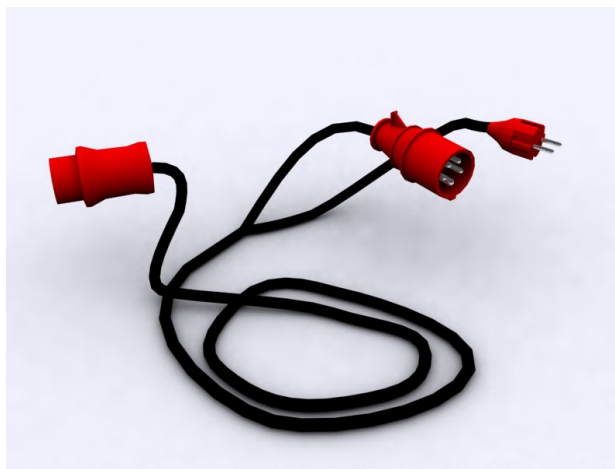
För att inte göra om samma misstag som någon tidigare, sökte vi på internet efter befintliga lösningar. Där fanns en del intressanta med olika för- och nackdelar. Vårt att nämna var att vi inte hittade någon automatisk lösning.

## Brainstorming

Här kommer en kort presentation av lösningsförslagen som kom fram under brainstormingen.

### *Specialkabel*

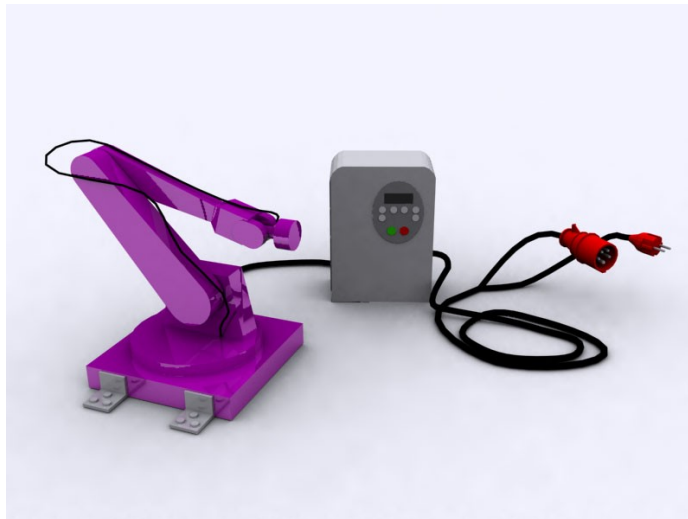
En enkel lösning med en sladd direkt mellan elnät och bil. Ändan som ansluts till elnätet har två anslutningar, en till enfas och en till trefas.



*Till höger; en kontakt för trefas och en för enfas. Till vänster; specialuttag som ska vara lätt att ta ur och sätta i bilen.*

### Robotarm

En automatisk robotarm som ansluter till bilen när den är parkerad.



*Till höger; dubbla kontakter till elnätet. Mitten; Frekvensomvandlare. Till vänster; en robotarm med en spole som monterat verktyg. (Färgen ska attrahera kvinnliga konsumenter).*

### Induktiv platta

En lösning som utnyttjar induktans. Det sitter en spole i bilen och en i platta. När man parkera över plattan åker den automatiskt upp mot undersidan av bilen och laddar. Med induktiv överföring blir lösningen dessutom galvaniskt isolerad. Kräver en frekvensomvandlare.



*Till höger i bild: Dubbla kontakter till elnätet. Till vänster: Frekvensomvandlare. I förgrunden: Den induktiva plattan innehållande en spole.*

### *Hjulladdning*

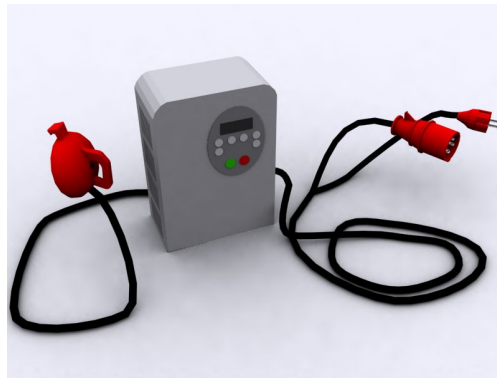
Man utnyttjar tekniken med att bilen laddar när man bromsar genom att elmotorn körs "baklänges" och fungerar då som en generator. Framhjulen på bilen parkeras på två rullar som driver hjulen och batteriet laddas.



