

Berührungslos gekuppelt

Magnetgetriebe erhöhen die Lebensdauer von Offshore-Windparks.

Zachary Conrad

Bei Sintex kommt eine Multiphysik-Simulation zum Einsatz, um berührungslose Magnetkuppelungen zu entwickeln und zu analysieren. Solche Systeme werden deutlich die Zuverlässigkeit, Medientrennung und das Auffinden wesentlicher Komponenten in Offshore-Windkraftanlagen und chemischen Pumpenanwendungen verbessern.

Ob Fahrzeugmotor, Windkraftanlage oder so etwas Einfaches wie eine Armbanduhr, die Drehmomentwandlung und die Übertragung der Drehkraft sind für verschiedene technologische Anwendungen wichtig. Traditionell erfolgt die Übertragung durch eine Reihe von kollinearen mechanischen Getrieben oder Wellen, die das Drehmoment und damit die Leistung übertragen. Doch die mechanische Übertragung hat ihre Grenzen, nämlich die Anfälligkeit für Reibung, Verschleiß und Überlastung durch den ständigen Kontakt. Da sich der Anwendungsbereich der Technologie immer weiter in widrigere und anspruchsvollere Umgebungen ausdehnt, können diese Einschränkungen extrem nachteilig sein. An Orten mit schlechter Zugänglichkeit und rauen Bedingungen ist der Austausch ausgefallener Getriebe eine anspruchsvolle und äußerst kostspielige Aufgabe.

Reibungsfreie Kraftübertragung

Die Ingenieure von Sintex haben eine innovative Alternative entwickelt, die Robustheit und Zuverlässigkeit bietet: Magnetkuppelungen. Das Wesentliche dabei ist, dass die Kraftübertragung nicht über mechanische, sondern über

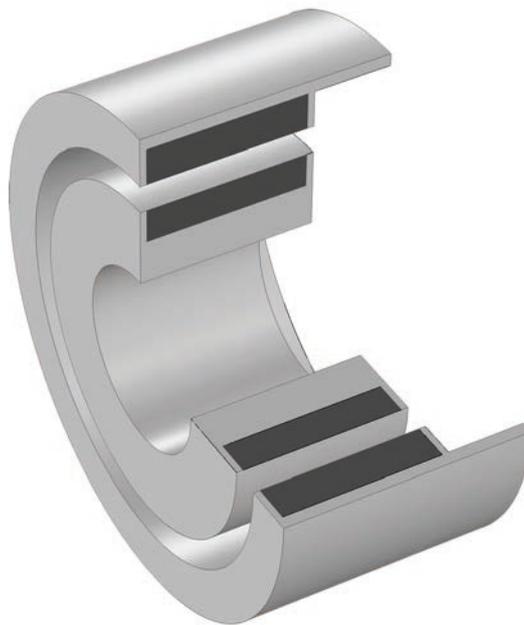


Abb. 1 Solche Magnetkuppelungen lassen sich mittels Multiphysik-Simulation entwickeln.

magnetische Kräfte erfolgt, was Kontakt und Verschleiß vermeidet und die Lebensdauer des Getriebesystems drastisch verbessert. Die Kraftübertragung erfolgt über eine Drehmomentkopplung zwischen konzentrischen Permanentmagneten (Abb. 1). Eine Stromquelle bewirkt, dass sich ein Antrieb dreht, während die Kopplung der Magnetfelder zwischen den Antrieben den zweiten mit der gleichen Geschwindigkeit dreht. Dieses System ermöglicht die Übertragung der Drehkraft wie bei mechanischen Getrieben, jedoch ohne Reibung und Überlastungsgefahr. Wenn das vom Motor übertragene Drehmoment zu hoch ist, verhindert die Kupplung, dass zu große Mengen auf die Welle aufgebracht werden. Diese Begrenzung vermeidet, dass die Welle ein höheres Drehmoment als das, wofür sie ausgelegt ist, erfährt und sichert so den Betrieb unter den vorgesehenen Bedingungen.

