

Dipl.-Ing. Ralf Schurer

„Der Einfluß von Störstellen auf Stützeroberflächen auf die elektrische Festigkeit von Isolieranordnungen in SF₆-isolierten Anlagen“

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. K. Feser

Mitberichter: Prof. Dr. rer. nat. habil. K. Schumacher

Tag der mündlichen Prüfung: 01. Juli 1999

Kurzfassung:

Leitfähige Metallpartikel in gasisolierten Schaltanlagen (GIS) stellen durch die Verminderung der elektrischen Festigkeit eine Gefahr für die Anlagen dar. Im Betrieb auftretende Überspannungen infolge von Blitzeinschlägen oder durch Schaltheandlungen können zum Versagen der Isolation mit nachfolgendem Ausfall der Schaltanlage führen. Mit Hilfe einer Isolationsüberprüfung nach der Fertigung und bei der Inbetriebnahme einer Schaltanlage sollen eventuelle Störstellen detektiert werden. Dazu sind empfindliche Teilentladungsmessungen notwendig, die jedoch nur in wenigen Fällen mit ausreichender Empfindlichkeit durchgeführt werden können. Zur Überprüfung einer GIS werden heute Wechsel- und Stoßspannungsprüfungen als zuverlässige Methode zum Erkennen von Schwachstellen bei Vor-Ort-Prüfungen angewendet. Die ausgewählte Stoßspannungsform hat dabei einen wesentlichen Einfluß auf die Empfindlichkeit der Methode.

In der vorliegenden Arbeit werden zunächst die bisher durchgeführten Untersuchungen zusammengefaßt. Eine Erläuterung der physikalischen Grundlagen und der für die Entladungsvorgänge relevanten Mechanismen zeigt die Problematik einer leitfähigen Störstelle auf einem Stützisolator auf.

Die zur Spannungserzeugung und -messung verwendeten Geräte sowie die Versuchsaufbauten werden beschrieben. Die Feldstärkeverläufe für die verwendeten Elektrodenanordnungen wurden numerisch berechnet und sind für die jeweilige Anordnung dargestellt. Die Versuchsabläufe und die statistischen Auswertungen der Versuchsergebnisse werden erläutert, die ausgewählten Versuchs-Parameter vorgestellt und diskutiert. Mit der Untersuchung der Oberflächenladungsverteilungen können physikalische Effekte erklärt werden.

Bei den durchgeführten Experimenten wurde zuerst der einfache Fall der homogenen Feldanordnung untersucht. Dabei wurde bei Beanspruchung mit Wechselspannung im

Druckbereich von 250 kPa bis 350 kPa ein ausgeprägtes Maximum der Überschlagsfeldstärke $E_{\bar{i}}$ durch Raumladungsausbildung gemessen. Die Beanspruchung mit Blitzstoßspannungen führte zu einer wesentlich geringeren elektrischen Festigkeit, die über den untersuchten Druckbereich unabhängig vom Gasdruck ist. Aufgrund der Symmetrie der Anordnung zeigt die Spannungspolarität keinen Einfluß.

Das schwach inhomogene Zylinderfeld berücksichtigt durch die größere Hintergrundfeldstärke an einer Partikelspitze den Einfluß der Polarität. Das Verhalten bei Wechselspannungsbeanspruchung entspricht dem des Homogenfeldes. Durch den divergenten Feldverlauf ergibt sich jedoch eine leichte Abhängigkeit der elektrischen Festigkeit vom Gasdruck. Für die Beanspruchung mit Blitzstoßspannungen erhält man Überschlagsfeldstärken, die erheblich niedriger als bei Beanspruchung mit Wechselspannung sind.

Die im Homogenfeld gemessenen Werte wurden anhand einer Stützeranordnung für die 123 kV-Spannungsebene überprüft. Damit wurde der Einfluß einer zusätzlichen Komponente der elektrischen Feldstärke gemessen. In den untersuchten Anordnungen stellte stets die Blitzstoßspannung die kritische Beanspruchung dar. Die elektrische Festigkeit wird um bis zu 50 % gegenüber der sauberen Anordnung vermindert.

Durch Teilentladungsmessungen (TE) konnten Partikel mit 2 mm Länge noch nachgewiesen werden. Die dabei auftretenden TE-Pegel und Häufigkeiten zeigten eine ausgeprägte Abhängigkeit vom Druck. Bei hohen Drücken erschwert die geringe TE-Aktivität mit kleinen Pegeln (<2 pC) eine Detektion.

Die bei Wechselspannungsbeanspruchung auftretenden Entladungserscheinungen führen in der Umgebung des Partikels zu freien Ladungsträgern. Diese Ladungsträger verursachen eine Veränderung des Feldstärkeverlaufs. Die Partikel weisen bei der Messung stets positive Ladung auf. Negative Ladung ist nicht vorhanden, alle negativen Ladungsträger wandern zu den Elektroden ab. Bei Beanspruchung mit Stoßspannung lädt sich das Partikel weiterhin positiv auf, die negativen Ladungsträger bleiben jedoch vor der Partikelspitze zurück und lagern sich an der Gitterstruktur des Isolierstoffes an. Dadurch wird eine signifikante Erhöhung der Überschlagsfeldstärke um bis zu 20 % bei der Folgebeanspruchung verursacht.

Abschließend wird eine Prüfprozedur für Vor-Ort-Prüfungen formuliert, die die untersuchten Ladungsverteilungen und das daraus resultierende Verhalten bei der Entladungsentwicklung berücksichtigt.