Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 23

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: 11.07.2025

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

[8] *K. G. Hilton:* Automatic Start-Up of Power Station Plant. In: Séminaire international: L'automatisation dans la production et la distribution de l'énergie électrique, Bruxelles 18...22 IV. 1966. Actes (Proceedings). Bruxelles, Presses académiques européennes, Paris, Dunod, 1967. S. 253...262.
[9] *H. Bloch:* Fest programmierte elektronische Einrichtung zur automatischen Steuerung von Dampfturbogruppen. Brown Boveri Mitt. 51(1964)3, S. 156...164.
[10] *D. Eger:* Inbetriebnahme einer Dampfturbinenautomatik in Kanada. Brown Boveri Mitt. 54(1967)1, S. 3...8.
[11] *A. Brosch* und *W. Streck:* Simatic Steuersystem M mit Matrixprogrammierung. Siemens Z. 41(1967)6, 482...488.
[12] *J. Reeding* und *G. Wandl:* Secontic, eine neue elektronische Folgesteuerungs-Automatik. Brown Boveri Mitt. 54(1967)1, S. 17...29.
[13] *D. Ernst* und *H. Kaltenecker:* Einsatz von Prozessrechnern. Siemens-Z. 39(1965)9, S. 932...939.
[14] *G. Ehlers, R. Schlunk* und *F. Peitzmeyer:* Der Einsatz von Digitalrechnern im Kraftwerk. Brennstoff, Wärme, Kraft 17(1965)10, S. 487...492.
[15] *R. Frank* und *P. Mielentz:* Datenerfassungs- und Überwachungseinrichtung in IC-Technik. Brown Boveri Mitt. 54(1967)4, S. 193...199.
[16] *R. von Klösterlein:* Methoden der Messwerterfassung und -Verarbeitung Prozessrechnern in Dampfkraftwerken. In: Séminaire international: L'automatisation dans la production et la distribution de l'énergie électrique, Bruxelles 18...22 IV. 1966. Actes (Proceedings). Bruxelles, Presses académiques européennes, Paris, Dunod, 1967. S. 375...383.
[17] *G. D. Friedlander:* Computer-controlled Power Systems. Part I: Boiler-Turbine Unit Controls. IEEE Spectrum 2(1965)4, S. 60...81.
[18] *J.-M. Granier* et *J. Hurtiger:* Mise en service d'une centrale à automatisation poussée (Saint Ouen). Rev. gén. Electr. 75(1966)7/8, S. 959...976.

Adresse des Autors:
A. Hauri, dipl. Elektrotechniker, AG Brown Boveri & Cie., 5400 Baden.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Entwicklung der Rohrturbine

621.224

[Nach *J. Giesecke:* Über die tiefbauliche Gestaltung von Niederdruckkraftwerken mit Rohrturbinen. Wasserwirtschaft 57(1967)9, S. 323...327]

Im Bereich der Niederdruckkraftwerke haben die Anlagen mit Rohrturbinen in den letzten Jahren einen steigenden Anteil erreicht. Seit der ersten Ausführung dieser Art im Jahre 1936 an der Persante in Pommern, sind von 1937 bis 1951 z. B. am Lech und an der Iller insgesamt 13 Kraftwerke entstanden. Heute sind ausgereifte Konstruktionen mit serienmässig gefertigten Generatoren erhältlich, welche bei 11 von 14 Staustufen an der Mosel diejenige raumsparende Kraftwerkanordnung erlaubten, die im engen Moseltal durch die Schleusenabmessungen und grossen Hochwasseröffnungen bedingt war. Bei grossem Hochwasser, welches das Zehnfache der Turbinenwassermenge von 380 m^3/s übersteigt, werden die Wehrpfeiler des vollständig abgesenkten Wehres, die Schleuse und bei zwei Staustufen sogar noch das Maschinenhaus vom Wasser überströmt. Dies zeigt deutlich die Vorteile der unauffälligen, niedrigen und gedrängten Bauweise. Der wirtschaftliche Vorteil der erheblich geringeren erforderlichen Betonmenge wird allerdings teilweise aufgehoben durch die infolge der höheren Betonausnützung benötigte grössere Stahlmenge.

Die Rohrturbine weist einen etwas kleineren Wassermengenbereich auf, innerhalb welchem sie mit maximalem Wirkungsgrad arbeitet. Durch Aufteilung der verfügbaren Wassermenge auf eine oder mehrere Einheiten gelingt es jedoch einen bemerkenswert hohen Gesamtwirkungsgrad zu erzielen. Auch zum Pumpen kann die Rohrturbine verwendet werden, sodass sich unter Berücksichtigung der baulichen Vorteile Lösungen verwirklichen lassen, welche durchaus mit der klassischen Kaplanturbine mit senkrechter Welle verglichen werden können. *A. Baumgartner*

Nachrichtentechnische Einrichtungen der Transalpinen Ölleitung Triest–Ingolstadt

621.39:656.56

[Nach *E. Harrasser* und *H. Schinko:* Nachrichtentechnische Einrichtungen der Transalpinen Ölleitung Triest–Ingolstadt. Siemens-Z. 41(1967)7, S. 587...598]