*Två roterande cylindrar som överför moment till hjulet.  
Laddning sker sedan genom regenerering hos elmotorerna.*

### *Induktiv handske*

En annan induktanslösning med spolen inbyggd i handsken som ansluts till bilen. Kräver en frekvensomvandlare och är galvaniskt isolerad.



*Till höger i bild: Dubbla kontakter till elnätet. I mitten: Frekvensomvandlare.  
Till vänster i bild: En spole inrymd i ett användarvänligt hölje.*



## Produktjämförelse och urval

Urvalet görs genom bedömning med kriterier enligt följande resonemang.

### Kriterier

Vilka kriterier vi har valt framgår i tabellen. Några av dem kan vara värda att kommentera lite mer:

<i>Wow-faktor</i>	Vår bedömning av produktens potential till att marknadsföras som en prestige- och högteknologisk produkt.
<i>Skitfaktor</i>	Risken för att bli smutsig vid användande av produkten
<i>Estetisk potential</i>	Ett mått på hur estetiskt tilltalande produkten bedöms kunna göras.
<i>Installationsbehov</i>	En bedömning i vilken grad det eventuellt behövs göra någon form av installation t ex anlita en elektriker eller bygga om.

### Viktning

Alla kriterier bedöms i en skala från 1 till 5 där högre poäng talar till produktens fördel. Eftersom vi inte anser att alla kriterier vi har satt upp är lika viktiga har vi viktat några av dem med en viktningsfaktor. De kriterier som rör användarvänlighet och pris har bedömts viktigare än t.ex. risken för plagiat.

### Urval

Se tabell, nästa sida. Specialkabeln fick bäst poäng tätt följd av den induktiva plattan. Vi bestämde oss för att vidareutveckla båda två. Specialkabeln är en lättanvänd och billig lösning som man kan ta med sig. Den induktiva plattan är en lite dyrare, lyxigare variant som ska vara helt automatisk. Den är främst tänkt att vara en fast installation där man dagligen parkerar t.ex. i garaget, i parkeringshuset eller på jobbet.

## Produktjämförelse

	Induktiv platta	Induktiv handske	Konduktiv specialkabel	Robotarm	Hjulladdning	Viktning
<b>Forskning &amp; Utveckling</b>						
Komplexitetsgrad	3	3	5	1	2	1
Utvecklingstid	3	4	5	2	2	1
Wow-faktor	4	2	1	5	4	1
Servicekrav	3	4	5	2	2	1
<b>Marknad</b>						
Risk för plagiat	2	2	1	4	3	0,1
Livslängd	4	4	3	4	4	1
<b>Konsumentfaktorer</b>						
Tillförlitlighet	3	4	4	2	3	2
Skitfaktor	5	3	2	5	5	2
Estetisk potential	2	4	3	5	2	1
Verkningsgrad och prestanda	3	4	5	4	2	2
Lätt att använda	4	2	1	5	5	4
Säkerhet	5	5	3	4	1	1
Miljö	3	3	4	1	2	1
<b>Ekonomi</b>						
Investeringsbehov	4	4	5	1	3	1
Konsumentpris	3	3	5	1	2	4
Installationsbehov	4	4	5	2	1	2
<b>Totalt med viktning</b>	<b>89,2</b>	<b>83,2</b>	<b>90,1</b>	<b>75,4</b>	<b>72,3</b>	

# Presentation

## Kabeln

Den teoretiska lösningen för konstruktion av kabeln kan ses på bilden nedan. Kabeln från bilen är en enda som sedan förgrenar sig till en trefas koppling för trefasuttag och en enfas koppling för enfas standarduttag. Kabeln utrustas med standardhandskar då standarduttag förutsätts finnas på plats. Detta är önskvärt utifrån en ekonomisk och praktisk synpunkt.

En idé som kom fram under utvecklingen var att använda en adapter istället för en delad kabel. Då detta skulle innebära att kunden skulle vara tvungen att ha en extra utrustning fattades beslut att lösa problemet med en enda kabel som fungerar på enfas och trefas beroende på vilket uttag som finns tillgängligt på plats.

Material för tillverkning av kabeln är av EPR-gummi som lämpar sig för både inomhus och utomhus bruk med en tillåten temperatur variation mellan -25 till +90 grader Celsius.

