Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 49 (1958)

Heft: 23

Artikel: Eignung und Prüfung von Schmierfetten für elektrische Hochspannungsapparate

Autor: Wegmann, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058548

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

49e année N° 23 Samedi, le 8 Novembre 1958

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

ORGANE COMMUN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS (ASE) ET DE L'UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS)

Eignung und Prüfung von Schmierfetten für elektrische Hochspannungsapparate

Von *H. Wegmann*, Aarau

620.1 : 621.892 : 621.312.027.3

Einleitend wird auf die Besonderheiten hingewiesen, die Hochspannungsapparate in bezug auf ihr mechanisches Verhalten im Vergleich zu anderen Apparaten und auch zu Maschinen besitzen. Die daraus sich ergebenden besonderen Anforderungen an das zu verwendende Schmierfett werden diskutiert und dazu geeignete Prüfmethoden angegeben. Im weiteren wird ein neuer Kältetest beschrieben. Auf Grund von damit erhaltenen Versuchsresultaten wird gezeigt, dass ein in letzter Zeit neu entwickeltes Schmierfett auf der Basis von vollsynthetischem Öl neben weiteren Vorteilen das schon längst gewünschte Kälteverhalten besitzt.

Après avoir attiré l'attention sur les particularités que présentent les appareils à haute tension, en ce qui concerne leur comportement mécanique, par rapport à d'autres appareils et également à des machines, l'auteur examine les exigences spéciales qui en résultent pour les lubrifiants à utiliser et indique des méthodes d'essais appropriées, notamment un nouvel essai de résistance aux basses températures. Sur la base des résultats obtenus lors de ces essais, l'auteur montre qu'une nouvelle graisse complètement synthétique, mise récemment au point, présente le comportement à froid désiré depuis longtemps, outre d'autres avantages.

1. Einleitung

Der Hochspannungs-Leistungsschalter ist eine «Maschine», die u. a. durch eine ungewöhnlich kurze mechanische Laufzeit gekennzeichnet ist. Wenn man annimmt, dass die Antriebsteile während einer Einschaltung 0,14 s, während einer Ausschaltung 0,10 s lang in Bewegung sind, und dass der Schalter bis zu seiner Verschrottung in 20 oder mehr Jahren je 6000mal ein- und ausgeschaltet wird, beträgt die rechnerische Betriebsstundenzahl für diese Antriebsteile gerade eine halbe Stunde.

Der Leistungsschalter weist noch eine andere mechanische Besonderheit auf. Wenn er als Folge eines aufgetretenen Kurzschlusses einen Ausschaltbefehl erhält, muss eine Öffnungsbewegung mit der gleichen Sicherheit und ebenso ohne Verzug eingeleitet und zu Ende geführt werden, ob der Schalter nun erst gestern fabrikneu in den Dienst gestellt wurde, oder ob schon seit Monaten oder gar Jahren keine Auslösung mehr erfolgte. Von kaum einer Maschine wird das gleiche erwartet, nämlich nach längerem Stillstand bei eventuell ungünstigen lokalklimatischen Verhältnissen und ohne Wartung sogleich mit voller Geschwindigkeit und Betriebslast anzulaufen.

Diese beiden Besonderheiten, sehr kurze mechanische Laufzeit und jederzeitige, unverzügliche Schaltbereitschaft, sind für die Betriebsweise von Leistungsschaltern bezeichnend, treffen aber auch mehr oder weniger für die bewegten Teile aller übrigen Hochspannungs-Apparate zu. Sie sind oft bei der Festlegung der hier zu verwendenden Werkstoffe mitbestimmend. Bei der Wahl von geeigneten Schmierfetten sind sie sogar entscheidend, wie im folgenden näher gezeigt wird.

2. Die wichtigsten Eigenschaften

In Tabelle I sind die wesentlichsten Eigenschaften zusammengestellt, die bei einem Schmierfett für Hochspannungs-Apparate in Betracht gezogen werden müssen.