Die soeben fertiggestellte Transalpine Ölleitung (TAL) versorgt die Raffinerien im Donaugebiet über eine 464 km lange Rohrleitung (Rohrdurchmesser 1 m) vom Hafen Triest über die Alpen hinweg (Fig. 1) mit Mineralöl. Im Endausbau wird bei einer installierten Pumpenleistung von 220 000 PS die jährliche Förderkapazität 54 Millionen Tonnen betragen. Die zentralisierte Steuerung und Überwachung weist ein Nachrichtenkabel auf, das in der gleichen Trasse mit dem Ölleitungsrohr verlegt ist. Es dient dem Fernwirksystem wie den Fernsprech- und Fernschreibverbindungen. Im Normalbetrieb hat die Zentrale Triest die Befehlsgewalt über die Schieber, Pumpen und Dieselmotoren, die sie auf Grund von Rückmeldungen sowie Druck-, Dichte-, Durchfluss-, Tankstand- und Mengenmesswerten ausübt. Die Steuerung kann auch der Zentrale Ingolstadt übertragen werden. Bei Kabelstörungen kann jede Zentrale ihren Leitungsabschnitt bis zur Schadenstelle übernehmen. In ihrer Arbeitsweise sind Messwert- und Meldeübertragung von der Befehlsübertragung getrennt, beide arbeiten mit zeitmultiplexer Pulscodemodulation mit frequenzmodulierter Tonfrequenzübertragung. Analoge Messwerte werden

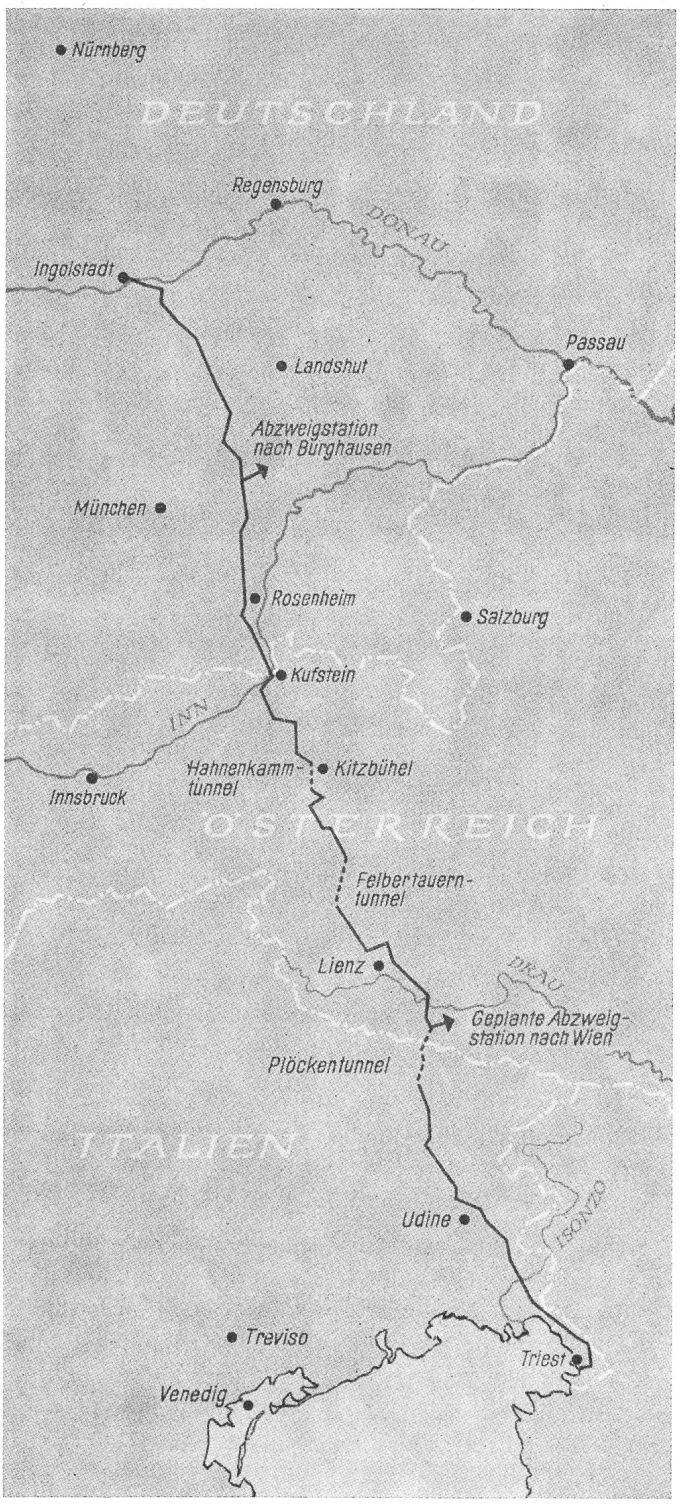

Fig. 1
Streckenführung der Transalpinen Ölleitung Triest–Ingolstadt

über einen zentralen Spannungs-Frequenz-Umformer als digitale Zählimpulse dem Mess- und Meldesender eingegeben. Durch Übertragung auch des mechanischen Nullpunktes der Messumformer werden Ausfälle sofort erfasst.

Im reinen Betriebsfernsprechnetz der TAL sind die Sprechstellen der Pump- und Schieberstationen zu Ländergruppen zusammengefasst und über Kupplungs- und Steuerübertrager an die Hauptleitung zwischen beiden Enden angeschlossen. Durch Nummernwahl können Sprechverbindungen sowie Gruppen- und Sammelgespräche hergestellt werden. In dringenden Fällen kann man sich von jeder Station aus auf bestehende Sprechverbindungen aufschalten.

H. Baumann

Hochspannungslaboratorium in Thailand

621.317.2

Am 1. August 1967 wurde in Bangkok ein neues Hochspannungslaboratorium eingeweiht. Der Bau dieser Anlage wurde möglich durch gemeinsame Anstrengungen des schweizerischen Bundesrates (Dienst für technische Zusammenarbeit) und der thailändischen Regierung (Department of Technical and Economic Cooperation). Das Laboratorium ist der Abteilung für Elektrotechnik der Chulalongkorn Universität angegliedert.

