

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 58 (1967)
Heft: 6

Rubrik: Mitteilungen SEV

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

ROBERT BOYLE

1627 — 1691

So wie es seinerzeit üblich war, musste auch Robert, der 7. Sohn und das 14. Kind des Grafen *Richard Boyle* von Cork, sehr früh Latein und Französisch lernen. Am 25. Januar 1627 im Schloss Lismore in Irland geboren, kam er mit 8 Jahren ans College in Eton. In Begleitung eines französischen Hauslehrers reiste er von 1638 — 1644 auf dem Kontinent, wo er sich unter anderem in Florenz mit *Galileis* Theorien beschäftigte. Wieder in England, widmete er sich wissenschaftlichen Forschungen und galt im sog. «unsichtbaren College» bald als ein Prominenter.

Im Jahr 1654 kam er nach Oxford. Die Schriften *Otto von Guericke*s über die Luftpumpe veranlassten 1657 ihn und Robert Hooke, diese zu verbessern; das Ergebnis war die zwei Jahre später beschriebene «*macchina Boyleana*», eine doppelt wirkende Luftpumpe. Es folgten Experimente über die Eigenschaften der Luft, in deren Verlauf er 1662 als Erster erkannte, dass sich das Volumen eines Gases umgekehrt proportional mit dem Druck ändert. Unabhängig von ihm veröffentlichte der Franzose *Mariotte* 15 Jahre später den gleichen Zusammenhang, weshalb dieser heute als Boyle-Mariottesches Gesetz bezeichnet wird.

Boyles grosse Liebe galt der Chemie. Er vertrat die Ansicht, Materie bestehe aus unterschiedlich gearteten und ungleich grossen Korpuskeln, die sich in verschiedener Art gruppieren können. Er versuchte auch Metalle umzuwandeln und studierte die Verbrennung und die Vorgänge bei der Atmung.

Wichtiger waren aber Arbeiten physikalischer Art, so über die Bedeutung der Luft für die Schallübertragung, der spezifischen Gewichte des Quecksilbers, Brechungseigenschaften von Kristallen, Farbe, Hydrostatik. Er entdeckte auch die Kältewirkung der Mischungen aus Schnee und Salzen, stellte die Siedepunktniedrigung im Vakuum fest und wies nach, dass die Anziehung zwischen einem geriebenen, elektrisch gewordenen Körper und dem angenäherten Körper eine gegenseitige ist. Ferner entdeckte er, dass die elektrischen Kräfte auch im Vakuum wirken.

1663 wurde das «unsichtbare College» mit Zustimmung König *Charles II.* in die «Royal Society» übergeführt und Boyle in der Gründungsurkunde zu ihrem Mitglied ernannt. 1680 hätte er Präsident dieser illustren Gesellschaft werden sollen, lehnte jedoch die Ehrung wegen seiner Bedenken gegen das Schwören ab. In seinen spätern Jahren interessierte sich Boyle auch für Theologie und lernte Hebräisch und Griechisch, um die Bibel im Originaltext lesen und übersetzen zu können. Seither lebte er — als Junggeselle — in London, wo er am 30. Dezember 1691 starb.

H. Wüger



Bibliothèque nationale, Paris

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Durch den elektrischen Schlag hervorgerufene gesundheitsschädliche Auswirkungen

614.825

Am 12. Dezember 1966 hielt *Ch. F. Dalziel*, Professor für Elektrotechnik an der Universität von California in Berkeley, am Physiologischen Institut der Universität Zürich einen Vortrag über die von ihm durchgeführten Versuche. Seine interessanten Darlegungen sollen im folgenden kurz zusammengefasst werden.

Infolge seines hochentwickelten Nervensystems ist der Mensch gegenüber dem elektrischen Strom sehr empfindlich. Untersuchungen über das Auftreten der *ersten Empfindungen* an den Händen (Wärme bei Gleichstrom, Prickeln bei Wechselstrom) zeigten bei einer Gruppe von 115 Versuchspersonen eine Normalverteilung nach *Gauss*, deren Mittelwert (50%-Wert) bei 5,2 mA für Gleichstrom und bei 1,1 mA für Wechselstrom liegt. Frauen sind 1,5mal empfindlicher als Männer. Der Einfluss der Frequenz zeigte sich darin, dass zwischen 100 und 200 kHz das Gefühl des Prickelns in ein Hitzegefühl übergeht. Bei Erhöhung des 60-Hz-Stromes über 1,1 mA kommt zum Gefühl des Prickelns ein Zusammenziehen der Muskeln, das mit zunehmender Stromstärke immer stärker wird; dazu kommt ein zunehmendes Hitzegefühl. Man beginnt Schmerzen zu empfinden, und die bewusste Kontrolle über die Muskeln die im Stromweg liegen, wird in zunehmendem Masse erschwert. Die grösste Stromstärke, bei der ein elektrischer Leiter durch Betätigung der dem Strom direkt