Die wichtigsten Eigenschaften von Schmierfetten für Hochspannungsapparate und ihre hauptsächlichsten Prüfmethoden

Tabelle I

Wichtigste Eigenschaften	Hauptsächlichste Prüfmethoden
Schmierfähigkeit	Schmierteste mit Wieland-Maschine und Vierkugelapparat
Korrosionsschutz-Vermögen	Verschiedene Korrosionsschutz-Versuche in Sprühkammern (Aerosol)
Konsistenz	Penetrationsbestimmung nach ASTM
Wärme-Verhalten	Tropfpunktbestimmung (siehe auch unter «Alterungsbeständigkeit»)
Kälte-Verhalten	Messung der scheinbaren Viskosität Klinkentest von S&S
Alterungs-beständigkeit	Oxydationstest nach Norma-Hoffmann Verdampfungsverlust-Probe Ölabscheidungstest

a) Schmierfähigkeit

Wenn man bedenkt, dass ein grosser Teil der Schaltbewegungen nur auf An- und Auslauf entfällt, wird einem die Wichtigkeit bewusst, die einer guten Schmierung zukommt. Die Gleitlager kommen während der kurzen Laufzeit des Hochspannungsapparates kaum aus dem Zustand der Grenzschmie-

rung heraus. Dieser für solche Lager sehr unerwünschte Betriebszustand ist bekanntlich dadurch gekennzeichnet, dass die Schmierfilmdicke nur sehr gering ist und sich in der Folge Wellen und Lagerschalen bis auf dünne Grenzschichten berühren. Eine stärkere Abnützung der Lagerwerkstoffe ist dabei unvermeidlich. Diese muss aber im Hinblick auf die möglicherweise mit dem Apparat auszuführende grössere Anzahl von Schaltungen klein gehalten werden. Die gute Schmierfähigkeit eines Fettes trägt wesentlich zur Verringerung der Abnützung bei, indem die erwähnten Grenzschichten physikalisch und chemisch günstig beeinflusst werden. Angesichts der schwerwiegenden Folgen, die das Anfressen eines Lagers für den Hochspannungsapparat eventuell mit sich bringt, kann man sich nicht auf etwaige Notlaufeigenschaften des Schmierfettes verlassen, wie solche z. B. durch Beimischen von kolloidalem Graphit oder Molybdändisulfid erreicht werden. Wenn Anfressgefahr besteht, muss ihr vielmehr durch richtige Paarung der Lagerwerkstoffe begegnet werden.

b) Korrosionsschutz-Vermögen

Das Korrosionsschutz-Vermögen von Schmierfetten wird benützt, um vor allem blanke Stahl- und Eisenteile vor Rost zu schützen. Aus unterschiedlichen Gründen ist es dem Konstrukteur nicht immer möglich, an ihrer Stelle für seine der Atmosphäre ausgesetzten Apparate-Teile nichtkorrodierende Werkstoffe, wie nichtrostender Stahl, Leicht- und Buntmetalle, Kunststoffe usw. zu wählen oder sie wenigstens durch einen geeigneten Überzug hinreichend zu schützen. Dann stellt oft das Einfetten der blanken Stahloberflächen die einzige Lösung des Rostschutzproblemes dar. Die Wälzlager, die selbst heute noch nur aus rostanfälligen Stahllegierungen hergestellt werden können, seien hiefür als klassisches Beispiel erwähnt.

Das Korrosionsschutz-Vermögen beruht auf der Eigenschaft des Fettes, einen geschlossenen Schutzfilm über die Metalloberfläche zu bilden. Dieser Film muss aber eine hohe Oberflächenaktivität aufweisen, um sich von der Feuchtigkeit nicht verdrängen zu lassen. Gute Korrosionsschutzfette enthalten darum Mineralöle mit chemischen Wirkstoffen oder synthetische Öle. Diese Tatsache weist auch auf eine der Ursachen hin, warum die Verwendung von Isolieröl besonders bei den auf Rost empfindlichen Wälzlagern nicht befriedigend ist. Ein anderer Grund ist die Neigung der Öle, im Laufe der Zeit fortzufliessen, wodurch der Schutzfilm verloren geht.

