

Elbilen

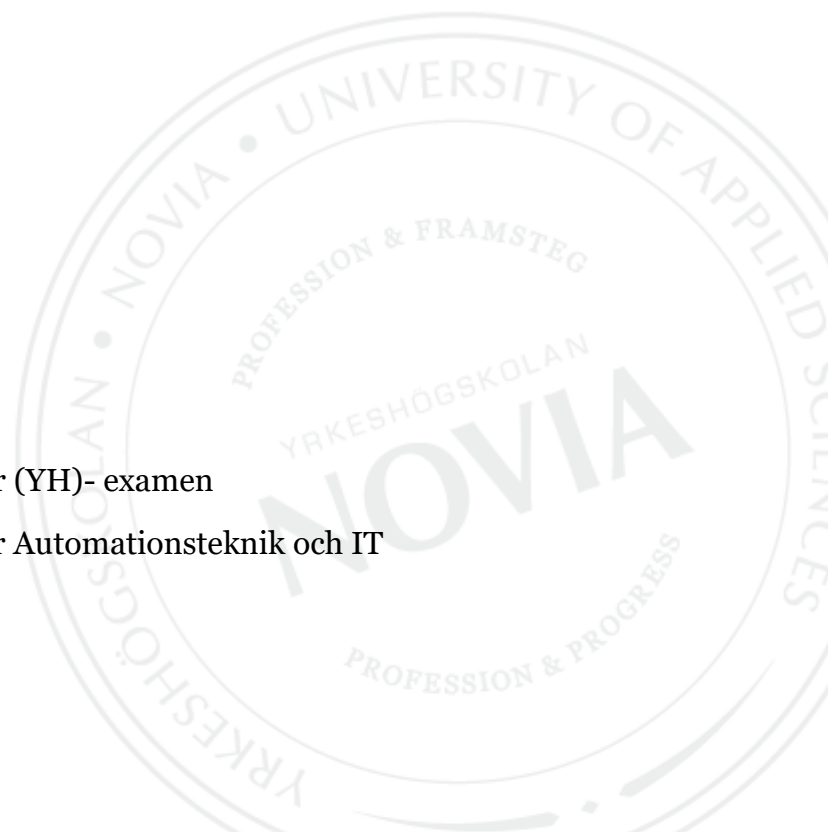
Elbilens framgång

Jonas Rehn

Examensarbete för ingenjör (YH)- examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2016



EXAMENSARBETE

Författare: Jonas Rehn

Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT Raseborg

Inriktning/alternativ/Fördjupning: Elplanering

Handledare: Kim Roos

Titel: Elbilens framgång

Datum	13.4.2016	Sidantal	35	Bilagor	0
-------	-----------	----------	----	---------	---

Abstrakt

Examensarbetet handlar om elbilen och hur den går framåt. Syftet med detta examensarbetet var att förklara hur elbilen har utvecklats och hur det ser ut idag med elbilarna på marknaden. Det tas också upp de olika sorters laddningsmetoder som det finns och vad för sorts lagringssystem av energi det finns att använda i en elbil.

Elmotorerna förklaras det också om hur de fungerar och vilka typer som är passande för just elbilen och varför. Mot slutet kan man läsa om hur elbilsteknik används inom motorsporter och dess framtid.

Språk: Svenska

Nyckelord: Elbil, elmotor, batteri

BACHELOR'S THESIS

Author: Jonas Rehn

Degree Programme: Automation Engineering & IT Raseborg

Specialization: Electrical Planning

Supervisor: Kim Roos

Title: Electric Car

Date	13 April 2016	Number of pages	35	Appendices	0
------	---------------	-----------------	----	------------	---

Summary

This bachelor's thesis describes the electric car and how it has developed during last few years. The purpose of this thesis is to explain how the electric car has evolved and to discuss the future of the market of electric cars. It will also review the different kinds of charging methods and energy storage systems available for electric cars.

The thesis also considers the functionality of electric cars and examines what technology suits electric cars and why. The last part deals with how the electric car technique is used within motorsports and the future of the electric car.

Language:	Swedish	Key words:	Electric Car
-----------	---------	------------	--------------

Innehåll

1. Historia.....	1
1.1. Uppfinnande.....	1
1.2. Slutet av 1800-talet.....	2
1.3. Början av 1900-talet.....	3
1.4. Elbilens popularitet minskar på 1920-talet.....	3
2. El motorer.....	4
2.1. DC-Motorn.....	4
2.2. AC-Motorn.....	6
3. Växellåda.....	9
4. Strömkällor.....	10
4.1. Batteri.....	10
4.2. Superkondensator.....	12
4.3. Bränslecell.....	14
4.4. Jämförbarhet.....	15
5. Laddning.....	17
5.1. Laddningssätt.....	17
5.2. Tesla Supercharger.....	20
5.3. CHAdeMO.....	21
5.4. Standardstöpsel.....	22
5.5. CCS.....	22
6. Bilar.....	23
6.1. Tesla Motors.....	23
6.2. Nissan Leaf.....	25
7. Motorsport.....	26
7.1. Formula E.....	26
7.2. Formula One.....	28
8. Framtid.....	29
9. Källförteckning.....	31
10. Figur & Tabell förteckning.....	33

1. Historia

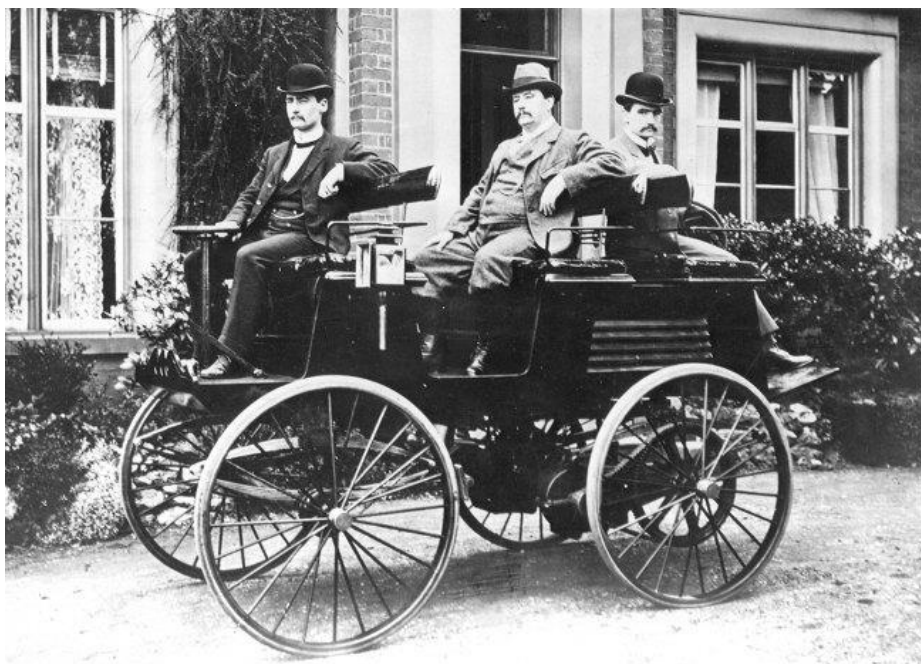
I detta kapitel kommer vi gå igenom elbilens historia från slutet av 1800-talet till nutiden. Allt från elbilens tillkomst tills dens minskande popularitet på grund av T-forden.

1.1.Uppfinnande

Den som uppfann det som gjorde det möjligt att faktiskt kunna använda den elektriska motorn i färdmedel var fransmannen Gaston Planté, när han uppfann 1859 ett strömförvarande batteri. Planté's batteri innehöll två elektroder, en anod av bly och en katod av blydioxid, separerade av en gummilist. Med elektrolyt av svavelsyra kunde elektronerna, som förlorades av anoden genom oxidation, genomföras till katoden. Sedan från katoden kunde elektronerna och medföljande laddning överföras externt till vad man behövde el till. Största problemet med denna sorts batteri var att den tömdes snabbt.

År 1881 förbättrade fransmannen Camille Faure batteriet genom att förbättra förvarningskapacitet. Detta utfördes genom att använda en smet av bly för positiva plåtens aktiva material, jämfört med Planté's fasta plåt (Magnet Academy. 2014).

Vem som mest antagligen uppfann den första praktiska elektriska bilen var engelsmannen Thomas Parker, när han 1884 byggde en fungerande elektrisk driven bil (Fuller, 2009). Det var under denna tid som det fanns en lag som hette Light Locomotive Act. den röda flag lagen, som Thomas Parker följde. Lagen begränsade hastigheten för fordon till 4 mph på landet och 2 mph inne i städer. Lagen krävde också tre förare för varje fordon, två i fordonet och en som gick före med en röd flagga, därav namnet röda flag lagen (Parker, u.å.).



Figur 1. En av Thomas Parkers bilar (Parker, u.å.).

1.2.Slutet av 1800-talet

I slutet av 1800-talet blev det populärare att stöda utvecklingen av elbilen, varav Frankrike och Storbritannien var en av de första. Såsom utvecklingen tog fart så börjades det tävlas med bilar (Bellis, 2014).

En elbil, konstruerades av Belgaren Camille Jénatzy, satte land hastighetsrekordet på 105,9 km/h i sin torped formade elbil år 1899. Han byggde den speciellt för att slå sin rival Count Gaston de Chasseloup-Laubat som han hade bytt rekord med tidigare. La Jamais Contente ("The Never Satisfied") som Jénatzys bil blev döpt hade formen av en torped med fyra små hjul. Den producerade ungefär 68 hp av sina två 25 kilowatts elektriska motorer (Grand Prix History, u.å.).

Electric Carriage and Wagon Company of Philadelphia började 1897 producera taxin drivna av el. År 1899 var 99 procent av New York City's taxin drivna med elkraft (Hiskey, 2011). Det var kring dessa tider som elbilen blev allt mera populärare än de andra tillgängliga fordon på den tiden, såsom gas och ånga.

1.3. Början av 1900-talet

Början av 1900-talet var elbilens mest populära tid. Elbilarna hade många fördelar jämfört med de alternativen det fanns på den tiden. Jämfört med bränslebilar så var elbilen mycket tystare, den lukta inte lika illa och vibrera inte lika mycket som bränslebilar. Ett problem med bränslebilar på den tiden var den invecklade växlingssystemet, varav elbilen inte hade några växlar.

