Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 15 (1924)

Heft: 8

Artikel: Die Behandlung des Isolieröles vor dem Einfüllen in Schalter und Transformatoren und die periodische Revision von Schalter- und Transformatorenöl im Betriebe

Autor: Tobler, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057080

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: 22.08.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich,
im Januar dazu die Beilage „Jahresheft".

Alle den Inhalt des „Bulletin" betreffenden Zuschriften sind zu richten an das

Generalsekretariat
des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins
Seefeldstrasse 301, Zürich 8 — Telephon: Hottingen 7320,
welches die Redaktion besorgt.

Alle Zuschriften betreffend **Abonnement, Expedition** und **Inserate** sind zu richten an den Verlag:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Stauffacherquai 36/38 Zürich 4 Telephon Selnau 7016

Abonnementspreis (für Mitglieder des S. E. V. gratis)
für Nichtmitglieder inklusive Jahresheft:
Schweiz Fr. 20.—, Ausland Fr. 25.—
Einzelne Nummern vom Verlage Fr. 2.— plus Porto.

Ce bulletin paraît mensuellement. — „L'Annuaire" est distribué comme supplément dans le courant de janvier.

Prière d'adresser toutes les communications concernant la **matière** du „Bulletin" au

Secrétariat général
de l'Association Suisse des Electriciens
Seefeldstrasse 301, Zurich 8 — Telephon: Hottingen 7320
qui s'occupe de la rédaction.

Toutes les correspondances concernant les **abonnements, l'expédition** et les **annonces**, doivent être adressées à l'éditeur

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A.
Stauffacherquai 36/38 Zurich 4 Telephon Selnau 7016

Prix de l'abonnement annuel (gratuit pour les membres de l'A. S. E.), y compris l'Annuaire Fr. 20.—
pour la Suisse, Fr. 25.— pour l'étranger.
L'éditeur fournit des numéros isolés à Fr. 2.—, port en plus.

XV. Jahrgang
XVe Année

Bulletin No. 8

August
Août 1924

Die Behandlung des Isolieröles vor dem Einfüllen in Schalter und Transformatoren und die periodische Revision von Schalter- und Transformatorenöl im Betriebe.

Nach einem Vortrag, gehalten an der Generalversammlung des V. S. E. in Sitten am 21. Juni 1924.

Von Oberingenieur *F. Tobler*, Zürich.

Der Vortragende bespricht zunächst die wichtigsten an Schalter- und Transformatorenöl zu stellenden Anforderungen und geht darauf näher auf verschiedene Methoden zur Befreiung des Oeles von mechanischen Verunreinigungen ein (Auskochen im Vakuum, Filtrierpresse, Zentrifuge).

L'auteur indique d'abord des principales qualités qu'il convient d'exiger de l'huile destiné au remplissage des transformateurs et disjoncteurs et décrit ensuite les différentes méthodes employées pour débarrasser l'huile des impuretés mécaniques (cuisson, filtrage, essorage).

Der Ihnen durch Ihren Vorstand unterbreitete Vorschlag zur Reservestellung einer gewissen Summe für die spätere Anschaffung einer transportablen Oelreinigungseinrichtung hat uns auf den Gedanken gebracht, anlässlich der heutigen Generalversammlung einiges über Reinigungsmethoden für Schalter- und Transformatorenöl mitzuteilen.

Wenn man von Reinigungsverfahren von Mineralölen spricht, wird man sich auch darüber Rechenschaft geben wollen, welcher Art die Verunreinigungen sind, woher sie kommen und welche Einflüsse sie auf den Betrieb der Schalter und Transformatoren ausüben können. Damit steckt man aber auch schon mitten in dem grossen Fragenkomplex über die mit Rücksicht auf ihre praktische Anwendung erforderlichen Eigenschaften der Isolieröle. Wenn ich mir erlaube, auch diese Punkte kurz zu streifen, so geschieht es aus dem Grunde, weil die Normalienkommission unserer beiden Verbände z. Zt. mit der Aufstellung von Lieferungsbedingungen und Prüfvorschriften für Isolieröle beschäftigt ist. Die folgenden Mitteilungen können somit als vorläufige kurze Erklärung der später bekannt zu gebenden Beschlüsse der genannten Kommission und zur allgemeinen Orientierung

derjenigen Herren unter Ihnen dienen, denen es die Zeit nicht gestattet, sich mit den Fragen der Isolieröle eingehender zu befassen.

