Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 57 (1966)

Heft: 19

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: 13.07.2025

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

sion entre les divers pays de l'hémisphère Nord, y compris l'Asie du Sud-Est et l'Amérique du Nord. A la fin du mois de novembre 1965, il a été procédé avec succès à une émission expérimentale de télévision en couleur entre Moscou et Paris par l'un des satellites «Molnia I».

21. Conclusions

Le programme de mise en service des satellites et les projets de construction de stations terriennes pour les télécommunications montrent l'évolution extraordinaire de ce moyen de transmission à laquelle nous assisterons ces prochaines années. Dès 1968, toute station terrienne, dans n'importe quel pays, pourra avoir accès aux satellites de l'INTELSAT. Ainsi sera réalisé un des objectifs principaux de l'accord de Washington de 1964, qui est de créer un système commercial mondial de télécommunications par satellites, pour servir à l'amélioration du réseau universel de télécommunications, étendre les services de télécommunications à toutes les régions du monde et contribuer ainsi à l'entente et à la paix mondiales.

Adresse de l'auteur:
R. Rütschi, adjoint à la Direction Générale des PTT, Speichergasse 6, 3000 Berne.

CARL ZEISS

1816—1888

Die Geschichte der optisch-feinmechanischen Industrie ist durch hervorragende Unternehmerpersönlichkeiten gekennzeichnet. Eine ihrer profiliertesten ist Carl Zeiss.

Carl Zeiss versuchte zunächst in seiner kleinen Werkstätte, die er als Dreissigjähriger 1846 in Jena gegründet hatte, die Herstellung von Mikroskopen. Trotz vielfältiger Anerkennung, die seine Geräte fanden, kam er jedoch sehr bald zu der Überzeugung, dass beim Mikroskopbau dem Fortschritt auch bei bestem handwerklichen Können Grenzen gesetzt sind, wenn die vollkommenste Form der optischen Systeme nicht durch vorherige Berechnung gesucht wird, da auf dem damals üblichen Wege unter Umständen erst aus Hunderten von Linsen ein gutes Objektiv zustandekam. Im Jahre 1866 — also vor 100 Jahren — wandte er sich an den damals 26jährigen Jenaer Privatdozenten *Ernst Abbe* mit der Frage, ob es möglich sei, die optischen Elemente für den Bau eines Mikroskops bis in alle Einzelheiten im voraus zu berechnen. Bei der Durchführung der dazu notwendigen, von *Abbe* angeregten umfangreichen Versuche geriet die kleine Werkstätte in ernste finanzielle Nöte. Doch hat Zeiss nie daran gedacht, sein Ziel aufzugeben, bis sich nach langwieriger, gemeinsamer mühseliger Arbeit der Erfolg einstellte.

Carl Zeiss wurde durch seine Initiative und durch sein unbeirrbares Bemühen um die Verwirklichung seiner Ideen einer der bedeutenden Wirtschaftsgründer des 19. Jahrhunderts, der auf dem Gebiet der technischen Optik frühzeitig die Bedeutung der Wissenschaft für die industrielle Entwicklung erkannte. Er hat es ferner verstanden, in seiner Werkstätte hervorragende Facharbeiter auszubilden, die die Kunst der Herstellung feinmechanisch-optischer Geräte in ungewöhnlichem Masse beherrschten.

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Eine elektronische Armbanduhr

681.116.9

Seit der Erfindung des Transistors im Jahre 1948 hat das gesamte Gebiet der Elektronik einen ungeahnten Aufschwung genommen, und es werden fortwährend neue Anwendungsmöglichkeiten für diesen Zweig der Technik gefunden. Wer hätte noch vor wenigen Jahren geglaubt, dass man in Waschmaschinen, Handbohrmaschinen, Benzinmotoren, Photoapparaten, Kinderspielzeugen usw. elektronische Bauteile finden könnte?

