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: 76 (1985)

Heft: 19

Artikel: Hohe Ströme in Energieversorgungsnetzen

Autor: Straub, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904691

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: 09.07.2025

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

Hohe Ströme in Energieversorgungsnetzen

Bericht über das CIGRE-Symposium «Courants de forte intensité dans les réseaux», 3.–5. Juni 1985 in Brüssel

Das Symposium umfasste vier Themen. In Gesprächen am runden Tisch wurde ferner in kleinen Gruppen über einige spezielle Themen diskutiert. Darüber wird in der Zeitschrift «Electra» der CIGRE berichtet.

1. Kurz- und langfristige Entwicklung der Stromstärken in Hoch- und Höchstspannungsnetzen

Die Kurz- und Erdschlussströme steigen rasch an und nähern sich den Auslegungswerten der bestehenden Schaltgeräte. Die Umrüstung der Anlagen auf höhere Kurzschlussströme ist meist zu teuer und zu langwierig (Anpassung bei Betrieb). Deshalb begrenzt man die Fehlerströme, indem man die Sammelschienen möglichst in Sektionen aufteilt. Für die Begrenzung der Erdschlussströme müssen zusätzliche Massnahmen ergriffen werden, wie der Einsatz von Drosselspulen und das Isolieren der Sternpunkte, obwohl dadurch die Aufwendungen für die Transformatoren steigen.

Die Abklingzeiten der Verlagerungsströme bei Kurzschlüssen überschreiten zum Teil bereits die für Schalter geforderte Zeit bis zum ersten Nulldurchgang, so dass hierfür höhere Anforderungen gestellt und auch die Zeitkonstanten genauer bestimmt werden müssen.

Die Ausnutzung der Belastbarkeit bestehender Anlagen aufgrund statistischer Berechnungen zur Berücksichtigung der Worst-case-Werte der Auslegungsparameter wird als sinnvoll angesehen. Für die Auslegung von Neuanlagen stehen jedoch weiterhin deterministische Verfahren im Vordergrund.

2. Hohe Betriebsströme in Netzen, Unterstationen und Kraftwerken

Das Thema wurde in drei Untergruppen behandelt.

Als erstes ging man auf die Kriterien für kurzzeitig oder dauernd mögliche Belastungen ein. Es zeigt sich, dass vor allem die Freileitungen bei den mittleren Wetterbedingungen noch erhebliche Reserven aufweisen, ohne dass dabei die zulässige Leitertemperatur überschritten wird, und dass deshalb der Betrieb über der Nennbelastung möglich ist, zeitweise sogar mit sehr hohen Belastungen. Einen besonders wirksamen Beitrag zur Wärmeabfuhr liefert dabei der Wind. Man arbeitet sowohl an der direkten Messung der Leitertemperatur, wie am Einsatz von Computermodellen, um den Betreibern die Möglichkeit zu geben, nach echten Betriebswerten zu fahren. Bei den Unterstationen liegt die Begrenzung jedoch eindeutig bei der Belastbarkeit der Stromwandler, die enge Grenzen hat. Bei GIS-Anlagen wird die Überlastbarkeit durch den Temperaturgrenzwert für Berührung bestimmt. Berücksichtigt man diesen nicht, so sind noch Reserven vorhanden.

Als nächstes wurde die Entwicklung bei Apparaten und Material behandelt. Man untersucht grundsätzlich auch hier die Möglichkeit, die Einrichtungen besser auszunutzen, weil im Betrieb die zulässigen Temperaturen meist deutlich unterschritten werden. Einem Betrieb über den Auslegungstemperaturen steht man mehrheitlich kritisch gegenüber, jedoch kann das Material noch für höhere Temperaturen ausgelegt werden, beispielsweise indem man hochtemperaturbeständiges Fett verwendet. Bei höherer Ausnutzung können sich Probleme mit den Verbindungsstellen ergeben, weil sich diese zu stark erwärmen, obwohl ihre Temperaturen normalerweise unter jenen der Freileitungen liegen.

Das dritte Thema betrifft die Auslegung für hohe Ströme für die Ausrüstung von Kraftwerken, Unterstationen, Leitungen und Kabeln. Hierzu wurden Modelle zur Bestimmung und Vorausberechnung der Leitertemperaturen vorgestellt, wobei der Betriebsverlauf der Vergangenheit teilweise mitberücksichtigt wird. Der Einsatz von Computersystemen ist dabei unerlässlich. Bei den Kabeln zeichnet sich die Möglichkeit des vorteilhaften Einsatzes von halbsynthetischen Isolationsmaterialien ab. Auch die Wasserkühlung hat vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten.

