

Hochspannungstechnik mit zuverlässiger Mechanik

Automatisierte Simulation von Schraubverbindungen

Seit rund 90 Jahren ist MR als Kürzel der Maschinenfabrik Reinhausen bei Transformatorenherstellern und -betreibern ein Begriff, der mit Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie Kompetenz und Expertenwissen verbunden wird, denn die Langlebigkeit der Stufenschalter von MR ist legendär. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass von allen jemals von MR gebauten Stufenschaltern mehr als 80 % auch heute noch in Betrieb sind.

Das Kerngeschäft von MR befasst sich mit der Regelung von Leistungstransformatoren, vor allem mit Hilfe von Stufenschaltern, die das Übersetzungsverhältnis der Primär- zur Sekundärwicklung an wechselnde Lastverhältnisse anpassen und eine störungsfreie Stromversorgung sicherstellen. Das Regensburger Unternehmen mit weltweit 27 Tochter- und Beteiligungsgesellschaften hat im Geschäftsjahr 2012 mit etwa 2.700 Mitarbeitern einen Umsatz von 630 Millionen Euro erwirtschaftet. Um die weltweite Marktposition von MR anschaulich zu erläutern, erklärt Dr. Oliver Sterz, Manager Computer Aided Simulation bei MR: „Etwa 60% des weltweiten Stroms fließen durch Schalter von MR. Damit der Mehrwert für die Kunden noch weiter erhöht wird, bauen wir das Wissen zur optimalen Auslegung der Stufenschalter und zur Generierung neuer Lösungen kontinuierlich aus.“ Dazu gehören sowohl das theoretische als auch das praktische Know-how und letztendlich auch die verschiedensten simulationstechnischen Betrachtungen. Diese vertiefen das Verständnis der Vorgänge im Gesamtsystem aus Stufenschalter und Transformator.



Bild 1: Leistungstransformator mit Laststufenschalter und Antrieb.

Sichere Auslegung von Schraubverbindungen

Auf Basis eines kontinuierlichen Wissensaufbaus, auch mittels der Simulation, werden die bestehenden Produkte ständig optimiert und Innovationen für neue Produkte generiert. Da für das Schalten der elektrischen Energie viele mechanische Komponenten notwendig sind, zum Beispiel Federenergiespeicher, spielt auch die Qualität der Schraubverbindungen eine wichtige Rolle bei der Zuverlässigkeit und

Bild 2: Laststufenschaltersatz VACUTAP® VM.

Langlebigkeit der Produkte. Folglich wird entsprechende Simulationssoftware für die sichere Auslegung von Schraubverbindungen eingesetzt. „Mit unserem bisherigen Workflow in der Konstruktion, mit dem wir die Berechnung der Schraubverbindungen nach VDI 2230 durchführten, konnten wir sowohl das Verhalten von Kunststoffkomponenten als auch von Spannscheiben und Tellerfedern nicht exakt berechnen“, erläutert Berechnungsingenieur Thomas Huber. „Deshalb haben wir für die Berechnung von Schraubverbindungen die bei uns etablierte analytische Software durch ANSYS ergänzt.“

Die steigende Zahl von Anfragen an die Simulationsabteilung bezüglich der Simulation von Kunststoffkomponenten in Schraubverbindungen führte dazu, dass über eine automatisierte Lösung nachgedacht wurde, da Schraubverbindungen immer nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind. MR nutzt nicht nur ANSYS als primäre Software für die mechanische Berechnung, sondern hat auch engen Kontakt zu CADFEM, dem ANSYS Competence Center FEM. Beispielsweise wird auf Consulting-Dienstleistungen von CADFEM zurückgegriffen, wenn die Mitarbeiterkapazitäten von MR nicht ausreichen. Darüber hinaus werden von CADFEM projektbezogene Schulungen durchgeführt, um die Effizienz der Simulationsanwendungen bei MR zu erhöhen. Auch bei der Realisierung einer automatisierten Simulation für Schraubverbindungen mit ANSYS Workbench wurde auf das Know-how von CADFEM zurückgegriffen.