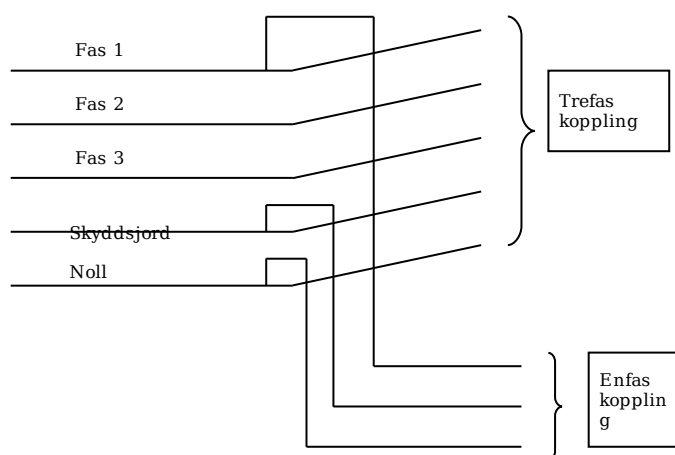


Fig. Teoretisk lösning för konstruktion av kabeln med trefas och enfas handske.

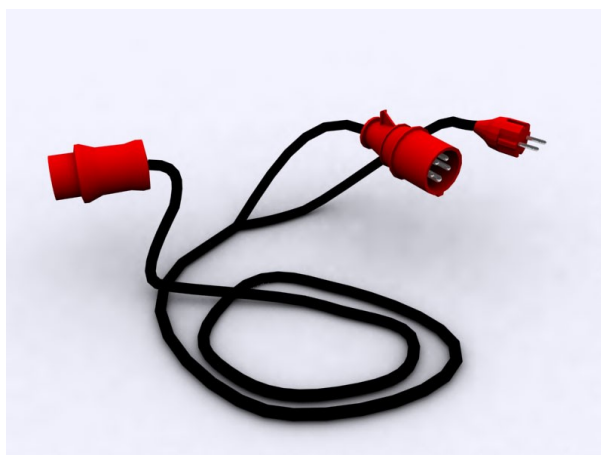


Fig. Visualisering av kabel med trefas och enfas handske.

## Induktiv platta

### Energiöverföring via induktion

Ett bekvämt sätt att överföra energi trådlöst är via elektromagnetiska vågor. Denna metod går delvis att tillämpa för att överföra den energi som krävs för att ladda batterna i en hybridbil inom rimlig tid (upp till 22 kW). Induktiv överföring av energi görs mellan två spolar, närmast liknas en tvådelad transformator. På grund av de relativt höga effekter som måste överföras så är det godtagbara avståndet mellan spolarna begränsat för att hålla förlusterna på rimlig nivå. Begreppet "trådlös" inskränks därför snarare till "kontaktlös".

### Simulering

Vi har gjort en analys ur elektromagnetiskt perspektiv om hur två spolar påverkar varandra i en situation då det ska överföras energi. För att uppnå hög effektöverföring använder man järnkärna i de båda spolarna, men eftersom de är två olika enheter så kommer det alltid att finnas ett luftgap mellan dessa ferromagnetiska kärnor. Vår simulering tar upp fallet med hur mycket energiöverföringskapaciteten reduceras då luftgapet ökar. På detta sätt får man en känsla för hur långt från de två induktiva enheterna kan vara placerade med bibehållen prestanda. Simuleringen visar tydligt vikten av att hålla luftgapet litet.

### Fördelar

Denna form av energiöverföring har uppenbara fördelar, framförallt säkerhets- och användarvänlighetsmässigt. Med induktiv överföring behöver det inte finnas några blottade elektriskt ledande ytor för att överföra energin, varken på bilen eller laddningsredskapet. Därmed är risken för att användaren utsätts för fara i form av elektriska stötar i det närmsta obefintlig. Användarvänligheten för en lösning av detta slag är hög, då man helt eliminerat riskerna med konduktiva kontaktdon som kan glappa, kärva och slitas ut.

