

ELEKTRONIK TIDNINGEN



Thorsten Gerke
Senior teknisk marknadschef
Synopsys
thorsten.gerke@synopsys.com

Tidig validering av elsystem och effekthantering i fordon

Det virtuella fordonet – Del 2 av 4
I Synopsys utvecklingsmiljö Saber
kan du verifiera via simulering
att elsystemet klarar kraven
innan det ens finns en prototyp av fordonet.

Redaktör
Jan Tångring
jan@etn.se
0734-17 13 09

EMBEDDED
EXPERT

12 april 2010 © Synopsys och Elektroniktidningen Sverige AB

Kostnadsfria rapporter om inbyggda system – etn.se/expert



Batteritorsk på virtuella bilresan

Saber kan validera elsystemet innan det finns en bil



Av Thorsten Gerke, Synopsys

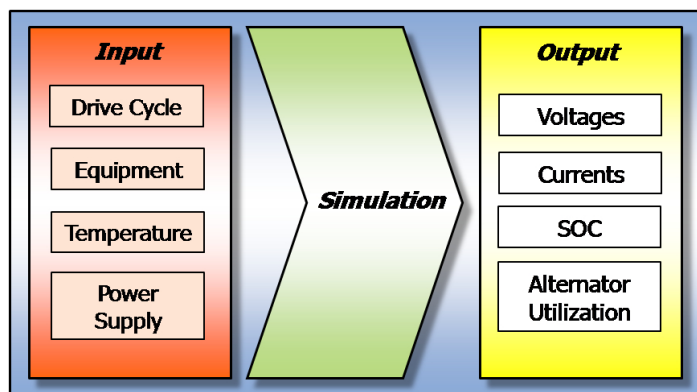
Thorsten Gerke är global senior teknisk marknadschef för Synopsys verktygssvit Saber. Denna artikel är andra avsnittet i en serie för vilken Thorsten Gerke fått utmärkelsen Bästa Författare av det tyska magasinet Elektronik Automotive. Thorsten Gerke läste till maskinteknikingenjör på universitetet i Duisburg.

Fordon innehåller allt fler komfort- och säkerhetsfunktioner. Detta ökar kraven på tillförlitlighet i elsystemet. Antalet elektriska komponenter ökar, och därmed också effektkraven — och förväntningarna om att denna effekt dessutom ständigt ska finnas tillgänglig. Lösningen som fordonstillverkarna nu vänder sig till är simuleringsbaserade utvecklingsmetoder, som bland annat ger möjlighet till kvalitetsvalidering innan det ens finns ett testfordon.

I konstruktionen av en modern bil måste du kunna balansera motstridiga krav på effektanvändning, och reglera den totala energiförbrukningen. När man till exempel stängt av förbränningsmotorn måste det finnas kvar en tillräcklig mängd energi i fordonets batteri så att startmotorn kan starta om bilmotorn.

Även när motorn inte är igång förbrukas en viss mängd elektricitet — det måste finnas tillräckligt med effekt för detta viloläge, liksom för aktiv drift av matningsnätet. Effektkällan måste också struktureras så att man undviker kritiska spänningsbortfall, och kompenserar för spänningsfall så snabbt som möjligt i aktivt läge.

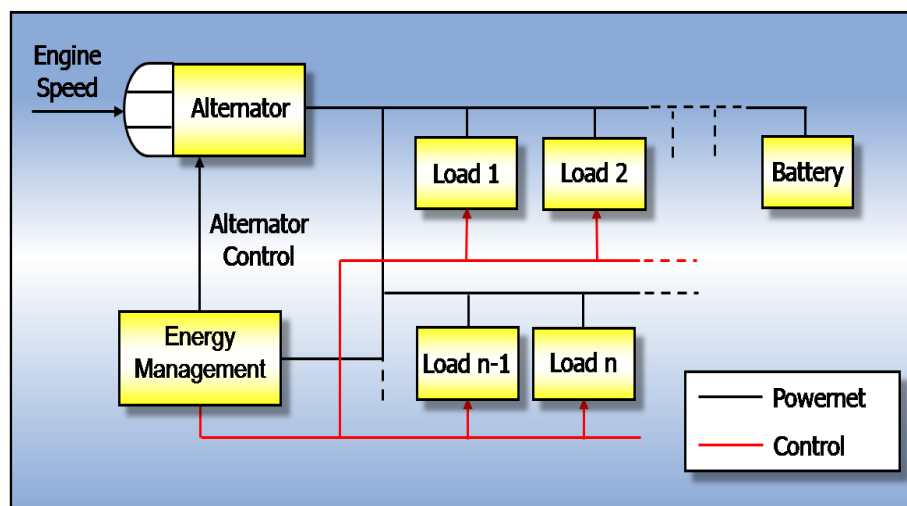
Moderna matningsnät drar nytta av effekthanteringssystem (power mana-



