

Infoplaner

FEM: Software o Schulung | Entwicklung o Berechnung im Auftrag



Meyer Werft
Schlankheitskur
für ein Kreuzfahrtschiff

Virtual Paint Shop: Virtuelle Lacktrocknung bei der BMW Group

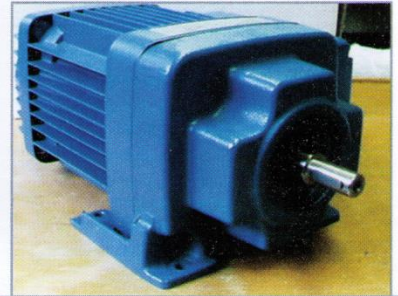
Computer Aided Optimization: Bauteile betriebsfest optimieren

WebScope: A Java-based Application for Product Collaboration

CADFEM

Elektrische Maschinen in kürzester Zeit generiert und gerechnet

Die Modellgenerierung elektrischer Maschinen besteht aus dem Aufbau der mechanischen Konstruktion von Stator und Rotor, der Verschaltung der einzelnen Spulen und Stäbe zu einem elektrischen Modell und der Vergabe von linearen und nichtlinearen Materialeigenschaften. Nach abgeschlossener Modellgenerierung stehen – menügesteuert – verschiedenste statische, harmonische und transiente Berechnungsmöglichkeiten zur Verfügung.



EM Design V2.1 bietet vielfältige Möglichkeiten

Ausgangssituation

Die Auslegung und Optimierung elektrischer Maschinen gehört in der Antriebstechnik nach wie vor zu den wichtigsten Tätigkeiten eines Elektroingenieurs. Zur Anwendung kommen Gleich-, Wechsel- und Drehstrommaschinen mit einfacher Speisung, aufgrund der einfachen Anwendung von Mikroprozessoren und Stromrichtern vermehrt komplexere Ansteuerungen mit Pulsansteuerung. Aufgrund dessen sind klassische Berechnungsverfahren nur noch selten anwendbar. Darüber hinaus muß das Materialeinsatz hinsichtlich Gewicht und Ausnutzung optimiert werden, was wiederum zu mechanischen Problemen (Schwingungen, Wärmeabfuhr) führen kann. Dem Konstrukteur elektrischer Antriebe steht mit EM Design ein Tool zur Verfügung, mit dem er den Antrieb mit numerischen und zukünftig auch analytischen Methoden berechnen, hinsichtlich der Rückwirkung zur Mechanik abschätzen und die Ansteuerung über Stromrichter-elemente in seine Berechnung integrieren kann.

Generierung des Stator und Rotormodells

EM Design ist mit einem eigenen Menü in ANSYS integriert und besteht aus einer großen Anzahl von Makros, die vom Menü gezielt aufgerufen werden. Zur Generierung der elektrischen Maschinen stehen viele Nut-, Pol- und Permanentmagnetformen zur Verfügung. Die Auswahl der Formen wird über eine eingebaute Hilfefunktion wesentlich unterstützt. Über Userdefinitionen oder kurzfristige Kundenanpassungen können fehlende Geometrien berücksichtigt werden. Die Verschaltung der Spulenanordnungen erfolgt für nahezu alle Maschinentypen automatisch, Kundenanforderungen können flexibel eingearbeitet werden. Für Drehstrommaschinen stehen Stern- und Dreieckschaltung in Serien- und totaler Parallelschaltung zur

Verfügung, für den Rotor von Asynchronmaschinen stehen Käfig- und Schleifringläufermaschinen zur Verfügung. Die Materialeigenschaften können linear oder nichtlinear berücksichtigt werden, die Magnetisierung von Permanentmagneten kann radial oder parallel vorgegeben werden.

Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Generierung des Finite-Element-Modells einer elektrischen Maschine und der anschließenden Berechnung und Auswertung ist klar vorgegeben und benutzergeführt. Nach Definition einiger grundlegender Daten, wie z.B. der Außen- und Innenradien des Stators und Rotors und der Eisenlänge, der maschinenspezifischen Daten, wie z.B. der Polpaarzahl und Nuten-, bzw. Polzahl, wird aus einer großen Anzahl von vordefinierten Nuten, Magneten und Schenkelpolen eine Grundkonstruktion ausgewählt und parametrisiert. EM Design baut anschließend auf der Grundlage dieser Daten zunächst das Modell des äußeren und in einem weiteren Schritt das innere System auf. Stator und Rotor können um ein- oder zweireihige Lüftungslöcher ergänzt werden, der Rotor zudem um eine Welle mit unterschiedlicher Materialvorgabe. Im Zuge der Generierung des Finite-Element-Modells wird besonderer Wert auf eine exakte und feine Diskretisierung des Luftspalts gelegt, die über einen Netzgenerierungsfaktor gesteuert werden kann. Nach Abschluß der Generierung werden Stator- und Rotorspulen verschaltet. Nach Abschluß der Generierung des Finite-Element-Netzes inklusive der Spulenverschaltung werden die Materialeigenschaften des Stator- und Rotorblechs, des Leitermaterials, der Permanentmagneten und der Welle linear oder nichtlinear definiert. Die Definition des Verhaltens der Maschine zum Außenraum, d.h. der Randbedingung, schließt die Modellgenerierung ab.

Berechnung von Gleichstrommaschinen

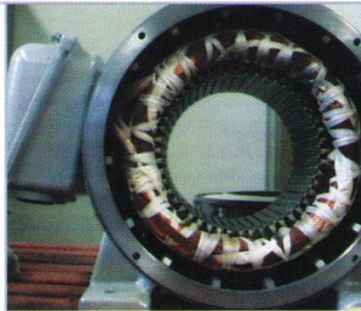
Die Berechnung der generierten elektrischen Maschinen ist über vielfältige statische, quasi-stationäre, harmonische und transiente Ansätze möglich, wobei die Berechnungsmöglichkeiten bereits über die Maschinendefinition vorselektiert werden. Gleichstrommaschinen können zunächst statisch hinsichtlich der Auslegung der Permanentmagnete oder der Polerregung analysiert werden und anschließend die Rückwirkung des Ankers mit in die Betrachtung einbezogen werden.

Berechnung von Asynchronmaschinen

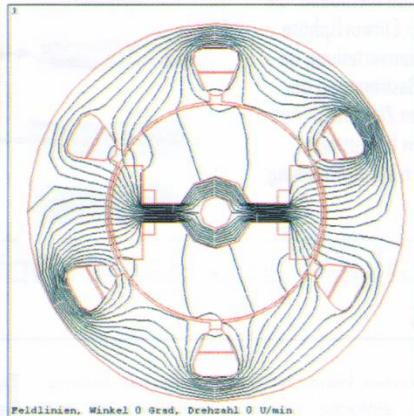
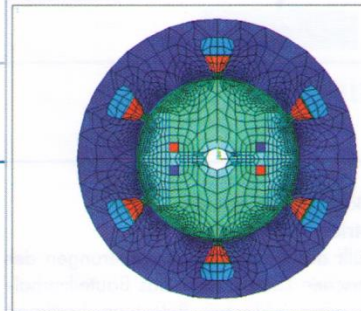
Asynchronmaschinen können harmonisch berechnet werden, wobei der Rotor stromlos geschaltet werden kann, um zunächst die Verhältnisse im absoluten Leerlauf ohne Rückwirkung der Statoroberströme zu ermitteln. Zur Funktionsanalyse elektrischer Maschinen können Animationen bei Variation der Zeit und der Stator-Rotorstellung erstellt werden. Darüberhinaus kann der Stillstand bei strombehaftetem Rotor berechnet werden. Rechnungen im Lauf und mit beiderseitiger Rückwirkung zwischen Stator und Rotor erfolgen über transiente Berechnung.

Berechnung von Synchronmaschinen

Synchronmaschinen können statisch hinsichtlich der Erregung durch Permanentmagnete oder Spulensysteme analysiert werden. Über die Möglichkeiten der transienten Berechnung können die induzierte Spannung, der Kurzschlussstrom, die Verhältnisse bei konstantem Widerstand an den Stator клемmen und das Verhalten bei fest vorgegebenem Lastwinkel ermittelt werden.



