

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 58 (1967)  
**Heft:** 14  
  
**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:** 23.02.2026

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

## Über die Projektierung grosser Drehstromantriebe für Verdichter und die Netzurückwirkung bei Anlauf und Betrieb

621.313 : 621.51

[Nach A. Käppner: Über die Projektierung grosser Drehstromantriebe für Verdichter und die Netzurückwirkung bei Anlauf und Betrieb. Siemens-Z., 40(1966), Okt., S. 37...47]

Für die Herstellung von Kunststoffen, Düngemitteln, Sauerstoff und Treibstoff werden immer mehr Verdichter für Gas-mengen hohen Druckes benötigt. Dazu kann man Kolbenkompressoren verwenden, die auch die höchsten erforderlichen Drucke erzeugen. Sie arbeiten im Bereich niedriger Drehzahlen (kleiner als 500 U./min) und werden in der Regel unmittelbar durch eine Antriebsmaschine gleicher Drehzahl angetrieben. Die andere Lösung ist der Turboverdichter. Da bei diesem zum Erzielen eines Druckes kinetische Energie erzeugt werden muss, sind sehr hohe Drehzahlen von 3000 bis über 20 000 U./min erforderlich. Solche Verdichter werden daher meistens indirekt über Drehzahl-erhöhungsgetriebe angetrieben.

Zum Antrieb beider Verdichterarten werden heute fast ausschliesslich Drehstrom-Synchron- und Asynchronmotoren eingesetzt. Die Vor- und Nachteile beider Antriebsarten sind bekannt; wichtig ist noch, dass beim Parallelbetrieb mehrerer Kolbenkompressoren mit Synchronmotoren die Möglichkeit besteht, eine Einsteuerung der Motoren in eine bestimmte, vorwählbare relative Winkellage zueinander vorzunehmen. Beim Asynchronmotor ist dies nicht möglich.

Sowohl Synchron- als auch Asynchronmotoren laufen nach dem Induktionsprinzip ihres in Anlaufkäfig oder Läuferwicklung entwickelten Drehmomentes selbsttätig an. Mit zunehmender Drehzahl nimmt der Läuferstrom zwar ab, das erzeugte Drehmoment hängt aber bei vorgegebenem Strom in weitem Masse vom Widerstand der Anlaufstäbe oder der Läuferwicklung ab. Man kann es vergrössern, wenn der Widerstand erhöht wird. Fig. 1 zeigt die

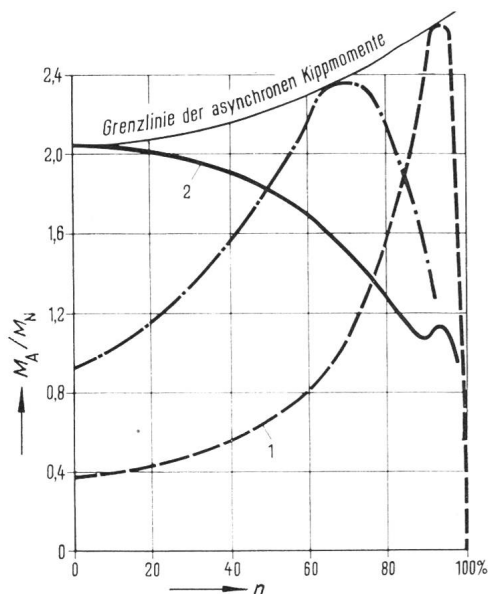


Fig. 1

Anlaufmoment eines Synchronmotors mit Anlaufwicklung bei verschiedenen Leitfähigkeiten des Stabmaterials

$M_A$  Anzugsmoment;  $M_N$  Nenndrehmoment;  $n$  Drehzahl; 1 Anlaufwicklung hoher Leitfähigkeit; 2 Anlaufwicklung niedriger Leitfähigkeit

Anlaufmomente eines Synchronmotors bei verschiedenen elektrischen Leitfähigkeiten der Anlaufstäbe. Bei Asynchronmotoren mit Käfigläufer lässt sich das Anzugsmoment unabhängig von der Stabform nur auf Kosten vom Anlaufstrom, Wirkungsgrad und Leistungsfaktor erhöhen.

Die Vergrösserung des Läuferwiderstandes bringt beim Asynchronmotor im Nennbetrieb erhöhten Schlupf und somit grössere Verluste. Der Wirkungsgrad wird also kleiner.