Von Seiten der Schweiz wurden die gesamte Hochspannungsausrüstung sowie die notwendige Niederspannungsanlage geliefert. Thailand baute das Gebäude und stellte den Grossteil des Montagepersonals zur Verfügung. Zwei Lektoren und ein Techniker weilten ein Jahr zur Ausbildung in der Schweiz. Alle Apparate konnten deshalb unter Anleitung eines einzigen Beraters aus der Schweiz, den Unterzeichneten, montiert und eingebaut werden. Vorschlägen von Prof. Dr. *K. Berger* folgend, wurde das Laboratorium mit einer Wechselspannungsprüfkaskade von 500 kV, 250 kVA (Fig. 1), einer Stossspannungsanlage von 1400 kV, 16 kWs und den notwendigen Mess- und Registriereinrichtungen ausgerüstet. Dazu kamen noch eine transportable Kabelprüfanlage, ein elektrolytischer Trog, eine Scheringbrücke und eine künstliche Regenanlage. Die Halle ist durch zwei Durchführungen mit einer Freiluftanlage verbunden. Dadurch können mit 500 kV Wechselspannung und 1400 kV Stoßspannungen, 1|50, Messungen bei natürlichen Verhältnissen durchgeführt werden. Besonders interessant scheinen Untersuchungen über das Verhalten von Isolatoren im tropischen Regenklima zu sein.

B. Staub, Bangkok

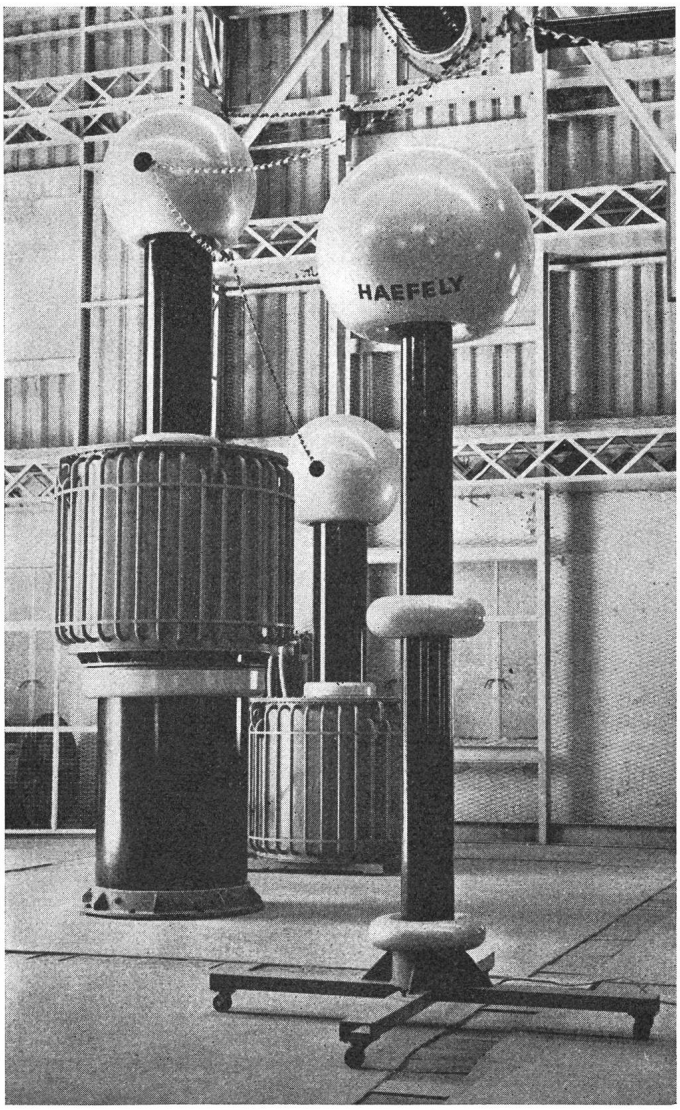

Fig. 1
Wechselspannungsprüfkaskade mit Teiler

Licht und Gesundheit

628.98:612

[Nach *H. L. Logan:* The Relationship of Light To Health. Illuminating Engng. 62(1967)3, S. 159...167]

Die Menschen sterben nicht,
sie bringen sich selber um. (Seneca)

Die Frage «Warum Licht?» bleibt stets aktuell; ihre Bedeutung ist Millionen von Menschen beim kürzlichen grossen Netzunterbruch im Nordosten der USA besonders bewusst geworden.

Der enorme Einfluss von viel und billigem künstlichem Licht auf die Gesundheit, Wohlfahrt und Wachstum einer Nation ist bis heute von politischen und Wirtschaftsführern und von Historikern noch nicht erkannt worden. Die Indienststellung des Lichtes in die Tätigkeit des Menschen hat eine viel grössere Auswirkung gehabt als die Ausnutzung jedes anderen Klimafaktors.

Für viele ist künstliches Licht vor allem ein Ausgabeposten und darum wurde bis jetzt herauszufinden gesucht, bei welchen minimalen Beleuchtungsstärken eine Arbeit noch annehmbar verrichtet werden kann, anstatt zu erforschen, wieviel Licht es bedarf, um die Gesundheit der Menschen zu fördern und damit sein Leben zu verlängern.

Es gibt viele Einflussfaktoren, welche des Menschen Wohl bestimmen, sie werden vom Klima und seinen verschiedenen Auswirkungen bestimmt und werden von den Massnahmen beeinflusst, die der Mensch gegen die ungünstigen Wirkungen getroffen hat, indem er sich Kleidung und Wohnung schuf.

