

FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

xEVCO

Publik rapport Svenska



Författare Malcolm Resare
Datum 2014-01-26
Delprogram Energi och Miljö

Innehåll

1. Sammanfattning.....	5
2. Bakgrund	5
3. Syfte.....	6
4. WP1 Modellfabriken	6
5. Process.....	6
6. Plantmodeller	7
7. Slutsatser.....	8
8. Framtida arbete	9
9. WP2:1 Transienta elektriska fenomen, mikrosekund domänen	10
10. Syfte och Genomförande	10
11. Resultat	10
12. Spridning och publicering.....	10
13. Slutsatser.....	11
14. Förslag till fortsatt forskning:.....	11
15. WP2:2 Harmonisk analys av DC bussen i en elektrisk drivlina.....	12
16. Det elektriska systemet i ett hybridfordon samt vikten av systemering	12
17. Simuleringsmodellens användningsområde	13
18. Vad kan analyseras med modellen?	13
19. WP3 Aktiv säkerhet i hybridfordon och millisekunddomänen.....	15
20. Simuleringsmiljö och fordonsmodell.....	16
21. Konceptuell utvärdering av aktivsäkerhetsprestanda	16

22. Slutsats	17
23. Framtida arbete:	17
24. WP4 Körcykelbaserade modeller, sekunddomänen	18
25. Termomodeller	18
26. Parameterestimering	19
27. Slutsatser	19
28. Framtida arbete	19
29. WP5 Feltoleranta elektriska drivsystem, Doktorandprojektet	20
30. Fel i elektriska drivsystem	20
31. Elmaskindesign	21
32. Drift under avbrott i en fas	21
33. Slutsatser och framtida arbete/fortsättning av doktorandprojektet	22
34. Bidrag till FFI-mål	23
35. Spridning och publicering	23
36. Publikationer	23
37. Slutsatser och fortsatt forskning	23
38. Deltagande parter och kontaktpersoner	24

Projektledarens Tack!

Den här rapporten är sammanställd av ett antal enskilda rapporter som skrivits av projektdeltagarna i xEVCO projektet från Volvo Cars, Chalmers och SP. Jag vill tacka dem alla för deras goda arbete och ansträngningar för att göra detta till ett framgångsrik projekt. Det har varit ett sant nöje att arbeta med er alla. Jag vill också tacka Vinnova/ FFI för att ge oss förtroendet att få genomföra projektet. Det är min uppriktiga övertygelse att resultaten från projektet kommer att gynna oss alla många år framöver.

Malcolm Resare

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på www.vinnova.se/ffi

1. Sammanfattning

xEVCO Projektet utformades under 2010 för att öka kunskapsbasen för elhybridfordon inom det Väst svenska fordonsteknik-klustret. Detta kluster består av myndigheter, universitet, forskningsinstitut, upphandlande företag samt system-och komponentleverantörer till Volvo Personvagnar. Projektet har drivits av Volvo Personvagnar ihop med SP och Chalmers som aktiva, bidragande partner till projektet.

Ytterst är målet för projektet är att säkra Volvos och Sveriges konkurrenskraft som en kompetent och effektiv (P)HEV leverantör. Det är nödvändigt för biltillverkare idag att ha olika former av hybridteknik i produktportföljen av flera skäl, om du vill förbli ett konkurrenskraftigt alternativ på den globala bilmärknaden.

Den centrala uppgiften för xEVCO har varit att utveckla modeller för virtuell validering och verifiering av alla viktiga komponenter, deras egenskaper, funktioner och attribut för att göra upp en komplett PHEV drivlina inklusive batteriet. Modeller används för konceptutveckling och koncept val och vidare för validering och verifiering av egenskaper och attribut. Genom att använda virtuella tekniker såsom modellering och simulering, kan de allt kortare fordonsprogramledtiderna innehållas och kostnaderna minskas betydligt. Modellerna används i olika simuleringsmiljöer som Model-In-the-Loop (MiL), Software-in-the-loop (SiL) och Hardware-In-the-Loop (HiL). xEVCO har fört dessa tekniker framåt kraftigt och de är nu som state-of-the-art arbetspraxis på Volvo Personvagnar.

De teknisk utveckling modellering och simuleringsmetoder för PHEV fordon som härrör från xEVCO har nu satts i samband med traditionella fordonsutvecklingsmetoder. Projektet har bidragit kraftigt till att säkra konceptutveckling i fas med de basprogram som uppfyller de nödvändiga extremt korta ledtider i denna mycket konkurrensutsatt bransch. Det är nu möjligt att utveckla en HEV inom nästan samma tidsram som ett fordon med konventionell drivlina. Användningen av moderna modeller och modernsimuleringsteknik som utvecklats i xEVCO stödjer Green, tryggt och Connected funktioner som dagens kunder kräver.

Även om betydande framsteg har gjorts i projektet finns det fortfarande ett antal återstående frågor som kräver ytterligare forskning. Exempel finns inom förståelse av termisk hantering och DC- rippel fenomen speciellt. Det finns också delar av de utvecklade modellerna som behöver validering tester för att förstå omfattningen att resultaten kan skalas i.

2. Bakgrund

Idag utgör fordons elektronik 20-30% av ett fordon produktkostnad. Elektrifierade fordon adderar ytterligare 10%. Hög volyms kostnads effektiva elektrifierade fordon kräver en balanserad top-down-design som involverar "Green-, Safe- & Connected"-funktionalitet. xEVCO svarar för en del av den metodutveckling som krävs för att klara utmaningen.

3. Syfte

Att höja kunskapsnivå och bredda rekryteringsbasen inom hybridbilsteknologi i det västsvenska kompetensklustret med sikte på andra generationens hybridsystem för lansering 2017.

Möjliggöra kompetenta kontaktytor mellan "traditionell mekanisk fordonsutveckling" och "framtida elektrisk fordonsutveckling".

