

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 35 (1944)

**Heft:** 20

**Artikel:** Isolation und Prüfung von Statorspulen für Hochspannungsmaschinen der Bernischen Kraftwerke A.-G.

**Autor:** Frey, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061604>

#### **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:** 17.02.2026

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

gar billiger zu fabrizieren, als Schalter ohne Widerstände, ist es vielleicht doch richtiger, die Widerstände im Bereich der Mittelspannungen, die in bezug auf die Ueberspannungen besonders gefährlich sind, von Anfang an überall einzubauen. Dieses Vorgehen ist natürlich für den Betriebsleiter beruhigender; er weiss dann von vornherein, dass er mit seinen Schaltern keine Schwierigkeiten beim Abschalten leerlaufender Transformatoren haben wird.

H. Wüger, Oberingenieur der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ), gibt seiner Befriedigung darüber Ausdruck, dass nun einige Messungen vorliegen über die Höhe von Schaltüberspannungen. Die Ergebnisse bestätigen die auf Grund der Betriebserfahrungen geäusserten Befürchtungen, dass die modernen Schalter relativ hohe Ueberspannungen erzeugen können. Um so angenehmer sind daher die Mitteilungen von Dr. Wanger, dass diese Ueberspannungen mit einfachen Mitteln und relativ billig auf niedere Werte begrenzt werden können, und dass Brown Boveri beabsichtigt, diese Mittel zukünftig bei ihren Fabrikaten anzuwenden. Er stellt die Frage, ob ein Schalter, der so gebaut ist, dass er leerlaufende Transformatoren praktisch überspannungsfrei abschalten kann, auch geeignet sei, eine Kapazität (leerlaufende Leitung) überspannungsfrei zu schalten. Im weiteren erkundigt er sich bei den andern Fabrikanten, ob auch sie beabsichtigen, ihre Schalter mit Dämpfungswiderständen oder andern zweckdienlichen Einrichtungen zu bauen, da dies offenbar die Voraussetzung für die Erfüllbarkeit der jetzt aufgestellten Koordinationsregeln wäre. An Dr. Berger und Dr. Wanger richtet er die Frage, ob durch den Einbau von Dämpfungswiderständen die Verwendung von Druckluftschaltern zum automatischen Wiedereinschalten nach dem Abschalten von Kurzschlüssen nicht verunmöglicht werde.

**Dr. Wanger:** Ich möchte kurz ein paar Fragen beantworten, die mir gestellt worden sind; zunächst die Frage, warum ein Schalter mit Dämpfungswiderstand billiger sein kann als ein Schalter gleicher Abschaltleistung ohne Widerstand. Das hängt damit zusammen, dass der Druckluftschalter ohne besondere Massnahmen ziemlich eigenfrequenzempfindlich ist; mit zunehmender Eigenfrequenz der wiederkehrenden Spannung nimmt die zulässige Abschaltleistung beträchtlich ab. Durch eine doppelstufige Lösung, bei der zunächst ein Widerstand eingeschaltet und erst dann vollständig unterbrochen wird, lässt sich jedoch der Verlauf der wiederkehrenden Spannung so beeinflussen, dass sich die hohen Eigenfrequenzen für den Schalter überhaupt nicht bemerkbar machen. Daher kann bei einer relativ hohen Eigenfrequenz des Netzes ein Schalter mit Widerständen eine grössere Leistung abschalten als der gleiche Schalter ohne Widerstände, oder umgekehrt: ein Schalter mit Widerständen braucht nicht so gross zu sein wie einer ohne Widerstände, um die gleichen Abschaltleistungen bewältigen zu können. Durch die Verwen-

dung der doppelstufigen Lösung mit Widerständen können also nicht nur die Ueberspannungen beim Abschalten leerlaufender Transformatoren begrenzt werden, sondern gleichzeitig lässt sich der Schalter auch eigenfrequenzunempfindlich machen, und überdies ist ein Schalter mit Widerständen für gleiche Abschaltfähigkeit — gemessen bei einer relativ hohen Eigenfrequenz — erst noch kleiner und daher billiger.

