

Dipl.-Ing. Roland Köhler

**„Erkennung von Fehlern in Drehstromtransformatoren mittels Differential-
schutz-Algorithmen“**

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. K. Feser
1. Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. H.J. Gutt
2. Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. H.A. Maier
Tag der mündlichen Prüfung: 9. Februar 1998

Kurzfassung:

Der Transformator-Differentialschutz hat die Aufgabe, beim Auftreten von Fehlern innerhalb des Transformators diesen schnell und selektiv abzuschalten, um dadurch größere Schäden zu vermeiden. Dazu ist es nötig, daß der Schutz in der Lage ist, auch solche Fehler festzustellen, die aus den Klemmengrößen nur schwer erkennbar sind. Ein solcher Fehler ist z. B. ein Einwindungsschluß ohne Erdberührung. Obwohl in der kurzgeschlossenen Windung ein immens hoher Strom fließt, werden durch diesen Fehler in den Leiterströmen des Transformators nur geringfügige Veränderungen verursacht. Diese Veränderungen in den Leiterströmen sind meist nicht ausreichend, um den Transformator durch die konventionellen Schutzeinrichtungen sicher abzuschalten, bevor es zu größeren Schäden kommt.

In der vorliegenden Arbeit sollen Differentialschutzverfahren vorgestellt werden, die zu einer erheblichen Verbesserung der Empfindlichkeit gegenüber den bisher verwendeten Verfahren führen.

Durch Messungen an einem Versuchstransformator, in den Windungsschlüsse eingebaut werden konnten, wurden geeignete Datensätze für die Überprüfung der Empfindlichkeit der Verfahren gewonnen. Der Versuchstransformator sowie das Meßsystem werden in Kapitel 2 beschrieben. Um weitere Fehler am Transformator berechnen zu können, wurde ein Modell eines Drehstromtransformators entwickelt. Ausgehend von [Guo, 1991] und [Krähenbühl, 1983] wurde mit Hilfe der Dualitätsgesetze zwischen magnetischem und elektrischem Kreis ein Ersatzschaltbild des Transformators abgeleitet. Dieses Ersatzschaltbild wurde anschließend zur Berechnung kritischer Fehlerfälle mit PSPICE verwendet. Auf Basis der so erhaltenen Zeitverläufe der elektrischen Größen wurden unterschiedliche Schutzverfahren entwickelt und getestet.

Das erste vorgestellte Schutzverfahren, ein Erdstrom-Differentialschutz für in Stern geschaltete Transformatorwicklungen mit geerdetem Sternpunkt, basiert auf einem Vergleich zwischen dem Leitungssummenstrom und dem im Sternpunkt gemessenen Erdstrom. Mit einer Fouriertransformation werden die Grundswingungszeiger der beiden Ströme berechnet. Mit einem aus dem Winkel zwischen beiden Zeigern abgeleiteten Kriterium stellt man fest, ob der auftretende Fehler innerhalb oder außerhalb des Transformators liegt, dementsprechend stellt sich der Schutz sehr empfindlich oder stabilisierend ein. Die Überwachung des zeitlichen Verlaufs des Winkels während einer Anregung sorgt für ein sehr robustes Verhalten bei auftretender Stromwandler-sättigung.

Der Wirkleistungs-Differentialschutz, das zweite entwickelte Schutzverfahren, stellt einen in Zukunft möglichen Hauptschutz für Transformatoren dar. Im Gegensatz zu bisherigen Differentialschutzverfahren, die mit dem Schutzkriterium Stromdifferenz arbeiten, wird hier die Wirkleistungsdifferenz des Transformators betrachtet. Auch dieses Verfahren arbeitet mit den Grundswingungszeigern der Meßgrößen und berechnet daraus schließlich die Wirkleistungsdifferenz. Diese wird mit einer zulässigen Wirkleistungsdifferenz verglichen, welche der Verlustleistung des Transformators in Abhängigkeit der jeweiligen Last entspricht. Die Messung sowie die Berechnung der lastabhängigen Verlustleistung des Transformators wird dargestellt.

Im Kapitel 5 schließt sich eine umfangreiche Funktionsüberprüfung der beiden Schutzverfahren an. Dabei wird deren Zuverlässigkeit beim Einschalten des Transformators sowie bei Sättigung der Stromwandler untersucht. Bei diesen Untersuchungen konnte für beide Verfahren eine hohe Zuverlässigkeit bei gleichzeitig hoher Empfindlichkeit festgestellt werden. Die größte Empfindlichkeit konnte mit dem Wirkleistungs-Differentialschutz durch die Erkennung von Einwindungsschlüssen erzielt werden.