

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 58 (1967)  
**Heft:** 21  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

#### 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:** 19.01.2026

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

gen vorliegen. Die Auswahl und die Qualitäts-Beurteilung eines bestimmten Harztyps muss durch eine Prüfung erfolgen. Diese soll Informationen liefern, die über die normalen Angaben der Hersteller hinausgehen. Nur auf solche Weise kann man sehr unangenehmen Erfahrungen vorbeugen.

### Literatur

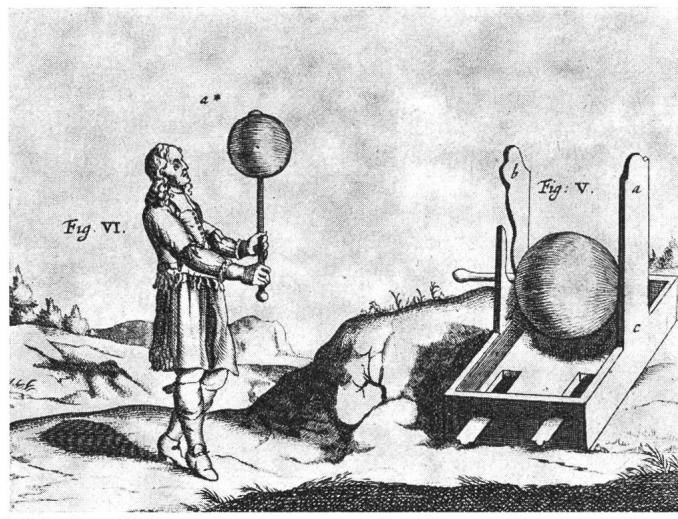
- [1] E. Preiswerk: Zwanzig Jahre Araldit-Funktionserfindung. Die Bindefunktion der Athoxylin-(Epoxy)-Harze. Technika 14(1965)4, S. 247...263 + Nr. 5, S. 355...369.
- [2] G. Schulz: Die Kunststoffe. Eine Einführung in ihre Chemie und Technologie. 2. Auflage. München, Hanser, 1964.
- [3] E. Preiswerk: Athoxylinharze in der Elektrotechnik. ETZ-B 5(1953)1, S. 5...8.
- [4] R. Stierli: Epoxyharze in der Elektroindustrie. Kunststoffe 53(1963)8, S. 541.
- [5] C. A. Harper: Electronic Packaging with Resins. A Practical Guide for Materials and Manufacturing Techniques. New York, McGraw-Hill, 1961.
- [6] H. Grüner: Elektrotechnische Messungen an Isoliermaterialien aus Kunststoffen. Kunststoffe 53(1963)8, S. 499.
- [7a] Prüfverfahren für Giessharze, Reaktionsmittel und Giessharzmassen. DIN-Norm 16945, Blatt 1.
- [7b] Bestimmungen für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen. Bestimmung der elektrischen Widerstandswerte. VDE-Vorschrift 0303/Teil 3, 10.55.
- [7c] Beurteilung der elektrolytischen Korrosionswirkung von elektrischen Isolierstoffen. DIN-Norm 53489.
- [8] H. N. Stephens and G. G. Gehrenbeck: Causes of Corrosion of Fine Copper Wires Carrying a Potential. Electr. Engng. 59(1940)~, S. 357...360.
- [9] Standard Methods of Testing Pressure Sensitivity Adhesive Coated Tapes Used for Electrical Insulating. ASTM-D 1000-64. In: 1965 Book of ASTM Standards, Part 29: Electrical Insulating Materials. Philadelphia, ASTM, 1965, S. 569.
- [10] H. Stäger: Werkstoffkunde der elektrotechnischen Isolierstoffe. Berlin, Bornträger, 1955.
- [11] H. Haudenschild: Selbstklebende Elektroisolationen. Bull. SEV 53(1962)25, S. 1221...1228.
- [12] W. J. Belanger and S. A. Schulte: Chlorine Content of Epoxy Resins. Modern Plastics 37(1959)3, S. 154...159.
- [13] W. Espe: Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik. Bd. III: Hilfsstoffe. Berlin, Verlag der Wissenschaften, 1961.
- [14] H. Jubisch: Klimaschutz elektrischer Geräte. Berlin, Verlag Technik, 1965.

### Adresse des Autors:

Dr. G. Purt, Technische Abteilung der Cerberus AG, 8708 Männedorf.

## EIN BLICK ZURÜCK

### Experimente von Otto von Guericke mit der Schwefelkugel



Deutsches Museum München

eine eiserne Achse. In einem Holzgestell konnte er sie drehbar lagern und mit der Hand reiben. Für seine Experimente nahm Guericke die Schwefelkugel aus dem Holzgestell heraus.

Das, was Guericke sich hier baute, war noch keine Elektrisiermaschine im heutigen Sinn, aber es war der erste Ansatz hiezu.

Gilbert kannte nur die elektrische Anziehungskraft, Guericke entdeckte die elektrische Abstossung. Er trieb eine nach Beührung mit der Schwefelkugel aufgeladene Flaumfeder in beliebiger Richtung vor sich her. Seine Schwefelkugeln lieferten so viel Elektrizität, dass unter Knistern elektrische Funken übersprangen, wie aus seinem Briefwechsel mit Leibniz<sup>2)</sup>, dem er eine Schwefelkugel überlassen hatte, hervorgeht. Der Vergleich mit Blitz und Donner lag nahe, aber es sollten noch etwa 100 Jahre verstreichen, bis Benjamin Franklin die Identität von Blitz und elektrischem Funken experimentell nachweisen konnte.

<sup>1)</sup> s. Bull. SEV 55(1964)1, S. 4.