Was sind nun die Anforderungen, die man an ein gutes Isolieröl bei der Anwendung als Schalter- und Transformatorenöl stellen muss? Beide Anwendungsarten verlangen, dass das Oel eine hohe elektrische Isolierfestigkeit aufweisen soll. Beim Transformator hat das Oel ausser der Isolierung auch die Kühlung zu übernehmen, indem es die im Eisen und in den Wicklungen zufolge der Transformatorverluste erzeugte Wärme von diesen Teilen nach aussen abführen soll. Aus diesem Grunde ist es erwünscht, dass das Oel möglichst leichtflüssig sei. Beim Schalteröl wird die gleiche Eigenschaft zum Zwecke rascher Löschung des Abschaltlichtbogens gefordert. Die in neuerer Zeit entstandenen Freiluftanlagen verlangen von Schalteröl die früher weniger notwendige Eigenschaft hoher Kältebeständigkeit, d. h. eines Stockpunktes, der unter ca. -25^0 C liegt.

In einem gewissen Gegensatz hierzu muss vom Transformatorenöl gefordert werden, dass es in hohem Grade wärmebeständig ist. Beim vollbelasteten Transformator ist das Oel dauernd einer Temperatur ausgesetzt, die vielleicht bei ca. 80^0 C und gelegentlich direkt an den Wicklungsteilen noch höher liegen kann. Von einem guten Transformatorenöl ist somit zu fordern, dass es unter den im Transformator gegebenen Verhältnissen bei dauernder Erwärmung keine für den Apparat schädliche Veränderung erfahre. Beim Oel-Schalter könnte man allenfalls auf die Wärmebeständigkeit eher verzichten, weil eine Wärmeerzeugung hier nur während des bei richtigem Funktionieren des Schalters sehr kurzzeitigen Abschaltprozesses stattfindet. Die dabei auftretende Lichtbogentemperatur liegt aber derart hoch, wenn ich nicht irre in der Gegend von ca. 2000^0 C, dass dabei auch das wärmebeständigste Oel eine Verbrennung oder Verkohlung erfahren muss. Frägt man sich, in welcher Weise sich Mineralöle durch Wärmeeinfluss verschlechtern können, so ist die Antwort kurz folgende: Ungeeignete Oele neigen in der Wärme zu starker Zersetzung und zur Bildung organischer Säuren, wobei die Baumwollisolation der Wicklung in sehr unangenehmer Weise angegriffen wird. Solche Oele haben meistens auch eine ausgesprochene Neigung zur Bildung von Schlamm, der sich auf den Eisen- und Wicklungsteilen niederschlägt und die Wärmeableitung verhindert. Die dadurch bewirkte Temperatursteigerung fördert die Zersetzung des Oeles in noch gesteigertem Masse, so dass infolge eines derart ungeeigneten Oeles die Baumwollisolation eines Transformators in relativ kurzer Zeit zerstört werden kann. Dabei spielt die Anwesenheit von Kupfer eine wichtige Rolle, indem dieses zufolge seiner katalytischen Wirkung die Zersetzung und Säurebildung in hohem Grade fördert.

In allen mir bekannten Vorschriften für Isolieröle findet man die Bestimmung, dass der Flammpunkt, d. h. die Entzündungstemperatur der sich bei der Erwärmung des Oeles bildenden Dämpfe, nicht unter einem gewissen Werte liegen soll. Gewiss ist es wünschbar, dass ein Schalter- und Transformatorenöl nicht bei zu tief liegender Temperatur entflammt. Allzu grosse Bedeutung schreiben wir aber der Höhe des Flammpunktes deshalb nicht zu, weil im Transformator normalerweise überhaupt keine Temperatur auftritt, welche eine Entflammung hervorrufen könnte, es sei denn, dass sich infolge eines Wicklungsdefektes ein Lichtbogen bilden würde. Beim Oelschalter ist aber die Lichtbogentemperatur derart hoch, dass hier einige Celsiusgrade höherer oder tieferer Flammpunkt keine Rolle spielen.

Auch dem spezifischen Gewicht des Isolieröles kommt meines Erachtens nur eine sekundäre Bedeutung zu, obschon fast in allen ausländischen Oelvorschriften wenigstens die zulässigen Grenzzahlen angeführt sind. Ein relativ leichtes Oel hat den Vorteil, dass feste Verunreinigungen und auch Wasser rascher zu Boden sinken. Selbstverständlich ist auch ein weniger schweres Oel deshalb vorteilhafter, weil mit dem gleichen Oelgewicht ein grösseres Volumen ausgefüllt werden kann. Das spezifische Gewicht spricht dann auch bei der Reinigung durch Zentrifugieren, auf

die ich später näher eintreten werde, eine gewisse Rolle. Das spezifische Gewicht der gebräuchlichen Mineralöle bewegt sich in den Grenzen 0,85 bis 0,92.

Es ist ganz selbstverständlich, dass man von guten Isolierölen verlangen muss, dass sie sich gegenüber den im Transformator und Schalter angewendeten Konstruktionsmaterialien indifferent verhalten. Sie müssen demgemäss schon im Anlieferungszustand praktisch frei von Alkalien und Säuren sein.