Die zweite gestellte Frage betrifft die rasche Wiedereinschaltung bei Verwendung von Schaltern mit Widerständen. Durch die doppelstufige Lösung wird der Abschaltvorgang um ca. eine halbe Periode der Betriebsfrequenz verlängert. Um klar zu machen, was das bedeutet, möchte ich nur erwähnen, dass bei erfolgreichen Wiedereinschaltversuchen, die vor einer Woche in einem 50-kV-Netz durchgeführt wurden, die Kurzschlussdauer 10 bis 12 Halbperioden und die Unterbrechungsdauer ca. 25 Halbperioden, die totale Störungszeit also ca. 35 Halbperioden betrug. Es ist klar, dass demgegenüber eine Verlängerung um 1 Halbperiode belanglos ist, um so mehr, als während der zusätzlichen Halbperiode nicht der Kurzschlussstrom, sondern nur der relativ kleine Widerstandstrom fliesst.

Schliesslich wurde noch die Frage gestellt, ob das Problem der Ueberspannungen beim Abschalten leerlaufender Transformatoren durch die Einführung der Dämpfungswiderstände endgültig gelöst sei. Ich kann bestätigen, dass es gelingt, diese Abschaltüberspannungen mit Hilfe von Dämpfungswiderständen auf das 2½- bis 3fache der verketteten Betriebsspannung zu begrenzen. In Mittelspannungsnetzen, wo der Sicherheitsgrad der Isolation relativ hoch ist, ist daher von den Abschaltüberspannungen tatsächlich nichts mehr zu befürchten. Die höheren Betriebsspannungen sind dagegen an sich etwas ungünstiger, weil dort der Sicherheitsgrad kleiner ist. Anderseits darf man aber auch nicht einfach annehmen, dass die Abschaltüberspannungen in diesen Fällen ebenso gefährlich seien wie bei den Versuchen von Dr. Berger in einem 16-kV-Netz. Beispielsweise ist mir kein einziger Fall bekannt, wo Druckluftschalter in 110-kV-Netzen unzulässige Ueberspannungen erzeugt hätten. Dabei sind, insbesondere im Ausland, recht viele solcher Schalter im Betrieb. Uebrigens hatten wir gerade vor 2 Tagen Gelegenheit, auch in einem schweizerischen Netz von 115 kV Betriebsspannung Abschaltversuche mit leerlaufenden Transformatoren durchzuführen und zu bestätigen, dass die Ueberspannungen absolut harmlos waren. Bei den allerhöchsten Spannungen — 220 kV — können allerdings die Verhältnisse wieder etwas ungünstiger werden, besonders, wenn im Zusammenhang mit langen Leitungen sehr grosse Kompensations-Drosselspulen vorkommen. Aber auch in solchen Extremfällen gibt es noch Mittel und Wege zur wirksamen Begrenzung der Abschaltüberspannungen; ich möchte nur erwähnen, dass man z. B. mit spannungsabhängigen Widerständen noch einiges mehr erreichen kann als mit festen Widerständen.

## Isolation und Prüfung von Statorspulen für Hochspannungsmaschinen der Bernischen Kraftwerke A.-G.

Von R. Frey, Bern.

621.313.048.0014

Im folgenden werden Erfahrungen mitgeteilt, welche im Verlaufe der Jahre mit nicht kompoundierten Statorspulen für Hochspannungsgeneratoren gemacht worden sind. Anschliessend teilt der Verfasser mit, was für Verbesserungen sukzessive erreicht werden konnten, und mit welchen Mitteln. Hand in Hand mussten auch die Prüfverfahren ausgebaut werden, damit eine Kontrolle der konstruktiven und fabrikatorischen Massnahmen möglich war. Hierbei ergab sich die Notwendigkeit, Versuche, welche ausserhalb der bestehenden Prüfvorschriften liegen, durchzuführen. Zum Schlusse wird angeregt, dass das Prüfverfahren für Statorspulen von Hochspannungsmaschinen erweitert werden sollte.

### 1. Einleitung

Ein Teil des Verteilungsnetzes der Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW) wird direkt mit der von

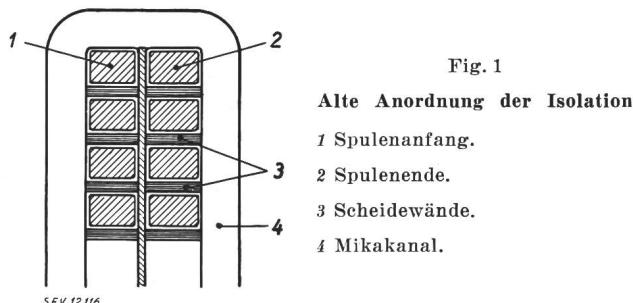
*L'auteur consigne les expériences faites pendant plusieurs années avec des bobines non compoundées pour stators d'alternateurs à haute tension, puis il indique les améliorations successives qui furent apportées à la confection de ces bobines et les moyens utilisés dans ce but. Il a fallu également développer les méthodes d'essais en s'écartant parfois des prescriptions en vigueur, afin de permettre un contrôle des perfectionnements intéressants la construction et la fabrication. L'auteur estime que les méthodes d'essais appliquées aux bobines de stators des machines à haute tension devraient être complétées.*

den Generatoren erzeugten Spannung von 16...17 kV gespeist in der Weise, dass in den Kraftwerken eine Anzahl Generatoren auf ein bestimmtes Sammelsystem

schienensystem arbeiten, an welches die abgehenden Speiseleitungen angeschlossen sind. Diese Generatoren sind sowohl den Schalt- als auch den atmosphärischen Ueberspannungen direkt ausgesetzt. Die BKW trachteten daher darnach, die Statorspulen der Hochspannungsgeneratoren so auszuführen, dass sie allen durch die Betriebsführung bedingten Beanspruchungen gewachsen sind. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden gemeinsam mit den Fabrikanten einerseits die Isolationen verbessert und zur Kontrolle der erzielten Resultate anderseits die Prüfungen erweitert. Ueber diese zwei Bedingungen sei in den folgenden Kapiteln berichtet.

## 2. Die Isolation von Hochspannungs-Statorspulen

Die Statorspulen, welche bis ungefähr 1914 hergestellt wurden, waren noch nicht kompoundiert, sondern nur lackiert. Die Isolation der Leiter erfolgte z. B. durch Umwickeln mit einem isolierenden Band, im wesentlichen jedoch durch Einlegen von Zwischenlagen, eines Glimmerpräparates. Bei einzelnen Ausführungen waren außerdem die Leiter der Spulen in zwei vertikalen Lagen angeordnet, so dass sich Spulen-Anfang und -Ende nebeneinander befanden. Die auf diese Art isolierten Leiter wurden so gut als möglich gepresst und mit dem Mikakanal umwickelt. Die geschilderte Ausführung ist in der Schnittzeichnung, Fig. 1, dargestellt.



Die fertig isolierte und lackierte Spule wurde nachher erhitzt (gebacken); durch das Erhitzen verflüchtigten sich die Bindemittel des Lackes, traten als Gase an den Enden der Spulenkanäle aus und bildeten in dem sich beim Erkalten verdickenden Lack Kanäle. Durch diese Kanäle erfolgte nach dem Einbau in den Stator, zufolge der Temperaturschwankungen, eine Zirkulation mit der Aussenluft, wobei sich, zusammen mit den Einwirkungen des elektrischen Feldes auf die eingeschlossene Luft, Oxydationserscheinungen (Grünspanbildung) zeigten. Die Kupfersalzbildungen, das Ausdörren der Spule, die im Betriebe auftretenden Vibrationen und das Verpulvern des hart und spröde gewordenen Lackes verkleinerte mit den Jahren die Isolationsfestigkeit, besonders zwischen den einzelnen Windungen.

Die Scheidewände standen im Neuzustand an der Kanalisolation der Spule an, wie in Fig. 1 gezeichnet, und ergaben eine gewisse Isolation von Windung zu Windung. Aus den im vorangehenden Abschnitt erwähnten Gründen lösten sich die Scheidewände

von der Kanalisolation und es erfolgten Ueberschläge um die Scheidewand herum, von Windung zu Windung, und zwar sowohl bei Statorspulen mit Anordnung der einzelnen Windungen untereinander, als auch bei der Anordnung nach Fig. 1. Bei der letzterwähnten Ausführung erfolgte der Ueberschlag grösstenteils zwischen den zwei obersten Windungen, welche, da es sich um Spulen-Anfang und -Ende handelte, schon betriebsmäßig die grösste Spannungsdifferenz aufwiesen. Die Defekte wurden in der Hauptsache durch Gewitterüberspannungen eingeleitet.