ausgesetzten Muskeln noch losgelassen werden kann, wird als *Loslass-Strom* (*let-go current*) bezeichnet. Bei Stromstärken, die nur wenig darüber liegen, wird das Opfer am Leiter hängenbleiben (*freeze*), wobei Schmerzen und Angstgefühle auftreten. Wenn eine Person längere Zeit Stromstärken ausgesetzt ist, die auch nur wenig über dem Loslass-Strom liegen, so kann dies zu Erschöpfung, Atemnot, Kollaps und Bewusstlosigkeit mit Todesfolge führen. In Fig. 1 sind die Loslass-Stromwerte, die bei 134 Männer und 28 Frauen ermittelt wurden als Punkte aufgetragen. Der Durchschnittswert (50%-Wert) des 60-Hz-Loslass-Stromes liegt für Männer bei 16 mA und für Frauen bei 10,5 mA; die Frauen waren auch hier 1,5mal empfindlicher. Als Grenzwerte der Normalverteilung wurden 99,5 und 0,5 % als praktische Grenze angenommen. Der Widerstand des menschlichen Körpers hat eine fallende Charakteristik: Der Widerstand wird geringer, wenn Stromstärke oder Spannung zunehmen oder wenn die Einwirkdauer verlängert wird. Bei starken Verbrennungen oder Berührungen mit Funkenbildung findet man häufig einen Wert von nur 500 Ω , bei nassen Kontaktstellen aber unverletzter Haut 1000 bis 1500 Ω .

Die grösste Gefahr bedeutet das *Herzkammerflimmern*, das schon bei relativ niedrigen Stromstärken auftreten kann; dagegen nimmt bei grossen Stromstärken die Wahrscheinlichkeit dafür wieder ab. An Stelle des Menschen wurden für diese Versuche Tiere, vielfach Schafe, die nach Körper- und Herzgewicht am ehesten dem Menschen entsprechen, verwendet.

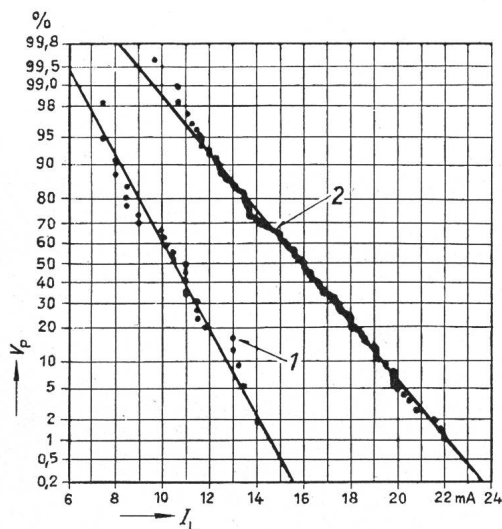


Fig. 1
Normalverteilung des Loslass-Stromes I_L bei 60 Hz für Männer und Frauen
 V_p Versuchspersonen
1 Versuchswerte für 28 Frauen; 2 Versuchswerte für 134 Männer

Der Einfluss der Einwirkdauer des Stromes ist in Fig. 2 dargestellt; das schraffierte Gebiet entspricht dem 0,5-%-Wert für alle 70 kg schweren Tiere. Man sieht, dass der Strom in der Form $I = k/\sqrt{t_E}$ von der Einwirkdauer t_E abhängt, wobei sich für einen zulässigen 0,5-%-Wert ein k von 135 ergibt.

$$I(1/2\%) = 135/\sqrt{t_E} \text{ mA} \quad (t_E \text{ in s})$$

Mit einem Körperwiderstand von 500 Ω als sichere Grenze, entspricht das einer zulässigen Energie von 9 Ws, gültig innerhalb 0,01 ... 5 s Einwirkdauer. In Fig. 3 sind die theoretischen Werte für den Loslass-Strom und das Auftreten von Herzkammerflimmern in Funktion der Einwirkdauer dargestellt, welche für 50- und 60-Hz-Ströme auch auf den Menschen angewendet werden können.

