



Multiphysik-Simulationen
für die Auslegung elektrischer Antriebe

Mit voller Kraft voraus

Die IGEL AG setzt auf den verstärkten Einsatz der Niedervolttechnologie für elektrische Fahrzeugantriebe. Von Vorteil ist, dass bei Niedervolt-Spannungen (unter 60 VDC) keine zusätzlichen Maßnahmen für den Berührungsschutz notwendig sind. Weiterhin überzeugen ein geringer Kostenaufwand in der Herstellung sowie Vorteile bei Unfällen und der Wartung der Fahrzeuge.

Einsatzgebiete der Niedervolttechnologie sind unter anderem Hybrid-Antriebe für Kraftwagen und Elektroantriebe für Krafträder sowie so genannte New Urban Drive Vehicles. Die IGEL AG hat mit Hilfe von Multiphysik-Simulationen eine Antriebseinheit für ein Motorrad zum Einsatz im urbanen Bereich entwickelt.

Bei den Elektromotoren setzt die IGEL AG auf spezielle Niedervoltmotoren, die bezüglich Gewicht und Leistung optimiert sind. Als Basis für die Auslegung der Antriebseinheit wurde ein auf den Motorradeinsatz optimierter NEF-Zyklus (Neuer Europäischer Fahrzyklus) zu Grunde gelegt. Bei der Bereitstellung der notwendigen Leistung kommt es bei Elektromotoren durch die ohmschen Verluste sowie Eisen- und Reibungsverluste zu einer Wärmeentwicklung, die im schlimmsten Fall zu einer Überhitzung führt. Selbst eine kurzfristige Überschreitung der Höchsttemperatur könnte die elektronischen Bauteile, die Permanentmagnete und die Isolierstoffe der Wicklungen nachhaltig beschädigen. Um einen möglichst effizienten

Antrieb bereitzustellen, muss der Überlastbereich der Elektromotoren gezielt für die Abdeckung von Leistungsspitzen genutzt werden. Folglich ist eine praxiserhaltende Kühlung der Motoren unabdingbar.

Verschiedene Berechnungen miteinander verbinden

Bei der Auswahl einer geeigneten Berechnungssoftware fiel die Wahl auf ANSYS. Besonders überzeugten die ANSYS Produkte für Multiphysik und Systemsimulation. Sie erlauben die Analyse komplexer multiphysikalischer Systeme mittels Kopplung unterschiedlicher physikalischer Disziplinen auf Feld- und Systemebene. Hierdurch lassen sich die elektromagnetischen Berechnungen des Motors, die mit ANSYS Maxwell durchgeführt werden, mit der Strömungssimulation sowie der Berechnung des Temperaturfeldes koppeln, um die Ergebnisse für die Auslegung des Kühlsystems zu nutzen (Bild 1).

Die Kombination der Simulationsmodelle aus unterschiedlichen Disziplinen führt zu einer genaueren und realitätsnä-

heren Berechnung als die losgelöste Betrachtung eines einzelnen Effektes ohne Interaktion mit seiner Umwelt. Somit lässt sich das System gleichzeitig hinsichtlich seiner elektromagnetischen und thermischen Eigenschaften optimieren. Des Weiteren bietet ANSYS mit der assoziativen CAD-Schnittstelle eine einfache Möglichkeit, verschiedene Varianten zu berechnen und die Daten direkt mit den entsprechenden CAD-Systemen auszutauschen. Dadurch wird der Entwicklungsprozess erheblich beschleunigt.

Mit Maxwell steht innerhalb von ANSYS Workbench eine etablierte FEM-Software zur Berechnung von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern bereit. Damit lassen sich die Simulationsanforderungen meistern, die für die von der IGEL AG verwendeten Elektromotoren relevant sind, denn durch die genaue Berechnung der räumlich verteilten Verlustleistungsdichten kann die Wärmeentwicklung im Elektromotor sehr präzise vorhergesagt werden. Um von Anfang an mit einem möglichst praxiserhaltenden Simulationsmodell arbeiten zu können,

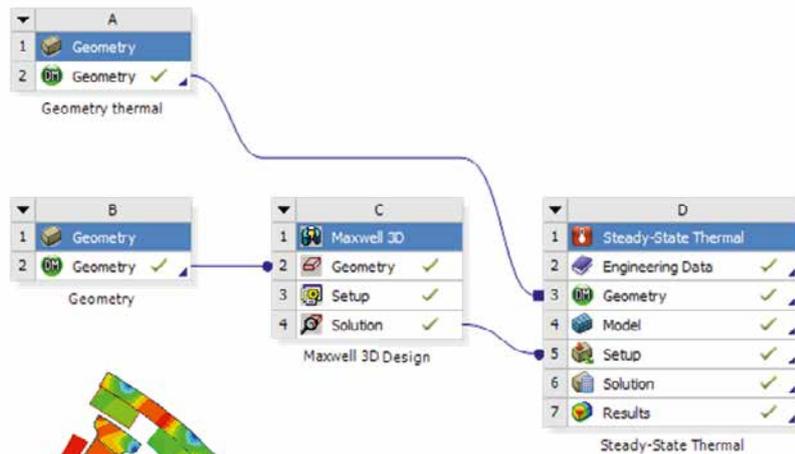


Bild 1: Die Kopplung der Berechnungsmodelle erfolgt innerhalb von ANSYS Workbench (Quelle: IGEL AG).

