Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 5

Artikel: Energiekabeltechnik : Bericht über das "Kabelseminar 1987" der ETG

Autor: Biasiutti, Gianni

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904000

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Energiekabeltechnik

Bericht über das «Kabelseminar 1987» der ETG

Vom 20. bis 21. November 1987 organisierte die Energietechnische Gesellschaft des SEV (ETG) unter der Leitung von Prof. *W.S. Zaengl* an der ETH in Zürich ein Seminar zur aktuellen Energiekabeltechnik für den Spannungsbereich bis 150 kV. Die Veranstaltung fand an der ETH in Zürich unter der Leitung von Prof. *W.S. Zaengl* statt. Rund 140 Teilnehmer wohnten den insgesamt 22 Kurzreferaten bei und sorgten anlässlich der zahlreichen Diskussionsblökke für einen lebendigen und zum Teil sehr engagierten Gedankenaustausch. Der ausgewogenen und ehrlichen Auseinandersetzung zwischen Vertretern von Kabelbetreibern und Kabelherstellern verdankte das Seminar seinen informativen Charakter.

Im Namen der ETG eröffnete *P. Moser* (Kabelwerke Brugg) das Seminar und widmete der Bedeutung der kürzlich entdeckten «Hochtemperatur»-Supraleiter für die Energieübertragungstechnik einige Gedanken: Obwohl der Zukunftsvision vom verlustfreien und raumsparenden Transport beliebiger Mengen elektrischer Energie theoretisch einen grossen Schritt nähergekommen, bleibt die praktische Anwendung von Supraleitern für diesen Zweck noch in weiter Ferne. Das Attribut «Hochtemperatur» erscheint nämlich lediglich für den Physiker in bezug auf den absoluten Temperaturnullpunkt gerechtfertigt; der Kabeltechniker muss seine Systeme dagegen bei Raumtemperatur betreiben, und da wirft eine Leitertemperatur von rund 100 K (-173 °C) immer noch enorme Probleme auf.

In einer anschliessenden Einführung benutzte der Tagungsleiter, Prof. *W.S. Zaengl*, die Gelegenheit auch für einen Appell an die versammelten Fachleute aus der Elektrizitätswirtschaft: Seit Jahren entschliessen sich an der Hochschule nur noch eine ganz kleine Zahl von Studenten für einen Abschluss in Fächern der Elektroenergietechnik. Teilweise verunmöglicht das geringe Interesse sogar die Durchführung der angekündigten Vorlesungen. Die Schulleitung ihrerseits sieht die zukünftigen Schwergewichte in anderen Disziplinen und redimensioniert sukzessive das Angebot von Lehre und Forschung auf diesem Gebiet. Alle Anstrengungen der verantwortlichen Institute vermochten diese Entwicklung bisher nicht aufzuhalten. In dieser Situation wäre die Hochschule auf engagierte Unterstützung von aussen angewiesen.

1. Aktivitäten internationaler Organisationen

Die ersten drei Fachreferate gaben einen kurzen Einblick in die Aktivitäten der internationalen Organisationen UNIPEDE (*C. Gyger*, CKW, Luzern), CIRED (*K. Thalmann*, EWZ, Zürich) sowie JICABLE und CIGRE (*J.-J. Wavre*, Câbles Cortaillod). Diesbezüglich sei hier auf die entsprechenden Konferenzpublikationen verwiesen. Die Veröffentlichung der vorgestellten internationalen Fehlerstatistiken von Kuntstoffkabeln (UNIPEDE) ist noch ausstehend. Das zusammengestellte Datenmaterial zeigt sehr grosse Unterschiede bezüglich der Betriebserfahrungen in den verschiedenen Ländern auf; in der Schweiz werden vergleichsweise günstige Fehlerhäufigkeiten registriert. In allen Ländern treten wesentlich weniger Fehler in den vernetzten als in den unvernetzten Polyäthylenkabeln auf. Soweit Angaben für Gummikabel vorliegen, sind diese mit jenen für die vernetzten Polyäthylenkabel vergleichbar. Eindeutige Zusammenhänge zwischen den für gleiche Kabeltypen von Land zu Land unterschiedlichen Fehlerhäufigkeiten und der Kabelkonstruktion sowie der Fertigungstechnologie konnten bisher nicht aufgedeckt werden. Es ist geplant, eine Vorzugs-Kabelkonstruktion vorzuschlagen.

