

Entwicklungs- Werkzeug

Simulationstechnik in der praktischen
Anwendung eines Automobilzulieferers

CHRISTOPH HARTWIG

Die TRW Automotive gehört zu den Global Playern der Automobilzulieferbranche mit weltweit 163 Produktionsstätten in allen Automobilzentren der Welt. Schwerpunktmäßig produziert TRW Automotive Scheibenbremsysteme, elektrisch unterstützte Lenksysteme, Sicherheitsgurte, Air-

Dr. Christoph Hartwig ist im Bereich Entwicklung Mechatronik (Modellbildung und Simulation) bei der TRW Automotive GmbH in 30890 Barsinghausen tätig. Weitere Informationen: Almut Seyderhelm, Femlab GmbH, Tel. (05 51) 9 97 21-12, info@femlab.de

bags, Antischlupfregelsysteme und Motorventile. Dazu betreibt das Unternehmen an zahlreichen Niederlassungen Forschung und Entwicklung, Prototypenbau und unterhält Materiallabore sowie einen Werkzeug- und Betriebsmittelbau. Vor allem sind es die Motor- und Ventilsteuerungskomponenten beziehungsweise die Ventilsteuerungssysteme, die permanent optimiert werden müssen.

So besteht die Möglichkeit, einen Ottomotor hinsichtlich Kraftstoff-

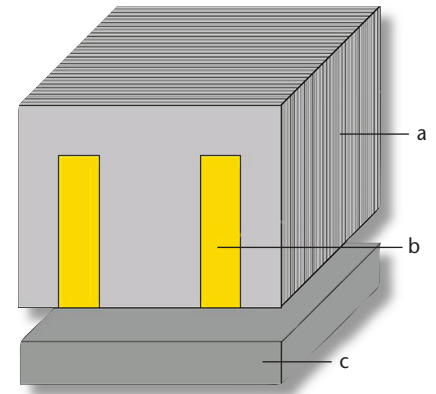


Bild 2: Schematische Darstellung des Aktors aus einer Eisen-Siliziumlegierung: a geblechter Eisenkern, b Spule und c massive Ankerplatte.

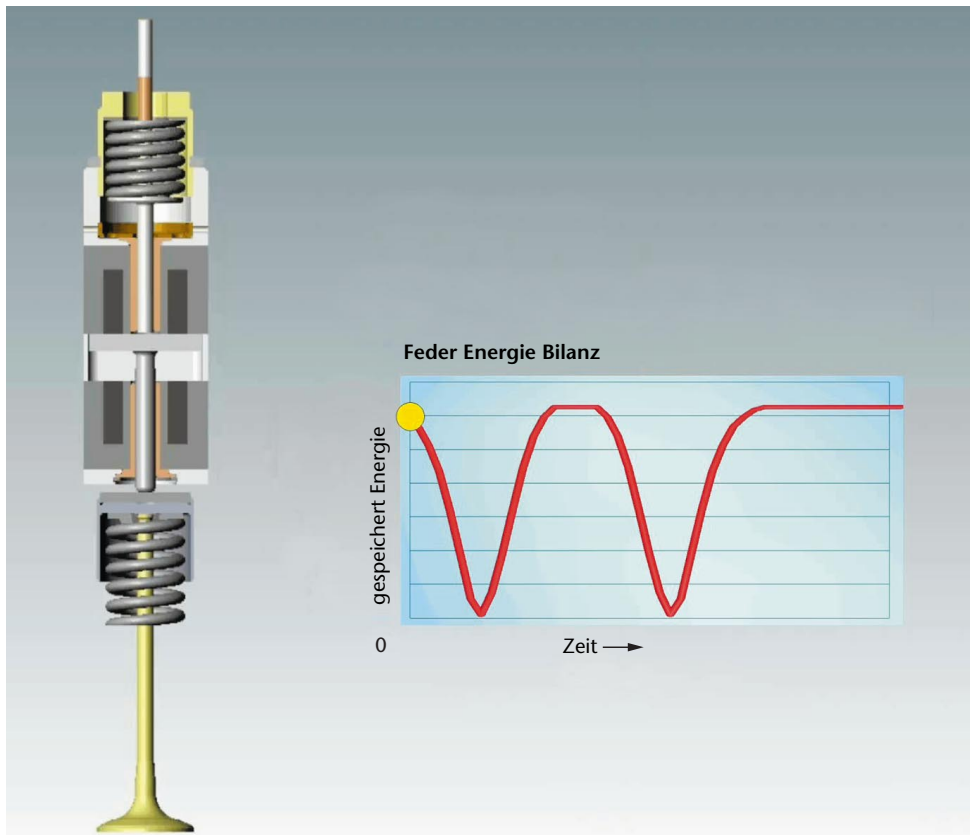
verbrauch, Abgasverhalten und Durchzugsfähigkeit durch den Einsatz eines vollvariablen Ventiltriebes (VVT) zu optimieren. Dazu bieten sich als Aktoren zur Betätigung der Gaswechselventile Elektromagnete an. Ein solcher elektromagnetischer Ventiltrieb (EMVT) besteht aus einem Öffner- und einem Schließermagnet, sowie aus einem Ventil, Ankerplatte und zwei Federn, die zusammen ein schwingungsfähiges Feder-Masse-System bilden (Bild 1).

