

■ Der Strom der Erwärmung

Thermische Beanspruchungen lassen sich vermeiden

Ihre Leistungstransformatoren hat die Starkstrom-Gerätebau (SGB) nicht nur für hohe Ansprüche an Zuverlässigkeit und Langlebigkeit ausgelegt, sondern auch so konstruiert, dass möglichst geringe Leerlauf- und Lastverluste entstehen. Um die Wärmeentwicklung in den Transformatoren durch diese Verluste genauer bestimmen zu können, setzt das Regensburger Unternehmen die Simulationssysteme ANSYS Maxwell und ANSYS Workbench ein.

Von Gerhard Friederici,
CADFEM GmbH, Grafing bei München

Dabei werden mit Maxwell das magnetische Feld simuliert und der Ohmsche Widerstand berechnet, der zu Wärmeverlusten führt. Die so ermittelten Verluste werden anschließend an ANSYS Workbench übergeben, wo sie als Grundlage für die Berechnung der Wärmeverteilung dienen. Für die strukturmechanischen Be-

rechnungen nutzt SGB Regensburg das eCADFEM-Angebot, ein on-Demand Service der CADFEM GmbH, der per Internet-Verbindung einen schnellen und wirtschaftlichen Zugriff auf ANSYS ermöglicht. Mit diesem Angebot wird die Software-Nutzung sekundengenau abgerechnet, wobei alle Berechnungsdaten auf dem Rechner des Kunden bleiben und die gesicherte Arbeitsumgebung nicht verlas-

Die SGB Unternehmensgruppe und die Schwesterunternehmen der SMIT Gruppe – mit Standorten in Deutschland, Holland, USA und Malaysia – gehören zu den weltweit führenden Herstellern von Leistungstransformatoren. Sie decken im Transformatorenbau das gesamte Leistungsspektrum ab, wobei sich die Einsatzgebiete hauptsächlich auf Kraftwerke und Umspannwerke konzentrieren und dementsprechend die Kunden bei den

SGB deckt beim Bau von Leistungstransformatoren das gesamte Spektrum ab

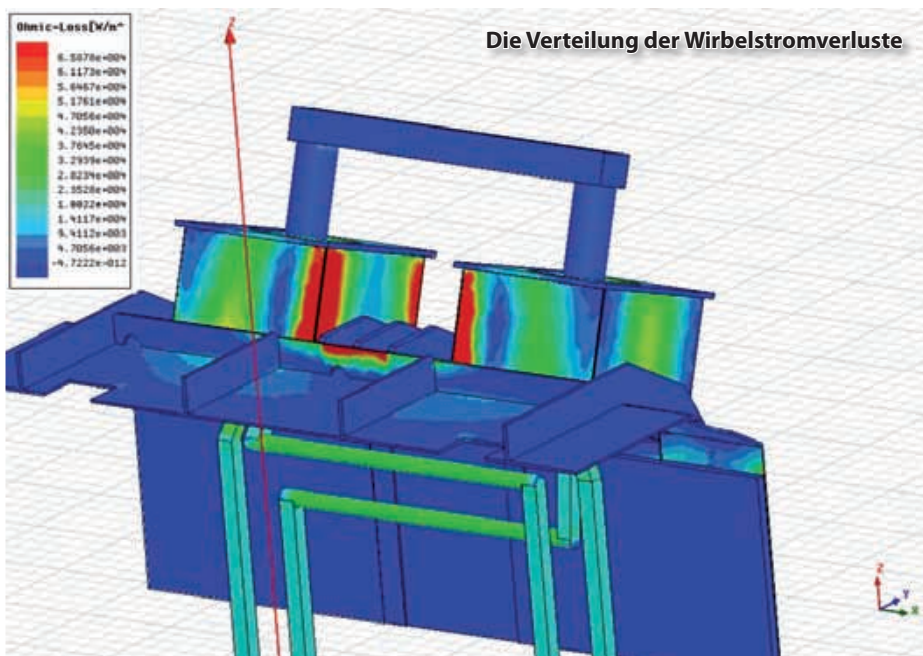


Energiekonzernen und in deren Umfeld zu finden sind.

