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: 67 (1976)

Heft: 8

Artikel: Bericht über das Symposium

Autor: Korponay, N.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915157

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: 09.12.2025

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

Bericht über das Symposium [1])

1. Messwandler für Hochspannungsnetze – Ansichten des Benützers

Im Aufsatz von *F. E. Holder* [2]) wird grosses Gewicht auf das Übertragungsverhalten der Stromwandler unter gestörten Netzbedingungen gelegt. Die guten Betriebserfahrungen mit nicht oder nur wenig überdimensionierten Wandlern zeigen, dass der theoretische «Schlimmstfall» in der Praxis jedoch nicht vorkommt. *F. Schär* (Olten) bestätigt dies: Die Auswertung von Feheroszillogrammen in 110-, 220- und 420-kV-Netzen während 25 Jahren habe nur selten und auch dann nur bis zu 10 % verlagerte Fehlerströme ergeben. Er schliesst die Möglichkeit nicht aus, dass in der Nähe von Atomkraftwerken stärkere Verlagerungen auftreten. *F. E. Holder* ergänzt, dass in einem afrikanischen Netz vereinzelt Verlagerungen um 30 %, jedoch nie über 40 % gemessen wurden.

B. Tomic (Baden) stellt die Tatsache zur Diskussion, dass bei Wandlern mit sehr hohen Nennströmen (Generatorwandler) die Eigenbürde für den Kern bestimmend ist und ein Vielfaches der angeschlossenen Bürde beträgt. Zwischen 20 °C und 75 °C ist dann die Widerstandsänderung der Wicklung so gross, dass die vorgeschlagene Toleranzgrenze für die Wandlerzeitkonstante von ±10 % nicht mehr eingehalten werden kann. Es wird empfohlen, die Wandlerzeitkonstante für 75 °C zu berechnen. In speziellen Fällen müssen die Fehlergrenzen erweitert werden.

Die noch fehlenden Bezeichnungen und Empfehlungen für Wandler mit transienten Anforderungen bewirken, dass die Spezifikationen verwirrend aussehen. Im Sinne einer Vereinheitlichung hat RWE, Deutschland, eine Standardspezifikation erarbeitet, die von *H. Lipken* (Essen) vorgestellt wird. Er empfiehlt, zur Beurteilung des Überstromverhaltens auch in Europa die Fehlergrenzspannung statt des Überstromfaktors einzuführen.

2. Dielektrische Anforderungen an Hochspannungs-Messwandler

Der Aufsatz von *H. J. Vorwerk* (Bern) behandelt die im Betrieb zu erwartenden Beanspruchungen unter Berücksichtigung der inneren und äusseren Überspannungen. Die heute üblichen Typen- und Stückprüfungen zur Kontrolle der Isolation werden im Hinblick auf die betrieblichen Beanspruchungen kritisch durchleuchtet. Besonders die Zweckmässigkeit der Ein-Minuten-Prüfung mit stark überhöhter Spannung wird in Frage gestellt. Es besteht kein Zusammenhang zwischen Spannungserhöhung und Langzeitverhalten eines Apparates. Es kann vorkommen, dass ein Wandler, der die Spannungsprüfung einwandfrei bestand, im Betrieb versagt, weil die Prüfung eine Schwächung der Isolation eingeleitet hat. Eine Methode, die den Betriebsbeanspruchungen nahe kommt und über die Qualität der Isolation vieles aussagt, wäre, den Wandler mit 5 Schaltspannungsstössen von 1,05fachem Scheitelwert der spezifizierten Prüfwechselspannung zu beaufschlagen und dann das Teilentladungsverhalten (TE) zu messen. Als Überwachungsmethode von Wandlern im Betrieb wird die Entnahme von Ölproben und deren Analyse auf gelöste Gase empfohlen.

J. Moeller (Bamberg) führt dazu aus, dass die Schaltspannungsprüfung kein Kriterium für die Auslegung der inneren Isolation liefere. Er sieht eine Möglichkeit in der Form, wie sie bei Leistungstransformatoren üblich ist, nämlich eine einstündige Prüfung mit reduzierter Prüfspannung, wobei das TE-Verhalten auch gemessen wird. Die Wirtschaftlichkeit dieser Methode wird jedoch in Frage gestellt.

F. Martin (Stuttgart) stellt fest, dass bei Giessharzwandlern manchmal Defekte auftreten, die nicht erklärbar sind. Deshalb sollten die Prüfmethoden geändert werden. Die Wirksamkeit der TE-Messung wird in Frage gestellt, da sie keine Aussage über die Lage und Grösse der Störstelle macht. Nur eine Langzeitprüfung gebe eine Aussage über das Langzeitverhalten.

