

**Dipl.-Ing. Ralph Feger**

**„Sensoren und Verfahren der UHF-Teilentladungsmeßtechnik an gasisolierten Schaltanlagen“**

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

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. habil. F. Landstorfer

Tag der mündlichen Prüfung: 09. November 2001

Die Detektion von Teilentladungen (TE) stellt ein wichtiges Hilfsmittel zur zerstörungsfreien Prüfung und Qualitätssicherung von gasisolierten Schaltanlagen (GIS) dar. Eines der effektivsten Diagnoseverfahren ist die UHF-TE-Messung, da sie eine sehr empfindliche und von äußeren Störern weitgehend unbeeinträchtigte Erfassung von TE-Signalen ermöglicht. Die vorliegende Arbeit untersucht die praktische Anwendung der UHF-Methode zur Diagnose von GIS während der Vor-Ort-Prüfung sowie durch eine periodische oder permanente Überwachung im Betrieb.

Einleitend werden der Stand der TE-Messtechnik an GIS und die wesentlichen Merkmale der verschiedenen TE-Messverfahren kurz erläutert. Die Einsatzmöglichkeiten der gängigsten Verfahren und die erreichbare Empfindlichkeit bei TE-Prüfungen im Werk und vor Ort werden diskutiert.

Es wird eine kurze Zusammenfassung der zum Verständnis der Anregung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im UHF-Bereich in GIS notwendigen Aspekte gegeben. Mit Hilfe von geeigneten Simulationsprogrammen wird erstmals versucht, die Komplexität dieser Vorgänge anschaulich darzustellen. Die an Unstetigkeitsstellen in der GIS auftretende Kopplung der höheren Wellenmoden wird erläutert. An einfachen Beispielen wird die Wellencharakteristik der UHF-Signale gezeigt, die eine Kalibrierung der UHF-Methode unmöglich macht. Die Dämpfung und das Ausbreitungsverhalten der UHF-Signale wird im Wesentlichen von den Unstetigkeitsstellen einer GIS bestimmt. Durch die Bestimmung der nach den einzelnen Moden aufgelösten Parameter der Streumatrix werden die resultierende Dämpfung und die auftretenden Modenkopplungen für Stützisolatoren und für eine Leitungsverzweigung ermittelt und mit gemessenen Werten verglichen.

Zur Messung der elektromagnetischen Wellen in SF<sub>6</sub>-Anlagen werden in Montage- oder Erderflanschen installierte Scheibensensoren verwendet. Da insbesondere ältere Anlagen über keine Sensoren und meist auch keine Vorrichtungen zur Montage dieser Sensoren verfügen, werden mobile Fenstersensoren vorgestellt, die ohne Unterbre-

chung des Betriebs von außen auf vorhandene Schaugläser montiert werden können. Das Verhalten und die Empfindlichkeit der mobilen Sensoren wird eingehend untersucht und mit den konventionellen Sensoren verglichen. Darüber hinaus wird bei dreiphasig gekapselten Schaltanlagen die Anwendbarkeit und Empfindlichkeit von in den Isolatoren befindlichen Feldsteuerelektroden als UHF-Antennen im Vergleich zu den konventionellen Sensoren untersucht.

Da die UHF-Methode nicht kalibrierbar ist, wird ein neues Zwei-Schritt-Verfahren vorgestellt, mit dem eine ausreichende Empfindlichkeit von UHF-Messsystemen auch vor Ort mit wenig Aufwand nachgewiesen werden kann. Das Verfahren beruht auf der Einspeisung von sehr schnellen Impulsen über die UHF-Sensoren in die Anlage. Genügen die Impulse gewissen Anforderungen hinsichtlich Form, Amplitude und Anstiegszeit, so kann ein UHF-Spektrum angeregt werden, das dem eines realen beweglichen Partikels mit einer scheinbaren Ladung von 5 pC sehr ähnlich ist. Es wird gezeigt, dass dieses Verfahren für alle Baugrößen und alle Arten von UHF-Sensoren nicht nur bei einphasig sondern auch bei dreiphasig gekapselten Anlagen ohne Einschränkungen anwendbar ist.

Im Rahmen der weltweiten Diskussion zum Schutz der Erdatmosphäre vor schädlichen Treibhausgasen wird auch nach geeigneten Isoliergasen als Alternative zu SF<sub>6</sub> in gasisolierten Leitungen gesucht. Anhand von Messungen wird die Anwendbarkeit der UHF-Methode bei der Detektion von beweglichen Partikeln und fest stehenden Spitzen auf dem Innenleiter für verschiedene Isoliergase in Abhängigkeit des Fülldrucks untersucht.

Zur schnellen und zuverlässigen Diagnose von gasisolierten Schaltanlagen werden automatisierte UHF-TE-Messsysteme benötigt, die sowohl zur Abnahmeprüfung als auch zu einer periodischen bzw. kontinuierlichen Überwachung während des Betriebs eingesetzt werden können. Das Konzept eines auf der Basis des UHF-Breitbandverfahrens entwickelten Monitoringsystems wird vorgestellt und Ergebnisse und Erfahrung aus der Installation des Gerätes an einer 123 kV-Schaltanlage werden diskutiert. Ergänzend wird auch das Konzept eines schmalbandigen Monitoringsystems erläutert. Während automatisierte UHF-TE-Messsysteme eine zuverlässige Detektion und Identifikation eines Defektes in einer GIS ermöglichen, ist die für eine qualifizierte Bewertung des Isolationszustandes einer GIS notwendige Einschätzung des vom Defekt ausgehenden Gefahrenpotenzials noch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden.