

Optimierung von Ottomotoren

AUTOREN

Yooshin Cho ist leitender Ingenieur im Bereich Methodik von Ottomotorentests im **Hyundai R&D Center**, Namyang, Korea.

Wonseok Chang und **Wongun Yoo** sind Field Application Engineers bei **ETAS Korea Co., Ltd.**

Modellbasierte Applikation bei Hyundai

Um den hohen Anforderungen in Bezug auf Leistung, Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen zu entsprechen, werden immer effizientere Motoren entwickelt. Die große Anzahl von Freiheitsgraden, die mit der Menge an Systemen einhergeht, spiegelt sich in einer Vielzahl von Parametern wider, die im Zuge der Applikation angepasst und optimiert werden müssen.

Die Hyundai Motor Company (HMC) führte in ihrem Forschungs- und Entwicklungszentrum in Namyang in Südkorea aus diesem Grund einen neuen, modellbasierten Applikationsprozess ein, der zum einen effizient ist und zum anderen den Betriebsbereich des Motors global abdeckt. Der neue Prozess fußt auf fortschrittlichen Modellierungs- und Automatisierungsmethoden, welche von den

Softwaretools ETAS ASCMO und ETAS INCA-FLOW unterstützt werden.

Aufgabenstellung

Die Einsparung des Messaufwands im Vergleich zum bisherigen Prozess und die Qualität der Ergebnisse wurden von Hyundai anhand üblicher Applikationspakete für Ottomotoren bestimmt. Gegenstand der Untersuchungen war ein direkteinspritz-

zender 3-Liter-V6-Saugmotor mit dreistufigem Ansaugsystem, doppelter, kontinuierlich verstellbarer Ventilsteuerung und einem Motorsteuergerät von Continental. Dafür wurden die Steuerzeiten von Ein- und Auslassnockenwelle, die Einspritzzeiten und der Zündwinkel optimiert sowie die Modelle für die Füllung, das Moment und die Abgastemperatur im Steuergerät bedatet.

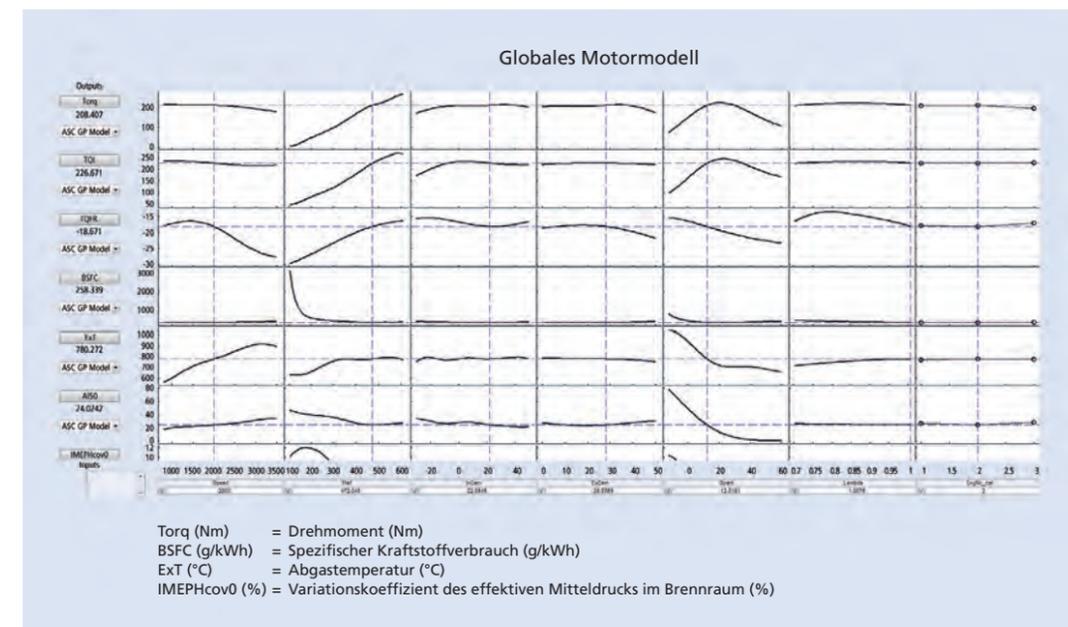


Bild 1: Grafische Darstellung der Abhängigkeiten der Ausgangs- von den Eingangsgrößen; das ETAS-ASCMO-Modell gibt die Abhängigkeiten im gesamten Parameterraum sehr gut wieder.

