Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 20

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

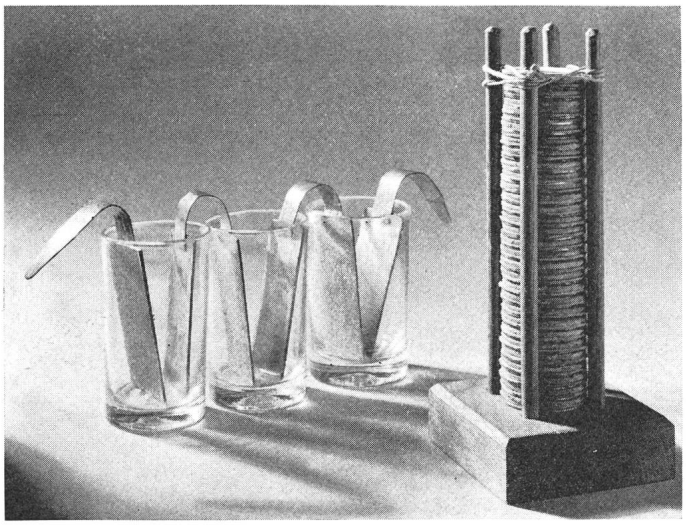
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

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

EIN BLICK ZURÜCK

Voltasche Säule und Becher-Apparat um 1800



Deutsches Museum München

Durch Zufall entdeckte der Anatom *Luigi Galvani*[1]) 1780, dass ein Frosch-Schenkel, der auf einer Metallplatte lag, und dessen Nerv durch einen Haken mit dieser Platte leitend in Berührung war, zuckte, sobald ein Funke einer Elektrisiermaschine übersprang. *Galvani* setzte seine Untersuchungen systematisch fort, da er, wie viele andere, eine allgemeine tierische Elektrizität vermutete, wie sie beim Zitteraal und Zitterrochen bereits bekannt war. Er eliminierte alle äusseren Einflüsse, bis nur ein Kreis von Metallen, Nerv und Schenkel übrigblieben. Die Zuckungen traten jedesmal ein, wenn dieser Kreis geschlossen wurde. *Galvani* führte die Zuckungen auf Elektrizität zurück, deren Ursprung er als Anatom selbstverständlich im Froschschenkel vermutete.

1786 veröffentlichte *Galvani* seine Versuche, als er glaubte, seiner Sache sicher zu sein. Nun wurde überall experimentiert, und Tausende von Fröschen mussten im Dienste der Wissenschaft ihr Leben lassen. Zu den vielen Experimentatoren gehörte auch *Alessandro Volta*. Ihm gelang es nun, mit Hilfe eines von ihm erfundenen Elektroskops, nachzuweisen, dass Elektrizität auch ohne Froschschenkel entstand, wenn sich zwei verschiedene Metalle berührten. Die Elektrizität wurde verstärkt, wenn die Berührungsstelle feucht war, und noch mehr, wenn die Flüssigkeit aus einer Salzlösung oder einer Säure bestand. Aus dieser Erkenntnis heraus entstanden die *Voltasche* Säule, bei welcher Plattenpaare aus verschiedenen Metallen unter Zwischenlage angefeuchteten Papiers aufeinandergestapelt wurden, und die erste Form eines elektrischen Elements in Form des Tassen-Apparates.

Volta gelang es schon mit seinen einfachen Mitteln, eine Spannungsreihe der Metalle aufzustellen, welche im Wesentlichen auch heute noch Gültigkeit hat. Die Verdienste *Galvanis* um die Entdeckung dieser neuen Art Elektrizität hat *Volta* dadurch gewürdigt, dass er diese Erscheinungsform Galvanismus nannte. Mit ebensoviel Recht gab man später der Einheit der Spannung die Bezeichnung VOLT.

A. Wissner

[1]) s. Bull. SEV 52(1961)12, S. 452.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Betriebserfahrungen und Planung mit Hochspannungs-Seriekondensatoren

621.319.4

[Nach *D. A. Gillies*, u. a.: Résultats expérimentaux et planification dans le domaine des condensateurs série à haute tension. CIGRE-Bericht Nr. 118, 1966]

Die erste Anlage von Hochspannungs-Seriekondensatoren der Bonneville Power Administration wurde 1951 errichtet. Sie diente in erster Linie dazu, Erfahrungen an einer langen 230-kV-Leitung zu sammeln. Spätere Anlagen sollten die Übertragungskapazität von 230-kV-Leitungen erhöhen. Heute sind diese Leitungen nicht mehr so stark belastet wie früher. Die Seriekondensatoren erfüllen dennoch weiterhin eine wichtige Aufgabe, indem sie die Stabilität der Leitungen auch dann garantieren, wenn infolge einer Störung die Leitungen vorübergehend sehr stark belastet werden müssen. Die neueste Anlage von Seriekondensatoren ist mit einer 345-kV-Leitung verbunden, welche ein grosses Verbraucherzentrum versorgt. Sie dient dazu die Übertragungsverluste zu reduzieren. Der Kompensationsgrad beträgt etwa 35 %.

