Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 97 (2006)
Heft: 15

Artikel: Selbst verlöschende Giessharztransformatoren
Autor: Wohlgenannt, Martin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857706

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: 12.07.2025

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

Selbst verlöschende Giessharztransformatoren

Alternative zu Öltransformatoren

In den meisten Transformatoren grösserer Bauart isoliert Öl die Windungen. Bei einem Zwischenfall kann sich dieses Öl entzünden, weshalb spezielle Massnahmen getroffen werden müssen, wenn die Transformatoren in Gebäuden stehen, wo Menschen leben oder arbeiten. Hier bieten sich Giessharztransformatoren an, in denen weniger Gefahrenpotenzial steckt. Einige Modelle verlöschen sogar von selbst, wenn kein Feuer mehr von aussen einwirkt.

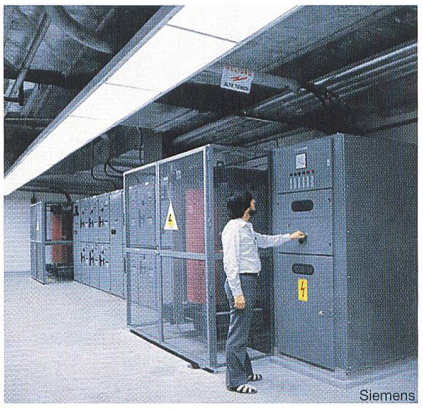

Bild 1 Verteiltransformatoren werden immer näher am Verbraucher installiert. Dies stellt hohe Anforderungen an die Sicherheit, wobei dem Brandschutz hohe Bedeutung zukommt.

Aufgrund steigender Anforderungen an die Versorgungssicherheit und um Installationskosten zu sparen, rücken Verteiltransformatoren immer näher an den Verbraucher (Bild 1). Aus diesem Grund

Martin Wohlgenannt

wachsen auch die Anforderungen an die Sicherheit, wobei hier die definierte Brandschutzklasse entscheidend ist. Bei Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über einem Kilovolt fordert die aktuelle VDE-Norm 0101 vom Errichter ausdrücklich eine hohe Aufmerksamkeit für das Risiko von Brandausbreitungen.

Prinzipiell hat der Planer die Wahl zwischen Öl- und Trockentransformatoren. Öl wird gerne eingesetzt, da es zur Kühlung durch den Transformator gepumpt werden kann. Da in Öl aber relativ viel Energie steckt, wenn es einmal brennt, ist der Aufwand für den Brandschutz von ölisolierten Transformatoren in Gebäuden recht hoch (Bild 2).

Die Norm EN 61100 klassifiziert das Brandverhalten von Öltransformatoren. Diese werden in die Klassen 0, K und L eingeteilt: Bei Klasse 0 darf der Brennpunkt höchstens 300 °C betragen. Bei Klasse K liegt der Brennpunkt über 300 °C. Transformatoren der Klasse L werden in den Industrieländern nicht mehr gebaut, da sie keinen messbaren Brennpunkt haben und bei der Verbrennung Dioxine entstehen.

Generell besteht bei Öltransformatoren die Gefahr, dass sich im elektrischen Lichtbogen explosive Gase bilden. Im Kurzschlussfall kann der Ölkessel bersten und brennende Flüssigkeit herausspritzen. In Innenräumen muss deshalb die Trennwand zum angrenzenden Bauwerk einem Feuer bis zu 60 Minuten standhalten – was entsprechende Investitionen bedingt.

Nicht von selbst brennen

Bei Verteiltransformatoren sind die Verlustleistungen oft klein genug, dass keine Ölkühlung notwendig ist. Hier bieten sich Trockentransformatoren an, bei denen ein Giessharz die Windungen isoliert. Diese werden nach der Norm EN 60076–11 in die Brandklassen F0 und F1 eingeteilt. Für einen Transformator der Klasse F0 sind keine besonderen Vorkehrungen zur Begrenzung der Brandgefahr bestimmt. Im Brandfall darf nur ein nicht näher definiertes Minimum an giftigen Stoffen und Rauch, der die Sicht behindert, entstehen.

Die Brandklasse F1 stellt höhere und vor allem genau definierte Ansprüche an die brandsichere Isolierung des Transformators. Sie fordert die Begrenzung der Brandgefahr durch Selbstverlöschen, sobald der Transformator dem Umgebungsbrand nicht mehr ausgesetzt ist. Dies muss der Hersteller durch eine streng definierte, reproduzierbare Sonderprüfung nachweisen.

