



Fachkommission für Hochspannungsfragen
Kabelprüfungen

Bei der Vor-Ort-Spannungsprüfung von Hochspannungskabelverbindungen steht der Nachweis einer einwandfreien Montage der Kabelsysteme im Vordergrund.

Die heute weltweit eingesetzte Vor-Ort-Wechselspannungsprüftechnik an Hochspannungskabeln wurde gemeinsam von der ETH Zürich und der FKH entwickelt und in den achtziger Jahren von der FKH eingeführt. Sie beruht auf dem Serieresonanz-Prinzip mit abstimmbarer Frequenz. In Ergänzung zur Spannungsprüfung werden verschiedene Diagnosemethoden, insbesondere Teilentladungsmessungen (TE) angeboten.

Hochspannungs-Serieresonanzprüfungen an Kabelanlagen

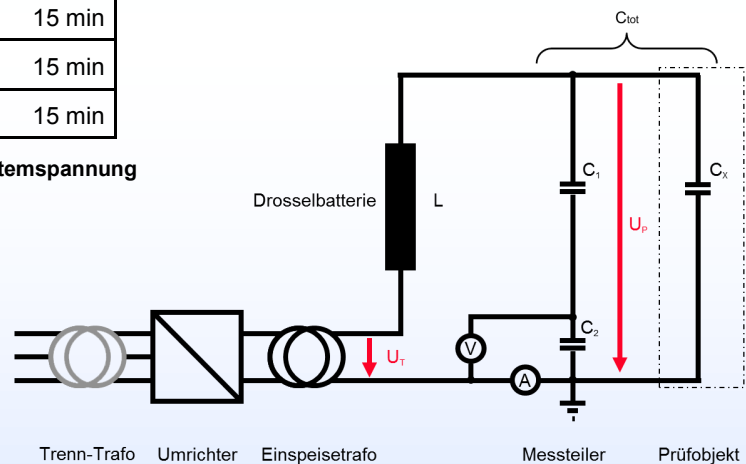
Vor Inbetriebnahme einer neuen oder nach Abschluss von grösseren Umbauarbeiten an einer bereits bestehenden Kabelanlage empfiehlt sich vor einer Inbetriebnahme eine Spannungsprüfung, um folgende Fehler auszuschliessen:

- ⇒ Montagefehler bei Endverschlüssen oder Kabelmuffen
- ⇒ Beschädigung des Kabelmantels oder des Halbleiterbelags

| U / U ₀ | U _{prüf} | U _{prüf} / U ₀ | Prüfzeit |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|----------|
| 45 / 26 kV | 57 kV | 2.2 | 15 min |
| 60 / 36 kV | 80 kV | 2.2 | 15 min |
| 110 / 64 kV | 140 kV | 2.2 | 15 min |
| 132 / 76 kV | 167 kV | 2.2 | 15 min |
| 150 / 87 kV | 190 kV | 2.2 | 15 min |
| 220 / 127 kV | 254 kV | 2.0 | 15 min |
| 275 / 160 kV | 320 kV | 2.0 | 15 min |
| 400 / 230 kV | 400 kV | 1.8 | 15 min |

Empfohlenes Prüfverfahren in Abhängigkeit der Systemspannung

Aufgrund langjähriger Prüferfahrung empfiehlt die FKH, Kabel in Abweichung zu IEC 60840 bzw. 62067 und in Anlehnung an CENELEC HD 632 mit höherer Prüfspannung, dafür aber während reduzierter Prüfdauer zu belasten.



Schema der Serie-Resonanz-Anlage

Im Prüfkreis wird in Serie zur Prüflingskapazität C_x eine Induktivität L hoher Güte geschaltet. Unter Resonanzbedingungen baut sich über dem Prüfling eine Spannung U_P auf, welche wesentlich höher ist als die Spannung U_T des Einspeisetransformators. Die Prüffrequenz ergibt sich dabei aus der Formel:

$$f_{Prüf} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{tot}}}$$

Durch die modularen Induktivitäten lässt sich die Prüfanlage für eine ausreichend hohe Prüffrequenz konfigurieren, so dass Hochspannungswandler nicht in magnetische Sättigung geraten und deshalb für die Prüfung nicht ausgebaut werden müssen.

