

Isoliersysteme bei Gleich- und Mischfeld- beanspruchung

125

ETG-Fachbericht

*Vorträge der ETG-Fachtagung
vom 27. bis 28. September 2010 in Köln*

mit CD-ROM

Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG)

ETG-Fachbericht

125

Isoliersysteme bei Gleich- und Mischfeldbeanspruchung

Vorträge der ETG-Fachtagung
vom 27. bis 28. September 2010 in Köln

Veranstalter:

Energetische Gesellschaft im VDE (ETG)

Fachbereich Q2 Werkstoffe, Isoliersysteme und Diagnostik

Wissenschaftlicher Tagungsleiter:

J. Kindersberger, Technische Universität München

mit CD-ROM

VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar

ISBN 978-3-8007-3278-4

ISSN 0341-3934

© 2010 VDE VERLAG GMBH, Berlin und Offenbach, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, Germany
www.vde-verlag.de

Alle Rechte vorbehalten · All rights reserved

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbeschreibungen etc. berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und von jedermann benutzt werden dürfen. Aus der Veröffentlichung kann nicht geschlossen werden, dass die beschriebenen Lösungen frei von gewerblichen Schutzrechten (z. B. Patente, Gebrauchsmuster) sind. Eine Haftung des Verlags für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Programme, Schaltungen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts des Werks ist ausgeschlossen. Die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften sowie die technischen Regeln (z. B. das VDE-Vorschriftenwerk) in ihren jeweils geltenden Fassungen sind unbedingt zu beachten.

Druck: DDZ Digital-Druck-Zentrum GmbH, Berlin
CD-Produktion: DMS – Disk Media Service, Berlin
Printed in Germany

Vorwort

Elektrische Energieversorgungsnetze enthalten in zunehmendem Maße Gleichspannungssysteme (HGÜ), z. B. für die Übertragung elektrischer Leistung über große Entfernungen oder Seekabel, die Anbindung von Offshore-Anlagen, die Bahnstromversorgung oder zukünftig auch im Bereich der Verteilnetze. Dabei treten systembedingt nicht immer reine Gleichspannungen auf, sondern die Isoliersysteme werden häufig mit Gleich- und Mischfeldern beansprucht. Typische Mischfelder entstehen z. B. durch Polaritätswechsel oder durch die Überlagerung von Gleichspannung mit Impulsspannungen, verursacht durch äußere Einwirkung oder als Folge der AC/DC-Wandlung.

Die Feldbeanspruchung eines Isoliersystems bei Gleichspannungsbelastung wird durch die Geometrie des Isoliersystems vor allem aber durch das Verhältnis der elektrischen Leitfähigkeiten der beteiligten Isolierstoffe bestimmt. Im Gegensatz zu den für das kapazitive Feld bestimmenden Permittivitäten können sich die elektrischen Leitfähigkeiten der beteiligten Isolierstoffe um mehrere Größenordnungen unterscheiden und sind abhängig von der Temperatur, dem Feuchtegehalt und der Feldstärke. Beim Zu- und Abschalten von Gleichfeldern, beim Polaritätswechsel und bei Beanspruchung mit Mischfeldern, kommt es zur Überlagerung von resistiven und kapazitiven Feldern mit teilweise lang andauernden Ausgleichsvorgängen. Bei länger andauernder Gleichspannungsbelastung können zudem auch ausgedehnte Raum- und Flächenladungen entstehen, welche den Feldverlauf selbst erheblich beeinflussen. Bedingt durch die maßgebenden Mechanismen können sich bei Gleichspannungsbelastung auch Unterschiede der Oberflächeneigenschaften polymerer Isolierungen (z. B. Kriechstromverhalten und Hydrophobiebeständigkeit) gegenüber Wechselspannungsbelastung ergeben.

Ziel der Veranstaltung ist es, für die in der Hochspannungs-Gleichstromtechnik relevanten Betriebsmittel und leistungselektronischen Baugruppen den Erkenntnisstand, aktuelle Forschungsaktivitäten und Entwicklungstendenzen der Isoliersysteme einschließlich der verwendeten Werkstoffe aufzuzeigen und zu diskutieren. Dabei werden auch Fragen der Prüftechnik behandelt.