Auch die so traditionsreiche Uhrenindustrie wurde von dieser stürmischen Entwicklung nicht verschont. Während elektrische Wand- und Standuhren schon seit längerer Zeit bekannt waren, tauchten vor etwa 10 Jahren die ersten, durch winzige Batterien (sog. Knopfzellen) angetriebenen, elektrischen Armbanduhren auf. Bei solchen Uhren steuert die Unruhe kleine Kontaktfedern, wodurch eine auf die Unruhe wirkende Spule periodisch ein- und ausgeschaltet wird und so die Schwingung des Spiral-Unruhesystems unterhält.

Diese Uhren brachten aber noch keinen entscheidenden Vorteil gegenüber dem mechanisch angetriebenen Spiral-Unruhesystem. Praktisch sämtliche Unzulänglichkeiten der mechanischen Uhr wurden übernommen und ein weiteres, sehr heikles Element hinzugefügt: die Kontaktfedern.

Eine revolutionäre Neuerung auf dem Gebiete der Armbanduhren brachte erst das durch einen Schweizer Ingenieur, *Max Hetzel,* entwickelte «Bulova Accutron». Es wird in diesem elektronischen Zeitmesser erstmals eine Miniatur-Stimmgabel als Zeitnormal verwendet. Fig. 1 zeigt die Ausführung einer solchen

401-406

Fig. 1
Modell «Spaceview» (ohne Zifferblatt) einer elektronischen Armbanduhr

elektronischen Armbanduhr. Im Folgenden soll nun die Wirkungsweise dieser Uhr erläutert werden.

In Fig. 2 sind die wesentlichen Bestandteile des Uhrwerks angegeben. Das zeitbestimmende Element, die Stimmgabel, wird durch eine elektronische Rückkopplungsschaltung in Schwingung gehalten. Eine Miniaturquecksilberzelle liefert die elektrische Energie. Auf der einen Zinke der Stimmgabel ist eine winzige Klinke befestigt, die über ein Klinkenrad das Räderwerk und damit die Zeiger antreibt.

Die Schwingfrequenz der Stimmgabel beträgt 360 Hz, sie wird nach dem elektrodynamischen Prinzip (Lautsprecherprinzip) erregt. (Siehe Fig. 2 und 3).

Die Enden der beiden Zinken der Stimmgabel tragen je einen Topf aus weichmagnetischem Eisen. Im Innern der Töpfe und konzentrisch zu ihnen sind konische Permanentmagnete eingenietet. Die an der Werkplatte fixierten Spulen stehen unter dem Einfluss des zwischen Topf und Permanentmagneten herrschenden starken Magnetfeldes. Die Spule rechts in Fig. 2 enthält 7000 Windungen (Antriebswicklung N_2); die linke Spule hingegen besteht aus zwei Wicklungen: die Antriebswicklung N_1 mit 5000 Windungen und die Rückkopplungswicklung N_3 mit 2000 Windungen. Der lackisolierte Draht dieser Wicklungen hat einen Durchmesser von 0,015 mm, die Spulen enthalten etwa 180 m Draht.

Fig. 3 zeigt das elektrische Schaltschema und die Oszillogramme der in der Transistorschaltung auftretenden Spannungen und Ströme.

Die 360-Hz-Schwingung der Stimmgabel induziert in den in Serie geschalteten Antriebsspulen N_1 und N_2 eine Wechselspannung U_a von 360 Hz und in der Rückkopplungswicklung die Spannung U_r. Die Parallelschaltung des Widerstandes R und des Kondensators C im Basiskreis des Transistors T dient zur Erzeugung des Basis-Emitter-Gleichspannungspotentials. Im stationären Zustand beträgt die Kondensatorspannung U_C etwa 1 V, d. h. die Vorspannung an der Basis beträgt $+0{,}35$ V. Dieser Vorspannung überlagert sich nun die induzierte Rückkopplungsspannung U_r von 0,4 V (gemessen vom positiven bis zum negativen Scheitelwert). Da die Basis-Emitter-Diode eines NPN-Silizium-Transistors erst etwa bei $+0{,}5$ V leitend wird, ist der Transistor während etwa $^3/_4$ der Periode der Stimmgabelschwingung blockiert. Nur während der Zeitspanne T_p erreicht die Basis-Emitter-Spannung U_{be} Werte über $+0{,}5$ V: die Kollektor-Emitterstrecke des Transistors wird leitend. Während Tp wird nun der Transistor so stark übersteuert, dass der Kollektorstrom nicht mehr vom Basisstrom und der Stromverstärkung des Transistors, sondern von der Kollektor-Emitter-Spannung:

$$U_{ce} = U_B - U_a$$

bestimmt wird. Der Kollektorstrom I_c beträgt:

$$I_c = \frac{U_{ce} - U_{ce\,sat}}{R_a}$$

wobei R_a den Ohmschen Widerstand der Antriebswicklungen N_1 und N_2 darstellt.