Mit dem Ausbau grosser Übertragungsleitungen aus dem Gebiet des Nordwestens am Pazifik nach Südwesten sind die verwendeten Spannungen angestiegen. Zwei Leitungen werden für ± 375 kV Gleichspannung ausgelegt und zwei für Drehstrom von 500 kV, 60 Hz. Bei einer durchschnittlichen Länge von 1460 km wird der Kompensationsgrad etwa 65 % betragen. Die schwierigsten Betriebsprobleme werden sich stellen, wenn infolge einer Störung eine Leitung ausfällt. Ausgedehnte Untersuchungen haben eine Anregung aus dem Jahre 1951 wieder aufzunehmen erlaubt, indem in solchen kritischen Fällen zusätzliche Seriekondensatoren, welche normalerweise kurzgeschlossen sind, automatisch zugeschaltet werden. Wenn auf diese Weise die Kompensation 75 % erreichen wird, so erhöht sich die Übertragungskapazität der Leitung um 400 MW, und die Stabilität bleibt gewahrt.

Eine andere Anwendung von schaltbaren Seriekondensatoren kann darin bestehen, sie dann automatisch kurzzuschliessen, wenn ein hoher Kurzschlußstrom über die Leitung fliesst. Die Überbrückung der Kondensatoren erhöht die Impedanz der Leitung und reduziert die Amplitude des Kurzschlußstromes. Schnell wirkende Schalter können dann das defekte Teilstück der Leitung abschalten.

A. Baumgartner

Spannung-Frequenz-Wandler mit Mischstufe

621.372.632

[Nach *P. Schacke* und *E. Sfax:* Ein Spannungs/Frequenz-Wandler zur Messwertumformung. Messen. Steuern. Regeln 10(1967)3, S. 97...101]

Spannung-Frequenz-Wandler mit Mischstufe (Fig. 1) enthalten bekanntlich zwei Oszillatoren, von denen der eine der Eingangsspannung proportionale Frequenz und der andere eine konstante Vergleichsfrequenz abgibt. Beide Frequenzen werden der Mischstufe zugeführt, und aus den Mischprodukten wird mittels eines Tiefpasses die Ausgangsfrequenz herausgefiltert, die der Differenz aus der konstanten Vergleichsfrequenz und der eingangsspannungsabhängigen Frequenz entspricht. Auf diese Weise lässt sich bei verhältnismässig kleinen Änderungen der eingangsspannungsabhängigen Frequenz ein grosser Bereich der Ausgangsfrequenz erreichen.

Von wesentlicher Bedeutung für die Güte eines solchen Spannung-Frequenz-Wandlers ist die Gewinnung einer eingangs-

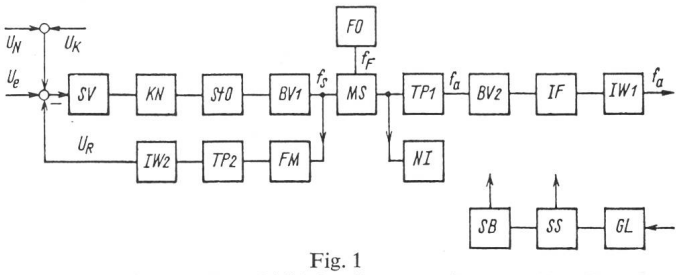


Fig. 1

Vollständiges Blockschaltbild des Spannungs/Frequenz-Wandlers

U_e Eingangsspannung; U_N Spannung zur Nullpunktkorrektur; U_K Kompensationsspannung; U_R Rückführspannung; *SV* Summierverstärker; *KN* Korrekturnetzwerk; *STO* steuerbarer Oszillator; *BV1, BV2* Begrenzerverstärker; *FM* Frequenzmessglied; f_s gesteuerte Frequenz; f_F konstante Vergleichsfrequenz; *TP1, TP2* Tiefpassfilter; *IW1, IW2* Impedanzwandler; *FO* Quarzoszillator; *MS* Mischstufe; *IF* Impulsformer; *NI* Nullindikator; f_a Ausgangsfrequenz; *SB* Stabilisierungsbaustein; *SS* Siebschaltung; *GL* Gleichrichter

spannungsabhängigen Frequenz, die möglichst linear mit der Eingangsspannung ansteigt. Bei einem Spannung-Frequenz-Wandler mit einem Ausgangsfrequenzbereich von 0...100 kHz lässt sich dies mit einem Steueroszillator erreichen, bei dem eine Kapazitätsdiode als Schwingkreiskapazität dient. Da die Steuerkennlinie einer solchen Diode nicht linear verläuft, ist ein Gegenkopplungszweig mit einem Frequenzmessglied vorgesehen. Das Frequenzmessglied ist vorteilhafterweise als Zweiflanken-Demodulator ausgebildet und führt die Ausgangsfrequenz des Steueroszillators auf den Eingang zurück. In Serie mit dem Frequenzmessglied ist im Gegenkopplungszweig ein Tiefpass zur Unterdrückung der Welligkeit der vom Frequenzmessglied abgegebenen Gleichgrösse sowie ein Impedanzwandler zur Leistungsverstärkung und Entkopplung angeordnet.

Ein solcher Spannung-Frequenz-Wandler zeichnet sich durch günstiges statisches und dynamisches Verhalten aus. Im praktischen Betrieb kann ein Fehler von weniger als ein Prozent eingehalten werden. *D. Krause*

Isolierte Hochspannungsschaltanlagen — Stand und Entwicklungstendenzen

621.316.37

[Nach *H. Wegesin:* Isolierte Hochspannungsschaltanlagen — Stand und Entwicklungstendenzen. VDE-Fachberichte 24(1966), S. 176...184]

Für Innenraum- und Freiluft-Hochspannungsschaltanlagen werden verschiedene Isoliermittel wie Luft, Feststoffisolationen (Giessharze), flüssige Isolierstoffe (Mineralöle, Kohlenwasserstoffe) verwendet, welche neben verschiedenen Vorteilen auch Nachteile aufweisen, jedoch für die Lösung gewisser Teilprobleme unentbehrlich sind.

