Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 14: Sonderheft über Hochfrequenz-Technik

Artikel: Das Thyraton
Autor: Herzog, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83304

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: 16.12.2025

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

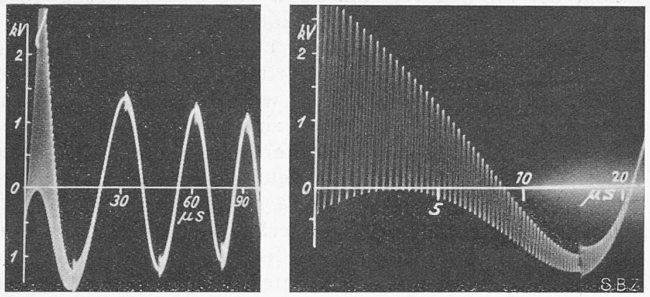
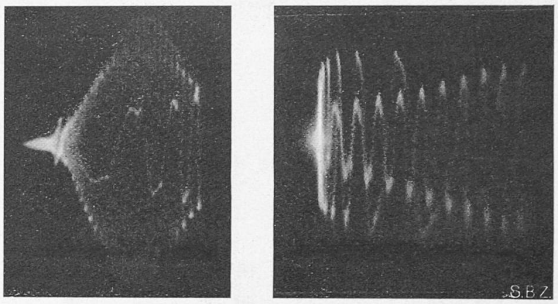


Abb. 2a (links) und b (rechts) μs = Millionstel Sekunden.



Kathodenstrahl-Oszillogramme.

Abb. 3a (links) und b (rechts).

Bei ihm wird die Erzeugung des Elektronenstrahles durch die Erwärmung der Kathode erleichtert, sodass der Apparat mit niedrigeren Betriebspannungen benützt werden kann. Er eignet sich speziell für technische und Tonfrequenzen und wird, zusammen mit dem dazugehörigen Gleichrichter für Lichtnetz-Anschluss, tragbar ausgeführt. Der Apparat besitzt nicht die gleiche Einrichtung zur Erzeugung der Zeitaxe, wie der grosse Oszillograph. Die damit aufgenommenen Vorgänge können aber, soweit sie periodisch verlaufen, mit einer Zeitablenkung synchronisiert werden, sodass auf dem Fluoreszenzschirm stillstehende Bilder entstehen, die bequem zu beobachten und zu photographieren sind. Abb. 3a zeigt beispielsweise das Einschwingen eines Röhrengenerators bei rd. 10000 Hz; Abb. 3b gibt (mit grösserer Schreibgeschwindigkeit) die erste Phase dieses Vorgangs wieder. Die Aufnahme dieses nichtperiodischen Vorganges wird durch periodische Unterbrechung ermöglicht, nach der sich das Einschwingen genau wie vorher wiederholt. Das Bild erscheint stillstehend und das Aufschaukeln der Schwingung kann bequem studiert werden.

Registrierung schneller Bewegungen.

Von W. MARTI, Dipl. Ing. bei Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur.

Es sind zahlreiche Verfahren bekannt geworden, schnelle mechanische Vorgänge zu registrieren, indem man sie auf elektrischem Weg auf den Oszillographen überträgt. Auf dem Prüfstand einer Maschinenfabrik kommen jedoch nur solche Uebertragungsmethoden in Frage, welche die geringste Vorbereitung an der Maschine erfordern, gegen Erschütterungen und Verschmutzung unempfindlich sind und den zu messenden Vorgang nicht beeinflussen. Schnelle Bewegungen können nach dem Induktionsprinzip aufgezeichnet werden, doch ist ein Geschwindigkeits-Zeitdiagramm weniger anschaulich und umständlicher auszuwerten als ein Weg-Zeitdiagramm. Für Bewegungen in der Grösse von 0,1 bis 3 mm eignet sich am besten die Hochfrequenzmethode von Thomas [1]), die bisher erst wenig Beachtung gefunden hat. Die Schaltung kommt mit einer einzigen Elektronenröhre aus. Kapazität und Widerstand der Zuleitung von der Maschine bis zum Oszillographen (rd. 20 m) sind ohne Einfluss auf die Messung.

Ein Hochfrequenzgenerator, bestehend aus einer Elektronenröhre und einem Schwingungskreis nach Abb. 1 erzeugt die zur Registrierung erforderliche Hochfrequenzschwingung. Die Selbstinduktion besteht aus einer Spule von rund 30 mm Durchmesser mit 100 Windungen und Mittelanzapfung. Der Anodenstrom wird dem Gleichstromnetz entnommen und über eine Siebkette einem Glimmlichtstabilisator zugeführt zwecks weiterer Glättung und Konstanthaltung der Spannung.