Aus den Spannungsoszillogrammen der Fig. 3 ist nun klar ersichtlich, dass dank dieser Schaltung die mechanische Schwingungsamplitude der Stimmgabel in sehr engen Grenzen gehalten wird. Eine 10 %ige Erhöhung der Amplitude erhöht auch die induzierte Spannung U_a um 10 % ($U_a = 110$ %). Dadurch sinkt die Spannung U_{ce} während der Zeit Tp praktisch auf 0, d. h. der Antriebsstromimpuls I_c fällt ebenfalls nahezu auf 0. Bei

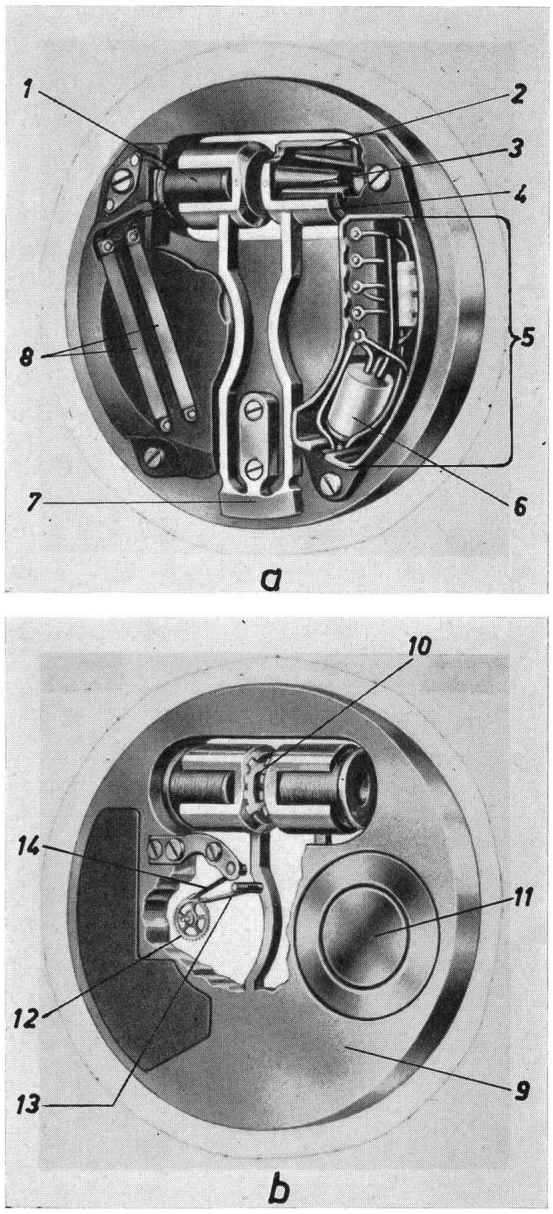


Fig. 2
Vereinfachte Darstellung des Accutron-Uhrwerks
a Zifferblatt-Seite; *b* Rückseite
1 Antriebsspule N_1 und Rückkopplungsspule N_3; *2* Topf aus Weicheisen; *3* konischer Permanentmagnet; *4* Antriebsspule N_2; *5* Elektronik-Schaltung; *6* Transistor; *7* Stimmgabel; *8* Verbindungsleitungen; *9* Werkplatte; *10* Regulierungsmassen; *11* Quecksilberzelle; *12* Klinkenrad; *13* Antriebsklinke; *14* Sperrklinke