Im Betrieb treten bei Kolbenkompressoren wegen der mit dem Hub sich ändernden Kolbenkraft ungleichförmige Drehbewegun-

gen auf. Dementsprechend entnehmen die Antriebsmotoren dem Netz eine im Takt der Momentschwankung pulsierende Leistung. Bei Synchronmotoren besteht die Möglichkeit durch Abstimmen der Lage der Kurbelwinkel mehrerer Kompressoren die elektrischen und mechanischen Schwingungen stark zu mindern oder nahezu auszuschalten. Gelingt dies nicht, so treten starke Stromschwankungen auf, welche infolge von Spannungsschwankungen sich z. B. durch das Flimmern von Glühlampen unangenehm bemerkbar machen.

A. Baumgartner

## Trennschalter als Ersatz für 110-kV-Transformatoren-Leistungsschalter

621.316.545

[Nach M. Nurmo: Isolator as a Substitute for 110kV Transformer Breaker. Sähkö, Electricity in Finland 39(1966)7/8, S. 213...217]

Bei mittleren bis kleinen Verteiltransformatoren mit einer Leistung von 20...5 MVA und einer primären Speisespannung von etwa 110 kV betragen die Kosten des 110-kV-Leistungsschalters 30...50 % des Transformatorpreises bzw. ungefähr 15 % des Gesamtpreises der Station. Um eine Senkung der Kosten zu erreichen, wurden in Finnland Untersuchungen angestellt, mit dem Zweck, die Eignung von gewöhnlichen Trennern als Ersatz für die Leistungsschalter zu prüfen. Damit ein Trenner als Leistungsschalter eingesetzt werden kann, ist es nötig, dass der dem Transformator zunächstliegende Leistungsschalter im Netz die Funktion des Leistungsschalters des Transformators mitübernimmt. Der Trenner muss aber auch in der Lage sein, den Transformator im Leerlauf vom Netz wegzuschalten.

Der vom Trenner zu bewältigende Strom ist eine Funktion der Grösse des Transformators sowie dessen Induktion. Da neuzeitliche Transformatoren für solche Leistungen und Spannungen gewöhnlich einen Lastschalter zur Spannungsregelung haben, kann man vor Betätigung des Trennschalters die Induktion im Kern und damit den zu schaltenden Leerlaufstrom auf Werte von etwa 0,5 % des Nennstromes senken. Wie die Versuche zeigten, sind die Trennschalter ohne weiteres in der Lage, den Leerlaufstrom moderner Transformatoren von 5...20 MVA bei 110 kV jederzeit abzuschalten. Wird zusätzlich vor Betätigung des Trenners mit Hilfe des Transformatorregelschalters die Induktion auf ihren Mindestwert gesenkt, so lässt sich auch bei 50-MVA-Transformatoren der Leerlaufstrom durch den Trenner einwandfrei schalten. Bei Transformatoren älteren Datums sind dagegen infolge von höheren Leerlaufströmen noch eingehende Untersuchungen erforderlich.

W. Sterling

## Hochspannungs-Leuchtröhren

621.327.534

[Nach G. Gut und J. Wagner: Hochspannungs-Leuchtröhren. ETZ - B 18(1966)25, S. 963...969]

Bei den ersten Hochspannungs-Leuchtröhren wurde die rote Farbe der Neon-Entladung ausgenutzt. Durch Verwendung verschiedener Edelgase und Aufbringung fluoreszierender Leuchtstoffe auf der Innenwand der heute fast ausnahmslos als Quecksilberdampf-Niederdruckröhren ausgeführten Hochspannungs-Leuchtröhren können beliebige Farben erhalten werden. Bekanntlich werden in Leucht-Werbeanlagen mehrere dieser mit Kaltkathoden versehenen Entladungsgefässe, deren Betriebsstrom je nach Rohrdurchmesser 25...100 mA beträgt, in Serie geschaltet und mit einem bis zu 7500 V einstellbaren Streufeld-Transformator betrieben.

Dauerlichtschaltungen ergeben eine statische Werbewirkung. Eine dynamische Wirkung erhält man durch Einsatz von Schaltwerken, die bei Verwendung moderner elektronischer Bauelemente und Schaltungen vielfältige Möglichkeiten ergeben.

Der Steuerteil eines solchen Schaltwerkes ist aus elektronischen Digital-Bausteinen zusammengesetzt, d. h. kleinen Transistor-Schaltungen, welche die Grundfunktionen — Speicher, Zeitgeber und logische Verknüpfung der Schaltvorgänge — erfüllen. In den kontaktlosen Wechselspannungs-Leistungsstufen sind Thyristoren in Brücken- oder Antiparallelschaltung einge-