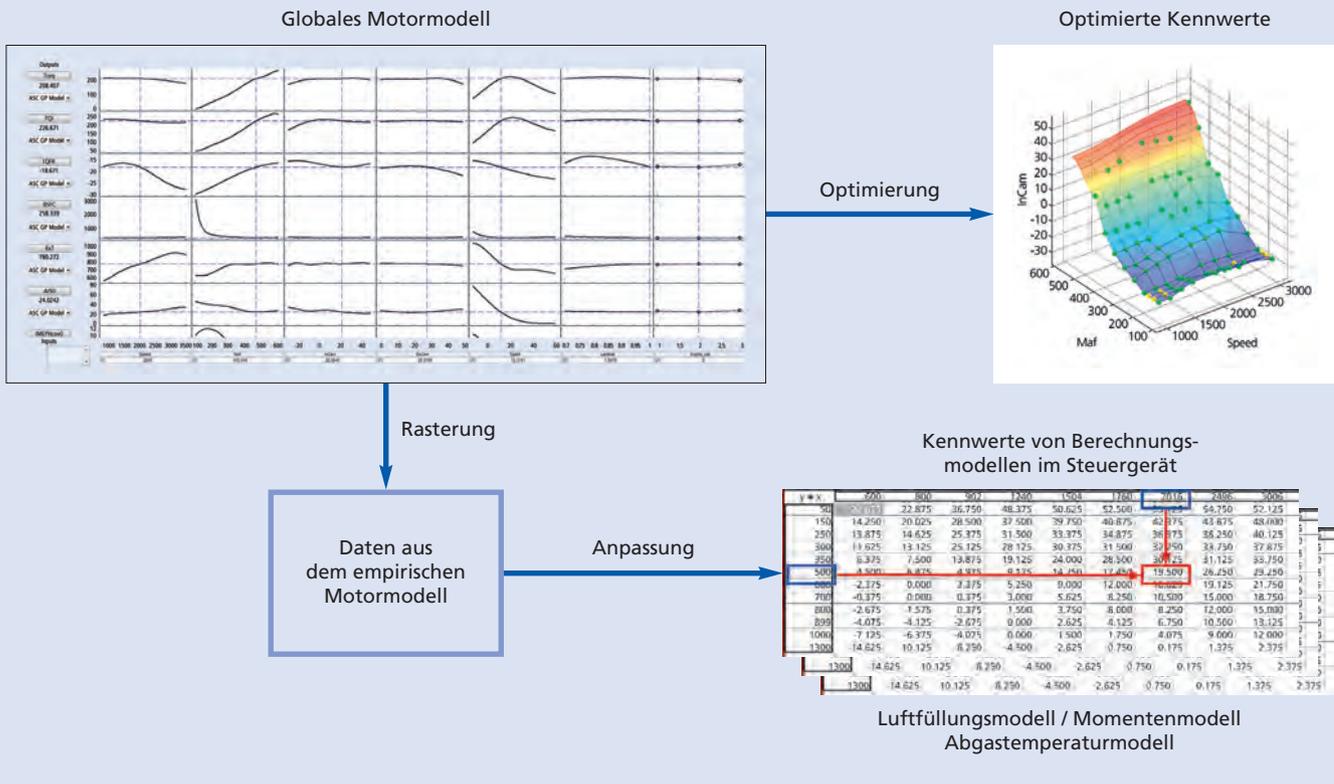


Bild 2: Optimierung der Parameterwerte von Modellen im Steuergerät durch Anpassung der Ausgaben dieser Modelle an Daten, die mit ETAS ASCMO aus dem empirischen Motormodell abgerastert werden.

Neuer Applikationsprozess

Mit der Umgestaltung des Applikationsprozesses hat Hyundai zwei neue Methoden eingeführt, nämlich die statistische Versuchsplanung (Design of Experiments, DoE) sowie die vollautomatisierte Vermessung des Motors am Prüfstand. Mit maschinellen Lernverfahren werden Modelle, die das Verhalten von Motoren mit hoher Genauigkeit am Computer nachbilden, auf Basis der Messergebnisse generiert. Die Versuchspläne und die messdatenbasierten Modelle werden mit dem Werkzeug ETAS ASCMO erzeugt. Die Messpunkte der Versuchspläne lassen sich am Prüfstand mithilfe einer auf Basis des Werkzeugs INCA-FLOW neu entwickelten Messsteuerung vollautomatisch abfahren.

Applikation auf Basis des Motormodells

Das aus den Messungen am Prüfstand erstellte Motormodell gibt das

Verhalten des Motors im gesamten Parameterraum mit hoher Genauigkeit wieder (siehe Bild 1). Auf Basis des Modells wurden sowohl der Kraftstoffverbrauch als auch das Vollastdrehmoment optimiert (siehe Bild 2). Die Klopfgrenze und die Obergrenze für die Abgastemperatur wurden dabei eingehalten. Die Bedatung des Füllungs-, Momenten- und Abgastemperaturmodells im Steuergerät erfordert große Mengen an Daten. Diese wurden nicht, wie beim konventionellen Vorgehen üblich, aufwendig am Motorenprüfstand gemessen, sondern von ETAS ASCMO aus dem empirischen Motormodell abgeleitet. Beim Vergleich mit Validierungsmessungen betragen die Abweichungen der Ergebnisse, die mit den so bedateten Modellen berechnet wurden, beim Füllungsmodell weniger als 5 %, beim Momentenmodell weniger als 5 % oder maximal 5 Nm und beim Abgastemperaturmodell weniger als 15 °C.

Fazit

Durch die Einführung des globalen, modellbasierten Prozesses im Forschungs- und Entwicklungszentrum in Namyang konnte Hyundai eine drastische Effizienzsteigerung bei der Applikation von Motoren erreichen. Mit dem neuen Prozess ließ sich der Messaufwand am Motorenprüfstand im Vergleich zur konventionellen Vorgehensweise um 75 % verringern. Gleichzeitig wurden die zu Beginn definierten Projektziele erreicht. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der globale, modellbasierte Prozess eine effiziente Applikation komplexer Motoren mit hoher Qualität ermöglicht.