<sup>2)</sup> s. Bull. SEV 57(1966)11, S. 485.

A. Wissner

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Behandlung von Transformatoren — Kriterien der Qualität und Methoden zur Erreichung des Ziels

621.314.21

[Nach J. Binggeli, J. Frotdevaux und R. Kratzer: Le Traitement des Transformateurs. Critères de qualité et d'achèvement du processus. Cigré-Bericht 110, 1966, S. 1...18]

In den verschiedenen Materialien, aus welchen die Isolation eines neuen Transformators besteht, sind Spuren von Feuchtigkeit, Gasen und Verunreinigungen enthalten. Ihr Einfluss auf die Lebensdauer der Isoliermaterialien ist wohl prinzipiell bekannt,

es sollen jedoch vernünftige Grenzen über die zulässige Menge an Fremdstoffen nach der Schlussbehandlung eines Transformatoren angegeben werden.

Beim Dielektrikum Öl ist ein geringer Wassergehalt nicht schädlich, solange er 5 ppm nicht übersteigt und solange gleichzeitig keine festen Verunreinigungen auftreten, an welche sich das Wasser anlagern könnte. Die Gasaufnahme eines Öles im Betrieb setzt zwar seine dielektrische Festigkeit um 20...30 % herab, noch wichtiger ist aber der Einfluss auf die Lebensdauer des Apparates, weshalb dem sicheren Luftabschluss alle Achtung zu schenken

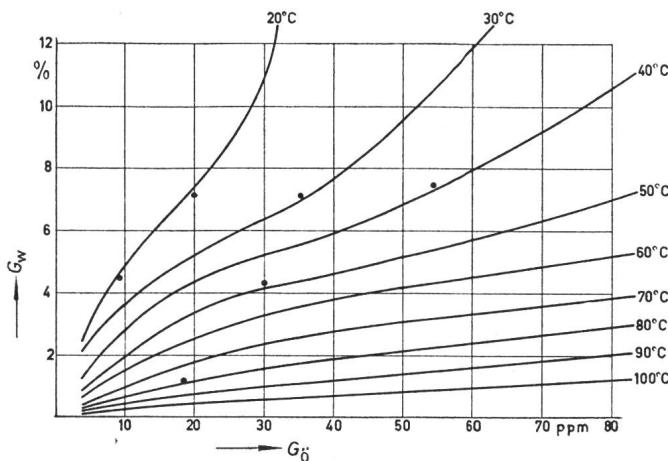


Fig. 1  
Feuchtigkeitsgleichgewicht eines Komplexes aus Öl und Papier bei verschiedenen Temperaturen

$G_w$  Wassergehalt im Papier;  $G_o$  Wasser im Öl; • Messungen von Transformerboard in Öl

ist. Der chemische Aufbau des Öles beeinflusst das Gaslösungsvermögen wesentlich. Eine Steigerung des Gehaltes an aromatischen Kohlenstoffen von 6 auf 30 % erhöht die Absorptionsfähigkeit je nach Temperatur um etwa ein Drittel.

Bei den zellulosehaltigen Isolierstoffen hat ein geringer, 3 % nicht übersteigender Gehalt an Wasser keinen Einfluss auf die Durchschlagsspannung, während der Einfluss auf die Überschlagsspannung erst oberhalb 6 % Feuchtigkeitsgehalt spürbar wird. Nachteilig wirkt sich aus, dass die zellulosehaltigen Isolierstoffe die Neigung haben, Feuchtigkeit aus dem Öl aufzunehmen. Unter Umständen kann dabei im Laufe der Betriebszeit ein für die dielektrische Festigkeit gefährlicher Wert erreicht werden. Die Gleichgewichtskurven in Abhängigkeit vom Wassergehalt im Öl und der Temperatur sind in Fig. 1 dargestellt.

Die praktische Durchführung der Schlusstrocknung eines Transformatoren stellt eine konsequente Verfolgung der genannten Zusammenhänge dar und besteht in einer längeren Trocknung bei Atmosphärendruck, anschliessend wird ein möglichst hohes Vakuum erzeugt, um die Restfeuchtigkeit bis auf höchstens 0,5 % zu entziehen. Bei mässiger Temperatur wird dann der ganze Apparat unter Vakuum mit Öl imprägniert. Eine sichere Methode, welche den Feuchtigkeitsgehalt der Isolierteile nach einiger Betriebszeit auf einfache Art zu ermitteln gestattet, fehlt aber bis heute noch. Einzig für das Öl kann er leicht bestimmt werden.

A. Baumgartner

### Beleuchtung von Turn- und Sporthallen

628.977.7 : 725.85

[Nach A. Völker u. a.: Beleuchtung von Gymnastik-, Turn- und Sporthallen mit künstlichem Licht. Lichttechnik 19(1967)4, S. 41A...46A]

Die deutsche Lichttechnische Gesellschaft lässt durch ihren Ausschuss «Sportstättenbeleuchtung» Empfehlungen für die Beleuchtung von Sportanlagen bearbeiten, die zu einem späteren Zeitpunkt als Norm herausgegeben werden sollen. Als vordringlich sind die Beleuchtungsempfehlungen folgender Sportarten erklärt worden:

Fussball, Handball, Rugby  
Gymnastik-, Turn- und Sporthallen  
Tennis  
Leichtathletik  
Schwimmen  
Eislaufen, Eishockey, Rollschuhlaufen

Die erste Empfehlung behandelt die Beleuchtung von Gymnastik-, Turn- und Sporthallen, in denen die in Tabelle I aufgeführten Sportarten betrieben werden. Die Empfehlungen gelten auch für weitere Sportarten, wie Tennis, Boxen, Ringen, Radrennen usw.; dafür sind aber Zusatzbeleuchtungen notwendig, für welche die Anleitungen noch bearbeitet werden müssen. Die Empfehlungen gelten für die in DIN 18 032 genormten Hallengrößen und sinngemäss auch für andere Abmessungen.

Die Sportart, das Sportgerät und seine Abmessungen sowie seine Kontraste zur Umgebung, die Bewegungen des Sportlers

bzw. die Geschwindigkeit des Sportgerätes bestimmen die Seh-aufgaben des Sporttreibenden. Für den Zuschauer sind sie mit Ausnahme in Grosshallen nicht schwieriger als für den Sportler.

Bei der lichttechnischen Ausgestaltung der Hallen sind für die Begrenzungsfächen die Reflexionsgrade gemäss den amerikanischen Richtlinien zu berücksichtigen; die Leuchtdichten der Raumflächen dürfen keine zu starken Unterschiede aufweisen. In Tabelle I sind die empfohlenen mittleren Horizontal-Beleuchtungsstärken für die verschiedenen Sportarten angegeben, wobei der für Gymnastik und Tanz genannte Minimalwert von 120 lx nur dann angewendet werden soll, wenn niemals andere Sportarten im betreffenden Raum betrieben werden; sonst sind stets 200 lx als unterste Stufe einzusetzen. Die Tabellenwerte sind Betriebswerte; im Neuzustand der Anlagen sind sie 25 % höher zu wählen. Die Vertikal-Beleuchtungsstärke hat in der Höhe der Messebene 25...33 1/3 % der Horizontalwerte zu betragen.

### Empfohlene mittlere Horizontal-Beleuchtungsstärken Betriebswerte

Tabelle I

Sportart	Horizontal-Beleuchtungsstärke für	
	Übungsbetrieb Ix	Wettkämpfe, Turniere, Vorführungen vor Zuschauern Ix
Gymnastik, Tanz	120	200...400
Geräteturnen, Schulsonderturnen, kleine Hallenspiele, Leichtathletik	200	400
Badminton, Basketball, Fechten, Handball, Volleyball, Hockey, Rollhockey, Rollkunstlauf	200	400...800

Die örtliche Gleichmässigkeit  $E_{\min} : E_{\max}$  der horizontalen Beleuchtungsstärke soll nicht schlechter als 1 : 1,5 sein, was den Hinweis gibt, dass die Beleuchtungsstärke an den Hallenstirnseiten gegenüber jener in der Hallenmitte verstärkt werden muss.

Zur Blendungsvermeidung sind Leuchten mit niedriger Leuchtdichte erforderlich; 0,4 sb ist die obere Grenze, welcher das Auge nur kurzzeitig im Bereich von 30...90° oberhalb der Horizontalen ausgesetzt werden darf. Die seitliche Anordnung der Leuchten ist in der Regel von Vorteil.

Besondere Beachtung ist der guten Farbwiedergabe zu schenken; bei Verwendung verschiedenfarbiger Lichtquellen dürfen keine störenden Strahlen auftreten. Als Lichtquellen kommen wegen ihrer vielfältigen Vorteile (hohe Lichtausbeute, gute Farbwiedergabe, niedrige Leuchtdichte, lange Lebensdauer) hauptsächlich Fluoreszenzlampen in Betracht; Glühlampen können zugelassen werden, wenn die jährliche Benutzungsdauer unter 100 h liegt.

Neben den allgemein üblichen Anforderungen, die an Leuchten gestellt werden, sind von besonderer Wichtigkeit: geringe Staubanfälligkeit, leichte Wartung, ballwurfsichere Abdeckung, gegebenenfalls Auswechselbarkeit der Lampen von oben. Die Montage der Leuchten in Reihen parallel zu den Längsseiten ist meist günstig; vorteilhaft ist auch die seitliche Anordnung von Leuchten mit schrägstrahlender Lichtverteilung. Zusatzleuchten für Vorführungen, verstärkte Beleuchtung usw. sind empfehlenswert. In grossen Hallen, die unterteilt benutzt werden oder Übungs- und Vorführzwecken dienen, soll die Beleuchtungsanlage schaltungsmässig zweckdienlich eingerichtet sein.

J. Guanter

### Verhalten der Papier/Öl-Geräteisolation bei Schaltüberspannungen

621.315.614.6 : 621.315.615.2.015.38

[Nach D. A. Kaplan, u. a.: Elektrische Eigenschaften der Geräte-Isolation aus ölimprägiertem Papier bei Schaltüberspannungen, Elektritscheschestwo - (1967)2, S. 25...29]

Die Auslegung der Isolation für Hochspannungsausrüstungen und die Wahl der Grösse sowie der Form der Prüfspannungen