Die Stossprüfung, die heute als Typenprüfung üblich ist, sollte als Stückprüfung die Tauglichkeit von Giessharzwandlern beweisen. Die TE-Messung müsste während des Dauerversuches vor und nach der Stossprüfung durchgeführt werden. *J. Tripod* (Muttenz) meint dazu, dass während der Stossprüfung ein Defekt auftreten kann, der nicht entdeckt und auch nicht regeneriert wird wie bei Öl-Papier-Isolation. *W. Erb* (Baden) betont, dass Dauerversuche an kleinen Giessharzwandlern zu aufwendig und kostspielig wären. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass die Ausfallquote an Giessharzwandlern sehr gering ist, wenn sie eine TE-Messung bestanden haben.

3. Hochspannungs-Freiluft-Stromwandler

Im Beitrag von *C. Musy* (Baden) werden die verschiedenen Bauformen von Freiluftstromwandlern anschaulich beschrieben. Im weiteren stellt der Autor die verschiedenen Einzelteile dieser Wandler vor. Zum Schluss wird über Fortschritte in der Fabrikation, der Fabrikations-Überwachungsmethode und der Transportabwicklung berichtet.

J. Galère (Liège) ergänzt, dass eine Rationalisierung dadurch erreicht werden könne, dass beim Hersteller vermehrt Standardelemente vorgesehen werden, um mit wenigen verschiedenen Einzelteilen ein Maximum an Wirtschaftlichkeit zu erreichen und um möglichst vielen Anforderungen entsprechen zu können. Eine weitere Möglichkeit liege in der Vereinheitlichung der Kundenspezifikationen; in Belgien wurde dies z. T. bereits verwirklicht.

4. Induktive Freiluft-Hochspannungswandler

Der Aufsatz von *M. Minkner* (Basel) befasst sich mit der Konstruktion von induktiven Freiluft-Hochspannungswandlern und deren Fertigungskosten. An exponierten Stellen muss die Feldstärke reduziert werden, damit der Wandler die TE-Messung erfolgreich bestehen kann. Die dazu notwendigen konstruktiven Massnahmen werden vorgestellt. Da die Materialien höher beansprucht werden, müssen besondere Massnahmen für die Sicherstellung der Qualität ergriffen werden. Im weiteren werden die Trends in der Entwicklung zukünftiger Spannungswandler dargestellt. Sehr eindrücklich wird die Steigerung der Material- und Fertigungskosten vor Augen geführt. Der Beitrag schliesst mit Überlegungen über die Überwachung der Messwandler im Betrieb: die Beobachtung des Gasdruckes im Kopf, des Ölstandes, tg δ-Messung, TE-Messung im Prüffeld und Untersuchungen an Ölproben.

In der Diskussion zu diesem Beitrag berichtet *J. Galère* (Liège), dass induktive Spannungswandler für sehr hohe Spannungen, von 400 kV aufwärts, nur als Kaskade ausgeführt werden. Wichtig ist das Verhalten gegenüber allen elektrischen Beanspruchungen, vor allem gegenüber Stoßspannungen. Das Ersatzschaltbild des Wandlers liefert eine komplexe Schaltung aus Induktivitäten und Kapazitäten. Die Anwendung von Computern hat es erlaubt, das Verhalten zu untersuchen und dadurch die Konstruktion zu vereinfachen. Während ein 400-kV-Wandler früher 2700 kg wog, beträgt das Gewicht heute nur noch 1700 kg.

5. Kapazitive Freiluft-Hochspannungswandler

Der Einfluss von Bürde, Frequenz, Spannung, Temperatur, Streukapazitäten und Kriechströme auf die Genauigkeit des kapazitiven Spannungswandlers wird im Beitrag von *G. A. Gertsch* (Zürich) beschrieben. Die Ursachen der Ausgleichsvorgänge infolge Ferroresonanz und bei Spannungszusammenbruch an den Primärklemmen des Wandlers werden untersucht und die Mittel zur Verbesserung dieser Vorgänge aufgezählt, welche eine sichere Verwendung des kapazitiven Spannungswandlers mit den schnellen statischen Netzschutzrelais ermöglichen sollen.

[1]) Zusammenfassung der Vorträge und Diskussionsbeiträge am Messwandler Symposium des SEV vom 10. März 1976 in Zürich.

[2]) Bull. SEV/VSE 67(1976)8, S. 410...412.