Die berührungslosen Magnetkuppelungen von Sintex sind ideal für Kunden in Offshore-Windkraftanlagen und Industrien, die

komplexe Pumpsysteme einsetzen. Offshore-Windparks werden zunehmend integraler Bestandteil der Stromerzeugung, erfordern aber aufgrund der schwierigen Reparaturmöglichkeiten sehr zuverlässige Komponenten. In einigen Turbinen übertragen Magnetkuppelungen die Energie vom Motor auf Wasserpumpen, welche die elektrischen Komponenten 24 Stunden am Tag kühlen. Bei diesen Ferninstallationen sind vorbeugende Wartungen oder Reparaturen aufwändig und teuer, sodass die Zuverlässigkeit von Magnetkuppelungen von unschätzbarem Wert ist. Der Luftspalt zwischen den Antrieben ermöglicht zudem den Einbau eines Separators (Abb. 2), der eine Medientrennung und geschlossene Systeme für den Einsatz in der Chemie- und Lebensmittelindustrie ermöglicht. Völlig leckagefreie Pumpsysteme sind auch für den Transport, das Mischen, Rühren und Mahlen von Chemikalien und toxischen Stoffen entscheidend.

Zachary Conrad,
Multiphysics Marketing Engineer,
COMSOL, Inc.,
100 District Avenue,
Burlington, MA
01803, USA, www.comsol.de
Kontakt:
Julia Fricke, Marketing Manager,
Comsol Multiphysics GmbH,
Robert-Gernhardt-Platz 1, 37073
Göttingen,
www.comsol.com

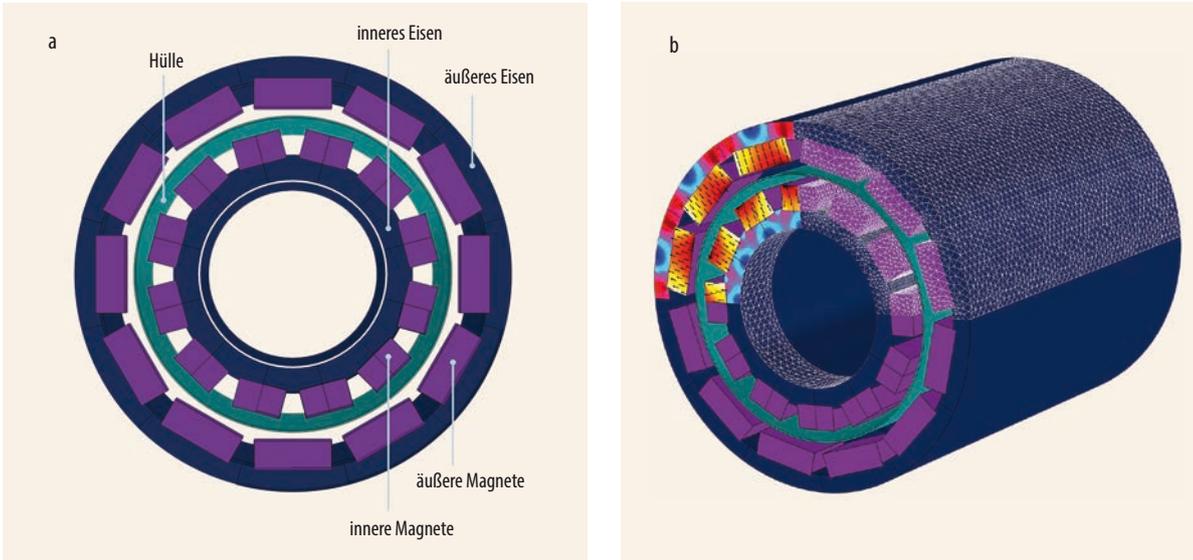


Abb. 2 Das Bild zeigt die Vorderansicht einer Magnetkupplung (a). Im 3D-Modell einer Magnetkupplung sind die Temperatur-

verteilungen der Magnete, die magnetischen Flussdichten durch das Eisen und das Netz dargestellt (b).