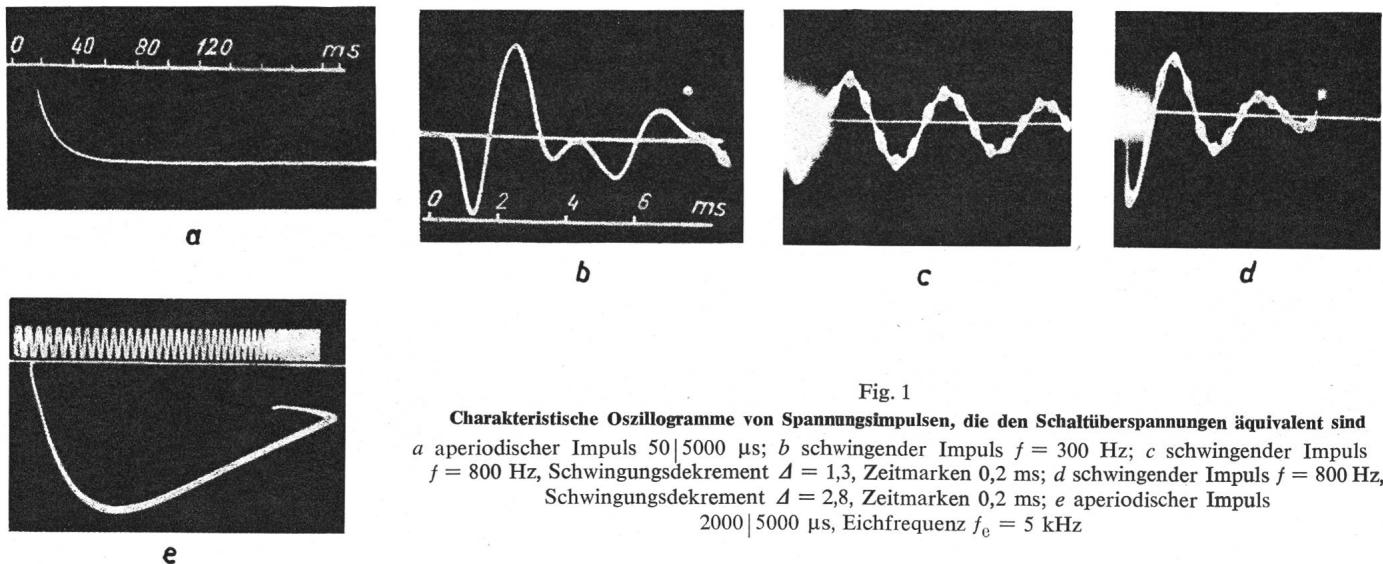
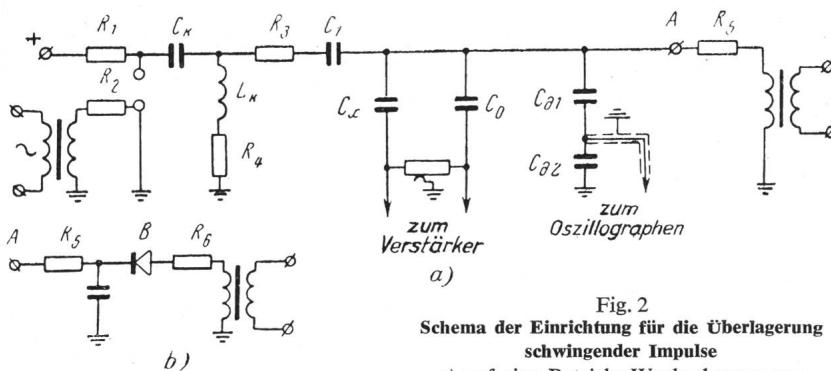


Fig. 1

**Charakteristische Oszillogramme von Spannungsimpulsen, die den Schaltüberspannungen äquivalent sind**

a aperiodischer Impuls 50|5000  $\mu$ s; b schwingender Impuls  $f = 300$  Hz; c schwingender Impuls  $f = 800$  Hz, Schwingungsdekkrement  $\Delta = 1,3$ , Zeitmarken 0,2 ms; d schwingender Impuls  $f = 800$  Hz, Schwingungsdekkrement  $\Delta = 2,8$ , Zeitmarken 0,2 ms; e aperiodischer Impuls 2000|5000  $\mu$ s, Eichfrequenz  $f_0 = 5$  kHz



**Schema der Einrichtung für die Überlagerung schwingender Impulse**

a) auf eine Betriebs-Wechselspannung;  
b) auf eine Betriebs-Gleichspannung

erfordern möglichst vollständige Kenntnisse über das Verhalten der Isolation bei allen Arten der Betriebsbeanspruchung. Die untersuchte Einwirkung von Schaltüberspannungen auf die Papier/Öl-Geräteisolation des Kondensatortyps wurde durch Impulsbeanspruchung nachgebildet. Die bei Schaltüberspannungen in elektrischen Übertragungsanlagen entstehenden Impulse haben die Form einer gedämpften Schwingung. Die Frequenz dieser Schwingungen liegt in der Regel im Bereich zwischen 50 Hz und einigen kHz.

Das z. Zt. vorliegende Datenmaterial erlaubt nicht die Wahl einer einzigen charakteristischen Impulsform der Schaltüberspannung. Nach der CEI sollten Schaltüberspannungs-Prüfungen mit einem aperiodischen Impuls von 500|3000  $\mu$ s durchgeführt werden, dessen Wellenform auf einfache Weise mit einem üblichen Stossgenerator erzeugt werden kann. Für die Papier/Öl-Isolation bildet aber ein schwingender Impuls offenbar eine schwerere Beanspruchung, so dass die elektrischen Eigenschaften nicht nur für aperiodische, sondern auch für schwingende Impulse bestimmt werden müssen (Fig. 1).

Die schwingenden Impulse mit einer Frequenz von 800 Hz wurden der 50-Hz-Wechselspannung nach dem Schema in Fig. 2 überlagert, das automatisch das Ansprechen der Kugelfunkenstrecke des LC-Kreises im Scheitelpunkt der betriebsfrequenten Spannung gewährleistet. In Fig. 2 ist auch das Schema der Einrichtung zur Überlagerung der schwingenden Impulse auf eine Gleichspannung angegeben.

Die Versuche wurden an Mustern mit einer Isolationsdicke von 1 mm und einem Isolierrand von 15...50 mm durchgeführt. Die Versuchsmuster wurden aus Kabelpapier-Bändern hergestellt, getrocknet und mit Transformatorenöl bei einem Restdruck von etwa 1 mm Hg imprägniert.

Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die elektrische Festigkeit der Papier/Öl-Geräteisolation quer zur Schichtung beträgt bei Beanspruchung mit schwingenden Impulsen, die den Schaltüberspannungen äquivalent sind, im Mittel 85 % der elektrischen Festigkeit bei Beanspruchung mit der genormten Stoss-

welle 1,5|40  $\mu$ s. Die Steuerung der Durchschlagsspannungen liegt im Bereich einer mittleren quadratischen Abweichung von  $\sigma = 10\ldots15\%$ .

2. Die Entladespansungen längs der Schichtung der Papier/Öl-Isolation betragen bei Beanspruchung mit schwingenden Impulsen, die den Schaltüberspannungen äquivalent sind, 75...80 % der Entladespansungen bei Beanspruchung mit dem Standard-Impuls 1,5|40  $\mu$ s. Die Standard-Abweichung beträgt in diesem Fall  $\sigma = 15\ldots20\%$ .

3. Der Einsatzgradient für kritische Teilentladungen am Elektrodenrand ist bei Beanspruchung mit schwingenden Impulsen, die den Schaltüberspannungen äquivalent sind, von der Frequenz der Impulsschwingung nicht abhängig, dagegen hängt er vom Schwingungsdekkrement ab.

4. Kritische Teilentladungen, die in der Papier/Öl-Geräteisolation bei Beanspruchung mit Schaltüberspannungen praktisch vorkommender Höhe<sup>1)</sup> entstehen, bleiben bei Wiederkehr der Betriebsspannung nicht aufrechterhalten, sofern der Betriebs-

gradient  $E_w \leq 6$  kV/mm bei Wechselspannung und  $E_g \leq 25$  kV/mm bei Gleichspannung beträgt.

5. Die radialen Abmessungen der Papier/Öl-Geräteisolation werden bei den obersten Spannungsklassen durch die Betriebsspannung bestimmt und haben in Bezug auf die Schaltüberspannungen eine grosse Reserve (etwa 100 %).

Die Achsialdimensionen (Isolierrand), die nach den Stoßprüfspannungen gewählt worden sind, können sich gegenüber Schaltüberspannungen als ungenügend erweisen und sollten von Fall zu Fall durch entsprechende Versuche überprüft werden.

G. v. Boletzky

<sup>1)</sup> In Übertragungssystemen mit 110...220 kV betragen die Schaltüberspannungen  $3\ldots4 \cdot U_n$ , für höhere Spannungen bis 750 kV noch weniger.

#### Registrieren von Schaltüberspannungen in Industriennetzen

621.316.176 : 621.3.015.3

[Nach D. Rudolfsson und S. Skogstedt: Registrieren von Schaltüberspannungen in Industriennetzen, ASEA-Z. 12(1967)4, S. 84...87]

Bisher wurden Schaltüberspannungen fast ausschliesslich in Hochspannungsnetzen untersucht, da sie dort mit den atmosphärischen Überspannungen zusammen für das Isolationsniveau der Anlage bestimmend sind. Über Schaltüberspannungen in Industriennetzen lagen dagegen kaum Messungen vor, obwohl auch dort durch die verschiedenen Schaltglieder wie Schütze, Leistungsschalter, Trenner und Sicherungen bei deren Betätigung Überspannungen hervorgerufen werden. Die Kenntnis dieser Überspannungen ist bedeutsam, denn es könnte sich als lohnend erweisen, ein gewisses Risiko bei der Auslegung von Maschinen in Kauf zu nehmen, so dass eine Maschine im Laufe ihrer normalen Lebensdauer bisweilen Überspannungen ausgesetzt ist, die die Haltespannung des Apparates überschreiten. Um jedoch dieses Risiko eingehen zu können, ist die Kenntnis der Höhe der Überspannungen erforderlich. Zu diesem Zwecke werden in Schweden die Überspannungen an 125 ausgewählten Meßstellen in schwedischen Industriennetzen im Spannungsbereich von 220...10 kV kontinuierlich registriert.

Die Aufzeichnung geschieht dadurch, dass ein mit einem Sinuston vormagnetisiertes Tonband in einer Spule durch einen

der Überspannung proportionalen Strom entmagnetisiert wird. Dabei stellt die Länge der entmagnetisierten Stelle ein Mass für die Höhe der Spannung dar. Um eine treue Aufzeichnung der Spannung zu erhalten, muss die Zeitkonstante des Messkreises gering sein und die Verlustwärme in der Meßspule mit Rücksicht auf den Einfluss auf das Magnetband niedrig gehalten werden. Das dafür entwickelte Verfahren erreicht einschliesslich der Messunsicherheiten der Auswertvorrichtung Fehler innerhalb  $\pm 5\%$ .

Zur Verarbeitung der auf etwa 70 000 geschätzten Rohdaten soll eine elektronische Datenverarbeitungsanlage herangezogen werden.

*W. Stering*

### Probleme der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung<sup>1)</sup>

621.315.051.024

[Nach H. Schulze: Probleme der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung. Elektrizitätswirtsch. 66(1967)10, S. 237...242]

Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) kann für gewisse Anwendungen grosse technische und wirtschaftliche Vorteile bieten und Aufgaben der Übertragungstechnik erschliessen, die mit einer Drehstrom-Übertragung (HDÜ) nicht mehr zu lösen sind. Stabilitätsprobleme treten auch für beliebige Länge einer HGÜ keine auf; die Kurzschlussleistung gekoppelter Drehstromsysteme erhöht sich nicht, da die Gleichstromübertragung wie ein Rückschlagventil wirkt. Gleichstromkabel lassen sich bei längerer Lebensdauer mit der 4...5fachen Feldstärke betreiben. Auf Grund dieser und vieler anderer Vorteile eignet sich die HGÜ gegenwärtig zur Zweipunkt-Übertragung grosser Leistungen auf grosse Distanzen, für Seekabelübertragungen und für die asynchrone Kupplung von Verbundsystemen unterschiedlicher Frequenzen.