### Nackdelar

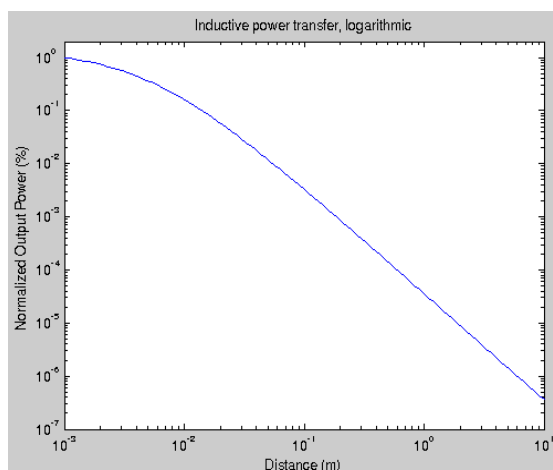
Användaren måste installera utrustning – en frekvensomvandlare – för att kunna dra nytta av bekvämligheterna. Det krävs en stark standardisering för att alla framtida eldrivna bilar ska kunna laddas med samma typ av laddare. En induktiv laddare genererar starka elektromagnetiska fält. Hur dessa påverkar omgivningen har vi ej utrett.

### Existerande produkter

Tyvärr är inte denna idé helt unik. General Motors använde konceptet med induktiv energiöverföring för att ladda deras eldrivna konceptbil EV1<sup>1</sup> i slutet av 90-talet. Vi har dock inte hittat någon modell där en stationär platta som denna används för att ladda bilen underifrån.



Figur: Illustration av induktiv platta och frekvensomvandlare



Figur: Simulering av överförbar effekt vid olika stora luftgap

1: <http://ev1-club.power.net/newchg.htm>

## Appendix A - Beräkning av uteffekten

Bild 1 visar en principskiss av systemet. En kretsmodell av detta visas i bild 3. För att kunna bestämma uteffekten ska theveninekvivalenten för systemet tas fram. För att bestämma theveninekvivalenten behövs tomgångsspänningen och kortslutningsströmen. Då ingen last kopplas till systemet kan detta ses som en magnetisk kretsmodell (bild 2) och på så vis bestäms

$$M = \frac{N_1 \cdot N_2}{R_l + R_g}, \quad L_1 = \frac{N_1^2}{R_l + R_g}, \quad L_2 = \frac{N_2^2}{R_l + R_g}$$

Därefter fås följande ur kretsmodellen:

Fall I, Tomgång

$$\begin{aligned} V_{ut} &= V_2 \\ V_2 &= j\omega |M| I_0 \Rightarrow V_{TH} = V_{ut} = j\omega |M| I_0 \\ V_1 &= j\omega L_1 I_0 \end{aligned}$$

Fall II, Kortslutning

$$\begin{aligned} 0 &= R_2 I_2 + V_2 \\ V_2 &= j\omega L_2 I_2 + j\omega |M| I_0 \Rightarrow I_{TH} = -I_2 = \frac{j\omega |M| I_0}{R_2 + j\omega L_2} \\ V_1 &= j\omega L_1 I_0 + j\omega |M| I_2 \end{aligned}$$

Theveninekvivalent

$$Z_{TH} = \frac{V_{TH}}{I_{TH}} = \frac{j\omega |M| I_0 (R_2 + j\omega L_2)}{j\omega |M| I_0} = R_2 + j\omega L_2$$

Maximal uteffekt fås då  $Z_{last} = \overline{Z_{TH}} = R_2 - j\omega L_2 \Rightarrow Z_{tot} = 2R_2$  då är

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot V \cdot \bar{I} = \frac{1}{4} j\omega |M| I_0 \left( \frac{j\omega |M| I_0}{2R_2} \right) = \frac{1}{8} \frac{\omega^2 |M|^2 I_0^2}{R_2} = P$$

