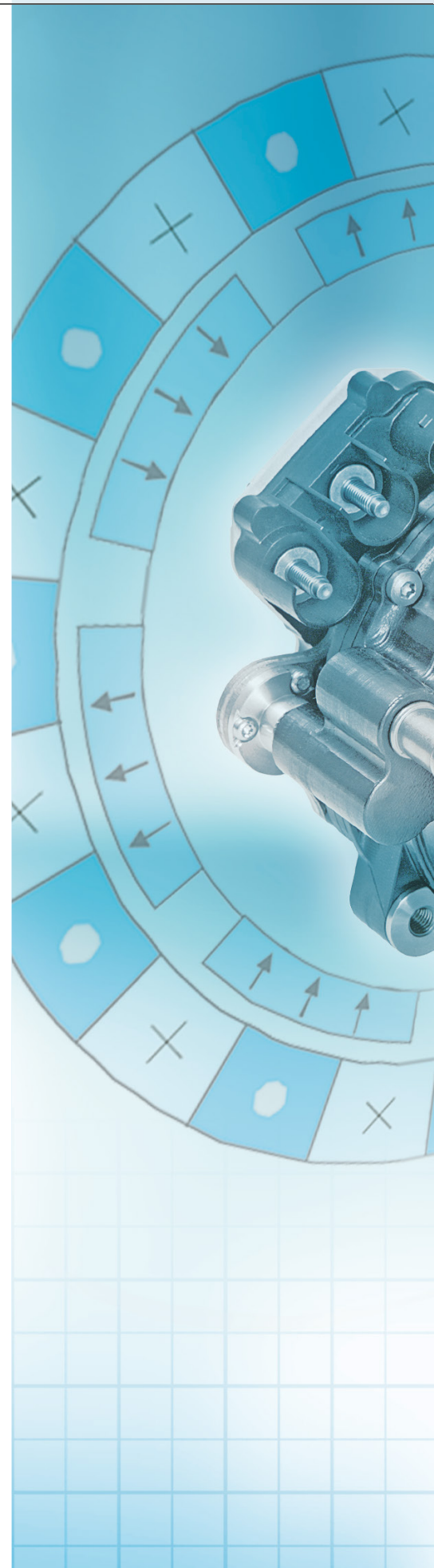


In seinem neuen Riemenstartergenerator setzt Continental nicht nur auf das 48-V-Bordnetz, sondern erstmals auch auf eine Asynchronmaschine als Elektromotor und Generator. Die Entwicklung des Mild-Hybrid-Steuergeräts profitiert dabei von den flexiblen dSPACE HIL-Testsystemen.

Auf Altgriechisch bedeutet „synchronos“ in etwa „gemeinsam mit der Zeit“. Bei Elektromotoren und -generatoren wird der Ausdruck „Synchronmaschine“ daher oft für eine durch Magnete permanenterregte Maschine (PSM) oder eine mit Schleifkontakten versehene fremderregte Maschine (FSM) verwendet, bei denen der Rotor den Stator exakt, also synchron, mit der daran angelegten Drehfeldfrequenz umläuft. Anders verhält es sich mit asynchronen Maschinen (ASM), bei denen der Läufer dem Statorfeld als Generator voroder als Elektromotor nachläuft. Ihre Leistungsdichte ist zwar nicht ganz so hoch wie bei einer PSM, dafür sind ASM kostengünstiger, weil sie keine teuren Permanentmagnete enthalten. Zudem benötigt die ASM keine Verbindung zum Läufer und kann daher auf Schleifkontakte verzichten. Durch diesen einfachen Aufbau ist sie sehr robust. In der Industrie hat sich die ASM deswegen seit Jahrzehnten bewährt und auch in der rauen Umgebung des Verbrennungsmotors kann dieser Vorteil im Hinblick auf die Zuverlässigkeit des Systems entscheidend sein. Mit dem Ziel, auch hohe Stückzahlen kostengünstig zu realisieren, setzt Continental daher als erster Automobilzulieferer auf einen Asynchronmotor in einem 48-V-Riemenstartergenerator (RSG), der zahlreiche neue Funktionen zur CO₂-Einsparung in einem bezahlbaren Mild-Hybrid abbildet.