Ångdrivna bilar var också en sak i början av 1900-talet och när de också inte hade några invecklade växlar så var starttiden ej ideal, upp till 45 minuter på kalla morgonar. Elbilens räckvidd var också en fördel över ångbilen, eftersom den kom längre på en laddning en vad ångbilen han köra fören den behövde mera vatten (Bellis, 2014).

1.4. Elbilens popularitet minskar på 1920-talet

Efter år 1920 så gick det nerför för elbils industrin, och vid 1935 så var nästan alla elbilar borta från marknaden. Det tog till år 1960 innan det föddes nytt intresse för elbilar.

En av orsaken till detta var massproduceringen som Henry Ford gjorde med sina T-Forder, vilket gjorde dem mycket billigare än elbilarna. En annan sak som bidrog var att bränslebilar nu hade elektriska startmotorer, man behövde inte veva igång bilen mera, vilket gjorde dem mycket mera bekväma och användbara.

Vid den här tidpunkten i historien så byggdes det väg nätverk mellan städerna vilket krävde bilar som kunde klara längre sträckor vilket elbilen inte klarade av med sina outvecklade batterier (Bellis, 2014).



Figur 2. Massproducering av T-Forden (Ford, u.å.).

2. Elmotorer

Motorn är hjärtat av bilen kan man säga, för utan den går inte bilen framåt. I stort sett finns det två sorters el-motorer, AC (Alternativ Current) och DC (Direct Current). Skillnaden mellan dessa förklaras i detta kapitel.

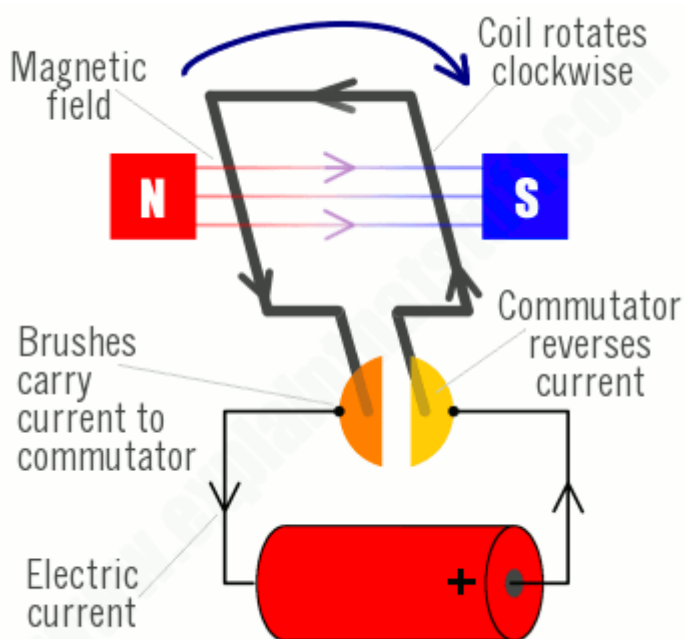
2.1.DC-Motorn

Den första DC motorn, även kallad likströmsmotorn, var skapad 1832 av den brittiska forskaren William Sturgeon. Hans modell var baserad på brittiska forskaren Michael Faradays modell av elektromagnetisk rotation.

Elektromagnetism upptäcktes 1820 av dansken Hans Christian Oersted när han märkte att kompass pinnen reflekterades bort från norr när strömmen i batteriet slogs på och av.

Han började forska i detta och kom fram till att det produceras ett runt magnetiskt fält när elektrisk ström passerar genom en kabel (Encyclopedia, 2008).

Michael Faradays modell av elektromagnetism var en förvandling av elektrisk energi till mekanisk energi, genom att placera en strömförande ledare in i ett magnetiskt fält gjorde att den började snurra (Electrical 4 u, u.å.a).



Figur 3. Hur likströms motorn är uppbyggd (Woodford, 2016).

En likströmsmotor fungerar i princip genom att ge likströmsspänning till en kabel böjd som en rektangel, så skapas det magnetfält, denna rektangel kallas även en rotor och har elektromagneter på sig. Sedan med att ha rotorn mellan två poler av en permanent magnet, nord och syd, börjar rotorn rotera p.g.a. att den stöter bort sig från permanentmagneten. Permanenta magneten kallas stator, för att den är stationär. Sedan med en kollektor kan man kasta om strömmen och få kabeln att rotera åt samma håll hela tiden, för utan omkastning av strömmen kommer kabeln att bara studsas mellan nord och syd polerna. Kollektorn får strömmen till sig via borstar som släpar mot kollektorn (Woodford, 2016).

Förstås denna sortens likströms motor används inte i dagens el-bilar, där används en borstlös likströmsmotor. En borstlös likströms motor är som namnet säger borstlös, utan slitbara borstar. Genom att lägga elektromagneterna på statorn i stället för rotorn och flytta permanentmagneterna till rotorn och använder en dator för att ladda upp elektromagneterna när axeln rör sig så har man en borstlös likströmsmotor (Brain, 2006a).

Fördelen med en borstlös likströmsmotor över en vanlig likströmsmotor är förstås mindre slitage delar, borstarna. Samt att när en dator kontrollerar strömmen till elektromagneterna så kan den vara mera precis.

Vad gör en likströmsmotor bra för elbilen? Den är billigare än de andra alternativen att bygga och dess vridmoment är fenomenalt vid låga varv. Kurvan för vridmomentet hos en likströms motor dör bort ganska hastigt, vilket leder till de grymma accelerationer som elbilar kan ha.

Förstås finns det en dålig sida med likströmsmotorn, och det är dess varierande hastighet vid olika sorters belastningar. Som till exempel om man skall köra upp för en uppförsbacke kommer belastningen på motorn att öka, vilket leder till lägre hastighet (Electrician Training, u.å.).

2.2.AC-Motorn

AC-motorn, även kallad växelströms motorn, hade sin början på 1800-talet. Den första modellen av ett roterande magnetfält uppfanns av Walter Baily när han fick en kopparskiva att rotera av växelström år 1879 (Edison Tech Center., u.å.a). Galileo Ferraris var en Italiensk forskare som uppfann flerfasiga växelströmsmotorn. Han hade börjat jobba på den iden redan 1885 och tre år senare publicerade ett dokument om flerfasig växelströmsmotor. Vid samma tidpunkt hade Nikola Tesla också arbetat på flerfasig växelströmsmotor. Detta ledde till domstol över vem som uppfann den först.

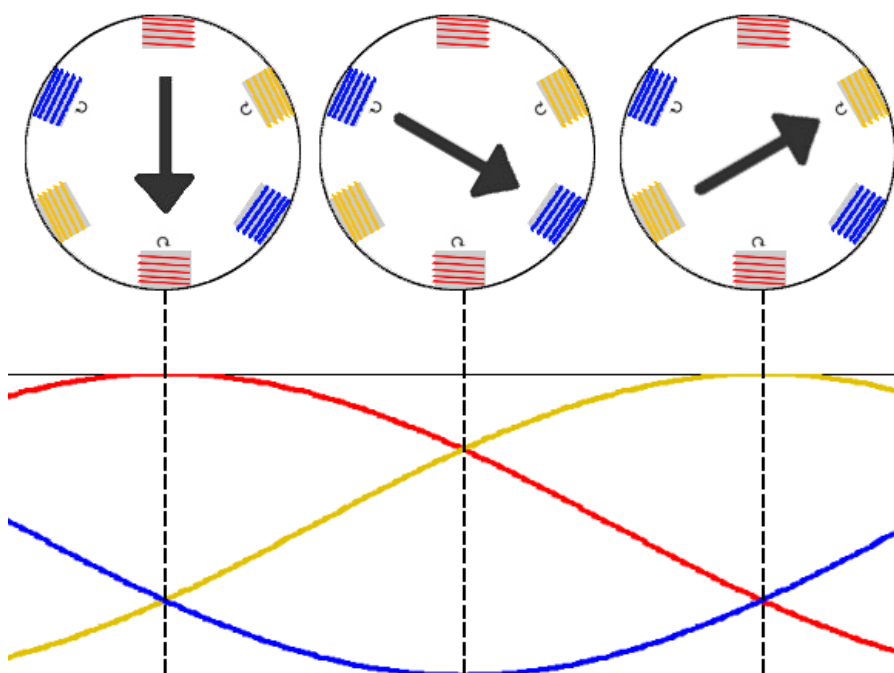
I dagens läge är det Nikola Tesla som får nästan all ära över växelströms motorn fastän Galileo Ferraris publicerade sina dokument 8 månader före Nikola Tesla patenterade sin version. Efter att Galileo Ferraris dog 1897, hamnade Nikola Tesla bevisa att han hade uppfunnit växelströms motorn först i domstol. Det tog till 1905 innan ett slutligt beslut fattades. Enligt tre vittnen, som också var Teslas kollegor, hade Tesla uppfunnit växelströms motorn redan på hösten 1887, och att just den överlevde en brand 1895 i Teslas laboratorium i New York City. Skumt kan man tänka sig. Eftersom Ferraris redan var död vid det här tillfället kunde han inte försvara sin sida och slutligen vann Tesla domstolen (Edison Tech Center, u.å.b).

En växelströmsmotor fungerar i princip av att ett magnetfält jagar ett annat magnetfält. En växelströmsmotor är uppbyggd av en stator och en rotor som i en DC-motor. Statorn är uppbyggd av elektromagneter på utsidan av rotorn, hur många elektromagneter man har beror på hur många fasers växelströmsmotor det är. Rotorn på insidan om statorn är uppbyggd av en metallaxel, en slinga av kabel, en spole och en fritt roterande strömledande metalldel. Metalldelen kan till exempel vara ett ekorrhjul. Genom att sedan mata spänning till statorn så skapar statorn ett magnetfält som roterar (Woodford, 2016).

Hur kan magnetfältet rotera då? Först måste vi förstå hur växelström fungerar. Växelström går i sinuskurvor, som vid olika tid punkter är vid sin topp punkt eller nedre punkt.

Beroende på hur många faser man har, en, två eller tre, så finns det så många kurvor. När en kurva når sin toppunkt ger den ut maximal positiv spänning och vid sin nedre punkt maximal negativ spänning. Kurvorna är förstås förskjutna från varandra, i en 3 fas växelström så är det vanligt med 120° förskjutning. Fas 1 startar vid 0° , fas 2 vid 120° och fas 3 vid 240° . Hastigheten på allt detta beror på frekvensen i spänningen (Kjell, 2014).