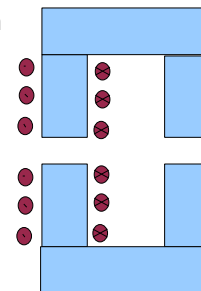


Bild 1

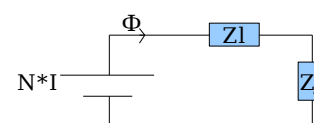


Bild 2

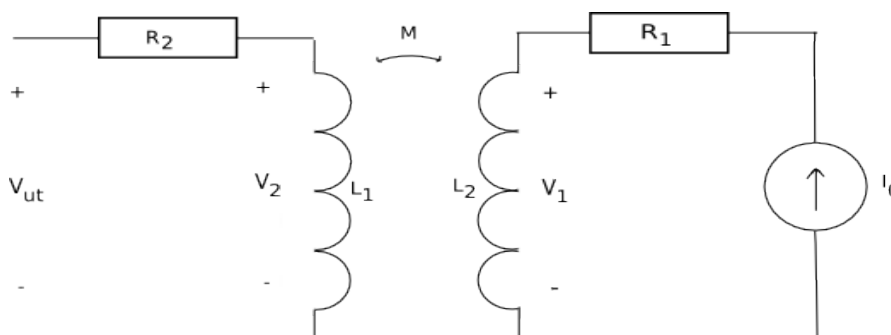


Bild 3: Den induktiva överföringen ur elektriskt perspektiv

## run.m

```
% Simulera med simul.m och presentera resultat
l = logspace(-3, 1, 101); % Skaffa 101 punkter logaritmiskt mellan 1 mm och 1 m
w = logspace(2,5,101);

for i=1:length(l)
    % Simulera uteffekt av luftgapet vid några olika frekvenser
    y(1,i) = simul(l(i),w(1));
    y(2,i) = simul(l(i),w(10));
    y(3,i) = simul(l(i),w(20));
    y(4,i) = simul(l(i),w(50));
    y(5,i) = simul(l(i),w(100));
    % Simulera uteffekt av frekvensen vid 1 mm luftgap
    z(i) = simul(l(1),w(i));
end

ynorm = y(5,1); % Hämta största värdet
y5 = y(5,:) ./ ynorm; % Skala om alla element

figure(1);
%loglog(l,y(1,:),l,y(2,:),l,y(3,:),l,y(4,:),l,y(5,:)); % Visa alla frekvenser
loglog(l,y5); % Visa bara en frekvens
axis([1E-3 1E1 1E-7 2]) % Skala om axlarna
xlabel('Distance (m)');
ylabel('Normalized Output Power (%)');
title('Inductive power transfer, logarithmic');
legend;
grid on;

figure(2);
loglog(w,z);
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Output Power (W)');
title('Inductive power transfer, logarithmic');
legend;
grid on;
```