Bei Wälzlagern übernimmt Fett als Schmiermittel noch eine weitere, wichtige Funktion neben derjenigen des Korrosionsschutzes: es umhüllt das Wälzlager mit einer dicken, bei Bewegung nicht abreissenden Schicht und verhütet damit praktisch das Eindringen von Staub und anderen festen Teilen in die empfindlichen Laufbahnen des Lagers.

c) Konsistenz

Die Konsistenz eines Schmierfettes ist durch Art, prozentualen Anteil und Verarbeitung des Aufsteifungsmittels (meist Seife) bestimmt und wird bei der Fettherstellung auf den gewünschten Wert gebracht. Dieser Wert darf nicht zu niedrig sein, damit das Fett weder mit der Zeit wegfliesst, noch bei den bewegten Teilen leicht fortgeschleudert wird. Anderseits könnte eine zu grosse Konsistenz schon bei Raumtemperatur die Apparatefunktionen hemmen. Normalerweise werden für Hochspannungsapparate sog. «weiche Fette» verwendet.

d) Wärme- und Kälte-Verhalten

Die Temperaturgrenzen, zwischen denen das Schmierfett zur Anwendung gelangen kann, werden durch Wärme- und Kälte-Verhalten bestimmt.

Die Grenze bei höheren Temperaturen ist im vorliegenden Falle bei kurzzeitiger Erwärmung durch das Auslaufen (Tropfpunkt), bei langandauerndem Verbleiben bei diesem Temperaturwert durch die Alterung (bei den in Frage kommenden Fetten meistens durch die Ölverdampfung), gegeben.

Die Anwendung in der Kälte ist begrenzt durch die dabei zunehmende Konsistenz des Fettes und den dadurch bedingten Schaltverzug im Falle einer Schalterauslösung. Die grösser werdende Konsistenz rührt vor allem von der wachsenden Viskosität des verwendeten Öles her. Aber auch Aufsteifungsmittel und aufgenommene Feuchtigkeit verschlechtern in gleicher Weise das Kälteverhalten. Deswegen kommen für die Verwendung bei tiefen Temperaturen nur Fette in Frage, die weitgehend wasserfest sind und zur Aufrechterhaltung ihrer Stabilität auch kein Wasser enthalten müssen.

In Tabelle II sind die extremsten Temperaturen angegeben, zwischen denen das Schmierfett sollte verwendet werden können. Diese Grenzwerte berücksichtigen die Forderung des Apparate-Herstellers, aus Gründen der rationellen Fabrikation und der Verwechslungsgefahr für alle seine Apparate nur eine einzige Fettsorte zu gebrauchen, ganz unabhängig davon, ob die Apparate im Innenraum oder im Freien, in tropischen oder arktischen Gegenden zum Einsatz gelangen. Im weiteren wurde bei der Festlegung der Tabelle davon ausgegangen, dass die kritischen Teile der Apparate nicht durch eine Heizung erwärmt werden und somit bei Kälte ebenfalls Aussentemperaturen annehmen können.

Extremste Temperaturen an Hochspannungs-Apparaten

Tabelle II

Höchste Temperatur	
dauernd	+ 50 °C
kurzzeitig (bis zu einigen Stunden) . .	+100 °C
Niedrigste Temperatur	— 50 °C

e) Alterungsbeständigkeit

Unter der Alterungsbeständigkeit des Schmierfettes versteht man die Fähigkeit, alle für seine Anwendung im Apparat wichtigen Eigenschaften über eine möglichst lange Zeitdauer, z. B. 10 Jahre und mehr, beizubehalten. Die Veränderungen können mannigfaltiger Natur sein, wie Oxydationen (Verharzungen), Ölverdampfung, Ölabscheidung, Strukturumwandlungen, um nur die wichtigsten zu nen-

nen. Sie können aber durch sorgfältige Auswahl der Rohmaterialien und moderne Fabrikationsmethoden zum grossen Teil klein gehalten werden.

f) Weitere Eigenschaften

Neben den bis jetzt genannten Eigenschaften, die bei der Prüfung eines Schmierfettes auf seine Eignung in Hochspannungsapparaten zuerst betrachtet werden müssen, gibt es noch solche, welche vor allem den Konstrukteur interessieren: eventuelle Möglichkeiten eines Angriffes von Metallen, Kunststoffen und anderen in einem Apparat verwendeten Werkstoffen durch das Schmiermittel.