Utveckla djupkunskap inom:

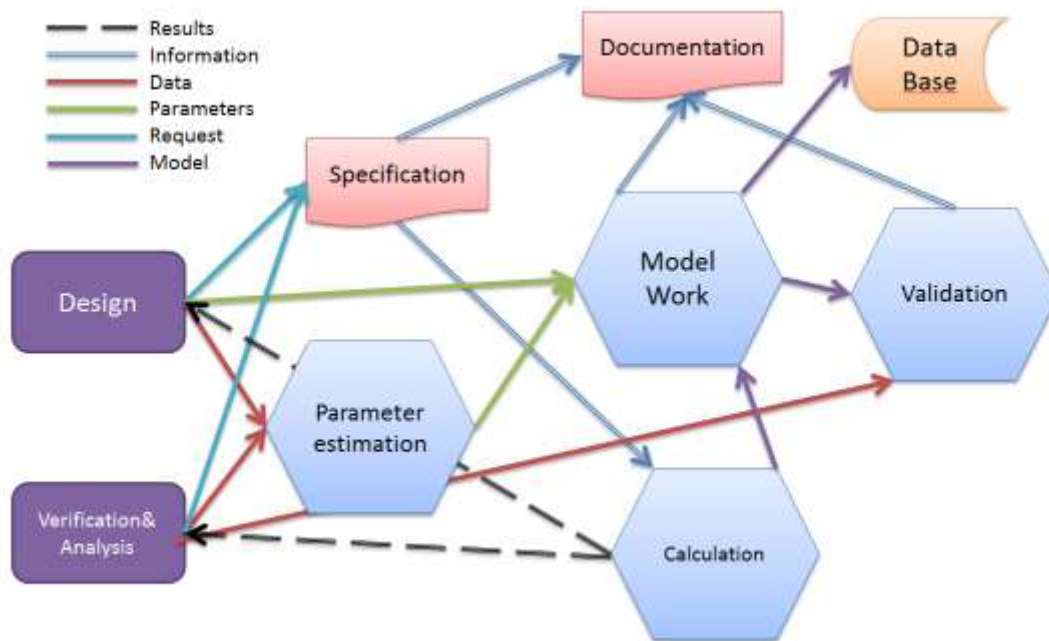
- o Fordonskontroll med fokus på funktionell-logisk vy, energibalans, transienta tillstånd.
- o Elektriska driv- & batterisystem med fokus på modeller och karakteristiska parametrar under fordonsdrift.

4. WP1 Modellfabriken

Följande kapitel syftar till att sammanfatta det arbete som utförts på Volvo personvagnar under xEVCO-projektet inom arbetspaket 1. Fokus har legat på att arbeta med modeller av förlopp inom sekunddomänen och på att ta fram processer och riktlinjer för modelleringsarbete samt kvalitetssäkra de framtagna modellerna.

5. Process

För att utföra effektiva och tillförlitliga simuleringar och beräkningar i en större organisation krävs mer än bara bra simuleringsmodeller. Det krävs en process för att underhålla, dokumentera och specificera modellerna och inte minst ett valideringsarbete för att ha kontroll på kvalitet och konfidens i simuleringsresultaten.



Figur 1, visar exempel på flöden inom en organisation som använder sig av simuleringsmodeller i tekniskt konstruktionsarbete.

Inom projektet har mallar för dokumentation och specificering tagits fram, dessutom har ett arbete på ett verktyg för att underlätta modellvalidering utförts. Ett arbete gjorts för att kartlägga modelleringsbehovet inom organisationen och för att dokumentera de beräkningsarbeten som görs på ett bra sätt, se Figur 1, visar exempel på flöden inom en organisation som använder sig av simuleringsmodeller i tekniskt konstruktionsarbete.

6. Plantmodeller

En plantmodell modellerar en fysisk komponent eller ett delsystem av fysiska komponenter.

Exempel på plantmodeller inom xEVCO-projektet

Batteriet är en mycket komplex komponent som behöver modelleras från flera olika aspekter. Exempel på modellbehov är; estimering av körsträcka och bränsleförbrukning som endast kräver enklare modeller, test av mjukvara kräver mer dynamiska modeller och modeller över långtidsprestanda som kräver mätningar över lång tid. Dessutom behövs modeller för utvärdering av olika mjukvarubegränsningar som ska skydda batteriet men begränsar systemprestanda, estimering av vilken temperaturfördelning batteriet kommer att ha i olika driftfall och miljöer och modeller kan användas för att utvärdera olika batteristorlekar, koncept och även för att ställa olika typer av celler mot varandra.

För elmaskiner finns det precis som för batteriet flera olika intressen som kan kräva modeller av komponenten. Exempel på detta är förbrukningssimuleringar, dimensionering och estimering av

användning av komponenten över olika körcykler, test av mjukvara, utvärderingar av koncept och inverkan av olika begränsningar. Mer komplexa modeller kan dessutom användas till att utvärdera inte bara koncept utan också för att göra mer detaljerade utvärderingar av elmaskinens konstruktion som t.ex. placering av magneter, olika kylkoncept och materialval.



Figur 2, drivpaketet med elmotor, omriktare och koppling

Laddaren är en komponent där färre modelleringsbehov identifierats, mycket tyder på ett större modelleringsbehov för laddare i framtiden då det kommer krav på att certifiera hela energikedjan från strömuttag till hjul på ett elektrifierat fordon från myndighetshåll. En enkel temperaturmodell har utvecklats.

För dc/dc-omvandlaren har modelleringsbehovet visat sig litet, än så länge. En enkel temperaturmodell har tagits fram och verkningsgraden hos komponenten spelar in vid förbrukningssimuleringar.

För testa styrenheter innan dessa sätts i bil används en hardware-in-the-loop (HiL) rigg. Under åren xEVCO-projektet har pågått har flera HiL-rigggar tagits fram och projektet har levererat modeller av elektriska maskiner, batteri och över dc-ledet, d.v.s. kopplingarna mellan elmaskiner, omriktare och batterier. Dessa modeller har integrerats i miljön och används i den dagliga test- och verifieringsverksamheten.

Verktysutvärdering

Inom projektet har det också gjorts en del utvärdering av kommersiella verktyg; Ansys Maxwell för elektro-magnetisk simulering och Mathworks Simscape som är ett verktyg för multidomän simuleringar. Båda verktygen är under utveckling och vi har haft möjlighet att komma med återkopplingar och kommentarer för att förbättra både användbarhet och funktionalitet.

7. Slutsatser

xEVCO-projektet har lämnat ett stort och viktigt bidrag till att bygga upp modeller och kunskap inom elektrifiering, ett nytt område, inom Volvo personvagnar. Inte minst har vi ökat våra kunskaper om behovet av modellering och hur många olika komplexitetsgrader som finns och vilka som behövs.

