

## Rückblick ETG-Veranstaltungen

# E10 Hochspannungstechnik 2016

Die Fachtagung Hochspannungstechnik ist ein Neuling unter den Veranstaltungen des VDE und war ein voller Erfolg, gemessen an der Teilnehmerzahl, den Diskussionen und dem Feedback. Der ETG-Fachbereich Q2 „Werkstoffe, Isoliersysteme und Diagnostik“ veranstaltete bisher Events zu speziellen Themen wie z.B. Grenzflächen oder DC-Beanspruchungen. Allerdings fehlte bisher in der Landschaft der Tagungen des VDE die Möglichkeit, auch zu hochspannungstechnischen Randthemen zu publizieren. Dieses Problem und weitere Überlegungen bewogen den Fachbereich Q2, eine thematisch wesentlich breitere Konferenz anzubieten, nämlich unter der Überschrift „Hochspannungstechnik“. Diese fand vom 14. bis 16. November 2016 im DBB Forum nahe der Friedrichstrasse in Berlin statt.

### Organisatorisches

137 wissenschaftliche Artikel wurden veröffentlicht. Mit mehr als 290 Teilnehmern war die Konferenz überbucht. Dieser erfreuliche Zuspruch der Fachwelt führte zu vollen Tagungsräumen (*Bild 1*). Die Distanz zwischen Referenten und Auditorium schrumpfte zwangsläufig und förderte damit Austausch und Diskussionen. Wie bei vorherigen Fachtagungen setzte sich das Publikum aus Herstellern, Betreibern, Energieversorgern, Prüfinstituten und Universitäten, Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen zusammen. Der Anteil von Teilnehmern aus der Industrie war jedoch diesmal erfreulicherweise höher.

Aufgrund des breiten Themenspektrums und der großen Anzahl von Beiträgen wurde in drei parallelen Sessions vorgetragen. Einer Vortragszeit von regulär 15 Minuten schlossen sich 5 Minuten Diskussion an, welche in den meisten Fällen auch ausgeschöpft wurden. Aus der Sicht des Programmausschusses können gerade in den Diskussionen wertvolle Informationen ausgetauscht



*Bild 1: Auditorium während eines Einführungsvortrags im überfüllten Plenumsaal*

werden, weshalb die Sessionleiter zu lebhafter Teilnahme motivierten.

Der Postersession wurde gleich am ersten Tag ein Zeitraum von 90 Minuten eingeräumt. Die Sessionleiter führten thematisch interessierte Gruppen durch die Poster. So konnte jeder Ausstellende seine Ergebnisse präsentieren und in den Dialog mit dem Fachpublikum treten. Eine Posterpräsentation sollte nicht als 2. Wahl erscheinen. Vielmehr sind insbesondere komplexe und theoretische Themen eher zur Diskussion am Poster geeignet als zur Präsentation. Das Format der geführten Postersession wurde auf der Fachtagung Hochspannungstechnik sowohl von den Autoren als auch Besuchern hervorragend angenommen.

### Schwerpunkt HVDC-Technik

Die Hochspannungstechnik ist eine Schlüsseltechnologie der Energiewende. So standen inhaltlich die Auswirkungen der Energiewende auf die hochspannungstechnischen Komponenten der elektrischen Energieversorgung im Mittelpunkt. Dies führte zu einer Reihe neuer Fragen. Wie kann die Verkabelung der Nord-Süd-Links in Deutschland gestaltet werden? Wie wird die Betriebssicherheit von tausenden Kilometern HVDC-Kabeln gewährleistet? Welche neuen Prüfverfahren sind zur Werks- und Vorortprüfung nötig oder noch zu entwickeln? Wie sieht ein Kurzschlussstrom bei Gleichstrom aus und wie kann dieser ausgeschaltet werden?