Für alle drei Themengruppen stehen die Betreiber dem Einsatz von probabilistischen Auslegungsmethoden eher kritisch gegenüber, obwohl natürlich auch bei deterministischer Auslegung ein Restrisiko verbleibt, das allerdings nicht quantifiziert wird.

3. Kurzschluss- und Erdschlussströme in Netzen, Unterstationen und Kraftwerken

Dieses Thema wurde in vier Teile gegliedert.

Zu Beginn trat man auf Kriterien für die Kurzschlussfestigkeit ein. Behandelt wurden deterministische und probabilistische Auslegungsmethoden. Die Auslegung der Anlagen wird vor allem in den höheren Spannungsebenen durch die Kurzschlussströme bestimmt. Die zusätzlichen atmosphärischen Belastungen (Wind, Eis usw.) können im Gegensatz zu den Kurzschlussströmen nicht genau bestimmt werden. In der letzten Zeit befasst man sich deshalb vermehrt mit der Auslegung auf der Basis von probabilistischen Berechnungsmethoden und zwar vor allem für die Berücksichtigung der Lastkombinationen. Für tragfähige Ergebnisse fehlt jedoch meist eine ausreichende Datenbasis. Deshalb wird man weiterhin bei der deterministischen Auslegung mit Nennwerten bleiben und probabilistische Verfahren hauptsächlich für Vergleiche einsetzen.

Adresse des Autors

G. Straub, Bernische Kraftwerke AG, Viktoriaplatz 2, 3000 Bern 25.

Als nächstes befasste man sich mit der Kurzschlussfestigkeit und dem Abschaltvermögen der Ausrüstungen. Bezüglich der Schaltleistungen der Leistungsschalter sind keine technischen Grenzen zu erkennen. Die Entwicklung geht Richtung einfachere und zuverlässigere Konstruktionen. Bei den Trennschaltern ergeben sich neuerdings vor allem in Japan erhöhte Anforderungen bei Sammelschienenumschaltungen. Um den Abbrand der Hauptkontakte zu vermindern, werden Vorkontakte eingesetzt, deren Konstruktion allerdings noch nicht ausgereift erscheint. Keine Lösung liegt bis jetzt für das weiter steigende Volumen der Stromwandlerkerne vor. In den 400-kV-Netzen von Frankreich und Finnland hat man damit begonnen, die starre Sternpunkterdung der Kraftwerks- und Netztransformatoren zu verlassen. Die Sternpunkte werden neuerdings über Reaktanzen mit der Erde verbunden.

Anschliessend ging man auf die Frage von grossen Kurzschlussströmen für Unterstationen, Leitungen und Kabel ein. Besonders intensiv diskutiert wurden die Auslegungsverfahren. Es wurden einfache, aufwendigere und sehr komplexe (Finite-Elemente-)Modelle eingesetzt, um die Belastungen der einzelnen Anlageteile zu bestimmen: Die Vielzahl der zu beachtenden Parameter lässt sich in drei, bzw. vier kombinierte Parameter verdichten. Diese können dann für Parameterstudien mit einfachen Modellen eingesetzt werden. Bei der Berechnung der Belastungen sind Eigenfrequenzen, Resonanzprobleme und Materialeigenschaften besonders zu beachten. Die einfachen Verfahren wurden so ausgelegt, dass sie möglichst nur konservative Ergebnisse liefern. Es ist beabsichtigt, in etwa eineinhalb Jahren eine Broschüre über die Berechnungsverfahren herauszugeben.