Bild 2: Bei der Auslegung der Antriebseinheit muss eine bestimmte Betriebszeit im Überlastbetrieb gewährleistet werden (Quelle: IGEL AG).

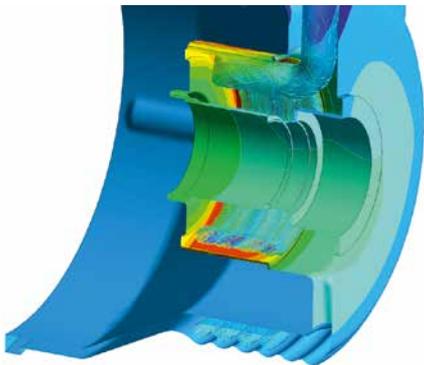


Bild 3: Erwärmung des Gehäuses und des Kühlmittels (Quelle: IGEL AG)

griffen die Entwicklungsexperten von IGEL auf das Know-how von CADFEM zurück und ließen sich bei der Erstellung des Simulationsmodells beraten.

Entscheidend für die Qualität der Berechnung ist auch hier die Verwendung von realitätsnahen Randbedingungen. Speziell die genauen Materialeigenschaften, zum Beispiel von den verwendeten Blechpaketen, sind oft nur schwer zu bestimmen. Deshalb ist eine enge Kommunikation mit den jeweiligen Bauteillieferanten oder Komponentenherstellern – in diesem Fall des Motors – notwendig. Beim Betrieb im Überlastbereich erreichen Stromdichte beziehungsweise magnetische Flussdichte relativ schnell nicht mehr akzeptable Grenzwerte (Bild 2). In diesem Arbeitsbereich ist

eine effektive Wärmeabfuhr von den Spulen notwendig, um den Wirkungsgrad zu verbessern. Für die Auslegung der Antriebseinheit muss eine bestimmte Betriebszeit im Überlastbetrieb und somit eine ausreichende Kühlung sichergestellt werden. Zur Verifizierung der FEM-Berechnung wurden stationäre Betriebspunkte am Motor ausgewählt und am Prüfstand abgefahren. Die Messungen zeigten, dass die Berechnungsergebnisse von ANSYS der realen Gegebenheiten sehr nahe kommen.

Bei der strömungstechnischen (CFD – Computational Fluid Dynamics) Auslegung und Dimensionierung des Kühlsystems setzt die IGEL AG auf ANSYS CFX. Da das erste Lösungskonzept, bei dem die Motoren mit Luft gekühlt wurden, in einigen Fahrsituationen zu keinen befriedigenden Ergebnissen führte, wurde beschlossen, eine Wasserkühlung für die Elektromotoren zu entwickeln. Hierzu wurden verschiedene Varianten von Wasserkämen erstellt. Diese wurden unter strömungstechnischen Gesichtspunkten berechnet und hinsichtlich höherer Strömungsgeschwindigkeiten und geringer Druckverluste optimiert (Bild 3). Während eines solchen Optimierungsprozesses macht sich der Vorteil der assoziativen CAD-Schnittstelle von ANSYS besonders bemerkbar. Bei entsprechendem Modelaufbau lassen sich die gewünschten Geometrievarianten schnell erzeugen, wobei die Einstellungen und Randbedingungen von ANSYS automatisch aktualisiert werden.

Die beiden Berechnungen – einerseits der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder, andererseits der Strömungsanalyse – wurden für die Bestimmung des Temperaturfeldes der Antriebseinheit zu Grunde gelegt. Hierbei muss letztendlich eine transiente Berechnung

des Temperaturfeldes erfolgen, da die Leistungsentnahme im Fahrbetrieb nicht konstant ist und sich somit der Wärmestrom über die Zeit ändert. Mit dem gekoppelten Berechnungsmodell in ANSYS und einem analytisch berechneten Fahrmodell konnte eine optimale Kühlung für die Antriebseinheit entwickelt werden.

Messungen bestätigen die Simulationen

Bei der Entwicklung der Antriebseinheit wurde ANSYS nicht nur für die Kühlauslegung der Elektromotoren eingesetzt, sondern auch für Analysen in anderen Anwendungsbereichen genutzt. Unter anderem wurden die Kühlung der Akkus und die Bauteilfestigkeit des Akkugehäuses mit ANSYS Workbench berechnet. „Mit der Wahl der Berechnungssoftware ANSYS haben wir die richtige Entscheidung getroffen“, betont Christian Kunz – Leiter Kompetenzentwicklung bei der IGEL AG. „Sie ermöglicht uns umfassende numerische Berechnungen für die verschiedenen physikalischen Domänen. Durch die Kopplung der einzelnen Simulationen erzielen wir sehr genaue Ergebnisse, die immer wieder durch konkrete Messungen bestätigt werden. Ein großer Zusatznutzen erschließt sich uns durch den problemlosen Zugriff auf das Know-how von CADFEM. Sowohl der hervorragende Support als auch die Consulting-Dienstleistungen und das umfangreiche Schulungsangebot haben uns in unserer Entscheidung für ANSYS bestärkt. Denn CADFEM unterstützt uns bei der Lösung von schwierigen Aufgaben und bringt uns bei der Einarbeitung in neue Anwendungsbereiche schneller ans Ziel.“



InfoAutor

Christian Kunz
IGEL AG
christian.kunz@igel.ag

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Steffen Schiele
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-92
sschiele@cadfem.de

InfoVerwendete Software

ANSYS Workbench
ANSYS Maxwell
ANSYS CFX
ANSYS Simplorer