In einem Einführungsbeitrag wurde der Stand der technischen Entwicklung rund um DC-Leistungsschalter mit extrem kurzen Unterbrechungszeiten vorgestellt. Stand der Technik sind Schalter-Topologien, die als Hybrid-Schalter eine Reihe technischer Komponenten vereinen: einen Halbleiter-Schalter, einen ultraschnellen Trenner, den IGBT-basierten eigentlichen Leistungsschalter, Kondensatoren und Varistoren zur Energieabsorption. Herstellerabhängig werden diese Komponenten auf unterschiedliche Weise kombiniert. Vor der Konstruktion von Leistungsschaltern musste die Fachwelt allerdings die Frage klären, aus welchen Beiträgen der Kurzschlussstrom im DC-Netz überhaupt besteht. *Bild 2* zeigt den derzeitigen Stand des Wissens. In der ersten Phase nach dem Kurzschlusseintritt entlädt sich die Kapazität des Gleichrichters (CGL), danach folgt die verteilte Kapazität der Leitung (CL). Langfristig speisen dann die angeschlossenen AC-Netze über die beiden DC-Terminals an den Leitungsenden (AC-Netz A, AC-Netz B).

Auch die Schaltanlagen müssen für die Beanspruchung durch Gleichspannung neugestaltet werden. Hier arbeiten die großen Hersteller bereits an GIS (gasisolierte Schaltanlagen, i.a. mit SF<sub>6</sub> gefüllt) mit 525 kV Nennspannung.

Neben Beiträgen von den Hochschulen zur Untersuchung der Isoliersysteme Öl-Papier und SF<sub>6</sub>-Epoxidharz, zur Teilentladungsmessung oder zu Schaltprinzipien wurde die konkrete Umsetzung der Forschungsergebnisse in Entwicklungen für die moderne Energieübertragung vorgestellt. Definierte Prüfverfahren für gasisolierte HGÜ-Komponenten, die Anwendung in kompakten Übertragungsleitungen oder Schaltgeräten finden, sind zurzeit allerdings noch nicht vorhanden. Ein Schwerpunkt lag deshalb auf der Vorstellung der Arbeiten der CIGRÉ- Arbeitsgruppe „JWG D1/B3.57 Dielectric Testing of Gas-Insulated HVDC Systems“ die Empfehlungen für Prüfverfahren 2017 veröffentlichten wird. Zusätzlich zu den klassischen Prüfungen für die reine Gasstrecke verifiziert ein Isolationssystemtest im stationären Erwärmungszustand die elektrische Festigkeit der Gas-Feststoff-Isolierung für das ausgebildete Gleichfeld. *Bild 3* zeigt beispielhaft die aufwändige Prüfsequenz für ein DC Isoliersystem.

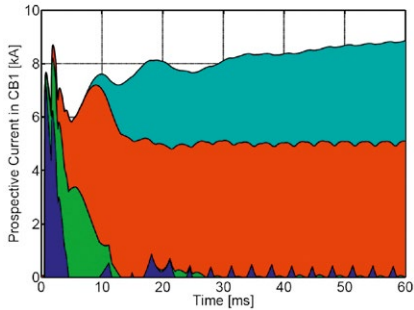


Bild 2: Zeitlicher Verlauf des Kurzschlussstroms beim einpoligen Erdfehler im HVDC-Netz

### Schwerpunkt Diagnostik und Monitoring

Traditionell stark vertreten ist der Themenkomplex Monitoring, Diagnostik und Zustandsüberwachung. Tatsächlich motivieren der alternde Gerätepark und zustandsorientierte Instandhaltungsstrategien die Suche nach neuen diagnostischen Verfahren, um den Zustand der Betriebsmittel des Hochspannungsnetzes zuverlässig und ggf. auch online, also während des Betriebs, bestimmen zu können. Die Ergebnisse der Cigré Arbeitsgruppe A2.37 „Transformer Reliability Survey“ zeigten eindrücklich, dass nicht das Alter der ausschlaggebende Einfluss für Fehler und Ausfälle an Transformatoren ist, sondern Design und Zustand des individuellen Betriebsmittels.

Für Transformatoren wurden verbesserte Verfahren zum Online-Monitoring vorgestellt. Für Messwandler soll ein neues, sehr einfaches Monitoring-Verfahren große Verbreitung erfahren, besonders wegen des günstigen Verhältnisses zwischen Aufwand und Nutzen. Ein Hersteller von Hochspannungskabeln berichtete seine Erfahrungen mit den offline und online Messungen von Teilentladungen in Höchstspannungskabelsystemen. Insbesondere der Inbetriebnahme-Messung von Teilentladungen mittels geeigneter Systeme (favorisiert wird synchrone Mehrstellenmessung mit induktiver Auskopplung) wird eine große Aussagekraft beigegeben.