Für die Wechselspannungsprüfungen an längeren XLPE- und EPR-isolierten Kabelstrecken mit typischen Kapazitätswerten (Leiter-Schirm) von 0.1 bis 0.5 μF pro km kommen wegen des grossen Ladestroms I_C bzw. der hohen Blindleistung Q praktisch nur Serieresonanzanlagen als Hochspannungsprüfquellen in Frage. Die Prüfung von Ölkabelanlagen ist nach diesem Prinzip ebenfalls möglich.

Vorteile gegenüber anderen Methoden

- ⇒ Geringe Einspeiseleistung notwendig
- ⇒ Sinusförmige, oberwellenfreie Spannung am Prüfling
- ⇒ Minimaler Energieumsatz an der Fehlerstelle bei Durchschlag des Prüflings
- ⇒ Durch Parallelschaltung der Induktivitäten kann die Frequenz so erhöht werden, dass Spannungswandler mitgeprüft werden können.
- ⇒ Weitere, über Schaltanlagen angeschlossene Kabelverbindungen und weitere Apparate können ebenfalls mitgeprüft werden

➔ Konzept der integralen Prüfung von Gesamtanlagen



Hochspannungsresonanzprüfung an einer 275-kV-Kabelverbindung

Teilentladungsmessung und andere Diagnoseverfahren

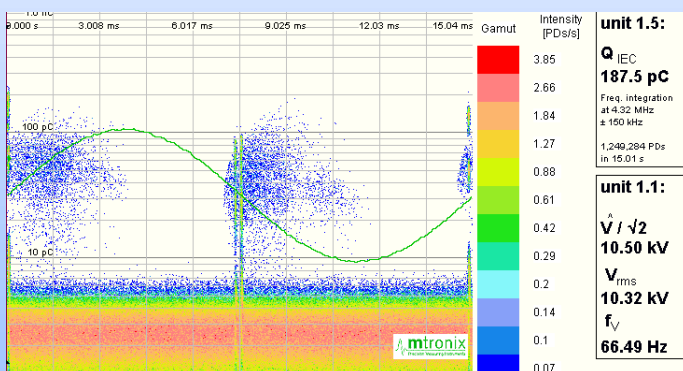
Bei wichtigen Kabelstrecken und höheren Spannungsebenen wird zusätzlich eine Teilentladungsmessung empfohlen. Hierbei werden gezielt die Endverschlüsse und Muffen auf Isolationsfehler überprüft. Fehlerhafte Stellen, die noch keinen unmittelbaren Durchschlag zur Folge haben, jedoch das Risiko eines unerwarteten Isolationsversagens bergen, können so erkannt werden.

Folgende TE-Prüfmethoden und Ankopplungsarten werden von der FKH angewendet:

- ⇒ Konventionell über eine Koppelkapazität
- ⇒ Mit eingebauten TE-Sensoren in den Garnituren (Muffen, Endverschlüssen)
- ⇒ Über Stromsensoren am Kabelschirm
- ⇒ Mit akustischen Körperschallsensoren

Mit den modernen TE-Erfassungsgeräten, die von der FKH eingesetzt werden, ist es möglich, zeitsynchron an verschiedenen Stellen zu messen. Um alle TE gleichzeitig zu erfassen, müssen vorgängig LWL-Verbindungen zwischen allen Sensoren verlegt werden.

Bei ölisolierten Kabeln und im Mittelspannungsnetz führt die FKH auch C-tg δ -Messungen und Messungen der Polarisations- und Depolarisationsströme aus.



TE-Pegel während einer Spannungsprüfung

**Serieresonanzanlage auf einer Offshore
Windkraft-Konverter-Plattform mit Prüfkabel-
adaptern**



Kabelprüfanlage in einer Freiluftschaltanlage

**Kompletter Prüfaufbau für Kabelprüfung mit
TE-Messung im Stollen eines Wasserkraft-
werks**



FKH

FACHKOMMISSION FÜR HOCHSPANNUNGSFRAGEN

*FKH Hauptsitz
Hagenholzstrasse 81
8050 Zürich*

*Telefon: +41 44 253 62 62
Fax: +41 44 253 62 60*

*FKH Isolieröllabor
4658 Däniken*

*Telefon: +41 62 288 77 99
Fax: +41 62 288 77 90*

*FKH Versuchsstation
4658 Däniken*

*Telefon: +41 62 288 77 95
Fax: +41 62 288 77 94*

www.fkh.ch / info@fkh.ch

@ FKH-2016-V01