

IPH Nº 21 REPORT

Qualitätssicherung bei Kabelsystemen

Die hohe Verfügbarkeit der Kabelsysteme im Energieversorgungsnetz gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dies resultiert u.a. aus der Umstrukturierung der Netze in Folge des verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energien. Energieübertragungsnetze im Hoch- und Höchstspannungsbereich werden deutlich mehr belastet. Durch den verstärkten Ausbau dezentraler Energieerzeugungsanlagen nimmt aber auch im Mittel- und Niederspannungsbereich die Auslastung der Netze zu.

Die Qualitätssicherung bei Kabelsystemen beginnt nicht erst bei der Inbetriebnahme der Kabelsysteme. Die in den Normen festgelegten umfangreichen Quali-

tätskontrollen von eingesetzten Materialien und Fertigungsprozessen in der Kabelindustrie bilden in Zusammenhang mit der Überprüfung der Qualität von Verlegung und Montage der Kabelsysteme im Rahmen von Inbetriebnahmeprüfungen die Grundlage für eine lange Lebensdauer der eingesetzten Produkte der Kabelindustrie.

Produktkonforme Diagnose- beziehungsweise Monitoringsysteme liefern Erkenntnisse zum Zustand von Kabelanlagen und sollen rechtzeitig auf mögliche Alterungsprozesse in Isolierstoffen hinweisen. Schließlich soll auch die Analyse von Störungen an Kabelanlagen weiteren Aufschluss über Fehlerursachen liefern.

400 kV-Kabel-System in Maasvlakte,
4 Vor-Ort-Prüfsysteme: 16H/260kV/83A,
2 Kompensationsdrosseln: 17,8H/220kV/
66A, in Kooperation mit Prysmian cable

400 kV cable system in Maasvlakte,
4 on-site test systems: 16H/260kV/83A,
2 compensation reactors: 17,8H/220kV/
66A, in cooperation with Prysmian cable



Assurance of quality for cable systems

High availability of cable systems within power supply grids gets more and more important. This is also due to network restructuring as a consequence of the increased use of renewable energies. Power transmission systems of high voltage and extra-high voltage ranges are getting operated more and more at high capacity. This also applies to medium-voltage and low-voltage systems because of the increasing

development of decentralized power generation plant.

Quality assurance with regard to cable systems does not start only at the moment of their commissioning. Comprehensive verification procedures, defined and required by normative documents, of the quality of applied material and cable industry manufacturing processes in combination with the verification of cable system laying and assembly quality in the

form of commissioning tests are the basis for a long lifetime of cable industry products.

Product-tailored diagnosis and monitoring systems provide knowledge on the state of the cable systems and are able to indicate in time potential ageing processes occurring in insulating materials. Moreover, the analysis of cable system failures shall give further information on their possible causes.

Kurzzeit-Teilentladungsmonitoring

Zur Steigerung der Betriebssicherheit und Verfügbarkeit des Energieversorgungsnetzes gewinnen Diagnose- und Monitoringsysteme eine immer wichtigere Bedeutung. Die Zustandserfassung bei unterschiedlicher Belastung/Auslastung von Betriebsmitteln liefert wichtige ergänzende Informationen zu schon durchgeführten off-line Messungen. Zu diesem Zweck wurde im IPH die Serviceleistung Kurzzeit-Teilentladungsmonitoring konzipiert und die entsprechende Messtechnik entwickelt.

Das Kurzzeit-Teilentladungsmonitoringsystem – Aufbau und Funktion

Das Kurzzeit-Teilentladungsmonitoringsystem des IPH ist ein 3-kanaliges Teilentladungs-Messsystem (optional 4-kanalig), welches auf dem Messsystem MPD540/600 der Firma Omicron basiert. Standardmäßig kommen induktive Sensoren, sogenannte Hochfrequenz-Transformatoren (HFCT), zum Einsatz. Alternativ können auch kapazitive, akustische Sensoren oder Koppelkondensatoren benutzt werden. Der optionale vierte Kanal kann sowohl als Messkanal als auch als Gatingkanal genutzt werden. Damit können gezielt Störsignale herausgefiltert werden.