Magnetisch gekuppelt

Die Magnetkupplungen von Sintex (Abb. 3) kommen in vielen Anwendungen zum Einsatz und müssen aufgrund vorgegebener Randbedingungen, z. B. Gewichts- oder Materialanforderungen und geometrische Einschränkungen, individuell angepasst werden. Während der Konstruktion müssen die Ingenieure in der Lage sein, Formen und Materialien von Magneten auszutauschen, um die Anforderungen ihrer Kunden zu erfüllen, ohne physische Prototypen bauen zu müssen. Denn das Herstellen magnetischer Prototypen ist kostspielig und zeitaufwändig. Um Zeit zu sparen, nutzt Sintex die Multiphysik-Simulation, um Konfigurationen zu charakterisieren und virtuelle Prototypen von Designs zu erstellen. Flemming Buus Bendixen, ein Senior-Magnetspezialist bei Sintex, verwendet seit zwanzig Jahren die Finite-Elemente-Analyse, wobei COMSOL Multiphysics® sein Hauptwerkzeug ist.

„Einer der großen Vorteile von COMSOL aus meiner Sicht ist, dass man viele verschiedene Arten von Simulationen durchführen kann; man kann viele physikalische Aspekte einbeziehen und diese können miteinander interagieren“, sagt Bendixen. Sein Team verfügt über eine Fülle unglaublich detaillierter und komplexer Modelle, und auf-

grund der intensiven Verifikation und Validierung, welche die Modelle durchlaufen, vertraut das Team voll auf sie. Das spart nicht nur Zeit, sondern senkt auch den Preis und ermöglicht eine stärkere Fokussierung auf die feineren Details.

Ohne Risiko

Mithilfe der Multiphysik-Simulation untersucht Bendixen die Wechselwirkungen zwischen den Antrieben einer Magnetkupplung und berechnet die Drehmomentübertragung vom Außenantrieb zum Innenantrieb. Da der Hauptzweck von Magnetkupplungen darin besteht, das maximale Drehmoment und die maximale Leistung entlang einer Achse zu übertragen, ist die Drehmomentübertragung die bestimmende Eigenschaft. Da-

her wird sie auf verschiedene Arten berechnet, einschließlich Maxwells Spannungstensor, Nachbearbeitungsmethoden und der Arkio-Methode. Die Analyse wird durch Experimente verifiziert und hat Fehler von nur einem Prozent geliefert, was der Genauigkeit des Modells entspricht. Während der Entwicklung einer neuen Konstruktion lässt sich das Modell verwenden, um das in einer bestimmten Konfiguration übertragene Drehmoment zu maximieren.

Da Dauermagnete und ihre Felder zahlreiche Nebeneffekte hervorrufen, unternimmt Bendixen erhebliche Anstrengungen, sie zu modellieren. In Metallen wie dem Stahlblech in der Kupplung erzeugen die äußeren Magnetfelder Wirbelströme, die zu elektrischen Verlusten führen. Die sich verschie-

Abb. 3 Standard-Magnetkupplungen



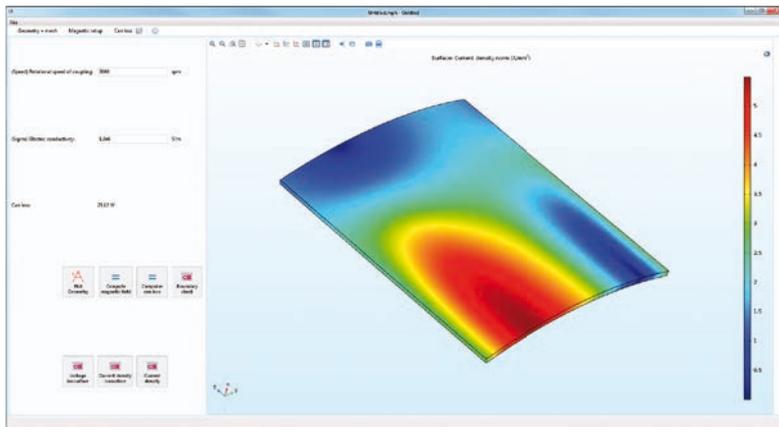


Abb. 4 Dieser Teil der Simulations-App modelliert die induzierte Wirbelstromdichte in der Hülle und berechnet den resultierenden Energieverlust.

gen Spannungen im Stahl; dieser leitet Strom, der die Energie aus dem System ableitet. Diese Verluste sind als Hüllenverluste (Can Losses) bekannt, die mit Nachbearbeitungswerkzeugen in der Software simuliert und so weit wie möglich reduziert werden müssen. Vor kurzem hat das Team eine Maschine entwickelt, die experimentell die Hüllenverluste von Designs testet und die Genauigkeit ihres Modells auf wenige Prozent bestätigt.