Der weiterhin wachsende Bedarf an elektrischer Energie erfordert Gleichstrom-Zweipunkt-Fernübertragungen wie die zur Zeit grösste im Bau befindliche Anlage dieser Art der Pacific Intertie an der Westküste der USA, deren Inbetriebnahme für 1969/71 erwartet wird. Der Abtransport von Mammuteleistungen aus den, vielleicht in 30 bis 40 Jahren zu erwartenden Fusions-Kernkraftwerken, die in Einöden aufgesellt werden, setzt als Weiterentwicklung das supraleitende Gleichstromkabel voraus. Auch der Nahübertragung muss hochgespanntem Gleichstrom zukünftig erhebliche Bedeutung zugemessen werden, als Beispiele dienen die in England beschlossenen Übertragungen von  $2 \times 320$  MW mit  $\pm 266$  kV über 60 bzw. 80 km Kabel nach London, wie die Kupplung zweier 275-kV-Teilnetze die zum Teil schon drehstromseitig gekuppelt sind. Gelingt es, die magnetohydrodynamischen- und elektrogasdynamischen Generatoren im grossen Maßstab brauchbar zu machen, erwachsen der Gleichstromübertragung weitere Anwendungsbereiche, da bei diesen Verfahren ein grosser Teil der elektrischen Energie in Form von hochgespanntem Gleichstrom anfällt.

Heute lassen sich Quecksilberdampf-Ventile für 150 kV bis zu 1000 A pro Anode bauen, es ist aber zu erwarten, dass Thyristor-Stationen, wie sie Westinghouse und ASEA entwickeln, um etwa 30 % billiger sein werden als gleichwertige Quecksilberdampf-Stromrichterstationen. Für die vollwertige Einordnung der HGÜ in vermaschte Netze fehlt noch immer der Gleichstrom-Leistungsschalter, erfolgversprechende Entwicklungen zeichnen sich aber bereits ab.

In Wettbewerb mit der Gleichstrom-Weitübertragung wird in Zukunft die «Halbwellen-Drehstromübertragung» treten. Bei ihr wird die, aus der Netzarchitektur gegebene, reale Länge durch Ergänzungsglieder künstlich, elektrisch so verlängert, dass der Polradwinkel zwischen den zusammenarbeitenden Maschinen etwas über  $180^\circ$  liegt, was die statische wie auch transiente Stabilität sichert.

*H. Baumann*

<sup>1)</sup> s. auch Bull. SEV 58(1967)2, S. 60...68.

### Stabilität von Totzeitsystemen

62 - 501.224

[Nach O. Föllinger: Zur Stabilität von Totzeitsystemen. Regelungstechnik 15(1967)4, S. 145...149]

Für eine Totzeitregelung gemäss Fig. 1 mit einem rationalen Übertragungsglied im Vorwärtzweig und einer Totzeit in der

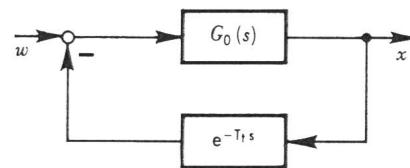


Fig. 1  
Auf Grundstruktur zurückgeföhrte Totzeitregelung

Rückführung wird bewiesen, dass der geschlossene Kreis mit der Übertragungsfunktion:

$$G(s) = \frac{G_0(s)}{1 + G_0(s)e^{-T_t s}}$$

nur dann stabil ist, wenn sämtliche Pole von  $G(s)$  auf der linken, komplexen Halbebene liegen. Gegenüber einem rationalen Regelkreis ist hier die charakteristische Gleichung eine transzendente Funktion mit unendlich vielen Nullstellen, und eine einfache Partialbruchzerlegung der Sprungantwort  $H(s) = G(s)/s$  die, in den Zeitbereich übersetzt, für  $t \rightarrow \infty$  leicht analysiert werden kann, lässt sich nicht mehr ohne weiteres durchführen.

Die Sprungantwort  $h(t)$  des Systems ist eine stückweise analytische Funktion für die es eine rechte Halbebene gibt, in der das Laplace-Integral  $H(s)$  absolut konvergent ist. Unter diesen Voraussetzungen können die Nullstellen der charakteristischen Gleichung, entscheidend für das Verhalten von  $H(s)$ , analysiert werden. Es zeigt sich nun, dass es eine rechte Halbebene gibt in der die Funktion  $H(s)$  keine Pole hat und dass überdies ein Wert  $\omega_0$  existiert so, dass für alle  $|\omega| \geq \omega_0 |H(s)| \leq M/\omega^2$  ist, wobei  $M$  und  $\omega_0$  fest und positiv sind. Diese Eigenschaften von  $H(s)$  genügen für eine explizite Darstellung von  $h(t)$  mit Hilfe der komplexen Umkehrformel der Laplace-Transformation. Zur Lösung des Integrals mit Hilfe des Residuensatzes legt man einen rechteckigen Integrationsweg so, dass er alle Pole von  $H(s)$  auf oder rechts der j-Achse liegend umfasst und alle Pole links der j-Achse zur Linken lässt. Daraus resultiert eine Sprungantwort des geschlossenen Totzeitsystems, das sich von der bekannten Darstellung des rationalen Falles durch einen zusätzlichen Term unterscheidet, von dem bekannt ist, dass er mit wachsendem  $t$  gegen Null strebt. Daraus kann weiter gefolgert werden, dass die Sprungantwort  $h(t)$  für  $t \rightarrow +\infty$  dann und nur dann einem konstanten Wert zustrebt, d. h. die Übertragungsfunktion  $G(s)$  stabil ist, wenn sämtliche Pole von  $G(s)$  links der j-Achse liegen.

