

Dynamische Modelle für Deutz-Diesel-Power

- **Deutz-Freigabetests für Dieselmotor-Steuergeräte**
- **HIL-Testsystem basierend auf dSPACE Simulator und ASM Diesel Engine Simulation Package**
- **Schnelles Varianten-Handling mit dynamischen Modellen**

Die Deutz AG setzt für die Freigabetests ihrer Dieselmotor-Steuergeräte ein Testsystem basierend auf dSPACE Simulator ein. Dieser Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator arbeitet mit dem neuen ASM Diesel Engine Simulation Package. Das Ziel, eine optimale Rentabilität des HIL-Testsystems zu gewährleisten, wurde durch schnelles Steuergeräte-Varianten-Handling und Testautomatisierung realisiert. Durch den direkten Zugriff auf die Modellparameter zur Laufzeit ist eine effiziente Steuergeräteprüfung durch schnelle Umparametrierung des Modells möglich.

Die Deutz AG ist mit Motoren in den Segmenten stationäre und mobile Arbeitsmaschinen, Landtechnik, Stromerzeugung, Automotive und Marine vertreten. Dadurch ergibt sich eine breite Produktpalette von 4 – 15-Liter-Dieselmotoren mit 4 – 8 Zylindern und einer Leistungsbandbreite von 64 – 500 kW. Durch individuelle Anpassungen einiger

zenden werden bei Deutz heute Hardware-in-the-Loop (HIL)-Testsysteme eingesetzt.

Dieselmotormodell

Am Deutz-HIL können vier Steuergeräte verschiedener Zulieferer betrieben werden, darunter Steuerungen für die



▲ Der Deutz TCD2015 V8 4V wiegt ca. 1280 kg und hat ein maximales Drehmoment von 3050 Nm.

Motoren an Kundenwünsche ergibt sich daraus eine erhebliche Anzahl von Motorvarianten und Applikationsständen der Steuergeräte-Software. Üblicherweise wird die Software von dem Motorsteuergeräte-Hersteller entwickelt. Die Applikation sowie die Tests können im Regelfall an Versuchsständen sowie im Außenversuch erfolgen. Ergän-

„Das ASM-Dieselmotormodell bietet uns durch seine flexible schnelle Konfiguration die Möglichkeit, alle unsere Motorvarianten mit einem einzigen Modell abzudecken und sehr schnell zwischen den Varianten zu wechseln.“
Mark Zimmermann

Einspritzsysteme Regelstange, Common-Rail und Pumpe-Leitung-Düse. Hierzu hat dSPACE ein Motormodell entwickelt, in dem die drei verschiedenen Einspritzsysteme problemlos umgeschaltet, parametrierbar und simuliert werden können.

Das dSPACE ASM Diesel Engine Simulation Package beinhaltet nicht nur das Motormodell, sondern auch ein Getriebe- und ein einfaches Fahrtdynamikmodell. Alle Modellteile sind offen und können schnell und problemlos auf die Deutz-spezifischen Motorvarianten erweitert werden. Beispielsweise wurden das Lüftermodell Viscotronic mit unterschiedlichen Hysteresekurven, eine Raildrucklecke mit einem mechanischen „Pressure Relief Valve“ sowie unterschiedliche Turbolader in das Modell integriert. Zusätzlich ist in dem modellierten Antriebsstrang eine Prüfstands-umgebung implementiert worden, um Schleppbetrieb und Lastsprünge wie an den realen Prüfständen zu

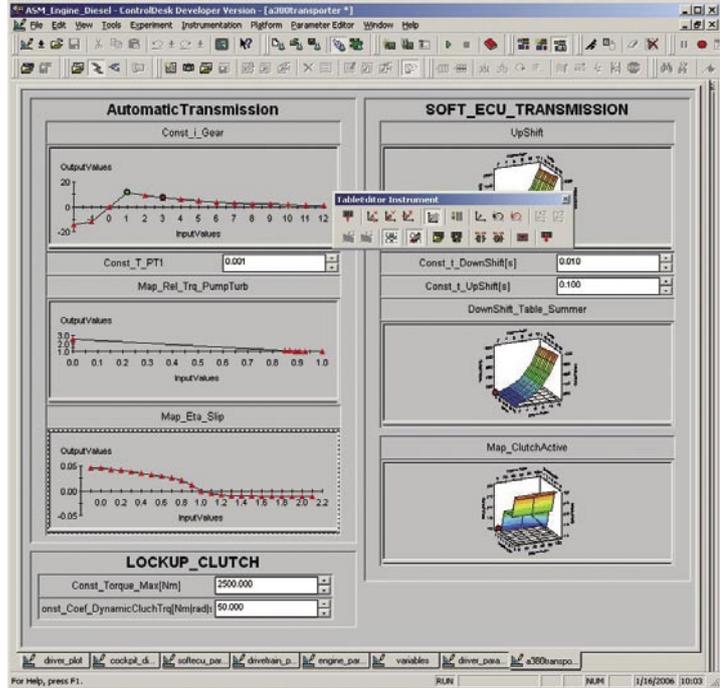
simulieren. Somit sind Vergleichsmessungen zwischen Prüfstandsmotoren und HIL-Simulationen möglich.