Von den Lichteinflüssen auf den menschlichen Körper sind viele bekannt und bei manchen sind die einzelnen Auswirkungen schon gut erforscht. So weiss man, dass Licht bestimmter Stärke und Farbzusammensetzung die Blutgefässe erweitert und die periphere Zirkulation erhöht, was Schweissbildung fördert, den Körper von Giftstoffen befreit und die Nierenfunktion erleichtert.

Der Gehalt des Blutes an Hemoglobin wird durch Licht beeinflusst; bei Dunkelheit wird er vermindert; im Winter ist er geringer als im Sommer. Sichtbare Strahlung hat einen Einfluss auf das neuroendocrine System des Menschen; eine angemessene Lichtmenge ist für die physiologische Funktion im menschlichen Körper erforderlich. Die Enzymproduktion wird auch durch Licht beeinflusst; Gruppen besonderer Nervenzellen senden, wenn sie durch Licht angeregt sind, Impulse auf die Drüsen aus, so dass eine gesteuerte Erzeugung von Hormonen bewirkt wird.

In einem Artikel einer medizinischen Zeitschrift wurde 1964 die Frage aufgeworfen, ob die Zunahme von Krebs im letzten halben Jahrhundert wohl damit zusammenhänge, dass wir «glaseingeschlossene» Menschen geworden sind. Einige Experimente verschiedener Forscher schliessen die Möglichkeit des Zusammenhanges von Licht und Krebs nicht aus.

Die Strahlung von natürlichen und künstlichen Quellen lösen photochemische, thermische und psychologische Wirkungen aus, die im menschlichen Körper in angemessener Dosis notwendig sind.

Sehempfindung benötigt Reizenergie; je geringer die Lichtimpulse sind, umso grösser ist die Ermüdung und da das Blut die Ermüdungstoxine überallhin befördert, kann sich die Müdigkeit im ganzen Körper bemerkbar machen; diese wird durch ein tägliches Schlafquantum kompensiert. Einige Forscher wiesen den Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Lebens-

dauer von Organismen nach; auch die Beschleunigung der geistigen Wahrnehmung eines Vorganges ist festgestellt worden, wenn dieser gut beleuchtet wird.

Menschen, die während ihres ganzen Lebens in ungenügend beleuchteten Innenräumen tätig sind, bezahlen diese Arbeitsweise mit erhöhter Alterungsquote, dasselbe gilt für den, der in unhygienischen Beleuchtungsverhältnissen seine Arbeit verrichtet. Bekannt ist auch der Zusammenhang zwischen mangelhafter Beleuchtung und erhöhter Unfallgefahr, wodurch die Lebenserwartung des Menschen gekürzt wird.

Nach Untersuchungen von Dr. *Dijkman* liegt der untere Bereich der hygienischen Beleuchtungsstärken über 1000 footcandles (10 800 lx) und die obere Grenze überschreitet 2500 footcandles (27 000 lx), was uns gar nicht wundern soll; denn wir sind Geschöpfe, die für starke Beleuchtungen des natürlichen Lichtes geschaffen sind. Wir können auch bei geringer Beleuchtung wirken, aber — mit schlechterer Gesundheit und verkürzter Lebenserwartung. *J. Guanter*

Radioaktiver Abfall

621.039.7

[Nach *H. W. Levi:* Die Behandlung hochradioaktiver Abfallösungen. Atomwirtschaft 12(1967)6, S. 317...322]

Bei der Wiederaufbereitung bestrahlter Brennelemente aus Atomreaktoren fallen relativ grosse Mengen radioaktiver Abfalllösungen an. Es kann geschätzt werden, dass pro 1000 MW installierter Reaktorleistung ca. 10...20 m^3 flüssige Abfallkonzentrate pro Jahr anfallen, so dass sich bis zum Jahre 1980 bei einer dannzumaligen Reaktorleistung von schätzungsweise 140 000 MW ungefähr 15 000 m^3 Abfallkonzentrate angesammelt haben dürften.

Bei den heute zumeist angewandten Verfahren werden die radioaktiven Abfallösungen eingedampft und die Konzentrate in unterirdischen Stahlbehältern gelagert. Infolge der Langlebigkeit einiger Spaltprodukte ist eine Lagerzeit von ungefähr 100 Jahren nötig. Dies wirft nun einige Probleme betreffend die Kühlung, die Verhinderung des Absetzens von Feststoffen, die Gewährleistung der Dichtheit der Lagerbehälter, die Beseitigung des durch Radiolyse entstehenden Knallgases usw. auf. Wenn auch eine solche Lagerung gegenwärtig noch in wirtschaftlicher und sicherer Weise möglich ist, so ist sie auf weitere Sicht doch durch andere Lagerungsmethoden zu ergänzen oder zu ersetzen.