Aus dem Stabilitätssatz und der Tatsache, dass auf und rechts der j-Achse nur endlich viele Nullstellen der charakteristischen Funktion liegen, lässt sich das Nyquist-Kriterium herleiten. Es sagt aus, dass der geschlossene Kreis dann und nur dann stabil ist, wenn der Fahrstrahl vom Punkt  $z = -1$  zum laufenden Punkt  $z = G_0(j\omega)e^{-j\omega T_t}$ ,  $-\infty < \omega < +\infty$  der Ortskurve des offenen Kreises den Winkel  $W = p_0 \pi + p 2\pi$  überstreicht, wobei  $p_0$  und  $p$  die Anzahl Pole auf bzw. rechts der j-Achse des offenen Kreises sind. Eei normalem stabilem offenem Kreis ist  $p_0 = p = 0$  und die Ortskurve umläuft den Punkt  $-1$  nicht. *H. Baumann*

### Messverfahren zur Bestimmung des Störvermögens von elektrischen Haushalt- und ähnlichen Apparaten im Meterwellenbereich

621.391.823 : 621.317

Anlässlich der Tagung der Groupes de Travail des CISPR, vom 3. bis 14. April 1967 in Oslo, wurde ein durch die Abteilung Forschung und Versuche der schweizerischen PTT-Betriebe entwickeltes Messverfahren als internationale Norm für die Prüfung des Störvermögens von Haushaltapparaten im Meterwellenbereich vorgeschlagen. Dieses Verfahren besteht in der Messung der durch die Anschlusskabel der Apparate ausgestrahlten Energie. Zu diesem Zweck werden ein absorbierendes Koaxialfilter sowie ein Stromtransformator von einfacher Bauart benötigt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass weder Messplätze im Freien noch besondere Messräume erforderlich sind. Das Verfahren ist sehr wenig empfindlich auf fremde Störfelder und setzt weder das Entfernen noch Abschneiden der Anschlusskabel der untersuchten Störquellen voraus. Die Messresultate sind gut reproduzierbar und kommen jenen von andern

anerkannten aber weniger praktischen Methoden sehr nahe. Der Entscheid von Oslo muss durch die Plenarversammlung des CISPR in Stresa, Ende August dieses Jahres, noch gutgeheissen werden.

Der Bau einer Vorserie dieser Messapparatur ist bei den schweizerischen PTT-Betrieben bereits im Gange. Damit sollen vorerst die PTT-eigenen Dienststellen, die Materialprüfanstalt des SEV, die Entstörungszentren der Pro Radio-Television, sowie einige offizielle ausländische Prüfstellen, die mit dem CISPR eng zusammenarbeiten, beliefert werden. Die Industrie wird im

Interesse einer rationellen Fabrikation der Messgeräte heute schon gebeten, ihren Bedarf frühzeitig bei der PTT anzumelden.

Die Groupe de Travail 6 des CISPR hat ausserdem Bestimmungen über die Durchführung von Störmessungen erlassen. Diese bezwecken eine Erleichterung in der Interpretation von Messungen, die durch den Mangel an Stabilität der Störquellen bedingt sind.

Nachdem die Messtechnik bestimmt ist, bleibt es dem CISPR vorbehalten, geeignete Grenzen des Störvermögens festzulegen.

J. Meyer de Stadelhofen

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Verbesserte Transistorzündung für Verbrennungsmotoren

621.43.044 : 621.382.3

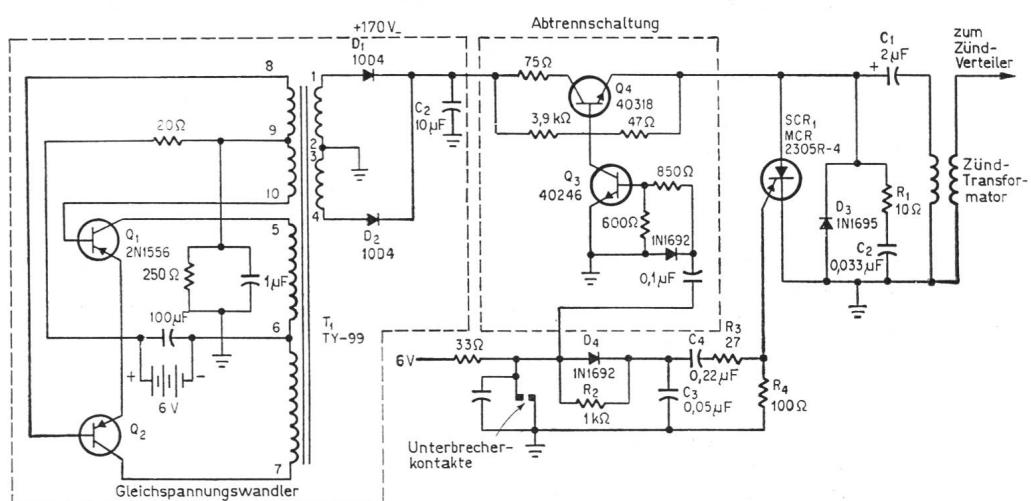
[Nach K. W. Scheel: Two added Transistors reduce ignition-system current drain. Electronics 40(1967)11, S. 87]

Die herkömmlichen Transistorzündungen mit Kondensatorentladung besitzen den Nachteil, dass die Speisespannung während der Entladung des Kondensators über die Primärwicklung des Zündtransformators ebenfalls kurzgeschlossen wird. Daraus ergeben sich einige Probleme für den Gleichspannungswandler, der die Speisespannung für diesen Kondensator liefert muss:

Für hohe Impulsfolgefrequenzen ergibt sich ein schlechtes Leistungsverhältnis und im Stillstand oder Leerlauf kann der Strom sehr hohe Werte annehmen.