8. Framtida arbete

Det finns flera områden som skulle kunna bli föremål för ytterligare studier;

- Processarbetet har kommit långt men det går att göra mer inte minst inom validering av modeller,
 - Fler mätningar
 - Vilken typ av mätningar krävs för att validera på ett bra sätt?
- Parameterstudier och känslighetsanalys av modeller och system
- Batterimodeller för högfrekvent beteende, viktigt vid studier av strömrippel, och modeller av batterier i köld, kallare än ca -5 grader Celsius
- Ytterligare utveckla möjligheten att köra system av modeller och hårdvara i riggmiljö för att tidigarelägga provning och även möjliggöra optimering av mjukvara tidigare
- Laddningsförfarandet vilket kräver en ny systemvy av fordonet eftersom nästan all simulering hittills gjorts på ett rullande fordon

9. WP2:1 Transienta elektriska fenomen, mikrosekund domänen

Fokus på detta arbetspaket är på modellering av drivsystemet med transienta modeller (mikrosekunder) och på att föreslå feltoleranta lösningar som också är kostnadseffektiva, miljövänliga och jämförbara i prestanda med andra drivsystem för plug-in-hybrider av samma storlek. Transversalflödesmaskinen (TFM) har nyligen övervägts för fordonsapplikationer. Den är känd för att kunna ge hög momenttäthet och har en möjlighet att vara feltolerant (och kan vara fördelaktig när det gäller återvinningsaspekter). När det gäller kostnaden, är jämförelsen svår och är ofta baserad på material-och tillverkningskostnad i allmänna termer.

10. Syfte och Genomförande

Två motortyper, en synkronmaskin med interna permanentmagneter (en IPM-motor) och transversalflödesmaskinen (TFM), modelleras och jämförs med avsikten att undersöka olika aspekter som feltolerans, effektivitet, och momenttäthet. IPM-motorn är 2004 Prius som väljs som referensmotor för att möjliggöra validering av modellerna. I modellerna finns möjlighet att undersöka effekten av olika poltal, skevning av statorn, avbrott i spänningsmatningen och kortslutningsfel, förluster (inklusive permanentmagnetförluster) och termiska effekter. Modellerna inkluderar både 2D-och 3D-effekter.

11. Resultat

Resultaten av finita elementsimuleringar av de elektromagnetiska egenskaperna (tidigare validerade mot mätningar) visar att i jämförelse med en kommersiell motor (IPM-motor), har TFM liknande prestanda, en högre järn- och magnetvikt och en lägre kopparvikt. Den har också en förväntad fördel angående tillverkningskostnad och kostnad för återvinning och den har lägre kopparförlust.

12. Spridning och publicering

1. S. Lundmark, Alatalo, M., Mellander, B.E., Thiringer, T., Grunditz, E. (2013) "Chapter 3 in the e-book: Systems perspectives on Electromobility" Book Chapter.
2. Sonja Tidblad Lundmark and Mikael Alatalo (2013) "A segmented claw-pole motor for Traction Applications Considering Recycling Aspect", EVER Conference on Electrical Vehicles and Renewable energies, Monte Carlo, Monaco, paper EVER13-73, 27-29 March 2013.
3. Palmberg, Eva; Lundmark, Sonja; Thiringer, Torbjörn; Alatalo, Mikael; Karlsson, Robert, (2013) "Wireless charging-some key elements", Research report, Chalmers University of Technology, Department of Energy and Environment, Division of Electric Power Engineering, Göteborg, 69 pages.

4. Sonja Tidblad Lundmark, Ali Rabiei, Tarik Abdulahovic, Stefan Lundberg, Torbjörn Thiringer, Mikael Alatalo, Emma Arfa Grunditz and Christian Du-Bar (2012) "Experiences from a Distance Course in Electric Drives including on-line Labs and Tutorials", the International Conference on Electrical Machines, ICEM, Marseille Sep 2012.

Presentation:

Docentföreläsning "Electric Motor Drives for Traction Applications Considering Recycling Aspects" June 4, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology

13. Slutsatser

Modeller för permanentmagnetmaskiner i 2D-och 3D är konstruerade, inkluderande enkla termiska beräkningar. Dess modeller möjliggör designförbättringar för motortyperna samt jämförelser beträffande feltolerans och andra prestanda- och kostnadsaspekter. En sådan undersökning visar för-och nackdelar med en TFM och en IPM.

14. Förslag till fortsatt forskning:

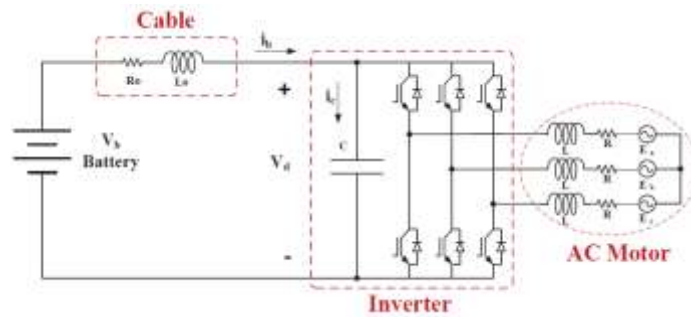
- Inkludera optimeringsmetoder för att minska till exempel järn- och magnetvikten
- Fältförsvagning och körcykelprestanda för båda typ av motorer
- Förbättrad termisk modellering av motor och kylkretsar, inklusive CFD för båda motortyper och jämförelser med mätningar från doktorandprojektet. Användning av resultaten från Ansys Mechanical som indata till Maxwell skulle möjliggöra en analys av effekter såsom avmagnetisering av magneter på grund av högre temperatur och en bättre uppskattning av lindningsresistansen.
- Fortsatt felmodellering för att jämföra mellan TFM och IPM samt med resultat från doktorandprojektet.
- Koppling till mekaniska modeller skulle tillåta uppskattning av styrkan i barriärer (i rotorn) eller andra mekaniskt svaga delar av maskinen (t.ex. klor i en TFM).
- Beräkningar av ändlindningsreaktans, eftersom den påverkar feltolerans och avmagnetiseringsaspekter.