2. Planung, Verlegung, Betrieb

Die folgende Gruppe von Referaten waren der Planung, Verlegung und dem Betrieb von Kabelanlagen gewidmet. Aus der Sicht eines mittelgrossen Elektrizitätsversorgungsunternehmens stellte *H. Büttiker* (Elektra Birseck, Münchenstein) die bestehende Netzkonzeption vor und erläuterte die Planungsgrundlagen und Randbedingungen für den Netzausbau. In dem gemischten Kabel-Freileitungs-Verteilnetz mit einer verketteten Betriebsspannung von 13 kV werden einheitlich vernetzte Polyäthylenkabel der Reihe 20 kV mit den Normquerschnitten 95, 150 und 240 mm² eingesetzt. Im Normalfall beträgt die Länge einer Kabeleinheit 500 m. Die Verlegung erfolgt ausschliesslich in Kunststoffrohren, die ihrerseits in einem Block aus Magerbeton liegen. Eine spätere Umstellung auf 20-kV-Netzspannung ist vorgesehen; die neueren Verteiltransformatoren sind bereits entsprechend ausgelegt. *A. Meier* (NOK, Baden) legte einige spezifische Probleme aus der Konzeption eines ausgedehnten Hochspannungsübertragungsnetzes 50 ... 150 kV dar. Dieses Netz besteht überwiegend aus Freileitungen mit 400-mm²-Aldrey-Seilen; in den Kabelabschnitten kommen 500-mm²-Cu-Leiter zum Einsatz. Der Kabelanteil ist stark im Zunehmen begriffen; daraus sowie aus der starken Vermaschung erwachsen unter anderem der Selektivität von Erdschlussabschaltungen und der Begrenzung der Erdschlussströme besondere Schwierigkeiten. Ergänzend kam *A. Meier* auf bisher wenig beachtete Aspekte der Umweltverträglichkeit von Kabelanlagen zu sprechen: Immer häufiger wird die Verkabelung von Übertragungsleitungen im Kulturland oder in Naturschutzgebieten gefordert. Gerade hier kann aber die unvermeidliche Drainagewirkung von Kabelanlagen in Gefällsstrekken sowie die Wärmeabgabe zu einer nicht vernachlässigbaren Beeinflussung (Bodenaustrocknung) führen, die die rein optische Beeinträchtigung durch die Freileitung unter Umständen eher akzeptabel erscheinen lässt. *H. Büttiker* berichtete über Betriebserfahrungen im erwähnten Mittelspannungsversorgungsnetz. Es treten durchschnittlich rund 60 Störungen pro Jahr auf; die mittlere Unterbruchsdauer beträgt 70 min. 10% aller Störungen entfallen auf Kabelstrekken, die insgesamt 75% der Netzlänge aus-

Adresse des Autors
Dr. sc. techn. *Gianni Biasiutti*, Leiter Entwicklung und Qualitätssicherung, Bereich Energietechnik, Dätwyler AG, 6460 Altdorf.

machen. In den vergangenen zehn Jahren wurden ausschliesslich Kunststoffkabel eingesetzt. Über Betriebserfahrungen im 50- bis 150-kV-Netz berichtete *A. Meier*. Bei den bis 1980 mehrheitlich verlegten Ölkabeln treten in zunehmendem Mass Schwachstellen im Bereich der Armaturen in Erscheinung. Es handelt sich dabei vorwiegend um Bleimantelrisse infolge Längsdilatation sowie um Risse in den Porzellanisolatoren der Endverschlüsse. An den nach 1980 installierten Anlagen mit Kunststoffisolierungen sind bisher keine Schäden aufgetreten. Diesen Themenkreis abschliessend, gab *St. Föllmi* (EKZ, Zürich) einen Einblick in die Störungsstatistik des VSE unter Bezugnahme auf die Daten zu Energiekabeln. Es kamen dabei die Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Erstellung und Interpretation einer solchen auf zahlreichen verschiedenen Informationsquellen beruhenden Statistik zum Ausdruck.