Hatten einmal bei einem Hochspannungsgenerator mit Statorspulen der geschilderten Ausführung Durchschläge eingesetzt, so häuften sich diese von Jahr zu Jahr. Trat der Durchschlag im Spulenkopf auf, war der Schaden durch Ausweichslung der Spule behoben. Erfolgte jedoch der Durchschlag im geraden Teil der Spule, so wurde durch die erzeugte Wärme ein Loch in den Mikakanal gebrannt, was zu einem Eisenschluss und damit zu einem Defekt im Statoreisen führte.

Die geschilderten Erfahrungen führten zum Ergebnis, die Scheidewände als Isolation von Windung zu Windung wegzulassen und die gesamte Isolation um den Leiter zu wickeln. In Verbindung mit den Fabrikationsfirmen konnte dieses Problem in einwandfreier Weise gelöst werden. Bei neuen Wicklungen wurde nun die gesamte Leiterisolation in der Stärke von ca. 0,7 mm von Hand um den Leiter gewickelt. Zur Erzielung günstiger elektrischer und mechanischer Eigenschaften müssen die für die Umwicklung vorgesehenen Bänder bestimmten Anforderungen genügen. Der Glimmergehalt der Bänder soll ca. 50 Gewichtsprozent betragen; die Bänder dürfen nicht breiter als 12...15 mm sein und sollen eine gute mechanische Festigkeit aufweisen, damit sie beim Umwinden möglichst satt angezogen werden können. Von der sachgemässen Umwicklung hängt im wesentlichen das Erreichen günstiger und gleichmässiger elektrischer Werte, besonders der Durchschlagsfestigkeit von Windung zu Windung ab.

Der Schritt der Umwicklung,  $1/2$  oder  $1/3$  überlappt, ist genau einzuhalten; bei den einzelnen Lagen ist zu vermeiden, dass Schnittstellen übereinander zu liegen kommen und besondere Aufmerksamkeit ist den abgebogenen Stellen zu schenken. Es besteht hier die Gefahr, dass die Ueberlappung am äusseren Radius des Bogens zu gross ausgeführt wird, wodurch elektrisch schwache Stellen geschaffen werden. Die Arbeit kann daher nur von zuverlässigen Kräften ausgeführt werden und erfordert dauernde Ueberwachung. Im übrigen ist das nackte Kupferband so vorzubereiten, dass nach dem Aufbringen der Windungsisolation kein Biegen des Kupfers mehr nötig ist, d. h. die Spule muss die fertige Form vorher schon besitzen.

Nach dem Aufbringen der Leiterisolation erfolgt in der Regel ein einmaliges Vorpressen warm, anschliessend die Kompoundierung und nach dem Erkalten ein eventuelles mehrmaliges Warmpressen, damit einerseits alle Poren geschlossen werden, an-

dereits der überschüssige Komound austritt und die Spule die endgültige Form erhält.

Das Aufbringen des Mikakanals, für die in Frage stehenden Spannungen in einer Stärke von ca. 4,5 mm, erfolgt am zweckmäßigsten in mehreren Arbeitsgängen. Das zur Verwendung gelangende Mikapapier soll ebenfalls einen Glimmergehalt von ca. 50 Gewichtsprozent aufweisen. Vor, während,

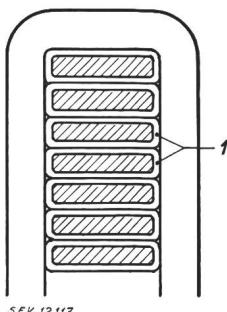


Fig. 2  
Neue Anordnung der Isolation  
1 Leiterisolation durch Mikaband.

oder nach der Isolierung der Kopfpartien werden noch die das Glimmen verhindernden Massnahmen beim Eisenaustritt getroffen, z. B. durch Anbringen eines halbleitenden Anstriches u. a. m.

Fig. 2 zeigt einen Schnitt aus den im Eisen liegenden Partien von Statorspulen, welche nach dem beschriebenen Verfahren hergestellt worden sind.

### 3. Die Prüfung von Hochspannungs-Statorspulen

Hand in Hand mit den qualitativen Verbesserungen der Konstruktion und der Fabrikation wurden Mittel und Wege gesucht, um die Auswirkungen dieser Verbesserungen zu überprüfen.

Vorerst wurden die Messmethoden ausgebaut in der Weise, dass es möglich war, die Wandstärke der Kanäle und der Leiterisolation möglichst vielseitig zu bestimmen. Es machte dies das Aufschneiden der zu prüfenden Spule nötig.