Brandtest für Giessharztrafos

Bild 3 zeigt einen 1500-kV-Giessharztransformator nach einem Brandtest, der am Prüfinstitut CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) in Mailand durchgeführt wurde. Dabei wurde der Transformator in einer Brandkammer von der Vorderseite her einer 750 °C heissen elektrischen Zündquelle und von unten

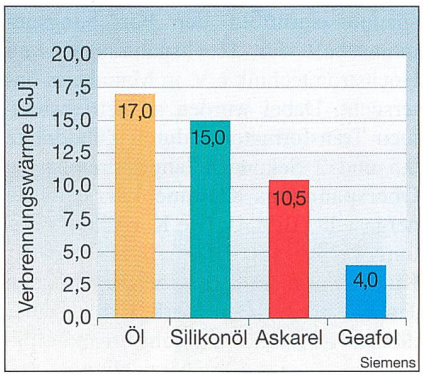

Bild 2 Öle und andere Transformatorenflüssigkeiten haben gegenüber der Geafol-Giessharzisolierung eine wesentlich höhere Brandlast. Ausserdem besteht bei der Giessharzisolierung im Brandfall keine Gefahr durch berstende Behälter und ausfliessendes, brennendes Öl.

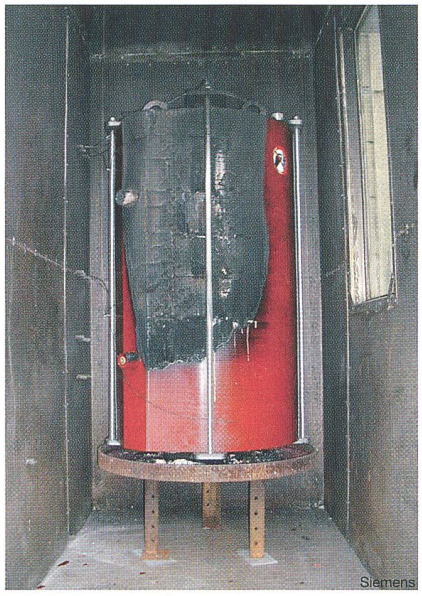

Bild 3 Giessharzisolierter 1500-kV-Transformator nach dem F1-Brandtest am CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) in Mailand

her der Hitze einer vorgeschriebenen Menge brennenden Alkohols ausgesetzt. Insgesamt dauerte die Hitzeeinwirkung 40 Minuten. Gemäss Norm gilt der Brandtest als bestanden, wenn einerseits während des Brandes der höchstzulässige Temperaturverlauf im Abgaskamin der Brandkammer nicht überschritten wird und wenn andererseits 60 Minuten nach Prüfungsbeginn die Übertemperatur der entstandenen Gase 80 Grad Kelvin nicht überschreitet.

Der geprüfte Transformator hörte wie gefordert auf zu brennen, sobald das Feuer und die Hitze von aussen verschwanden, und entspricht damit der Brandschutzklasse F1. Damit lässt er sich ohne zusätzliche Brandschutzmassnahmen in Innenräumen installieren. Derselbe Transformator von Siemens wurde unter Lichtbogeneinwirkung am Hochspannungsprüffeld der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik e.V. in Mannheim untersucht. Dabei wurden an betriebswarmen Transformatoren durch Zünddrähte 0,5 und 2 Sekunden lange, dreiphasige Oberspannungs-Klemmenkurzschlüsse hergestellt (Bild 4). Die Kurzschlussleistung betrug 150 MVA. Die Hitze der Kurzschlusslichtbögen zeigte an den Transformatoren ihre Wirkung: Aus einer dünnen Oberflächenschicht brannten die Harzanteile der Giessharzisolierung heraus. An dieser Stelle blieben nur Quarzmehl und Russspuren zurück, allerdings bildeten die Quarzmehlschichten einen Schutz für die darunterliegenden Harzschichten. Teilweise schmolz und verdampfte das metallische Leitermaterial an den Fusspunkten der Lichtbögen, das Isolierharz brannte jedoch nach dem Abschalten der Lichtbögen nicht nach. Trotz dieser hohen Beanspruchung blieb der Transformator funktionsfähig.

In Bezug auf das Brandverhalten zeigten auch die brachial anmutenden Tests von direkten Wicklungs- und Windungskurzschlüssen positive Ergebnisse: In die Oberspannungswicklungen aller drei Phasen wurden 6 Millimeter dicke Nägel eingetrieben und mit einem Zünddraht verbunden. Die Kurzschlusskräfte sprengten bei diesem Test zwar eine Oberspannungs-Teilspule ab, das Isolierharz entzündete sich jedoch nicht und brannte auch nicht nach. Die Tests bestätigen die vor einigen Jahren im Brandhaus des Allianz-Zentrums für Technik in Ismaning durchgeführten Versuche, bei denen massive Holz- und Propangas-Stützfeuer eingesetzt wurden. Auch hier begann der Isolierstoff zwar im Bereich der äusseren Brandeinwirkung zu brennen, verlöschte aber sofort, als die Einwirkung des Stützfeuers aufhörte.

Auch für extreme Einsatzbedingungen

Vom Bauprinzip her bestehen die Giessharztransformatoren aus einem Dreischenkelkern, Unter- und Oberspannungswicklungen mit Harzisolation und entsprechenden Anschlusselementen sowie einem Rahmen mit Fahrgestell. Das Epoxidgiessharz besteht aus einem hohen Anteil feinkörnigem Quarzsand und einem Trägermaterial aus Glasgewebe, enthält aber keine umweltgefährdenden Flammschutzmittel.