Figur 1. Simulering av effektmatningsnät.

gement systems) som styr matningen och ansvarar för hur elenergin fördelas. Syftet med detta är att se till att effektfaskhalsar hanteras på ett lämpligt sätt. Här ingår också övervakning av bilens batteri. Genom att simulera olika strategier för effekthantering får man fram de bästa möjliga utvecklingsverktygen för validering av matningsnät. **Figur 1** visar en typisk simulering av ett matningsnät i ett fordon. I simuleringen kan du göra virtuella testkörningar, "körkylor", liksom noggrant förutsäga matningsnätets beteende. Simuleringen tar hänsyn till följande indata:

- Körkykel, till exempel USo6, NEFZ, et cetera
- Omgivningstemperatur, till exempel påverkan på generatoren
- Fordonsfunktioner, till exempel förbrukare
- Energilagring och omformare, till exempel batteri och DC-DC-omvandlare



Figur 2. Elektrisk systemarkitektur för simulering av energibudget.

Med hjälp av dessa indata ger simuleringen information om egenskaperna hos alla spänningar och strömmar i det utvärderade matningsnätet. Exempelvis finns kunskap om hur batteriets laddnings-tillstånd (SOC) uppför sig tillgänglig direkt efter att simuleringen avslutats. Genom denna information går det att se om det finns tillräckligt mycket energi kvar i fordonets batteri för att förbränningsmotorn skall kunna startas igen.

Information om hur generatoren använts finns också tillgänglig som en del av simuleringens resultat. Härigenom kan man omedelbart avgöra om generatorns storlek är tillräcklig, eller om effekthanteringen måste använda extra strategier som att öka tomgångshastigheten. Genom att studera denna algoritm kan man på ett mycket tydligt och rättframt sätt utvärdera vilken kvalitet och inverkan effekthanteringen har.

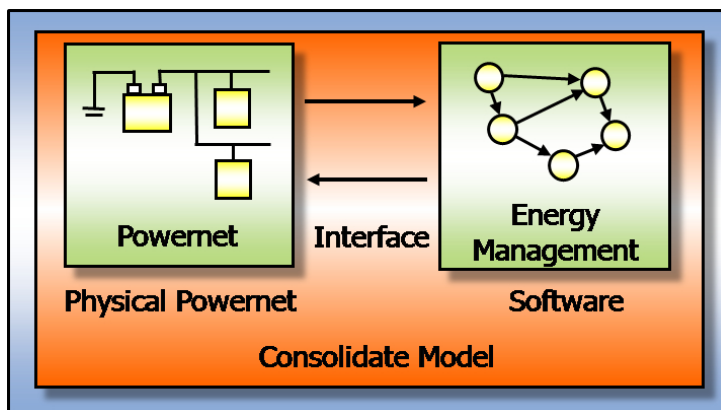
Totalmodellen och dess arkitektur

När det gäller att bygga upp en simuleringsmodell uppstår den logiska frågan hur modellen för ett matningsnät skall utformas. Konceptuellt består matningsnätet av följande komponenter (se **figur 2**):

- Generator
- Batteri
- Förbrukare
- Effekthantering

Det kompletta systemet delas upp i två delar — mjukvarualgoritmer och fysiska komponenter — som valideras tillsammans under simulering av hela matningsnätet. Två signalvägar måste urskiljas: dels matningsledningen som förser förbrukarna med elektrisk effekt, och dels effekthanterings styrning av förbrukarna. Detaljer om nätverket, till exempel om CAN-nätet, kan ignoreras vid dessa undersökningar. Därför representeras i **figur 2** styrningen av laster av direkt anslutna styrsignaler från effekthanteringen. Detta är tillräckligt för en tidig verifiering av effekthanteringsalgoritmen. Förr i tiden måste dessa test genomföras under konventionella körcykler med verkliga fordon, vilket var mycket arbets- och kostnadsintensivt.