Dazu bietet die Herstellung fester Abfallgemische eine erfolgversprechende Möglichkeit. Die diesbezüglich schon in einem fortgeschrittenen technischen Stadium befindliche Entwicklung basiert auf einer Eindampfung der Abfallösung mit anschliessender Kalzinierung. Für die Endlagerung der dabei entstehenden *festen Produktgemische* bietet die Tieflagerung in geeigneten geologischen Formationen, z. B. Salzlagern, entscheidende Vorteile gegenüber anderen Lagerungsmethoden (z. B. im Meer, in Bunkern usw.). Ob es aber möglich ist, hochaktive *Lösungen* direkt in Salzkavernen unterzubringen, kann beim heutigen Stand der Forschung noch nicht übersehen werden. *J. Mutzner*

Charakteristik der Lichtbogenentladung in Schwefelhexafluorid

537.523.5:546.226'161

[Nach *P. Swarbrick:* Characteristics of an arc discharge in sulfur hexafluorid. Proc. Inst. El. Eng., 114(1967)5, S. 657...660]

Sobald erkannt worden war, dass sich Schwefelhexafluorid ausgezeichnet als Funkenlöschmittel eigne, entstand ein starkes Bedürfnis nach genauen Unterlagen über das Verhalten eines Lichtbogens in diesem Gas. Erste Untersuchungen hatten gezeigt, dass die Zeitkonstante eines Lichtbogens in SF_6 sehr kurz ist (ca. 1 µs), was eine wesentliche Voraussetzung für ein gutes Medium zur Funkenlöschung bildet. Weitere Studien haben ergeben, dass der Hauptunterschied zwischen SF_6 und Stickstoff in der Temperatur liegt, bei welcher das Dissoziationsmaximum der thermischen Leitfähigkeit auftritt, Fig. 1. Infolge der schwachen chemischen Bindung zerfällt nämlich das SF_6 schon bei der relativ niedrigen Temperatur von 2100 °K.

In einer geeigneten Löschkammeranordnung wurde jetzt der Spannungsgradient eines Lichtbogens bei verschiedenen Stromstärken gemessen (Fig. 2), und der Spannungsabfall an Wolframelektroden ermittelt. Wenn der Spannungsgradient in SF_6 kleiner ist als in Stickstoff, so kann dies aus dem thermischen Verhalten des Lichtbogens erklärt werden, welcher in SF_6 einen wesentlich kleineren Durchmesser besitzt und eine kleinere Wärmeleitfähigkeit aufweist, so dass der Wärmeverlust geringer wird. Der kräftige Spannungsabfall an den Elektroden ist bedingt durch die drastische Reduktion der Elektronendichte infolge der Bildung von negativen Fluorionen, wodurch die elektrische Leitfähigkeit des Plasmas in der Nähe der Elektroden herabgesetzt wird. In SF_6 ist der Lichtbogen ausserdem beinahe fadenförmig, während er in Stickstoff viel dicker ist.

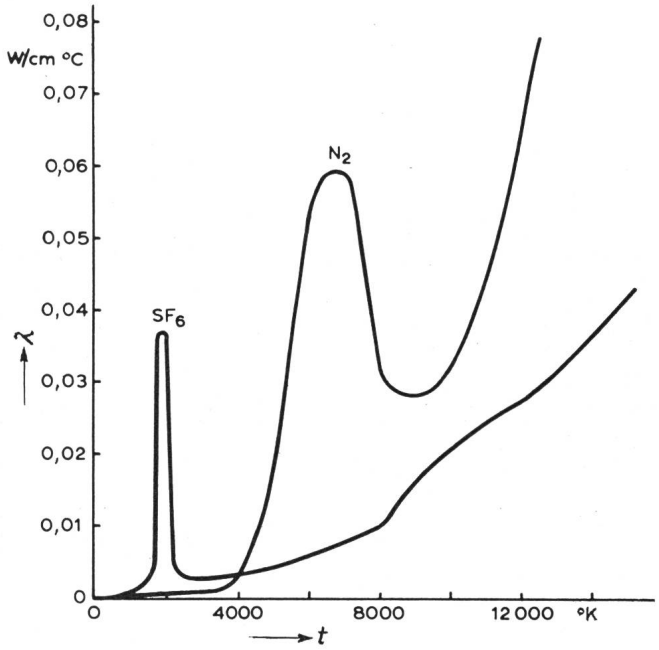

Fig. 1
Variation der thermischen Leitfähigkeit mit der Temperatur von SF_6- und N_2-Plasmas
λ thermische Leitfähigkeit; t Temperatur

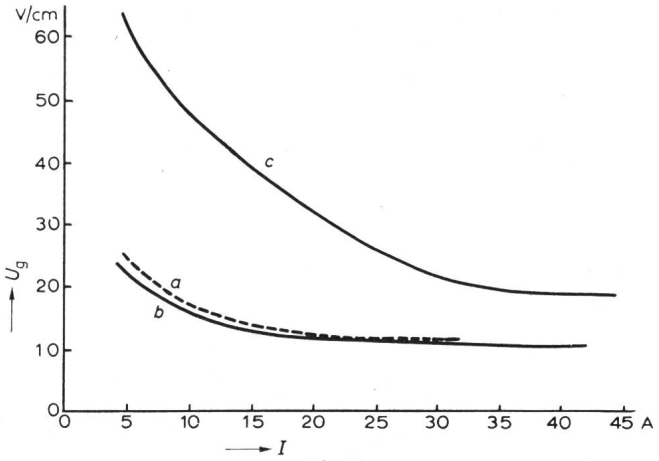

Fig. 2
Spannungsgradient eines Lichtbogens in SF_6 und Stickstoff
a in SF_6 gemessen; b in SF_6 berechnet; c in Stickstoff; Lichtbogendurchmesser 12,7 mm
U_g Spannungsgradient; I Strom

Für einen Schalter mit SF_6-Füllung bedeutet dies, dass die ausserordentlich kurze Zeitkonstante einen sehr raschen Zusammenbruch der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit zur Folge hat, sobald der Strom durch Null geht. Bei Temperaturen unterhalb 5000 °K reduziert die Bildung von negativen Fluorionen die Elektronendichte im Plasma. Nach einem Nulldurchgang des Stromes erholt sich somit die dielektrische Festigkeit einer Schaltstrecke sehr rasch, und sehr hohe Werte für den Anstieg der Spannungsfestigkeit werden erreicht. *A. B.*

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

An der Schwelle zum Erfolg: Glas-Halbleiter

537.311.33:666.1

[Nach *J. A. Perschy:* On the threshold of success: glass semiconductor circuits. Electronics, 40(1967)6, S. 74...84]

Halbleitendes amorphes Glas[1]) zeigt in dünnen Schichten einen interessanten Lawineneffekt: Beim Überschreiten einer gewissen Feldstärke wird der Isolator durch Elektronenvervielfachung ein recht guter Leiter. Seinem symmetrischen Aufbau entsprechend ist dieser «Glas-Schalter» von Natur aus bipolar und dürfte schon aus diesem Grunde auf einiges Interesse stossen.