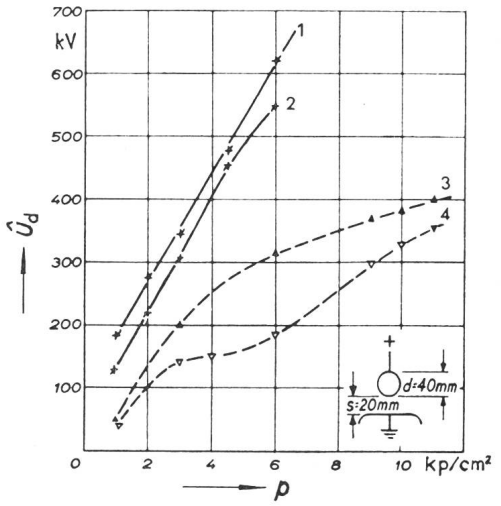


Fig. 1

Elektrische Festigkeit von Luft und SF_6 in Abhängigkeit vom Druck

Kurven: 1 50-%-Durchschlag-Stoßspannung bei SF_6; *2* Stehstoßspannung bei SF_6; *3* 50-%-Durchschlag-Stoßspannung bei Luft; *4* Stehstoßspannung bei Luft

Gasförmige Isoliermittel (hauptsächlich Druckluft und Schwefelhexafluorid SF_6, Fig. 1) versprechen gegenwärtig die bestmöglichen Lösungen für isolierte, metallgekapselte Hochspannungsschaltanlagen ab 110 kV.

In den letzten Jahren wurden einige isolierte und vollständig gekapselte Hochspannungsschaltanlagen mit SF_6-Isolierung gebaut. Bewährt hat sich das Baukastensystem. Ein Vergleich der Isoliermittel-Druckluft und SF_6 führte zur Folgerung, dass die Gesamtaufwendungen für druckluftisolierte Schaltanlagen eindeutig über denen für SF_6-isolierten Anlagen liegen. *B. G. Eissler*

Die Entwicklung grösster Energieerzeuger

621.313.322-81

[Nach *K. Wanke:* Die Entwicklung grösster Stromerzeuger. VDE-Fachberichte 24(1966), S. 89...100]

Die Erzeugung und der Verbrauch elektrischer Energie wird in den nächsten Jahrzehnten noch stark ansteigen. Die Entwicklung grosser Stromerzeuger führte zum Kühlmittel mit dem besten Wärmeabfuhrvermögen, nämlich Wasser. Turbogeneratoren, vollständig wassergekühlt oder mit nur wassergekühltem Läufer, sind in Betrieb oder im Bau, namentlich ein 300-MW-Versuchsläufer der AEG.

An dem erregerseitigen Ende des Rotors befindet sich der Kühlwasser-Anschlusskopf mit eingebauter Umwälzpumpe. Das erforderliche Kühlwasser wird dem Wasserbehälter entnommen und der Umwälzpumpe zugeführt. Das Kühlwasser tritt aus der Umwälzpumpe mit etwa 8 atü in zwei getrennte Kreisläufe ein: Kühlung der Ständerwicklung und des Blechpaketes bzw. Kühlung des Läufers. Die Rückkühlung erfolgt über getrennte Kühler. Ein gemeinsamer Ionenaustauscher vermeidet den Kühlwasser-Leitwertanstieg, wie auch Stickstoff als Füllung im Wasserbehälter und Kühlwasser-Anschlusskopf die Berührung der atmosphärischen Luft mit dem Kühlwasser vermeidet.

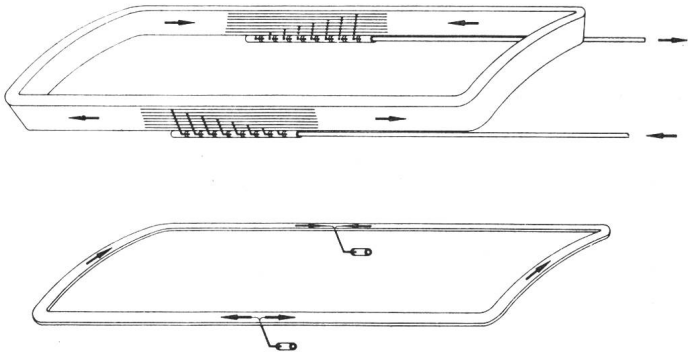


Fig. 1

Kühlprinzip einer Erregerspule

Das Kühlwasser wird durch die Zentralbohrung und die Radialdurchführungen des Läufers in sog. Kühlwasser-Verteilkammern gepresst. An die Verteilkammern sind Rohre angeschlossen, durch welche das Kühlwasser zu jeder einzelnen Erregerspule gelangen kann. Hier wird das Kühlwasser in zwei Teilströme geteilt, wodurch jede Halbwindung des Leiters durchströmt wird (Fig. 1). *B. G. E.*

Supraleitende Kabel zur Energieübertragung auf grosse Entfernungen

621.315.2:537.312.62

[Nach: *R. L. Garwin* und *J. Matisoo:* Superconducting Lines for the Transmission of Large Amounts of Electrical Power over Great Distances. Proc. IEE 55(1967)4, S. 538...548]