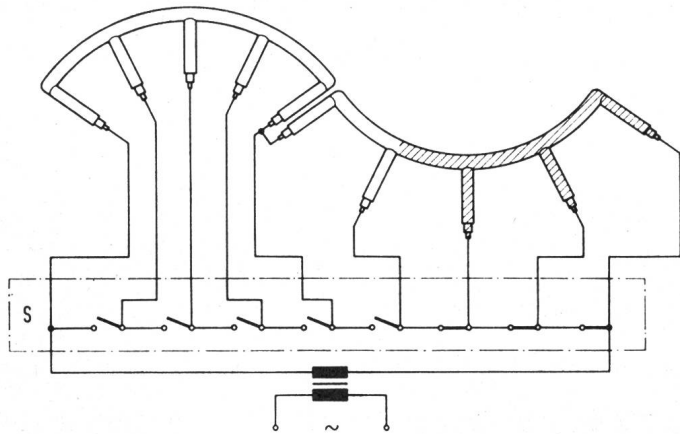


Fig. 1

Grundschaltbild für Polypol-Schaltung mit «schreibender» Werbeaussage S Schaltgerät

setzt. Eine unmittelbare Schaltung der Wechselspannung ermöglicht der Wechselspannungs-Thyristor — auch Triac (triode for alternating current) genannt.

Mit den sog. Polypol-Schaltungen erhält man ein ausdrucksvolles «schreibendes» oder «fliessendes» Licht. Gemäss Fig. 1 haben die dafür erforderlichen Leuchtröhrensysteme mehrere in bestimmten Abständen am Entladungsrohr angesetzte Elektroden. Der schreibende Effekt wird durch Serieschaltung der einzelnen Teile über ein Schaltwerk erreicht. Elektronische Farbsteuerungen wurden in jüngster Zeit vor allem im Fernen Osten (Japan) eingeführt. Es wird dabei die Intensität der drei Grundfarben Rot, Grün, Blau kontinuierlich vom Kleinst- bis zum Höchstwert verändert, das Farbdreieck wird in einem geschlossenen Kurvenzug durchlaufen. Die Intensitätssteuerung erfolgt durch Veränderung des Phasenanschnittes mittels Thyristoren.

H. Hauck

## Leistungsschwingungen in Wasserkraftanlagen

621.311.21 : 532.595

[Nach E. Pfisterer und M. Spielbauer: Vorkehrungen gegen unzulässige Leistungsschwingungen in Wasserkraftanlagen infolge Resonanzerscheinungen. Wasserwirtschaft 57(1967)1, S. 63...66]

Bei Wasserkraftanlagen können Leistungsschwingungen mit regelmässigen Frequenzen und Amplituden zu Schwierigkeiten führen, wenn sie etwa 10 % der Nennleistung der Maschinensätze übersteigen. Oft sind sie auf Eigenschwingungen im elektrischen oder hydraulischen System zurückzuführen, vor allem bei Anlagen mit Francis- oder Propellerturbinen. Wenn solche Schwingungen infolge Störkräfte das System «Generator-Turbine-Rohrleitung» in Resonanz bringen, können gefährliche stabile Schwingungen bis zu 100 % der Nennleistung auftreten. Die Ursache dieser Erscheinungen ist häufig in der Saugrohrpulsation zu finden, die bei Francis-turbinen im Teil- und Überlastbereich kaum zu vermeiden ist. Die Saugrohrpulsation rührt von Störkräften in den Abströmbedingungen der Turbine her.

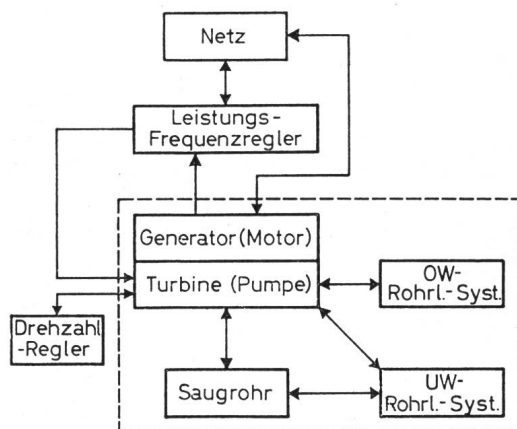


Fig. 1

Schema der möglichen gegenseitigen Beeinflussung der Schwingungssysteme in einem Pumpspeicherwerk

Um solchen Schwingungen entgegenzutreten zu können muss schon bei der Planung von Wasserkraftanlagen, vor allem bei solchen mit langen Rohrsystemen auf der Unterwasserseite, wie sie etwa bei Kavernenbauten oder Pumpspeicherwerken vorkommen, auf diese geachtet werden. Fig. 1 zeigt die möglichen Beeinflussungen der einzelnen Systeme. In der Praxis wird es aber wohl kaum möglich sein, allen denkbaren Resonanzerscheinungen Rechnung tragen zu können. Man wird von Fall zu Fall zu entscheiden haben, inwieweit diese Einzelfälle schädliche Folgen haben könnten.