3. Kunststoff-Isoliermaterialien

Die nächsten Vorträge bezogen sich auf die einzelnen Kunststoff-Isoliermaterialien. Der Berichterstatter sprach über die älteren noch mit unvernetztem PE isolierten Kabel und zeigte anhand einer 27 Jahre und über 10 000 Aderkilometer umfassenden firmeninternen Störungsauswertung die spezifischen Störungsursachen bei diesem Kabeltyp auf. Er konnte darlegen, dass die PE-Kabel der Schweiz insgesamt eine relativ günstige Zuverlässigkeit aufweisen. Ein allfälliges Auftreten von Störungen hängt stark von den jeweiligen Betriebsbeanspruchungen (z.B. Überspannungen, Wasser) ab, so dass sich die aufgetretenen Fehler sehr ungleich auf die einzelnen Kabelanlagen verteilen. Das vernetzte Polyäthylen war Gegenstand des Referats von *E. Sarbach* (Studer AG, Däniken). Potentielle Schwachstellen in der Isolierung können ihren Usprung beim Herstellungsprozess haben. Moderne Fabrikationseinrichtungen sowie optimierte Prozesssteuerung und Überwachung vermögen heute allerdings deren Entstehungsrisiko sehr klein zu halten. Die Effizienz dieser Massnahmen drückte sich in den durchwegs guten Betriebserfahrungen mit vernetzten Polyäthylenkabeln aus, über die *A. Brechbühler* (Elektrizitätswerk der Stadt Biel) berichtete. Eine Rückblende auf die Entwicklung der Gummi(EPR-)Isolierungen bot *M. Schmid* (Câbleries Cossonay). Seit der ersten Anwendung für Energiekabel vor 20 Jahren hat sich dieses Isoliermaterial ohne nennenswerte Rückschläge bewährt. Heute werden Gummiisolierungen bis zu höchsten Spannungen eingesetzt, bei beachtlicher Feldstärkenbeanspruchung der Materialien (Wanddicke bei 220 kV: 20 mm; 150 kV: 18 mm). Ausschlaggebend für die Einführung dieses aus Italien stammenden Kabeltyps waren die Aziende Industriali della Città di Lugano, welche, durch die guten Erfahrungen von Pirelli motiviert, 1969 die Schweizer Fabriken zu entsprechenden Entwicklungen aufgefordert hatten. Nach den Ausführungen von *E. Vicari* setzt das Unternehmen seit der ersten Lieferung um 1976 mit Erfolg ausschliesslich EPR-Kabel ein.

4. Elektrische Prüfung

Die nächste Themengruppe betraf die elektrische Prüfung von Kabeln. In gedrängter Form gab Prof. *W.S. Zaengl* ein Exposé über die theoretischen Grundlagen zur Auswertung von Durchschlagsmessungen an Kabelprüflingen mit besonderer Beachtung der zur sogenannten Lebensdauerregel führenden Zusammenhänge. Aus dem dadurch beschriebenen Alterungsverhalten der elektrischen Festigkeit von Kunststoffkabeln wurde gefolgert, dass die üblichen Spannungspegel für Werkabnahmeprüfungen, gemessen an der erwarteten Lebensdauer der Kabel, eindeutig zu niedrig sind. Zur Prüftechnik von papierisolierten Kabeln wurde durch *M. Schwarz* (Kabelwerke Brugg) eine Zusammenstellung der aktuellen Normen aufgezeigt. Die entsprechenden Prüfungen – Wechsel- und Gleichspannungshalteprüfung sowie tgδ-Messungen – erbringen bei diesem Isoliermedium eine zufriedenstellende Qualifizierung sowohl neuer wie auch betriebsbeanspruchter Kabel. Ursache dafür ist die bei störungsfreiem Betriebseinsatz weitgehende Konstanz der elektrischen Parameter, im Gegensatz zu Kunststoffkabeln. Der Berichterstatter stellte umfangreiche Messungen der elektrischen Festigkeit von fabrikneuen und im Netzbetrieb gestandenen (Jahre bis Jahrzehnte) Kunststoffkabeln vor. Aus einem Vergleich der Werte für störungsfreie und störungsbehaftete Kabel wurde abgeleitet, dass die zur Gewährung hoher Betriebssicherheit minimal erforderliche Restfestigkeit bei den üblichen Isolierwanddicken rund 20 kV/mm (am Innenleiter) beträgt. Der ebenfalls aus diesen Untersuchungen quantifizierbare grösste betriebliche Alterungsfortschritt $N = \geq 12$) führte schliesslich zur minimal erforderlichen Neufestigkeit von 65 kV/mm, jeweils bezogen auf 10-m-Prüflinge. Daraus ergibt sich die Forderung nach markanter Erhöhung der üblichen Haltepegel bei Typ- und Stückprüfungen. *St. Föllmi* (EKZ) griff einige Aspekte im Zusammenhang mit der Erdung bzw. Schirmbehandlung und der Vorortprüfung von Mittelspannungs-Papierkabelanlagen auf. Bei vorgesehenen Spannungserhöhungen werden die bestehenden Kabel konsequent mit Gleichspannung hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für die grössere Beanspruchung geprüft. Der gleichzeitig in Funktion der Prüfzeit registrierte Ableitstrom hat sich dabei als sicherer Indikator für allfällig bestehende Mängel der Kabelisolierungen erwiesen, wobei nicht nur die Stromdichte, sondern besonders eine Stromzunahme mit der Prüfzeit auf Schwachstellen hindeutet. Die Ströme liegen im µA-Bereich.

