

Wassermonitoring zum Erkennen und Orten von Mantelfehlern in Hochspannungskabeln *)

Aufgabe des Überwachungssystems

Die Lebensdauer von Hochspannungskabeln wird heute mit mehr als 40 Jahren angenommen, vorausgesetzt, dass die Kabel während dieser Zeit trocken bleiben. Um dieses Ziel zu erreichen, sind Hochspannungskabel mit einem Metallmantel versehen, welcher flüssiges Wasser, aber auch Wasserdampf von der Kabelader fernhält. Obwohl die Kabel in Boden liegen, sind sie nicht automatisch lebenslang geschützt. Durch ungeeignetes Bettungsmaterial können z.B. hohe örtliche Drücke auf den Mantel bis zur Durchdringung wirken und auch gelegentliche Bauarbeiten können den Metallmantel beschädigen. Bei ausreichender Anwesenheit von Wasser im Boden, kann dann Wasser unbemerkt in das Innere des Kabels gelangen.

Mit Wassermonitoring wird das sofortige Erkennen und Orten von Wasser im Kabelschirm ermöglicht und damit die Voraussetzung für eine unverzügliche und effektive Reparatur des Kabels geschaffen.

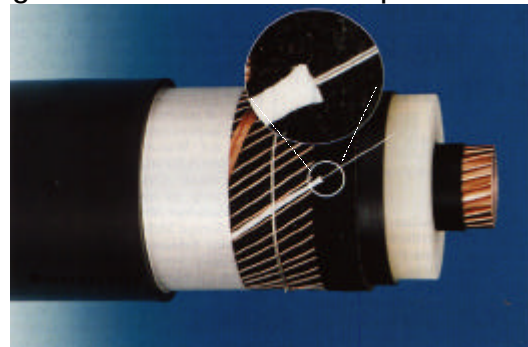


Abb. 1:
VPE - isoliertes 110 kV Kabel mit Al-
Schichtenmantel und Wassersensoren
im Kupferschirm

Verfahren von Wassermonitoring

Das Wassermonitoring - System besteht aus integrierten Wassersensoren in allen Kabeln des Hochspannungskabel Systems, einem Messgerät sowie Anschlusskästen und Verbindungsleitungen. Bei den Wassersensoren handelt es sich um speziell isoliert Drähte, deren Isolationswiderstand sich bei Wasserzutritt um mehrere Größenordnungen ändert. Das Messgerät ermittelt fortwährend den Isolationswiderstand der Wassersensoren und bei Anzeichen für eingedrungenes Wasser in den Kabelschirm auch den Fehlerort mit Hilfe des Spannungsabfalls längs der Sensoren von betroffenen Kabelverbindungen. Hohe Genauigkeit der Fehlerortung wird durch Gleichspannungsmessung mit Ausfilterung von allen Wechselspannungsstörungen erreicht. Die Messergebnisse werden automatisch bearbeitet, um fehlerhafte Phasen und den Fehlerort sofort zu ermitteln.

Kabel mit elektrischen Wassersensoren

Wassersensoren bestehen aus dünnen, speziellen isolierten Drähten, die keinen zusätzlichen Platz im Kabelaufbau benötigen. Die Wassersensoren sind bei Aluminium-Schichtenmantelkabeln im Schirm zwischen den Kupferdrähten integriert. (Abb. 1). Kabel mit anderen Mänteln sind ebenfalls für die Integration von Wassersensoren geeignet.

Messgerät

Das Messgerät (Abb. 2) arbeitet vollkommen automatisch und speist Gleichströme in einstellbaren Zeitintervallen in die zwischenzeitlich geerdeten Sensorschleifen. Bis zu 5 Kabelsysteme (dreiphasig) können gleichzeitig von einem Messgerät überwacht werden.



Abb. 2: Wassermonitoring - Messgerät

Das Wassermonitoring - Messgerät kann mit jeder beliebigen verfügbaren Spannungsquelle in der Messstation versorgt werden. Automatische Alarme und Fehlerortung werden ausgeführt, sobald der Isolationswiderstand der Wassersensoren vorgewählte Grenzwerte unterschreitet. Die Messergebnisse werden im Messgerät direkt ermittelt und auf dem Anzeigefeld z.B. als Abstand zwischen Schaltanlage und Fehlerort angezeigt.

Im Messgerät sind Relaiskontakte für eine externe Anzeige des Fehlers verfügbar. Um den Betrieb auf ein Höchstmaß zu vereinfachen, kann das Messgerät in die bei dem Kunden bestehende Überwachungseinrichtungen und auch in RTTR-Temperaturmonitoring - Systeme (Real Time Thermal Rating) integriert werden.

Zusatzteile für die Installation

Die Wassersensoren werden an beiden Enden jedes Kabels aus den Endverschlüssen herausgeführt und in Anschlusskästen verbunden. Aktive Spannungsbegrenzer in den Anschlusskästen bewirken eine Erdung der Wassersensoren durch die induzierte Energie selbst.

Auch im Fall von ausgekreuzten Kabelschirmen kann Wassermonitoring angewendet werden. In diesem Fall werden zusätzliche Auskreuzkästen für die Wassersensoren neben den Kästen für die Schirmauskreuzung nahe den jeweiligen Muffen montiert (Abb. 3). Diese Anschlusskästen ermöglichen eine Verbindung der Wassersensoren in der gleichen Reihenfolge wie die der Kabelschirme, wodurch keine Differenzen der induzierten Spannungen zwischen Wassersensoren und Kabelschirmen auftreten.