Im weiteren wird von Betriebsleuten oft gewünscht, dass das vorgeschriebene Schmierfett mit anderen gebräuchlichen Fetten, wie z. B. Kugellagerfetten, einigermassen verträglich sei. Wenn auch grundsätzlich nur mit gleichem Fett nachgeschmiert werden soll, kann doch durch ein Missverständnis oder ein Versehen eine Vermischung mit anderen Fetten vorkommen. Aus diesem Grunde ist Vorsicht geboten, wenn Schmierfette gebraucht werden, die keine Seifen, sondern andere Aufsteifungsmittel, wie Silikate, Magnesium-Verbindungen u. a., enthalten. Bei letzteren wird das Öl nicht durch die fibröse Struktur der Seife zurückgehalten, sondern durch Adhäsion an der spezifisch grossen Oberfläche dieser Verbindungen. Kommt ein solches Fett mit einem anderen in Berührung, kann das Gleichgewicht der Oberflächenspannungen gestört werden, und das Fett verliert dadurch seine Konsistenz.

Auf eine Reihe von Eigenschaften, die an Fetten unterschieden werden, aber für die Schmierung von Hochspannungsapparaten nicht von Bedeutung sind, wird im vorliegenden Zusammenhang absichtlich nicht eingegangen. Hiezu gehören Walkfestigkeit, Scherstabilität, Widerstandsfähigkeit gegen flüssige Brennstoffe u. a.

3. Die wichtigsten Prüfmethoden

a) Die Wahl der Prüfmethode

Wenn von einem Schmierfett bestimmte Eigenschaften gefordert werden, müssen diese zu Vergleichs- wie zu Kontrollzwecken qualitativ und quantitativ festgehalten werden können. Dazu sind eine grosse Anzahl von Prüfmethoden erfunden worden. Mit wenig Ausnahmen (wie z. B. Tropfpunktbestimmung oder Messung der scheinbaren Viskosität) versuchen sie alle möglichst gut die besonderen Gegebenheiten des vorliegenden Falles nachzubilden und durch verschärfende Versuchsbedingungen auch den Faktor «Zeit» mitzuberücksichtigen. Die in der Tabelle I eingetragenen Methoden zur Prüfung von Schmierfetten wurden alle unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten besonderen Betriebsweise bei Hochspannungsapparaten wie auch der hier vorhandenen konstruktiven Gegebenheiten ausgewählt. Dadurch wird es möglich, diese Teste nicht nur zur relativen Bewertung eines Schmiermittels zu benützen, sondern sie erlauben ebenfalls, weitgehende Rückschlüsse auf das spätere Verhalten im praktischen Betrieb zu ziehen. Ferner wurde bei der Aufstellung der Tabelle I darauf geachtet, dass mit einer einzigen Ausnahme (Klinkentest von S & S) nur allgemein bekannte und erprobte Prüfmethoden aufgenommen wurden. Auf diese Weise wird ein Vergleich mit ausländischen Fettprodukten erleichtert.

b) Der Kälte-Klinkentest von S & S

Die Wahl eines geeigneten Kältetestes machte einige Mühe. Wissenschaftlich gesehen, dürfte die von der American Society for Testing Materials (ASTM) vorgeschriebene Methode zur Messung der scheinbaren Viskosität die einwandfreiesten Werte liefern. Abgesehen davon, dass die dazu nötige, mit einem Satz von Kapillaren arbeitende Einrichtung für Tieftemperaturversuche zu gross und kostspielig ist, bietet die Übertragung der erhaltenen Messresultate auf den praktischen Anwendungsfall etliche Schwierigkeiten. Einerseits sind bei Wälz- wie bei Gleitlagern die hydrodynamischen Verhältnisse während des Laufes sehr komplex, auf der anderen Seite kommt bei einer eventuellen Umrechnung als weitere Komplikation der Umstand dazu, dass das Schmierfett wegen seines Aufsteifungsmittels nicht als sog. «Newtonsche Flüssigkeit» betrach-