Med den nya simuleringsbaserade ansatsen kan istället en virtuell prototyp av matningsnätet användas för utvärderingen. Denna ansats kräver modeller för såväl de fysiska komponenterna som för den mjukvara som används för effekthanteringen. Båda dessa sammanförs till en totalmodell (**figur 3**). Ett exempel på denna allomfattande simuleringsansats är Synopsys utvecklingsmiljö Saber.



Figur 3. Virtuell prototyp för matningsnät och energihantering i fordon.

Det fysiska matningsnätet modelleras fullständigt inom Saber. Simulatorens omfattar fordonsbatteri, generator, förbrukare, körcykel, med mera. Mjukvaran för energihantering sammanförs med det befintliga fysiska matningsnätet som en tillkommande modul. Programkoden, som vanligen representeras i form av en tillståndsmaskin, kan antingen vara handskrivna eller modellbaserad i till exempel Matlab/Simulink.

Modellering av det fysiska matningsnätet

Den fysiska modellen av matningsnätet innehåller modeller av batteri, generator, förbrukare och andra komponenter. De individuella modellerna kräver olika detaljnoggrannhet. Oftast är modellering och karakterisering av batteriet konstruktörens största utmaning. Därför tillhandahåller Saber ett verktyg som automatiskt genererar modeller av till exempel blybatterier [1].

Mätresultat kan användas för att automatiskt parametrera en modell. Dessutom innehåller modellbiblioteket förparametrerade modeller från olika batteritillverkare. Även kundspecifika

modeller kan utvecklas vid behov.

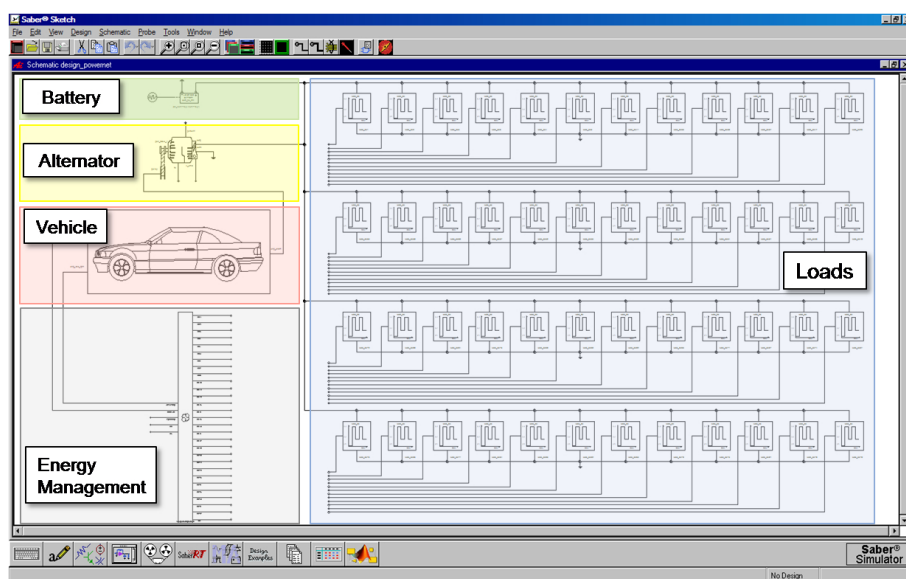
För generatoren används karaktäristikbaserade eller fysiska modeller. De senare möjliggör högre noggrannhet, men de kräver mer omfattande information från generatortillverkaren. För förbrukarna väljs en statisk ansats, vilket gör att de kan modelleras som tabellbaserade effektförbrukare eller

resistiva laster. Denna ansats är tillräcklig för undersökningar som fokuseras på matningsnätet. Via ett externt styrcifstift går det att aktivera förbrukarna. **Figur 5** visar ett exempel på en last med tre nivåer. Härigenom får effekthanteringen möjlighet till dimensionering av förbrukarna med hänsyn till det aktuella tillståndet hos matningsnätet.

