

Numerische Berechnungen zur Wärme- und Antriebsauslegung von Schaltgeräten

Frank Barcikowski

Die Arbeit behandelt Simulationen komplexer Zusammenhänge in Niederspannungsschaltgeräten an zwei unterschiedlichen Problemstellungen der Schaltgerätetechnik.

Im ersten Teil, der Berechnung zum Wärmehaushalt von Schaltgeräten, wird ein handelsübliches Schaltgerät mittels einer dreidimensionalen FEM - Rechnung nachgebildet. Bei der Modellbildung werden Geometrievereinfachungen vorgenommen. Die Kontaktstücke und Schraubverbindungen werden durch Ersatzmaterialien so nachgebildet, dass der Spannungsabfall in der Simulation an diesen Stellen dem gemessenen entspricht. Die Zuleitungen werden nicht explizit modelliert, sondern durch einen thermischen Widerstand ersetzt. Zur Nachbildung des Wärmetransfers des Schaltgerätes an die Umgebung wird eine Strömungsrechnung durchgeführt, aus der der Wärmeübergangskoeffizient als Randbedingung für das Schaltermodell gewonnen wird. Die Relevanz der einzelnen Wärmeübertragungsmechanismen innerhalb des Schaltgerätes werden untersucht. Hierzu wird ein Verfahren entworfen, um die Energietransferleitungen in den Luftraum aus den Ergebnissen der Temperaturrechnung für die Wärmeleitung und die Wärmestrahlung zu ermitteln. Zur Berechnung der Strömung innerhalb des Schaltgerätes wird ein Verfahren entwickelt, um eine gekoppelte Strömungs- Temperaturfeldberechnung durchzuführen. Dieses Verfahren wird aufgrund von Lizenzbeschränkungen an einem einphasigen Modell durchgeführt. Für das untersuchte Schaltgerät ergibt sich, dass für eine Betrachtung der Wärmeübertragungsmechanismen innerhalb des Schaltgerätes die Konvektion und Strahlung vernachlässigt werden können.

Die Übereinstimmung der Messungen mit der Berechnung des Temperaturprofils des dreiphasigen Schalters für eine elektro - thermische Berechnung unter Vernachlässigung der Effekte durch Strahlung und Konvektion ist gut. Anschließend wird eine transiente elektrothermische Rechnung durchgeführt. Der zeitliche Erwärmungsvorgang des Schaltgerätes kann in der Simulation untersucht und dargestellt werden.

