

Kontaktverhalten von Vakuumschaltern beim kapazitiven Schalten

Florian Körner

Tag der mündlichen Prüfung: 31.10.2008

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer
 2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Ernst Gockenbach
- Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

Beim Schalten von kapazitiven Lasten werden die eingesetzten Schaltgerätespezifischen Belastungen ausgesetzt. Diese ergeben sich aus der Kombination hoher Inrush-Currents beim Einschalten von Kapazitäten mit niedrigen Ausschaltströmen, gefolgt von einer durch die Restladung der Kapazität erhöhten Spannungsbelastung. Die Arbeit „Kontaktverhalten von Vakuumschaltern beim kapazitiven Schalten“ beschäftigt sich mit dem Einsatz von Vakuumschaltern unter diesen Schaltbedingungen und stellt die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an einem Vakuumversuchsschalter vor. Dabei wurde das Verhalten unterschiedlicher Kontaktwerkstoffe und Kontaktformen beobachtet und verglichen. Der Vergleich der verschiedenen Kontakttypen erfolgte anhand einheitlicher Versuchsreihen, die sich aus abwechselnden Ein- und Ausschaltversuchen zusammensetzten. Dabei wurde der Versuchsschalter Inrush-Currents von bis zu 4,3 kA bei 250 Hz ausgesetzt. Nach der folgenden Unterbrechung eines Stromes von 500 A (50 Hz) wurde eine kapazitive Einschwingspannung von 50 kV an die Schaltstrecke gelegt. Ein synthetischer Prüfkreis stellte diese Ströme und Spannungen bereit. Die Versuchsparameter orientierten sich an typischen Belastungen in Energieversorgungsnetzen beim kapazitiven Schalten sowie an den relevanten Prüfvorschriften gemäß IEC-Norm.

Eine Bewertung der untersuchten Kontakttypen erfolgte anhand des dielektrischen Verhaltens während der Schaltversuche, das sich an der eintretenden Vorzündung während der Einschaltung und an möglichen Rückzündungen nach einer Ausschaltung zeigte. Zudem wurden unter Spannungsbelastung einsetzende Vorentladungsströme aufgezeichnet und die zum Trennen der Kontaktstücke nach Einschaltverschweißungen erforderlichen Kräfte bestimmt. Die mit einer Hochgeschwindigkeitskamera erstellten Filmaufnahmen ermöglichten die optische Untersuchung der bei den Schaltversuchen auftretenden Vakuumbögen. Nach Abschluss der Schaltversuche erfolgte eine Oberflächenanalyse des Kontaktabbrandes unter Zuhilfenahme von Licht- und Rasterelektronenmikroskopen.

Contact behaviour of vacuum circuit-breakers at capacitive switching

Circuit-breakers used for switching of capacitive loads are exposed to distinctive stresses. These stresses result from high inrush-currents on making of capacitances combined with moderate breaking currents. These are followed by high voltage stresses caused by residual charge on the capacitance. This work “Contact Behaviour of Vacuum Circuit-Breakers at Capacitive Switching” deals with the application of vacuum circuit-breakers under these switching conditions. It introduces the results of experimental investigations using a vacuum test switch. During the experiments the behaviour of various contact materials and designs during switching tests were studied and contrasted.

For comparison of different contact types a standardised test series was executed for each of them, containing alternating making and breaking tests. At making operation the vacuum switch

was stressed by inrush-currents up to 4.3 kA at 250 Hz, after the following breaking operation at 500 A (50 Hz) current a capacitive voltage of 50 kV was applied to the contact gap. A synthetic test circuit supplied these currents and voltages. The test parameters were derived from typical load conditions at capacitive switching in power systems and from the relevant test specifications according to IEC standards.

The investigated contact types were evaluated by means of their dielectric behaviour during the switching tests. The dielectric condition emerged from prearcing during making operation and possible restrikes after current interruption. Additionally pre-breakdown currents across the contact gap under voltage stress and the force necessary for rupture of contact welding were determined. Highspeed movies recorded by a digital camera provided an optical examination of the vacuum arcs occurring during the switching tests. The test series were followed by an analysis of the eroded contact surfaces using light-optical and scanning electron microscopes.