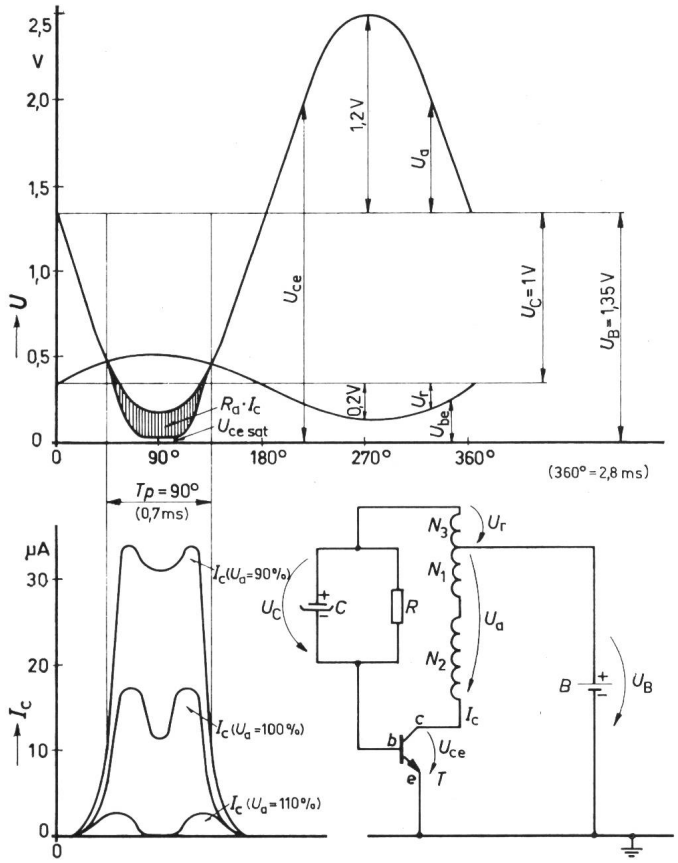


Fig. 3

Elektrisches Schaltschema, Spannungs- und Stromoszillogramme

B Quecksilberzelle, 1,35 V, 75 mAh; *C* Kondensator 0,3 μF; *R* Widerstand 2,2 MΩ; *T* NPN-Planar-epitaxial-Siliziumtransistor. *e* Emitter, *b* Basis, *c* Kollektor des Transistors; N_1, N_2 Antriebswicklungen 5000 bzw. 7000 Windungen, Drahtdurchmesser 0,015 mm; N_3 Rückkopplungswicklung; *Tp* Antriebsimpulsdauer; U_r induzierte Spannung in der Rückkopplungsspule; U_a induzierte Spannung in den Antriebswicklungen; U_B Betriebsspannung der Quecksilberzelle; U_C Spannung am Kondensator; U_{be} Basis-Emitterspannung; U_{ce} Kollektor-Emitterspannung; I_c Kollektorstrom, Antriebsimpuls; $U_{ce\,sat}$ Kollektor-Emitter-Sättigungs-Spannung; R_a Ohmscher Widerstand der Antriebswicklungen

einer auf 90 % des Normalwertes reduzierten Amplitude erhöht sich jedoch die Spannung U_{ce} während der Periode *Tp* auf das Doppelte, d. h. der Antriebsimpulsstrom wird ebenfalls verdoppelt. Falls die Amplitude der Stimmgabel durch äussere Einflüsse (Schock, Beschleunigung) verändert wird, wird sie durch diese Amplitudenstabilisierung rasch wieder auf den Normalwert korrigiert. Dank dieser Schaltung haben auch Änderungen der Temperatur, des Luftdrucks, der Belastung durch den Klinkenmechanismus oder die Streuung der Transistordaten keinen nennenswerten Einfluss auf die Amplitude der Stimmgabelschwingung.