Beroende på hur många fasers växelström man tänkte mata växelströms motorn, så varierar antalet elektromagneter. Om man har 2 fas kan man ha 2,4,6,8,etc. och vid 3 fas 3,6,9,12,etc. Elektromagneterna är sedan kopplade till olika faser, som man kan se i bild 4 så är röd kopplad till fas 1, blå till fas 3 och gul till fas 2. När en elektromagnet får spänning så skapar den ett magnetfält som sedan försvinner när fas kurvan för den faser som är kopplad till den elektromagneten börjar sjunka igen. Detta gör då så att magnetfältet flyttar på sig.



Figur 4. Roterande 3 fas AC-motor med sinuskurva (Wikipedia, 2016).

Om vi tittar på bild 4 igen så roterar magnetfältet från rött till blått till gult och till rött igen. Observera att i första cirkeln från vänster får elektromagneten positiv spänning medan i cirkeln i mitten får blåa negativ spänning. Så de elektromagneter som är mittemot varandra är på samma fas. Detta leder till ett magnetfält som roterar runt.

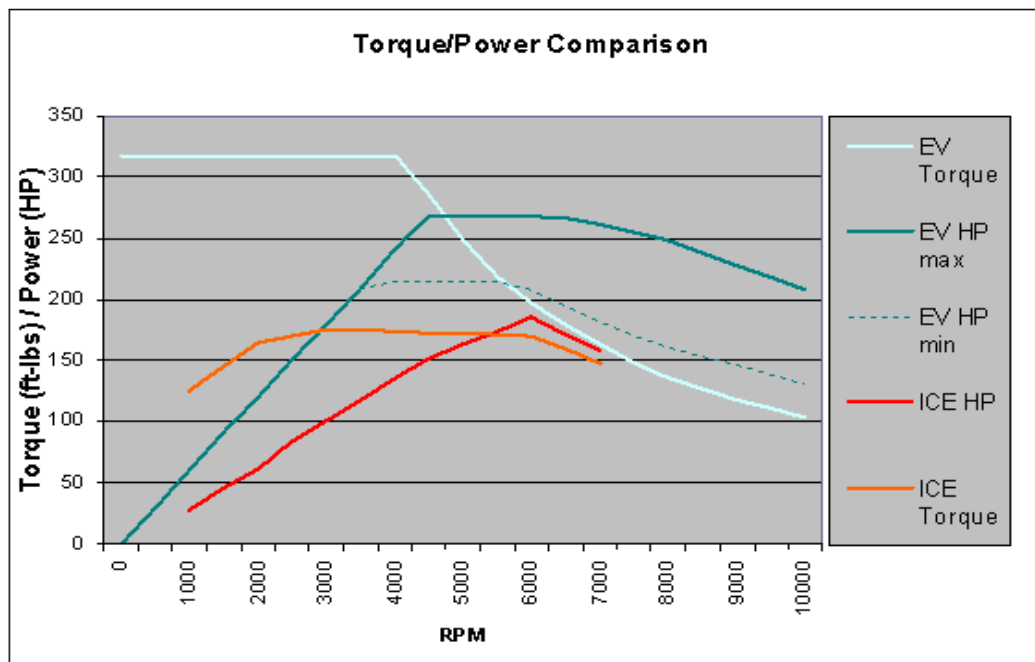
Enligt Faradays lag kommer rotorn i mitten att skapa ett eget magnetfält av spänningen som den får av det roterande magnetfältet i statorn. Sedan enligt Lenzs lag försöker rotorns magnetfält stoppa det som skapar dess magnetfält, de som skapar det är förstås det roterande magnetfältet, genom att rotera. Då har vi en axel som roterar.

Fördel med växelströmsmotorn över likströmsmotorn är dess enkelhet, det finns bara en rörlig del i växelströmsmotorn och det är rotorn. Detta gör att den är tystare, behöver mindre underhåll och billigare. Om det finns fördelar så finns det nackdelar, annars skulle det bara finnas en motor på marknaden. En nackdel med växelströms motorn är att den kan väga mycket, vilket i en elbil inte är bra när man vill ha den så lätt som möjligt. En annan är att det krävs en inverter för att den skall kunna drivas med batterier, en inverter konverterar om likström till växelström. För att ändra hastigheten krävs en apparat som kan ändra frekvensen, jämfört med en likström som man bara behöv öka på spänningen (Woodford, 2016).

3. Växellåda

En växellåda är en av de mest vanliga komponenterna i en konventionell bränslebil. För bränslemotorn behövs en växellåda när motorns vridmoment och effekt kurva är väldigt brant, så den når sin topp vid ett visst varvtal och sjunker sedan på nytt. Så det behövs lägre växlar för att den skall orka flytta på bilen från stillastående och högre växlar för att öka hastigheten utan att förstöra sig själv.

Men i en elbil så är det ej sagt att det behövs en växellåda. För en elmotor ger ut mera vridmoment och effekt över ett bredare varvtals område vilket leder till att du når din hastighet du vill ha utan att motorn slutar ge ut mera effekt. Samt att en växellåda är en komplex och tung sak som samtidigt ger flera saker som kan gå sönder och ökar tyngden på elbilen, och då behövs det större motor för att ge ut samma hästkrafter per vikt som en elbil utan växellåda. Större elmotor leder till större elförbrukning, och för den större förbrukningen behövs antingen flera laddningar eller större batteri (Dillard, 2013).



Figur 5. Vridmoment och effekt hos en elmotor jämfört med en bränsle motor vid olika varvtal (Dillard, 2013).

Motorbromsning är någonting som är vanligt att göra med en bränsle bil, bara att släppa på gasen och kanske växla ner beroende på varvtalen och då sparar man på bränsle. I en elmotor kan man genom motorbromsning göra någonting som kallas regenerativ bromsning, skapa en generator av sin elmotor som sedan laddar batteriet under motorbromsning (Electrical 4 u, u.å.b). Förstås kan en växellåda användas när det kommer till att maximera elbilen, för till exempel tävlingar. Men det behövs inte ens nära på så många växlar som bränslebilarna har idag, kanske två eller tre till fem som Formula E har för tillfället, Formula E kan läsas om senare.

4. Strömkällor

Den mest vanliga strömkällan som används i elbilar idag är batteriet, men det finns också bränslecellsbilar. Batteriet är det som håller tillbaka utvecklingen av elbilen när det är begränsat hur mycket ström det kan hålla och tar sin tid att ladda upp igen. Men dom batterierna utvecklas med, kan vara att inom några år är tillräckligt för allmänheten att använda dagligen.

4.1. Batteri

I dagens läge finns det flera olika varianter av batterier, vissa med bättre energilagring och andra med bättre energigivning. De vanligaste som används idag är nickel-metallhydrid, bly-syra och litium-jon.

Bly-syre batteriet var uppfunnet så tidigt som på 1800-talet av Gaston Planté. Batteriet använder en kemisk reaktion mellan bly och bly-oxid med svavelsyra för att skapa en spänning mellan plus- och minusuttagen.

Medan bly-syre batteriet är billigt att laga och behöver sällan repareras så har det en låg energi kapacitet och innehållet är miljöskadligt om det skulle ske ett läckage. Om ett bly-syre batteri lämnas tomt så kan det förstöra batteriet men det har låg självurladdning, så risken för att detta skall ske är liten (Battery University, u.å.).

Litium-jon batteriet blev kommersiellt möjligt på 1970-talet, men det hade sin början redan 1912 när G.N. Lewis började arbeta med dem, dessa var dock ej laddningsbara. Det skedde inte förrän 1991 när Sony Corporation lanserade Litium-jon batteriet.

Litium-jon batteriet är det vanligaste batteriet på marknaden och det används i alla möjliga applikationer, så som mobiltelefoner, laptops och andra bärbara elektroniska apparater. Också inom elbilar så är litium-jon batteriet vanligast.

Litium-jon batteriet är uppbyggt av, som kanske namne avslöjar, litium och kolfiber. Båda dessa material klassas som lätta. Litium är ett väldigt bra material att lagra energi i vilket då betyder för det här batteriet att det har bra lagringskapacitet. Medan man kan ladda ett litium-jon batteri när som helst så om det töms helt så är det förstört.

Samma som bly-syre batteriet så behövs litium-jon batteriet repareras sällan, men det dyrare att tillverka. Det är ett väldigt lätt batteri jämfört med de andra laddningsbara batterierna i samma storlek. Skadan till miljön när ett litium-jon batteri slängs bort är liten. Batteriets livslängd är inte så hävt, det börjar förfalla så fort det är färdigt tillverkat. Fast förstås ett stort minus för litium-jon batteriet är risken för brand, väldigt liten chans, ca 2 till 3 procent av miljoner (Brain, 2006b).

Nickel-metallhydrid är den nyaste av dessa tre med en början på 1970-talet, men de hade problem med att få det att ge den effekt de ville ha när det var så ostabilt. Det tog till 1980-talet innan nya hydridblandningar blev utvecklade som gjorde nickel-metallhydridbatteriet mera stabilt. Nickel-metallhydridbatteriet började som nickel-hydrogenbatterier men dessa används oftast bara i satelliter och de är dyra och stora.

En stor positiv sak med nickel-metallhydridbatteriet är dess energikapacitet. Livslängden på ett nickel-metallhydridbatteri är längre än på ett standard bly-syrebatteri men det kräver mycket underhåll, det behövs tömmas helt för att det ej skall uppstå kristallin bildning. Det är mera miljövänligt än både bly-syrebatteriet och litium-jonbatteriet, det kan till och med återvinnas (Battery University, u.å.).

Det tål också mera stryck än de bly-syrebatteriet och litium-jonbatteriet, det största bekymret är dess stora självurladdning och den värme som skapas i batteriet, samt att kostnaden för ett nickel-metallhydridbatteri är hög.

Medan litium-jon- och nickel-metallhydridbatterierna används både i hybrid och hel elektriska bilar, så används bly-syre batteriet mera i kommersiella elektriska fordon till hjälp-belastningar (Alternative Fuels Data Center, 2015).



Figur 6. Ett batteri packet av Testla Model S (Tesla Motors Club, 2015).

4.2. Superkondensator

Superkondensatorer som namnet säger så är kondensatorer men med lite mera. Så för att förstå superkondensatorer så kan det vara bra att förstå kondensatorer först.