Die 50%-Werte für Gleichstrom liegen alle etwa fünf mal höher als diejenigen für 60-Hz-Strom: Spürbar sind erst 5,2 statt 1,1 mA; der Loslass-Strom beträgt 75 statt 16 mA und damit

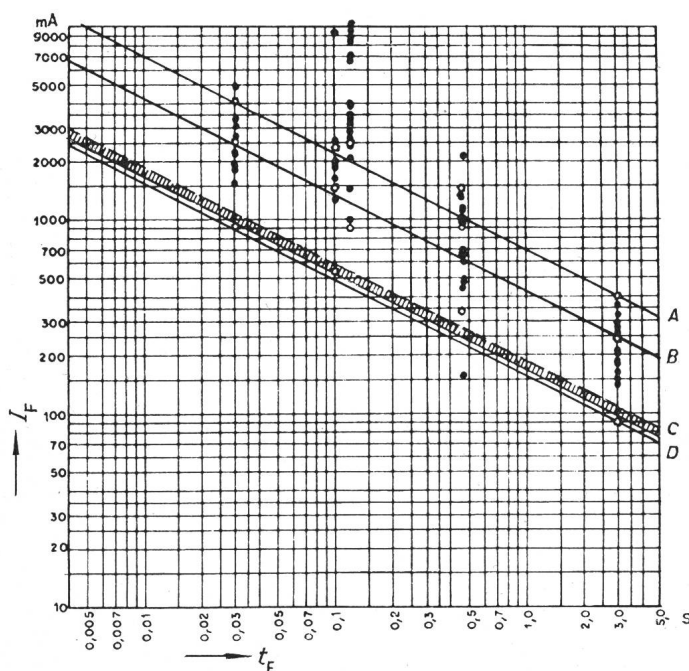


Fig. 2
Beziehung zwischen dem 60-Hz-Strom I_F , der Herzkammerflimmern hervorruft, und der Einwirkdauer t_E bei Schafen
A 99,5%-Linie für Schafe; B 50%-Linie für Schafe; C 0,5%-Linie für 70 kg schwere Tiere; D 0,5%-Linie für Schafe

Herzflimmern auftritt braucht es 670 mA während 1 s gegenüber 135 mA während 1 s bei 60 Hz.

Einmalige Kondensatorentladungen bis 50 Ws beeinflussten die Herztätigkeit von Hunden in keiner Weise, so dass angenommen werden kann, dass für Menschen etwas höhere Energien noch zulässig sind. Da aber bei schwereren Tieren diese Versuche nicht durchgeführt wurden, wird auch für den Menschen als obere Sicherheitsgrenze 50 Ws angenommen. Ab Energien von 0,25 Ws ist die Impulsstromeinwirkung schon äusserst unangenehm; es empfiehlt sich daher, Weidezaun-Geräte und ähnliche Apparate auf diesen Wert zu begrenzen. Ströme, die stark genug sind um Sicherungen auszulösen, zerstören häufig das Gewebe der Haut und können dem Nervensystem unheilbare Schäden zufügen. Diese elektrischen Verbrennungen heilen sehr langsam, aber sie entzünden sich nur selten. Thermische Verbrennungen durch Lichtbögen, heisse Gase oder geschmolzene Metalle erzeugen Blasen oder Verkohlungen. Jede ernste Verbrennung sollte sofort ärztlich behandelt werden.

Bei einem Elektrounfall muss als Erstes das Opfer schnell und sicher vom Stromkreis befreit werden, entweder durch Abschalten oder durch Wegziehen. Wenn ein Strom durch die Brust, den Kopf oder ein Nervenzentrum geflossen ist, kann eine Läh-