Der Glimmergehalt wurde sowohl an dem für die Leiterisolation, als auch für die Kanalisolation verwendeten Band bzw. Papier festgestellt. Diese Prüfung erfolgte durch mehrstündigtes Auskochen der Muster in Benzol, bei welchem sich die Bestandteile, d. h. Seide, Baumwolle oder Papier als Träger, Glimmer und Seidenpapier (Deckblatt) in einwandfreier Weise trennen lassen. Da Benzol einen Siedepunkt von ca. 80° C aufweist, ist speziell darauf zu achten, dass die Temperatur nicht zu hoch ansteigt, da sonst eine Entzündung der Dämpfe möglich ist.

Die elektrische Prüfung, welche nach den geltenden Vorschriften in Spannungsproben der Statorspulen gegen Eisen mit Wechselstrom 50 Hz bestehen, genügte nicht, um die nötigen Erkenntnisse über die Qualitätsverbesserungen zu erhalten. Es wurden dabei sukzessive folgende weitere Prüfungen in die Untersuchungen einbezogen:

- Bestimmung des Verlustwinkels  $\operatorname{tg}\delta$ ;
- Bestimmung des Windungsdurchschlages mit Wechselspannung 50 Hz;
- wie b), jedoch mit pos. und neg. Spannungsschlag und Normalwelle 1|50  $\mu$ s.

#### a) Verlustwinkel $\operatorname{tg}\delta$

Der Verlustwinkel wurde innerhalb der Spannungsgrenze von 5 bis 30 kV, eventuell bis 40 kV, aufgenommen, in Intervallen von 5 kV und bei normaler Raumtemperatur des Prüfobjektes von 15...20° C.

Es wurde hierbei in einem bestimmten Fall die Feststellung gemacht, dass der Verlustwinkel be-

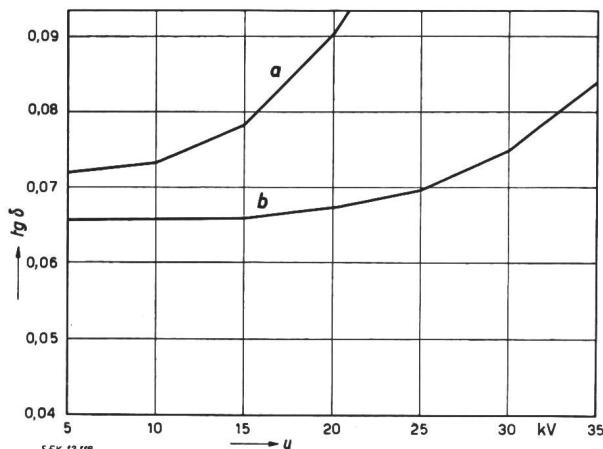


Fig. 3.  
Dielektrische Verluste ( $\operatorname{tg}\delta$ ) in Funktion des Effektivwertes der Spannung ( $U$ )  
a  $\operatorname{tg}\delta$  einer Spule älterer Ausführung.  
b  $\operatorname{tg}\delta$  einer Spule neuer Ausführung.

reits bei der normalen Betriebsspannung erhebliche Werte aufwies und bei höherer Spannung stark zu steigen anfing (siehe Fig. 3, Kurve a). Durch Verbesserung der für die Fabrikation nötigen Mikabänder, speziell des für die Haftung des Glimmers verwendeten Lackes, gelang es, Werte nach Kurve b zu erreichen.

Fig. 4 zeigt die gemessenen Werte von Statorspulen für Drei- und Einphasengeneratoren, durch verschiedene Fabrikationsfirmen hergestellt in den Jahren 1940...1942.