Kondensatorer är en elektronisk komponent som har förmågan att lagra laddning. Kondensatorn består av två metall plattor som är separerade av isolation, ena är positiv och

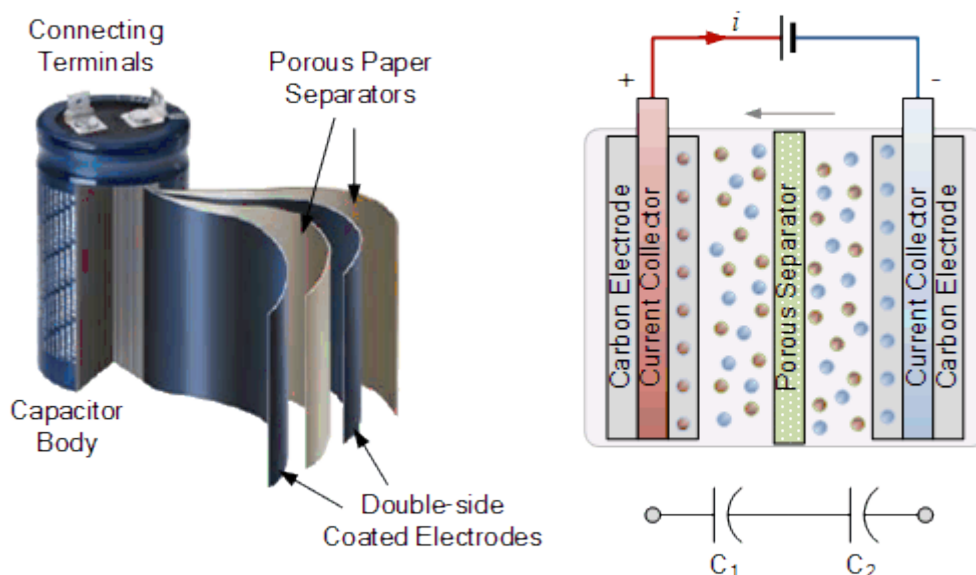
den andra negativ. Den klarar av att lagra laddning i ett elektriskt fält som bildas när de positiva och negativa laddningarna kan ej nå varandra genom isolationen. Isolationen mellan plattorna kan vara mera eller mindre permittiv för att öka eller minska kapacitansen. Kondensatorns styrka anges i kapacitans vilket mäts i Farad, med förkortningen F. Enligt det internationella systemet för enheter (SI) så mäts farad enligt formel 1.

$$F = s^4 * A^2 * kg^{-1} * m^{-2}$$

Formel 1. Formeln för farad enligt SI systemet.

Superkondensatorer är som vanliga kondensatorer men de är överdragna med aktiv kol som sedan är nersänkt i en elektrolyt av positiva och negativa joner. Dessa joner samlas sedan på plattorna när kondensatorn laddas, de positiva jonerna dras till den negativt laddade plattan och de negativa jonerna dras till den positivt laddade plattan (Garthwaite, 2011).

Detta gör så att varje platta har två lager av laddning, istället för en som en vanlig kondensator.



Figur 7. En bild över hur en superkondensator är uppbyggd (Wayne, 2015).

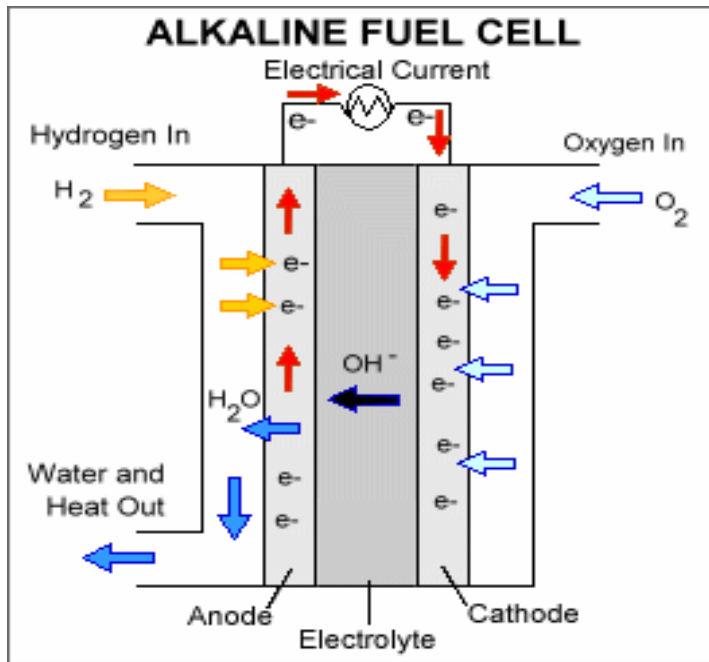
Jämfört med batterier så laddas och urladdas superkondensatorn mycket snabbare vilken kan vara en bra sak för elbilar när det kommer till laddning. Superkondensatorn är extremt bra på att ge snabbt effekt. Hållbarheten hos en superkondensator är också mycket bättre än hos batterier, den klarar av flera laddningscyklar när den lagrar laddningen i ett elektriskt fält i stället för i en kemisk reaktion som batterier (Garthwaite, 2011).

4.3.Bränslecell

Bränslecellen är ett sätt att skapa elektricitet utan föroreningar, den gör det tyst och effektivt med. Den konverterar kemisk energi till elektrisk energi. Den gör detta genom kemiska reaktioner mellan två elektroder, anod den positiva och katod den negativa. Dessa två elektroder är separerade av en elektrolyt. Det enda utsläppet är H₂O, alltså helt vanligt vatten, och värma.

Det som gjorde det möjligt att skapa bränsle celler från första början var när Sir William Grove 1839 upptäckte att vatten kunde delas till väte och syre med att skicka en ström genom det. Han upptäckte också att göra proceduren omvänd så kunde han skapa en ström (Nice & Strickland, 2000).

Medan väte är det mest effektiva sättet att skapa en ström via bränslecellsystemet så kräver det en komplex lösning för att få väte i sin grundform, eftersom väte ej existerar i naturellt på jorden. Därför finns det andra bränslen som kan användas istället som till exempel kolvätebränslen, som innehåller väte som kan extraheras för att använda de i bränsleceller. En annan är metanol som man också kan extrahera väte från för användning i bränsleceller (National Fuel Cell Research Center, u.å.).

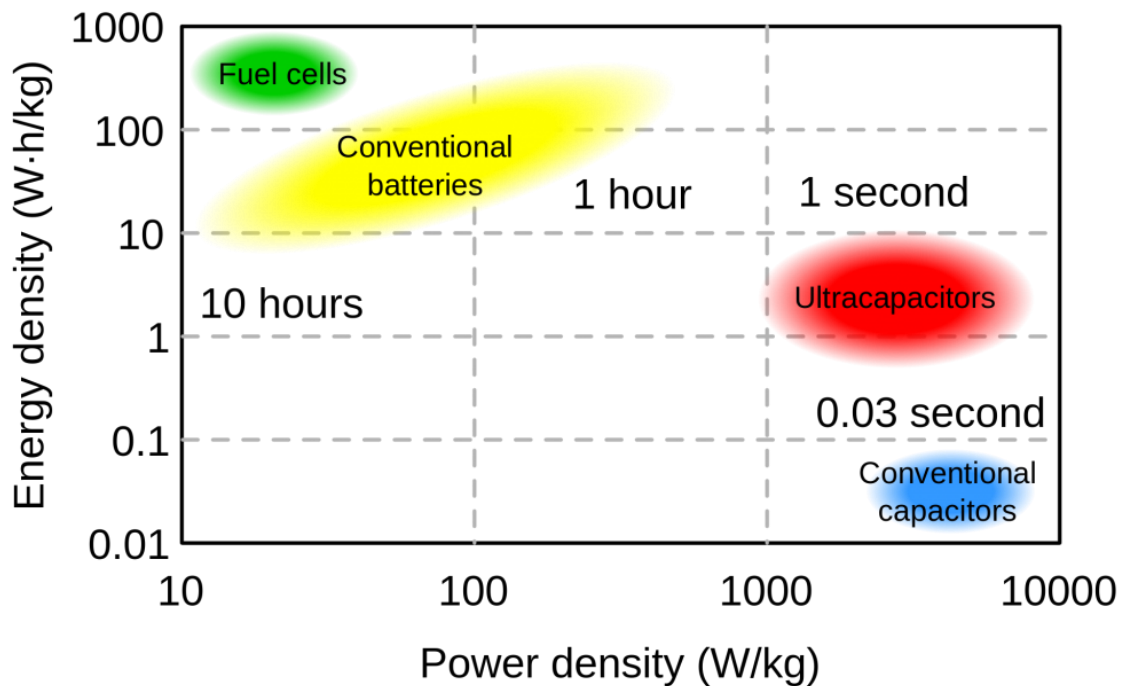


Figur 8. En modell av en bränsle cell (Energy, u.å.).

Egentligen allt som innehåller väte kan användas på ett eller annat vis till bränsle till bränsleceller. En nackdel med bränsleceller är förstås kostnaden, mestadels så är det komponenterna i bränslecellerna som kostar.

4.4.Jämförbarhet

Nu kan man ställa sig frågan vilket alternativ är bäst lämpad för det ändamål man skall ha det till. Som man kan se i Figur 9 nedan om så är kondensatorer bäst på effekt densitet enligt vikt, vilket gör dom bra för att ge snabb effekt, medan de inte håller energi så bra så laddas de upp snabbt.



Figur 9. Diagram över strömkällor (Miret, 2013).

Bränsleceller har bra energihållning men dess effektutgivning på kort tid är väldigt låg jämfört med kondensatorn. Sedan har vi batterierna där mittemellan kondensatorn och bränslecellerna. Beroende på vad man behöver strömkälla till så finns det åtminstone olika alternativ till det.

5. Laddning

Man kan ha hur stora strömlager som helst, men om det tar en halv månad att ladda upp det så är det inte så lockande för kunder. Laddningsstationer och olika sorters laddning kommer du att få läsa om i detta kapitel.

5.1.Laddningssätt

En person som inte har kört eller använt en elbil förut kanske inte vet att det finns olika nivåer på elektrisk laddning till elbilen. Dessa nivåer går från ett till fyra och då är ettan långsammaste nivån och fyran snabbaste.