5. Kabelzubehör

Die anschliessenden Vorträge waren dem Kabelzubehör gewidmet. Aus der Sicht des Betreibers sprach *L. Ritter* (EWZ) für den Hochspannungsbereich am Beispiel der grossstädtischen Stromversorgung. Im Übertragungsnetz der Stadt Zürich werden Ölkabel verwendet; die Teilstrecken sind mit heissvulkanisierten Wickelmuffen verbunden, wobei eine Auskreuzung der Schirme an jeder Muffe erfolgt. Lange und komplizierte Planungsphasen neuer Anlagen sowie die starke Belegung der Strassenzüge durch andere Leitungen führen zu immer schwierigeren Trasseverläufen mit zahlreichen Richtungsänderungen. Um die tolerierbaren Kabel-Zugkräfte noch einhalten zu können, müssen deshalb ganz spezielle Verlegetechniken angewendet werden: Druckwasserdurchflutung der Rohre, Gleitmittel, Fördereinrichtungen beim Abwickler. Eine Kraftmessung direkt am Zugkopf wird angestrebt. *M. Aerni* (BKW, Bern) sprach zur gleichen Thematik über den Mittelspannungsbereich. Im Netz der BKW werden nur noch Kunststoffkabel eingesetzt; ihr Anteil beträgt heute etwa 50% (400 km). Die Kabel wie auch die Kunststoffendverschlüsse werden bewusst von verschiedenen Lieferanten bezogen; es entstehen dabei gelegentlich Schwierigkeiten aufgrund unterschiedlicher Dimensionen funktional gleicher Elemente. Seitens der Hersteller wurden in fünf Referaten (*P. Bracher*, Câbleries Cossonay; *W. Jenni*, Kabelwerke Brugg; *W. Haverkamp*, Raychem, Baar; *Ch. Wyler*, Câbles Cortaillod) aktuelle Techniken für Aufschiebeendverschlüsse, Wickelmuffen, Schrumpfmuffen und -endverschlüsse sowie Steckendverschlüsse vorgestellt. Es wurden dabei in anwendungsorientierter Weise firmenspezifische Lösungen präsentiert.

6. Spezialbereiche

In einem abschliessenden Block wurde noch auf zwei Spezialbereiche eingegangen: *P. Kiener* (Câbles Cortaillod) diskutierte die Möglichkeit der Anwendung von Lichtleiterkabeln innerhalb des Verseilverbands von Dreileiter-Mittelspannungskabeln. Für einen solchen Einsatz sind Lichtleiterkabel, wegen des Nichtvorhandenseins von Beeinflussungsproblemen, geradezu prädestiniert. Ihr nachträgliches Einführen in bestehende, bereits mit entsprechenden Rohren ausgerüstete Energiekabel kann ohne Längenbegrenzung erfolgen. Nachteil dieses Konzepts ist die grosse Gefahr, dass eine Störung am Energiekabel gleichzeitig auch die Signalübertragung unterbricht. Eine optimierte Ausnutzung der Übertragungskapazität von Energiekabeln war das Thema von *A. Gyger* (Kabelwerke Brugg). Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Nachbildung und Quantifizierung von Umgebungsparametern stösst die Genauigkeit von Belastbarkeitsrechnungen an Grenzen. Es wurde deshalb ein rechnergestütztes System zur Überwachung von Kabelanlagen mittels Temperaturmessung an kritischen Stellen entwickelt. Die Funktionen des Systems wurden bis in die Details vorgeführt; eine praktische Erprobung ist geplant.