Die Bewegung der Stimmgabel wird mittels einer auf der linken Zinke befestigten Klinke auf das Klinkenrad übertragen (Fig. 2 und 4). Dieser Klinkenmechanismus ist eine Spitzenleistung der Miniaturisation. Das Rad hat einen Durchmesser von 2,4 mm, eine Dicke von 0,04 mm und trägt an seinem Umfang 300 Zähne von 0,025 mm Länge und 0,01 mm Höhe. Der Stein der Antriebsklinke bewegt das Klinkenrad 360mal pro Sekunde um je einen Zahn vorwärts; die Sperrklinke blockiert das Rad während der Rückwärtsbewegung der Antriebsklinke. Der Klinkenmechanismus ist so konstruiert, dass er in einem Amplitudenbereich von 1 zu 3 einwandfrei arbeitet, d. h. innerhalb dieses Bereichs wird das Rad pro Schwingung immer nur um einen Zahn fortbewegt (Fig. 5). Zusammen mit der Amplituden-Stabilisierung der elektronischen Schaltung ergibt dies ein System, welches gegen äussere Einflüsse (Stösse, Erschütterungen) sehr unempfindlich ist.

Das Klinkenrad treibt über ein Untersetzungsgetriebe die Zeiger an. Diese Getriebe muss — im Gegensatz zum Räderwerk einer konventionellen Uhr, welches durch das Moment der Federkraft belastet ist — nur das sehr kleine, für die Drehung der Zeiger notwendige Drehmoment übertragen. Diese viel kleinere Belastung reduziert die Reibung und die Abnutzung in den Lagerstellen ganz beträchtlich. Da das Räderwerk 360mal in der Sekunde fortbewegt wird, dreht sich der Sekundenzeiger gleichmässig, d. h. nicht ruckweise wie bei einer konventionellen Uhr.

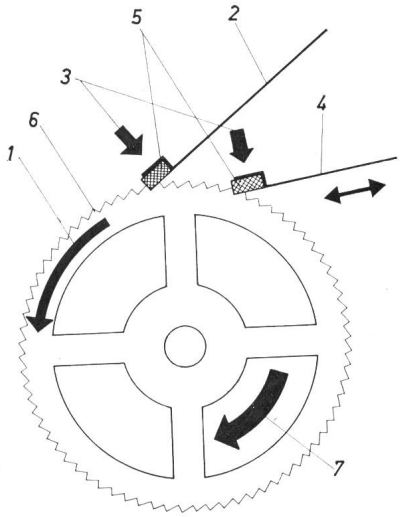


Fig. 4

Klinkenmechanismus

1 Bewegungsrichtung; *2* Sperrklinke; *3* Federkräfte; *4* Antriebsklinke; *5* Steine (Rubin); *6* Klinkenrad, Durchmesser 2,4 mm, 300 Zähne; *7* von den Federkräften auf das Rad ausgeübtes Drehmoment

Die für den Unterhalt der Stimmgabelschwingung notwendige Energie wird von einer Quecksilberzelle von 1,35 V Spannung und einer Kapazität von 75 mAh geliefert. Diese Zelle wurde speziell für den extrem niedrigen Betriebsstrom, ungefähr 5 μA, entwickelt. Sie verleiht dem «Bulova Accutron» eine Gangreserve von mindestens einem Jahr. Von den 7 μW, die der Zelle entnommen werden, werden etwa 4,5 μW auf die Stimm-

