

# MONITORING ELEKTRISCHER BETRIEBSMITTEL IM ÜBERTRAGUNGSNETZ

Christof RIEDMANN<sup>1</sup>, Alexander PIRKER<sup>1</sup>, Uwe SCHICHLER<sup>1</sup>

## Einleitung

Die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende mit der damit verbundenen Dezentralisierung der Energieerzeugung steht im starken Zusammenhang mit dem effizienten, wirtschaftlichen und sicheren Betrieb der Übertragungsnetze in Europa. Bei der Realisierung des notwendigen Hybrid-Netzes, bestehend aus HDÜ und HGÜ, ist neben der Planung, dem fehlerfreien Aufbau sowie der korrekten Steuerung und Regelung der Lastflüsse auch der aktuelle Zustand der beteiligten Betriebsmittel von großer Bedeutung. Um die erforderlichen Wartungsmaßnahmen und Ersatzinvestitionen unabhängig vom Alter der Geräte und Komponenten zu planen und zu tätigen sind möglichst genaue Angaben bezüglich der Alterung, Restlebensdauer und Ausfallwahrscheinlichkeit notwendig. Dadurch können geeignete Maßnahmen zum wirtschaftlich und technisch günstigsten Zeitpunkt umgesetzt und Fehlinvestitionen vermieden werden.

## Zustandsbewertung

Die Bewertung des aktuellen Zustandes eines elektrischen Betriebsmittels beruht im Allgemeinen auf den Erfahrungswerten von Herstellern, Betreibern sowie Expertenwissen und ist darüber hinaus von vielen Faktoren abhängig. Neben den anlagen-, betriebsmittel- und verfahrensspezifischen Faktoren spielen Alter, elektrische und thermische Belastung in einem Jahreszyklus in Verbindung mit statistischen Kennzahlen und Ausfallwahrscheinlichkeiten eine wesentliche Rolle. Im Bereich des Asset-Managements werden die aktuellen Zustände der unterschiedlichen Betriebsmittel eines Anlagenparks gesammelt und in Abhängigkeit der jeweiligen Instandhaltungsstrategie und Relevanz im Gesamtsystem gewichtet. Hieraus ergeben sich dann Prioritätenlisten hinsichtlich des Wartungs- bzw. Erneuerungsbedarfs. Diese Prioritätenliste steht einem wirtschaftlich geplanten Budget gegenüber. Je nach Verfügbarkeit monetärer Mittel, Personalstrukturen und anderen Einflüssen wird anschließend der optimale Zeitpunkt sowie der Umfang einer Instandhaltungsmaßnahme definiert [1].

Diese zustandsorientierte Instandhaltung verlangt nach bewerteten Diagnoseverfahren und aussagekräftigen Akzeptanzkriterien. Je nach dem Betriebsmittel verwendeten Isoliersystem haben sich für Wechselspannung unterschiedliche Methoden etabliert.

Abhängig von dem verwendeten Diagnoseverfahren kann auf eine fundierte Basis an Erfahrungen und Wissen bezüglich unterschiedlicher Einflussfaktoren zurückgegriffen werden. Aufgrund abweichender Alterungsmechanismen bei Gleichspannung sind diese Methoden nicht vollständig auf die unterschiedlichen Komponenten der HGÜ-Netze anwendbar. Weiter fehlt es in diversen Bereichen einer eindeutigen Klassifizierung von Grenzwerten, sowie einer automatisierten Auswertung und Interpretation der ermittelten Mess- und Diagnosedaten. Neben der Messung der dielektrischen Antwortfunktion der unterschiedlichen Isoliersysteme ist für die Praxis die Teilentladungsmessung sowie die bei ölgefüllten Isoliersystemen die Gas-in-Öl-Analyse besonders hervorzuheben.

## Teilentladungsmessung

Bei der Teilentladungsmessung bei Wechselspannung können aufgrund der Teilentladungsamplituden und der Phasenlage der TE-Impulse zur Spannung Rückschlüsse auf die Art des Defekts getroffen und eine Risikoabschätzung durchgeführt werden. Dies ist durch das Erzeugen eines phasenaufgelösten Teilentladungsdiagramms (PRPD Pattern) und der Bewertung eines menschlichen Experten möglich. Die ermittelten Messdaten können jedoch auch genutzt werden um ein Expertensystem, bestehend aus verschiedenen Algorithmen des maschinellen Lernens, aufzubauen und zu trainieren. Für die Umsetzung solcher Systeme ist das Extrahieren charakteristischer Parameter aus den Messdaten entscheidend.