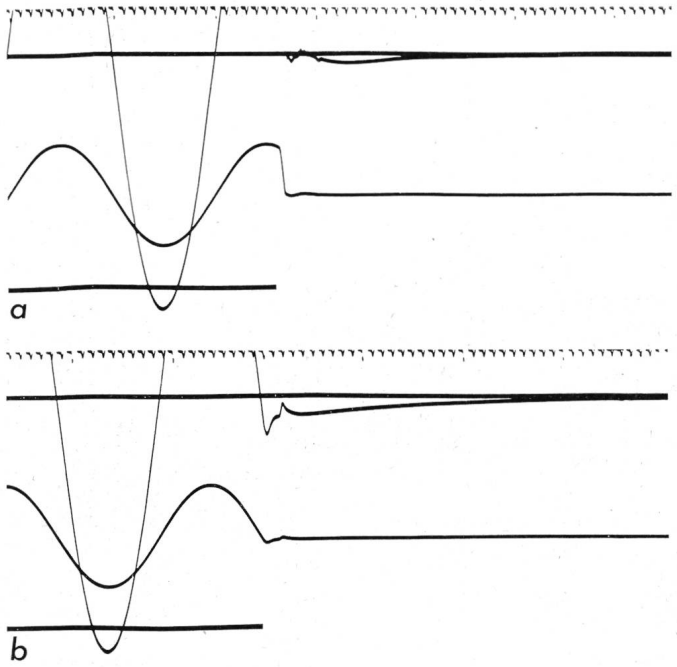

Fig. 1 Sekundärspannung eines elektronisch gedämpften kapazitiven Spannungswandlers bei Kurzschluss an den Primärklemmen
a) Kurzschluss nahe Spannungsmaximum
b) Kurzschluss nahe Spannungsnulldurchgang

Da das transiente Verhalten der kapazitiven Wandler sehr wichtig ist, bildet dieser Problemkreis den Schwerpunkt der Diskussion. Auf die Frage, ob das Einschwingverhalten mit nachgeschalteter Elektronik verbessert werden könne, führt *W. Knoth* (Zürich) aus, dass moderne kapazitive Spannungswandler mit geschalteter Dämpfungsbürde ein sehr gutes Einschwingverhalten aufweisen (Fig. 1). Es ist auch möglich, diese Schaltung für ältere Wandler zu verwenden.

Ein weiterer interessanter Aspekt wird von *J. Kotschnigg* (Stuttgart) erwähnt, nämlich die Verwendung des kapazitiven Wandlers als Saugkreis für z. B. vom Trenner erzeugte Schwingungen. Die Eigenfrequenz des Wandlers als Serieresonanzkreis müsste dann allerdings 4...5 MHz betragen.

F. Schwab (Olten) erwähnt, dass in der Schweiz kapazitive Spannungswandler nur selten Verwendung finden. Ihr Nachteil ist auch, dass sie eine abgeschaltete Leitung nicht entladen. Dass deswegen zusätzliche Elemente, z. B. Shunt-Reaktoren, notwendig seien, wird aber verneint. Durch den Einsatz von modernen Schaltern mit Vorschaltwiderständen können Überspannungen vermieden werden.

6. Messwandler für metallgekapselte SF_6-isolierte Schaltanlagen

SF_6-isolierte, metallgekapselte Schaltanlagen bieten eine Reihe von Vorteilen gegenüber konventionellen Anlagen. Um diese Vorteile voll auszunützen, werden für die Strom- und Spannungsmesseinrichtungen spezifische Bauteile notwendig. Diesem Thema ist der Aufsatz von *J. Moeller* (Bamberg) gewidmet. Während die Stromwandler im allgemeinen keine besonderen Probleme aufwerfen (Ringkern ausserhalb des elektrischen Feldes), müssen bei den Spannungswandlern mehrere anlageneigene Probleme gelöst werden. Es gibt giessharzisolierte induktive Wandler und solche mit SF_6-imprägnierter Folienisolation. Daneben existieren auch ölisolierte kapazitive Spannungswandler, hauptsächlich in Nordamerika. Die Entwicklungstendenzen gehen auch beim kapazitiven Wandler für SF_6-Anlagen in Richtung der Trockenisolation für den Hochspannungskondensator; konkrete Ergebnisse liegen hierzu jedoch noch nicht vor. Überlegungen wurden bereits angestellt, um auch bei SF_6-Anlagen unkonventionelle Wandler einzusetzen. Während die Stromwandler wegen ihrer Einfachheit kaum einen Anreiz bieten, um neue Wege zu gehen, bietet sich bei der Spannungsmessung eine Schaltung mit nachgeschaltetem Verstärker an. Der Einsatz der elektronischen Spannungswandler steckt noch in den Anfängen.