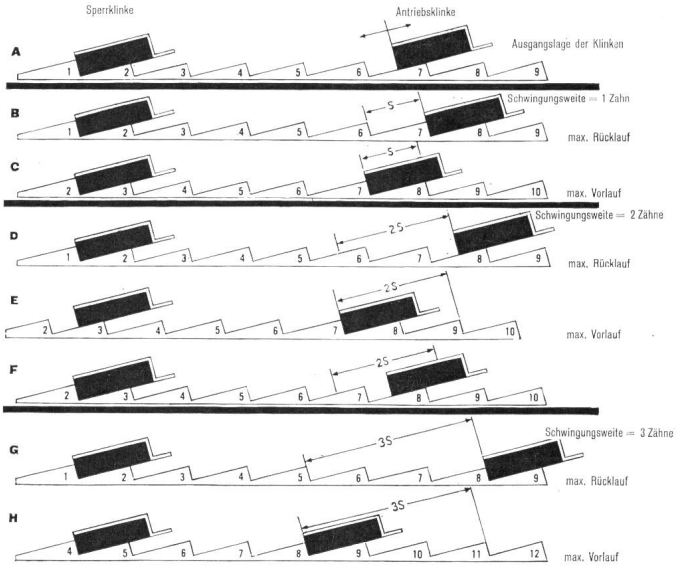


Fig. 5

Arbeitsweise des Klinkenmechanismus bei verschiedenen Amplituden

A Ruhelage; *B* Schwingungsweite 1 Zahn, max. Rücklauf; *C* Schwingungsweite 1 Zahn, max. Vorlauf: Fortschaltung 1 Zahn; *D* Schwingungsweite 2 Zähne, max. Rücklauf; *E* Schwingungsweite 2 Zähne, max. Vorlauf; *F* Schwingungsweite 2 Zähne, Ruhelage — das Rad hat sich dank des von den Klinken ausgeübten Drehmoments um ½ Zahn zurückgedreht. Fortschaltung: 1 Zahn; *G* Schwingungsweite 3 Zähne, max. Rücklauf; *H* Schwingungsweite 3 Zähne, max. Vorlauf: Fortschaltung 3 Zähne. Bei Schwingungsweiten unter 3 Zähnen: Fortschaltung 1 Zahn