15. WP2:2 Harmonisk analys av DC bussen i en elektrisk drivlina

Syftet med det arbetspaket som innefattar högfrekventa elektriska transienta förlopp är att undersöka hur ström- och spänningsrippel bildas på den DC-buss som kopplar samman batteriet och frekvensomriktaren. Tyngdpunkten ligger på att skapa en tillräckligt noggrann simuleringsmodell av ett komplett drivsystem i ett modernt hybridfordon. Modellen skall innefatta ett högspänningsbatteri, en frekvensomriktare, en elektrisk maskin samt de kablar som kopplar samma de olika systemen. Utvecklingen av modellen har skett i nära samarbete med Volvo Cars och modellen är anpassad för en modern hybridbil. Flera mätningar utfördes på ett verkligt system för att kontrollera att simuleringsmodellen var giltig över ett stort arbetsområde. Det konstaterades att överensstämmelsen mellan simuleringar och mätningar var tillräckligt bra över hela det önskade arbetsområdet. Baserat på detta användes den framtagna modellen för att undersöka både känslighet för parametervariationer samt effekten av ett transient förlopp (t.ex. momentsteg). Som en gemensam koppling mellan de olika arbetspaketen inom xEVCO-projektet användes indata från ett fiktivt aktivt säkerhetssystem för att undersöka dess effekt på DC-bussen vid en plötslig undanmanöver.

16. Det elektriska systemet i ett hybridfordon samt vikten av systemering

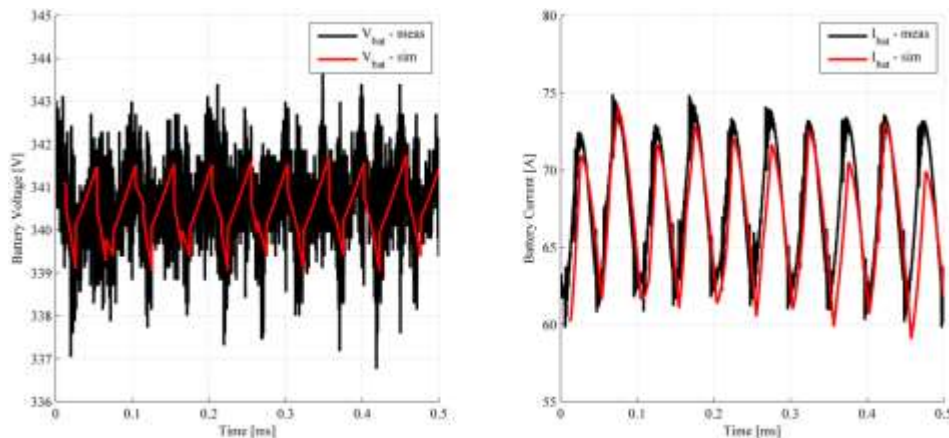
Det elektriska drivsystemet i ett modernt hybridfordon är en komplex konstruktion bestående av många olika komponenter som måste kunna samexistera i en begränsad volym. Faktorer som komplicerar konstruktionen är att många av komponenterna är helt nyutvecklade (t.ex. batteriet och omriktaren - tillverkarna har liten erfarenhet av komponenternas livslängd), den tuffa miljön i ett fordon (temperatur, vibrationer), personsäkerhet i de elektriska systemen samt den prispress och de höga volymer som utgör marknaden idag. Dessa faktorer gör att systemeringsaspekten extra viktig; om systemet kan optimeras så att livslängden för en komponent kan ökas eller en överflödig komponent kan tas bort kan en stor vinst göras. Ett typiskt drivsystem i ett hybridfordon kan ses i Figur 1; ett högspänningsbatteri matar en frekvensomriktare och en elektrisk maskin. Frekvensomriktaren matas via en lång kabel som kommer att påverka systemets prestanda. Ett högt strömrippel på DC-bussen kan ge oönskade effekter (t.ex. värmeutveckling) i batteriet som i sin tur kan förkorta batteriets livslängd. Därför är det avgörande att det spännings- och strömrippel som bildas på DC-bussen till följd av frekvensomriktarens switchningar kan förutsägas med tillräcklig noggrannhet samt minimeras för att minska förlusterna.



Figur 1: Schematisk bild av ett typiskt elektriskt drivsystem i ett modernt hybridfordon

17. Simuleringsmodellens användningsområde

Resultaten från den simuleringsmodell som utvecklades i detta projekt jämfördes med mätningar från en riktig hybridbil och modellen visade sig ha god noggrannhet. AC-storheterna i systemet (dvs. utspänning och -ström från omriktaren) kunde simuleras med mycket god noggrannhet vilket innebär att maskinmodellen fungerar. På DC-sidan visade det sig att batteriströmmen kan simuleras med god noggrannhet inom det undersökta arbetsområdet, se Figur 2, högra grafen. Den resulterande batterispänningen, se Figur 2, vänstra grafen, visade sig dock vara svårare att mäta; större delen av de oscillationer som förekommer i mätningen är troligen beroende av mätmetoden och den grundton som finns blir därför svår att urskilja. Den föreslagna simuleringsmodellen tar inte hänsyn till många parasitelement vilket gör att den inte är lämplig för att fånga högfrekventa oscillationer.



Figur 1: Vänster: Simulerad samt uppmätt spänning på DC-bussen.
Höger: Simulerad samt uppmätt ström på DC-bussen.

18. Vad kan analyseras med modellen?

Den framtagna modellen användes för att undersöka systemets känslighet för parametervariationer samt beteendet vid ett transient förlopp, se Figur 3. Parameteranalysen visade att det är kondensatorn på DC-bussen i kombination med DC-kabelns induktans som till

största delen bestämmer det aktuella ström och spännings rippet på DC-bussen. De övriga systemparametrarna (t.ex. resistans i DC-kabel samt i battericellerna) visade sig ha mindre effekt på rippet. Eftersom modellen inte bara består av en motormodell utan även ett komplett reglersystem kan modellen användas för att undersöka transienta händelser. Det innebär att beteendet på DC-bussen kan analyseras vid t.ex. ett momentsteg. Ett exempel på detta kan vara ett aktivt säkerhetssystem som styr den elektriska maskinen på bakaxeln. Systemet kan kräva en plötslig ökning av vridmomentet för att kompensera för en snabb undanmanöver; med hjälp av den framtagna modellen kan effekten på DC-bussen analyseras.