Diese Nachteile können vermieden werden, wenn die Speisung im Zündmoment des SCR<sub>1</sub> mittels der beiden Transistoren Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub> abgetrennt wird (Fig. 1). Die Komponenten T<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> stellen im Verbund mit den Dioden D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> und dem Glättungskondensator C<sub>2</sub> den

Fig. 1  
Schema der verbesserten Transistorzündung



Gleichspannungswandler dar, der mit seiner Gleichspannung von ca. 170 V den Entladekondensator C<sub>1</sub> beliefert. Der Unterbrecherkontakt erzeugt beim Öffnen einen Impuls, der über das Tiefpassfilter D<sub>4</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> an das Gate des SCR<sub>1</sub> ge-

langt. (Das Filter dient zur Unterdrückung von Fehlzündungen, die durch Prellen des Unterbrechers hervorgerufen werden können.) Durch diesen Impuls wird der SCR<sub>1</sub> in den leitenden Zustand gebracht und legt das positive Ende des Kondensators C<sub>1</sub> an Erde, sodass sich dessen gespeicherte Ladung über die Primärwicklung des Zündtransformators entlädt. Gleichzeitig steuert aber der Unterbrecher die Basis des Transistors Q<sub>3</sub> derart, dass Q<sub>4</sub> in den Sperrzustand versetzt wird, wodurch die Speisespannung vom Kurzschluss des SCR<sub>1</sub> abgetrennt wird.

An einem 6-V-Akkumulator benötigt diese Schaltung im Stillstand nur noch 0,7 A, und etwa 1 A bei gebräuchlichen Leerlaufdrehzahlen. Der Stromverbrauch steigt auf 3 A bei 12 000 Impulsen/min.; das Gerät ist bis 30 000 Impulse/min. verwendbar.

M. S. Buser

### Telemetriesender mit kleinem Leistungsbedarf

621.396.61 : 621.317.083.7

[Nach A. C. Caggiano: Telemetry tone oscillator consumes microwatts. Electronics 40(1967)8, S. 89]

Die Schaltung in Fig. 1 zeigt einen Telemetriesender, der durch einen Eingangsimpuls von 2 mW Leistung in Betrieb gesetzt werden kann. Der Leistungsbedarf der Schaltung im Bereitschaftszustand beträgt weniger als 150 µW; während des Sendebetriebes werden 150 mW benötigt.

Der kleine Leistungsbedarf während den Sendungen röhrt

davon her, dass alle Transistoren gesperrt sind und nur der Reststrom und der Strom durch den Widerstandsteiler R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> die Spannungsquelle belasten (Fig. 1). Ein Teil der während dieser Zeit aufgenommenen Energie wird im Kondensator C<sub>1</sub> gespeichert. Die Aufladezeit für C<sub>1</sub> und damit die nötige Wartezeit beträgt fast eine Minute, was jedoch bei der Anwendung als Telemetriesender nicht von Belang.

M. S. B.

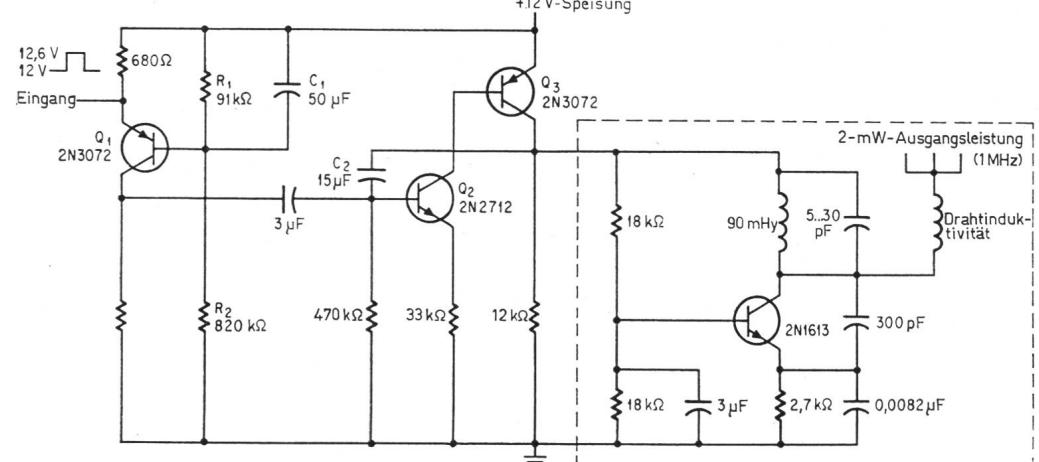


Fig. 1  
Telemetriesender

Der Eingangsimpuls am Emitter bringt den Transistor Q<sub>1</sub> zum leiten, wodurch auch Q<sub>2</sub> in leitenden Zustand versetzt wird. Die Basis von Q<sub>3</sub> wird somit negativ und der Oszillator mit Q<sub>4</sub> wird an die Speisung angeschaltet

Fortsetzung auf Seite 971