Nivåerna måste också följa den internationella standarden IEC 62196-1 som specificerar elbilens ledande laddningsutrustning. Enligt standarden så får inte driftspänningen vid laddning överstiga 690 V AC med en ström som inte överstiger 250 A eller 1500 V DC med ström som inte överstiger 400 A. Laddningsutrustning måste användas inom en temperatur räckvidd från minus 30 °C till plus 50 °C. Får endast använda koppar eller koppar-aluminium kablar till kopplingar i laddningsutrustning (Enligt IEC 62196-1:2014 (International Electrotechnical Commission, 2014) standarden).

Första nivån är någonting som alla elbilar har, för att man skall kunna ladda hemma. Detta system använder sig av 110 V AC i USA och 230 V AC i EU, med upp till 20 A. Förstås när det är så låga spänningar kommer det att ta länge att ladda en elbil full med nivå ett laddning. Det kan ta upp till 15 timmar för en typisk elbil.

Nivå två är en aning snabbare en nivå ett när den fungerar i 220 till 240 V AC i USA och 400 V AC i EU. Strömmen kan variera mellan 17 A till 80 A. Man kan använda nivå två hemma men det kräver extra säkerhetsutrustning. Jämfört med nivå ett som det tog 15 timmar att ladda en typisk elbil så tar det, beroende på effekten som det laddas med som kan variera mellan 3,3 till 19,2 kW, cirka 4 timmar för en nivå två laddare att ladda en typisk elbil med 6,6 kW laddning (Cunningham, 2013).

Tabell 1. En tabell över de olika nivåernas laddnings förmåga (Energy Star, 2013).

Power Level Types	Charger Location	Typical Use	Energy Supply Interface	Expected Power Level	Charging Time	Vehicle Technology
Level 1 (Opportunity) 120 Vac (US) 230 Vac (EU)	On-board 1-phase	Charging at home or office	Convenience outlet (NEMA 5-15R/20R)	1.4kW (12A) 1.9kW (20A)	4-11 hours 11-36 hours	PHEVs (5-15kWh) EVs (16-50kWh)
Level 2 (Primary) 240 Vac (US) 400 Vac (EU)	On-board 1- or 3-phase	Charging at private or public outlets	Dedicated EVSE	4kW (17A) 8kW (32A) 19.2kW (80A)	1-4 hours 2-6 hours 2-3 hours	PHEVs (5-15kWh) EVs (16-30kWh) EVs (3-50kWh)
Level 3 (Fast) (208-600Vdc)	Off-board 3-phase	Commercial, analogous to a filling station	Dedicated EVSE	50kW 100kW	0.4-1 hour 0.2-0.5 hour	Evs (20-50kWh)

Nivå tre laddning är ännu snabbare än nivå två, nivå tre kan även kallas DC snabb laddning. Till skillnad från nivå ett och två så är det en väldigt liten chans att du kan ha en nivå tre laddare hemma. Det behövs en 480 V strömkälla som kan hantera åtminstone 125 A. Den laddar direkt DC i batteriet så behövs ingen konverter som i nivå ett och två när de laddar i AC. Dessa laddare finns dock i laddningsstationsformat på olika platser. Om man till exempel stannar på lunch en halv timme till en timme så kan denna laddningsstation ladda din elbil, om den stöder nivå tre laddning, nästan full så att du sedan slipper vidare (Cunningham, 2013).

En EVSE kan vara bra att installera i hemmet om man skaffar sig en elbil. EVSE står för Electric Vehicle Supply Equipment, på svenska elektriska fordonets försörjningsutrustning. Vad är en EVSE kan man fråga sig, en EVSE är en apparat som ser till att strömmen som far till elbilen inte överstiger vad uttaget kan ge ut och vad bilen kan ta emot. En annan funktion är att den inte ger ut ström förrän laddnings stöpsel är kopplad till elbilen (Dalidd, 2010).

Tabell 2. En tabell över olika elbilars laddningar med EVSE (Zach, 2015).

Model	Max Charge	-Miles Added Per Hour	100% Electric or PHEV
Audi A3 e-tron	3.3 kW	11	PHEV
BMW i3	7.4 kW	25	100% Electric / Rex
Cadillac ELR	3.3 kW	11	PHEV
Chevy Spark EV	3.3 kW	11	100% Electric
Chevy Volt	3.3 kW	11	PHEV
Fiat 500e	6.6 kW	22	100% Electric
Ford C-Max Energi	3.3 kW	11	PHEV
Ford Fusion Energi	3.3 kW	11	PHEV
Ford Focus Energi	6.6 kW	22	100% Electric
Honda Accord Plug-in Hybrid	6.6 kW	22	PHEV
Hyundai Sonata Plug-in Hybrid	3.3 kW	11	PHEV
Kia Soul EV	6.6 kW	22	100% Electric
Mercedes B-Class Electric	10 kW	29	100% Electric
Mercedes S550 Plug-in Hybrid	3.3 kW	11	PHEV
Mercedes C350 Plug-in Hybrid	3.3 kW	11	PHEV
Mitsubishi i-MiEV	3.3 kW	11	100% Electric
Nissan LEAF	3.3 kW / 6.6 kW	11 / 22	100% Electric
Porsche Cayenne S E-Hybrid	3.6 kW / 7.2 kW	12 / 24	PHEV
Porsche Panamera S E-Hybrid	3 kW	10	PHEV
Smart Electric Drive	3.3 kW	11	100% Electric
Tesla Model S	10 kW / 20 kW	29 / 58	100% Electric
Tesla Model X	10 kW / 20 kW	29 / 58	100% Electric
Toyota Prius Plug-In	3.3 kW	11	PHEV
Volkswagen e-Golf	3.6 kW / 7.2 kW	12 / 24	100% Electric

5.2. Tesla Supercharger

Enligt förra delkapitlet att finns det fyra nivåer, den fjärde är lite speciell i det att det är bara Tesla som använder det. Tesla har utvecklat sin egna laddningsstationer som de kallar Superchargers. Teslas Supercharger kan ge ut upp till 120 kW i laddning i DC direkt till batteriet. Detta leder till en väldigt snabb laddning, 170 mil (273 km) laddat på cirka 30 minuter hos en Tesla Model S.

Teslas Model S har ett unikt batteri uppbyggnad som är skapt för att ge snabbt och mycket effekt för deras snabba acceleration. Genom att då vända om detta system så kan de också ladda batteriet snabbt. Det som gör Teslas Supercharger ännu mera speciellt är att det är gratis att ladda. Just nu i Mars 2016 så finns det fem Supercharger stationer i Finland, med planer på att bygga två till i 2016, och allt som allt i världen finns det 613 Supercharger stationer (Tesla Motors, u.å.d).

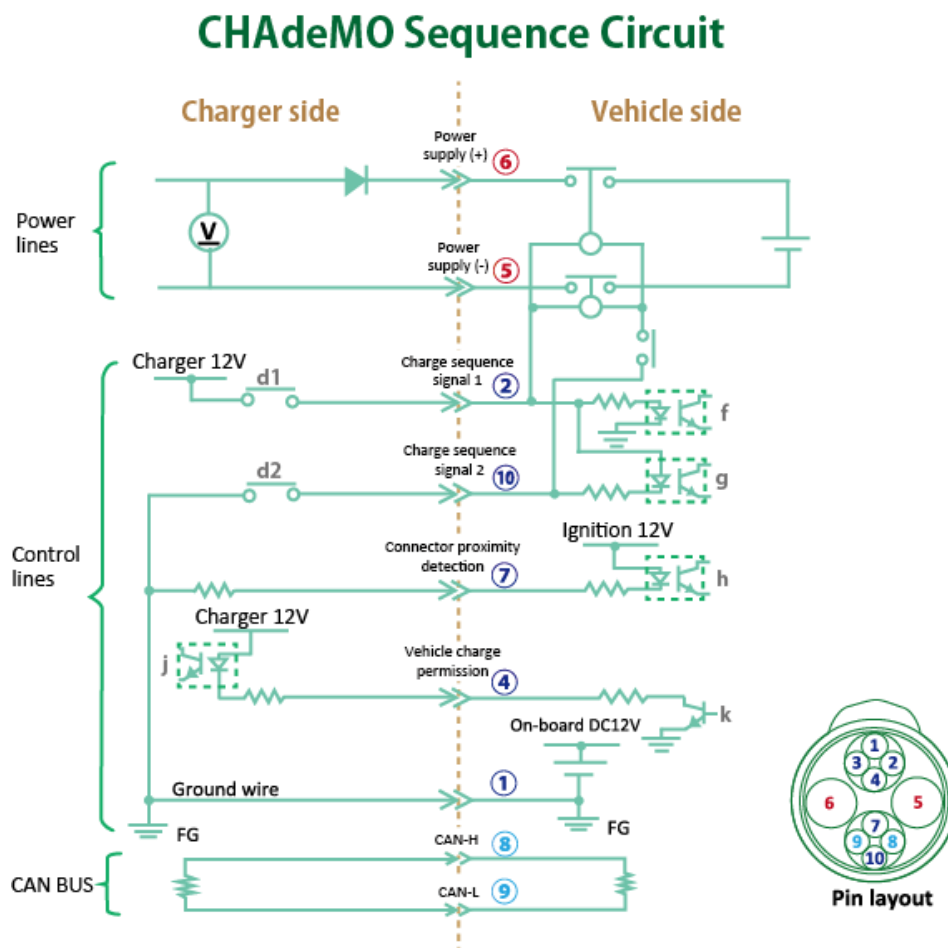


Figur 10. Tesla håller sig till traditionella men med att bygga sina Superchargers som bränsle stationerna ser ut idag (Loveday, 2015).

5.3.CHAdEMO

CHAdEMO är en nivå tre snabb laddningsmetod som laddar direkt DC in i batteri paketet. CHAdEMO är ett system som främst bara används i Japanska elbilar, så som Nissan LEAF och Mitsubishi i-MiEV. Det kan ge ut upp till 62,5 kW laddning, genom att använda up till 500 V DC med en ström på 125 A, krävs bra säkringar till snabb laddning.

Ett problem med CHAdEMO stöpseln är att den inte stöder AC laddning. Vilket då leder till att de bilar som använder CHAdEMO snabb laddning så behöver också en skild port för AC laddning , så som nivå ett och två laddning. Samt att CHAdEMO stöpseln kan bara göra snabb laddningar, inte långsamma (Herron, 2015).