Höchste Qualität auch bei der Langlebigkeit

Neben statischen Effekten aufgrund der Belastung in Form einer Flächenpressung durch die Schraubenvorspannkraft sollte die automatisierte Berechnung auch Langzeiteffekte wie das Kriechen der Kunststoffe berücksichtigen, da die Produkte von MR sehr langlebig sind und trotzdem jederzeit sicher funktionieren müssen. „Diese Effekte wurden bisher durch Überdimensionierung abgefangen“, berichtet der Berechnungsingenieur Jürgen Niesner, „aber jetzt wollen wir Schraubverbindungen von Kunststoffteilen unter anderem mit Simulationen optimieren, um z.B. Baugrößen zu reduzieren. Dazu müssen wir die Grenzen

„Mit dem Automatisierungsprojekt konnte der Zeitaufwand, den die Mitarbeiter für die ANSYS Berechnung benötigen, auf etwa ein Drittel reduziert werden.“

Dr. Oliver Sterz, Manager Computer Aided Simulation bei MR

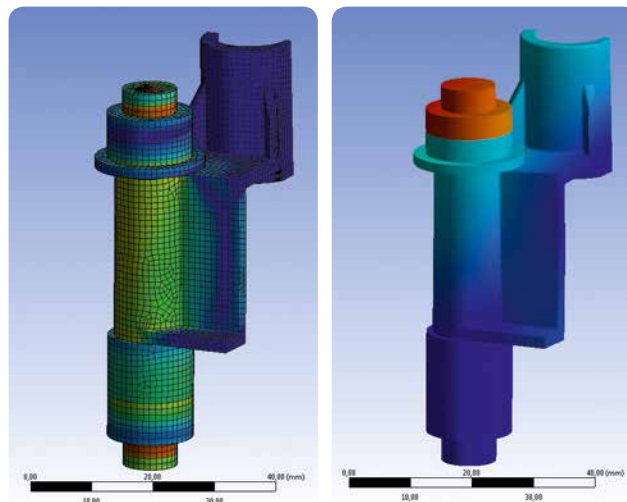


Bild 3: Modell einer Schraubverbindung; Vergleichsspannung (links) und Verformung (rechts) innerhalb der Baugruppe.

der zulässigen Belastungen herausfinden, wobei natürlich die Qualität und Sicherheit weiterhin die höchste Priorität haben.“

Zur Vorbereitung der Automatisierung wurde analysiert, wie sich das CAD-Modell vereinfachen lässt, wie es zu vernetzen ist, mit welchen Richtwerten gerechnet werden soll und welche manuellen Eingaben jeweils notwendig sind. Anschließend wurden die Details nochmals mit CAD-FEM abgestimmt, bevor das Projekt schrittweise realisiert wurde. Für die automatisierte Berechnung wird ein vereinfachtes, parametrisches 3D-Modell übergeben, das im CAD-System über eine MS-Excel-Tabelle erzeugt wurde. Dieses standardisierte Modell enthält die benötigten Bauteile wie Schraube und Mutter sowie den Aufbau dazwischen, der sich aus Kunststoffbauteilen und gegebenenfalls Setzsicherungen (Spannscheiben, Tellerfedern) in vereinfachter Weise zusammensetzt.

Zum Bild 3 erklärt Thomas Huber: „Bezüglich der Flächenpressung werten wir die einzelnen Bauteile aus und analysieren die Kräfte, die im Schraubverband bei verschiedenen Temperaturen und nach vorgegebenen Zeitspannen der Temperaturbeaufschlagungen herrschen.“ Der systematische Einblick in die Ergebnisse und die Variation der Analysen geben den Konstrukteuren ein besseres Verständnis für die Zusammenhänge, wie sich Schraubverbindungen in den unterschiedlichen Belastungssituationen verhalten.

Die Automatisierung ist so konzipiert, dass sie auch von Konstrukteuren ohne FEM-Erfahrung eigenständig bedient werden kann. „Wir sind jetzt aber noch in der Lernphase, in der sie von den Berechnungsingenieuren umfassend getestet und wenn erforderlich angepasst wird“, berichtet Jürgen Niesner. „Denn einerseits ist die Kriechsimulation nicht trivial und andererseits arbeiten wir noch an der Verifikation und der Feinabstimmung unserer Materialmodelle.“

Mit diesem Automatisierungsprojekt konnte der Zeitaufwand, den die Mitarbeiter für die ANSYS Berechnung benötigen, auf etwa ein Drittel reduziert werden. Dr. Oliver Sterz sieht aber noch weitere Vorteile: „Zunächst haben wir wie erwartet unser Ziel erreicht und können jetzt auch die Federwirkung innerhalb einer Schraubverbindung automatisiert realistisch abbilden. Zusätzlich haben wir einen Informationsgewinn sowohl bezüglich

des Kriechverhaltens der Kunststoffbauteile als auch zur Realisierung von Automatisierungsprojekten erzielt. Damit ist die Schwelle für weitere Projekte dieser Art erheblich gesunken, wobei die sehr gute Zusammenarbeit mit CADFEM ein wichtiges Erfolgskriterium war. Grundsätzlich sehen wir uns im Simulationsbereich nicht nur in Bezug auf die Auslegung von Schraubverbindungen für die Zukunft gut gewappnet.“

InfoUnternehmen
www.reinhausen.com/de



InfoAnsprechpartner | CADFEM
Gerhard Zelder
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-87
gzelder@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Workbench