Typische Muster, im Glasgehäuse von Miniaturdioden verbaut, zeigen eine Kapazität von wenigen Picofarad und einen Sperrwiderstand von einigen hundert MΩ. Beim Überschreiten der Schaltspannung von ca. ±12 V sinkt dieser Widerstand auf einen Wert unter 10 Ω. Als typischer Spannungsabfall wurden bei ±300 mA ±2 V gemessen. Leider liegen über die Schaltzeiten keine genauen Daten vor, doch dürfte die Einschaltzeit im Gebiet der µs liegen, während die Erholungszeit etwas länger sein wird, so dass eine interessante Anwendung vor allem in der Ansteuerung von Kernspeichern besteht.

[1]) Zusammensetzung eines typischen Halbleiter-Glases in % des Atomgewichts: Tellurium 47,7 %, Arsen 29,9 %, Silizium 12,64 %, Germanium 9,76 %.

M. S. Buser

Holographie mit Schallwellen

535.411:534.24

[Nach *G. A. Massey:* Acoustic Holography in Air with an Electronic Reference. Proc. IEEE, 55(1967)6, S. 1115...1117]

In genauer Analogie zur Holographie mit monochromatischem (Laser-) Licht wurden schon Hologramme mittels Schallwellen hergestellt. Da aber in diesem Falle akustische Wandler als lineare Elemente betrachtet werden dürfen, kann man den Weg über eine akustische Referenzwelle vermeiden und das Referenzsignal elektrisch am Schallgeber abnehmen.

Bei einem Versuchsaufbau wurde ein Gegenstand mit einer Frequenz von 25 kHz akustisch «beleuchtet». Das reflektierte Wellenbild wurde zeilenweise in einer Ebene von einem Mikrophon mit nachgeschaltetem Selektivverstärker abgetastet. Wird nun die verstärkte Mikrophonspannung zum Referenzsignal vom Tongenerator addiert, so ist diese Summe in jedem Punkt der Intensität des optischen Feldes eines Lichthologramms äquivalent. Koppelt man also das abtastende Mikrophon mit einer Lampe, die von der Summenspannung gespeist wird, so kann in einer Dauerbelichtung während des gesamten Abtastprogramms eine photographische Aufnahme der akustischen Feldverteilung (Hologramm) erstellt werden.

Durch Beleuchtung dieses Hologramms nach bekannten Verfahren mittels Laserlicht, kann das akustisch gewonnene Bild des Gegenstandes, auch dreidimensional, optisch wiedergegeben werden.

M. S. B.

Der Avalanche-Transistor

621.382.3:537.564

[Nach *S. L. Silver:* Avalanche Transistor Circuit. Electronics Wld. 78(1967)3, S. 30...32]

Es ist bekannt, dass sich der früher als störend empfundene Avalanche-Effekt mit Vorteil bei Hochfrequenz-Schalttransistoren zur Erzeugung von extrem kurzen Impulsen hoher Stromamplitude, z. B. 10 A bei einer Impulsbreite von weniger als 0,5 ns, ausnutzen lässt. Doch hat man bisher von dieser Möglichkeit selten Gebrauch gemacht, da Transistoren selbst ein und desselben Typs oft sehr unterschiedliche Avalanche-Eigenschaften aufweisen. Erst durch kürzlich herausgefundene technologische Verbesserungen bei der Transistor-Fertigung lassen sich diese Nachteile vermeiden und Avalanche-Transistoren herstellen, die auch serienmässig eingesetzt werden können.

In Abweichung von den bei einem normalen Transistor üblichen Spannungsverhältnissen ist beim Avalanche-Transistor die Kollektor-Spannung über den gebräuchlichen Wert hinaus gesteigert, wodurch die Grenzschicht zwischen Kollektor und Basis erheblich erweitert ist. Das sich ausbildende elektrische Feld erstreckt sich demzufolge über den grössten Teil der Basisschicht. Dadurch wird die effektive Breite dieser Schicht vermindert, und eine Diffusion von Elektronen aus der Emitter-Schicht über die Basisschicht zum Kollektor ausgelöst. Von diesen Elektronen werden in der Grenzschicht zwischen Basis und Kollektor durch Stossionisation neue Löcher-Elektronen-Paare erzeugt. Dieser Vorgang setzt sich kumulativ fort (Avalanche-Multiplikation), bis der über den Kollektor-Basis-Übergang fliessende Strom infolge des Avalanche-Durchbruchs schlagartig ansteigt. In diesem Zustand bleibt der Transistor jedoch nicht lange, da sich der Übergang schnell wieder regeneriert, wenn die angelegte Spannung abnimmt.