Figur 11. CHAdEMO stöpselns kopplings schema (Chademo, u.å.).

Vad vi kan se i Figur 11 är ett schema över hur CHAdeMO stöpseln är kopplad, och vad de olika piggarna i stöpseln gör. Dom viktigaste är förstås piggnummer fem och sex, där piggnummer sex är positiva strömförsörjningen och nummer fem är negativa strömförsörjningen. Piggarna nummer ett, två, fyra, sju och tio är kontrollpiggarna, de som ser till att det laddas rätt. Sedan åtta och nio är CAN, Controller Area Network, busskablar.

5.4. Standardstöpsel

För att vi i framtiden inte skall ha femtio fem olika sorters laddnings stöpslar så har elbils tillverkare jobbat ihop en standardstöpsel för nivå två laddare, J1772 heter den. De flesta elbils tillverkare har accepterat J1772 som standardstöpsel. (Cunningham, 2013).

5.5. CCS

CCS står för Combo Charging System och det är någonting som SAE har utvecklat. Det är snabbbladdningsvariant av standardstöpseln J1772, J1772 Combo. Enda skillnaden från J1772 stöpseln är två hög spännings DC piggarna. Genom att utveckla denna stöpsel så har de eliminerat problemet som CHAdeMO stöpseln har, det behövs bara ett uttag på elbilen. Denna stöpsel är standard för de flesta europeiska och USAs elbilstillverkare.

J1772 Combo stöpsel räknas som en nivå tre DC snabbbladdningsstöpsel. Mycket som CHAdeMO systemet används 500 V DC spänning till laddningen men J1772 Combo pressar ut upp till 100 kW med 200 A ström, behövs ännu större säkringar. Dom påstår också att dom kommer att kunna ladda elbilar på 15 till 20 minuter med J1772 Combo systemet (LaMonica, 2012).

6. Bilar

I dagens läge finns det många olika bilmodeller på elbilar och mera kommer det med framtidens utveckling av elbilen. I detta kapitel kommer jag att ta upp några av de mera populära elbilarna i dagens läge och förklara mera om dem.

6.1. Tesla Motors

Kanske ett av det mest välkända namnet inom elbilsindustrin. Tesla Motors grundades år 2003 i Silicon Valley i USA av några ingenjörer som ville bevisa att elbilen kunde vara bättre en bränslebil.

Deras första projekt var att bygga en sportbil, som använde Nikolas Teslas patenterade AC motor. Dom fick även namnet på firman från honom. År 2008 lanserade dom Tesla Roadster, en elbil som använde litium-jon batterier för att uppnå en körräckvidd på 245 mil (395 kilometer) på en laddning och en acceleration från noll till hundra på 3,7 sekunder. Tesla Roadstern sålde väldigt bra för en elbil vid den tiden, med mera en 2400 sålda exemplar i trettio länder.

Det tog till 2012 innan Teslas nya projekt lanserades, Tesla Model S. En rymlig och bekväm sedan som accelererar som en sportbil. Dess räckvidd på en laddning var 20 mil (32 kilometer) längre en Tesla Roadstern, upp till 265 mil (426 kilometer) men dess acceleration sämre, bara noll till hundra på fem sekunder, vilket beror på att det är en större bil som rymmer flera passagerare.

År 2013 utsågs Tesla Model S till Årets Bil samt av U.S National Highway Traffic Safety Administration fick en fem stjärnigt betyg för säkerhet. Dess säkerhet kommer från att den har så låg tyngdpunkt vilket förbättrar stabiliteten hos bilen. Den får sin låga tyngdpunkt genom sitt batteripaket som ligger under bilen (Tesla Motors, u.å.a).

Idag kan du beställa tre olika modeller av Tesla Model S, 70D, 90D och P90D, varav 70D är den med minst effekt och P90D är den med mest och 90D där emellan. Priset på en ny

Model S varierar beroende förstås på modell, men på en helt basic modell av Tesla Model S med fyrhjuls drift kan priset variera från 80100 € på 70D till 118500 € på P90D, båda priserna före skatt, om man beställer från Teslas egen hemsida (Tesla Motors, u.å.b).



Figur 12. Teslas flaggskepp, Model S (Car and Driver, u.å.).

Andra modeller som Tesla har är Tesla Model X, en SUV (Sport Utility Vehicle) som enligt Teslas hemsida är säkrare än andra bilar i dess bil klass. Tack vare dess låga tyngdpunkt, såsom Model S har, är det mindre risk för att den skall välta samt bättre väghållning. Med en räckvidd på 220 mil (354 kilometer) till 257 mil (413 kilometer) och en acceleration från noll till hundra på 3,2 till 6,0 sekunder, beroende på modell, som inte är dåligt för en bil i dess storlek. Samma som Model S så finns det tre olika modeller på motor, 70D, 90D och P90D (Tesla Motors, u.å.c). Priset börjar vid 75000 € för en bas modell (Ramey, 2016).

Med deras nyaste modell, som de meddelade den 31 mars 2016, skall Tesla skapa en elbil som alla kan ha råd att köpa. Priset de siktar på är 35000 dollar, cirka 31000 euro enligt valuta kursen första April 2016. Dom lovar en räckvidd på minst 215 mil (346 kilometer) men hoppas på att de kan förbättra de. Om detta låter lockande till dig så hamnar du tyvärr vänta tills 2017 innan Model 3 läggs i produktion (Golson, 2016).

Alla Teslas modeller erbjuder fyrhjulsdraft och bakhjulsdraft. Det som är lite speciellt med Tesla är deras programvara som är uppgraderbart, om de hittar ett sätt att förbättra programvaran så kan Tesla bilägaren ladda ner senaste programvaran till bilen och få de nya förbättringarna enkelt.

6.2.Nissan Leaf

Tesla har bilar med bra räckvidd men priset kan kanske få en att fundera på saken lite mera. Om man vill ha någonting lite billigare, vad finns det då? Nissan har en liten elbil som heter Nissa Leaf som också är helt eldriven.

Nissan Leaf är en liten kombibil som har varit i produktion sedan oktober 2010 och har vunnit många pris under dess år på marknaden. Några av dessa priser var 2010 Green Car Vision Award och år 2011 årets bil pris.

Med en räckvidd på 107 mil (172 km) på 2016 års modellen för ett pris på ca 32000 € är väl okej om man bor inom korta distanser för platser man behöver köra till. Detta är då den dyrare modellen av Nissan LEAF. Den billigaste år 2016 modellen har en räckvidd på 84 mil (135 km) med ett pris på ca 25000 €, det är nästan fem gånger mindre en priset för en Tesla Model S P90D. Så vad den brister i räckvidd så gör den upp i priset (Nissan USA, u.å.).

Nissan LEAF kommer också utrustad med CHAdeMO laddnings uttag. Jag förklarade tidigare i kapitlet om laddare om CHAdeMO laddningssystem och då nämnde jag att CHAdeMO systemet hade en miss med att det bara kan ladda snabbladdningar och då behövs det två uttag, som man kan se i Figur 13.



Figur 13. Dubbla stöpsel uttag för Nissan Leaf (Mehlhoff, 2012).

7. Motorsport

Att tävla med saker har alltid varit något som intresserad människan, elbilar är inget undantag. I detta kapitel kommer gås igenom de olika motorsporter som använder elmotorer, vare sig bara av det eller på hybrid vis.

7.1. Formula E

Formula E är en relativt ny motorsport som grundades 2012 och första säsongen hölls 2014 till 2015. Det är den elektriskt drivna modellen av Formula One, alltså en av FIA:s (Federation Internationale de l'Automobile) formelbils tävling med enbart elektrisk drivkraft. Det är den första helt elektriska motorsporten.

Under den första säsongen, mellan september 2014 och juni 2015, använde alla samma elektriska bil tillverkad av Spark Racing Technology tillsammans med några av de ledande firmorna inom motorsporten. Dallara, en italiensk firma, med mera en 40 års erfarenhet, byggde chassin gjord av kolfiber och aluminium, vilket gjorde det både starkt och lätt.

McLaren, som har varit med inom motorsporten sedan grundades av Bruce McLaren 1963, levererade den elektriska drivkraften MGU (Motor Generator Unit) och elektroniksystemen. Williams, en annan erfaren veteran inom motorsport, levererade batterierna. Hewland levererade femväxlade växellådan. Allt detta producerade kring 270 bhp (Fia Formula E, u.å.b).

Under den andra säsongen, som pågår när det skrivs, blev Formula E ett så kallat öppet mästerskap, vilket tillåter lagen att tillverka och förbättra sina bilar (Fia Formula E, u.å.a). Detta är bra på det viset att det gör utvecklingen av elbilen snabbare, för när det tävlas så vill man alltid utveckla bilen som kan hjälpa en att vinna motortävlingar.

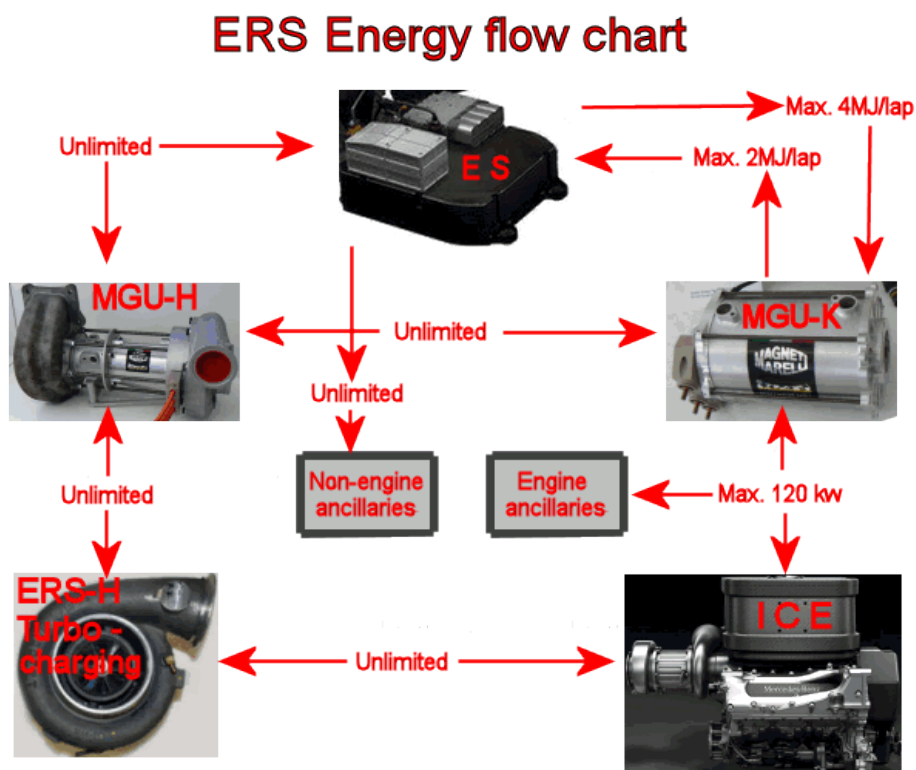


Figur 14. Motorutrymme för en Formula E bil (Current E, 2014).

