

Hoch- dynamisch testen

Echtzeitmodellierung einer
permanenterregten elektrischen
Maschine für die funktionale Absicherung
von Steuergeräte-Anwendungen



Im Rahmen eines Hybridfahrzeugprojekts entwickelte das Labor für Funktionale Absicherung von VALEO in Créteil, Frankreich, einen Prüfstand für die Emulierung einer permanenterregten elektrischen Maschine. Aufgrund des hochdynamischen Systems und der Anforderung, mit weiterentwickelten elektrischen Modellen zu arbeiten, wurde eine neue Modellierungstechnologie basierend auf FPGA eingesetzt.

Hybridtechnologie bei VALEO

VALEO Power Electrical System ist ein Bereich des Geschäftsfeldes PowerTrain Systems von VALEO und sehr erfolgreich in der Bereitstellung innovativer Hybridtechnologien, die bereits von OEMs eingesetzt werden. Wesentliche Herausforderungen für VALEO bei der Entwicklung von Hybrid- und Mild-Hybrid-Produkten sind der Entwurf, die Entwicklung und die Validierung von Regelsoftware für elektrische Maschinen.

Entwurf und Evaluierung der Reglersoftware

Die Reglersoftware wird auf Steuergeräten implementiert, die nach der Programmierphase getestet werden müssen. Der Test der Regelstrategien und ihrer Software erfolgt in mehreren Schritten. Je nach Phase im Entwicklungsprozess werden die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Tests des Steuergeräts entweder mit einem Modell der permanenterregten elektrischen Maschine (PMEM) durchgeführt oder direkt mit der realen PMEM. Der Vorteil der Simulation besteht darin, Regelalgorithmen in jedwedem Status oder in beliebigen Szenarien zu evaluieren.

Das schließt auch Szenarien ein, die in der realen Welt schwer nachzustellen sind (z.B. Zerstörungstests, Tests außerhalb des Arbeitsbereichs,

Robustheitsanalysen etc.). Ganz zu schweigen von den Kosten, die gegenüber Tests in der realen Welt eingespart werden.

Funktionale Absicherung von Hybridantrieben

VALEO Power Electrical System und speziell das Labor für Funktionale Absicherung setzen seit vielen Jahren HIL-Prüfstände für die Evaluierung und Absicherung der Produkte ein, die mit Seriercode von Steuergeräten zu tun haben. Je mehr sich der Trend in Richtung Hybridtechnologie in Fahrzeugen verstärkt, desto mehr Projekte werden ins Leben gerufen. Die neuen Projekte beinhalten Maschinen mit immer mehr Leistung und erfordern sogar noch mehr komplexe Regelalgorithmen und -strategien, die entwickelt und validiert werden müssen. Um die Marktanforderungen zu erfüllen, nimmt nicht nur die Komplexität der Systeme immer weiter zu. Auch die Termine für den Produktionsstart werden unflexibler oder sogar vorgezogen und machen so ständige Verbesserungen an den Entwicklungsprozessen notwendig. Die Herausforderung des Labors für Funktionale Absicherung ist, dem F&E-Team ungeachtet der Komplexität neuer Technologien eine Lösung für die Absicherung und die Evaluierung an die Hand zu geben.



Abbildung 1: Einer der Elektromotoren, die mit der XSG Electric Component Library simuliert wurden.

Entwicklungsprojekt „Mild-Hybrid“

Für ein neues Projekt im Bereich „Mild-Hybrid“ müssen die Regelstrategien einer permanenten elektrischen Maschine entwickelt und validiert werden. In diesem Projekt hatte VALEO die Aufgabe, den Seriencode für das Steuergerät bereitzustellen, der sowohl die elektrische Maschine, den Inverter als

„Die Offenheit und Flexibilität der dSPACE E-Drives-Lösungen waren für die rechtzeitige Fertigstellung unseres Mild-Hybrid-Projekts ideal.“

Stéphane Fourmi, VALEO Power Electrical System

auch den Resolver steuert. Neben der erforderlichen Leistung, der neuartigen Maschine und den Änderungen an den eingesetzten Sensoren brachte dieses Projekt beträchtlichen Aufwand für die Modellierung mit sich. Um den Code auf dem Steuergerät testen zu können, setzt VALEO standardmäßig die HIL-Simulation ein.

FPGA für kurze Reaktionszeiten

In Anbetracht der hochdynamischen Regelstrecke war eine Änderung an der HIL-Echtzeittechnologie erforderlich. Eine Untersuchung der bereits vorhandenen Lösungen zeigte, dass der Einsatz eines FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) sehr kurze Reaktionszeiten versprach. Ebenso zeigte die Untersuchung, dass der wesentliche Fortschritt dadurch möglich wurde, dass sich die Geräte

für die Modellierung und die Simulation einfach programmieren ließen. Dabei wurden die Lösungen für schnelles und einfaches Programmieren als Schlüsselfaktor betrachtet. Anschließend verglichen wir die Angebote. Unseren Kriterien lagen sowohl die technische Leistungsfähigkeit sowie Kosten und Entwicklungszeit für den Prüfstand zugrunde.

HIL-System für elektrische Antriebe

Da VALEO schon seit vielen Jahren mit dSPACE Werkzeugen arbeitet und die Entwicklungszeit knapp bemessen war, stellte sich ein DS5203 FPGA Board von dSPACE als optimale Lösung heraus. Der HIL-Prüfstand enthielt ein DS1006 Processor Board, ein DS2211 HIL I/O Board sowie ein DS5203 FPGA Board, alle installiert

Abbildung 2: Konfiguration eines Hybrid-Demofahrzeugs von VALEO.