7. Kunstharzisolierte Messwandler

Der Beitrag von *J. Tripod* (Muttenz) behandelt die Probleme, die mit der Kunstharzisolation verbunden sind. In modernen Innenraumanlagen für Spannungen bis zu U_m = 72,5 kV verwendet man ausschliesslich kunstharzisolierte Messwandler. Nach dem Überwinden anfänglicher Kinderkrankheit haben die Giessharzwandler den Ruf von ausgezeichneter Zuverlässigkeit erlangt. Bei der Auslegung und Fabrikation sind im wesentlichen zwei Richtungen zu beobachten, die Erzeugung von Standardelementen, welche den Vorteil haben, dass sie in Serie fabriziert werden können, und ferner die Anpassung an ganze Schaltfelder und Apparaturen. Die eine dient der erwünschten Vereinheitlichung, die andere führt zu sehr kompakten Anlagen. Im weiteren beschreibt der Autor die wichtigsten Konstruktionsmerkmale der Innenraum-Kunstharzwandler und führt die Probleme auf, die mit der Anwendung für Freiluft auftreten. Ein wichtiges Kapitel stellt die TE-Messung dar. Abschliessend werden die verschiedensten Konstruktionen vorgestellt.

K. Zatti (Aarau) beanstandet, dass die fehlende Standardisierung von Abmessungen, Anschlüssen usw. zu Schwierigkeiten führt bei der Planung und Konstruktion von Anlagen. Er unterstreicht die Wichtigkeit, die Giessharzwandler als integrierten Teil der Anlage zu betrachten, und zeigt einige Beispiele dafür.

F. Loss (Wehr/Baden) erläutert die Probleme der Kunstharz-Formstoffe aus der Sicht des Harzherstellers. Er bestätigt, dass es kaum je eine Kurzmethode geben wird, die in geraffter Form auf das Langzeitverhalten der Giessharzwandler schliessen lässt. Die Apparate werden immer kleiner, wobei der Isolierstoff äusserst beansprucht wird. Während das Material im Dauerbetrieb je nach Elektrodenform 20...45 kV/cm aushält, kann der vorgespannte Formstoff nur mit wesentlich geringerer Feldstärke belastet werden. Bei grossen Geräten wirkt sich die Tatsache nachteilig aus, dass diese in ihrem Härtungsprozess unterbrochen werden. Die Aushärtetemperatur sollte 10...20 °C über dem Glasumwandlungspunkt liegen, der wiederum 10...15 °C über dem Martenspunkt liegt. Zum Freiluftverhalten meldet *F. Loss,* dass seit 10 Jahren Apparate weltweit im Betrieb stehen und sich bis jetzt gut bewährt haben. Die Schwierigkeit liegt darin, dass Feuchtigkeit in die Kapillaren zwischen Füllstoff und Bindemittel eindringt, wodurch die Leitfähigkeit beeinflusst wird und es dann zur Kriechwegbildung, evtl. zum Durchschlag führen kann.

P. Seitz (Zürich) zeigt einige Neuerungen der Wandlermesstechnik: ein digitales Wandlermeßsystem, als Stromwandlernormal, einen Stromkomparator und ein elektronisches Spannungswandlernormal.

8. Möglichkeiten neuartiger Messwertübertragung von Hochspannungs- auf Schaltwarten-Potential

Der Aufsatz von *F. M. Willisen* (Baden) befasst sich mit unkonventionellen Methoden der Strom- und Leistungsmessung. Seit über 10 Jahren versucht man weltweit, solche Methoden in die Praxis einzuführen. Das Ziel dieser Anstrengungen ist, Stromwandler zu konstruieren, die nicht nur wirtschaftlicher sind als die bisherigen, sondern deren transientes Verhalten auch besser ist als das von konventionellen Wandlern. Man unterscheidet zwischen aktiver und passiver Elektronik auf Hochspannungspotential. In übersichtlicher Art werden zuerst die physikalischen Grundlagen, dann die bekannten Prinzipanordnungen dargestellt. Der Autor geht kurz auf die Probleme der unkonventionellen Spannungswandler und der Leistungsmessung ein.

Obwohl einige Konzepte sich als technisch voll funktionsfähig erwiesen haben, war diesen Entwicklungen bisher kein Erfolg beschieden. Der Grund dafür liegt darin, dass es noch nicht gelungen ist, die technischen Vorteile mit allen Anforderungen an die bisherigen Wandler bei vergleichbaren Kosten zu vereinen. Im Vordergrund stehen dabei die Leistungsanforderungen der heutigen Schutzeinrichtungen. Trotzdem werden den unkonventionellen Wandlern gute Zukunftsaussichten eingeräumt.

M. Kirschvink (Liège) berichtet über zwei Prototypen unkonventioneller Wandler, der eine mit und der andere ohne aktive Elektronik auf Hochspannungspotential. Er zeigt anhand von Messresultaten und Oszillogrammen, dass sowohl die Genauigkeit als auch das transiente Verhalten der neuen Wandler voll zufriedenstellend sind.

N. Korponay