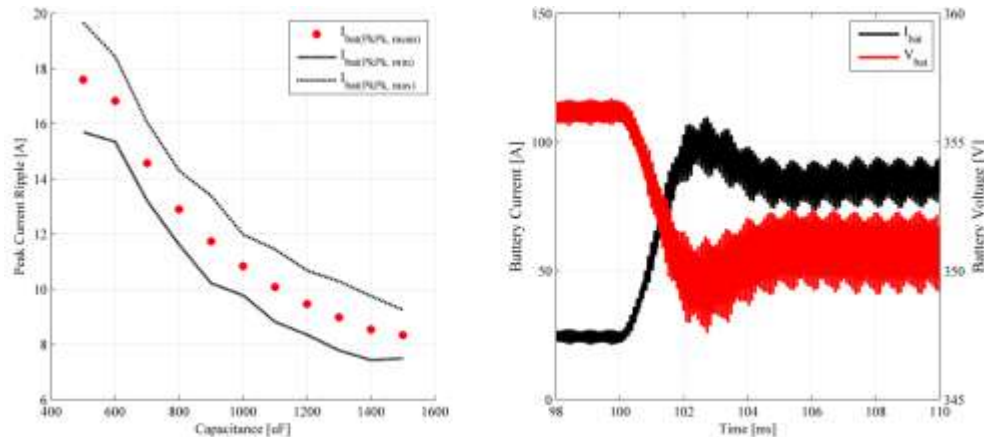


Figure 2: Vänster: Topp till topp strömriplet som funktion av kapacitansen på DC-länken. Höger: Batteriström samt batterispänning då ett momentsteg appliceras på framdriftsmotorn.

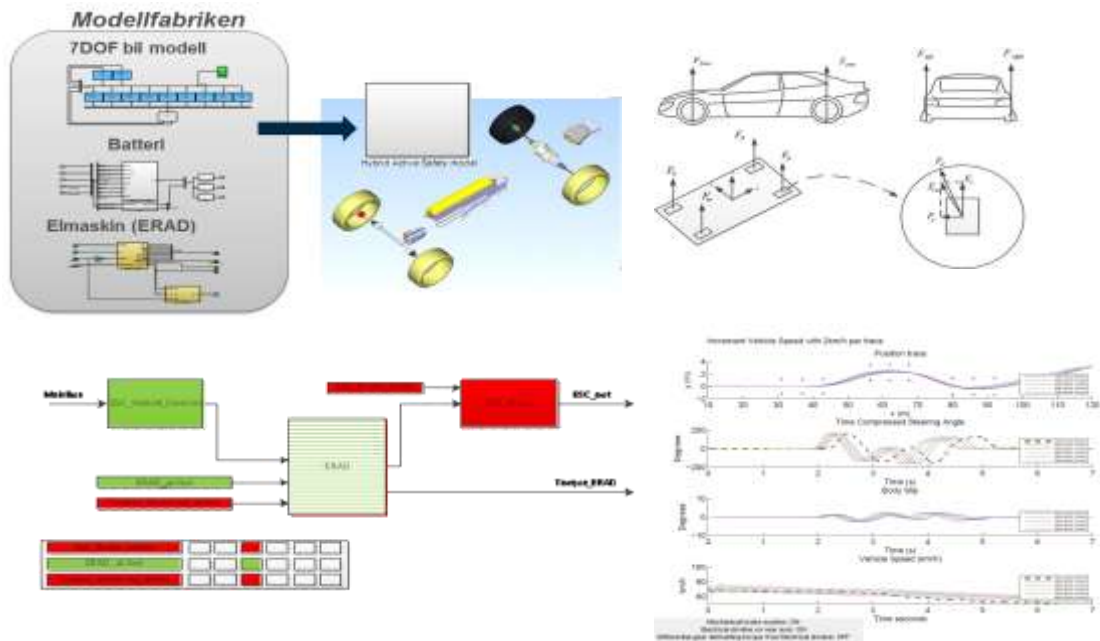
Förslag på Framtida Arbete

- Utred hur olika motortyper påverkar miljön på DC-ledet, t.ex. med en switchad reluktansmaskin eller olika typer av permanentmaskiner.
- Utred batteriets impedans ytterligare. Genom att utföra ett mer detaljerat frekvenssvep, lämpligen på flertalet celler eller på ett komplett batteripack, kan batteriets karakteristik modelleras för både högre och lägre frekvenser.
- Ny utvärdering av spänningarna i systemet. Genom att mäta spänningen både på batteriet samt på omriktaren kan effekten av kablagen utredas bättre.
- Bygga ett mätsystem med batteri, kablage omriktare och elmåskan. Med ett eget mätsystem kan systemparametrarna varieras (t.ex. kabellängd och kondensator).
- Undersök förlusterna i systemet. Hur påverkar ström- och spänningsriplet systemets verkningsgrad? Kan verkningsgraden optimeras med olika systemparametrar (t.ex. kabellängd, kondensatorstorlek eller switchmönster)?
- Utöka detaljnivån i simuleringen för att fånga mer högfrekventa oscillationer. Genom att implementera en co-simulering mellan den elektriska kretsen och ett FEM-program kan fler parasitelement tas med i modellen.
- Utföra större systemsimuleringar. Hur påverkas prestandan om flera omriktare är kopplade till samma DC-buss? Kan skadliga resonanser uppstå om systemparametrarna väljs på felaktigt sätt?

19. WP3 Aktiv säkerhet i hybridfordon och millisekunddomänen

Arbetet ämnar undersöka förmågan att simulera funktioner kopplade till konceptet 'Grön, säker och uppkopplad' i ett komplettbilsammanhang samt visa att det är möjligt att göra relevanta utvärderingar av dessa funktioner i en simulerad miljö.