Vor dem zweiten Weltkrieg waren die einzigen Übertragungsleitungen für hohe Leistungen auf grosse Entfernungen jene, welche dem Energietransport von entlegenen Wasserkraftwerken in die Verbraucherzentren dienten. Mit zunehmender Verbundwirtschaft nahm später die Zahl dieser Übertragungsleitungen zu. Heute ist es oft nicht mehr möglich, thermische Kraftwerke in den Konsumschwerpunkten zu errichten, einerseits, da die Grundstückkosten dort extrem hoch sind, anderseits weil

die Verschmutzung der Luft dadurch untragbar erhöht würde. Das Aufkommen der Übertragungstechnik grosser elektrischer Leistungen über lange Strecken bot dafür eine Abhilfe. Zudem erleichterte sich dadurch auch die Errichtung von Kernkraftwerken, da man diese infolge der mit ihnen verbundenen eventuellen Gefahren in nahezu unbewohnten Gegenden errichten wollte.

Zur Übertragung der elektrischen Energie auf grosse Entfernungen bieten sich die folgenden Lösungen an:

1. *Drehstromsysteme höchster Spannung.* Hier können bereits erprobte Techniken angewendet werden, jedoch stellt die Kompensation der Blindlast bei Entfernungen von etwa 1000 km ernste Probleme.

2. *Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ).* Auch hier sind für die Übertragungsleitungen im wesentlichen bereits erprobte Einrichtungen vorhanden, der Vorteil ist der Wegfall der Blindleistung auf der Übertragungsleitung. Nachteilig sind dagegen die hohen Kosten für die Leitung (nur etwas geringer als bei Drehstrom) und vor allem die hohen Kosten für die Stationseinrichtungen.

3. *Supraleitende Kabel für Hochspannung.* Da diese Kabel für Gleichstrom keinen Widerstand aufweisen, so werden die Übertragungsverluste auf den Leistungsbedarf der Kühleinrichtungen reduziert. Die vorgeschlagene Lösung zur Übertragung einer Leistung von 100 GW auf eine Entfernung von etwa 1000 km bei einer Spannung von 200 kV sieht zwei isolierte supraleitende Kabel vor, welche durch flüssiges Helium auf 4 °K gekühlt werden. Die wesentlichen Probleme dieser Übertragung sind die Wahl des Leiterwerkstoffes, der Aufbau des Kabels, die Kühleinrichtung und das gesamte Übertragungssystem in Beziehung zur bereits bestehenden Technik.

Um die Kühlleistung geringer zu halten, wird zur Übertragung Gleichstrom verwendet, da bei Wechselstrom die entstehende Verlustleistung ein Vielfaches der Gleichstromverluste betragen würde. Für die Kühlung wird die bereits bekannte Technik des Dewar-Gefässes verwendet. Die Leiter werden in einem abgeschlossenen Rohr, welches durch flüssiges Helium gekühlt ist, geführt. Die thermische Isolation dieses Rohres geschieht durch Vakuum; der äussere Mantel dieses Dewar-Gefässes wird durch flüssigen Stickstoff gekühlt.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass eine Verwirklichung dieses Projekts möglich, und im Vergleich zu den bisher vorhandenen Übertragungstechniken wirtschaftlich ist.

W. Stering

Optische Winkelmessung mit gekoppelten Lichtmodulatoren

531.74 : 535.241.13

[Nach *P. H. Sydenham:* An optical shaft resolver using coupled light-modulators. J. Sci. Instrum 44(1967)4, S. 269...270]

Zur genauen Bestimmung des Drehwinkels einer Achse ist eine optische Einrichtung mit Lichtmodulation geeignet. Die Einrichtung enthält einen Induktionsmotor, auf dessen Achse hintereinander zwei gleiche kreisrunde, innere Blenden mit radial verlaufenden Schlitzen befestigt sind. Zwischen den Blenden ist eine ringförmige Lichtquelle angeordnet, deren Lichtstrahlen durch die Schlitze der Blenden auf zwei weitere äussere Blenden fallen. Die eine äussere Blende ist räumlich fest angeordnet, während die andere auf der Achse befestigt ist, deren Drehwinkel ermittelt werden soll. Je eine innere Blende bildet mit der ihr benachbarten äusseren Blende einen Lichtmodulator.

Auf den von der ringförmigen Lichtquelle abgewendeten Seiten der Lichtmodulatoren sind über den Umfang der äusseren Blenden gleichmässig Photozellen verteilt, die eine elektrische Wechselgrösse mit einer von der Drehzahl des Induktionsmotors und von der Anzahl der radialen Schlitze der Blenden abhängigen Frequenz liefern. Aus dem Phasenunterschied zwischen den von den beiden Lichtmodulatoren abgegebenen Wechselgrössen kann mittels eines Phasenmessers der Drehwinkel der zu beobachtenden Achse bestimmt werden.

Bei entsprechender Genauigkeit des Phasenmessers lässt sich der Drehwinkel auf ± 0,005 Bogengrad genau ermitteln.

D. K.

Die Guttaperchapresse

621.315.616.51

«Die Industrie ist unersättlich und sucht nach immer neuen Stoffen der Verarbeitung und praktischen Anwendung.» Mit diesen Worten leitete 1848 der Arzt Dr. *Hermann Klencke* seine kleine Veröffentlichung über die Guttapercha ein.