7.2. Formula One

Sedan 2014 har dom inom Formula One använt hybridmotorer som består av en 1,6 liters bränslemotor med turbo samt ett ERS (energy recovery system) system. Detta ERS system kan producera upp till 160 hk extra. Hundrasextio hk är begränsningen enligt FIA:s regler, dom kan säkert pressa ut mera.

Systemet består av två generatorer, MGU-K och MGU-H, samt ett lagrings batteri ES (energy store). MGU står för Motor Generator Unit vilket betyder på svenska motorgeneratorenhet. K och H står för Kinetic och Heat (kinetisk och värme). MGU-K har två användningar, under bromsning konverterar den värma som uppstår när man bromsar till elektricitet som sedan lagras i ES och under acceleration så hjälper den till att accelerera med en extra 160 hk, för ca 33 sekunder per varv, genom att använda det som den laddade upp under bromsning. MGU-K är begränsad till att ladda bara 2MJ per varv men den kan använda 4MJ per varv till acceleration.



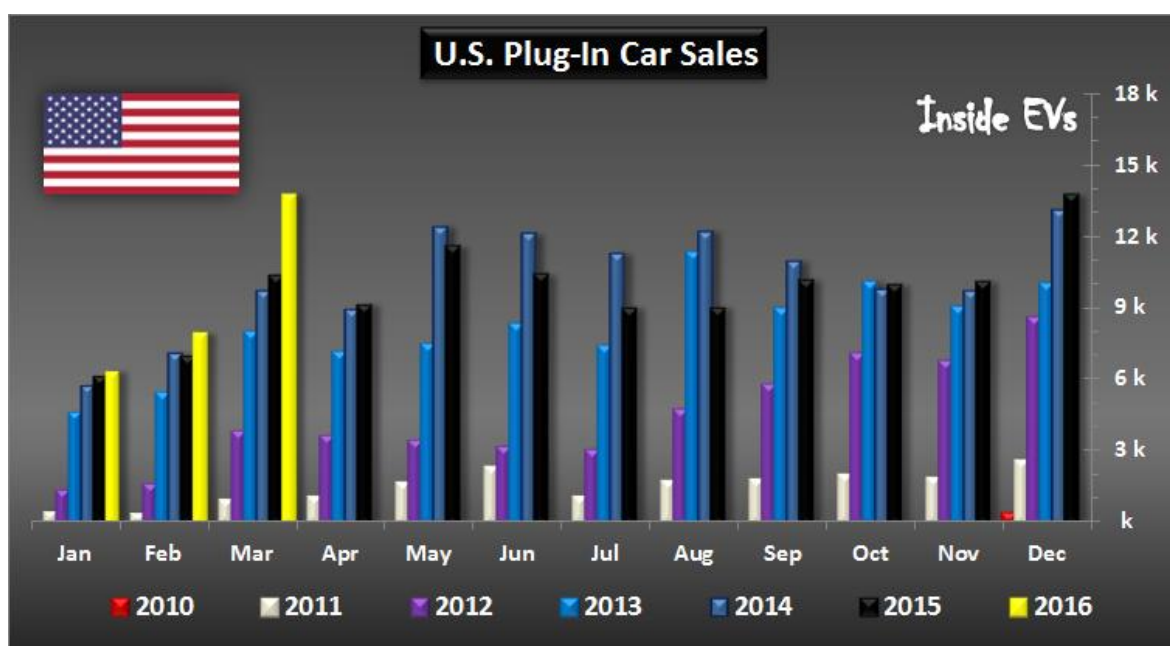
Figur 15. Ett schema över energi flöde mellan komponenterna (Formula 1 Dictionary, u.å.)

MGU-H återanvänder den värma som uppstår av turbon och konverterar den till elektricitet som sedan kan lagras i ES eller användas av MGU-K. Till skillnad från MGU-K så har MGU-H ingen begränsning på hur mycket energi den kan ladda upp, men max på vad som kan användas på en gång är 160 hk men det kan förstås användas längre under ett varv.

Före detta system användes ett system som hette KERS (Kinetic Energy Recovery System) som var i kraft från 2009 till 2013 före dom övergick till ERS 2014. KERS fungerar som MGU-K att den konverterade överlopps energi från bromsarna till extra hästkrafter, ca åttio i detta fall för i lite över sex sekunder per varv (Formula One, u.å.).

8. Framtid

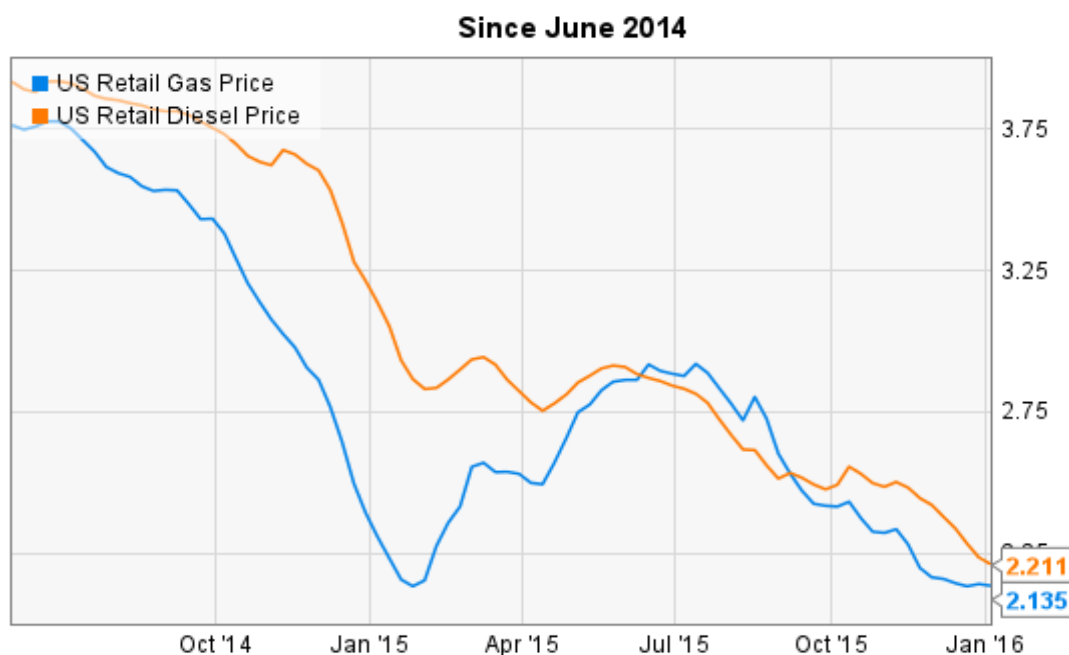
Den elektriska bilens marknad ser lovande ut, allt flera sålda elektriska bilar varje år. Som man kan se i Figur 16 så har det sålts flera elektriska bilar varje år i USA, också nästan varje månad. USA är då en av världens största bil förbrukare.



Figur 16. En graf över hur elbilen ökar i USA (Inside EVs, 2016).

Om man jämför februari 2015 med februari 2016 så såldes det 800 mera elbilar i USA, 6951 för 2015 och 7751 för 2016, och det såldes 37000 i hela världen i februari (Inside EVs, 2016). Detta är en trend som man hoppas fortsätter så att vi kan ha mindre bränslebilar på marknaden som är skadliga för miljön.

I februari 2015 hade det sålts ca 26000 elbilar världen över, jämfört med 2016 när det såldes 37000 så är det en ökning på 11000 elbilar på ett år. Jämfört med februari 2014 när det såldes 18500 världen över så har försäljningen ökat med nästan 50 procent på ett år. Om man kollar på januari 2014 så hade det sålts 14500 elbilar i januari, i januari 2015 så var siffran 24500 och i januari 2016 såldes 36700 elbilar. Där hade vi en ökning på 10000 från 2014 till 2015 och en ökning på 12200 från 2015 till 2016, i procent så har försäljningen ökat cirka 22 procent (Inside Evs, 2016). Så 2016 har börjat med en ökning i elbils försäljning, men hela årets försäljning kommer att se ut får man vänta och se.



Figur 17. Priset för olja sedan juni 2014 (Hall, 2016).

Om vi tittar på Figur 17 så har priset för olja sjunkit drastiskt sedan 2014 och då skulle man tro att elbilsmarknaden skulle sjunka, men som sagt så ökade elbilsförsäljningen från 2014 till 2016. Vad man kan ta ut av det är att allt flera personer vill ha elbilar i stället för bränslebilar. Vad jag tror är att elbilen är här för att stanna.

