

# Experimentelle Untersuchung des Hochstrom-Vakuumbogens auf Transversal-Magnetfeld-Kontakten

**Christian Wolf**

Tag der mündlichen Prüfung: 04.12.2012

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat
  2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Volker Hinrichsen, TU Darmstadt
  3. Prüfer: Prof. a. D. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer
- Vorsitzender: Prof. Dr. Achim Enders

Im Bereich der Mittelspannungstechnik werden heutzutage überwiegend Vakuumleistungsschalter eingesetzt. Eine der hierbei verwendeten Kontaktbauarten ist der Transversal-Magnetfeld-Kontakt, welcher durch Kontaktdesign und Stromfluss ein magnetisches Feld erzeugt, das wiederum eine Lorentzkraftwirkung auf den beim Schalten entstehenden Lichtbogen nach sich zieht. Ziel der Hersteller und Forschungsinstitute ist es, zukünftig das Verhalten des Vakuumbogens in 3D-Computersimulationen abzubilden, bzw. vorherzusagen. Für einen Vergleich der Rechenergebnisse bedarf es umfangreicher experimenteller Untersuchungen.

In der vorliegenden Arbeit werden experimentelle Untersuchungen des Vakuumbogens bei Ausschaltungen mit einem Vakuumversuchsschalter mit effektiven Stromstärken bis zu 60 kA vorgestellt. Hierbei werden Ergebnisse mit den beiden grundsätzlichen Kontaktgeometrien Spiralkontakt und Topfkontakt, wie sie auch in industriellen Schaltkammern verwendet werden, unterschieden. Stromstärke, Kontaktdurchmesser und Kontakthub stellen innerhalb der Versuchsreihen die Versuchsparameter dar.

Der Vakuumbogen wird bei den Versuchen aus zwei Perspektiven mit einer digitalen Schnell-filmkamera optisch aufgezeichnet, so dass eine dreidimensionale Vorstellung des Bogens im Kontaktpalt erzielt werden kann. Die Präsentation und Diskussion exemplarischer Aufnahmen des Bogenlaufs in Verbindung mit Strom- und Bogenspannungsverlauf und der aus den Aufnahmen abgeleiteten Kenngrößen des Vakuumbogenverhaltens bilden den Hauptteil der Arbeit. Als Kenngrößen werden Bogengeschwindigkeit, Fußpunktstromdichte und Rotationszahl betrachtet.

Ein an die in den Experimenten verwendeten Kontaktgeometrien angepasstes 3D-FEM-Simulationsmodell dient zur statischen Berechnung der Lorentzkraft auf den Vakuumbogen. Hierbei werden u.a. unterschiedliche Bogenpositionen im Kontaktpalt diskutiert und mit den experimentellen Ergebnissen verglichen.

Zur berührungslosen Bestimmung der Schaltkontakttemperatur bei Stromnull werden abschließend zwei verschiedene optische Messmethoden vorgestellt und deren Messmöglichkeit theoretisch und anhand von orientierenden Messungen diskutiert.

## **Experimental Investigation of High-Current Vacuum Arcs on Transverse-Magnetic-Field Contacts**

The vacuum breaker is the main interruption technology in the medium voltage area and is still gaining importance with regard to environmental concerns. The transverse magnetic field (TMF) contact, which is the common electrode design, generates a Lorentz-force acting to the vacuum arc due to a self-induced magnetic field created by the breaking current. By means of theoretical arc models one main target of several research projects is a software simulation of current interrupting processes, for which more experimental results as comparison are essential.

This work presents experimental investigations on the vacuum arc behavior at high-current interrupting operations using a vacuum test breaker. The interrupted currents are limited to 60 kARMS. The tests are carried out with contact samples according to the two general TMF-contact designs, i.e. the spiral-shaped contact and the cup-shaped contact. Within the test series current, contact diameter and contact stroke are varied. The arcing behavior is recorded by means of a digital high-speed camera from two perspectives to achieve a three-dimensional impression of the plasma appearance. A presentation and discussion of these recordings in comparison with current and arc voltage is the main part of the work. The parameters arc velocity, current density on anode and cathode as well as rotation numbers are derived from the optical recordings.

Using 3D FEM models according to the contact sample geometry the magnetic field and Lorentz force acting to the arc are calculated statically. Simulations are shown for different arc positions and compared to the experimental results.

To determine the contact temperature at current zero two different non-contact measurement principles are presented. The feasibility of these optical measuring methods is discussed theoretically and by means of indicative measurements.