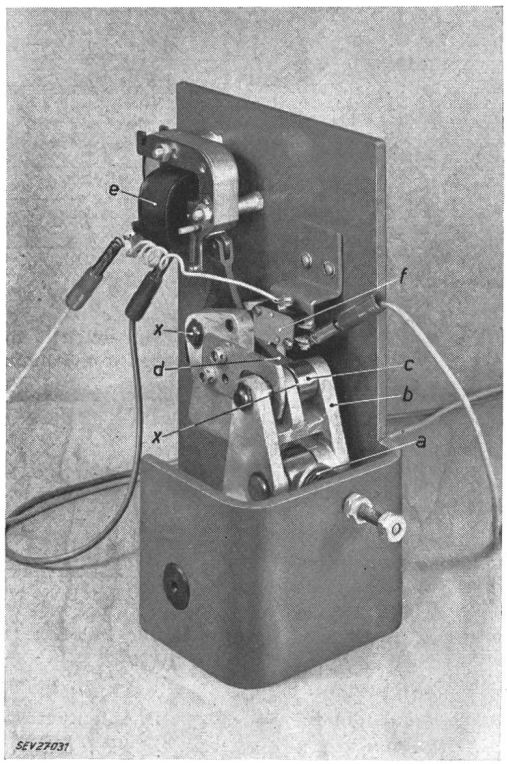

Fig. 1
Gerät zum Kälte-Klinkentest von S & S
X Lagerstellen, die mit dem zu untersuchenden Schmierfett gefüllt werden
Weitere Bezeichnungen siehe im Text

tet werden kann; d. h. dass die im Fett vorhandenen Schubspannungen τ nicht proportional mit dem Geschwindigkeitsgefälle $\partial u / \partial y$ zunehmen. Um diesen Schwierigkeiten auszuweichen, wurde bei der Sprecher & Schuh A.-G. (S & S) in Aarau der sog. «Klinkentest» entwickelt. Das hiezu benützte Gerät ist in Fig. 1 abgebildet und besteht in der Nachbildung

eines Rollenverklinkungs-Systems, wie es bei Auslösern für Hochspannungs-Leistungsschalter üblich ist.

Das Klinkentest-Gerät arbeitet wie folgt: Durch eine starke Druckfeder *a* wird der Klinkenhebel *b* mit der Rolle *c* gegen die Klinke *d* gedrückt. Die Berührungsfläche an der Klinke *d* ist so ausgeführt, dass auf diese ein Drehmoment im Gegenuhrzeigersinn wirkt. Wenn der auf sehr kurze Eigenzeit konstruierte Elektromagnet *e* die Klinke *d* freigibt, wird diese, wie auch die Rolle *c*, mit praktisch konstanter Kraft in Bewegung gesetzt und betätigt nach einem kurzen Weg den kleinen Kontakt *f*.

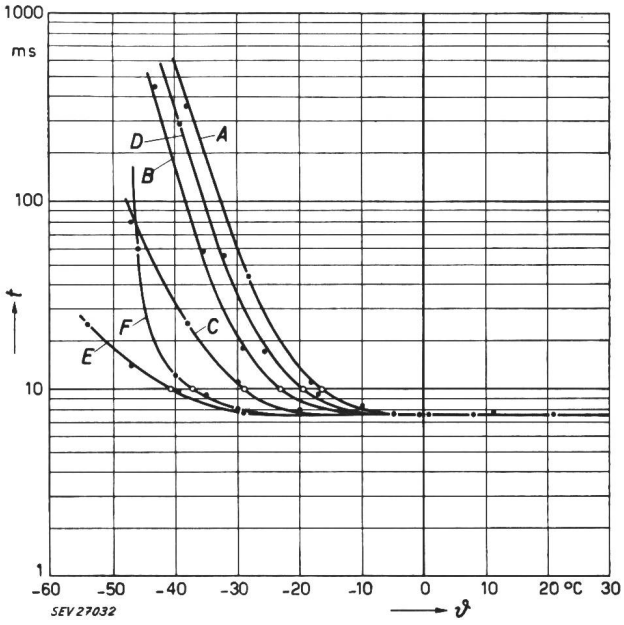

Fig. 2

Anlaufzeit *t* des Klinkentest-Gerätes in Abhängigkeit von der Temperatur *ϑ* für verschiedene Tieftemperatur-Schmierfette und normales Isolieröl