Da Öl nicht nur brennt, sondern auch Feuchtigkeit aufnimmt, bieten Giessharztransformatoren Vorteile in feuchter oder schmutziger Umgebung. So kann der Giessharztransformator aus dem Test in der nach IEC 60076-11 definierten Umgebungsklasse E2 und der Klimaklasse C2 betrieben werden. Dies bedeutet, dass die Transformatoren auch an Orten mit häufigem Feuchteniederschlag und Verschmutzung bzw. bei Verwendung eines Schutzgehäuses im Freien bei Temperaturen bis mindestens –25 °C eingesetzt werden können.

In der Praxis zählen zudem andere Eigenschaften wie niedrige Gesamtverluste und tiefe Geräuschpegel. Die Wicklungen sind durch elastische Distanzstücke gegen Vibration geschützt und vom Kern entkoppelt. Der Dickschichtanstrich auf dem FE-Kern schützt den Transformator selbst in tropischen Gebieten oder in grossen Ozeanschiffen über

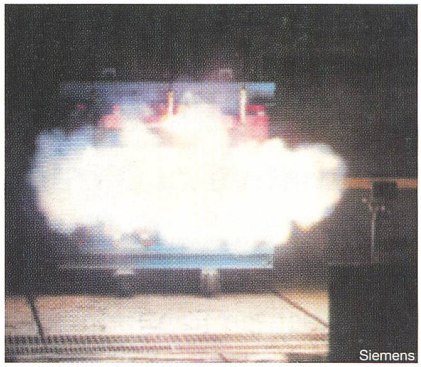

Bild 4 Der Transformator während des Tests der Lichtbogeneinwirkung: Es wurden 0,5 und 2 Sekunden lange, dreiphasige Oberspannungs-Klemmenkurzschlüsse hergestellt

Jahrzehnte gegen Korrosion. Stahlbandagen sorgen bei allen Transport-, Montage- und Betriebsbedingungen für die nötige Stabilität.

Jede Lage der Unter- und Oberspannungswicklungen besteht aus einem Aluminiumband. Die Breite der Unterspannungswicklung entspricht der Spulenlänge. Dies verringert die axialen Kurzschlusskräfte. Die Isolierung zwischen den einzelnen Lagen der Unterspannungswicklungen wird als Prepreg zusammen mit dem Aluminiumband gewickelt. Beide verkleben nach einer Wärmebehandlung und bilden eine kompakte Einheit, die auch radiale Kurzschlusskräfte beherrscht. Die Epoxidharz-

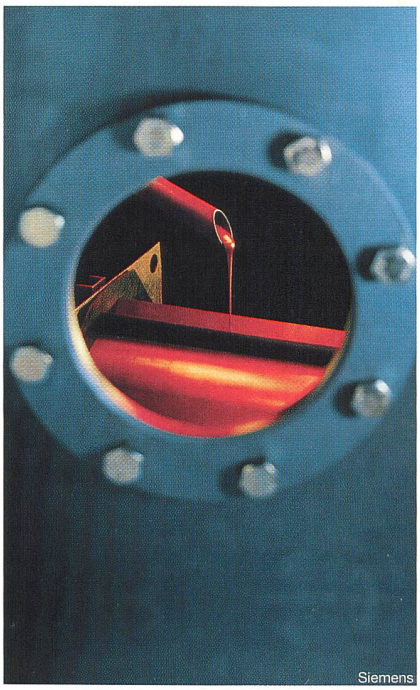

Bild 5 Da die Epoxidharzisolierung der Oberspannungswicklung unter Vakuum vergossen wird, entstehen keine Gaseinschlüsse

Bild 6 Das Bauprinzip ist physikalisch bedingt ähnlich wie bei anderen Transformatoren, jedoch sind die Unter- und Oberspannungswicklungen giessharzisoliert

isolierung der Oberspannungswicklung wird unter Vakuum vergossen, um Gaseinschlüsse zu verhindern (Bild 5). Aluminium als Material für die Wicklungen verringert das Gewicht, was bei der Aufstellung in Gebäuden oder auf Schiffen von Vorteil ist.

Bis heute wurden rund 80 000 dieser Transformatoren in Hochhäusern, U-Bahn-Schächten, Windkraftanlagen und Flughäfen installiert – ohne zusätzliche Brandschutzeinrichtungen. Es sind auch keine Ölauffangwannen oder andere Vorkehrungen zum Gewässerschutz nötig.

Angaben zum Autor

Martin Wohlgenannt ist freischaffender technischer Fachredaktor.
Martin Wohlgenannt, A-6850 Dornbirn, martin.wohlgenannt@aon.at

Résumé

Transformateurs auto-extincteurs à résine coulée

Une alternative aux transformateurs à huile. Dans la plupart des grands transformateurs, les enroulements sont isolés à l'huile. En cas d'incident, cette huile peut s'enflammer, aussi faut-il prendre des mesures particulières lorsque les transformateurs sont installés dans des bâtiments dans lesquels des personnes habitent ou travaillent. Les transformateurs à résine coulée présentent un potentiel de danger moindre et certains modèles sont même auto-extincteurs si le feu n'agit plus de l'extérieur.