Als Erfassungseinheit wird ein handelsüblicher PC genutzt, welcher die Daten aufzeichnet.

Messphilosophie

Das Messsystem wird für eine vorher vereinbarte Zeit beim Kunden installiert. Notwendige Anpassungen an die Umgebung und Optimierung der Messempfindlichkeit werden direkt vor Ort bei der Installation durchgeführt. Danach läuft das System komplett autark (nur die Spannungsversorgung wird benötigt). Ein Zugriff von außen ist optional per VPN (Virtual Private Network) möglich. Das System greift nicht in das vorhandene Schutzsystem ein, sondern nimmt nur Daten auf, die nach Ablauf der vereinbarten Messzeit und Deinstallation im IPH ausgewertet werden.

Warum Kurzzeit-Teilentladungsmonitoring?

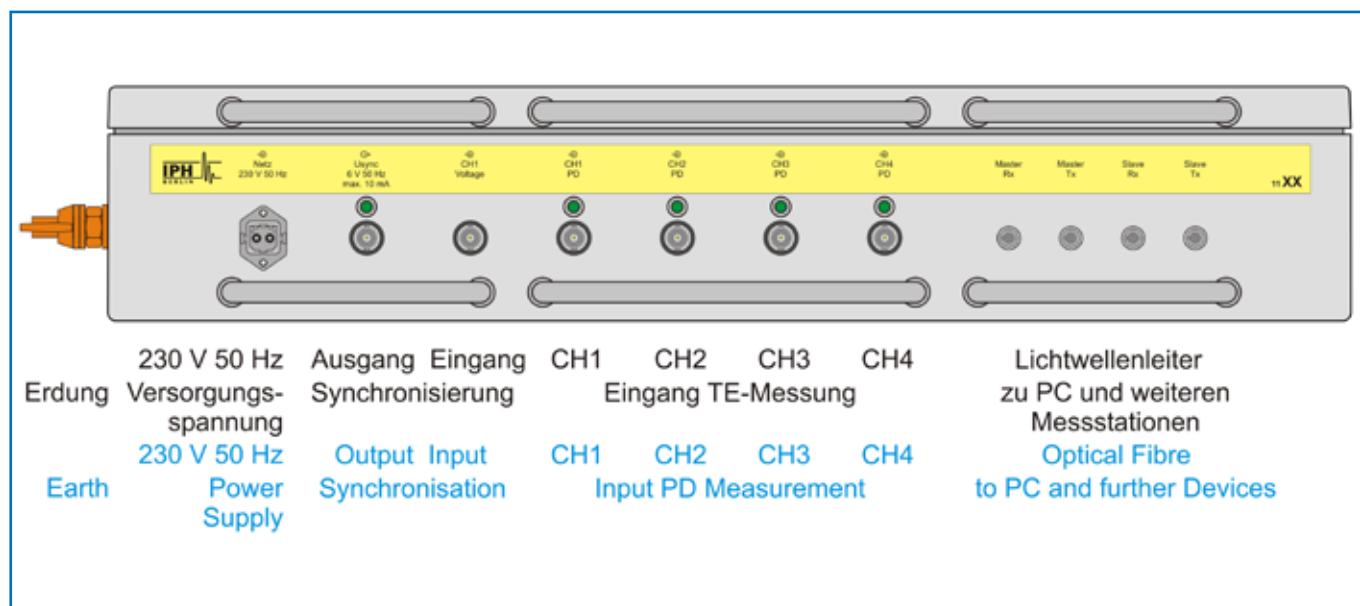
Die Anwendungsgebiete für das Kurzzeit-Teilentladungsmonitoring sind vielfältig. So zum Beispiel bei Messungen zum Ablauf der Garantie, für Zustandsbewertungen von wichtigen Kabelstrecken sowie dort, wo keine Spannungsprüfung mit fremder

Prüfspannung (Resonanzprüfung) möglich ist. Auch Langzeitversuche können damit überwacht werden.

