

## **Verhalten unterschiedlicher Kontaktsysteme in Vakuumleistungsschaltern bei hohen Schaltleistungen**

Katrin Steinke

Tag der mündlichen Prüfung: 09.05.2008

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer
  2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Berger
- Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Die Aufgabe eines Leistungsschalters besteht darin, den Stromfluss im Falle eines Kurzschlusses zu unterbrechen und somit fehlerhafte Betriebsmittel vom Netz zu trennen. Im Mittelspannungsbereich dominiert der Vakuumleistungsschalter mit stetig steigendem Marktanteil. Das industrielle Interesse, die Schaltkammern immer kostengünstiger und kompakter bei gleicher Schaltleistung zu gestalten, ist hoch. Hierfür ist die Kenntnis der physikalischen Prozesse bei der Stromunterbrechung im Vakuum, die bis heute nicht umfassend geklärt sind, unverzichtbar.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Abschaltverhalten von Vakuumleistungsschaltern bei der Unterbrechung von Kurzschlussströmen zwischen 10 kA und 60 kA. Die wiederkehrende Spannung (TRV) wurde bei den überwiegenden Versuchen der 36-kV-Ebene angepasst. Es erfolgten darüber hinaus Versuche mit Spannungsmaxima bis 120 kV, bei denen die Anstiegsteilheiten  $du/dt$  der Einschwingspannung variiert wurden. Die Untersuchungen erfolgten an einer einpoligen synthetischen Schalterprüfanlage. Zur Erhöhung der Schaltleistung reduziert man die thermische Belastung der Kontakte, indem man durch entsprechendes Kontakt-design ein durch den Strom selbstgeneriertes radiales oder axiales Magnetfeld erzeugt. In der Arbeit werden verschiedene Axialmagnetfeld-Kontaktsysteme hinsichtlich ihres Vakuumbogen- und Stromnullverhaltens diskutiert.

Mithilfe einer Schnellfilmkamera (20 000 Bilder/s) konnten Aufnahmen zur Bewertung des Bogenverhaltens sowohl von den verschiedenen Axialmagnetfeld- als auch von Radialmagnetfeld-Kontaktsystemen angefertigt und ausgewertet werden. Zur Analyse des Schaltverhaltens im Stromnullbereich wurde der unter dem Einfluss der wiederkehrenden Spannung messbare Nachstrom erfasst. Dieser steht in direktem Zusammenhang mit dem nach Stromnull noch vorhandenen Restplasma. Von dem Restplasma bzw. dem Metaldampf hängt wiederum die Wiederverfestigung der Schaltstrecke ab. In der Arbeit wird gezeigt, dass das axiale Restmagnetfeld einen entscheidenden Einfluss auf den Nachstrom und die Wiederverfestigung hat. Die Erkenntnisse aus der Arbeit erweitern den derzeitigen Kenntnisstand über das Schaltverhalten verschiedener Kontaktsysteme bei der Unterbrechung hoher Ströme.

### **Behavior of different contact systems of vacuum circuit breakers under high switching capacity**

The aim of circuit breakers is to interrupt high short-currents and to separate the faulty equipment from the grid. In medium-voltage systems the vacuum circuit breaker dominates with still increasing market share. There is a strong interest to reduce the costs and the of interruption chambers, but keeping their breaking capacity. The basic knowledge of the dominant phenomena is essential for further improvement.

This dissertation deals with the breaking behavior of vacuum interrupters under high current stress of 10 to 60 kA. The transient recovery voltage (TRV) level during most measurements amount to 36 kV. Additionally, experiments were carried out with TRV peaks up to 120 kV and with varying TRV steepness  $du/dt$ . Switching tests were carried out in a single-phase synthetic test circuit. In vacuum circuit breakers two different contact types are used to overcome the consequences of arc constriction. Radial magnetic fields (RMF) force the constricted arc to rotate and distribute its power more evenly on the contact surface. Axial magnetic field (AMF) contacts prevent the arc from becoming constricted up to higher thresholds. Arc and current-zero behavior of different AMF-contact designs are discussed.

Video sequences with a high-speed camera (20 000 frames/s) were taken to analyze the arc behavior of the different AMF-contact types and of radial magnetic field (RMF) spiral contacts as well. To analyze the period around current zero, post-arc current was measured. This is a direct indication of the residual charge in the gap at current zero. The residual ionization has a direct influence on the re-ignition tendency. The dissertation shows the correlation between AMF, which due to eddy currents still exists when the current approaches zero, and the post-arc behavior.