Für die Planung von Wasserkraftanlagen sind oft folgende kritischen Frequenzen von Interesse und auch meistens zu berechnen:

- Saugrohrpulsation — Maschinensatz;
- Saugrohrpulsation — unterwasserseitiges Rohrsystem;
- Maschinensatz — unterwasserseitiges Rohrsystem;
- Resonanzbedingungen zwischen Teilrohrleitungen.

Werden die Schwungmomente der Maschinensätze ausreichend bemessen und durch günstige Gestaltung der Rohrleitungssysteme kritische Frequenz- bzw. Längenverhältnisse vermieden, so ist die Entstehung von Resonanz bereits stark unterdrückt. Um die Beeinflussung der Turbinen vor Druckschwingungen zu schützen, ist ein Aufspalten der Leitungssysteme anzustreben. Wo dies nicht möglich ist, können an geeigneten Stellen Elemente zur Verstimmung des Systems, wie etwa mit Hilfe von Windkeseln, eingebaut werden.

Ch. Rogenmoser

## Entwicklung der technischen Literatur in Indien

07(540) : 62

[Nach P. Sampath und V. S. Murthy: Technical Writing in India. Trans. IEEE Engng. Writing and Speech, EWS-9(1966)2, S. 30...32]

Indien, ein Land, das während Jahrhunderten der Landwirtschaft verhaftet blieb, strebte in den letzten zwei Jahrzehnten nach möglichst rascher Industrialisierung, wobei aber die Entfaltung einer technischen Literatur nur in sehr beschränktem Mass Schritt mit der industriellen Entwicklung hielt. In einer Reihe von 5-Jahresplänen war die Förderung des technischen Unterrichtswesens, der Forschung und der engen Zusammenarbeit von Forschung und Industrie vorgesehen. Mit zunehmendem Tempo der Forschung und der Entwicklung industrieller Tätigkeit stellte sich auch in wachsendem Masse das Bedürfnis nach Austausch von Erkenntnissen und Erfahrungen zwischen Forscher und Ingenieur, durch das Mittel der Presse ein. Diesen Bestrebungen standen jedoch Hindernisse mannigfacher Art entgegen. Beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten stellen die Vielfalt der bestehenden Sprachen und der Mangel einer einheitlichen Nationalsprache dar, wodurch die Erlernung einer Fremdsprache erschwert, wenn nicht verunmöglicht wurde. Die Techniker zeigten sich, mangels Beherrschung des Wortschatzes einer ihnen nicht geläufigen Fremdsprache, sehr zurückhaltend in der Abfassung technischer Aufsätze. Dazu kamen eine gewisse Interesselosigkeit am schriftlichen Austausch gemachter Erfahrungen und erworbener Kenntnisse, sowie eine sich steigernde Mißstimmung, wenn die erwartete Anerkennung oder Ermunterung finanzieller oder sozialer Art ausblieb.

Heute wird allgemein anerkannt, dass im Interesse einer raschen Industrialisierung des Landes ein Austausch technischer Erfahrungen und Kenntnisse zwischen Forschern und Technikern durch das Mittel der Presse von grösster Wichtigkeit ist.

Der Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), hat eine Reihe von nationalen Laboratorien eingerichtet, in welchen bereits mehrere tausend Forscher und Ingenieure tätig sind. Es erscheinen über 70 Fachzeitschriften, die technische Sondergebiete betreffen und ein kürzlich veröffentlichter Bericht des CSIR stellt fest, dass seit 1955 bis 1962 sich die Zahl der veröffentlichten Forschungsarbeiten und technischen Berichte verachtfacht hat. Um bei der kommenden Generation von Forschern und Ingenieuren die Neigung zur Mitteilung zu fördern, wird vorgeschlagen, ein an einigen U.S. Universitäten und Colleges übliches Prüfungsprogramm einzuführen, welches zur Erlangung der «Graduation» auch die Prüfung in der Gewandtheit der schriftlichen Ausdrucksfähigkeit vorsieht.

M. P. Misslin

## Graphische Darstellungen mit Hilfe des Computers

681.3.04 : 518.4

[Nach M. David Prince: Man-Computer Graphics for Computer-Aided Design. Proceedings of the IEEE, 54(1966)12, S. 1698...1707]

Durch unmittelbaren Informationsaustausch (graphisch und mittels Tastatur) ist es möglich, sich beim Konstruieren des Computers zu bedienen. Dafür wurden spezielle Programmiersprachen und Ein- bzw. Ausgabeeinheiten, wie z. B. Lichtschreiber, besondere Tastaturfelder usw. geschaffen.