Vor der Erfindung der Guttaperchapresse im Jahre 1847, gab es überhaupt noch keine einwandfrei isolierten Telegraphen-Leitungen. Deshalb ist es erstaunlich, wie wenig man von dieser Erfindung und ihrer Bedeutung weiss.

Die erst 1843 in Europa bekanntgewordene Guttapercha trat in einem Zeitpunkt in das Blickfeld der Techniker, als die elektromagnetische Telegraphie sich anschickte, wichtige Verkehrsaufgaben zu übernehmen. Man entdeckte bald, dass Guttapercha gut isoliert und sich weder im Wasser noch im Meerwasser verändert.

Anlässlich einer Sitzung der Society of Arts in London am 19. März 1845 sah der spätere Sir *William Siemens* Guttapercha und leitete seinem älteren Bruder, dem in Berlin stationierten Artillerieleutnant *Werner Siemens,* einige Proben zu. Bei dessen eingehenden Untersuchungen bestätigte sich immer mehr die Vermutung, ein wertvolles Isoliermaterial für Telegraphenleitungen gefunden zu haben. Als Anfang 1847 einige Isolationsproben günstig ausfielen, versäumte man nicht, die preussische «Kommission zur Anstellung von Versuchen mit elektro-magnetischen Telegraphen» vom Ergebnis zu unterrichten. Im Auftrag der Kommission wurden dann zwei 3,75 km lange Versuchsleitungen mit Guttapercha erstellt, bzw. von Berlin aus bis Schöneberg im Damm der Anhaltischen Eisenbahn verlegt.

Nach mehreren Monaten traten Isolationsmängel auf: die Nähte der Guttaperchastreifen hatten sich teilweise gelöst. Ehe diese Mängel auftraten, hatte *Siemens* im Dezember 1847 den Gedanken der nahtlosen Ummantelung der Telegraphendrähte als die wirksamste Isolationsmethode erkannt und eine einfache Maschine durch seinen Teilhaber *Johann Georg Halske* im Modell ausführen lassen. Gemeinsam veräusserten beide im April 1848 die Modelle für 500 Reichstaler an die Firma Fonrobert und Pruckner in Berlin. Es gab in den ersten Jahren Pressen für sechs, acht, neun und sogar zwölf Drähte.

Die Beschreibung *Steinheils* anlässlich seiner Besichtigungsreise der bedeutenderen elektrischen Telegraphenanlagen in Mitteleuropa im April 1849 spricht von einem horizontal liegenden Zylinder, in dem die Guttapercha-Masse erwärmt wurde. Später verwendete man zwei Zylinder, die abwechselnd arbeiteten und einen ununterbrochenen Isolationsprozess ermöglichten.

Die Guttaperchapresse arbeitete folgendermassen: Die Drähte gelangten durch die Öffnung einer «Fadennudelmaschine» («Spritzkopf») bei einer stetigen Geschwindigkeit von etwa 1″ pro Sekunde. Die auf etwa 80° Reaumur erhitzte Guttapercha umpresste, unter dem Druck einer 10-PS-Dampfmaschine, die Drähte nahtlos; anschliessend kühlten sie nasse Schwämme, Tuchlitzen und Rollen ab und wurden nach etwa 20 m in der oberen Etage der Fabrik auf eine Rolle aufgehaspelt.

Zur Prüfung der Isolation stand der Draht durch ein Daniellsches Element unter Spannung. Auf dem Weg von der einen Rolle zur anderen wurde der Draht durch ein Wasserbecken geleitet. «Dabei hält ein Arbeiter beständig die Finger in das Wasser im oberen Gefäss und erhält Risse (= leichte elektrische Schläge) in den Fingern, sobald eine schadhafte Stelle des Drahtes durch das Wasser geht.»

Halske ersetzte später die Fingerprüfmethode durch empfindliche Galvanometer, die sogar während des Legens der Leitungen ein Überprüfen gestatteten.

Parallel dazu hat *Faraday* im März 1848 ohne Kenntnis der Arbeiten von *Siemens* einen Aufsatz «Über die Anwendung der Guttapercha zur elektrischen Isolierung» im «Philosophical Magazine» veröffentlicht.

Guttapercha ist als einziges Isoliermittel jahrzehntelang verwendet worden. Heute nimmt man nur noch Kunststoffe, u. a. «Polyäthylen».

H. Pieper

Vibrationsmessungen mit Laser

534.08 : 621.375.029.6 : 535.2

[Nach *J. V. Foster:* A Laser Device for Remote Vibration Measurement. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. Vol. AES-3 (1967)2, S. 154...157]

Besonders bei Bauteilen für die Raumfahrt sind Vibrationsprüfungen zur Feststellung gefährlicher Resonanzerscheinungen unumgänglich. Die Prüflinge werden zu diesem Zweck von einem Vibrationstisch angeregt, und die entstehenden Spannungen und

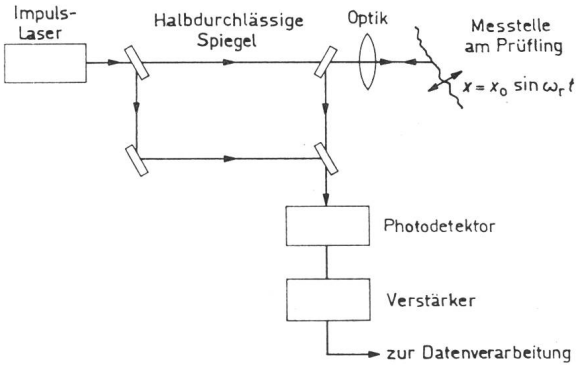


Fig. 1
Gewinnung der Dopplerfrequenz durch Überlagerung mit der Ursprungsfrequenz (Homodyn-Prinzip)

Kräfte aus den abgegebenen Signalen der aufgebrachten Dehnmeßstreifen und Beschleunigungsgeber berechnet. Die Nachteile dieser Methode bestehen darin, dass der Prüfling einerseits mechanisch kontaktiert werden muss, (Verfälschungen zufolge Veränderung des Massenbelages), und dass die diskreten Messpunkte nicht während der Prüfung auf andere Stellen verschoben werden können.