## simul.m

```
function P = simul(luftgap,frekvens)
% Simulering av energiöverföring mellan spolar
% Mekatronik 2007
% Stefan Skoog och Sofie Nilsson

% Definierar dimensioner på gemensam järnkärna
S = 1E-3; % Tvärsnittsarea på kärnan (m2)
l_j = 1; % Genomsnittslängden för flödeslinjerna i järnkärnan (meter)
l_l = luftgap; % Avstånd (meter) mellan kärnorna
my_0 = 4*pi*10E-7; % Permeabilitet i vakuum N·A2
my_j = 200; % Relativ permeabilitet för järn
my_l = 1; % Relativ permeabilitet för luft

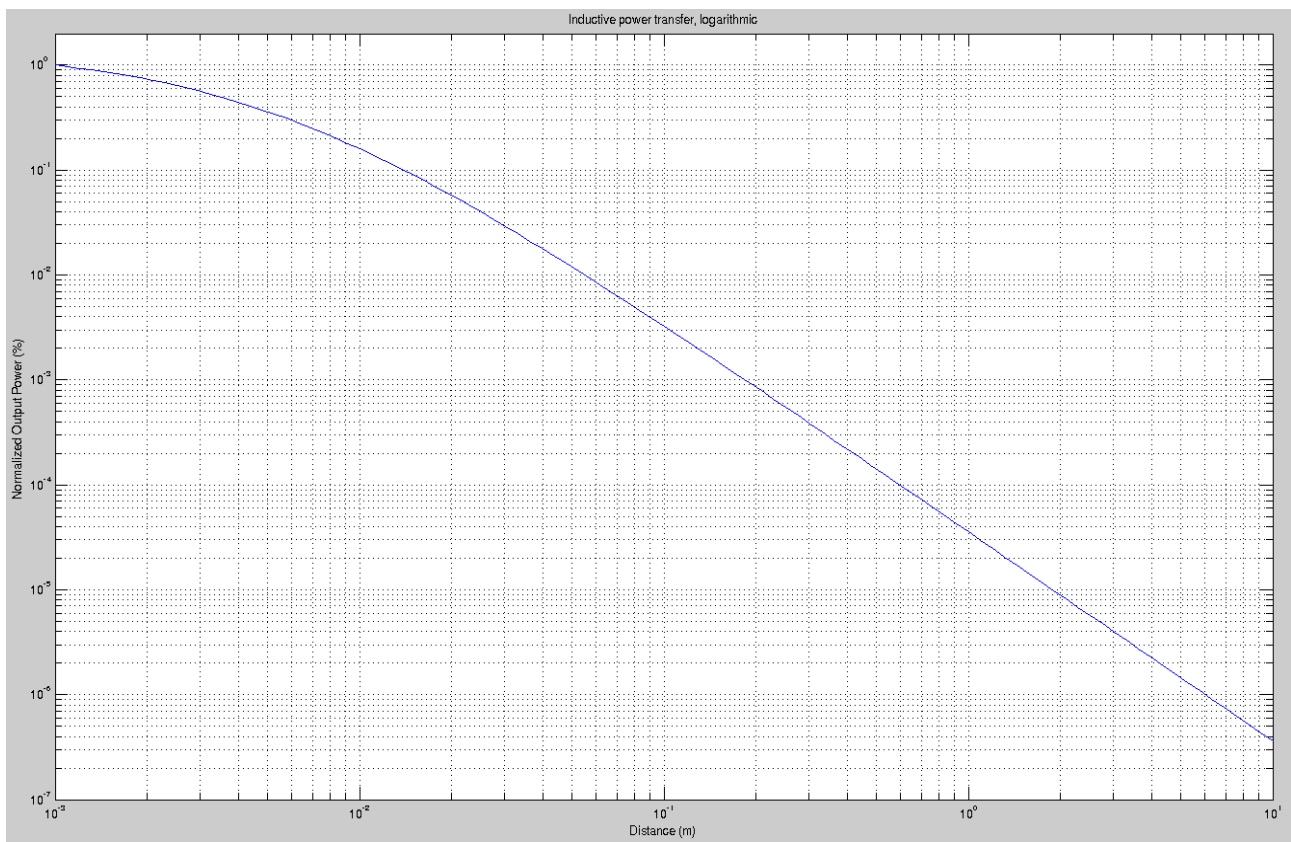
R_j = l_j/(my_0*my_j*S); % Reluktans för järnkärnan
R_l = l_l/(my_0*my_l*S); % Reluktans för luftgapet
R_tot = 2*R_j+2*R_l; % Totala reluktansen ett varv runt kärnan (med ev. luftgap)

% Definierar en spole att sända energi från, med järnkärna
N1 = 100; % Antal varv på sändarspolen
I1 = 1; % Ström genom sändarspolen,
L1 = N1^2/R_tot; % Självinduktans i spolen
R1 = 5E-3; % Likströmsresistans i spolen
w = frekvens*2*pi; % Vinkelfrekvens på sändarenheten

% Definierar en mottagarspole med samma järnkärna
N2 = 10; % Antal varv på mottagarspolen
I2 = 0; % Maximal ström i mottagarspolen (räknas ut senare)
L2 = N2^2/R_tot; % Självinduktans i mottagarspolen
R2 = 5E-3; % Likströmsresistans i spolen

% Definierar den ömsesidiga induktansen
M = N1*N2/R_tot;

P = 1/8 * w^2 * abs(M^2) * I1^2 / R2;
```



*Normaliserad överförbar effekt mellan två spolar med järnkärna som funktion av luftgapet mellan de två järnkärnorna.*

## **Appendix B - Loggbok**

*24/2*

Under träffen sammanställdas den första delen av projektet som var själva planeringen. Bakgrunden till projektet, avgränsningar, metodik mål och Gantt schema utarbetades.

*16/3*

Gruppen träffades för brainstorming, idéer och förslag antecknades och visualiserades med enkla skisser. Möte avslutades med att avtala tid med Professor Mats Alaküla för genomgång av idéer och diskussion av plugin hybrider.

*19/3*

Möte med Professor Mats Alaküla resulterade i en djupare förståelse av problematiken kring plugin hybrider samt att gruppen fick mer konkreta siffror att referera till vid eventuella beräkningar längre fram i projektet.

*20/3*

Under träffen vidareutvecklades idéerna från brainstormingen och gruppen gick och tittade på den trefas koppling som projektet skulle avgränsas till inom segmentet personbilar.

*23/3*

En produktjämförelse gjordes för att ytterligare sälla bort idéer. Detta resulterade i två koncept som gruppen valde att jobba vidare med. Arbetsbördan fördelades mellan gruppmedlemmarna för utvärdering vid nästa träff.

*16/4*

Material samlades in och utvärderades från gruppen och en uppskattning av återstående delar av projektet gjordes.

*19/4*

Mötet med gruppen resulterade i en sammanställning av en färdig rapport av projektet.