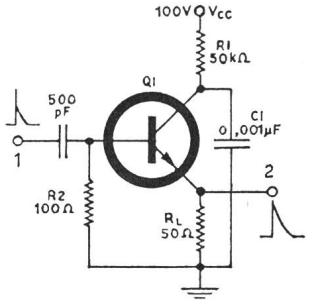

Fig. 1
Schaltkreis mit Avalanche-Transistor
1 Trigger-Eingang; *2* Ausgang

Anhand von Schaltungsbeispielen lässt sich zeigen, dass sich Avalanche-Transistoren mit Vorteil nicht nur in einem Emitter-Folger (Fig. 1), sondern auch in Schaltungen zur Erzeugung sehr schmaler Impulse mit steilen Anstieg- und Abfallflanken, in Impuls-Koinzidenzschaltungen und in Schaltungen zur Gewinnung von Impulsen mit variabler Breite einsetzen lassen.

D. Krause

«Mos-Fet» mit anodisch oxydierter Metallisolation

621.382.323

[Nach *W. Witt* u. a.: MOS Transistor with Anodically Formed Metal Oxydes as Gate Insulators. Proceedings of the IEEE, 55(1967)5, S. 687]

Der «Amos-Fet» ist ein auf neuartige Weise hergestellter Feldeffekt-Transistor, bei welchem die isolierende Schicht zwischen Gate-Metallisierung und Substrat nicht aus Siliziumoxyd (SiO_2), sondern aus einem anodisch oxydierten Metall besteht. Die Abkürzung bedeutet: «*A*nodized *M*etal *O*xyde *S*emiconductor *F*ield-*E*ffect *T*ransistor».

Die Oxyde der Metalle Hafnium, Tantal und Aluminium haben sich hierfür als günstig erwiesen, da sie bei hohem Isolationswiderstand eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweisen, was zu einer Verbesserung der Steilheit (g_m) und des Verhältnisses C_{in}/C_{fb} führt.

Im Gegensatz zur Behandlung bei hohen Temperaturen, wie dies bei der Herstellung einer SiO_2 Isolationsschicht oder bei anderen pyrotechnischen Verfahren der Fall ist, kann die aufgesputterte Metallschicht bei Normaltemperatur anodisch oxydiert werden, wodurch etliche Probleme der bekannten Technologie umgangen werden können.

M. S. B.

Vergleich zwischen MOS und bipolaren integrierten Schaltungen

621.382.323:621.38—181.4

[Nach *R. M. Warner:* Comparing MOS and bipolar integrated circuits, IEEE Spectrum 4(1967)6, S. 50...58]

In Anwendungen, bei denen die Geschwindigkeit von grosser Bedeutung ist, wie z. B. im Rechenwerk eines Computers, haben bipolare integrierte Schaltungen bedeutende Vorteile gegenüber MOS (metal-oxyde-semiconductor) integrierten Schaltungen. Sie

sind 10...100mal schneller. Bei kleineren Geschwindigkeiten sind MOS-Schaltungen vorzuziehen, da sie in den meisten anderen Kriterien Vorteile bieten.

Bei bipolaren Transistoren wird die maximale Geschwindigkeit durch verschiedene Zeitkonstanten und die Laufzeit der Minoritätsträger durch die Basis bestimmt. Infolge der zusätzlichen parasitären Kapazitäten überwiegt bei integrierten Schaltungen der Einfluss der Zeitkonstanten. Der Übertragungsleitwert, welcher die Geschwindigkeit proportional beeinflusst, ist unabhängig vom Material und der Technologie. Bei MOS-FET wird die Geschwindigkeit durch Shuntkapazitäten begrenzt. Der Übertragungsleitwert ist viel kleiner als beim bipolaren Transistor. Er ist stark abhängig vom Strom und den Gateabmessungen. Mit verbesserter Technologie wird eine Steigerung der Geschwindigkeit möglich sein.

Die Funktionsdichte ist bei MOS integrierten Schaltungen ungefähr 5mal grösser. Manche Schaltungen können mit weniger Elementen ausgeführt werden als in der bipolaren Technik, z. B. bieten dynamische MOS-Shiftregister ungewöhnliche Vorteile. Sie benutzen die Ausgangskapazität und die hohe Eingangsimpedanz als Zwischenspeicher. Es können Elemente eingespart werden. Das MOS-Shiftregister ist 7mal kleiner als das entsprechende in bipolarer Technik.

Auch das Problem der Anschlüsse und Zwischenverbindungen wird bei MOS-Technik vereinfacht. Die Ströme sind niedriger, die aufgedampften Verbindungsleiter können daher schmaler sein. Überkreuzungen von diffundierten Leitern mit aufgedampften metallischen Leitern sind zulässig. Das Oxyd, welches sich dazwischen bildet, genügt zur Isolation. Bei bipolaren integrierten Schaltungen sind solche Überkreuzungen nicht zulässig. In Bezug auf die Zwischenverbindungen lässt sich die bipolare Schaltung mit einer einseitigen, die MOS-Schaltung mit einer zweiseitigen gedruckten Schaltung vergleichen.

Der Herstellungsprozess der MOS integrierten Schaltung ist einfacher. Man benötigt nur 22 Schritte gegenüber 32 beim bipolaren Fall. Vergleicht man die Schwierigkeit der einzelnen Stufen, so findet man, dass die Herstellung der bipolaren integrierten Schaltung 30 % schwieriger ist. *H. P. von Ow*

In beiden Richtungen durchschaltbares Silizium-Schaltelement

621.314.632

[Nach *H. F. Storm* und *A. P. Ferro:* A Bilateral Silicon Switch. IEEE Trans. Electron Devices ED-14(1967)6, S. 330...333]

Die Zündcharakteristiken von Triacs und steuerbaren Silizium-Gleichrichtern sind nicht nur temperaturabhängig, sondern auch von Exemplar zu Exemplar verschieden. Beispielsweise variiert die Zündspannung von Triacs zwischen 0,5 und 3 V. Dies führt zu unterschiedlichen Ausgangsgrössen bei gleicher Ansteuerung.