För att visa att det möjligt att analysera och utvärdera de simuleringsmodeller av elektriska drivsystem i ett komplettbilsscenario har en problemställning formulerats, där man tänker sig att en kund av ett hybridfordon antingen köper produkten med avsikten att den elektriska drivlinan ska komplettera ett mindre förbränningsmotoralternativ med avseende på motor effekt, eller med avseende på bränsleekonomi. Oavsett andledningen till valet av ett elhybridfordon så kan det finnas mervynna för kunden inom andra områden, denna **mervynna kommer konceptuellt utvärderas med aktivsäkerhetsprestanda som främsta aspekt**. Målet är med en generisk simuleringsmiljö som plattform att utvärdera aktiva säkerhetsfunktioner i en komplettfordonsmodell tillsammans med andra funktioner tillhörande och hybridbilarkitekturen såsom batterier, elektriska drivsystem och strömomriktare samt kommunikationsfunktioner under viktiga driftsfall. I figur 1 visas en översiktsbild över komplexiteten i modellen, från att beskriva en fysikalisk verklighet med hjälp av matematik till att implementerar det i en modell/simulering samt utvärdering av resultat. Denna bild sammanfattar omfattningen för arbetspaket 3.



Figur 1. Principiell omfattning av arbetspaket 3.

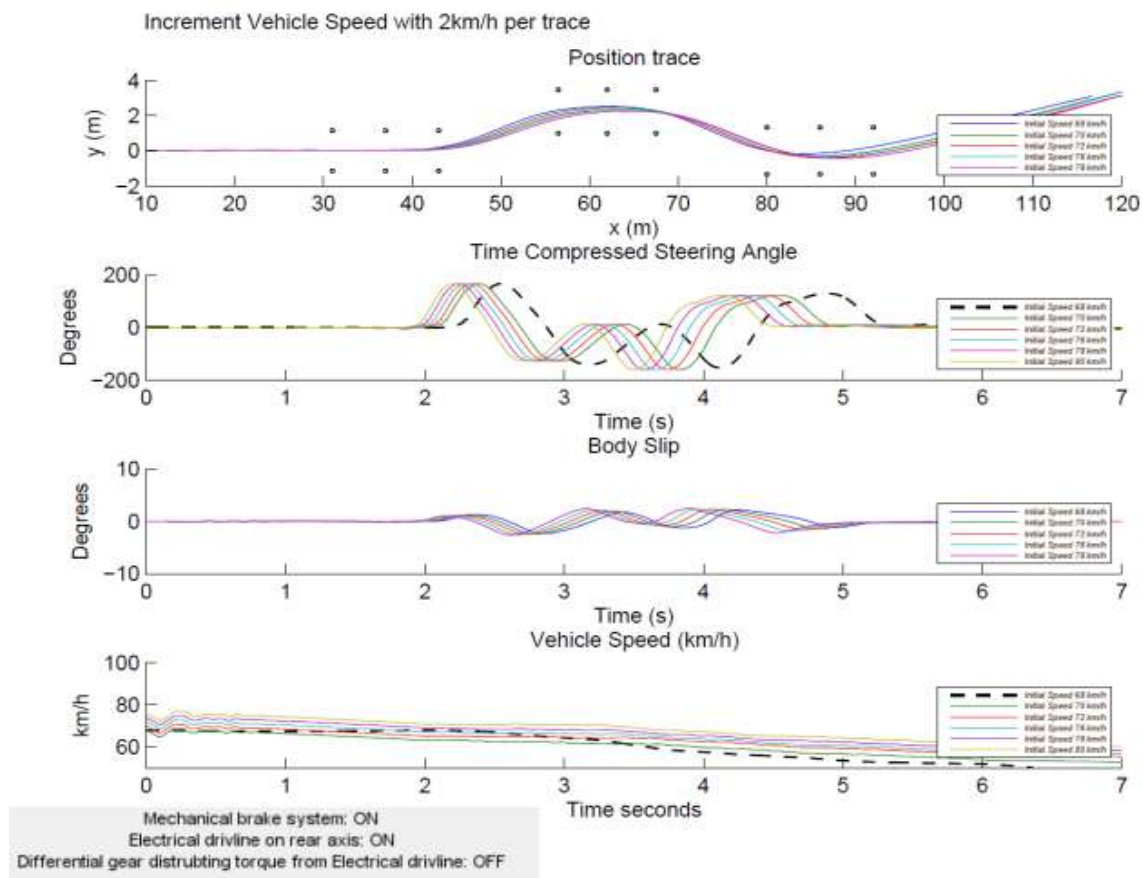
20. Simuleringsmiljö och fordonmodell

I projektet finns ett annat arbete med ambitionen att skapa en plattform för en generisk simuleringsmiljö kallad modellfabriken där kunskap och kompetens som bygger på en korsning mellan fordons elektronik och elkraftsteknik. Avsikten är att visa att denna plattform kan ta ett steg längre och visa ett hållbart koncept för virtuell utvärdering och verifiering.

I arbetspaket 3 har en konceptuell modell för en hybrid arkitektur för ESC (elektronisk stabilitetskontroll) tagits fram. Den första delen i arbetet beskriver de grundläggande matematiska principerna för att använda ESC algoritmer. Den matematiska modellen har sedan implementerats i en större fordonmodell och i kombination med konventionella modeller för aktiva stabilitetsfunktioner har projektet visat nya sätt för att utveckla ESC funktionalitet.

21. Konceptuell utvärdering av aktivsäkerhetsprestanda

Som en del i arbetet med att utvärdera den hybrida ESC arkitekturen har en validering mot verkliga data utförts i projektet. I Figur 2 visas ett exempel på simulering med hybrid ESC och utan ESC. Med den hybrida ESC påslagen kan en prestandaökning med 5.7 % uppnås.



Figur 2. Modellsimulering med hybrid ESC och utan ESC.

22. Slutsats

Genom att införa mer avancerade modeller tidigt i utvecklingsprocessen i kombination med kompletta fordon arkitektoniska simuleringar kan utvecklingstiden minskas och användningen av prototyper kan begränsas eller undvikas.

xEVCO projektet har i sitt resultat med framgång visat att en kombination av validerade modeller och arkitektoniska simuleringar kan användas i stor utsträckning för att bevisa att en design kan implementeras i verkliga fordon.

23. Framtida arbete:

- Utveckla nya modeller som till fullo kan simulera en fysisk komponent för att minska behovet av hårdvara provning eller prototyper.
- Öka den allmänna kunskapen om hur komplexa arkitekturer tillfullo kan simuleras för att minska utvecklingstiden.