Die Elektromagnete dienen dazu, das Ventil in den Endpositionen festzuhalten und die, während einer Schwingung beispielsweise in Reibungswärme umgewandelte Energie, dem System aus der Batterie wieder zuzuführen.

Da die Magnete abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden, sollte der Eisenkreis zur Unterdrückung von Wirbelströmen geblecht ausgeführt werden. Aus Festigkeitsgründen ist eine Blechung der Ankerplatte nicht möglich. So wird die Ankerplatte als Massivteil aus einer Eisen-Siliziumlegierung ausgeführt, die einen höheren elektrischen Widerstand als Reineisen besitzt und die Wirbelströme zumindest dämpft (Bild 2).

Wirbelströme verursachen nicht nur Stromwärmeverluste, sondern

Bild 1: Schwingungsfähiges Feder-Masse-System.



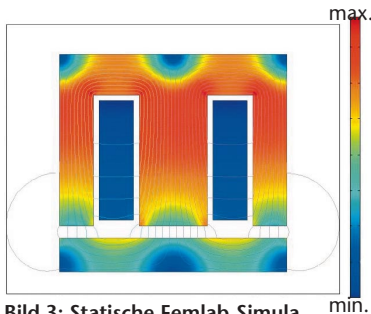


Bild 3: Statische FEM-Simulation eines Elektromagneten.

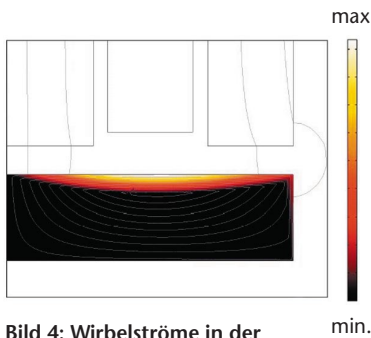


Bild 4: Wirbelströme in der rechten Ankerplattenhälfte.

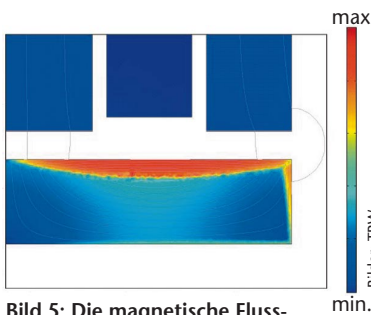


Bild 5: Die magnetische Flussdichte, zeitgleich mit den Wirbelströmen in Bild 4.

FAZIT

- ▶ Bauteile und Systeme müssen selbst nach ihrer Verwendung stetig auf ein Optimum hin überprüft werden
- ▶ Dies gilt insbesondere für Automobilteile beziehungsweise Motorkomponenten wie beispielsweise Ventiltriebe, bei denen der Kraftstoffverbrauch und das Abgasverhalten verbessert werden sollen

verändern auch das transiente Verhalten des Aktors. Die exakte Berechnung der Einflüsse von Wirbelströmen auf die Steuerzeiten ist für die Auslegung der Regelung des Systems entscheidend.

Bild 3 zeigt eine statische FEM-Simulation eines Elektromagneten. Berücksichtigt wurden in dem Modell die nichtlinearen magnetischen Eigenschaften von geblechtem Eisenkreis und Ankerplatte. Schaltet man nun den Strom in den Spulen mit einem idealen Schalter aus, beziehungsweise löscht ihn sehr rasch mit einer Funkenstrecke, werden in der Ankerplatte Wirbelströme hervorgerufen die versuchen, den Abbau des magnetischen Feldes durch den abgeschalteten Strom in den Erregerspulen zu verhindern (siehe Wirbelströme im Detailbild der

rechten Ankerplattenhälfte Bild 4 und Bild 5 für den gleichen Zeitpunkt die magnetische Flussdichte).

Zur Untersuchung der Dynamik des EMVT's wurde ein gekoppeltes FEMlab/Matlab-Modell entworfen, welches die mechanische Bewegungsgleichung und die Spannungsgleichung der äußeren elektrischen Beschaltung mit dem finiten Elemente-Modell verkoppelt. Ausgabe-größen des FEMlab-Modells sind die auf den Anker wirkende Magnetkraft F_{magn} und die zeitliche Ableitung des magnetischen Vektorpotenzials dA/dt . Eine Matlab-Funktion löst die Bewegungsgleichung und gibt an das FEMlab-Modell die neu berechnete Position und die aktuelle Geschwindigkeit der Ankerplatte zurück. Aus der zeitlichen Ableitung des Vektorpotenzials kann die Ankerrückwirkung und damit der neue Spulenstrom für eine gegebene Klemmenspannung berechnet werden. Das neu auf dem Markt befindliche FEMlab 3 berechnet nun automatisch neben der abhängigen Variablen (in unserem Fall das magnetische Vektorpotenzial) auch deren zeitliche Ableitung (dA/dt).

Für einfache elektrische Beschaltungen wie einer eingepprägten Klemmenspannung kann deshalb die Berechnung der Spannungsgleichung auch direkt in FEMlab erfolgen.

MM