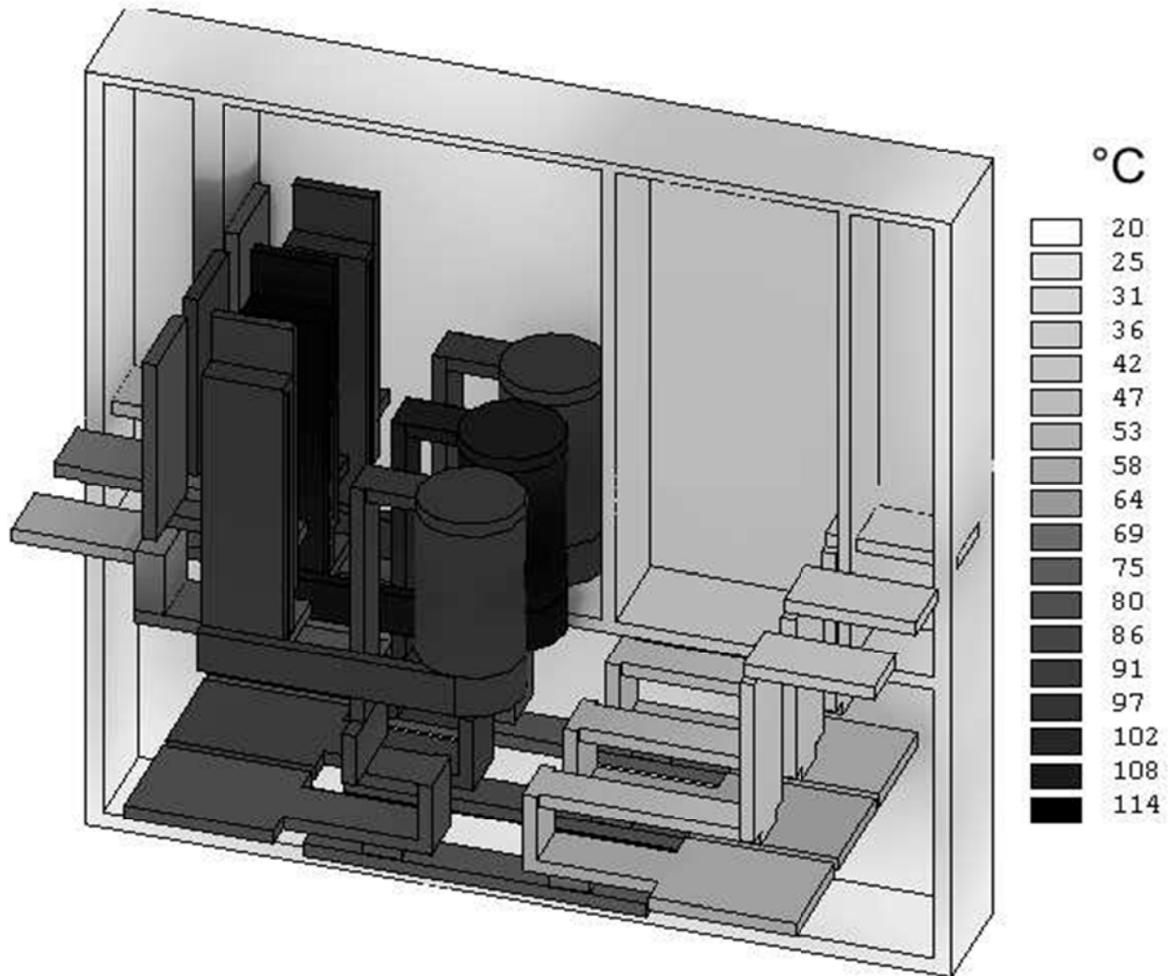


Bild 1: Temperaturprofil eines dreiphasigen, strombegrenzenden Leistungsschalters

Im zweiten Teil, der Optimierung eines Schlagankerauslösers, wird mit der Finite - Elemente Methode und den in „ANSYS“ implementierten, numerische Optimierungsmethoden nach Formulierung einer Zielfunktion (minimale Auslösezeit) ein optimaler Auslöser bestimmt. Es werden Vorüberlegungen zur Minimierung der Anzahl der unabgängigen Designvariablen durchgeführt. Die Optimierungsrechnung eines elektromagnetischen Auslösers wird so formuliert, dass diese vollautomatisch abläuft. Hierzu wird der Bewegungsablauf der Kontaktbrücke zunächst unabhängig von der Schlagankerbewegung untersucht und anschließend als polynomische Näherung in die Schlagankeroptimierung implementiert. Das Optimum wird gefunden, indem unterschiedliche, in „ANSYS“ implementierte Optimierungsverfahren nacheinander ausgeführt werden, so dass die Ergebnisse des vorherigen Verfahrens von den nachfolgenden verwandt werden. Der mit diesem Verfahren bestimmte, optimale Auslöser zeigt eine um 12 % verminderte Auslösezeit. Es wird weiterhin gezeigt, dass durch die Simulation im praktischen Experiment nicht oder nur schwer messbare Größen wie Wirbelströme oder die magnetische Flussdichte in den ferromagnetischen Teilen dargestellt und deren Wirkung abgeschätzt werden kann. Nach Bestimmung des Optimums werden ferner die Auswirkung von Produktionstoleranzen oder Materialänderungen ohne Versuchstechnik untersucht. Insgesamt haben die durchgeführten

Untersuchungen zeigen, dass durch geeignet ausgewählte numerische Rechenverfahren, insbesondere unter Benutzung von FEM Programmsystemen, der Entwurf von Schaltgeräten verbessert und der Versuchsaufwand verringert werden kann.