Mit der aussagekräftigen Auswertung der Messergebnisse kann man Netzbetreiber bei ihren Entscheidungen zum Asset Management unterstützen, ohne in teure Dauermonitoring-Systeme investieren zu müssen.

Aussicht

Das aktuelle System stellt nur einen Anfang dar. Die nächsten Ausbaustufen werden das Monitoring von Temperatur und Lastzustand integrieren. Zusätzlich werden Witterungsbedingungen vor Ort erfasst. Durch die Vielzahl an Informationen ist eine bessere und genauere Aussage zum Zustand des Betriebsmittels möglich. Zukünftig ist geplant, Kurzzeit-Teilentladungsmonitoring auch auf weitere Kategorien von Betriebsmitteln anzuwenden.



Messbox mit Messkanälen
Measuring box with measuring channels



Hochfrequenz-Transformator (HFCT)
High-Frequency Transformer (HFCT)

Short-time partial discharge monitoring

To increase the operating safety and availability of a power supply system, diagnosis and monitoring systems become more and more important. The acquisition of state data at different load/utilized capacity of operating equipment provides important information in addition to already accomplished off-line measurements. For that purpose, IPH has developed the concept of short-time partial discharge monitoring services and built the respective measuring equipment.

The short-time partial discharge monitoring system – design and mode of operation

The short-time partial discharge monitoring system of IPH is a three-channel partial discharge measuring system (optionally four-channel), which is based on the Omicron MPD540/600 measuring system. The standard design uses inductive sensors, so-called high-frequency transformers (HFCT). As an alternative, capacitive, acoustic sensors or coupling capacitors may be used. The optional fourth channel can be used as a measuring channel or as a gating channel.

This serves to selectively filter disturbance signals. The acquisition unit is a standard PC which records the data collected.

Measuring philosophy

The measuring system is installed at the customer's for a previously agreed time. Necessary adapting to environment and optimizing of the measuring sensitivity is carried out on site during installation. Afterwards, the system will run on a completely self-sustaining mode (only power supply needed). Access from outside is optionally possible by VPN (Virtual Private Network). The system does not interfere with the present protective system but only acquires data which will be evaluated after expiry of the agreed measuring time and disassembly at IPH.

Why short-time partial discharge monitoring?

Short-time partial discharge monitoring can be applied for many different purposes. It is used for instance for measurements at the end of a guarantee term, for state evaluation of major cable lines as

well as under special conditions where voltage tests with an external test voltage supply (resonance test unit) are not possible. Moreover, long-term tests may be monitored.

Significant evaluation of measuring results serves to support power system operators when deciding on asset management without need to invest for expensive permanent monitoring systems.

Outlook

The present system is only a starting point. The next stages of extension will have integrated monitoring of temperature and the loading conditions. Additionally, weather conditions will be recorded on site. This multitude of information data renders possible better and more precise state evaluation of the operating equipment. In the future, short-time partial discharge monitoring shall also be applied to further categories of operating equipment.

Inbetriebnahmeprüfungen an Kabelsystemen

Gemäß Vorschrift der Berufsgenossenschaft, BGV A3, hat jeder Unternehmer dafür zu sorgen, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel vor der ersten Inbetriebnahme und nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme durch eine Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektro-

fachkraft auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden.

Umfang der Prüfungen sowie Spannungshöhe und Prüfdauer sind in den entsprechenden Produktnormen festgelegt.

An Mittelspannungskabelsystemen werden neben der Überprüfung der Unversehrtheit des Mantels Wechselspan-

nungsprüfungen mit 0,1 Hz bei $3U_0$ durchgeführt. In der Hoch- und Höchstspannungsebene werden die Kabelanlagen mit variabler Frequenz im Bereich von 20 bis 300 Hz bei Spannungspegeln zwischen $1,7U_0$ (IEC 62067) und $2,5U_0$ (HD 632 Teil 4D) geprüft.