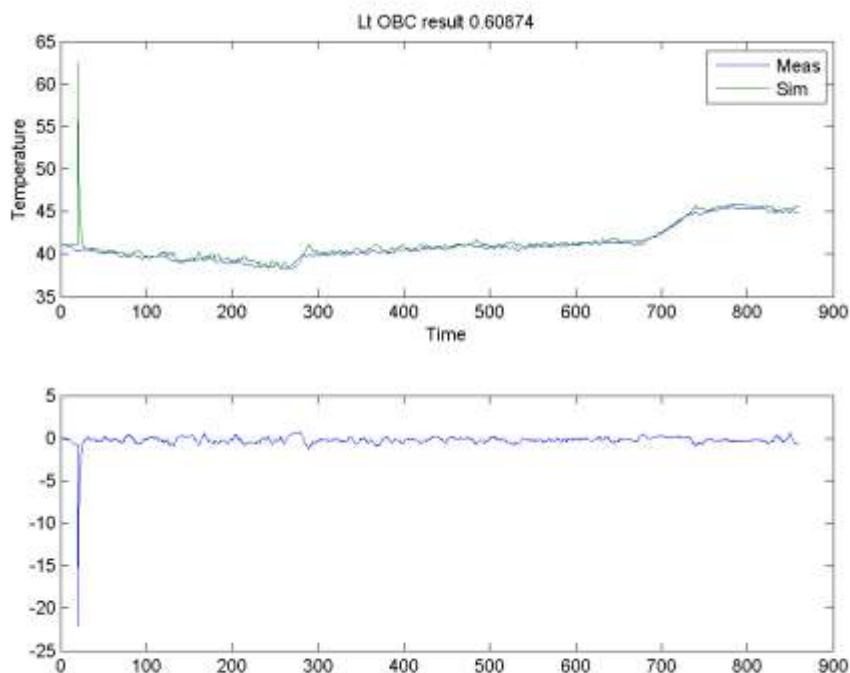
xEVCO projektet har infört konceptet modellfabrik, målet är att fokusera på utvecklingen av avancerade modeller för olika simulerings domäner. Genom att i framtiden effektivera användningen och öka omfattningen av avancerade modellerna kan de utvidgas till att beakta andra aspekter, t.ex. termodynamik och packning så möjlighet ges att helt simulera kompletta komponenter som den skulle användas i ett verkligt fordon samt att industrialisera resultaten skulle minska behovet av prototypstestning samt korta ned ledtiden för produktutveckling.

24. WP4 Körcykelbaserade modeller, sekunddomänen

Följande kapitel syftar till att sammanfatta det arbete som utförts på Volvo personvagnar under xEVCO-projektet inom arbetspaket 4. Fokus har legat på att fördjupa några av modellerna från arbetspaket 1.

25. Termomodeller

I ett elektrifierat fordon finns flera exempel på komponenter som behöver kylas då de både utvecklar värme och är känsliga för överhettning, exempel på komponenter är batterier, elmaskiner och omriktare. Att förstå komponenternas termiska beteende och hur ett effektivt kylsystem bör vara utformat är av stor vikt för energi- och kostnadseffektivt fordon. Komponenterna sitter i vårt fall på en gemensam kylslinga vilket leder till att alla komponenterna kommer att värma upp kylvattnet för den som kommer näst i kedjan.



Figur 3, exempel på resultat av estimering av kylvätsketemperatur efter laddaren, med ett medelfel på ungefär 0.6 grader Celsius

Figur 3 visar att modellen ger en god överensstämmelse mellan mätning och simulering för kylvätsketempen efter laddaren. Här finns dock mer att göra inte minst när det gäller mätningar för att förstå systemet bättre.

26. Parameterestimering

I vissa fall kan modeller parametersättas från mätdata. Inom projektet har en utvärdering av olika batterimodeller och en slutsats är att en enkel dynamisk modell med en tidskonstant är en robust lösning som ger goda resultat för de flesta fall.

27. Slutsatser

Termisk modellering är ett viktigt område och vi har gjort framsteg, speciellt när det gäller enklare modeller som kan användas på systemnivå. Parameterestimering har utförts på batterimodeller och en enkel dynamisk med en tidskonstant är en robust lösning.

28. Framtida arbete

Det finns flera områden som skulle kunna bli föremål för ytterligare studier;

- Fortsatt arbete med parameterestimering
 - Vilken typ av mätningar behövs
 - Fler komponenter än batteri
- Arbetet med termiska simuleringar har bara täckt en liten del av alla intressanta fall
 - Fler mätningar behöver göras för att lära känna systemet och för att validera modeller
 - Mätningar på batteritemperaturen när bilen står i sol i olika yttre temperaturer
 - CFD (Computational fluid dynamics)-beräkningar, för att validera beräkningen av värmeövergångstal ytterligare

29. WP5 Feltoleranta elektriska drivsystem, Doktorandprojektet

Doktoranddelen av projektet bedrivs till största delen på Chalmers Tekniska Högskola. Det övergripande målet för doktorandprojektet är att uppnå ökad kunskap inom elektriska drivsystem för elhybridfordon då olika fel inträffar, samt transient modellering.

Fyra kortare tekniska rapporter har levererats från doktoranddelen till xEVCO-projektet. Ett examensarbete för modellering av radialflödesmaskiner genomfördes under projektets gång i samarbete med Volvo Cars. Vidare så har hårdvara och en elmaskinsprototyp utvecklats för verifiering av termisk modellering senare i doktoranddelen.

Doktorandprojektet kommer att fortsätta med en djupare analys av elektriska maskiner och drivsystem även efter att xEVCO-projektet avslutats. Licentiat examen är planerad till våren 2014 och doktorsexamen till augusti 2016.

30. Fel i elektriska drivsystem

Flera olika fel som kan uppkomma i elektriska drivsystem tas upp i litteraturen, de är ofta uppdelade med avseende på vilken komponent som felet uppkommit i, några av dessa är listade i Tabell 1.

Tabell 1: Machine and converter related faults that are mentioned in the literature.

