

## **Weiterentwicklung und Vereinfachung eines Simulationsmodells für Schaltlichtbögen in Löschblechkammern**

**Julia Rüther**

Tag der mündlichen Prüfung: 21.07.2014

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Berger, TU Ilmenau

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Um einen Stromkreis unterbrechen zu können, werden in der Niederspannungstechnik vorwiegend mechanische Schaltgeräte eingesetzt, bei denen der bei Kontakttrennung entstehende Lichtbogen die Schaltaufgabe übernimmt. Für die effiziente Weiterentwicklung von Schaltgeräten werden neben experimentellen Messreihen zunehmend auch numerische Simulationen eingesetzt. Die vorliegende Arbeit „Weiterentwicklung und Vereinfachung eines Simulationsmodells für Schaltlichtbögen in Löschblechkammern“ beschäftigt sich mit der mathematischen Nachbildung des Schaltlichtbogens und stellt Simulationsergebnisse zum Aufteilungsvorgang des Bogens an Löschblechen im Vergleich mit Messungen dar.

Hierzu wird ein System aus Gleichungen zur Beschreibung der Gasdynamik und der Elektromagnetik mithilfe des Strömungssimulationsprogramms ANSYS CFX gelöst. Dabei werden die folgenden Teilaufgabenstellungen gezielt betrachtet: Die Berücksichtigung des Energietransportes durch verschiedene Strahlungsmodelle, die Nachbildung des Magnetfeldes mit und ohne ferromagnetische Löschblechwerkstoffe und Untersuchungen zur unterschiedlichen Einbindung einer makroskopisch vereinfachten Nachbildung der Lichtbogenfallgebiete in die Simulation.

Trotz der steigenden Leistungsfähigkeit von Computern ist die Simulation von Lichtbögen in Schaltgeräten insbesondere durch die komplexe Geometrie mit hohen Rechenzeiten verbunden. Daher liegt ein weiterer Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf der Vereinfachung der komplexen Struktur des Löschblechstapels bestehend aus einer Vielzahl an Einzelblechen zu einem Ersatzkontinuum. Für die Vereinfachung des Stapels wird eine Kombination aus anisotropen Materialparametern und porösen Gebietseigenschaften gewählt und anhand vereinfachter Modelle validiert.

Es wird die Lichtbogenaufteilung in einer Modellschaltkammer mit einem Löschblechstapel aus sieben Einzelblechen und aus vier Einzelblechen vorgestellt. Mit beiden Geometrien erfolgt jeweils ein Vergleich mit der porösen Vereinfachung, das heißt mit dem vereinfachten Ersatzkontinuum. Ergänzend wird ein Vergleich zu Messergebnissen mit identischer Kammergeometrie und vier Löschblechen gezogen.

### **Advancement and simplification of a simulation model for arcs in deion arc chutes**

Mechanical switching devices are widely used to interrupt electric circuits in the field of low voltage technology. During the contact opening an electric arc is ignited, which is the actual

switching part. In addition to experimental measurements, numerical simulations are used to realize effective and efficient enhancements of switching devices. This work “Advancement and simplification of a simulation model for arcs in deion arc chutes” deals with the mathematical description of the switching arc and shows simulation results of the arc splitting process at the splitter plates in comparison to measurements.

Therefore a system of equations to describe the gas dynamics and the electromagnetics is solved by the computational fluid dynamics (CFD)-program ANSYS CFX. Different subtasks are systematically studied: consideration of the energy transport by using different radiation models, description of the magnetic field with and without ferromagnetic materials of the splitter plates, and investigation of different methods to integrate a simplified macroscopic model of the anode and cathode falls in the simulation program.

Although the computer performance is increasing, the simulation of electric arcs in switching devices still requires high computing times because of the complex geometry. Therefore an aspect of the investigation focuses on the simplification of the complex structure of the stack of splitter plates. This stack, which is composed of a multiplicity of separate plates to split the arc, is simplified to a single continuum. For this purpose a combination of anisotropic material parameters and porous domain characteristics are chosen and validated.

The arc splitting in a simplified arc chamber is presented with a stack of seven or four separate splitter plates, respectively. Both simulation set-ups are compared to simulations with the porous simplification, which means with the simplified continuum. Additionally a comparison to measurements is shown.