Als letztes Thema dieses Bereiches wurden die Auswirkungen von externen und internen Lichtbogen diskutiert. Bei den externen Lichtbogen zeigte sich, dass Isolatorketten den Auswirkungen stromstarker Lichtbogen 0,2–0,4 s widerstehen können. Grosse Bedeutung kommt der Gestaltung der Schutzeinrichtungen zur Lichtbogenführung zu. Bei den internen Lichtbogen, die in GIS-Anlagen auftreten, standen die Fragen Überdruckschutz und burn-through im Vordergrund. Ein Überdruckschutz (Brechplatten) soll nur für Anlageteile mit kleinem Volumen eingesetzt oder ganz vermieden werden. Der Berstdruck ist möglichst hoch zu wählen. Die Auslegung gemäss Druckbehältervorschriften ist nicht sinnvoll. Die Bestimmung der Burn-through-Zeit ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, die durch das Wandern des Lichtbogenfusspunktes bedingt sind. Versuchsanlagen, die das Wandern verhindern, führen allenfalls zu unrealistischen Werten. Ebenfalls offen ist die Frage der Gefährdung durch Giftgas (S_2F_{10}) bei Lichtbogenvorgängen. Die Probleme dürfen jedoch nicht überbetont werden, weil Lichtbogen mit burn-through nur selten auftreten.

4. Erdung

Das erste Teilthema befasste sich mit der Bestimmung der Erdleitertemperatur bei Kurzschlüssen, mit der Personensicherheit in Unterstationen und mit Störungen. Die zulässigen Temperaturen für Erdleiter wurden wegen den höheren Erschlussströmen in den vergangenen Jahren erhöht. Es besteht noch keine endgültige Festlegung der Temperaturgrenzwerte (300 °C bis 380 °C werden angewendet). Um definitive Vorschriften ausarbeiten zu können, sind noch weitere Untersuchungen nötig, vor allem was die Wärmeabgabe ans Erdreich betrifft. Der Personensicherheit muss insbesondere bei komplexen Erdungsanlagen erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Auslegung der Erdungsanlage sollte mit Hilfe von Computerberechnungen und Modellversuchen ermittelt werden. Eine Nachprüfung durch Messungen mit kleinen Versuchserdströmen ist unerlässlich. Bezüglich der Personengefährdung ist eine Vereinheitlichung der gebräuchlichen, unterschiedlichen Gefährdungsspannungen in Amerika und Europa notwendig. Hierzu müssen die Kenntnisse vor allem im medizinischen Bereich noch vertieft werden. Der Erdung der Abschirmungen von Steuer-, Mess- und Kommunikationskabel ist vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

Der zweite Themenkreis betraf Anforderungen und Auslegung von Erdungssystemen für Freileitungen im Hinblick auf deren Stromtragfähigkeit und Potentialerhöhung sowie auf die Beeinflussung der Kabel der Informationstechnik. Die Problematik liegt im unterschiedlichen und mit Wetter und Jahreszeit variierenden Erdwiderstand. Mehrere Messungen bei entsprechenden Wetterbedingungen sind notwendig. Wiederholungsprüfungen nach der Inbetriebnahme sind sinnvoll, weil das Gefährdungspotential (höhere Erdschlussströme, Änderung der Besiedlung) oft nachträglich steigt. Probabilistische Analysen der Gefährdung werden vorgeschlagen, sind jedoch nicht üblich. Allerdings scheint es trotz unterschiedlichem Vorgehen allgemein Praxis zu sein, dass an entlegenen Standorten weniger Schutzmassnahmen getroffen werden. Für die Auslegung der Abschirmung von Steuer- und Informationskabeln wurde ein vereinfachtes Berechnungsverfahren vorgestellt.

Als letztes wurde über Erdungsschalter und mobile Erdungseinrichtungen, Anforderungen und Lösungen diskutiert. Die Entwicklung geht vor allem bei Anlagen mit höheren Spannungen in Richtung des vermehrten Einsatzes von Erdungsschaltern. Mobile Einrichtungen dienen als Ergänzung und als Erdungsmittel bei Anlagen tieferer Spannung. Der Einbezug der Erdungsschalter in das Verriegelungsschema wird empfohlen. Sie müssen das Zuschalten auf spannungsführende Leitungen nicht beherrschen. Die Weiterentwicklung der transportablen Erdungsmittel ist ebenso notwendig wie deren gute Wartung, um die Funktionsfähigkeit und damit die Personensicherheit zu gewährleisten. Es herrscht ein Mangel an zuverlässigen Messgeräten für Spannungsfreiheit. Die Anforderungen an die Erdungsschalter, die vor allem bei parallelen in Betrieb stehenden Leitungen hohe Werte erreichen, sind bekannt. Jedoch ist das Prüfverfahren noch auszuarbeiten und es sind entsprechende Vorschriften festzulegen.