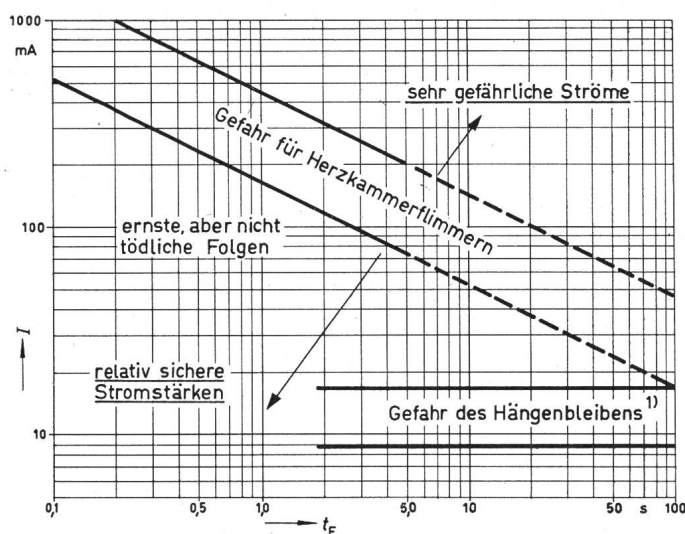


Fig. 3
Gegenüberstellung der 60-Hz-Ströme I , die bereits gefährlich sind und solchen, die noch relativ sicher sind, in Funktion der Einwirkdauer t_E
2) Wenn der Stromkreis nicht unterbrochen wird, kann jede höhere Stromstärke den Tod verursachen

mung des Atmungssystems eintreten, das auch nach der Unterbrechung des Stromzuflusses noch lange anhalten kann. Wenn dies der Fall ist, muss sofort mit der künstlichen Beatmung begonnen werden. Wenn Herzkammerflimmern auftritt, setzt die rhythmische Pumptätigkeit des Herzes aus, worauf gewöhnlich sehr bald der Tod eintritt. Daher muss unmittelbar nach dem Unfall mit einer Herzmassage begonnen werden. Die Wiederbelebungsversuche führt man so lange fort, bis das Opfer wieder zu sich kommt oder der herbeigerufene Arzt den Tod feststellt. Glücklicherweise erholen sich viele Menschen selbst nach schweren Elektrounfällen wieder und tragen keine dauernden Nachwirkungen davon, nachdem die Verbrennungen abgeheilt sind.

Literatur

- [1] H. Viehmann: Grenzen der Ungefährlichkeit des elektrischen Stromes. Elektronik 14(1965)11, S. 338...340.
- [2] C. Dalziel: Les effets nuisibles du choc électrique. Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale, Genève 1962.
- [3] C. Dalziel: Threshold 60-Cycle Fibrillating Currents. Trans. AIEE Power Apparatus and Systems 79(1960)50, S. 667...673.
- [4] P. Osypka: Messtechnische Untersuchungen über Stromstärke, Einwirkdauer und Stromweg bei elektrischen Wechselstromunfällen an Mensch und Tier. Bedeutung und Auswirkung für Starkstromanlagen. Elektromedizin 8(1963)3, S. 153...179 + Nr. 4, S. 193...214.

F. Schwab

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Halbleiter-Laser

621.375.029.6 : 535.2

[Nach Marshall I. Nathan: Semiconductor Lasers, Proc. IEEE 54(1966)10, S. 1276...1290]

Der Halbleiter-Laser benützt die Quantenübergänge zwischen dem Leitungs- und Valenzband. Damit stimulierte Emission möglich ist, muss das energetisch höher liegende Leitungsband gegenüber dem thermischen Gleichgewichtszustand stärker und das Valenzband schwächer besetzt sein, was durch einen der folgenden Pumpmechanismen erreicht wird:

1. *Injektion.* Eine Halbleiterdiode wird auf der n-Seite mit Donatoren, welche das Leitungsband bis zum Fermi-Niveau füllen und auf der p-Seite mit Akzeptoren, welche das Valenzband bis zum Fermi-Niveau leeren, dotiert. Fließt durch die Diode von der n- nach der p-Seite ein hoher Strom mit einer Stromdichte von bis zu $1 \cdot 10^5 \text{ A/cm}^2$, so wird beim p-n-Übergang Populationsinversion zwischen Leitungs- und Valenzband und damit stimulierte Emission erreicht. Die Laserstrahlung verlässt den Halbleiter bei der p-n-Übergangszone, die Flächen senkrecht zu ihr bilden den optischen Resonator. Der Injektionslaser hat gegenüber den andern Lasern die Vorzüge, dass er klein ist, nur eine kleine Speisespannung braucht, sogar mit Mikrowellenfrequenzen durch Variation des Stromes amplitudenmoduliert werden kann, und auch Frequenzmodulation mit Ultraschall oder gesteuerter Stromverteilung im Halbleiter möglich ist. Nachteilig ist die schwierige Herstellung des p-n-Überganges sowie der Umstand, dass Dauerstrichleistungslaser mindestens mit flüssiger Luft gekühlt werden müssen, damit die auf kleinem Raum erzeugte Verlustenergie abgeführt werden kann. Dagegen ist die Konstruktion von ungekühlten Halbleiter-Lasern, welche Impulse von einigen Nanosekunden Dauer abgeben, gelungen. Die Dioden-Laser arbeiten nur selten in einem einzigen Schwingungsmodus und nur einer Frequenz, so dass bei der Nachrichtenübertragung kein Heterodyn-Empfang verwendet werden kann.