Vorparametrierung der Steuergeräte-Software

Eine besondere Anwendung des HIL-Systems ist die Vorparametrierung von Softwarekomponenten des Steuergerätes, die an den Deutz-Prüfständen nicht parametrierbar sind (Cruise Control, Lüfter, Geschwindigkeitsabregelung). Die Vorparametrierung am HIL dient dazu, einen reibungslosen Ablauf bei der Inbetriebnahme vor Ort zu gewährleisten. Ein Beispiel ist der Flugzeugschlepper für den A380. Hier musste eine Geschwindigkeitsabregelung bei 25 km/h ohne Last (50 t) und bei Vollast (500 t) vorbereitet und getestet werden. Um die Funktion bei angehängtem Flugzeug zu simulieren und die sich ergebenden Beschleunigungs-, Brems- und Geschwindigkeitsprofile zu ermitteln, reichte aufgrund der online verstellbaren Parameter des Modells folgende Vorgehensweise: Man erhöht mit der grafischen Bediensoftware ControlDesk die Masse der Zugmaschine von 50 Tonnen um das Startgewicht des A380 von 500 Tonnen. Hierfür muss keine neue Parametrierung und keine neue Codegenerierung für das Modell erfolgen. Um bei diesem Gewicht ein ausreichendes Anfahrmoment aufbauen zu können, müssen zudem die Komponenten des Antriebsstrangs entsprechend ausgelegt werden. Auch dabei reicht es aus, mit ControlDesk die Kennlinie des Drehmomentwandlers und die Getriebeübersetzung passend zu wählen. Die so durchgeführte Überprüfung der Abregelung reichte für eine qualifizierende Aussage, ob der Software-Stand für eine weitere Betrachtung im Fahrzeug geeignet ist.

Testautomatisierung

Die Testautomatisierung ist eine Deutz-Eigenentwicklung, realisiert auf Basis von dSPACE AutomationDesk. Die einzelnen Automatisierungsschritte sind als Python-Skripte hinterlegt. Die Testfälle werden über Excel-Referenzlisten parametrierbar. Bereits jetzt existieren etwa 1100 Testfälle, die



▲ ControlDesk bietet zur Laufzeit direkten Zugriff auf wichtige Modellparameter. Hier werden die Übersetzung des Getriebes sowie die Eigenschaften des Drehmomentwandlers eingestellt.

über Nacht bis zu 11 Stunden durchlaufen. Daher muss ein stabiler Ablauf der Testautomatisierung und Modellsimulation gewährleistet sein. Für einige Testfälle ist ein besonders genaues Modellverhalten erforderlich, wodurch insgesamt eine hohe Güte des Modells notwendig ist. Als Beispiel ist ein stabiler und stationärer Arbeitspunkt in Abhängigkeit von Raildruck, Last und Ladeluftdruck zu nennen, der für bestimmte Testfälle einen eng definierten Bereich nicht verlassen darf.

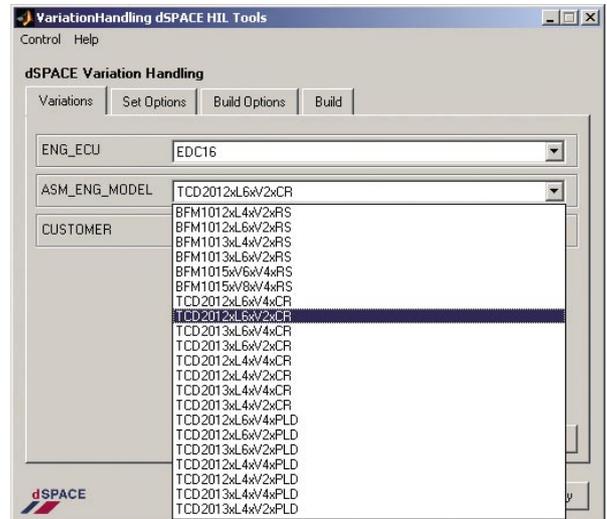
Praktischer Nutzen

Das Deutz-HIL hat eine sehr hohe Auslastung und durch die schnell gewonnenen Testergebnisse einen hohen Nutzen für die Deutz AG. Der Haupteinsatzbereich liegt im Softwareentwick-



▲ Der mit zwei Deutz-Dieselmotoren ausgerüstete stangenlose Flugzeugschlepper AST-1X der Firma Goldhofer wurde für Kolosse wie den Airbus A380 entwickelt.