A...C	Lithiumseifenfette auf Mineralöl-Basis	bisherige Fette
D	Fett auf der Basis eines synthetischen Öles unbekannter Zusammensetzung, mit einem Mineralstoff als Aufsteifungsmittel	bisherige Fette
E	Lithiumseifenfett auf der Basis eines vollsynthetischen Öles der Di-Ester-Gruppe	neuentwickeltes Fett
F	normales Isolieröl (entsprechend der Publ. Nr. 124 des SEV)	
●	Messpunkte	
o	tiefste Verwendungstemperatur ohne Anlaufverzögerung (lt. Definition)	

Alle Kurven gelten für den Anlieferungszustand der Fette

Die Prüfung eines Schmierfettes besteht nun darin, dass das zu testende Fett in die beiden mit Wälzlagern ausgestatteten Lagerstellen *x* der Klinke *d* und der Rolle *c* eingefüllt wird und sein Einfluss auf die Anlaufzeit des Gerätes bei verschiedenen Temperaturen bestimmt. Unter der Anlaufzeit wird dabei die Zeit von Impulsgabe an den Elektromagneten bis zum Öffnen des Kontaktes verstanden. Die Zeitmessung erfolgt am besten mittels eines Schleifen-Oszillographen.

In der Fig. 2 ist die Anlaufzeit in Abhängigkeit der Temperatur für verschiedene Tieftemperatur-Fette eingetragen. So lange die Konsistenz eines Fettes noch klein ist, kann keine Vergrösserung der Anlaufzeit gegenüber derjenigen im ungefetteten Zustand des Gerätes festgestellt werden. Die Anlaufzeit beträgt dann unverändert 7,5 ms und ist einzig durch die Eigenzeit des Magneten und die mechanischen Daten des Klinkensystems gegeben. Wächst mit zunehmender Kälte die Konsistenz, nimmt die Anlaufzeit von einer für jedes Fett verschiedenen Temperatur an mehr oder weniger rasch zu und erreicht bald Werte, die für Hochspannungs-Leistungsschalter mit Rücksicht auf die Staffelzeiten der Netze nicht mehr zulässig sind. Der Beginn der Anlaufzeit-Vergrösserung ist schwierig zu bestimmen. Darum wurde als «tiefste Verwendungstemperatur ohne Anlaufverzögerung» derjenige Temperaturwert definiert, bei welchem sich die Anlaufzeit um 2,5 ms auf 10 ms verlängert hat.

Um die Zuverlässigkeit der mit dem Klinkentest erhaltenen Resultate kennenzulernen, wurden Kontrollmessungen an einem normalen, ölarmen Schalter für 10 kV in einer Kühlzelle bis —36 °C durchgeführt. Die dabei gefundene Übereinstimmung, wie übrigens auch die Übereinstimmung mit den in der Praxis gefundenen Erfahrungswerten, ist sehr gut.

4. Prüfergebnisse

a) Prüfresultate von bisherigen Schmierfetten

Um rasch ein Urteil über die Eignung eines Schmierfettes für Hochspannungs-Apparate abgeben zu können, wird mit Vorteil zuerst das Kälte-Verhalten als die am schwierigsten zu erreichende Eigenschaft untersucht. Eine vor ungefähr 2 Jahren auf diese Weise mit dem Klinkengerät S & S vorgenommene Prüfung von verschiedenen Fett-Typen und -Fabrikaten zeigte, dass kein Fett bei einer Temperatur von —50 °C genügte. Nur ganz wenige kamen überhaupt unter die —15-°C-Grenze. Das Kälte-Verhalten dieser mit *A*, *B*, *C* und *D* bezeichneten Fette ist aus Fig. 2 ersichtlich. Die Resultate der übrigen in Tabelle I erwähnten Teste waren hingegen befriedigend.