Abb. 3:
Auskreuzung von Wassersensoren

Montage einer Kabelanlage mit Wassersensoren

Sämtliche Eigenschaften der Kabel, wie Längswasserdichtigkeit, Biegeradius, Legebedingungen usw. werden durch Wassersensoren nicht nachteilig beeinflusst. Kabel mit Wassersensoren erfordern keine Einschränkung bei der Montage und die maximale Einziehlänge der Kabel ist durch Wassersensoren nicht begrenzt. Die Kabel können wie üblich in Erde und in Rohren in jeder Anordnung verlegt werden.

In Muffen und Endverschlüssen werden die Wassersensoren mit normalen Installationskabeln mit hoch isolierenden Mänteln verbunden. Mit nur geringfügigen Änderungen in der Montage sind sämtliche Garnituren geeignet.

Nach der Montage wird gewöhnlich eine Prüfung des Kabelmantels mit 5 kV Gleichspannung zur Bestätigung der Unversehrtheit des Kabelmantels durchgeführt. Sämtliche Teile des Wassermonitoring - Systems sind für diese Prüfung ausgelegt. Die Überspannungsableiter müssen allerdings dabei abgeklemmt sein.

Bisher übliche Mantelspannungsprüfungen des Kabels während der normalen Betriebszeit sind nicht mehr erforderlich, da das Wassermonitoring – System laufend die Dichtigkeit des Kabelmantels mit Hilfe des Isolationswiderstandes überwacht.

Erprobung

Die Zuverlässigkeit des gesamten Wassermonitoring - Systems wurde im Labor (Abb. 4) an simulierten dreiphasigen Hochspannungskabelsystemen und im praktischen Einsatz in kommerziellen Kabelanlagen erprobt. Dabei wurde nachgewiesen, dass Fehler innerhalb von einigen Minuten bis Stunden nach Eindringen von Wasser in den Kabelschirm zu erkennen und mit hoher Genauigkeit von weniger als 1% Abweichung – selbst bei störenden Wechselspannungen - zu orten sind.

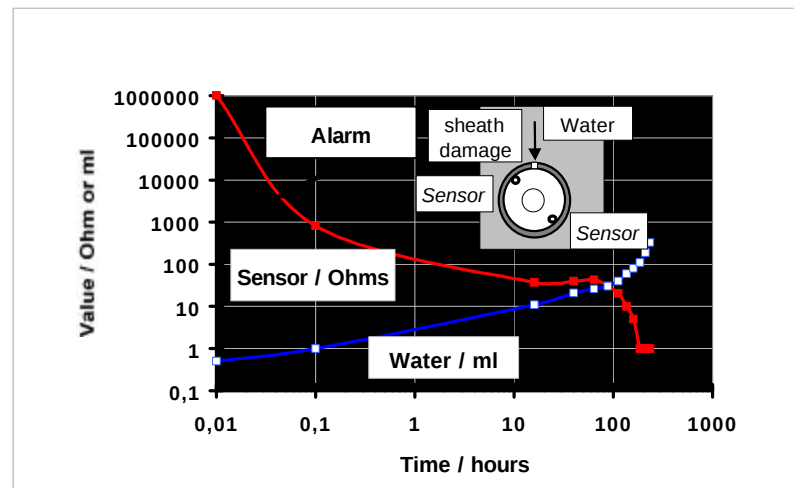


Abb. 4:
Eindringen von Wasser und Widerstand
des Wassersensors unter
Prüfbedingungen ähnlich wie in IEC 60
840, water penetration test

Mantelreparatur

Im Fall von automatisch ermitteltem und geortetem Wassereinbruch in ein Kabel sollte so bald wie möglich repariert werden.

Die Methoden zur Trocknung und Reparatur eines Kabels sind abhängig vom Ausmaß der Beschädigung von Mantel und Schirm.

Kundenvorteile

Wassermonitoring ist empfehlenswert bei allen wichtigen Hochspannungs - Kabelverbindungen, die mit kleinstem Risiko für Abschaltung durch Wartung, Reparatur oder Ausfälle betrieben werden sollen.

Die Vorteile von Wassermonitoring sind offensichtlich, wo viele Kabel dicht beieinander verlegt werden und wo die Gefahr einer mechanischen Beschädigung nicht auszuschließen ist. Ebenso sollte Wassermonitoring bei allen Kabeln mit hohem Grundwasserpegel angewendet werden.

- Geringe zusätzliche Investitionskosten
- Ständige Überwachung unter allen Betriebsbedingungen
- Keine routinemäßige Hochspannungsprüfung des Kabelmantels erforderlich (Mantelspannungsprüfung kann entfallen)
- Ortung eines Mantelfehlers mit hoher Genauigkeit (<1% Abweichung)
- Sofortige Anzeige von Wasser, d.h. geringe Eindringmenge
- Wassermonitoring reduziert Reparaturkosten und Ausfallzeit und erhöht die Sicherheit der Energieversorgung
- Trockene Kabel bedeuten maximale Lebensdauer

Literatur

- (1) Goehlich, L.; Gaspari, R.; Kuschel, M.; Sadowski, L.; Schindler, N.; Vemmer, H.: Optimierung der Stromübertragung durch Monitoring – Wasser- und RTTR-Temperaturmonitoring in einer ersten Hochspannungskabelanlage in Deutschland bei der Meag Elektrizitätswirtschaft 99 (2000), H. 26, S. 44-52
- (2) Goehlich, L; Donazzi, F; Gaspari, R; Pax, L: Monitoring von VPE-isolierten Hochspannungskabeln – RTTR-Temperaturmonitoring und Wassermonitoring optimieren den Kabelbetrieb
ETG-Fachtagung „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“ 26.-27.2.2002, Berlin

*) Lieferung von Hochspannungskabeln mit Wassersensoren und Monitoring-Ausrüstung durch Industriepartner