lungsprozess und in der automatisierten Freigabe verschiedener Datensätze. Durch die Testautomatisierung wurden schon einige Software-Fehler nach Software-Neuablieferung entdeckt, die zur Beschädigung eines realen Motors geführt hätten. Auch bei der Neuentwicklung von Datensätzen wurden durch HIL-Tests Beschädigungen eines realen Motors verhindert. Gegenüber dem realen Prüfstand hat der Deutz-HIL-Simulator die Vorteile, dass alle Ein- und Ausgänge der Steuergeräte verändert und vermessen werden können und unterschiedliche Motorvarianten mit individueller Antriebsstrangcharakteristik eingestellt werden können. Zusätzlich sind mit dem Deutz-HIL ideale Lastsprünge realisierbar, die mit den elektrischen Prüfstandsbremsen nicht möglich sind. Daraus ergeben sich optimale Voraussetzungen



▲ Mit der Variantenverwaltung kann schnell und bequem zwischen den 50 Motorkonfigurationen umgeschaltet werden.

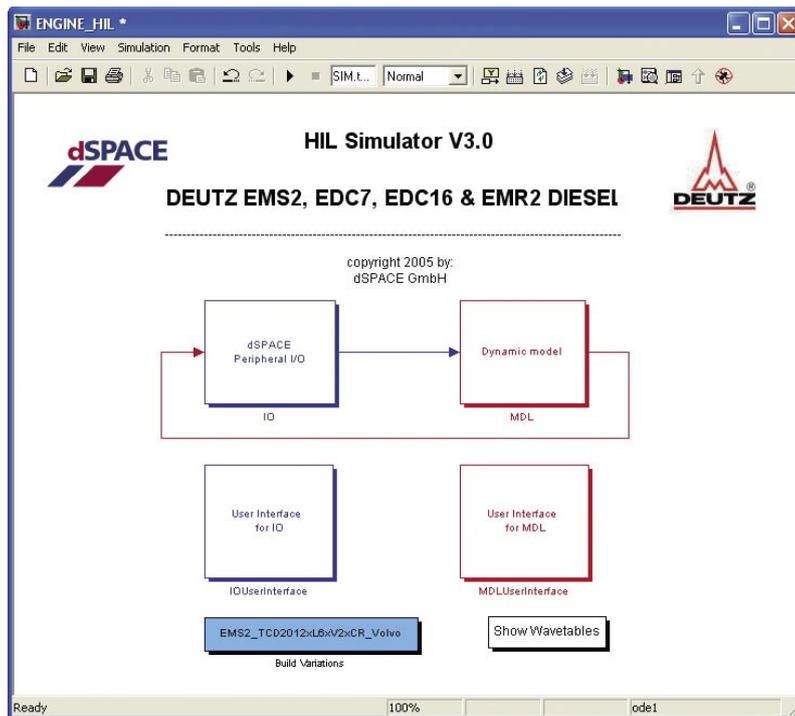
Mit dem derzeitigen Stand werden durch die reproduzierbaren 1100 Testfälle 4 Mann-Wochen eingespart. Die Vorparametrierung am HIL verbessert und verkürzt die Inbetriebnahme der Außenversuchsmotoren beim Kunden. Im Datensatz und Software-Freigabeprozess ist das HIL inzwischen ein fester Bestandteil. Durch den breiten praktischen Anwendungsbereich hat sich das Deutz-HIL innerhalb kurzer Zeit bewährt.

Ausblick

Deutz wird den Grad der Software-Tests in der Testautomatisierung erhöhen, um den restlichen manuellen Testanteil zu verringern. Die Testautomatisierung wird um Datensatzfreigabeprozesse und neue Steuergeräte erweitert. Des Weiteren will Deutz das System für die modellbasierte Bypass-Funktionsentwicklung erweitern und anpassen.

Mark Zimmermann

Entwicklungsingenieur Motorelektronik,
Elektronik - Vorentwicklung
Deutz AG



▲ Das offene ASM Diesel Engine Model kann in Simulink bis auf Blockdiagrammebene betrachtet werden.

für den Steuergerätetest. Aus Kostensicht verbraucht ein HIL-Simulator nur Strom, so dass im Freigabeprozess einige tausend Liter Diesel eingespart werden können.

Fazit

dSPACE hat ein robustes Motormodell für die Deutz AG zur Verfügung gestellt. Eine einfache Modellvariantenverwaltung erleichtert die Pflege der rund 50 Motormodelle und Kundenapplikationen. Die Schnittstellen zum Modell und zur Hardware erleichtern das Zusammenspiel mit der Testautomatisierung. Die Testautomatisierung verringert den Personalaufwand bei den manuellen Tests der Software-Neuablieferungen.

Glossar

Varianten-Handling – Toolgestütztes Verfahren, um zwischen den Parametrierungen und Konfigurationen der Testsystem-Software zu wechseln

Applikation – Kalibrierung der Steuergeräte-Software durch Verstellen der Software-Parameter.