9. Källförteckning

- Alternative Fuels Data Center, 2015. *Batteries for Hybrid and Plug-In Electric*. [Online] http://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html [hämtat: 17.3.2016].
- Battery University, (u.å.). *What's the Best Battery?* [Online] http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery [hämtat: 17.3.2016].
- Bellis, M., 2014. *History of Electric Vehicles*. [Online] <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm> [hämtat: 1.3.2016].
- Brain, M., 2006a. *How does a brushless electric motor work?* [Online] <http://electronics.howstuffworks.com/brushless-motor.htm> [hämtat: 14.3.2016].
- Brain, M., 2006b. *How Lithium-ion Batteries Work*. [Online] <http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery.htm> [hämtat: 17.3.2016].
- Cunningham, W., 2013. *Slow, fast, and faster: Where to charge electric cars*. [Online] <http://www.cnet.com/roadshow/news/slow-fast-and-faster-where-to-charge-electric-cars/> [hämtat: 19.3.2016].
- Dalidd, J., 2010. *What is EVSE? It's Electric Vehicle Supply Equipment, and here's what it's all about*. [Online] <http://www.autoblog.com/2010/11/01/what-is-evse-its-electric-vehicle-supply-equipment-and-heres/> [hämtat: 19.3.2016].
- David, H., 2015. *EV DC fast charging standards – CHAdeMO, CCS, SAE Combo, Tesla Supercharger, etc*. [Online] <http://longtailpipe.com/ebooks/green-transportation-guide-buying-owning-charging-plug-in-vehicles-of-all-kinds/electric-car-charging-advice-systems/ev-dc-fast-charging-standards-chademo-ccs-sae-combo-tesla-supercharger-etc/> [hämtat: 20.3.2016].
- Dillard, T., 2013. *The electric chronicles: Power in flux*. [Online] <https://evmc2.wordpress.com/2013/05/13/transmissions-in-laymans-terms/> [hämtat: 13.4.2016].
- Edison Tech Center, (u.å.a). *AC Power History and Timeline*. [Online] <http://www.edisontechcenter.org/AC-PowerHistory.html> [hämtat: 15.3.2016].
- Edison Tech Center, (u.å.b). *Galileo Ferraris*. [Online] <http://www.edisontechcenter.org/GalileoFerraris.html#whoInvented> [hämtat: 15.3.2016].
- Electrical 4 u, (u.å.a). *Electrical Motor*. [Online] <http://www.electrical4u.com/electrical-motor-types-classification-and-history-of-motor/> [hämtat: 12.3.2016].
- Electrical 4 u, (u.å.b). *What is braking?* [Online] <http://www.electrical4u.com/what-is-braking-types-of-braking-regenerative-plugging-dynamic-braking/> [hämtat: 13.4.2016].

- Electrician Training, (u.å.). *Series-wound dc motor*. [Online] http://electriciantraining.tpub.com/14177/css/14177_51.htm [hämtat: 14.3.2016].
- Encyclopedia, 2008. *Hans Christian Oersted*. [Online] http://www.encyclopedia.com/topic/Hans_Christian_Oersted.aspx [hämtat: 12.3.2016].
- Fia Formula E, (u.å.a). *Introduction*. [Online] <http://fia-fe.com/en/guide/car.aspx?page=1327> [hämtat: 6.3.2016].
- Fia Formula E, (u.å.b). *Overview*. [Online] <http://fia-fe.com/en/guide/car.aspx?page=17022> [hämtat: 6.3.2016].
- Formula One, (u.å.). *Power unit and ERS*. [Online] https://www.formula1.com/content/fom-website/en/championship/inside-f1/understanding-f1-racing/Energy_Recovery_Systems.html [hämtat: 6.3.2016].
- Fuller, J., 2009. *What is the history of electric cars?* [Online] <http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/hybrid-technology/history-of-electric-cars1.htm> [hämtat: 25.2.2016].
- Garthwaite, J., 2011. *How ultracapacitors work (and why they fall short)*. [Online] <https://gigaom.com/2011/07/12/how-ultracapacitors-work-and-why-they-fall-short/> [hämtat: 22.3.2016].
- Golson, J., 2016. *Tesla Model 3 announced: release set for 2017, price starts at 35,000*. [Online] <http://www.theverge.com/2016/3/31/11335272/tesla-model-3-announced-price-release-date-specs-preorder> [hämtat: 1.4.2016].
- Grand Prix History, (u.å.). *Camille Jenatzy*. [Online] http://www.grandprixhistory.org/jenatzy_bio.htm [hämtat: 1.3.2016].
- Hiskey, D., 2011. *In 1899 ninety percent of New York City's taxi cab were electric vehicles*. [Online] <http://www.todayifoundout.com/index.php/2011/04/in-1899-ninety-percent-of-new-york-citys-taxi-cabs-were-electric-vehicles/> [hämtat: 1.3.2016].
- Inside EVs, 2016. *Monthly Plug-In Sales Scorecard*. [Online] <http://insideevs.com/monthly-plug-in-sales-scorecard/> [hämtat 19.4.2016].
- Kjell & Company, (u.å.). *Vad är elektricitet?* [Online] <http://www.kjell.com/se/fraga-kjell/hur-funkar-det/elelektronik/grundlaggande-ellara/vad-ar-elektricitet> [hämtat: 15.3.2016].
- LaMonica, M., 2012. *Automakers: Here's how we'll charge EV's in 15-20 minutes*. [Online] <http://www.cnet.com/news/automakers-heres-how-well-charge-evs-in-15-20-minutes/> [hämtat: 19.3.2016].
- Magnet Academy, 2014. *Planté Battery – 1859*. [Online] <https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/history-of-electricity-magnetism/museum/plante-battery> [hämtat: 25.2.2016].

National Fuel Cell Research Center, (u.å.). *Fules for fuel cell*. [Online]
http://www.nfrcr.uci.edu/3/FUEL_CELL_INFORMATION/FCexplained/fueltypes.aspx
 [hämtat: 23.3.2016].

Nice, K. & Strickland, J., 2000. *How fuel cells work*. [Online]
<http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/fuel-cell5.htm> [hämtat:
 23.3.2016].

Nissan USA, (u.å.). *2016 Nissan LEAF*. [Online]
<http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/> [hämtat: 2.4.2016].

Parker, B., (u.å.). *Thomas Parker*. [Online]
<http://www.historywebsite.co.uk/genealogy/Parker/ElwellParker.htm> [hämtat: 25.2.2016].

Ramey, J., 2016. *Tesla Model X gets battery, range and price boost all at once*. [Online]
<http://autoweek.com/article/green-cars/tesla-model-x-gets-battery-range-and-price-boost-all-once> [hämtat 17.4.2016].

Tesla Motors, (u.å.a). *About Tesla*. [Online]
<https://www.teslamotors.com/about> [hämtat: 31.3.2016].

Tesla Motors, (u.å.b). *Model S*. [Online]
<https://www.teslamotors.com/models> [hämtat: 31.3.2016].

Tesla Motors, (u.å.c). *Model X*. [Online]
<https://www.teslamotors.com/modelx> [hämtat: 31.3.2016].

Tesla Motors, (u.å.d). *Supercharger*. [Online]
<https://www.teslamotors.com/supercharger> [hämtat: 19.3.2016].

Woodford, C., 2016. *Induction motors*. [Online]
<http://www.explainthatstuff.com/induction-motors.html> [hämtat: 14.3.2016].

10. Figur & Tabell förteckning

Figur 1. Parker, B., (u.å.). *Thomas Parker*. [Online]
<http://www.historywebsite.co.uk/genealogy/Parker/ElwellParker.htm> [hämtat: 25.2.2016].

Figur 2. Ford, (u.å.). *The evolution of mass production*. [Online]
<http://www.ford.ie/AboutFord/CompanyInformation/Heritage/TheEvolutionOfMassProduction>
[tion](#) [hämtat: 21.3.2016].

Figur 3. Woodford, C., 2016. *Induction motors*. [Online]
<http://www.explainthatstuff.com/induction-motors.html> [hämtat: 14.3.2016].

Figur 4. Wikipedia, 2016. *Induction motor*. [Online]

https://en.wikipedia.org/wiki/Induction_motor#/media/File:Rotatingfield.png [hämtat: 15.3.2016].

Figur 5. Dillard, T., 2013. *The electric chronicles: Power in flux*. [Online]

<https://evmc2.wordpress.com/2013/05/13/transmissions-in-laymans-terms/> [hämtat: 13.4.2016].

Figur 6. Tesla Motors Club, 2015. *Inside the battery pack*. [Online]

<https://teslamotorsclub.com/tmc/threads/pics-info-inside-the-battery-pack.34934/> [hämtat: 15.3.2016].

Figur 7. Wayne, S., 2015. *Ultracapacitors*. [Online]

<http://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/ultracapacitors.html> [hämtat: 22.3.2016].

Figur 8. Energy, (u.å.). *Types of fuel cells*. [Online]

<http://energy.gov/eere/fuelcells/types-fuel-cells> [hämtat: 23.3.2016].

Figur 9. Miret, S., 2013. *Storage wars: Batteries vs. supercapacitors*. [Online]

<http://berc.berkeley.edu/storage-wars-batteries-vs-supercapacitors/> [hämtat: 23.3.2016].

Figur 10. Loveday, E., 2015. *Tesla opens Europe's largest supercharger station*. [Online]

<http://insideevs.com/tesla-opens-europes-largest-supercharger-station-first-europe-solar-canopy/> [hämtat: 19.3.2016].

Figur 11. Chademo, (u.å.). *Technological details*. [Online]

<http://www.chademo.com/wp/technology/details/> [hämtat: 20.3.2016].

Figur 12. Car and Driver, (u.å.). *Tesla Model S*. [Online]

<http://www.caranddriver.com/tesla/model-s> [hämtat: 31.3.2016].

Figur 13. Mehlhaff, R., 2012. *Vehicle plug-in spots pop up*. [Online]

<http://www.dentonrc.com/local-news/local-news-headlines/20120715-vehicle-plug-in-spots-pop-up.ece?ssimg=646737> [hämtat: 2.4.2016].

Figur 14. Current E, 2014. *Powertrain*. [Online]

<http://current-e.com/features/analysis/page/5/> [hämtat: 6.3.2016].

Figur 15. Formula 1 Dictionary, (u.å.). *2014 Formula 1 Rule change*. [Online]

http://www.formula1-dictionary.net/engine_power_unit_and_ers.html [hämtat: 6.3.2016].

Figur 16. Inside EVs, 2016. *Monthly Plug-In Sales Scorecard*. [Online]
<http://insideevs.com/monthly-plug-in-sales-scorecard/> [hämtat 19.4.2016].

Figur 17. Hall, J., 2016. *Will 2016 be clean energy fuels corp's best year yet?* [Online]
<http://www.fool.com/investing/general/2016/01/06/will-2016-be-clean-energy-fuels-corps-best-year-ye.aspx> [hämtat 19.4.2016].

Tabell. 1. Energy, 2013. *ENERGY STAR Market and Industry Scoping Report*. [Online]
https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/Electric_Vehicle_Scoping_Report.pdf [hämtat: 19.3.2016].

Tabell. 2. Zach, 2015. *Electric car charging 101* [Online]
<http://evobsession.com/electric-car-charging-101-types-of-charging-apps-more/> [hämtat: 19.3.2016].