Für diese Prüfungen werden mobile Resonanzanlagen eingesetzt. In der Leistungseinheit wird eine Spannung mit einer Frequenz, die der Eigenfrequenz des Schwingkreises entspricht, bestehend aus der Kabelkapazität und der Induktivität der Hochspannungsdrossel, erzeugt. Sie wird über einen Transformator in den Schwingkreis gespeist. Durch die Anwendung des Schwingkreisprinzips kann die dem Netz entnommene Leistung deutlich geringer sein als die Prüfleistung, da die Prüfenergie im Kabel und in der Hochspannungsdrossel gespeichert wird. Lediglich die ohmschen Verluste werden nachgespeist.

Durch den modularen Aufbau der Prüftechnik ist es möglich, die Hochspannungsdrosseln sowohl in Parallelschaltung als auch in Reihenschaltung zu betreiben. Hierdurch wird wahlweise der maximale Prüfstrom oder die mögliche Prüfspannung gesteigert.

Eine der weltweit größten Inbetriebnahmeprüfungen von Höchstspannungskabelanlagen fand Ende letzten Jahres unter Mitwirken des IPH statt. Hier wurde eine Drosselkombination aus 6 Resonanzdrosseln (jeweils 2 in Reihe und 3 dieser Einheiten dann parallel) aufgebaut. Bei einer maximalen Prüfspannung von 440 kV konnte ein Prüfstrom von 200 A bereitgestellt werden. Die Prüfleistung betrug 88 MVA.



Parallelschaltung dreier Serienresonanzprüfkreise
Parallel connection of three series resonant test circuits

Commissioning tests on cable systems

The A3 regulation of the institution for statutory accident insurance and prevention, BGV, establishes that every enterpriser is liable to assure that electrical installations and operating equipment are tested by skilled electrical personnel or under supervision of skilled electrical personnel with regard to a proper functioning state before the first commissioning and after changes or repair before re-commissioning.

The scope of the tests as well as voltage parameters and test duration are laid down in the respective normative product documents.

In addition to the tests of the undamaged condition of the oversheath (DC voltage test of the oversheath), medium-voltage cable systems are subjected to AC voltage tests at 0.1 Hz and $3U_0$. On the high-voltage and extra-high-voltage level, cable systems are tested at variable frequency ranging from 20 to 300 Hz at voltage levels between $1.7U_0$ (IEC 62067) and $2.5U_0$ (HD 632 Teil 4D). These tests are done using mobile resonance test equipment.

A frequency is generated in the power unit, which corresponds to the natural frequency of the resonant circuit consisting of cable capacitance and inductance of the high-voltage reactor. It is fed into the resonant circuit via transformer. Due to the application of the resonant circuit principle, the power taken out of the power system may be significantly lower than the testing power, because the testing energy is stored in the cable and in the high-voltage reactor. Ohmic loss only has to be added.

The modular setup of testing equipment allows both parallel and series connections of the high-voltage reactors. Thus, alternatively maximum test current or possible test voltage can be increased.

At the end of the last year, IPH took part in one of the worldwide largest commissioning tests on EHV cable systems. The setup consisted of a combination of six resonance reactors (two units in series and three units in parallel connection). A test current of 200 A was provided at a maximum test voltage of 440 kV. The test power delivered was 88 MVA.

Impressum/Imprint

Herausgeber/Publisher:

IPH Institut „Prüffeld für elektrische Hochleistungstechnik“ GmbH
Landsberger Allee 378a | D-12681 Berlin
Tel.: +49 (0) 30-5 49 60-100 | info@iph.de
Fax: +49 (0) 30-5 49 60-122 | www.iph.de

Redaktion/Editor: Regina Bürgel

Gestaltung und Satz/Art Direction:

Weinert & Partner, www.weinert-wa.com

Redaktionsschluss/Copy deadline: 20.10.2011

IPH is member of CESI Group