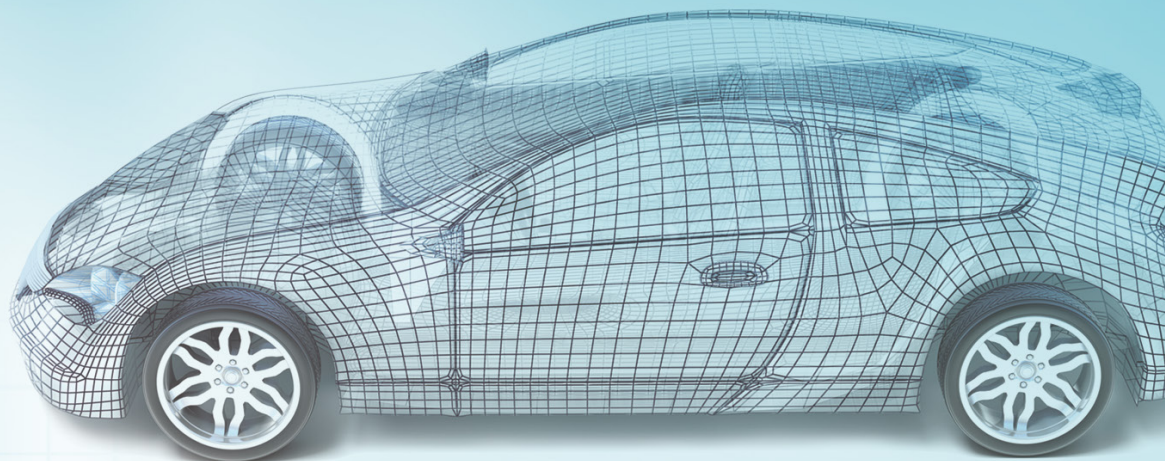
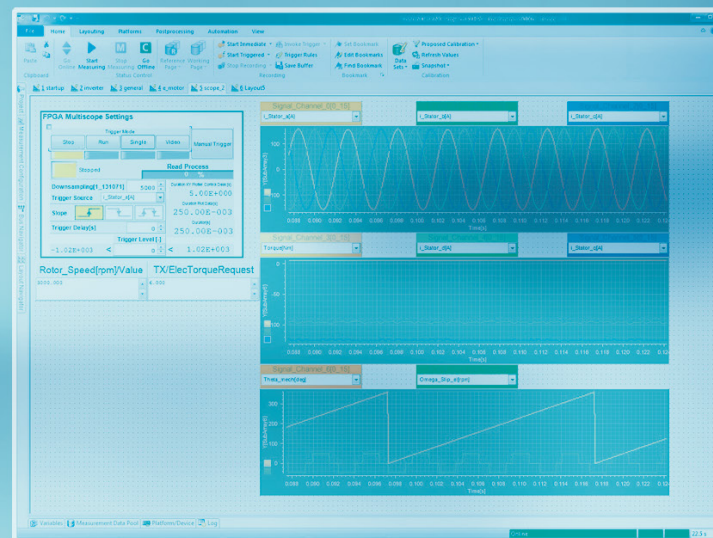
Bewährte Testplattformen

Das 48-V-Bordnetz besteht, neben dem Elektromotor mit Antriebsriemen und integriertem Inverter, aus einer Lithium-Ionen-Batterie und einem DC/DC-Wandler für das 12-V-Bordnetz nebst zugehöriger Regelungssoftware. Die Entwicklungsschwerpunkte liegen neben dem Entwurf, der Implementierung und der Validierung dieser Regelungsumfänge auch auf der funktionalen Sicherheitssoftware. Aufbauend auf der langjährigen Erfahrung in der Entwicklung von Hochvolt-Leistungselektronik, setzt Continental für den 48-V-RSG konsequent auf bewährte Konzepte, Plattformen und nicht zuletzt auch Werkzeuge auf. Dadurch verkürzen sich die Entwicklungszeiten erheblich, die Robustheit nimmt zu und die Entwicklungskosten sinken. Hier zahlt sich vor allem die große Flexibilität und Realitätsnähe der dSPACE Hardware-in-the-Loop (HIL)-Testsysteme aus, die bei Continental schon seit vielen Jahren entwicklungsbegleitend zur zeitnahen Validierung der Regelungsfunktionen eingesetzt werden. Sie dienen als Bindeglied zwischen reiner Simulation am PC und den wesentlich teureren und zeitaufwändigeren Prüfstandsaufbauten mit realen Elektromotoren. Letztere können mit Hilfe der in den Simulationen aus MATLAB®-Modellen entwickelten Regelungsalgorithmen und der ermittelten Motorparameter kontinuierlich weiter optimiert werden. >>