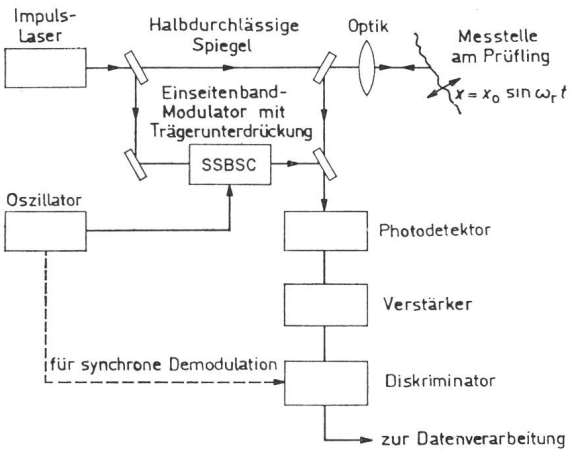


Fig. 2
Gewinnung der Dopplerfrequenz mittels verschobenem Hilfsträger (Heterodyn-Prinzip)

Laserlicht, das zufolge seiner hohen Frequenz und engen Bündelung obige Nachteile nicht besitzt, ist für Vibrationsmessungen nach dem Dopplerprinzip geeignet. Dabei sind zwei Möglichkeiten denkbar, und wurden praktisch erprobt:

a) Überlagerung des reflektierten Strahls mit der gleichen, oder mit einer verschobenen Frequenz direkt im optischen Bereich (Fig. 1, 2).

b) Gleiches Verfahren mit einer Radiofrequenz welche die Laserfrequenz als Träger benutzt. Die Grenzdaten des verwendeten Vibrationsgebers zeigt Fig. 3.

Die Phasenverschiebung zufolge Dopplereffekt steigt linear mit der Modulationsfrequenz, so dass diese möglichst hoch, im Grenzfall gleich der Trägerfrequenz gewählt werden sollte. Bei 1 g Beschleunigung und der Frequenz von 3000 Hz ergibt sich im optischen Direktverfahren eine Verschiebung der He/Ne 6328 Å-Linie (ca. $5 \cdot 10^{14}$ Hz) eine Frequenzverschiebung von 5 kHz, während sich für eine Modulationsfrequenz von 3 GHz bloss eine Verschiebung um ca. 0,03 Hz ergibt. Die technisch etwas einfachere Modulationsmethode wird in ihrer Empfindlichkeit durch

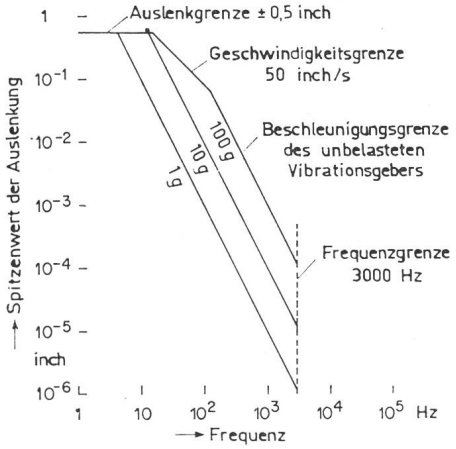


Fig. 3
Typische Grenzdaten eines Vibrationsgebers

ein schlechteres Signal-/Rauschverhältnis begrenzt, ist aber für grosse Vibrationsgeschwindigkeiten durchaus verwendbar. Die grössere Empfindlichkeit des Direktverfahrens bedingt einen entsprechenden Aufwand an optischen Präzisionsgeräten und empfiehlt sich vor allem bei kleinen Geschwindigkeiten. *M. S. Buser*

Planar diffundierte GaAs-Varaktordioden für mm-Wellen

621.382.232

[Nach *C. A. Burrus:* Planar Diffused Gallium Arsenide Millimeter-Wave Varactor Diodes. Proc. IEEE, 55(1967)6, S. 1104...1105]

Dioden mit einem für Millimeterwellen genügend geringen Kapazitäts-Widerstandsprodukt konnten bisher nur als Spitzendioden hergestellt werden. Die übliche Herstellungsweise bestand im Aufsetzen einer Metallspitze (z. B. Wolfram auf Silizium), wobei zusätzliche Formierungs- und Schweissprozesse zu legierten p-n-Varaktor- und Tunnelldioden führten.

Um jedoch Dioden mit reproduzierbaren Daten und engen Toleranzen herzustellen, ist diese Stück-um-Stück-Methode nicht geeignet. Während der letzten Jahre hat sich nun die Halbleitertechnologie dermassen verfeinert, dass die Herstellung und Kontaktierung extrem kleiner p-n-Übergänge in Planartechnik keine allzu grossen Probleme mehr darstellt. GaAs-Schottky-Dioden für mm-Wellen wurden schon vor zwei Jahren erfolgreich hergestellt.