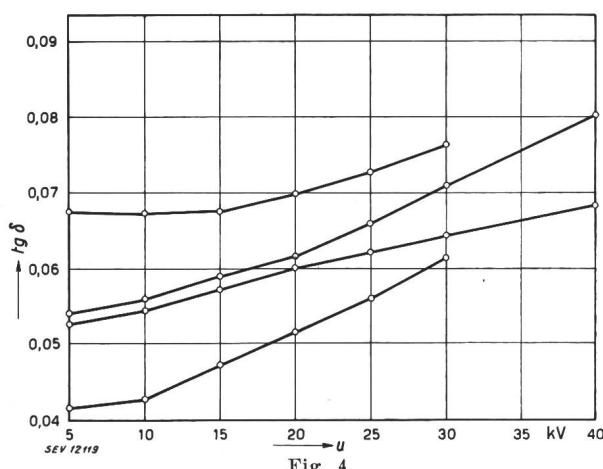


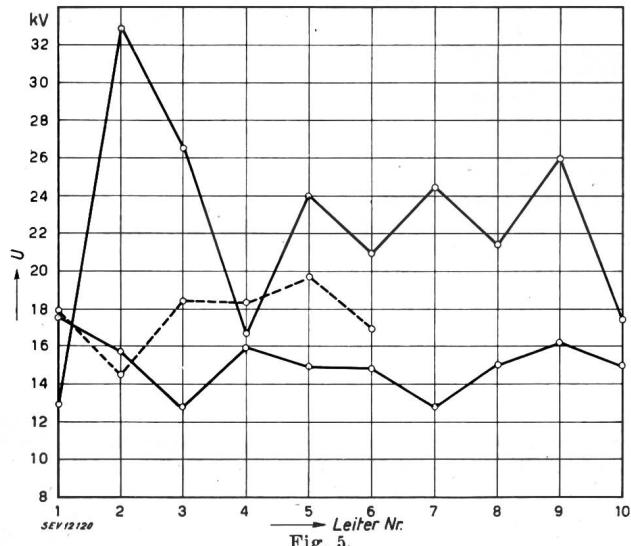
Fig. 4.  
Dielektrische Verluste ( $\operatorname{tg}\delta$ ) von Statorspulen verschiedenen Fabrikates in Funktion des Effektivwertes der Spannung ( $U$ )

Der ideale Wert würde eine möglichst tiefliegende Kurve mit wenig Steigung ergeben. Dieses Ziel wird, nachdem erstklassige Rohmaterialien wieder erhältlich sind, erreicht werden können.

Wenn auch durch die Bestimmung des Verlustwinkels mit erheblichen Fehlern behaftete Spulen erkannt werden konnten, was sich z. B. durch starkes Ansteigen der Kurve bei noch tiefen Spannungen anzeigen, so genügte diese Methode jedoch nicht, um Aufschluss zu erteilen über die Qualität der Windungsisolation. Es wurden daher weiter Mittel und Wege gesucht, um dieses Ziel zu erreichen.

*b) Windungs-Durchschlag mit Wechselspannung 50 Hz*

Die Durchschlagsspannung der einzelnen Windungen gegeneinander ergab nun eindeutig Aufschluss über die Qualität des für die Fabrikation verwendeten Materials und über die Qualität der Arbeit. Auf Grund der besonders bei den ersten Versuchen gemachten Feststellungen, wurde während der Fabrikation den abgebogenen Stellen der Spulen vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt, da fast alle Durchschläge an diesen Stellen auftraten. Wie bereits im Kapitel 2 angeführt, müssen die abgebogenen Stellen besonders sorgfältig isoliert



Windungs-Durchschlagsspannung ( $U$ ) aufgenommen an 3 Spulen verschiedenen Fabrikates bei Industriefrequenz  
Die Werte beispielsweise bei Leiter Nr. 1 bedeuten die Durchschlagsspannung zwischen Leiter Nr. 1 und 2, die bei Leiter Nr. 8 die Durchschlagsspannung zwischen Leiter Nr. 8 und 9.

werden. Die gemessenen Resultate streuen erheblich, wie aus Fig. 5 ersichtlich ist. Es handelt sich um Spulen von 3 verschiedenen Fabrikanten, hergestellt in den Jahren 1940...1942.

Zur Messung der Windungsdurchschlagsspannung braucht es wesentliche Vorbereitungen, welche durch qualifizierte Arbeitskräfte auszuführen sind, wenn sich nicht zum vornherein gefälschte, d. h. zu ungünstige Resultate ergeben sollen. Als zweckmäßig hat sich folgendes Vorgehen erwiesen:

Die Spule wird im Kopf durchgesägt und anschliessend die Kopfisolation von der durchschnittenen Stelle weg auf eine Länge von 15...18 cm entfernt. Dann werden die einzelnen Leiter fächerförmig auseinandergezogen, so vorsichtig, dass an der gebogenen Stelle keine Defekte der Leiterisola-

tion entstehen können. Am durchgesägten Teil wird an jeden Leiter ein dünner Bindedraht angelötet, welcher zur Verbindung mit der Spannungsquelle dient. Zwischen die gespreizten Leiter werden noch Glimmerscheiben eingeschoben, und der ganze Kopf in Öl getaucht, zur Verhinderung von Durchschlägen im geöffneten Teil der Spule.