Aus dem Gesagten ergeben sich nun die Lieferungsbedingungen und Prüfvorschriften, wenigstens ihrem Prinzipe nach, fast von selbst; die Schwierigkeit liegt lediglich in der Festsetzung der Detailbestimmungen und der Prüfmethoden, sowie bei den zur Charakterisierung dienenden Grenzzahlen. Wichtig ist dabei, Prüfmethoden auszuarbeiten, die eine nicht zu lange Versuchsdauer erfordern und doch eine zuverlässige Beurteilung der Oele zulassen.

Anhand dieser Vorschriften wäre es nun möglich, ein geeignetes Oel zur Füllung der Transformatoren und Schalter auszuwählen. Wie Ihnen bekannt ist, werden aber die Mineralöle bei den Konstruktionsfirmen und auch bei grösseren dafür eingerichteten Werken vor dem Einfüllen in die Apparate filtriert und im Vakuum ausgekocht, um die allenfalls im Oel sich findenden Verunreinigungen und etwelche Feuchtigkeit zu entfernen. Der Wassergehalt und die Verunreinigungen haben auf die Isolierfestigkeit eine ausserordentlich grosse Einwirkung. Spuren von Feuchtigkeit, d. h. Mengen von einigen Zehntel $^0/_{00}$ genügen um die an und für sich sehr hohe Isolierfestigkeit des reinen Oeles auf die Hälfte oder noch weniger herunterzusetzen. Unangenehmerweise haben die Mineralöle eine stark ausgeprägte Neigung aus der atmosphärischen Luft Feuchtigkeit in sich aufzunehmen. Es kann durch Versuche leicht festgestellt werden, dass vollständig entfeuchtetes und reines Mineralöl sehr hohe Durchschlagswerte ergibt, dass aber die Durchschlagsfestigkeit sehr bald zurückgeht und einem unteren Grenzwert zustrebt, wenn man das betreffende Oel einige Zeit ohne besondern Luftabschluss stehen lässt. Wegen dieser sehr unwillkommenen Eigenschaft der Mineralöle wird man auch in bezug auf ihre absolut wasserfreie Anlieferung durch die Oel-Raffinerien keine zu hohen Anforderungen stellen können, weil das Oel auf dem Transport fast unvermeidlich wieder etwas Feuchtigkeit aufnimmt. Wird aber das Oel bei der beabsichtigten Anwendung hoher elektrischer Beanspruchung ausgesetzt, so ist eine nochmalige Trocknung und Reinigung unmittelbar vor dem Einfüllen in die Apparate unbedingt zu empfehlen. Um anderseits die Betriebssicherheit solcher Objekte dauernd zu erhalten, wird es auch notwendig sein, in gewissen Zeitabschnitten durch Entnahme von Proben den Feuchtigkeitsgehalt des Oeles zu überprüfen und allenfalls das Oel neuerdings zu trocknen. Ich habe schon darauf hingewiesen, dass gewisse Transformatorenöle bei Dauererwärmung Neigung zu Schlammbildung aufweisen. Andererseits stellt sich in den Oelschaltern bei häufigen Abschaltungen eine Verrussung des Oeles ein, wodurch auch wieder die Isolationsfestigkeit herabgesetzt wird. Es empfiehlt sich deshalb, bei Revisionen dieser Apparate das Oel zu kontrollieren und eventuell zu reinigen. Damit komme ich nun zum engern Thema meines Referates, nämlich zu den in Frage kommenden Reinigungs- und Trocknungsverfahren.

Das einfachste und bisher verbreitetste Mittel, Oel zu trocknen, besteht, wie Ihnen allen bekannt ist, darin, dass man das Oel während einer gewissen Zeit auskocht. Dieses Verfahren, unter Zutritt der atmosphärischen Luft anzuwenden, birgt aber die grosse Gefahr in sich, dass das an und für sich gute Oel durch zu forcierte Erwärmung und durch die dauernde Berührung mit der Luft Schaden nehmen kann. Das Oel wird sich dabei fast unvermeidlich etwas dunkler färben, d. h. oxydieren, und meistens auch an Leichtflüssigkeit einbüssen. Eine gewisse Verdampfung wird unvermeidlich auch zu Oelverlusten führen. Um diese Nachteile zu vermeiden, ist man schon vor vielen Jahren dazu übergegangen, das Mineralöl im Vakuum zu trocknen. Man erzielt dabei gleichzeitig einen tiefern Siedepunkt und den Abschluss der Luft. Eine Verbrennungsgefahr oder irgend eine schädliche Ver-

änderung des Oeles ist damit vermieden. Solche Evakuierungsanlagen sind aber ausserordentlich kostspielige Einrichtungen und können deshalb nur für grosse Konstruktionsfirmen und Elektrizitätswerke in Frage kommen.