Um diesen Nachteil zu vermeiden, verwendet man zur Zündung Impulse mit steiler Anstiegsflanke und ausreichender Impulsbreite. Solche Impulse lassen sich mit einer Schaltungsanordnung gewinnen, die einen Widerstand, einen Kondensator und ein neuartiges, in beiden Richtungen durchschaltbares Silizium-Schaltelement enthält (Fig. 1).

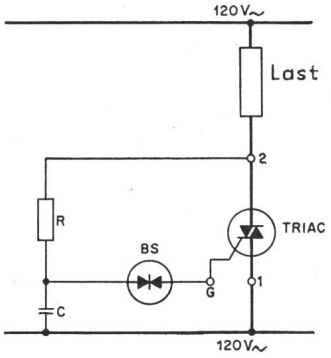

Fig. 1
Zündschaltung mit Silizium-Schaltelement (BS)
1 Kathode; *2* Anode; *G* Steuerelektrode

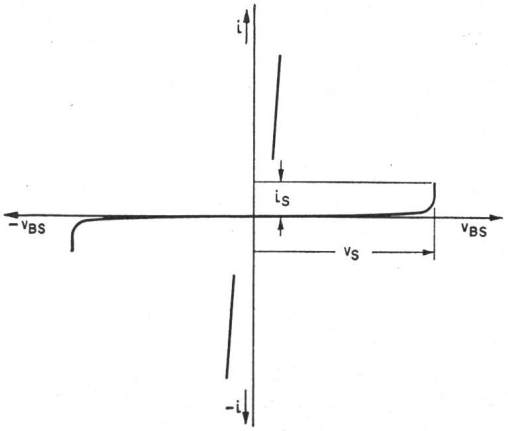

Fig. 2
Strom-Spannung-Kennlinie eines Silizium-Schaltelementes

Dieses Schaltelement weist in beiden Stromrichtungen zwei Schaltzustände auf, nämlich einen hochohmigen und einen niederohmigen. Der Übergang von dem einen Zustand in den anderen wird durch eine von der Temperatur unabhängige Schwellspannung ausgelöst.

Schaltungstechnisch betrachtet, besteht das als integrierte Schaltung ausgeführte Silizium-Schaltelement aus zwei antiparallel geschalteten, steuerbaren Silizium-Gleichrichtern, zwei Zenerdioden und zwei Widerständen. Die von der Temperatur praktisch unabhängige Durchbruchspannung der Zenerdioden verleiht dem Silizium-Schaltelement temperaturunabhängige Schalteigenschaften.

Eine wichtige Kenngrösse des neuartigen Silizium-Schaltelementes ist der sog. Schaltstrom i_S. Darunter versteht man den Strom, der im Augenblick des Wechsels von dem hochohmigen in den niederohmigen Schaltzustand fliesst (Fig. 2). Eine weitere wichtige Kenngrösse ist die Klemmenspannung, bei der das Silizium-Schaltelement niederohmig wird (Schaltspannung v_S). Diese Spannung beträgt etwa 6,4 V und ist — ebenso wie der Schaltstrom — von der Polarität der angelegten Spannung unabhängig. Auch Änderungen der Umgebungstemperatur bis auf 100 °C sowie Frequenzänderungen im Bereich zwischen 60 Hz und 5 kHz haben keinen Einfluss auf die Schaltspannung. *D. K.*

1-W-Mikrowellengenerator mit GaAs-Diode im Lawinendurchbruch

621.373.51:621.3.029.64

[Nach *S. G. Liu:* GaAs Avalanche Microwave Oscillator with 1-Watt Power Output. Proceedings of the IEEE, 55(1967)5, S. 689...690]

Schon verschiedentlich wurden mit Silizium- und Gallium-Arsenid-Dioden im Lawinendurchbruchgebiet Mikrowellengeneratoren gebaut. Mit Si-Dioden sind im X-Band schon ansehnliche Leistungen erreicht worden. Mit einer GaAs-Diode konnte nun mit über 4 % Wirkungsgrad eine HF-Leistung von mehr als 1 W bei 16 GHz erzeugt werden.

Zur Herstellung der Dioden wird eine 100 µm dicke Sperrschichtplatte epitaxial aus der flüssigen Phase gewonnen, beidseitig metallisiert und in Plättchen von 125 µm Kantenlänge zerschnitten. Diese werden einseitig aufgelötet zwischen zwei Kupferstützen im Hohlleiter verbaut und nach bekannten Verfahren der Mikrowellen-Messtechnik betrieben und ausgemessen.

Die Dioden zeigen eine Durchbruchspannung von 25 V und erzeugen im Impulsbetrieb eine maximale HF-Ausgangsleistung von 2,1 W bei 16,52 GHz und bei einem Wirkungsgrad von 5,62 %. Die HF-Ausgangsschwingungen zeigen infolge transienter thermischer Vorgänge im ansteigenden Ast eine höhere Frequenz, als bei der abfallenden Impulsflanke, doch wird man diese Erscheinung durch intensivere Kühlung mildern können.

Bemerkung des Referenten

Für Doppleranwendungen ist eine derartige Frequenzmodulation untragbar, doch wird im selben Heft der Proc. IEEE, S. 713 und 714 von *M. I. Grace* (Injection Locking of Pulsed Avalanche Diode Oscillators) über Synchronisierungsmöglichkeiten, allerdings bloss im X-Band, berichtet. *M. S. B.*

Fortsetzung auf Seite 1087

Suite voir page 1087