Multiphysik-Simulation kann eine optimale Magnetisierung des Arrays gewährleisten. Durch den Einsatz hochgradig nicht-linearer Hysteresekurven und die Nutzung eigener Materialtemperaturabhängigkeiten für die magnetische Belastung helfen die Simulationen zu verhindern, dass die Dauermagnete ihre kritische Temperatur erreichen und irreversibel entmagnetisiert werden, was für die Zuverlässigkeit der Produkte von entscheidender Bedeutung ist. Es ist sehr wichtig, die Temperatur zu kennen, der die Magnete standhalten. Mit COMSOL Multiphysics lässt sich das ganz genau berechnen.

Bendixen nutzt die Flexibilität der Multiphysik-Simulation durch den Import der Sintex-Magnetmaterialbibliothek, die eine Vielzahl von individuellen magnetischen Konfigurationen ermöglicht.

Kompetenz auf Knopfdruck

Nachdem Sintex mit der Komplexität ihrer Modelle vertraut war, bestand der nächste Schritt darin, ihre Verwendung zu erweitern und sie für Nicht-Simulationsexperten zugänglicher zu machen. Früher, als Vertriebsmitarbeiter und andere Kollegen, die sich nicht mit Simulation auskannten, Tests an Konstruktionen durchführen mussten, gingen sie zu Bendixen, um alle Berechnungen durchführen zu lassen.

Er entwickelte Simulations-Apps auf Basis seiner Multiphysik-Modelle und erreichte damit eine bisher unerreichte Produktivität und Komfort beim Simulieren. Sintex verwendet derzeit zehn verschiedene Simulations-Apps mit bis zu zwanzig verschiedenen Benutzern. Die Apps werden direkt in COMSOL Multiphysics® über den Application Builder erstellt und lassen sich über einen Webbrowser über die Verbindung zum COMSOL Server™ aufrufen. Die vereinfachte Benutzeroberfläche bietet allen Mitarbeitern eine unkomplizierte Handhabung. Ausgewählte Kunden erhalten sogar Zugriff auf diese Apps und deren Rechenleistung.

Simulations-Apps erlauben es dem Anwender, Parameter zu variieren, ohne das zugrundeliegende Berechnungsmodell ändern zu müssen. „Vertriebsmitarbeiter

können die Abmessungen ändern und Simulationen durchführen, während sie am Telefon mit Kunden sind, um die Übereinstimmung mit ihren Spezifikationen innerhalb von Minuten zu überprüfen“, sagt Bendixen. Trotz der einfachen Schnittstelle gibt es immer noch eine große Flexibilität, um bei Designiterationen innovativ zu sein. Mit den Apps von Sintex kann der Anwender geometrische und magnetische Parameter einstellen. Das Modell berechnet die kritischen Temperaturen der Magnete, Remanenzverteilungen, Magnetfeldflussdichten, Drehmomente und Hüllenverluste. Abb. 4 ist ein Beispiel für eine App, welche die im Separator erzeugten Wirbelströme simuliert. Aus diesen Strömen lässt sich die resultierende Verlustleistung berechnen. Jetzt können Personen in allen Phasen der Entwicklung zum Designprozess beitragen und helfen, die Zuverlässigkeit ihrer Produkte zu maximieren.

Blick in die Zukunft

Sintex entwickelt auch ein neuartiges magnetisches Reluktanzgetriebe, das den Anwendungsbereich von Zahnrädern erweitern wird. Neben der zuverlässigen, berührungslosen magnetischen Übertragung des Drehmoments können diese Getriebe die Drehzahl oder das Drehmoment zwischen den Antrieben verändern. Dies bietet mechanische Vorteile bei festen Übersetzungsverhältnissen. In einem einzigartigen Konstruktionsmerkmal enthalten diese Getriebe nur einen Permanentmagneten mit einer Magnetisierung parallel zu den Wellen, was die Montage erheblich vereinfacht und einen hohen Grad an Individualisierung ermöglicht. Mit Simulations-Apps, die mehr Mitarbeiter in den Prozess einbeziehen, kann Bendixen mehr Zeit damit verbringen, alle magnetischen Technologien von Sintex konsequent zu verbessern.