Synchron Asynchron

Neue Möglichkeiten für
kosteneffiziente Mild-Hybride



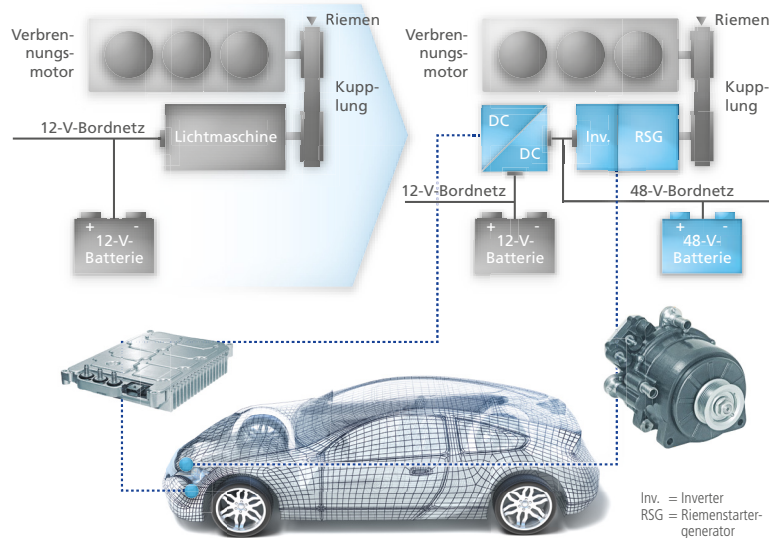


Abbildung 1: In seinem „48 Eco Drive“ erweitert Continental die herkömmliche 12-V-Bordelektrik um ein zusätzliches 48-V-Bordnetz für die Mild-Hybrid-Komponenten (hellblau).

Frühzeitige Optimierungen und Tests

Auf der Inverter-Hardware können die entstandenen Funktionen bereits in einem sehr frühen Stadium getestet und analysiert werden. Die HIL-Simulation übernimmt dabei die Rolle des realen Motors. Dieses Vorgehen ermöglicht es den Entwicklern, etwaige Fehler im Zusammenspiel der beiden Komponenten frühzeitig zu erkennen, zu beheben und bereits erste Optimierungen vorzunehmen, noch bevor die Regelungssoftware im kompletten 48-V-RSG an den Systemprüfstand geht. Darüber hinaus bietet die Testautomatisierung am HIL-Simulator eine schnelle und umfassende Methode, ein breites Testspektrum abzudecken und die Software schon frühzeitig in Bezug auf die Kundenanforderungen zu validieren. Diese werden zusammen

mit den Tests in IBM® Rational® DOORS® spezifiziert. Die daraus entstehenden automatisierten Regressionstests werden vor jeder Software-Auslieferung an den Kunden am HIL-Simulator ausgeführt, analysiert und in einem Bericht mit automatisierten Testabdeckungsmetriken zusammengefasst.

Unbürokratische Hilfe für den langjährigen Partner

Für den 48-V-RSG setzt Continental die neue hochdynamische dSPACE FPGA-Plattform DS5203 mit der Xilinx® System Generator (XSG) Library ein. Diese besteht aus quasikontinuierlichen Modellen für den Inverter, die Mechanik und nicht zuletzt für den Elektromotor. Um diesen auch für die Entwicklung des 48-V-RSG korrekt abzubilden, musste in die XSG Electric Components Library

erstmalig eine Asynchronmaschine integriert werden. Obwohl deren Modellierung zum damaligen Zeitpunkt erst für das nächste dSPACE Release geplant war, erhielt Continental Zugriff auf eine Beta-Version der neuesten XSG-Bibliothek. So konnte man bereits frühzeitig gemeinsame Praxiserfahrungen mit den neuen Modellen sammeln, die mittlerweile regulär veröffentlicht wurden.

