Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 17 (1926)
Heft: 10

Artikel: Die Prüfung von Isolierlacken
Autor: Brauen, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059812

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: 01.10.2025

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

hinausgreift und in die *Verbundwirtschaft* der Elektrizitätswerke eingeführt wird. Es wurde schon weiter oben erwähnt, dass die Wetterprognose um so eher zutrifft, je grösser das Gebiet ist, auf das sie sich bezieht, denn dann treten die nicht erfassbaren örtlichen Erscheinungen gegenüber der Gesamtauswirkung der Witterungslage zurück. Wird die Wassermengenprognose nun von einer „höheren Warte" aus betrieben, so vermag sie beim Vorhandensein einer Reihe von Werken, die sich ihrer bedienen, eine umfassende Tätigkeit zu entfalten, da sie dann die Vorgänge in verschiedenen Einzugsgebieten, mit mehreren natürlichen oder künstlichen Speichermöglichkeiten für das Betriebswasser erfassen und den Betriebsleitungen entsprechende Weisungen zugehen lassen kann; das ist noch Zukunftsmusik. Bemerkt sei auch, dass die Schwierigkeiten der Prognose um so mehr wachsen, je kleiner das Einzugsgebiet und je kürzer der Flusslauf ist, für dessen Gebiet die Prognose erstellt werden soll; für grössere Gebiete kann man unter Umständen mit der normalen Wasserstandsprognose, wie sie von den staatlichen Behörden betrieben wird, das Auslangen finden.

Im kleinen Rahmen aber hat sich hier praktisch erwiesen, wie beim Vorhandensein entsprechender Voraussetzungen aus der Verbindung eines wissenschaftlichen Grenzgebietes, in diesem Falle der Meteorologie, mit der praktischen Gewässerkunde ein für den Betrieb von Wasserkraftanlagen nicht zu verachtender Vorteil erreichbar ist. Es bedarf noch des Ausbaues dieses neuen Zweiges im vielverästelten Baum der für Bau und Betrieb der Wasserkraftanlagen nötigen Kenntnisse; mögen diese Zeilen dazu beitragen, dass auch andere Werke zu ihrem Nutzen und zur Förderung der Wissenschaft den hier berührten Fragen nähertreten.

Die Prüfung von Isolierlacken.

Von Dr. *W. Brauen,* Wattwil.

620.112:621.319.37

Der Autor betont die Notwendigkeit der Prüfung der in der Elektrotechnik verwendeten Lacke, die den speziellen Einwirkungen, denen solche Lacke ausgesetzt sind, Rücksicht tragen muss und der Autor gibt dann eine Reihe von ihm als zweckmässig erprobte Prüfungsmethoden an.

L'auteur souligne la nécessité de soumettre les laques employées en électrotechnique à un essai qui tienne compte des actions spéciales auxquelles ces laques sont exposées en service. Il indique ensuite une série de méthodes d'essai éprouvées par lui et qui ont donné de bons résultats.

Während die elektrotechnische Industrie früher zum Imprägnieren der Wicklungen hauptsächlich Schellacklösungen verwendete, ist sie seit etwa 25 Jahren zur Verwendung von Isolierlacken übergegangen. Diese gewährleisten erfahrungsgemäss eine dauerhaftere Isolation und lassen sich im Gegensatz zu den einfachen Schellacklösungen den verschiedenen Verwendungszwecken besser anpassen. Heute bei den gesteigerten Materialansprüchen wird dem Isolierlack von der verarbeitenden Industrie weitgehende Aufmerksamkeit geschenkt und dieser meistens vor der Verwendung gründlich auf seine Brauchbarkeit geprüft. Dies auch mit Recht, denn schon an vielen Maschinen und Transformatoren ist durch unsachgemässe Isolation Schaden entstanden, der sich hätte vermeiden lassen. Aus diesem Grunde und bei der grossen Zahl der heute auf dem Markt befindlichen Isolierlacke ist eine scharfe Prüfung durchaus notwendig, denn nur durch eine solche ist man in der Lage, wenigstens ungeeignete Lacke von der Verwendung auszuschliessen. Da nun die Prüfungsmethoden sowohl bei der elektrotechnischen Industrie wie bei den amtlichen Untersuchungsstellen sehr verschieden sind, soll im Nachstehenden eine Prüfungsreihe für Isolierlacke aufgestellt werden.