Mit ähnlicher Technologie können nun auch nahezu planare Varaktordioden mit diffundierter Sperrschicht hergestellt werden, die sogar für kürzere Millimeterwellen geeignet sind. Im allgemeinen besitzen sie sogar eine höhere Grenzfrequenz als die besten formierten Spitzenvaraktoren auf epitaxialem GaAs. Die Sperrschicht-Charakteristik ist zudem relativ eng toleriert und leicht reproduzierbar.

Als Grundmaterial zur Herstellung dient ein epitaxiales n-GaAs-Plättchen von 0,5...1,4 µm Dicke, das pyrolytisch mit einer 6000...8000 Å dicken SiO_2-Schicht bedeckt wird. Durch ein ausgeätztes Fenster im SiO_2 von 1...15 µm Durchmesser wird in einer evakuierten Quarzampulle, die etwas $ZnAs_2$ enthält, während 15...30 min bei ca. 600 °C Zink eindiffundiert. Die Diffusionstiefe beträgt dann 0,1...0,2 µm und die Trägerkonzentration an der Oberfläche dürfte zwischen $5 \cdot 10^{19}$ und $1 \cdot 10^{20}$/cm³ liegen

Die Ohmsche Kontaktierung auf der geläppten Rückseite erfolgt durch eine Zn-Ni-Au-Legierung, während der Kontakt zur diffundierten p-Zone aus reinem Gold besteht. Derart hergestellte Dioden mit einer Grenzfrequenz $f_{co} \geqq 1000$ GHz zeigten ohne Vorspannung Kapazitätswerte zwischen 0,03 und 0,003 pF und

einen totalen Widerstand von weniger als 10 Ω. Die Spannungsabhängigkeit der Kapazität bewegte sich zwischen den beiden Funktionen $C \alpha V^{-1/2}$ und $C \alpha V^{-1/3}$, die für abrupte bzw. für linear dotierte p-n-Übergänge gelten. Der Exponent η in der Diodengleichung $I = I_0 \exp qV/\eta kT$ variierte, wie dies für diffundierte Übergänge in GaAs zu erwarten ist, zwischen 1,8 und 2,2.

M. S. B.

Entwicklung und Berechnung von Gleichstrom-Hochspannungskabeln

621.315.2.024

[Nach *J. M. Oudin* u. a.: Design and Development of DC Cables. IEEE Transact. Power App. and Systems 86(1967)3, S. 304...310]

Es ist möglich zu beweisen, dass die kapazitive (dielektrische) Aufladung der Kabelisolation in bezug auf Spannungsfestigkeit vernachlässigt werden kann, da sie nur Feldverzerrungen in der Breite einer Papierfaser verursacht. Die Untersuchung der Spannungsverteilung in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit der Isolation zeigt, dass die Verteilung mit der Temperatur und dem Feldstärkeniveau selbst ändert. Daraus kann gefolgert werden, dass eine Erwärmung des Leiters die maximale Beanspruchung der Isolation von den inneren zu den äusseren Schichten verlagert, während eine Erhöhung des Spannungsniveaus eine ausgleichende Wirkung auf die Feldstärkeunterschiede ausübt.

Bei Temperaturen unter 80 °C sind die Werte für die Durchschlagfeldstärke bei Gleichstrom praktisch dieselben, wie sie auch bei der stossartigen Beanspruchung massgebend sind. Bei hohen Temperaturen findet jedoch ein starker Abfall der dielektrischen Festigkeit statt, welcher auf die thermische Instabilität infolge des Anwachsens der Isolationsverluste zurückzuführen ist.

Ein fortgesetzter leichter Trocknungsprozess einer festen Kabelisolation durch Erwärmungszyklen oder sonstigen Feuchtigkeits-Entzug hat keinen feststellbaren Einfluss auf die dielektrische Festigkeit; bei forcierter Trocknung kann sie allerdings auf etwa 50 % des Anfangswertes absinken. Bei Öl- und Druckgaskabeln haben solche Erwärmungszyklen keinen Einfluss auf die dielektrische Festigkeit gezeigt.

Die Normen des Gleichstrom-Hochspannungskabels müssen auf den Verhältnissen bei den Ausgleichsschwingungen (Schaltvorgänge, Blitzschlag usw.) basieren, da diese insbesondere bei entgegengesetzter Polarität zum Leiterpotential die Isolation am stärksten beanspruchen.

J. Mutzner

Moderne Trockenelemente

621.352.7

[Primer On Primary Batteries. International Electronics — (1967)4/5, S. 27...29]

Nachdem fast einhundert Jahre lang als Trockenelement nahezu ausschliesslich das Leclanché-Element, bestehend aus amalgamiertem Zink, Ammoniumchlorid, Braunstein und Kohle, Verwendung gefunden hat, sind in letzter Zeit eine Anzahl neuartiger Trockenelemente entwickelt worden, die sich teilweise recht wesentlich von dem Leclanché-Element unterscheiden (Fig. 1) [1]).

[1]) Siehe auch Bull. SEV 58(1967)17, S. 438...448.