Lokal treten starke Erwärmungen auf

Speziell bei sehr großen Transformatoren, bei denen einige Tausend Ampere durch den Trafodeckel geleitet werden müssen, können lokal aufgrund des hohen Stromes große Verluste entstehen. Folglich treten lokal auch starke Erwärmungen auf. Das gab den Anstoß zur Vergabe einer Bachelor-Arbeit, in der untersucht wurde, inwieweit sich dieses Phänomen mit einer Software-Lösung abbilden lässt, so dass die Erwärmung am Rechner simuliert werden kann. Dadurch wird schon in der Konstruktionsphase die lokale Wärmeentwicklung berechenbar, so dass frühzeitig und ohne viel Aufwand eine Optimierung mit Hilfe von virtuellen Prototypen und entsprechender Simulations-Software erfolgen kann.

»Mit Frau Svitlana Schmidt fanden wir eine Studentin, die an der Fakultät Maschinenbau der Hochschule Regensburg bei Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kauke die Aufgabe übernahm und im September 2010 eine entsprechende Bachelor-Arbeit ablieferte«, sagt Dipl.-Ing. Franz Schatzl, Leiter Technik Netztransformatoren bei SGB in Regensburg. Das Thema der Bachelor-Arbeit lautete: Analyse und Modifizierung der thermischen Beanspruchung im Bereich einer Hochstromdurchführung, hervorgerufen durch niederfrequente magnetische Wechselfelder anhand der Finite-Elemente-Methode. Die Hauptaufgabenstellungen lagen einerseits in der Berechnung der Verluste und andererseits in der



Simulation der Temperaturverteilung, die sich aus den Verlusten ergab.

Wirbelstromverluste werden berechnet

Dazu war es notwendig, von einem 500-MVA-Transformator ein dreidimensionales Modell des Kessels und speziell des Trafodeckels für die Berechnung aufzubereiten, wobei auf die vorhandene 3D-CAD-Geometrie zurückgegriffen werden konnte. Anhand des magnetischen Feldes im Deckel ließen sich dann die Wirbelstromverluste berechnen, und die Temperaturverteilung im Deckel und insbesondere in den Deckelverstärkungen konnte simuliert werden.

Für diesen Trafotyp waren bereits sehr genaue Temperaturuntersuchungen mit einer Wärmebildkamera durchgeführt wor-

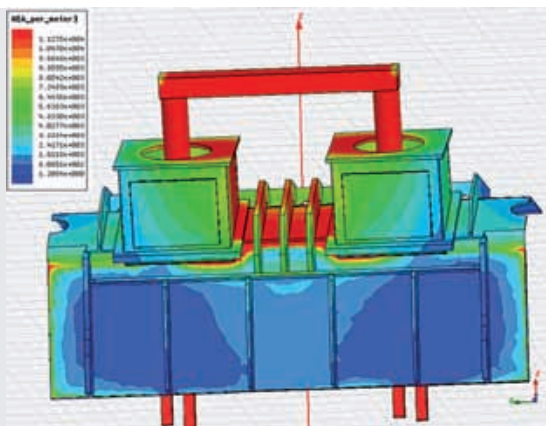
den, weil das Problem von zu hohen lokalen Temperaturen aufgetreten war und kurzfristig gelöst werden musste. Dazu wurden konstruktive Abhilfemaßnahmen getroffen und anschließend das Temperaturverhalten mit der Wärmebildkamera erneut untersucht, um zu überprüfen, ob die Temperatur an den bisher kritischen Stellen auf ein niedrigeres Niveau gesenkt werden konnte.

»Wir haben auf der Unterspannungsseite am Deckel, genauer gesagt an der äußeren Verstärkungen des Deckels, 140 °C gemessen«, erläutert Franz Schatzl. »An der Außenseite erwärmen sich die Verstärkungen mehr, weil sie nur durch Luft gekühlt werden und nicht wie auf der Innenseite durch Öl, was grundsätzlich besser funktioniert. Folglich mussten wir konstruktive Kühlungsmaßnahmen ergreifen.« Da der Transformator aus wirtschaftlichen Gründen nicht völlig neu konstruiert werden konnte, bestanden hauptsächlich nur Veränderungsmöglichkeiten an den äußeren Verstärkungen.