Isolierlack hat den Zweck, die Wicklungen mechanisch zu verfestigen und gegen Feuchtigkeit zu schützen und die Träger der Isolation wie Baumwolle, Papier etc. mit einer dauerhaften Imprägnierung hochisolierend zu machen. — In der Praxis

unterscheidet man zwei Typen von Isolierlack: ofentrocknende und lufttrocknende. Erstere sind Lacke, die meistens auf Oelbasis, d. h. mit einem grossen Oelgehalt unter Zusatz von Copalen, Harzen, Asphalten, Pechen etc. und den entsprechenden Lösungsmitteln wie Benzol, Solventnaphta, Terpentinöl, Terpentinölersatz, Kienöl und dergl. hergestellt sind. Je nach der Farbe unterscheidet man sie als schwarze bezw. gelbe Isolierlacke. Lufttrocknende Isolierlacke sind meistens Asphalt-, Copal-, Harzlacke mit einem kleineren oder grösseren Oelgehalt, sofern sie als Lösungsmittel ebenfalls die obengenannten enthalten. Auch hier unterscheidet man schwarze und gelbe Lacke. — Enthalten sie Spiritus als Lösungsmittel, so sind es grösstenteils Copal-, Schellack- oder Harzlösungen, die auch manchmal unter Zusatz von Anilinfarben gefärbt werden.

Die ofentrocknenden Lacke weisen im allgemeinen eine grössere Elastizität und damit auch eine längere Lebensdauer sowohl in mechanischer wie in elektrischer Beziehung auf. Man wird also stark wärmebeanspruchte Maschinen nur mit ofentrocknendem Lack imprägnieren, auch z. B. Transformatoren, da die Oelbeständigkeit dieser Lacke eine weit grössere ist, wie die der lufttrocknenden.

Lufttrocknende Lacke sind Ueberzugslacke, d. h. sie werden auf die mit ofentrocknendem Lack imprägnierten Maschinenwicklungen, wenn dies erforderlich ist, durch Tauchen, Uebergiessen oder Spritzen aufgetragen, um ihnen ein besseres, glänzenderes Aussehen zu geben. Soweit hierbei geeignete asphalthaltige Lacke in Frage kommen, gewähren diese auch einen guten Schutz gegen die durch die Ozonisierung bei Hochspannungsmaschinen entstehenden salpetrigen Säuren.

Die auch als Ueberzugslacke dienenden Emaillacke, mit denen als verhältnismässig gute Wärmeleiter ausser Strassenbahnmotoren auch lange Induktorwicklungen imprägniert werden, mögen hier noch erwähnt sein. Es sind dies Lacke, die mit mineralischen Pigmenten versetzt sind und die sowohl ofen- wie lufttrocknend hergestellt werden.

Die Prüfung der Isolierlacke hat nach ihrer Zusammensetzung, den mechanischen und elektrischen Eigenschaften zu erfolgen.

Prüfungsmethoden.

1. Aussehen des Lackes. Das Aussehen des Lackes ist zu prüfen und es ist festzustellen, ob der Lack klar oder getrübt ist. Zur Verwendung soll nur gut abgelagerter, filtrierter, also klarer und satzfreier Lack gelangen, der auch keine Spuren von Feuchtigkeit enthalten darf.

2 Spezifisches Gewicht. Dieses ist bei 20° C mittelst Aräometer oder Pyknometer festzustellen und für den Originallack anzugeben.

3. Verdünnungsfähigkeit. Der Lack ist mit dem geeigneten Lösungsmittel bis zur Gebrauchsfähigkeit zu verdünnen und die dazu nötige Menge Lösungsmittel in Gewichtsprozenten anzugeben.

4. Verhältnis zwischen Lacksubstanz und Lösungsmittel. Dieses kann festgestellt werden durch Abdestillieren des Lösungsmittels, wobei die Temperatur bis auf 220° C gesteigert wird; oder durch Wasserdampfdestillation, wobei Zersetzungen durch Ueberhitzung vermieden werden.

5. Säuregehalt des Lackes. Helle Lacke werden je nach der Zusammensetzung entweder in neutralisiertem Alkohol oder Alkohol-Benzol gelöst und wie üblich mit $^1/_{10}$ normal alkoholischer Kali- oder Natronlauge titriert. Für helle Lösungen wird als Indikator Phenolphtalein, für dunklere Alkaliblau verwendet. Schwarze Lacke werden mit neutralisiertem Alkohol ausgezogen und die alkoholische Lösung titriert. Die gefundene Säurezahl ist auf die Lacksubstanz umzurechnen.

6. Weitere chemische Untersuchungen. Diese sollen Menge und Art der verwendeten Materialien ermitteln, dürften sich aber für die Praxis meistens erübrigen. Soweit solche Analysen vorgenommen werden sollen, werden diese am besten nach den im Laboratoriumsbuch für die Lack- und Farbenindustrie von H. Wolff angegebenen Methoden ausgeführt.