Silicone wurden nicht untersucht, obwohl ihr gutes Kälte-Verhalten bekannt ist. Sie können aber nicht als eigentliche Schmierfette angesehen werden, da sie eine sehr geringe Schmierfähigkeit besitzen.

b) Prüfresultate eines neuentwickelten Fettes auf der Basis von synthetischem Öl

Die in den letzten Jahren veröffentlichten Forschungsergebnisse über neue, vollsynthetische Öle aus der Gruppe der Di-Ester liessen erwarten, dass es für Hochspannungs-Apparate bald noch geeignetere Schmierfette geben würde. Nachdem ein Fett im Handel angeboten wurde, das auf einem solchen neuartigen Öl aufgebaut ist und die bewährte Lithiumseife als Aufsteifungsmittel enthält, war es angezeigt, dieses eingehend zu prüfen.

Die Untersuchung des im folgenden mit *E* bezeichneten Fettes ergab nachstehende Resultate:

Hohe Schmierfähigkeit: Endbelastung auf der Wieland-Maschine über 30 Platten

Sehr gutes Korrosionsschutz-Vermögen

Normale Konsistenz: ca. 300 ASTM-Einheiten

Gutes Wärmeverhalten: Tropfpunkt bei ca. 180 °C

Sehr gutes Kälteverhalten: tiefste Verwendungstemperatur ohne Anlaufverzögerung = —40 °C; bei —50 °C nur sehr geringe Verzögerung (ca. 11 ms in Klinken-Kältetest von S & S); siehe Kurve *E* in Fig. 2.

Gute Alterungsbeständigkeit, verglichen mit den Versuchswerten bekannter Fette.

Im Vergleich zu den bisherigen besitzt dieses neue Fett neben einer grösseren natürlichen Schmierfähigkeit vor allem eine wesentlich bessere Eignung in der Kälte. Dabei müssen keine Nachteile, wie etwa raschere Alterung oder schlechteres Wärmeverhalten, in Kauf genommen werden. Im Gegenteil ist die Oxydationsstabilität nach durchgeführten Versuchen im Norma-Hoffmann-Gerät dank der gleichzeitigen Verbesserung der verwendeten Fettsäuren wesentlich erhöht. In der Folge ist auch die Verwendungsdauer, die bisher auf Grund zahlreicher Beobachtungen bei Hochspannungs-Apparaten ungefähr 8 Jahre betrug, beim neuen Fett bedeutend grösser. Eine Dauerschmierung ist damit weitgehend erreicht.

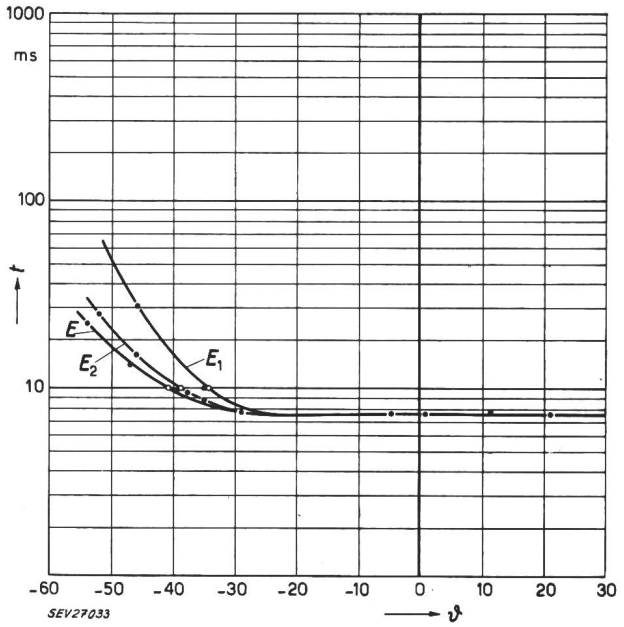

Fig. 3

Einfluss von Ölverlust und maximaler Feuchtigkeits-Aufnahme des Schmierfettes *E* auf die Anlaufzeit *t* des Klinkentest-Gerätes