Wissenschaftliche Tagungsleitung

J. Kindersberger, Technische Universität München

Programmausschuss

R. Bärsch, Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
E. Gockenbach, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
V. Hinrichsen, Technische Universität Darmstadt
J. Kindersberger, Technische Universität München
A. Küchler, Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt
T. Leibfried, Karlsruher Institut für Technologie KIT

Auswahlverfahren

Die in diesem Tagungsband abgedruckten Beiträge (Plenarvorträge ausgenommen) haben ein zweistufiges Auswahlverfahren durchlaufen:

- Der Programmausschuss hat die Kurzfassungen bewertet, die von den Autoren bei einem „Aufruf zu Beiträgen“ eingereicht wurden, und geeignete Beiträge ausgewählt.
- Die vollständigen Tagungsbandbeiträge wurden von dem Programmausschuss vor Drucklegung durchgesehen, Änderungen mit den Autoren abgestimmt und zum Druck freigegeben.

Inhalt

1 Gleich- und Mischfeldbeanspruchung – Übersicht

- 1.1 Vom Smart Grid zum Super Grid – Effiziente Lösungen mit UHV DC Höchstleistungsübertragung „Grüner Energien“ 9**
 M. Häusler, D. Retzmann, Siemens AG, Erlangen
- 1.2 Spannungsformen in HGÜ-Systemen – statische und dynamische Beanspruchungen 19**
 E. Gockenbach, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
- 1.3 Beanspruchungen und elektrisches Verhalten von Isoliersystemen bei Gleich- und Mischfeldbeanspruchungen 25**
 R. Bärsch, Hochschule Zittau/Görlitz; A. Küchler, Hochschule Würzburg-Schweinfurt

2 Isolatoren

- 2.1 Mikrovaristorgefüllte Isoliersysteme bei Gleichspannungsbeanspruchung 53**
 M. Tenzer, J. Debus, V. Hinrichsen, Technische Universität Darmstadt
- 2.2 Potentialverteilung an rohrförmigen Isolierstoffprüflingen bei Gleichspannungsbelastung und unterschiedlichen Umgebungsbedingungen 61**
 B. Lutz, J. Kindersberger, Technische Universität München
- 2.3 Einfluss der Prüfspannungsart auf das elektrische Oberflächenverhalten von polymeren Isolierstoffen unter elektrolytischen Fremdschichtbelastungen 69**
 R. Cervinka, R. Bärsch, Hochschule Zittau/Görlitz; J. Seifert, Lapp Insulators GmbH, Wunsiedel
- 2.4 Das Dynamische Tropfen-Prüfverfahren bei gleichgerichteter Spannung unter Einfluss der Welligkeit 77**
 M. Hilbert, M. Kurrat, Technische Universität Braunschweig
- 2.5 Einfluss von Temperatur und elektrischer Feldstärke auf die elektrische Leitfähigkeit und Spannungsfestigkeit von syntaktischem Schaum 83**
 A. Strauchs, A. Mashkin, A. Schnettler, RWTH Aachen; A. Tröger, ABB Schweiz AG, Zürich, Schweiz; B. Wandler, Philips Medical Systems DMC GmbH, Hamburg
- 2.6 Einfluss der inneren Feldstärkeverteilung auf die elektrische Durchschlagfestigkeit von syntaktischem Schaum 89**
 A. Mashkin, A. Strauchs, A. Schnettler, RWTH Aachen; B. Freiheit-Jensen, A. Lunding, Philips Medical Systems DMC GmbH, Hamburg
- 2.7 Untersuchungen des transienten Verhaltens von Schichtisolierungen 95**
 T. Mertens, S. Azer, F. Jenau, Technische Universität Dortmund

3 Kabel und Schaltanlagen

3.1 Gasisolierte Systeme für HGÜ	101
H. Hama, Mitsubishi Electric Corporation T&D Systems Centre, Amagasaki, Japan; U. Riechert, ABB Schweiz AG, Zürich, Schweiz; F. Endo, Nagoya University, Nagoya, Japan; K. Juhre, U. Schichler, Siemens AG, Berlin; J. Kindersberger, Technische Universität München; S. Meijer, TenneT TSO b.v., Arnhem, Niederlande; C. Neumann, Amprion GmbH, Dortmund; S. Okabe, Tokyo Electric Power Company, Yokohama, Japan	
3.2 Dielektrische Eigenschaften von Isoliertgasen für HGÜ-Anwendungen	109
D. Imamovic, M. Muhr, Technische Universität Graz, Österreich	
3.3 Entladungsverhalten von Luftfunkenstrecken im Meterbereich bei hohen Gleichspannungen	115
I. Ovsyanko, J. Speck, S. Großmann, Technische Universität Dresden	
3.4 320-kV-VPE-Kabel für die Hochspannungsgleichstromübertragung –Erfahrungen und Entwicklungstrends	121
Th. Benz, ABB AG, Mannheim	