Der Lichtschreiber, kombiniert mit der Anzeigeröhre, ist das wichtigste Hilfsmittel für graphische Darstellungen. Er besteht im Prinzip aus einer Optik und einem Photoelektronenvervielfacher. Die Anzeigeröhre wird ähnlich wie ein Fernsehbild regelmässig abgetastet. Fällt der Abtastpunkt auf den, mit der Spitze auf die Anzeigeeinheit gelegten Lichtschreiber, so wird der Ablenkvorgang angehalten. Der Leuchtpunkt folgt nun dem Lichtschreiber. Wie mit einem Bleistift können Linien gezeichnet werden. Die Koordinaten aller Punkte werden im Computer gespeichert.

Durch spezielle Programme können beliebige Teile des Bildes vergrössert, verkleinert, in allen Richtungen geschoben oder um einen beliebigen Fixpunkt gedreht werden. Einzelne Bildteile können dupliziert und bereits gezeichnete Linien gelöscht werden. Man kann aus einer Probeauswahl verschiedener gespeicherter Standardelemente beliebige auswählen und an gewünschten Stellen im Bild einsetzen. Genaue Koordinaten kann man auch mit Lochkarten oder einer Fernschreibertastatur eingeben. Unterprogramme im Computer erleichtern das Zeichnen von Kreisen und anderen komplizierteren Kurven. Für das Zeichnen eines Kreises genügt z. B. die Angabe von Zentrum und Radius mittels Lichtschreiber, Tastatur oder Lochkarten. Da alle Daten bereits im Computer gespeichert sind, ist die Berechnung der verschiedenen Eigenschaften des konstruierten Teils, wie z. B. Fläche, Volumen, Schwerpunkt, Trägheitsmomente usw., sehr einfach.

Kopien der Zeichnung kann man erhalten durch Photographieren der Anzeigeröhre. Für genauere Darstellungen benutzt man eine numerisch gesteuerte Zeichnungsmaschine. Damit erreicht man Genauigkeiten von 0,1 mm auf 3,6 mm. H. P. von Ow

## Computeranwendungen im Spital

681.3 = 64.024.8

[Nach S. I. Allen u. a.: Use of a Time-Shared General-Purpose File-Handling System in Hospital Research. Proceedings of the IEEE, 54(1966)12, S. 1641...1648]

Seit längerer Zeit untersucht man in den USA in einem Versuchsprogramm Methoden der automatischen Datenverarbeitung für medizinische Forschung und Patientenüberwachung. Benützt wird ein normaler Computer mit geteilter Zugriffszeit (time-sharing). In einem Spital stellen sich Probleme, die ähnlich sind wie in einem grossen Geschäftsbetrieb mit Lieferanten, Kunden und verschiedenen Abteilungen. Buchführung, Überwachen der Belegungen, Sammeln und Speichern von Untersuchungsergebnissen usw. sind Datenverarbeitungsprobleme. Die Patientenbetreuung in einem grossen Spital hat sich in den letzten Jahren radikal verändert. Die Zahl der spezialisierten Personen, die mit einem einzigen Patienten in Berührung kommt, hat sich gegenüber früher ungefähr verzehnfacht. Der Informationsaustausch unter ihnen wird zu einem zeitraubenden, komplizierten Problem.

Das experimentell aufgebaute System ist so einfach, dass das Spitalpersonal nach kurzer Einführung ohne Hilfe von Computerspezialisten dem Computer alle gewünschten Informationen eingeben bzw. entnehmen kann. Der Computer wird benutzt für die Registrierung von Annahme, Entlassung und Transfer von Patienten, Plan für Bettenbelegung, Speichern der Krankheitsgeschichten, Diagnosen und Behandlungen, Speichern und Auswerten von Laboruntersuchungen, Verzeichnis und Lagerhaltung der Medikamente usw. 64 im Spital verteilte Fernschreiber sorgen für die Verbindung mit dem Computer. Dieser arbeitet mit geteilter Zugriffszeit mit verschiedenen Prioritätsstufen. Er besitzt verschiedene Speicher (Kernspeicher, Trommelspeicher und Bandspeicher), die je nach Aktualität und notwendiger Zugriffszeit der Information belegt werden.

Das Spitalpersonal benutzt eine stark vereinfachte Programmiersprache. Sie ist beinahe reines Englisch. Spezialstudien sind möglich mittels einer «Fortran»-ähnlichen Sprache. Sie ermöglicht komplizierte statistische Untersuchungen, die ohne Computer nur sehr schwierig und teuer durchführbar wären.