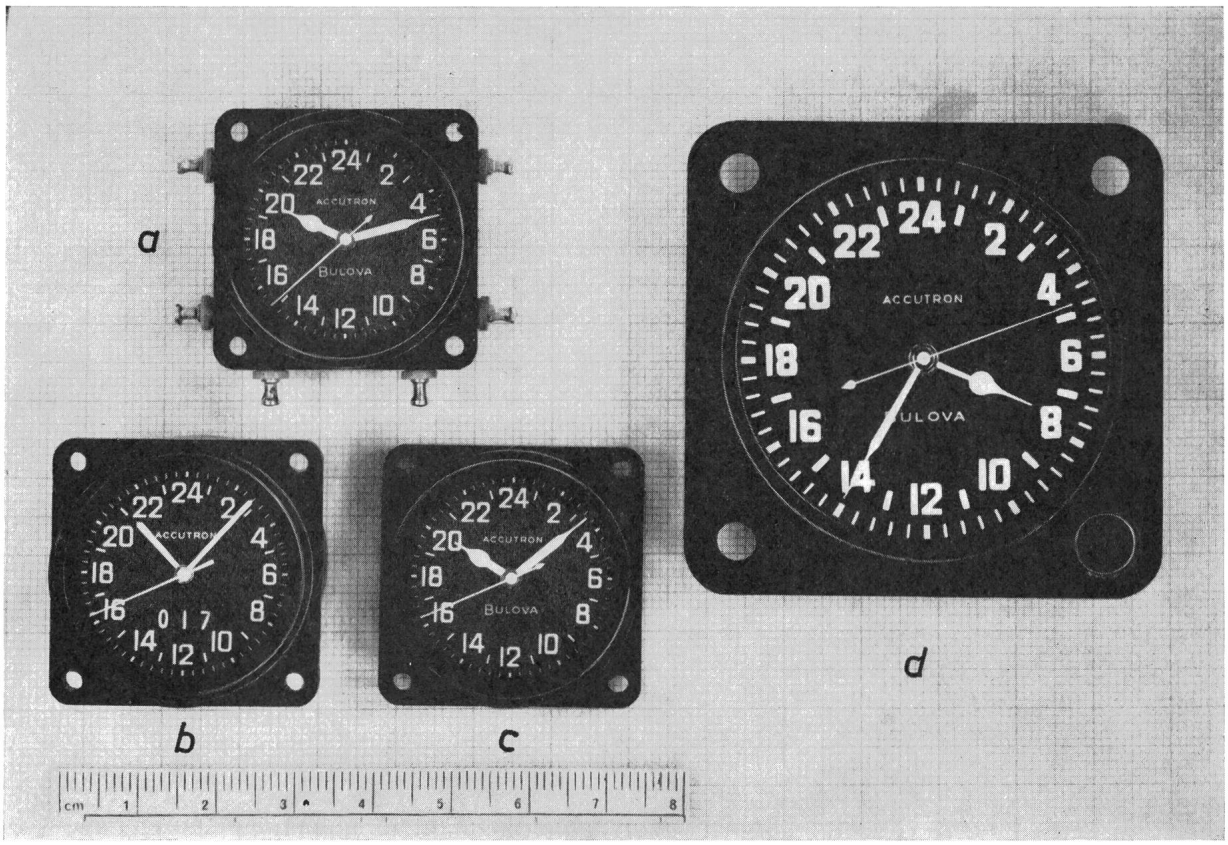


Fig. 6
Professionelle Anwendungen des Accutron-Uhrwerkes
a periodischer Impulsgeber, Sekunden-, Minuten- und Stundenimpulse programmierbar; *b* Uhr mit Anzeige der verflossenen Tage 0...999 Tage; *c* Verzögerungsschalter, einstellbare Verzögerung 2 Monate...5 Jahre; *d* Borduhr für Flugzeuge, Raumschiffe, Autos usw.

gabel übertragen, dies entspricht einem Wirkungsgrad der Antriebsschaltung von 65 %. Von den 4,5 µW überträgt der Klinkenmechanismus etwa 1...1,5 µW auf das Räderwerk, der Rest wird zum Unterhalt der Stimmgabelschwingung verwendet.

Dank der hohen Stabilität der Stimmgabelfrequenz, die auch durch Temperaturschwankungen, Beschleunigung, Stoss und Luftdruckänderungen nicht oder nur gering beeinträchtigt wird, kann eine Ganggenauigkeit von 0,02 ‰ garantiert werden, dies entspricht einer mittleren Gangabweichung von ± 2 s pro Tag oder maximal ± 1 min pro Monat. Da das zeithaltende Element, die Stimmgabel, im Gegensatz zur Unruhe keine Lagerzapfen aufweist, wird seine Frequenz nur sehr schwach vom Zustand der Schmierung des Uhrwerks beeinflusst; bei konventionellen Uhren können Veränderungen im Zustand des Öls grossen Einfluss auf die Frequenz der Unruhe haben. Die Ganggenauigkeit einer Stimmgabeluhr bleibt daher jahrelang erhalten.

Die hohe Präzision dieses Uhrwerks haben zu seiner Verwendung in der Raumforschung und in der industriellen Elektronik geführt. Die Stimmgabel ohne Klinkenmechanismus und Räderwerk kann als Frequenznormal im Bereich von 300...400 Hz verwendet werden. Durch Änderung der Masse der Stimmgabel können Frequenznormale im Bereich von 100...10 000 Hz realisiert werden.

Durch Einbau von periodisch betätigten Miniaturkontakten können Stimmgabeluhrwerke zu Schaltuhren und Impulsgebern ausgebaut werden. Fig. 6 zeigt einige Beispiele solcher Schaltuhren. Dank ihren kleinen Abmessungen und ihres extrem niedrigen Energieverbrauchs werden sie in zahlreichen amerikanischen Satelliten für verschiedene Schaltaufgaben verwendet (z. B. Explorer, Telstar, Syncom, LEM usw).

Die ersten Modelle des «Bulova Accutron» erschienen Ende 1960 auf dem Markt. An der Expo 1964 in Lausanne erhielt es den ersten Preis in der Kategorie «Nichtmechanische Armbanduhren». Der beste Beweis der Leistungsfähigkeit des Stimmgabelsystems ist aber zweifellos die Tatsache, dass heute über 500 000 Armbanduhren dieses Typs in der ganzen Welt ihren Besitzern die genaue Zeit vermitteln. *H. Schaller,* Biel

---

Laserstrahlen-Ausbreitung in der Atmosphäre

621.375.029.6 : 535.2 : 621.391.812.6

[Nach *H. Hodara:* Laser Wave Propagation Through the Atmosphere. Proceeding of the IEEE, 54(1966)3, S. 368...375]