ϑ Temperatur

E gemessen im Anlieferungszustand (gleiche Kurve wie Fig. 2); E_1 gleiches Fett wie *E*, jedoch mit reduziertem Ölgehalt entsprechend einem Ölverlust von etwa 25 % bezogen auf das ursprüngliche Fettgewicht; E_2 gleiches Fett wie *E*, jedoch geprüft unmittelbar anschliessend an eine Lagerung in Schichten von 1 mm Dicke während 300 h bei 100 % Luftfeuchtigkeit

Um die Beeinträchtigung des Kälteverhaltens durch Ölverlust, wie dieser zufolge Verdampfung und Ölabscheidung auftreten kann, ebenfalls zu kennen, wurde eine besondere Messreihe mit dem Klinkentestgerät aufgenommen. Zu diesem Zwecke stellte der Fettlieferant eine Probe zur Verfügung, die einen um 25 % des ursprünglichen Fettgewichtes reduzierten Ölanteil besass, was einem ungewöhnlich grossen Ölverlust entsprechen würde. In gleicher Art und Weise wurde ferner der Einfluss von maximal aufgenommener Feuchtigkeit auf das Verhalten bei tiefen Temperaturen untersucht. Dabei war die benötigte Fettmenge in dünnen Schichten auf ein Al-Blech aufgetragen und während 300 h bis unmittelbar vor Ausführung des Kältetestes bei Raumtemperatur und 100 % Luftfeuchtigkeit gelagert. Wie Fig. 3 zeigt, war die Verschlechterung des Kälteverhaltens bei diesem Fett *E* in beiden Fällen sehr gering.

c) Das Kälteverhalten von normalem Isolieröl

Da hie und da Hochspannungs-Apparate vom Wartungs-Personal aus naheliegenden Gründen auch mit normalem Isolieröl (entsprechend der Publ. Nr. 124 des SEV) geschmiert werden, ist es interessant zu wissen, wie sich dieses bei tiefen Temperaturen verhält. Das Resultat des damit durchgeführten Klinkentestes S & S ist in Fig. 2 als Kurve *F* eingetragen. Das Kälteverhalten ist bis ca. —35 °C gut, wird aber in der Nähe des Stockpunktes rascher schlecht als alle übrigen, untersuchten Fette.

Wie bereits schon anlässlich der Besprechung der Eigenschaften beim Abschnitt über das Korrosionsschutz-Vermögen erwähnt, ist Isolieröl vor allem bei Wälzlagern auf lange Zeit nicht geeignet. Dass zudem seine Schmierfähigkeit sehr bescheiden ist, dürfte auch allgemein bekannt sein.

5. Schlussfolgerungen

Das gegenüber bisherigen Fetten entscheidend bessere Kälteverhalten des neuen Fettes *E* erlaubt in Zukunft bei Freiluft-Apparaten, von einer eigentlichen Beheizung der empfindlichen Antriebsteile abzusehen. Wenn auch in den Antriebskästen die Heizelemente selbst nicht ganz wegfallen können — eine kleine Heizung bis einige zehn Watt wird mit Vorteil zur Verhütung von Betauung belassen — dürfte diese Verkleinerung der Heizleistung von Seite des Betriebes dennoch sehr geschätzt werden.

Mit der kürzlich erfolgten Entwicklung eines Fettes auf der Basis von synthetischem Öl der Di-Ester-Gruppe (Aseol Sylitea 4—018) steht nun für elektrische Hochspannungsapparate ein Schmierfett zur Verfügung, das in hohem Masse den hier sich stellenden Anforderungen gerecht wird und damit einen wertvollen Beitrag zur Erhöhung der Betriebssicherheit dieser Apparate leistet.

Literatur

[1] Book of ASTM Standards, Part 5 — Petroleum Products. 1955, Suppl. 1956, Suppl. 1957.

[2] *Brunner, M.* und *R. Pedrini:* Prüfung von Schmiermitteln auf ihre Schmierfähigkeit mit dem Wieland- und Vierkugelapparat. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. Bd. 21 (1955), Nr. 6, S. 169...178; Nr. 8, S. 251...257; Nr. 12, S. 392...404.

Adresse des Autors:
H. Wegmann, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.