2. *Pumpen mit Elektronenstrahl.* Ein Elektronenstrahl wird auf einen homogen dotierten Halbleiter-Kristall gerichtet, so dass in einer oberflächenschicht Elektronen und Löcher erzeugt werden, die ins Leitungs- bzw. Valenzband zerfallen und eine Populationsinversion zwischen diesen beiden Bändern aufbauen.

3. *Optisches Pumpen.* Statt eines Elektronenstrahles wie unter Ziff. 2. wird Licht verwendet. Beim optischen Pumpen eines Halbleiters mit Licht aus einem Rubin-Laser wurde eine Spitzenleistung von 30 kW erreicht.

4. *Lawinen-Durchbruch.* In einem Halbleiter werden die Leitungselektronen durch eine hohe, extern angelegte Spannung so stark beschleunigt, dass sie Elektronen und Löcher erzeugen. Es bildet sich wie unter Ziff. 3. und 4. eine Populationsinversion zwischen Leitungs- und Valenzband aus, so dass eine stimulierte Emission möglich wird.

Gegenwärtig werden ca. 20 halbleitende Legierungen, Salze und das Element Tellur zur Herstellung von Lasern verwendet, wobei der GaAs-Laser bis jetzt am eingehendsten untersucht wurde. Die Halbleiter-Laser liefern Strahlung im Frequenzbereich vom Ultraviolett bis zum Infrarot. Im Impulsbetrieb sind beim Injektions-Laser mit einem Stromimpuls von 300 A und 30 ns Dauer 30 W erreicht worden. Versuchsweise wurden mit Halbleiter-Lasern logische Elemente entwickelt, doch scheint ein optischer Computer gegenwärtig nicht vielversprechend zu sein. Trotz der Absorption in der Atmosphäre konnten bei einer andern Anwendung 24 Sprachkanäle über eine Distanz von 13 km übertragen werden.

H. Kramer

Ein Breitband-Übertragungssystem im 6-GHz-Bereich

621.396.43

[Nach H. Carl, O. Laaff und K. Schmid: Vorteile und Bedeutung eines Breitband-Übertragungssystems im 6-GHz-Bereich für Vielkanaltelefonie und Fernsehen. SEL-Nachrichten 14(1966)2, S. 45...48]

Bei der Planung eines Breitband-Richtfunksystems führten Überlegungen über die optimale Frequenz mit Rücksicht auf

Mehrwegausbreitungen und Schwundseinbrüche zur Wahl des 6-GHz-Bereiches. Nach unten ist dieser Frequenzbereich durch die stark zunehmende Funkfeldämpfung begrenzt und nach oben durch den Schwund. Der Antennengewinn ist durch die Abmessungen der Antenne gegeben, die sich nicht unbegrenzt steigern lassen. Der Frequenzplan des Richtfunksystems sieht im Bereich von 5925...6425 MHz zwei Bänder mit je 250 MHz Breite, ein Unterband und ein Oberband, vor. In einer Station des Richtfunknetzes liegen alle Senderfrequenzen in einem und alle Empfangsfrequenzen im anderen Bereichsband. In den beiden Bändern lassen sich 8 doppelt gerichtete Kanäle unterbringen. Jeder Kanal hat eine Trägerfrequenz. Der Abstand der einzelnen Trägerfrequenzen untereinander beträgt 29,5 MHz. Die Kanäle haben eine Breite von etwa 10 MHz. Jeder Trägerfrequenz kann man 1860 Telefongespräche aufmodulieren oder ein Farbfernsehsignal mit mehreren Tonprogrammen; ein Kontinuitätspilotsignal wird in jedem Fall mitgesendet.