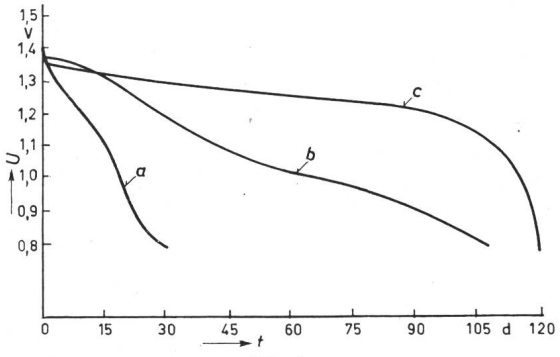


Fig. 1
Entladungskurven verschiedener Trockenelemente
a Leclanché-Element; *b* Mangandioxid-Element; *c* Quecksilber-Element

Eines dieser neuen Trockenelemente ist das sog. alkalische Mangandioxid-Zink-Element, das aus einer Zink-Anode, einer Mangandioxid-Kathode und aus Kaliumhydroxid als Elektrolyten besteht. Hinsichtlich seiner elektrischen Eigenschaften unterscheidet sich dieses Trockenelement von dem Leclanché-Element durch eine fast doppelt so grosse Energiespeicherfähigkeit sowie durch eine etwa linear mit der Entladungszeit abfallende Spannung.

Ein weiteres, neues Trockenelement ist das Quecksilber-Element, das eine Quecksilberoxid-Kathode, eine Anode aus amalgamiertem Zink und als Elektrolyten eine mit Zinkat gesättigte Kalilauge enthält. Das Trockenelement besitzt eine etwa dreimal so grosse Energiespeicherfähigkeit wie das Leclanché-Element. Eine besondere Eigenart dieses Trockenelementes besteht darin, dass die Spannung während fast der gesamten Lebensdauer des Elementes nahezu den Anfangswert beibehält und erst zum Schluss steil abfällt.

Die neueste Entwicklung stellen die auffrischbaren Magnesium-Luft-Elemente dar, bei denen durch Ersetzen der Magnesium-Elektrode und des aus gewöhnlichem, in Wasser gelöstem Kochsalz bestehenden Elektrolyten eine Auffrischung möglich ist. Die Energie wird bei diesem Element durch Reduktion des Luftsauerstoffes an der Kathode und durch Oxydation des Magnesiums an der Anode frei.

D. Krause

Zettelrohrpost in Fernämtern der Schweiz

621.867.876

[Nach *M. Hochuli:* Automatische Zettel-Rohrpost. PTT Techn. Mitt. 45(1957)7, S. 393...403]

In allen Betrieben, in denen gleichartige Formulare in grosser Zahl zwischen mehreren Arbeitsplätzen zirkulieren müssen, bringt die Zettelrohrpost Vorteile mit sich. Der Transport der Formulare erfolgt rasch und mit grosser Sicherheit, wodurch Zeit und Personal gespart werden können. Dies ist beispielsweise in manuellen Fernämtern der Fall. Hier müssen die Gesprächstickets von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz transportiert werden. Nur in kleinen Fernämtern, mit wenigen Arbeitsplätzen, können die Tickets direkt von Platz zu Platz gereicht werden. Bei grösseren Ämtern werden die Tickets durch Förderbänder transportiert. Bei Ämtern mit 15...20 oder noch mehr Vermittlungsplätzen empfiehlt sich schon der Einbau einer Zettelrohrpost.

Bei einer einfachen Zettelrohrpost besteht die Möglichkeit, dass man alle Tickets einem zentralen Arbeitsplatz, dem Rohrpostplatz, zuleitet, von wo sie zum Bestimmungsort weiterdirigiert werden. Einfacher und schneller erreicht das Ticket den Adressaten bei Verwendung einer automatischen Zettelrohrpost, bei welcher der zentrale Arbeitsplatz nicht mehr benötigt wird. Das Ticket kann in solchen Anlagen von jedem beliebigen Arbeitsplatz zu jedem anderen direkt spediert werden.

Die automatische Zettelrohrpost ist mit Weichen und Schleusen versehen. Photokontakte überwachen den Lauf eines Tickets auf seinem Wege zum Bestimmungsort. Bevor sie in den Rohrpostkanal gleiten, werden die Tickets in einer automatischen Falzeinrichtung auf korrekte Weise gefalzt (mit der Hand gefalzte Tickets können zu Störungen Anlass geben), und es werden auch die Zeit und das Datum automatisch aufgestempelt.

Die Adressierung eines Tickets erfolgt mit der gleichen Tastatur, die für die Telephonwahl dient. Beim Einwurf eines Tickets in die Zettelrohrpost wird die Tastatur automatisch auf die Rohrpost umgeschaltet. Bei alten Zettelrohrposten betrug die Transportgeschwindigkeit 5...6 m/s; gegenwärtig liegt die Geschwindigkeit bei 8 m/s.

An das für die Tickets verwendete Papier werden hohe Anforderungen gestellt. Das Papier weist ein Gewicht von 155 g/m² auf. Die Toleranzen sind eng.

Für die Einrichtungen der Zettelrohrposten ist Material zu verwenden, das sich wenig abnützt und keine Schmierung benötigt, damit sich der Unterhalt auf ein Minimum beschränkt. Die Zahl der Störungen in den bestehenden Anlagen ist klein. Beim Fernamt in Genf fallen beispielsweise auf 10 000 beförderte Tickets 2 Fehler. Man ist bestrebt, durch Verbesserungsmassnahmen diese Quote auf die Hälfte zu reduzieren.

H. Gibas

Fortsetzung auf Seite 935

Suite voir page 935