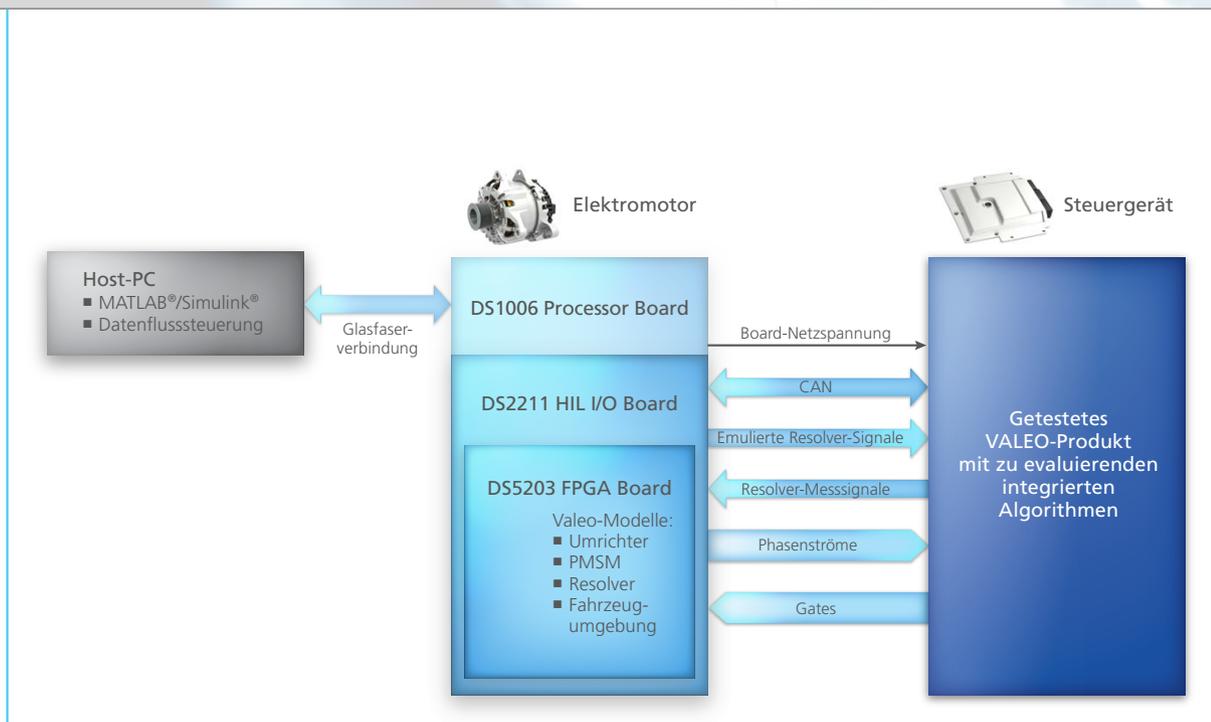


Abbildung 3: Aufbau und Signale des HIL-Systems für die Emulierung einer permanent-erregten elektrischen Maschine.

in einer PX10 Expansion Box. Eine externe Break-Out Box (BOB) wurde zum einen für die Anbindung des Steuergeräts eingesetzt und zum anderen, um dessen Seriensoftware zu testen.

Modell der elektrischen Maschine

Das Modell des elektrischen Systems wurde mit der XSG Electric Component Library aus der Produktfamilie der Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE entwickelt. Die Bibliothek basiert auf der XSG Programming Block Diagram Library von Xilinx® und ermöglicht die grafische Programmierung der Xilinx-FPGAs in Simulink®. Zuerst machte sich unser Team mit der XSG Electric Component Library und insbesondere mit dem Modell der permanent-erregten Synchronmaschine vertraut. Nach einer Schulung bei dSPACE in Paderborn, in der die ersten Schritte mit der neuen XSG Electric Component Library und den entsprechenden FPGA Boards vorgestellt wurden, entwickelte das Labor für Funktionale Absicherung ein Modell, das speziell an die VALEO-Anforderungen angepasst wurde. Die XSG Electric Components sind offen und stehen in Form eines XSG-Blocks in Simu-

link zur Verfügung. Daher war es einfach, sie an die spezifischen Anforderungen anzupassen oder neue spezifische Blöcke hinzuzufügen (z.B. Parameter, die sich in Bezug auf Temperatur und Strom ändern, Oberwellen oder Verschleiß).

Diese Flexibilität ermöglichte uns die Anpassung des Modells und des Prüfstands an die tatsächlichen Projektanforderungen. Die gleiche Flexibilität wird uns ermöglichen, neue Anforderungen im Bereich der Mechatronikvalidierung zu erfüllen, abhängig von neuen Hybrid-Projekten bei VALEO oder bei OEMs.

Einsatzszenarien für den E-Drives-Prüfstand

Bereits im seinem ersten Hybridprojekt hat sich der Prüfstand bewährt. Daher wurde er nach dem Projektende auch für ein Folgeprojekt eingeplant. Für das neue elektrische System trifft unsere Gruppe derzeit Vorbereitungen, um den Prüfstand zu überarbeiten und anzupassen. Wir werden von den bereits gesammelten Erfahrungen profitieren, wenn wir ein komplexeres Modell einer Synchronmaschine entwickeln, z.B. eine gemischt-erregte, doppelsterngekoppelte elektrische Maschine.

Dank der Modularität von MATLAB®/Simulink und den dSPACE Werkzeugen ist unser Team in der Lage, die Blöcke einfach zu testen und schnell Ergebnisse zu liefern. Genau darin liegt die Stärke solcher Produkte. ■

Stéphane Fourmi,
VALEO Power Electrical System

Stéphane Fourmi

Stéphane Fourmi ist Leiter des Labors für Funktionale Absicherung bei VALEO Power Electrical System, Créteil, Frankreich.