Die Forderungen, die an das System hinsichtlich Verzerrungsfreiheit gestellt werden, sind sehr streng. Das Übertragungssystem kann die Signale, Telefongespräche oder Fernsehsignale, über grosse Distanzen, einige tausend Kilometer, ohne merkliche Verzerrungen der Signale und mit einem grossen Geräuschabstand übermitteln. Weitere Forderungen beziehen sich auf Schwundreserve, Überlast und Störstrahlungen.

Die Geräte arbeiten bei einer Raumtemperatur von 0...50 °C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 % bis zu einer Raumtemperatur von 40 °C einwandfrei. Die Temperatur kann einige Stunden lang auf -20 °C sinken oder auf +55 °C ansteigen, ohne dass die Geräte Schaden erleiden. Die Anlage kann aus dem Wechselstromnetz oder mit gleichgerichteten Spannungen gespeist werden. Eine Reservebatterie kann die Anlage bei Netzausfall ohne Unterbrechung der Signalübermittlung mit Strom versorgen.

Die Senderleistung von 10 W oder 15 W wird von einer Wandfeldröhre geliefert. Diese Leistung lässt sich heute mit der nötigen grossen Zuverlässigkeit noch nicht mit Halbleiterbauteilen erzeugen. Mit Ausnahme der Senderröhre sind alle Verstärkerstufen mit Halbleiterbauteilen bestückt. Dadurch wird eine kompakte Bauweise erreicht und an Raum und Speiseleistung gespart. Die im Gerät erzeugte Wärme ist gering; auf ein Gebläse zur Kühlung kann verzichtet werden. Durch die Verwendung von Halbleiterbauteilen konnte beispielsweise eine bestimmte Baugruppe in einem Fünftel des Volumens der früheren Geräte ausgeführt werden. Die Leistungsaufnahme liess sich auf ein Fünftel der Leistungsaufnahme des Vorgängertyps senken. Die Leistungsaufnahme des ganzen Richtfunkgerätes konnte auf ein Drittel gegenüber Geräten älterer Ausführung reduziert werden.

Schutzeinrichtungen, die in dem Gerät eingebaut sind, ermöglichen über einen längeren Zeitraum einen zuverlässigen Betrieb und erleichtern die Bedienung und Wartung des Gerätes. Sobald sich die Übertragungsqualität einer Richtfunklinie verschlechtert, wird die ganze Linie automatisch auf eine Reservelinie umgeschaltet.

H. Gibas

Direkte digitale Messung von Frequenzen im Niederfrequenzgebiet

621.317.361

[Nach V. Kroupa: Direct Digital Measurement of Audio Frequencies; Electronics Letters, 2(1966)12, S. 441...442]

Das bekannte Verfahren, mittels elektronischem Zähler und Frequenzgenerator digitale Messungen von Frequenzen durchzuführen, ist dann mit Schwierigkeiten verbunden, wenn niedrige Frequenzen gemessen werden müssen. In solchen Fällen hat man sich bisher in der Weise geholfen, dass man im Messintervall die Perioden einer höheren, festen Hilfsfrequenz gezählt hat; die zu messende Frequenz ergibt sich dann aus einem Quotient, in dessen Nenner die im Messintervall aufgetretene Anzahl der Perioden der Hilfsfrequenz steht. Die zu messende Frequenz ist

also umgekehrt proportional zur Anzahl der gezählten Perioden, so dass zur Anzeige der zu bestimmenden Frequenz ein Rechner erforderlich ist, durch den dieses Verfahren verhältnismässig aufwendig wird.

Der Einsatz eines Rechners lässt sich bei der Messung auch sehr niedriger Frequenzen vermeiden, wenn, wie eine theoretische Betrachtung zeigt, eine Referenzfrequenz eingeführt wird, die sich nur wenig von der zu bestimmenden Frequenz unterscheidet.

Es lässt sich mathematisch nachweisen, dass bei Wahl einer solchen Referenzfrequenz die gesuchte Frequenz einfach durch Zählung der Perioden der Hilfsfrequenz bestimmbar ist, wenn in einem mathematisch ermittelbaren, auch von der Periodendauer der Referenzfrequenz abhängigen Zeitintervall gezählt wird.