---

<sup>1</sup> Technische Universität Graz, Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement, Inffeldgasse 18, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-7411, christof.riedmann@tugraz.at, www.hspt.tugraz.at

Diese Systeme sind für das Monitoring verschiedenster Hochspannungskomponenten mit automatischer Messdatenauswertung und Risikoabschätzung hilfreich. Dabei ist eine möglichst geringe Fehlklassifikation der auftretenden Defekte und der Störimpulse von grundlegender Bedeutung.

Bei Gleichspannung können dieselben Methoden aufgrund der fehlenden Phasenlage der TE-Impulse zur Spannung und unterschiedlichen physikalischen Effekten bzw. Alterungsmechanismen nicht angewandt werden. Neue Methode zur Evaluierung der gemessenen Impulssequenzen und zur Unterdrückung von Störimpulsen sind notwendig. Mögliche charakteristische Parameter, die aus den gemessenen Pulssequenzen bei Gleichspannung ermittelten werden können sind die Zeit zwischen den einzelnen Impulsen  $\Delta t$  sowie die Impulsamplitude  $q$ . Aus diesen Parametern kann beispielsweise das NoDi\*-Diagramm gebildet werden, welches eine Unterscheidung von Defekten bei gasisolierten Systemen ermöglicht [2]. Störimpulse und unterschiedliche Rauschpegel haben auf die charakteristischen Größen und somit auch auf die Ergebnisse dieser Auswertemethoden einen direkten Einfluss. Für eine korrekte Klassifikation bzw. Bewertung der Defekte sind daher weitere Methoden zur Trennung der TE-Impulse und der Störimpulse notwendig.

## Gas-in-Öl-Analyse

Bei der Gas-in-Öl-Analyse werden Öl-Proben auf die im Isoliermedium enthaltenen Schlüsselgase untersucht. Abhängig von der Konzentration der gelösten Gase und deren Verhältnisse zueinander kann auf etwaige Fehler im elektrischen Betriebsmittel zurückgeschlossen werden. Mit Hilfe der absoluten Gaskonzentrationen sowie deren Veränderung über die Zeit ist eine Klassifizierung der Kritikalität realisierbar. Im Allgemeinen werden solche Öl-Proben, in Abhängigkeit von dem Zustand der Betriebsmittel bei der vorangegangenen Probenentnahme, in definierten Zeitabständen wiederholt und durch einen Experten analysiert [3].

Bei ölgefüllten elektrischen Betriebsmitteln von besonderem Interesse kann dieses Verfahren auch in Form eines kontinuierlichen Monitorings angewendet werden. Auf Grund der großen Vielfalt an Bauweisen und Isolierölen erfordert eine genaue Bewertung des Zustandes der einzelnen Betriebsmittel weitere Untersuchungen. Vor allem in Hinblick auf die Interpretation der absoluten Gaskonzentrationen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Parameter und der daraus resultierende Rückschluss auf den tatsächlichen Zustand des Betriebsmittels stellt einen wesentlichen Aspekt zukünftiger Untersuchungen dar. Des Weiteren spielt die Untersuchung der verbreiteten Ölsorten und deren Einfluss auf die Bildung von Gasen bei unterschiedlichen Defekten und der Überlagerung unterschiedlicher Defekte eine zentrale Rolle um eine automatisierte Auswertung zu realisieren.

## Literatur

- [1] Balzer, Schorn: „Asset Management für Infrastrukturanlagen – Energie und Wasser“, Springer-Verlag, 2. Auflage, 2014
- [2] Pirker, Schichler: „Partial Discharge Measurement at DC Voltage - Evaluation and Characterization by NoDi\* Pattern“, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 25, No. 1, 2018
- [3] Schreiter, Kornhuber, Radigk, Kouzmine: „Individual and More Sensitive DGA Interpretation Values“, 19th International Symposium on High Voltage Engineering, Pilsen, Czech Republic, 2015