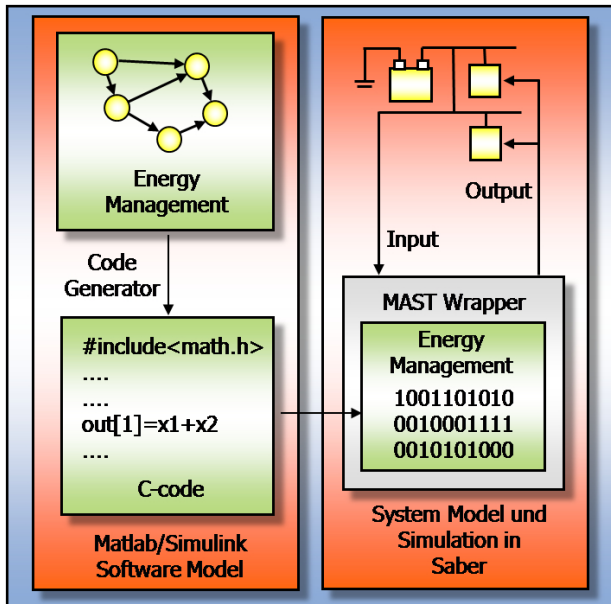
Modellering och konsolidering av effekthanteringen med fysisk modell

Effekthanteringen måste garantera att en tillförlitlig effektleverans till matningsnätet i fordonet ständigt finns tillgänglig. Därför måste den övervaka matningsspänningen, generatorns användning och förbrukarnas status. Beroende på matningsnätets aktuella status ingriper effekthanteringen till exempel genom att ändra tomgångsvarvet eller skala förbrukningen hos exempelvis värme och luftkonditionering.

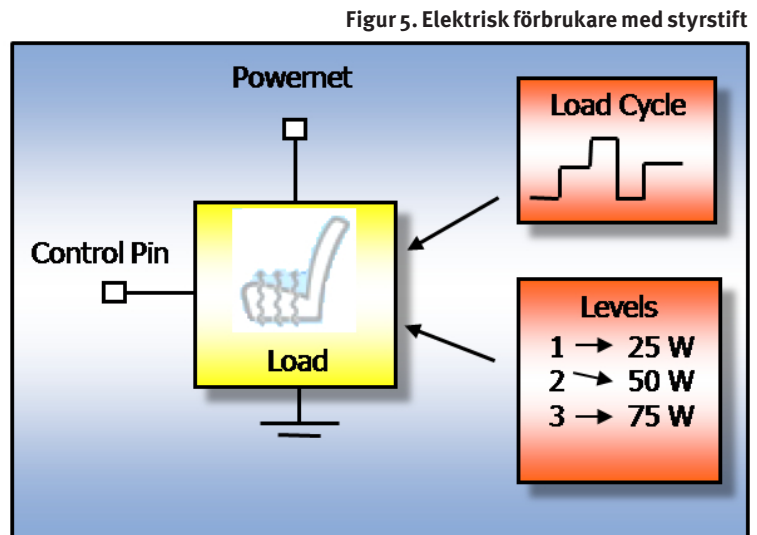
Algoritmen för effekthanteringen konstrueras som en tillståndsmaskin med hjälp av ett mjukvaruverktyg. Den kombinerade verifieringen av effekthanteringsalgoritmen och det fysiska



Figur 4. Saber-modell av matningsnät i fordon.



Figur 6. Integration av effekthanteringsmodell vid systemsimulering.



Figur 5. Elektrisk förbrukare med styrstift

matningsnätet kräver att den fysiska modellen och mjukvarumodellen kombineras. Därför ger Sabers utvecklingsmiljö tillgång till ett flexibelt gränssnitt som gör det möjligt att ansluta de nödvändiga mjukvarumodellerna.

En vanlig metod är att ansluta mjukvarumodeller via ett gränssnitt för programspråket C. Med denna ansats översätts effekthanteringsmodellen till C-kod med hjälp av en kodgenerator, varefter den kompileras och länkas. Senare integreras den i den totala simuleringen via det ovan nämnda gränssnittet. Saber skapar en helt automatisk länk till Matlab/Simulink. Därför går det att transformera en Simulinkmodell till en Sabersimuleringsmodell med några knapptryckningar. Denna integrationsprocess visas i **figur 6**. Lösningen ger en jämn övergång mellan modellering av det

fysiska matningsnätet och mjukvaruutvecklingen för effekthanteringen. Som ett resultat bildar den startpunkten för simulering av hela systemet.