7. Trockenzeit des Lackes. Japanpapier, Stärke ca. 0,03 mm, bezw. appretierter und geglätteter Baumwollstoff (Cambric) von ca. 0,10 mm Stärke wird in Stücken von 16×25 cm in gebrauchsfertigem Lack wie folgt getränkt: Der Stoff wird zunächst in einer Richtung durch den Lack gezogen und an der Luft ca. $^1/_4$ Std. abgetropft. Lufttrocknenden Lack lässt man an einem zugfreien, nicht direkt der Sonne ausgesetzten Ort bei einer Raumtemperatur von etwa 15–20° C trocknen. Ofentrocknender Lack wird nach dem Abtropfen im ventilierten Ofen bei ca. 90° getrocknet. Als trocken bezeichnet man den Lack, sobald sich die Lackschicht durch Fingerdruck nicht mehr verschieben lässt und klebfrei ist. Klebfrei ist der Lack, wenn er an einem daraufgelegten Papier durch Druck mit den Handballen nicht mehr klebt.

Die Streifen werden nach der ersten Trocknung in entgegengesetzter Richtung wie das erste Mal durch den Lack gezogen, $^1/_4$ Std. abgetropft und an der Luft, bezw. wieder im Ofen bei 90° getrocknet. Für ofentrocknende Lacke wird die Dauer der zweiten Trocknung als Trockenzeit angegeben.

Der gebrauchsfertige Lack, mit dem das Japanpapier, bezw. der Cambric getränkt wird, ist in der Konsistenz durch event. Verdünnung so einzustellen, dass nach zweimaligem Auftrag das Papier ca. 0,10—0,12, der Cambric ca. 0,18–0,20 mm misst.

8. Durchschlagsfestigkeit des Lackes. Die nach Ziffer 7 hergestellten Papier- bezw. Stoffproben werden mit Wechselstrom von 50 Perioden bei Zimmertemperatur durchgeschlagen. Bei sämtlichen Durchschlagsproben sind 5 Versuche vorzunehmen und der Durchschnittswert anzugeben. Als obere Elektrode verwendet man eine Messingscheibe von ca. 25 mm Durchmesser, deren Kanten einen Krümmungsradius von 3 mm aufweisen. Das Gewicht der Elektrode beträgt ca. 150 gr. Die untere Elektrode ist plan. Die Steigerung der Spannung erfolgt langsam und gleichmässig. Die Durchschlagsspannung ist in V pro mm Lackschicht anzugeben.

Um den Rückgang der Durchschlagsfestigkeit bei steigender Temperatur zu ermitteln, werden Durchschläge bei Temperaturen von 60° und 100° vorgenommen und der prozentuale Isolationsrückgang gegen nichterwärmten Lackstoff angegeben. Ferner werden Probestücke 48 Std. auf 100° erhitzt und bei dieser Temperatur durchgeschlagen. Die hierbei ermittelte Isolationsänderung ist prozentual anzugeben.

Das Verhalten der Lackschicht gegen mechanische Einwirkungen (Elastizität) wird ebenfalls durch Durchschlagsproben ermittelt, indem man den imprägnierten Stoff mit einer 2 kg schweren Scheibe, deren Lauffläche 20 mm breit ist, scharf knifft. Auf der Kniffstelle werden Durchschläge gemacht, dann knifft man senkrecht zum ersten Kniff und ermittelt am Schnittpunkt der beiden Kniffe ebenfalls die Durchschlagsfestigkeit.

9. Angriff auf Kupfer. Ein Stückchen Kupferblech ist gut abzuschmirgeln und danach mit Benzin abzuwaschen. Dieses so gereinigte Kupferblech wird alsdann zweimal in Lack, wie unter Ziff. 7 beschrieben, getaucht und getrocknet und nach dem Trocknen an der Luft aufgehängt. Nach ca. einmonatigem Hängen an der Luft soll sich keine, bezw. nur ganz geringe Grünfärbung zeigen.

Ferner werden Baumwollschläuche, sogenannte Glanzgarnschläuche, in Lack getaucht und nach etwa halbstündigem Trocknen an der Luft über passende Rundkupferstäbe von ca. 3–5 mm Durchmesser, die wie oben beschrieben gereinigt sein müssen, gezogen und im Ofen getrocknet. Fünf derartig isolierte Kupferstäbe werden mit Baumwollband zusammengebunden und bei einer Temperatur von ca. 40° etwa 4 Wochen liegen gelassen. Nach dieser Zeit soll sich keine oder nur geringe Grünfärbung nach Ablösen der Isolation auf dem Kupfer zeigen. Es ist darauf zu achten, dass sowohl die Glanzgarnschläuche wie auch das Einwickelband chlorfrei sind.

10. Wärmebeständigkeit des Lackes (Alterung). Eine sorgfältig gesäuberte Glasflasche oder ein Reagenzglas wird in den Lack getaucht und an der Luft, bezw. im Ofen getrocknet. Diese Flasche wird nun einer Temperatur von 100° ausgesetzt, und zwar so lange, bis sich die Lackschicht beim Schaben mit einem Messer nicht mehr bandförmig ablösen lässt, sondern splittert. Die Höchstdauer dieses Versuches beträgt 500 Std.