Wenn es sich darum handelt, nur kleine Feuchtigkeitsmengen und feste Verunreinigungen aus dem Oel zu entfernen, so erfüllt die heute sehr verbreitete Filterpresse diese Aufgabe in vorzüglicher Weise. Bei ihrer Anwendung wird das Oel bei gewöhnlicher Raumtemperatur mittels einer Pumpe durch eine Reihe zwischen geeignet ausgebildeten Metallplatten eingespannter Papierfilter hindurchgepresst. Hierbei absorbieren diese Filter bis zu ihrer Sättigung das im Oel enthaltene Wasser und halten mechanische Verunreinigungen zurück. Bei stark verunreinigtem und feuchtem Oel müssen die Filter wiederholt ausgewechselt und getrocknet werden. Um eine vollkommene Reinigung zu erzielen, muss deshalb das gleiche Oel drei- bis viermal filtriert werden. Der unkontinuierliche Arbeitsprozess, verbunden mit dem zeitraubenden und kostspieligen Auswechseln und Trocknen der Filterpapiere werden bei der Anwendung der Filterpresse im Betriebe von Elelektrizitätswerken als sehr unliebsame Eigenschaften empfunden.

Die erwähnten Nachteile der Filterpresse haben dazu geführt, die in der chemischen und Nahrungsmittel-Industrie schon lange angewendete Zentrifugier-Methode auch auf die Behandlung von Isolierölen zu übertragen. Das höhere spezifische Gewicht des Wassers und der Verunreinigungen, wie Schlamm und Russ, wird dazu benützt, in der Zentrifuge eine Scheidung vom reinen Oel zu erzielen. In der Materialprüfanstalt des S. E. V. wurden in den letzten Monaten mit zwei verschiedenen Oelreinigungs-Zentrifugen Versuche ausgeführt. Diese erstreckten sich auf die Behandlung von verrussten Schalterölen und während längerer Zeit gelagerten feuchten Mineralölen. Die erzielte Entfeuchtung war bei beiden Systemen eine sehr gute. Auch die Reinigung von Faserteilchen, Russ und Schmutz war derart, dass das Oel nach dem Reinigungsverfahren aussergewöhnlich hohe Durchschlagswerte ergab. Trotz dieser scheinbar sehr guten Reinigung waren nach der Behandlung nicht alle Oele vollständig klar und es bildete sich nach wochenlangem Stehen in den Gefässen ein schwacher und äusserst fein verteilter Bodensatz. Die Vorgänge, die sich beim Zentrifugieren in dieser Hinsicht abspielen, sind noch nicht vollständig abgeklärt. Es fehlte uns leider bisher auch die Gelegenheit mit den gleichen feuchten und verunreinigten Oelen aus dem Betriebe Parallelversuche mit der Filterpresse und der Zentrifuge vorzunehmen. Es wäre beispielsweise sehr interessant festzustellen, ob in bezug auf die Trennung des erwähnten mikroskopisch feinen Niederschlages die Filterpresse der Oelzentrifuge überlegen ist. Ferner würde es interessieren, ob in kolloidaler Form vorhandene Verunreinigungen durch das eine oder andere Verfahren ausgeschieden werden.

Bevor wir uns zugunsten der Filterpresse oder der Zentrifuge definitiv aussprechen können, sind noch ergänzende Vergleichsversuche auszuführen. Die Materialprüfanstalt wird sich zu geeigneter Zeit erlauben, Ihrem Vorstand einen diesbezüglichen Vorschlag zu unterbreiten. Zweifellos spricht für die Zentrifuge die einfache Bedienung und der kontinuierliche und billige Betrieb. Wenn die Leistungsfähigkeit der Zentrifuge in bezug auf die verarbeitete Oelmenge der Filterpresse gleichkäme und wenn die damit erzielte Oelreinigung in jeder Beziehung gleichwertig oder besser wäre, so würde die Zentrifuge der Filterpresse zweifellos vorzuziehen sein. Bei der weitern Verbreitung der Zentrifuge spielt allerdings auch der Anschaffungspreis eine wichtige Rolle; er soll heute noch ein mehrfaches desjenigen der Filterpresse sein.

Meine Herren, ich habe versucht in der kurzen Zeit, die mir zur Verfügung stand, die hauptsächlichsten Fragen in bezug auf die Eigenschaften und die Anwendung der Mineralöle als Schalter- und Transformatorenöl zu streifen. Es war dabei nicht möglich, auf irgend eine Seite der Oelfrage näher einzutreten. Wenn es mir aber gelang, eine kurze Orientierung zu geben, so ist der Zweck meiner Ausführungen erreicht.