Simulering av hela systemet

Det sammansatta systemet ger möjlighet att utvärdera matningsnätets uppträdande med hjälp av en virtuell prototyp.

Figur 7 visar resultaten av en fordonssimulering för en körcykel kallad NEFZ (en europeisk standard). Matningsnätets spänning ligger för det mesta under målvärdet 14 V, och generatorns utnyttjandegrad är 100 procent under större delen av tidsperioden. Det går inte att ytterligare öka strömmen för att öka spänningen. SOC-signalen visar att under den första halvan av körcykeln måste extra ström tas från batteriet för att kundens krav på fordonet skall kunna uppfyllas.

Först därefter finns det tillräckligt med effekt tillgänglig för att återuppladda fordonets batteri.

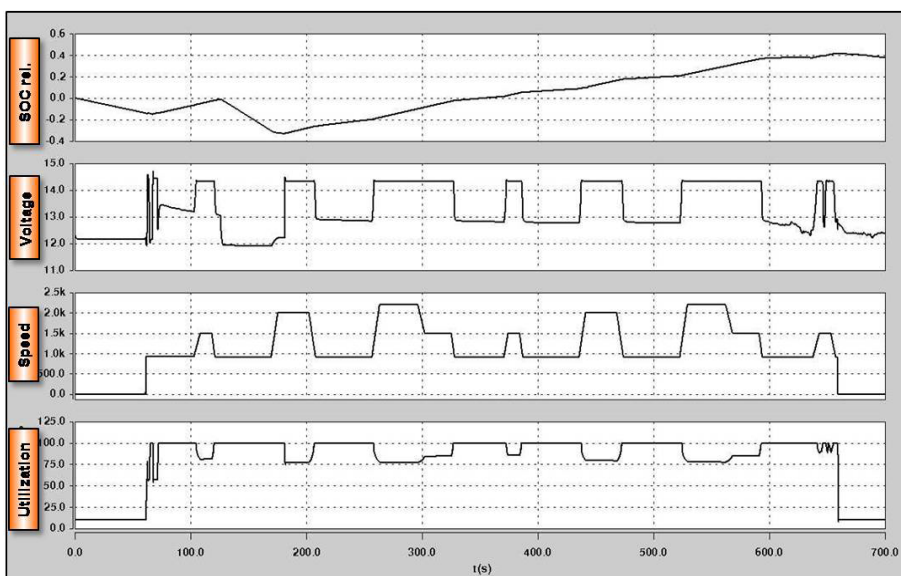
Med hjälp av denna översikt går det att omedelbart bestämma effekthanteringskvalitet. Dessutom indikerar den om en större generator, eller en mer effektiv sådan, borde användas. Denna simuleringsbaserade utvecklingsansats är fördelaktig eftersom den ger information om systemets kvalitet så tidigt som under konceptfasen, utan att det behöver finnas någon hårdvaruprototyp — det vill säga ett fysiskt testfordon — tillgängligt. Denna metodik ger oss möjlighet att hitta problem med effekthanteringen tidigt, utföra ändringar inom simuleringsmodellen och tidigt återverifiera den virtuella prototypen.

Ytterligare utredning

Den ansats som presenterats i denna artikel lämpar sig väl för att utforskas ytterligare. Det är till exempel möjligt att bestämma hur bränsleförbrukningen påverkas [2], för om effekthanteringen ökar tomgångsvarvet så ökar också förbrukningen. Faktum är att avancerade fordonskoncept, som start-stop, integrerade startmotorer/generatorer och komplexa hybridarkitekturer, redan har utvecklats med hjälp av den modellbaserade ansats som presenterats här.

Litteratur

- [1] Model based Design of Robust Power Networks, T. Gerke, A. Bolous, SAE Congress 2008 Detroit
- [2] 14V Vehicle Powernet Simulation with Focus on Fuel Consumption, C. Lenz, Synopsys User Group Meeting 2008



Figur 7. Simuleringsresultat.