Polrad mit Gleichstrom erregt



Demonstrationsanordnung einer Synchronmaschine mit Schenkelpolen im Läufer

Auswertung

Zahlreiche Auswertungsmöglichkeiten, wie z.B. Kraft- und Drehmomentberechnung, Stator- und Rotorströme in Spulen und Zuleitungen, Spannungen und Leistungen, Luftspaltfeld, etc., sind standardmäßig über Plots und Tabellen integriert. Zusätzlich können alle von ANSYS standardmäßig bekannten Auswertungsmöglichkeiten Anwendung finden.

Spannungskurvenformen bei transienter Berechnung

Neben rein sinusförmiger Spannungsform für die transiente Berechnung von Drehstrommaschinen und bürstenloser Gleichstrommaschinen können auch an-, ab- und ausgeschnittener Sinus-, angeschnittenes Rechteck- und Trapezspannungsformen ausgewählt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die beschriebene Version von EM Design 2.1 auf der Basis von ANSYS bietet eine hervorragende Möglichkeit zur Berechnung vieler Typen elektrischer Maschinen. Der Konstrukteur bemerkt vom Finite-Elemente-System nur wenig und kann sich voll auf die Analyse der elektrischen Maschine konzentrieren, damit sind Schulungen in der Anwendung von ANSYS auf ein jedoch erforderliches Minimum reduzierbar. Die Berechnungs- und Analysemöglichkeiten sind vielfältig und unterstützen die Auslegung und das Verhalten der elektrischen Maschine. Neben der Berechnung von Asynchron-, Synchron- und Gleichstrommaschinen kann auch die momentan hochaktuelle Entwicklung bürstenloser Gleichstrommaschinen hilfreich unterstützt werden. Hierzu sind Berechnungsverfahren vorbereitet.

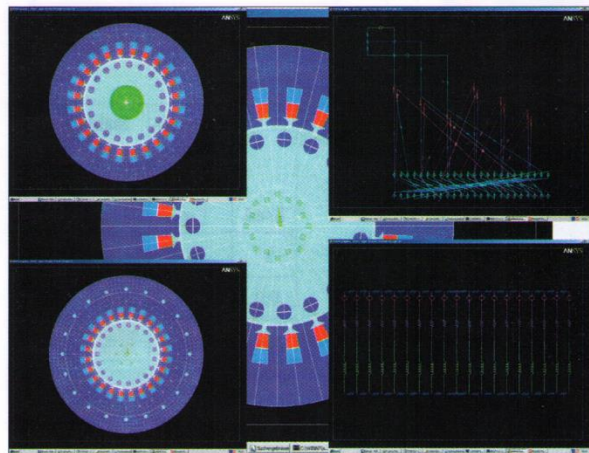
In späteren Versionen sind geplant:

Schwingungsberechnung des Blechpaketes von Ständer und Läufer, Akustikberechnung, Temperaturverteilung und Wärmeabstrahlung. Diese Erweiterungen sind mit ANSYS problemlos möglich. Obwohl EM Design in der aktuellen Version keine 3D-Modelle bietet, sind viele Maschinen berechenbar. Derzeit wird im Rahmen von Forschung die dreidimensionale Berechnung untersucht. Zudem wird EM Design in den Folgeversionen ergänzt, um analytische Berechnungsmethoden und die Ankopplung von Simulationswerkzeugen, wie z.B. Mathlab.

EM Design ist ein Zusatzmodul für ANSYS zur Berechnung elektrischer Maschinen

Die Highlights von EM Design

- ▣ In ANSYS integrierte Grafische Oberfläche
- ▣ Einfache Generierung der Geometrie
- ▣ Modellbibliothek (Nut-, Magnet- und Polformen)
- ▣ Automatische Netzgenerierung
- ▣ Netzfeinheit einfach steuerbar
- ▣ Automatische Erstellung der Spulenverschaltung
- ▣ Statische, harmonische und transiente Berechnungen



Stator und Rotor können mit ein- und zweireihigen Lüftungslöchern ergänzt, die Welle kann in die Berechnung mit unterschiedlichen Materialien einbezogen werden. Die Verschaltung des Stators und Rotors ist auf unterschiedliche Arten möglich und aufgrund der Visualisierung nachvollziehbar

Mehr Information zu
EM Design
ANSYS

Kennziffer
A-07
A-01