Machine related faults	Converter related faults
<ul style="list-style-type: none">• Windings<ul style="list-style-type: none">– Open circuit– Short circuit (complete)– Short circuit (turn-turn)– Short circuit (phase-phase)– Short circuit (phase-frame)• Mechanical	<ul style="list-style-type: none">• Power device<ul style="list-style-type: none">– Open circuit– Short circuit• DC-link capacitor

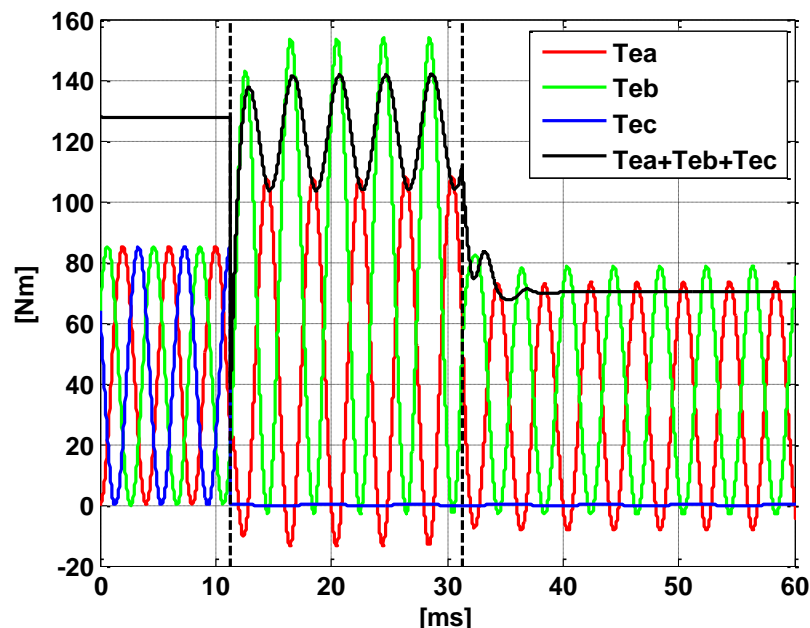
Studien inom doktorandprojektet har först och främst fokuserats på de elektriska felen, både i elmaskin och omriktare, där det är troligt att det finns möjlighet till fortsatt drift även efter att ett fel har uppstått. Prestandan efter att ett fel i form av ett avbrott i en fas har uppstått har undersökts för en mer robust elmaskin.

31. Elmaskindesign

I litteraturen presenteras ett antal olika designmetoder eller strategier för att göra elmaskiner mer robusta. Ett exempel är att öka isolationen (elektrisk, magnetisk och termisk) mellan de olika delarna i elmaskinen, detta för att förhindra att ett fel som uppstått i en del propagerar vidare till flera delar av maskinen. Ett annat exempel är att begränsa kortslutningsströmmen i en fas till samma nivå som märkströmmen genom design. Redundans används ofta för att säkerställa att maskinen kan leverera ett visst moment eller en viss effekt även efter att ett fel uppstått. Syftet med elmaskindesignen inom doktorandprojektet är att undersöka/kvantifiera hur de olika designmetoderna påverkar drivsystemets prestanda.

32. Drift under avbrott i en fas

I den tekniska delen av projektredovisningen presenteras hur en elmaskin skulle kunna fortsätta att köras även efter att det har blivit avbrott i en fas. Det moment som produceras i respektive fas tillsammans med det resulterande momentet från alla faser visas i Figur 4 nedan. Figuren är uppdelad i tre olika tidsintervall, där det första intervallet representerar normal drift innan avbrottet uppstått. I det sista intervallet har avbrottet uppstått och styrningen korrigerar för att ett jämnt resulterande moment skall kunna produceras med hjälp av de två faser som är kvar. Man kan se att just den här maskinen, tillsammans med den strategi och de begränsningar som presenteras i rapporten, kan fortsätta att producera ett medelmoment som utgör cirka 57% av det moment som levererades innan felet uppstod.



Figur 4 : Torque production before and during a phase open circuit fault.

33. Slutsatser och framtida arbete/fortsättning av doktorandprojektet

Inga slutgiltiga slutsatser presenteras ännu från doktorandprojektet då projektet ännu bara hunnit halvvägs. Som nämnts tidigare så kommer det att fortsätta med en djupare analys av elektriska maskiner och drivsystem även efter att xEVCO-projektet avslutats. Licentiatexamen är planerad till våren 2014 och doktorexamen till augusti 2016.

Ämnet i sig har varit och är fortfarande mycket intressant. En studie av de termiska aspekterna, både för normal drift och drift under felfall, har pekats ut (och även påbörjats) som en intressant fortsättning. En annan intressant del är att förbättra styrningen av den obalanserade maskinen under felfall. Det är också mycket viktigt att inkludera och att utvärdera förmågan hos de övriga komponenterna i drivsystemet, till exempel omriktaren och komponenterna på DC-sidan.

34. Bidrag till FFI-mål

xEVCO projektet kan sägas stödja nedanstående generella mål angivna av FFI och Vinnova.

- industrins möjlighet att på ett konkurrenskraftigt sätt bedriva kunskapsbaserad produktion i Sverige.
- medverkar till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige
- leda till industriell teknik- och kompetensutveckling
- bidra till tryggad sysselsättning, tillväxt och stärkt FoU-verksamhet
- stödja forsknings- och innovationsmiljöer
- verka för att ny kunskap tas fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar
- stärka samverkan mellan fordonsindustrin och myndigheter, universitet, högskolor och forskningsinstitut
- verka för att den nationella kompetensförsörjningen tryggas samt att FoU med internationell konkurrenskraft etableras

35. Spridning och publicering

Projektets resultat har spridits genom att fyra seminarier har arrangerats. Dessa har varit uppskattade av de ca 35 personer per gång som besökt och deltagit i dem.

Vidare har ett informellt nätverk av forskare och andra med intresse för simulering av elektrifierade fordon det sk Maxwell sällskapet bildats. De har haft flera möten där frågor inom projektets område har diskuterats.

Vid några ytterligare tillfällen har presentationer av resultat presenterats varav t.ex. kan nämnas Volvo Cars interna årliga teknikutställning.

36. Publikationer

Listas under respektive arbetspaket.

37. Slutsatser och fortsatt forskning

Listas under respektive arbetspaket.

38. Deltagande parter och kontaktpersoner



Martin Skoglund tel +46 705 14 59 49
Jan Jacobsson tel +46 10 516 56 97

CHALMERS

Sonja Lundmark tel +46 708 75 86 81
Ola Carlsson tel +46 31 7721637



Malcolm Resare tel +46 723 716271
Urban Kristiansson tel +46 70 821 91 46