Exakte Simulation der Asynchronmaschine

In Zusammenarbeit mit dSPACE erfolgte innerhalb weniger Tage im HIL-Labor bei Continental in Regensburg die Inbetriebnahme einer ersten FPGA-basierten Asynchronmaschine, die mit dem Invertersteuergerät in vollem Umfang interagieren konnte. Um möglichst realistische Simulationsergebnisse zu erzielen, wurden neben strom- und temperatur- auch frequenzabhängige Effekte berücksichtigt. Die hierfür notwendigen Erweiterungen des FPGA-Modells erwiesen sich mit der ebenfalls FPGA-basierten dSPACE XSG Utils Library als einfach und schnell umsetzbar. So konnten unter Verwendung des neuen Modellansatzes viele relevante Effekte berücksichtigt werden, wodurch die am realen Prüfstand aufgenommenen Kennfelder eins zu eins für den HIL-Betrieb übernommen werden konnten. So gelang es, das reale Verhalten der Maschine in der Simulation möglichst exakt abzubilden.

Hohe Flexibilität und Simulationsgüte

Die hohe Flexibilität der dSPACE Modellierungsschnittstelle ermöglicht es sogar, neu aufgenommene Kennfelder auf dem FPGA zu simu-

„Aufgrund der sehr guten Erfahrungen in der Entwicklung des 48-V-RSG setzen bereits erste Folgeprojekte bei Continental auf die HIL-Simulation auf Basis von FPGA und Maschinenmodell.“

Anja Poppe, Continental

lieren, ohne hierfür einen weiteren FPGA-Stand zu erzeugen. Die Kennfelder können entweder in MATLAB®-Simulink® neu hinterlegt oder in dSPACE ControlDesk® Next Generation während der Laufzeit angepasst werden. Damit wird eine maximale Flexibilität gegenüber möglichen zukünftigen Anwendungen beibehalten, beispielsweise bei der späteren Validierung einer neuen Motorvariante. Durch die Integration des Multiscope-Instruments der XSG Utils Library in ControlDesk kann Continental FPGA-interne Größen (beispielsweise Ströme, Spannungen, Induktivitäten oder Flüsse) im FPGA-Takt visualisieren. Damit lassen sich die Regelstrategien optimieren und die Regelgüte wird laufend verbessert. Weitere Optimierungen bei der Modellierung der ASM und auch Korrekturen von Problemen, die Continental in der bisherigen Testphase entdeckte, wurden umgehend von dSPACE zur Verfügung gestellt und brachten die 48-V-RSG-Entwicklung weiter voran.

Auf dem Weg zur Serienreife

Mittlerweile setzen bereits erste Folgeprojekte bei Continental auf die bewährte HIL-Simulation auf Basis von FPGA und Maschinenmodell, nicht zuletzt aufgrund der sehr guten Erfahrungen in der Entwicklung des 48-V-RSG. Dieser senkt den Verbrauch eines Fahrzeugs der Kompaktklasse um bis zu 20 %, unter anderem aufgrund der effizienten Energierückgewinnung. Und nicht nur beim Rekuperieren, also im Generatormodus der Asynchronmaschine, gilt wieder die altgriechische Definition. Denn ähnlich wie hier der Läufer dem Statorrehfeld wird beim Start der Serienfertigung 2016 auch der gesamte 48-V-RSG seiner Zeit ein gutes Stück voraus sein. ■

Anja Poppe, Josef Laumer,
Continental



Abbildung 2: Einer der HIL-Teststände bei Continental in Regensburg.



Abbildung 3: Multiscope-Instrumentierung in ControlDesk Next Generation.

Anja Poppe

Anja Poppe ist Software-Test-Managerin und Verantwortliche für Teststrategie und Testequipment im Bereich Software & Systems Engineering Hybrid & Electric Vehicle bei Continental in Regensburg, Deutschland.



Josef Laumer

Josef Laumer ist Funktionsentwickler für elektrische Maschinenregelung im Bereich Software & Systems Engineering Hybrid & Electric Vehicle bei Continental in Regensburg, Deutschland.