Nutzung der parametrischen Schnittstelle von ANSYS

Für die Berechnungen und den Aufbau des Simulationsmodells mussten die erforderlichen Materialkennwerte wie E-Modul, elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie Permeabilität zur Verfügung

Die Simulationsergebnisse: Die Temperaturverteilung in der Verstärkung des Transformatorkessels



stehen und auch die Übergänge, zum Beispiel von Stahl auf Luft und von Stahl auf Öl, berücksichtigt werden. Dazu wurde die Geometrie vom CAD-System über die parametrische Schnittstelle in ANSYS Maxwell importiert, dort wurden die Verluste ermittelt, um sie anschließend in ANSYS Workbench zu übertragen und dann die Temperaturverteilung zu berechnen.

Im Anschluss wurden die Simulationsergebnisse mit den Aufnahmen der Wärmebildkamera aus den Versuchsergebnissen verglichen. »Wir waren von den Simulationsergebnissen sehr positiv überrascht, denn sie lagen fast genau bei den mit der Wärmebildkamera gemessenen Werten und hatten nur ein Abweichung von 2 Kelvin«, betont Franz Schatzl. »Wir hatten eher mit ± 5 Kelvin gerechnet. Zu den Ergebnissen darf man Frau Schmidt und dem unterstützenden Team aus der Technik gratulieren. Die Aufgabe wurde bravourös gemeistert, und die Ergebnisse konnten direkt in der Praxis angewendet werden.

Simulationen mit diversen Trafovarianten

Für die Ingenieure in der SGB-SMIT Unternehmensgruppe bringt der gemeinsame Einsatz von ANSYS Maxwell und ANSYS Workbench viele Vorteile. Durch die Simulations-Software können sie vor der eigentlichen Fertigung diverse Trafovarianten untersuchen, um dann die optimale Variante für die Fertigung zu wählen. Schon nach relativ kurzer Einarbeitungszeit ließen sich verwertbare und hilfreiche Simulationen realisieren, mit denen Zeit und Kosten gespart wurden, da langwierige und aufwändige Versuche reduziert werden konnten.

Dazu ergänzt Franz Schatzl: »Wir haben festgestellt, dass wir mit relativ einfachen Mitteln die Temperaturverteilung am Transformator simulieren können. Insgesamt sind wir mit unserer Software-Landschaft auf dem richtigen Weg, denn 3D-Modelle lassen sich als Grundlage der Konstruktion und Entwicklung auch für die Simulation aufbereiten und verwenden.« Die bisherigen Simulationen haben gezeigt, dass bestimmte Konstruktionsvarianten bei sehr hohen Stromstärken von mehr als 6000 A nicht sinnvoll sind. Dagegen treten im niedrigeren Ampere-Bereich keine Probleme auf. Speziell bei den äußeren Versteifungen im Deckelbereich, die nur von Luft gekühlt werden, muss bei hohen Stromstärken besonders auf die Anordnung und Auslegung geachtet werden.

»Weil eine nachträgliche Fehlerbehebung sehr aufwändig ist und Terminverzögerungen für alle Beteiligten ärgerlich sind, wollen wir diese Probleme ausmerzen bzw. auf ein Minimum reduzieren. Die Software-Lösungen von CADFEM und das unterstützende Know-how, das wir von den CADFEM-Mitarbeiter erhalten, bringen uns dabei einen großen Schritt voran. Deshalb sollen die Simulationsanwendungen bei uns weiter forciert und ausgebaut werden.« (ha) □

CALL FOR PAPERS



Auf dem **3. Energie&Technik Smart Home & Metering Summit**, am 23. und 24. Oktober 2013 in München, dreht sich alles um die Themen **Smart Home, Smart Metering, Smart Grid**.

Senden Sie uns jetzt Ihre Beiträge unter anderem zu folgenden Themen:

- Hausvernetzung & Automatisierung: Lighting, Heizungs-/Klima-/Energie-/Speicher-Steuerung, Sicherheitseinrichtungen, Sensoren
- Schnittstellen für intelligente Hausgeräte/Heizungen/Energiespeicher
- Smart Meters, Gateways: Aufbau, Funktionsumfang, Kommunikation
- Neue Geschäftsmodelle rund um das Smart Home
- Standardisierungsaktivitäten

Einsendeschluss für Vortragsvorschläge ist der 8. Mai 2013!

ENERGIE & TECHNIK SUMMIT
Smart Home & Metering

Detaillierte Informationen:
www.smart-home-summit.de