*c) Windungs-Durchschlag mit Stoßspannung*

Da sich die Möglichkeit zeigte, Versuche mit Stoßspannung vorzunehmen, wurden Ende 1942/Anfangs 1943 einige Statorspulen verschiedenster Fabrikates geprüft.

Die Versuche wurden mit positiven und negativen Stößen vorgenommen. Fig. 6 zeigt die Form des verwendeten Stosses. Fig. 7 einen Durchschlag mit positivem Spannungsstoß und Fig. 8 den Durchschlag mit negativer Stoßspannung.

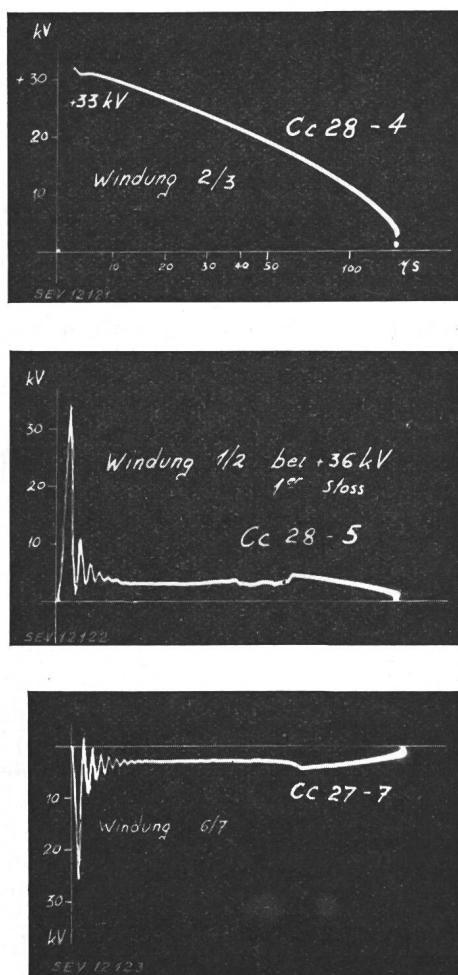


Fig. 6..8  
Stoßspannungsversuche auf Statorspule

Die Werte der Durchschlagsspannungen streuen, ähnlich wie bei 50 Hz, wenn auch nicht in gleicher Masse. Sie betragen bei zwei verschiedenen Fabrikaten z. B.:

Fabrikat a	Windungs-Durchschlagsspannung	
	+ Stoss	- Stoss
» b	24...30 kV	27...33 kV
	27...33 »	30...33 »

Bei einem Versuch wurde eine Spulenhälfte mit Wechselspannung 50 Hz und die andere Spulenhälfte mit Stoßspannung durchschlagen. Aus den erhaltenen Resultaten ergaben sich folgende Stoßfaktoren:

+ Stoss	ca. 1,3
- »	» 1,4

Aus diesem Einzelfall lassen sich keine verbindlichen Schlüsse ziehen; es sollte jedoch ohne wesentliche Schwierigkeiten möglich sein, dieses Verhältnis noch zu verkleinern, z. B. auf 1,2, wobei

eine Verbesserung des Windungsdurchschlages mit Wechselspannung 50 Hz anzustreben wäre.

#### 4. Schlussfolgerungen

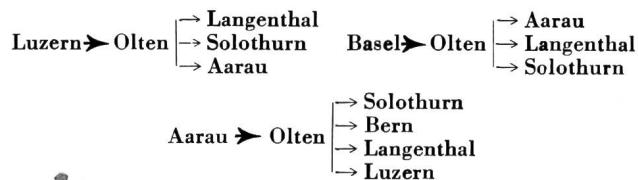
Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass die bestehenden Vorschriften über die Spannungsprüfung von Statorspulen für Hochspannungsmaschinen, im Interesse der Fabrikanten und der Elektrizitätswerke, erweitert werden sollten durch die Bestimmung des Verlustwinkels  $\tg\delta$  sowie der Windungsdurchschlagsspannungen mit Wechselstrom 50 Hz und mit Spannungsstoß.