11. Verhalten des Lackes gegen Transformatorenöl. Schmale Streifen des nach Ziff. 7 hergestellten Lacktuches bezw. Papiers werden 24 Std. nach der Trocknung der Einwirkung von Transformatorenöl (leichtes Mineralöl) bei einer Temperatur von 100° während 3 × 24 Std. ausgesetzt. Es wird beobachtet, ob der Lack sich auflöst, abblättert, aufquillt oder sich sonstwie verändert. Ferner ist darauf zu achten, ob das Oel nach dem Abkühlen Trübung oder Bodensatz aufweist, was auf teilweise Löslichkeit des Lackes schliessen lässt.

Probestücke des nach Ziff. 7 hergestellten Lackstoffes werden nach 3 × 24 stündigem Erwärmen in Transformatorenöl auf 100° C nach gründlichem Entfernen des Oeles bei Raumtemperatur durchgeschlagen (wie unter Ziffer 8). Die beobachtete Isolationsänderung ist prozentual anzugeben.

12. Verhalten des Lackes gegen Wasserdampf. Die nach Ziff. 7 lackierten Papier- bezw. Stoffproben werden der Einwirkung von Wasserdampf von 55–60° während 3 Std. ausgesetzt. Die so behandelten Proben werden durchgeschlagen und der Rückgang der Spannung prozentual angegeben.

13. Verhalten des Lackes gegen Säuren und Laugen. Das nach Ziff. 7 hergestellte Lacktuch bezw. Papier wird in mit Paraffin begrenzten Stellen von etwa 30 mm Durchmesser der Einwirkung von Salzsäure vom spez. Gew. 1,06, bezw. einer 5 %igen Sodalösung ausgesetzt. Die Säure bezw. Lauge lässt man 8 Std. einwirken, die Flüssigkeit wird dann mit Filtrierpapier abgetupft, der Stoff mit Wasser nachgespült, gut abgetrocknet und durchgeschlagen. Der Rückgang der Spannung gegen unbehandelten Stoff wird prozentual berechnet.

14. Abspritzversuche. Auf eine abgeschmirgelte Stahlscheibe von 5 mm Dicke und 300 mm Durchmesser wird der Lack mit einem Pinsel aufgetragen und die Scheibe im Ofen bei 90° C – bei Prüfung von Luftlacken bei Zimmertemperatur – getrocknet. Dieses Verfahren wird nach dem Trocknen wiederholt. Die derartig hergerichtete Scheibe lässt man in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von 120° C und einer Umlaufsgeschwindigkeit von 20 m pro Sekunde während 3 Std. rotieren. Der Lack darf weder von der Scheibe abspritzen, noch dürfen sich auf der Scheibe Runzelungen, die auf ein Weichwerden des Lackes hindeuten, zeigen.

Es wären dies, kurz zusammengefasst, die hauptsächlichsten für Isolierlack in Betracht kommenden Prüfungen. In einzelnen Fällen, z. B. wenn es sich um die Isolation von Maschinen handelt, die in chemischen Fabriken, Gruben, oder sonst unter ungünstigen Umständen laufen, wird man die entsprechende Prüfung gegen die betr. Agenzien noch einschalten müssen. Bei manchen Lacken dagegen kann man sich die eine oder andere Prüfung sparen, denn z. B. von einem lufttrocknenden Asphaltlack wird man nicht verlangen, dass er gegen heisses Transformatorenöl beständig ist. Die Prüfungen müssen sich also ganz nach dem Verwendungszweck richten. Ein Lack z. B. der für die Imprägnierung von Maschinenwicklungen bestimmt ist, muss bei der für den Betrieb erforderlichen Trockenzeit eine möglichst hohe Wärmebeständigkeit, Alterungsdauer sowohl in mechanischer wie in elektrischer Beziehung aufweisen und spritzöl- und wasserbeständig sein. Auch fordert man von einem solchen Lack, dass er die Spulen bei zweimaliger Imprägnierung mechanisch gut verfestigt, also ein gewisses Klebvermögen besitzt. – Wicklungen, die ständig mit heissem Oel in Berührung kommen, wie in Transformatoren, dürfen nur mit einem Isolierlack behandelt werden, dessen Beständigkeit gegen heisses Mineralöl einwandfrei erwiesen ist.

Eine nach vorstehenden Gesichtspunkten durchgeführte Untersuchung wird es dem Verbraucher ermöglichen, stets die für seine Maschinen und Apparate bestgeeigneten Isolierlacke zur Anwendung zu bringen.