



AVL E-Drive Testsystem in Modularbauweise.

VALIDIERUNG DES E-ANTRIEBS

Die AVL List GmbH unterscheidet prinzipiell drei Arten von E-Drive-Testsystemen. Alle haben eines gemein: Je präziser das Entwicklungsteam die Messungen durchführt, desto größer und wertvoller ist der Input.

Wer das perfekte E-Drive-System – bestehend aus Elektromotor und Inverter – für einen elektrifizierten Antrieb entwickeln will, steht vor einer ganzen Reihe von Aufgaben. Zum einen muss es mit den elektrischen Komponenten – etwa der Batterie – in Bezug auf Kommuni-

kation, Ladezustand, Temperatur, DC-Spannungsrippel und Rekuperation harmonieren. Zum anderen gilt es auch die mechanische Seite zu optimieren. Synchronmaschinen weisen beispielsweise eine bestimmte Drehmomentwelligkeit auf. Diese sogenannten Torque Ripple können das Fahrgefühl bei Anfahrvorgängen negativ beeinflus-

sen beziehungsweise in Verbindung mit der E-Achse Geräusche und Vibrationen erzeugen. Bei Resonanzfrequenzen können sie den Antriebsstrang sogar schädigen. Diese Torque Ripple gilt es so gut wie möglich zu eliminieren.

E-Motoren werden für unterschiedliche Konfigurationen konzipiert: P0 (Startermo-

tor), P1 (Integrierter Starter Generator, kurz ISG, nach Verbrenner), P2 (ISG vor Getriebe), P3 (ISG nach Getriebe), und P4 (Achsmotor).

Dadurch sind die Bauweisen stark unterschiedlich; ebenso können Drehzahlen, Momente und Leistungen abhängig vom Fahrzeugtyp variieren. Drehzahlen von 15.000 bis 20.000 Umdrehungen pro Minute sind mittlerweile Standard. Künftig könnten sie auf 30.000 und höher steigen.

Hohe Drehzahlen haben den Vorteil, dass der E-Motor kleiner gebaut werden kann. Das reduziert Gewicht, Material und Kosten; gleichzeitig steigt die Gefahr, sich Geräusche oder Vibrationen (NVH) einzuhandeln.

Moderne E-Drive-Testsysteme sind daher in der Lage, E-Motoren mit unterschiedlichen Designs, Drehzahlen, Momenten, Spannungsniveaus und Strömen zu validieren. In der Designphase werden E-Motoren häufig in mehreren Loops optimiert. Je präziser das Entwicklungsteam die Messungen auf einem Testsystem durchführt, desto größer und wertvoller ist der Input. Damit kann es Mechanik, elektromagnetische Performance, Regelung oder thermisches Verhalten verbessern. Diese hohe Datenqualität sowie Mess- und Regelgenauigkeit ist essenziell, um ein E-Drive-System in kurzer Zeit zu entwickeln.

AUFBAU EINES TESTSYSTEMS

Ein E-Drive-Testsystem besteht hauptsächlich aus folgenden Komponenten (siehe Foto auf S. 56):

- Automatisierungssystem – zur Automatisierung, Regelung, Datenablage; z. B. AVL PUMA Open 2
- Batterie-Emulator bzw. konstante HV-Spannungsversorgung (z. B. AVL E-STORAGE BE)



AVL X-ion Leistungsmesssystem.

- Lastmaschine
- Leistungsmesssystem (z. B. AVL X-ion)
- Basis-Messsystem
- Kühlkonditionierung für Inverter und E-Motor
- Klimakammer

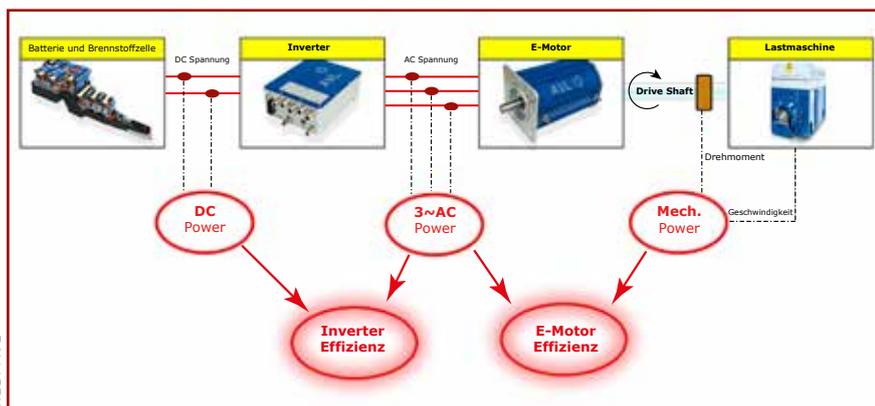
AVL unterscheidet prinzipiell drei Arten von E-Drive-Testsystemen: Sie kommen in der Forschung und Entwicklung zum Einsatz oder werden für Dauerlaufprüfungen oder End-of-Line-Tests verwendet. In der Forschung und Entwicklung ist eine Lastmaschine mit ausgezeichneter Drehzahlregelung Voraussetzung, um beispielsweise die Drehmomentwelligkeit von Synchronmaschinen im niedrigen und höheren Drehzahlbereich messen zu können. Die Messtechnik (und hierbei speziell das Leistungsmessge-

rät) spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle. Das Leistungsmesssystem erfasst die AC- und DC-Spannungen und -Ströme und berechnet daraus die Leistung von E-Motor und Inverter.

Um ein E-Drive-System zu optimieren, gilt es, neben der Leistungsmessung auch die harmonischen Schwingungen in Strom und Drehmoment zu erfassen und ihren Anteil zu berechnen. Diese tragen in der Regel nicht zur Nutzleistung bei, sondern verursachen Verluste in Form von Wärme. Und sie sind auch für Geräusche mit verantwortlich. Diese Oberwellen gilt es in der Messung gezielt zu detektieren. Nur dann lassen sich Simulation und Messung hinsichtlich dieser Effekte vergleichen, um die Effizienz des E-Drive-Systems zum Beispiel durch leichte Designanpassungen zu optimieren.

Es ist sehr vorteilhaft, die Rohdaten für eine spätere Analyse aufzuzeichnen. Damit können die Spannungsrügel auf der DC-Seite und die Spannungsspitzen und Ströme auf der AC-Seite sowie die Taktung des Inverters und ihre Auswirkungen auf das Betriebsverhalten, Drehmomentwelligkeit, Verluste und Vibrationsanregungen analysiert und Abhilfemaßnahmen entwickelt werden.

Ein gut optimiertes E-Drive System benötigt weniger Kühlleistung, konsumiert weniger Energie aus der Batterie und ermöglicht somit eine höhere Reichweite des Fahrzeugs. <



Messaufgabe eines Leistungsmessgeräts.

BILD: AVL