H. P. v. O.

## Gläser mit lichtabhängiger Durchlässigkeit

666.11 : 535.343

[Nach G. P. Smith: Chameleon in the sun: Photochromic glass. IEEE Spectrum December 1966 S. 39...47]

Materialien, die sich bei Lichtbestrahlung reversibel verändern, sind schon lange bekannt, haben aber erst in den letzten Jahren ernsthafte Beachtung gefunden. Mögliche Anwendungen sind Sonnenbrillen und Scheiben für Autos und Flugzeuge, die je nach Lichtintensität dunkler werden, sowie für Speicherung und zur Anzeige von Daten, und in der Photographie zum Schutz lichtempfindlicher Materialien.

Es gibt anorganische und organische auf Licht reversibel veränderliche Stoffe. Die Reaktion ist abhängig von der Intensität und dem spektralen Charakter des Lichtes, der Temperatur und der Vorgeschichte des Materials. Am besten geeignet für Gläser mit lichtabhängiger Transparenz sind Silberhalide. Sie sind vollständig reversibel und zeigen keine Ermüdungserscheinungen. Die meisten dieser Gläser dunkeln bei Beleuchtung in einen grauen oder rötlich-grauen Farbton. Die Dunkelungsgeschwindigkeit ist bei normalen Temperaturen abhängig von der Lichtintensität, die Erholungszeit hingegen von der Zusammensetzung und der Wärmebehandlung des Glases. Je nach Glasart handelt es sich um Zeiten von Sekunden bis Stunden. Die Gläser, welche am dunkelsten werden, haben die längste Erholungszeit. Bei erhöhter Temperatur wird das Glas weniger dunkel. Setzt man das Glas langwelligen Licht aus, so entsteht eine Art Bleicheffekt. Die Erholungszeit (Löschen) von Gläsern, welche zur Informationsanzeige verwendet werden, kann damit stark reduziert werden. Das Auflösungsvermögen dieser Gläser ist sehr hoch, gleich gut oder besser als dasjenige feinkörniger photographischer Materialien. Beim Glas ist kein Entwicklungsprozess notwendig, hingegen ist das Bild nicht beständig, so dass es nur für photographische Zwischenprozesse verwendet werden kann.

Bei einem Forschungsprojekt sucht man nach einem Glas, das geeignet ist, die Augen bei Atomblitzen zu schützen. Der Transmissionskoeffizient sollte innerhalb von 50  $\mu$ s von 75 % auf 0,01 % sinken. Diese Anforderung scheint in naher Zukunft erfüllbar zu sein. H. P. v. O.

## Automatisches Elektronenstrahl-Abgleichen von Widerständen

621.316.8

[Nach M. von Ardenne u. a.: Automatisches Elektronenstrahl-Abgleichen von Dünnschichtwiderständen mit kontinuierlichem Durchlauf der Bauelemente durch die Bearbeitungskammer. Hermsdorfer Techn. Mitt. 7(1966)16, S. 477...483]

Seit einigen Jahren hat der Elektronenstrahl als Werkzeug für besondere thermische Bearbeitungen Anwendung gefunden. Eine dieser Anwendungen ist das automatische Abgleichen von Dünnschichtwiderständen.

Ein Dünnschichtwiderstand besteht aus einer dünnen Metallschicht, die auf einem Substrat, einem Träger, aufgedampft ist. Nach dem Aufdampfen bildet der Widerstand eine rechteckige Fläche, die auf zwei Seiten mit Anschlüssen versehen ist. In die rechteckige Fläche des Widerstandes werden nun durch eine automatische Elektronenstrahl-Abgleicheinrichtung von beiden Seiten Einschnitte angebracht. Dadurch erhält der Widerstand eine lange schmale meanderförmige Bahn.

Die Substrate werden zur Einführung in die Bearbeitungskammer der Abgleicheinrichtung in Transportsteine gelegt. Diese werden mittels einer Transporteinrichtung dicht hintereinander durch Vorkuumstufen in die Bearbeitungskammer, in der ein hohes Vakuum herrscht, transportiert. Nach dem Abgleichvorgang verlassen die Steine die Bearbeitungskammer und gelangen durch eine Reihe von Druckstufen wieder in die Aussenatmosphäre.