Der Messung und Analyse von Teilentladungen (TE) kam wie bei vergleichbaren anderen Konferenzen ein großer Raum zu. Bei der Messung im UHF-Bereich

Testsequenz	Prüfung	Last	Dauer
Vortest	Routinetest	Aufheizen	
Langzeittest	Negative Bemessungsgleichspannung	$\geq I_r^*$	30 Tage
Unipolare und bipolare Überlagerung	Bemessungsgleich- und Stoßspannung	$\geq I_r^*$	
Polaritätswechsel		$\geq I_r^*$	
Langzeittest	Positive Bemessungsgleichspannung	$\geq I_r^*$	30 Tage
Unipolare und bipolare Überlagerung	Bemessungsgleich- und Stoßspannung	$\geq I_r^*$	

$I_r^*$  DC-Bemessungsstrom oder äquivalenter AC-Strom

Bild 3: Prüfsequenz eines gasisolierten HVDC-Isoliersystems

reich an gasisolierten Schaltanlagen GIS scheint sich mit dem „Application Guide for Sensitivity Verification“ als Ergebnis der Cigré Arbeitsgruppe D1.25 ein effektives Verfahren zum Empfindlichkeitsnachweis zu etablieren. Bei den bezüglich ihrer Signalausbreitungswege wesentlich komplexeren Transformatoren hielt die UHF-Messung erst vor einigen Jahren Einzug. Diskussionen um die Umrechnung von mV aus dem UHF-Bereich in pC aus dem konventionellen elektrischen Messbereich gehören glücklicherweise der Vergangenheit an. Heiß diskutiert man dennoch um die UHF-TE-Messung, z.B. ihre Kalibrierung und die Einführung von Grenzwerten bei der Werkprüfung. Gegner dieses Ansatzes führen an, dass Grenzwerte ohne direkte physikalische Bedeutung ein Rückschritt wären und zu Missverständnissen ähnlich denen bei der scheinbaren Ladung der konventionellen Messung führen könnten. Stattdessen wird eine Risikobewertung mittels Auswertung von PRPD-Mustern, der Ortung und der Trendüberwachung vorgezogen.

Neu in der Anwendung für Hochspannungs-Isolierstoffe ist die nichtlineare Impedanzspektroskopie. Bisher wertete man bei der Impedanzspektroskopie in ihrer Anwendung als PDC/FDS Verfahren an Isoliersystemen nur die erste Grundschiwingung aus. Durch die Messung und Analyse von nichtlinearen und harmonischen Systemantworten verspricht man sich zusätzliche Information über die elektrischen Eigenschaften.

### Rahmenprogramm und Ausblick

Zwei Abendveranstaltungen fanden während der Fachtagung statt. Als Plattform zum informellen Austausch, Diskussion und Networking sind sie wichtiger Programmbestandteil.

Fotos der Veranstaltung gibt es wie immer auf der Webseite des VDE, <https://conference.vde.com/hochspannungstechnik/2016/impressionen/Seiten/impressionen.aspx> Die freigegebenen Vorträge stehen für die Teilnehmer dort zum Download bereit.

Ihre Meinung und Anregungen für das nächste Event äußerten die Teilnehmer in Feedbackbögen. Dabei hatten 108 von 131 Teilnehmenden die Veranstaltung mit Bestnote bewertet. Nach der sehr guten Erfahrung mit dem thematisch breiten Format „Hochspannungstechnik“ plant der Programmausschuss die nächste Veranstaltung für 2018.

Zur Fachtagung ist ein ETG-Fachbericht im VDE-Verlag erschienen.



Prof. Dr.-Ing. Maik Koch, Hochschule Magdeburg-Stendal, Stellv. Vorsitzender des FB Q2 „Werkstoffe, Isoliersysteme und Diagnostik“