Einer wirksamen und zuverlässigen Verwendung von Laser-Systemen für Nachrichtenzwecke muss ein vollständiges Verstehen der Ausbreitung kohärenten Lichtes in der Atmosphäre vorangehen. Neue Bedingungen, ausser Dämpfung und Streuung, treten bei Systemen auf, die kohärentes Licht verwenden, im Gegensatz zu denen, die nicht-kohärente Strahlen verwenden. Die Kohärenz und Richtfähigkeit der Laser-Strahlen, von denen die grosse Kanal-Kapazität abhängt, kann durch zufällige thermische Störungen weitgehend herabgesetzt oder sogar ganz zerstört werden. Die Turbulenz ist die Hauptsache für die zufällige Ablenkung des Strahles, und diese kann so stark sein, dass er teilweise oder vollständig das Empfangsgerät verfehlt; die Kohärenz-Herabsetzung führt zur Strahl-Verbreiterung. Beide Fälle führen zu einer Verminderung der brauchbaren Signal-Intensität am Empfänger, die verbunden ist mit unerwünschter Amplituden- und Frequenz-Modulation und einer Polarisations-Schwankung. Geht man von den idealen Gas-Gesetzen aus, lassen sich die verschiedenen Effekte thermischer Turbulenz auf Laserstrahlen vorhersagen und untersuchen. *G. Maus*

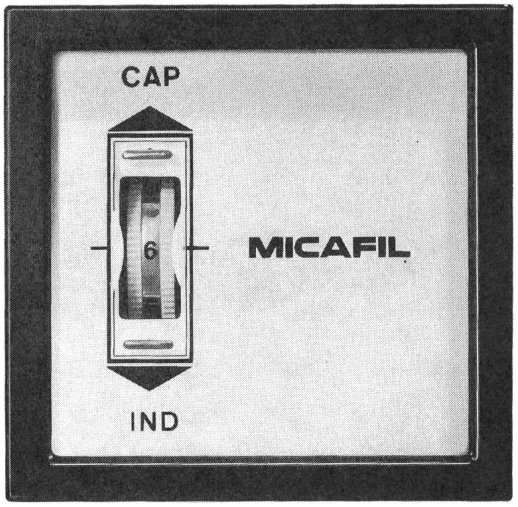
Fortsetzung auf Seite 895

Suite à la 895 page

Der Stromkonsum nimmt zu. Installationen, Leitungen und Transformatoren sind überlastet. Die Unkosten steigen. Der Energietarif wird erhöht.

Senkung der Energiekosten durch Kompensation des Blindstromes mit MICAFIL-Kondensatoren. Bessere Ausnützung des Verteilnetzes und der Zuleitungen.

vollautomatisch Kosten einsparen



Mitentscheidend für den kostensparenden Einsatz einer leistungsfähigen Kondensatorenbatterie ist die absolute Zuverlässigkeit des Blindleistungsreglers. Alle MICAFIL-Kondensatorenbatterien werden mit diesem 6- oder 12stufigen Regler ausgerüstet.
Unsere modernen, automatischen Kondensatorenbatterien zeichnen sich ausserdem durch ihre platzsparende Konstruktion und ihre ansprechende Formgebung aus. Die Erweiterung der Anlage ist – dank Baukastensystem – jederzeit rasch und einfach möglich.

MICAFIL-Kondensatorenbatterien amortisieren sich in sehr kurzer Zeit.
Die Fachingenieure der Micafil AG in Zürich, die sich seit vielen Jahren ausschliesslich mit diesem Spezialgebiet befassen, stehen Ihnen gerne unverbindlich als Berater zur Verfügung.

Eine lohnende Investition

Verlangen Sie die Dokumentation 123 SB Tel. 051 62 52 00

MICAFIL

Beleuchten Sie wirtschaftlich?

NEU!

Oder haben Sie das Gefühl, der Aufwand an Strom (und damit auch an Geld) sei unverhältnismässig gross? Dann versuchen Sie es doch einmal mit einem Treppenhausautomaten.

Aber nicht mit irgendeinem, sondern mit dem neuen SAIA-Treppenhausautomaten **G3.** Er beschränkt in den nur kurzzeitig zu beleuchtenden Räumen die Beleuchtungsdauer je nach Wunsch auf 2, 3 oder 4 Minuten. Der Treppenhausautomat **G3** ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich: Mit Schliess- oder Umschaltkontakt, 6 A, 220 V; mit Handschalter für Kurz- und Dauerbeleuchtung oder Sperrung.

SAIA AG
Murten
Tel. 037 7 31 61

SAIA

Treppen-haus-automat G3