

eANSKO_II,

**Evaluierung von Softwaretools zur 1-D Simulation
für die
Modellbildung verlustbehafteter
hybrider elektrischer Antriebsstrangkomponenten**

Projektpartner:

KIT Karlsruher Institut für Technologie

FAST Institut für Fahrzeugsystemtechnik mit den beiden Lehrstühlen

Mobima – Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (Prof. Dr.-Ing Marcus Geimer)

BST – Lehrstuhl für Bahnsystemtechnik (Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld)

Gotthard-Franz-Str. 8

D 76131 Karlsruhe

Projektbearbeitung:

Dipl.-Ing. Frank C. Otto (Mobima)

Dipl.-Ing. Markus Springmann (BST)

Fördergeber:

MOBIMA, Verein für Mobile Arbeitsmaschinen e.V. im VDMA

Stand 04.06.2011

1	Motivation	3
2	Ergebnis von eANSKO II	4
3	Projektförderung.....	5

1 Motivation

Alternative - und im speziellen hybride - Antriebe werden in vielen mobilen Arbeitsmaschinen auf absehbare Zeit die konventionellen Antriebe ergänzen oder in manchen Bereichen sogar ablösen. Großer Nutzen hinsichtlich Energieeinsparung wird durch den Einsatz von elektrischen Komponenten in Fahrzeugen, insbesondere im Antriebsstrang erwartet.

Welchen Aufwand und Nutzen neue Lösungen für hybride Antriebsstränge mit sich bringen, ist jedoch schwer abzuschätzen und in der Regel nur im realisierten Einzelfall bekannt. Wünschenswert wäre es, für häufig vorkommende – und damit übertragbare – Fälle eine Berechnungs- und Simulationsmöglichkeit für komplette Antriebsstrang-Topologien, Antriebssysteme und Antriebsstrangkomponenten sowie Hilfs- und Nebenantriebe zur Verfügung zu haben, die auf verlustbehafteten elektrischen Komponenten basieren bzw. diese verwenden. Ein solchermaßen geschaffener Baukasten mit Modellen verlustbehafteter elektrischer Komponenten für die numerische Simulation wäre sehr hilfreich, vor der konkreten Realisierung eines Antriebsstranges Entscheidungshilfe zu leisten. Insbesondere die Umsetzung eines (teilweise) elektrifizierten Antriebsstrangs ist häufig mit hohen Hürden verbunden (neue Technologie etc.). Die Entscheidung für die Überwindung solcher Hürden muss derzeit noch auf einer sehr dünnen Wissens- und Datenbasis erfolgen. Das Teil-Projekt eANSKO_II setzt an dieser Stelle an und setzt die vorangegangenen Teil-Projekte planmäßig fort.

In vorhergehenden Teil-Projekten ANSKO (2006-2008, VDMA Gemeinschaftsprojekt mit den vier Instituten FAST/Mobima, IFAS, ILF, IFD http://www.fast.kit.edu/download/DownloadsMobima/Projekt_ANSKO.pdf) wurden verlustbehaftete mechanische und hydraulische Antriebsstrangkomponenten modelliert und validiert und so zur Verfügung gestellt, dass neue Komponenten auf der Basis der validierten Komponentenmodelle umskaliert werden können, was zu einer hohen Simulations-Präzision führt. Im Folgenden wurden im Projektabschnitt eANSKO I (2010) am Markt käufliche Produkte gesucht, untersucht und bewertet auf Ihren Funktions- und Modellumfang (mitgelieferte Bibliotheken) sowie ihre Eignung zum Einsatz in wissenschaftlich geprägten Projekten zur Modellbildung ganzer Fahrzeug- und Arbeitsmaschi-

nen-Simulationsmodelle, bei denen einen Anteil der elektrische Fahr-, Hilfs- oder Arbeitsantrieb darstellt. Die in den Tools enthaltenen Bibliotheken sollten mindestens verlustbehaftete Komponentenmodelle für elektrische Maschinen (Motoren und Generatoren in den üblichen Ausführungen), elektrische Speicher sowie Leistungs- und Regelelektroniken enthalten. Daraus ergab sich eine Vorauswahl offensichtlich geeigneter Softwaretools.

Die Vor- und Nachteile diverser käuflicher Simulationstools wurden in dem Projekt eANSKO II (8_2010 bis 04_2011) untersucht, 4 von etwa 17 Produkten aus der Vorauswahl von eANSKO_I wurden einer tieferen Evaluierung unterzogen. Es wurde die Abbildungsgenauigkeit von in 4 Tools mitgelieferten Komponentenmodellen elektrischer Komponenten anhand von vorhandenen Messergebnissen dieser Komponenten evaluiert und bewertet.

2 Ergebnis von eANSKO II

Die teils sehr einfach aufgebauten mitgelieferten Modelle in allen untersuchten Tools bilden die Verlustanteile der elektrischen Komponenten nicht vollständig ab. Bei den Modellen elektrischer Maschinen werden die Verluste im magnetischen Kreis sowohl für stationären als auch für transienten Betrieb nicht vollständig abgebildet. Die nichtlinearen Ummagnetisierungsverluste und die Eisensättigung sind nur unvollständig und umständlich beschreibbar, Wirbelstromverluste in den Blechpaketen werden gar nicht berücksichtigt. Aus einem untersuchten Beispiel ergibt sich ein möglicher Eisen-Verlustanteil von 27 % am Gesamtverlustanteil, der nur unvollständig berücksichtigt wird. Oberschwingungen der elektrischen Spannungen, die in den nicht-idealen Netzen der Stromrichter immer enthalten sind, haben Anteile, die zum Drehmoment beitragen und andere Anteile, die lediglich eine zusätzliche Erwärmung in den Maschinen erzeugen. Oberschwingungsanteile werden in den untersuchten Modellen (kommerziell erhältlicher Tools) heute noch gar nicht in den Modellen berücksichtigt. Es ist aus der Literatur bekannt, dass diese ein erhebliches Leistungs-Derating der Antriebe zur Folge haben können (z.B. 30 % bei 12 % Spannungsverzerrung bei einer exemplarischen 75 kW Asynchronmaschine). Die Abhängigkeit aller Verlustanteile von der Temperatur

„Modellbildung verlustbehafteter hybrider elektrischer Antriebsstrangkomponenten“ eANSKO II
einzelner Teile der Komponenten wie Wicklungen und Eisen bei Maschinen, Substrate und Fluide bei den elektrochemischen Speichern, ist ebenso nicht vollständig enthalten, was gerade im fahrzeugtypischen Einsatz mit großen Temperaturschwankungen zu Modellen führt, deren Aussage damit begrenzt, also mit unbekannter Unsicherheit verbunden ist. Die unzureichende Berücksichtigung mancher gerade im instationären Fahrbetrieb sich ergebenden thermischen Rückwirkungen auf die Modellierung führte zu einer Empfehlung seitens der bearbeitenden Lehrstühle, die bekannten Modelle elektrischer Motoren und Generatoren (E-Maschinen) um gerade diese Einflüsse in der numerischen Berechnung zu ergänzen. Die Bearbeitung wird in einem Folgeprojekt eANSKO_III fortgesetzt.

3 Projektförderung

MOBIMA, Verein Mobiler Arbeitsmaschinen e.V. im VDMA zu 100 %