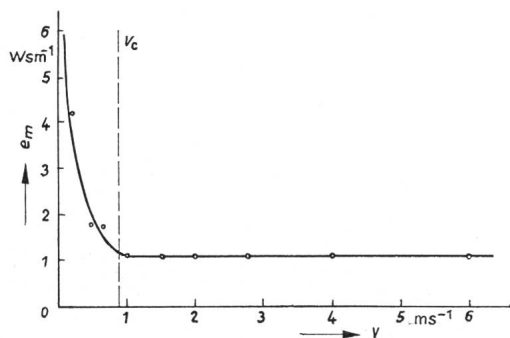


Fig. 1  
Abhängigkeit der «Meterenergie»  $e_m$  von der Bearbeitungsgeschwindigkeit  $v$  bei einer Abtragbreite von  $17 \mu\text{m}$  und einer Beschleunigungsspannung von  $50 \text{ kV}$

$v_c$  charakteristische Bearbeitungsgeschwindigkeit, oberhalb der die «Meterenergie» in weiten Grenzen von der Bearbeitungsgeschwindigkeit praktisch unabhängig ist

Für den Abgleichvorgang ist ein Arbeitstakt von  $2,4 \text{ s}$  vorgesehen, so dass in einer Stunde die Widerstände von  $1500$  Substraten abgeglichen werden können.

Die Beschleunigungsspannung für den Elektronenstrahl in der Bearbeitungskammer kann zwischen  $25$  und  $125 \text{ kV}$  eingestellt werden. In der Regel wird mit Spannungen von  $25...50 \text{ kV}$  und mit Bearbeitungsströmen von  $50...100 \mu\text{A}$  abgeglichen. Der Elektronenstrahl wird mit einer Geschwindigkeit  $v \approx 1 \text{ ms}^{-1}$  über den abzugleichenden Widerstand hinweggeführt. Fig. 1 zeigt die Abhängigkeit der Meterenergie  $e_m$  in  $\text{Wsm}^{-1}$  von der Bearbeitungsgeschwindigkeit  $v$  in  $\text{ms}^{-1}$ . Das Diagramm gilt für eine Beschleunigungsspannung von  $50 \text{ kV}$  und eine Abtragbreite von  $17 \mu\text{m}$  einer NiCr-Schicht auf einem Keramiksubstrat. Oberhalb der charakteristischen Bearbeitungsgeschwindigkeit  $v_c \approx 0,9 \text{ ms}^{-1}$  ist die Meterenergie unabhängig von der Bearbeitungsgeschwindigkeit.

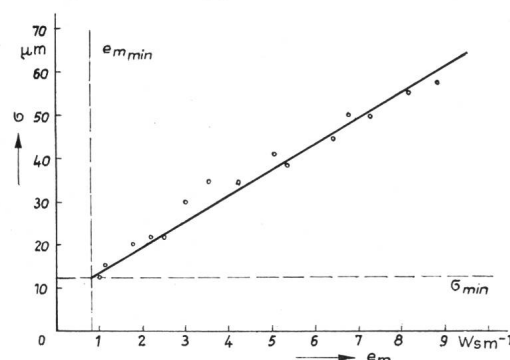


Fig. 2  
Abhängigkeit der Abtragbreite  $\sigma$  von der «Meterenergie»  $e_m$  bei einer Bearbeitungsgeschwindigkeit von  $1 \text{ ms}^{-1}$  einer NiCr-Schicht auf einem Keramiksubstrat und einer Beschleunigungsspannung von  $50 \text{ kV}$

keit. Aus Fig. 2 ist zu entnehmen, dass oberhalb einer Abtragbreite  $\sigma_{\min}$  und einer zugehörigen minimalen »Mindestmeterenergie«  $e_{m \min}$  die Abtragbreite mit der «Meterenergie» annähernd linear ansteigt.

H. Gibas

<sup>1)</sup> Unter «Meterenergie» soll die Energie, die auf das Substrat einstrahlt wird, und die zur Abtragung eines Striches von  $1 \text{ m}$  Länge benötigt wird, verstanden werden.

### Stromaufwärtsregelung von Hochfrequenztransistoren

621.382.3.029.6 : 621.316.721

[Nach H. Hargasser und W. Meer: Hochfrequenztransistoren mit Regelungseigenschaften — Stromaufwärtsregelung. Siemens-Bauteile-Informationen 4(1966)5, S. 136...141]

Die Leistungsverstärkung von stromaufwärtsregulierten Transistoren erreicht bei einem relativ kleinen Kollektorstrom von einigen Milliampère den höchsten Wert (Kurven 1 und 3 in Fig. 1). Mit steigendem Kollektorstrom nimmt die Verstärkung ab. Transistoren mit Stromaufwärtsregelung werden für Hochfrequenzvorstufen von Fernsehempfängern im Frequenzbereich von  $40...860 \text{ MHz}$  und für Zwischenfrequenzverstärker solcher Empfangsgeräte im Frequenzbereich von  $30...50 \text{ MHz}$  verwendet. Dieses System der Verstärkungsregelung hat den Vorteil, dass der Kollektorstrom gerade bei grossen Eingangssignalen, wenn die

Verstärkerstufe heruntergeregt ist, einen grossen Wert annimmt.