Praktisch lässt sich das Messverfahren mittels einer Schaltung durchführen, deren Eingangsgatter auf einen Impuls einer Starteinrichtung geöffnet wird und durch den ersten Impuls der zu bestimmenden Frequenz ein nachgeschaltetes weiteres Gatter öffnet. Gleichzeitig wird die gesuchte Frequenz in einem dem Eingangsgatter nachgeordneten Teiler ausgewertet, der entsprechend seiner Einstellung nach einer vorbestimmten Anzahl von Perioden der gesuchten Frequenz das Eingangsgatter wieder schliesst und gleichzeitig damit ein Gatter eines herkömmlichen Zählers öffnet. Damit beginnt das Zählen der Perioden der Hilfsfrequenz.

Nach einer festgelegten, dem erwähnten Zeitintervall entsprechenden Zeitdauer wird das Gatter des Zählers wieder geschlossen, und am Zähler kann die zu messende Frequenz abgelesen werden.

Das Verfahren ist besonders zu Frequenzmessungen in Energieversorgungsnetzen geeignet und weist im Falle einer Netzfrequenz von $50 \pm 0,2$ Hz bei Wahl eines günstigen Messintervalls und einer Hilfsfrequenz von 1 MHz einen maximalen Fehler von 1 mHz auf.

D. Krause

Spezielle Anwendungen der Ionosphäre als Reflektor

621.371.332.1

[Nach J. A. Ratcliffe: The ionosphere and the engineer. Proceedings of the IEE 114(1967)1, S. 1...8]

In den letzten Jahren wurden besondere Arten von Radioverbindungen bekannt, welche die Unregelmässigkeiten der Ionosphäre ausnützen. Bei Kurzwellenübertragungen über grosse Distanzen wird normalerweise die Eigenschaft der Ionosphäre verwendet, elektromagnetische Wellen in einem bestimmten Frequenzband fast total zu reflektieren. Das brauchbare Band variiert je nach Tages- und Jahreszeit. Die Sonnenflecktätigkeit, die in einem Rythmus von 11 Jahren schwankt, spielt ebenfalls eine grosse Rolle. Sonneneruptionen in Richtung Erde verursachen magnetische Stürme, welche die Verbindungen total unterbrechen können. Sie haben die Tendenz sich nach 27 Tagen, der Rotationsdauer der Sonne, zu wiederholen.

Die beiden folgenden Arten der Übertragung wurden auf Grund theoretischer Überlegungen gefunden. Bei der «Scattering»-Methode wird eine stark gebündelte elektromagnetische Welle in horizontaler Richtung so ausgesendet, dass sie in 100 km Höhe in ca. 1000 km Entfernung auf die Ionosphäre trifft. Der grösste Teil der Welle wird bei der verwendeten hohen Frequenz von 35 MHz in den Weltraum abgestrahlt. An kleinen Unregelmässigkeiten der Ionosphäre, die in der Grössenordnung der verwendeten Wellenlänge liegen, wird ein Bruchteil der Welle in allen Richtungen, vorzugsweise aber in Ausbreitungsrichtung der Welle, gestreut (scattered). In 1000...2000 km Entfernung kann die Nachricht mit geeigneten Geräten empfangen werden. Die «Scattering»-Methode hat folgende Vorteile: Es kann eine hohe Frequenz in einem noch nicht überlasteten Band benutzt werden. Die Verbindung ist sehr zuverlässig und wird von magnetischen Stürmen fast nicht beeinflusst. Allerdings ist das Signal schwach und verzerrt, weil statistisch auftretende Unregelmässigkeiten benutzt werden und die Wellen auf verschiedenen Wegen eintreffen können. Diese komplizierte und teure Methode wird deshalb nur für militärische Anwendungen und für Verbindungen in Polarregionen, die sehr kritisch in Bezug auf magnetische Stürme sind, angewendet.