4 Prüftechnik und Simulation

4.1 Thermisch-elektrische Mischfeldbeanspruchungen in Isoliersystemen von Kabelprüfanlagen	127
U. Gustke, N. Stechemesser, SEBA KMT GmbH, Radeburg/Baunach; N. Kurda, RCC Polymertechnik GmbH, Berlin-Brandenburg	
4.2 DC-Teilentladungsmessungen am Beispiel eines 660 kV Teilers	135
K. Rethmeier, M. Krüger, A. Kraetge, OMICRON electronics, Österreich; M. Schuchardt, J. Twittmann, Ch. Balkon, Technische Universität Berlin; J. Rickmann, Ch. Weber, Trench, Schweiz/Frankreich	
4.3 Transiente Simulation von Teilentladungen in Feststoffen bei Mischfeldbeanspruchung	141
V. Ermel, M. Kurrat, Technische Universität Braunschweig	
4.4 Realisierung einer Mischspannungsbeanspruchung bis 550 kV	145
C. Leu, K. Eisenhuth, Technische Universität Ilmenau	
4.5 Herausforderung an die Prüftechnik für das Prüfen von HVDC Kabeln	151
R. Pietsch, M. Hinow, T. Steiner, HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH	

5 Transformatoren und Durchführungen

5.1 Isoliersysteme für HVDC Transformatoren (≥ 800kV) – Stand der Technik und Entwicklungstrends	157
M. Schenk, R. Fritsche, Siemens AG, Nürnberg	
5.2 Interaktion von Ölspalten und fester Isolation in HGÜ-Barrierensystemen	163
M. Liebschner, E. Zerr, A. Küchler, Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt; B. Heinrich, Ch. Krause, Ph. Schmitt, Weidmann Electrical Technology AG, Rapperswil, Schweiz; F. Berger, Technische Universität Ilmenau	

5.3 Bestimmung von Leitfähigkeiten und dielektrischen Eigenschaften hoch beanspruchter HGÜ-Isolierwerkstoffe	169
A. Küchler, M. Liebschner, A. Reumann, Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt; R. Fritsche, M. Rösner, M. Schenk, Siemens AG, Nürnberg; B. Heinrich, Ch. Krause, Weidmann Electrical Technology AG, Rapperswil, Schweiz; A. Langens, J. Titze, HSP Hochspannungsgeräte GmbH, Troisdorf	
5.4 Zur Messung von elektrischen Gleichfeldern im stationären Betrieb, beim Einschalten sowie bei Polaritäts-Umkehr in ölprägnierten Gleichspannungs-Isoliersystemen	175
M. Rösner, J. Hoppe, M. Schenk, Siemens AG, Nürnberg; A. Küchler, Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt	
5.5 Anforderungen und Beanspruchungen des Öl-Board-Isoliersystems von HGÜ-Stromrichter-Transformatoren	181
J. Fabian, T. Judendorfer, A. Straka, R. Wind, R. Woschitz, M. Muhr, Technische Universität Graz, Österreich; Ch. Krause, U. Piovan, Weidmann Electrical Technology AG, Rapperswil, Schweiz	
5.6 Die Leitfähigkeit von Isolierflüssigkeiten bei niedrigen Frequenzen und Gleichspannung	187
M. Koch, S. Rätzke, OMICRON electronics GmbH, Klaus, Österreich; S. Tenbohlen, Universität Stuttgart	
5.7 Kondensatorgesteuerte Hochspannungsdurchführungen für den Einsatz in Gleichspannungssystemen (HGÜ)	193
T. Schnitzler, A. Langens, J. Titze, E. Engels, HSP Hochspannungsgeräte GmbH, Troisdorf	
 6 Leistungselektronische Baugruppen	
6.1 HVDC mit Spannungszwischenkreis – Die Technologie für DC-Netze	199
J. Hanson, ABB AG, Mannheim	