Eine Schaltung, mit der die Verstärkung stromaufwärts geregelter Transistoren gemessen werden kann, ist in Fig. 2 angegeben. Mit dem Potentiometer wird die Emitterspannung und damit der Kollektorstrom des Transistors eingestellt. Die Ausgangs- und Eingangsimpedanz der Meßschaltung betragen  $60 \Omega$ . Der Kreis

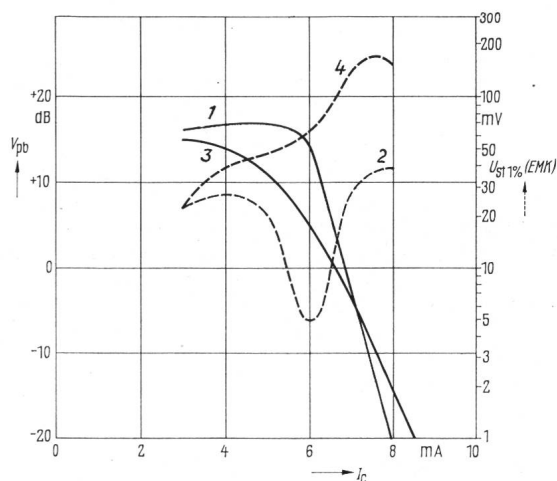


Fig. 1

### Regelkurven von stromaufwärtsregulierten Transistoren

Leistungsverstärkung  $V_{pb}$  in dB (Kurven 1 und 3) und Störspannung  $U_{st}$  am Eingang der Meßschaltung in mV (Kurven 2 und 4), bei der sich eine Kreuzmodulation von  $1\%$  ergibt. Die Kurven 1 und 2 gelten für einen flach legierten Transistor, die Kurven 3 und 4 für einen Transistor mit Stufenbasis

zwischen dem Eingang der Schaltung und dem Emmitter des Transistors und der Kreis am Kollektor sind so abgestimmt, dass die Impedanzen am Eingang und am Ausgang angepasst sind.

Beim geregelten Transistor einer Eingangsstufe ist auf die Kreuzmodulation zu achten, die ebenfalls, wie die Verstärkung, von der Grösse des Kollektorstromes abhängt. Die Kurven 2 und 4 in Fig. 1 geben die Störspannungen  $U_{st}$  am Eingang der Meßschaltung an, bei denen die Kreuzmodulation  $1\%$  beträgt. Zur Regelkurve 1 gehört die Störspannungskurve 2 und zur Regelkurve 3 gehört die Störspannungskurve 4. Die Regelkurve 1 hat bei einem Kollektorstrom von ca.  $6 \text{ mA}$ , bei dem die Regelung einsetzt, einen scharfen Knick. Bei diesem Strom sinkt die Störspannungskurve 2 stark; die Störspannung erreicht einen minimalen Wert von ca.  $5 \text{ mV}$ . Günstigere Werte der Störspannung erreicht man, wenn es gelingt, den Knick der Regelkurve, bei dem die Regelung einsetzt, abzurunden. Dies ist beispielsweise bei dem Transistor gelungen, zu dem die Regelkurve 3 und die Störspannungskurve 4 gehören. Die Kurve 4 hat mit ansteigendem Kol-

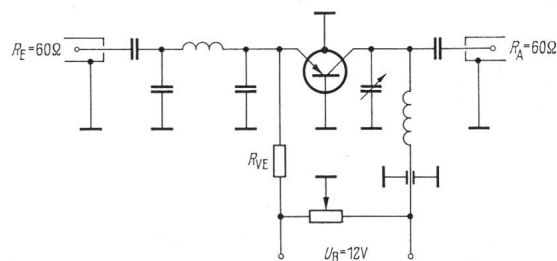


Fig. 2

### Meßschaltung für Regelkurven eines Transistors

$R_E$  Eingangswiderstand;  $R_A$  Ausgangswiderstand;  $R_{VE}$  Vorwiderstand im Emitterschalt,  $1 \text{ k}\Omega$ ;  $U_B$  Speisespannung

lektorstrom und kleiner werdender Verstärkung eine ansteigende Tendenz und weist kein Minimum wie die Kurve 2 auf.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um einen Transistor für die Stromaufwärtsregelung geeignet zu machen. Die Emittinjektion soll inhomogen sein. Dies kann beispielsweise durch einen Transistor mit keilförmig einlegiertem Emittor erreicht werden. Weitere Möglichkeiten bestehen darin, die Basiszone des Transistors unterschiedlich zu dotieren oder der Basis eine stufenförmige Struktur zu geben.

H. G.