Eine andere ungewöhnliche Verbindungsart benutzt die vielen in die Atmosphäre eindringenden Meteoriten. Beim Verglühen produzieren sie einen Schweif mit hoher Elektronen- und Ionenkonzentration, der als ausgezeichneter Reflektor wirkt. Nur gewisse Bahnrichtungen sind für Verbindungen zwischen einem gegebenen Sender und Empfänger geeignet. Eine kontinuierliche Übertragung ist nicht möglich. Die Nachricht muss elektronisch gespeichert werden. Wenn die Testapparatur eine geeignete Meteoritenbahn festgestellt hat, kann Information übertragen werden, bis der Schweif nach ungefähr einer halben Sekunde verglüht ist. Da die Bahn gerade ist, wirkt sie für Reflexion ähnlich wie ein Spiegel. Die Schwierigkeiten mit den verschiedenen langen Übertragungswegen treten deshalb nicht auf. Sehr schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten mit wenig Fehlerneigung sind möglich. Die Nachricht kommt allerdings nur in kurzen Bruchstücken beim Empfänger an. Dieses komplizierte System ist für Geheimhaltung gut geeignet, da der Empfang nur zu stochastischen Zeiten an bestimmten Orten möglich ist.

H. von Ow

Bemessung von Entladestromkreisen für Xenon-Impuls Lampen

621.327.59

[Nach K. Günther und E. Below: Zur Dimensionierung von Entladestromkreisen für Xenon-Impuls Lampen. Experimentelle Technik der Physik 14(1966)3, S. 161...167]

Als Pumplichtquelle für Festkörper-Impuls Laser ist bekanntlich die Xenon-Blitzlichtlampe am besten geeignet. Zur Erzielung eines guten Gesamtwirkungsgrades des Lasers ist es vorteilhaft, mittels einer solchen Blitzlichtlampe rechteckförmige Lichtimpulse zu erzeugen. Da solche Impulse eine verhältnismässig hohe Energie aufweisen müssen, bedient man sich zu ihrer Erzeugung einer aus Kapazitäten und Induktivitäten aufgebauten Laufzeitkette. Diese ist durch eine Blitzlichtlampe abgeschlossen.

Zur optimalen Leistungsanpassung muss der von der Blitzlichtlampe gebildete Entladungswiderstand dem Wellenwiderstand der Laufzeitkette entsprechen, d. h., der Entladungswiderstand muss erstens reell sein, und zweitens die Grösse des Wellenwiderstandes aufweisen. Die erste Forderung ist erfüllt, wenn die Dauer der Lichtimpulse nicht kürzer als 10^{-5} s ist.

Zur Erfüllung der zweiten Forderung bedarf es einer eingehenden Betrachtung. Sie geht von der Erkenntnis aus, dass sich die Abhängigkeit des Widerstandes einer Entladungsstrecke vom gesamten Entladungskreis auf die Abhängigkeit des spezifischen Widerstandes von der Stromdichte zurückführen lässt. Diese Abhängigkeit lässt sich mathematisch in einer Gleichung durch Einführung eines Proportionalitätsfaktors ausdrücken, dessen Grösse für Xenon experimentell zu $1,13 \Omega \cdot A^{1/2}$ bestimmt worden ist. Unter Verwendung dieses Proportionalitätsfaktors kann aus den geometrischen Abmessungen des Entladungsgefässes die Grösse des Entladungswiderstandes errechnet werden.

Entspricht der errechnete Entladungswiderstand dem Wellenwiderstand der Laufzeitkette, dann ergibt sich eine Lichtimpulsdauer, die nicht nur von der umgesetzten Impulsenergie und der an das Entladungsgefäss angelegten Spannung, sondern auch von den geometrischen Abmessungen des Entladungsgefässes abhängig ist. Die Abhängigkeit von den geometrischen Abmessungen sowie von dem Proportionalitätsfaktor lässt sich durch eine Lampenkonstante beschreiben. Unter Verwendung dieser Konstante ist der Entladungswiderstand durch den Quotient aus Lampenkonstante und angelegter Spannung bestimmbar.

In der Praxis sind im allgemeinen Impulsenergie, Impulsdauer und Abmessungen des Entladungsgefässes vorgegeben. Nach Wahl eines geeigneten Lampentyps können anhand von Diagrammen die Werte für die angelegte Spannung, den Entladungswiderstand und den Entladestrom bestimmt werden. Daraus lassen sich die Werte für die Ladespannung sowie für die Gesamtkapazität und die Gesamtinduktivität der Laufzeitkette ermitteln. Eine Aufteilung der Kapazitäts- und Induktivitätswerte auf vier bis sechs Glieder hat sich für die Anwendung in Festkörperlasern als ausreichend erwiesen.

D. K.