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Das Tandemamt Olten

Ein Fortschritt im automatischen Telephon-Fernbetrieb  
621.305.34

Während rings um unser Land die Technik immer noch zur Zerstörung dienen muss, ist in der Telephonzentrale Olten durch die Firma Hasler A.-G. ein technisches Werk vollendet worden, das für den schweizerischen Telephon-Fernverkehr einen grossen Fortschritt darstellt. Bisher sind im automatischen Fernbetrieb nur ohne Sprachverstärker mögliche Telephonverbindungen zwischen solchen Netzgruppen, die mit direkten Leitungen untereinander verbunden sind oder solchen gleichen Systems (Bell, Hasler, Siemens), im Betrieb gewesen. Diese neue Anlage löst nun die Probleme, in Olten Fernverbindungen von einer Netzgruppe (z. B. Neuenburg) zu einer andern (z. B. Luzern) vollautomatisch aufzubauen und gleichzeitig auch Sprachverstärker in die Leitungen einzuschalten sowie auf den richtigen Verstärkungsgrad einzuregulieren.



Da durch die neue Anlage nicht nur der ankommende und abgehende Fernverkehr der Netzgruppe Olten vermittelt wird, sondern später auch transitierende Fernverbindungen aus andern Fernknotenämtern (Bern, Zürich usw.) nach Aarau, Langenthal usw. automatisch durchverbunden werden, ist die Bezeichnung «Tandemamt» entstanden.

Zuerst wurden bereits im Mai 1943 die Leitungen für den Verkehr in der Richtung von Neuenburg nach Olten in Betrieb gesetzt. Ueber diese Leitungen können seither die Tele-

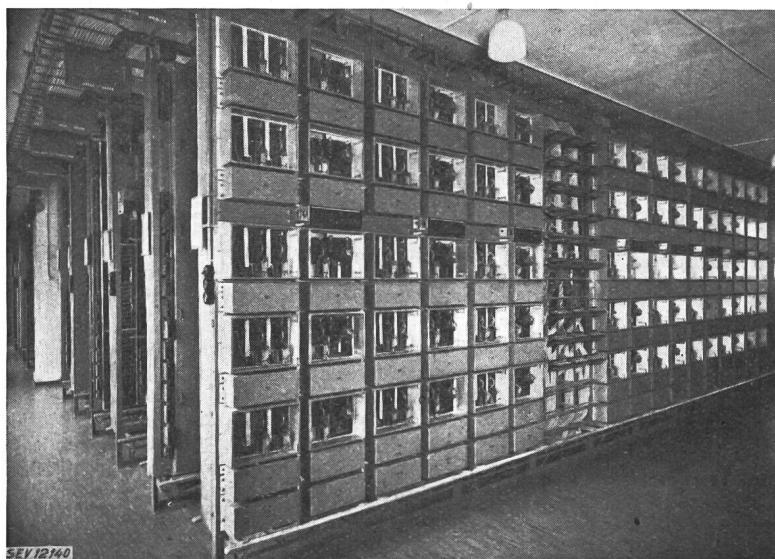


Fig. 1

Tandemamt Olten, Gesamtansicht

Dabei können nun über Olten auch Netzgruppen verschiedener Systeme verbunden werden. Die von Fachleuten als Tandemamt Olten bezeichnete Anlage verwirklicht erstmals, soweit wenigstens in Europa heute technische Fortschritte bekannt werden, dieses vielgestaltige Problem.

Folgende Verbindungen können zur Zeit über diese neue automatische Telephonanlage in Olten aufgebaut werden:



phonteilnehmer der ganzen Netzgruppe Neuenburg ausser allen Teilnehmern der Netzgruppe Olten auch alle Teilnehmer der Netzgruppen Langenthal, Aarau, Luzern und Zürich direkt wählen, wobei in Olten jeweils automatisch ein für diese Gespräche notwendiger Verstärker eingeschaltet und auf den richtigen Verstärkungsgrad eingereguliert wird.

Auf Grund der ausgezeichneten Betriebserfahrungen sind seither auch die Teilnehmer der Netze Aarau, Basel, Biel und Luzern für den Verkehr nach den bereits erwähnten Netzen angeschlossen worden. Die in Olten schon betriebsbereit eingebauten Apparaturen für den Verkehr von Bern, Zürich usw. über Olten nach anderen Netzen werden in Betrieb kommen,