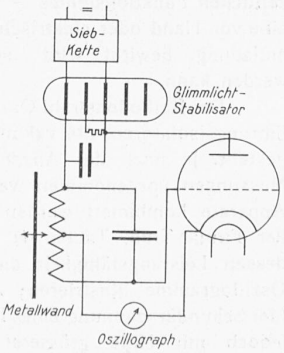


Abb. 1. Schaltschema des Hochfrequenzgenerators.

Nähert man die Spule einer Metallwand, so werden nach Thomas in der Metalloberfläche Wirbelströme hervorgerufen; diese induzieren ihrerseits in der Spule wiederum Ströme, die vermöge ihrer Phasenverschiebung die Intensität der Hochfrequenzschwingung schwächen. Infolge dieser Wirbelstromverluste nimmt die Schwingungsamplitude mit zunehmender Annäherung der Spule an die Metallwand ab. Durch die zu registrierende Bewegung wird die Schwingungsamplitude moduliert und in der Elektronenröhre gleichgerichtet. Der Schleifenoszillograph folgt, da seine Eigenschwingung 2000 bis 10000 Hz beträgt, nur dem momentanen Mittelwert, registriert also den Abstand der Spule von der Metallwand als Weg-Zeitkurve. Die Eichung erfolgt am einfachsten durch Verschieben der Spule mit einem Mikrometer. Die Wirbelstromverluste in der benachbarten Metallwand hängen von ihrer Leitfähigkeit ab, sodass für jedes Metall eine besondere Eichkurve gilt. Bis zu einem Abstand von rd. 3 mm besteht Proportionalität zwischen Strom und Weg, doch kann man einen Bereich von etwa 10 mm ausnützen, wenn man auf eine lineare Skala verzichtet. Die Vergrösserung der Bewegung kann leicht bis auf das Hundertfache eingestellt werden.

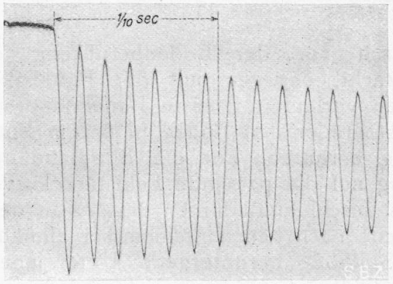


Abb. 2. Schwingung eines Stahlbandes.

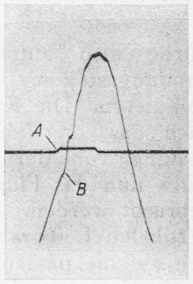


Abb. 3. Gleichzeitige Registrierung der Nadelbewegung und des Gasdrucks an einem Dieselmotor zur Bestimmung des Zündverzuges.

Abb. 2 zeigt die Schwingung eines freitragenden Stahlbandes (100 × 12 × 0,8 mm) in Form einer Weg-Zeitkurve. Da die Registrierung ohne Berührung der Stahlzunge erfolgt, eignet sich das Verfahren zur Untersuchung der innern Reibung von Metallen durch Aufzeichnung ihrer Dämpfungskurve. Bei Untersuchungen an Dieselmotoren wurde mit diesem Verfahren der Nadelhub registriert (Abb. 3). Durch gleichzeitige Registrierung des Gasdruckes mit einem Piezoquarzindikator und Röhrenvoltmeter erhält man den Zeitunterschied zwischen Oeffnung des Brennstoffventils (A) und dem Druckanstieg (B).

Es bestehen keine Schwierigkeiten, mehrere Hochfrequenzgeneratoren aus dem selben Netzanschluss zu speisen, um mehrere Bewegungen gleichzeitig zu erfassen. Zum Beispiel können bei Erschütterungsmessungen mehrere Bewegungskomponenten synchron abgebildet werden, indem eine entsprechende Anzahl Spulen, die den Erschütterungen folgen, einem federnd aufgehängten Metallkörper gegenübergestellt werden.

Das Thyratron.

Von Priv.-Doz. Dr. G. HERZOG, London.

Unter einer Thyratronröhre wird eine Dreielektrodenröhre verstanden, deren mechanischer Aufbau sich nicht wesentlich von dem einer Triode (Radioröhre) unterscheidet. Der Glaskolben des Thyratrons enthält eine Elektronen emittierende Kathode, ein Steuergitter und eine Anode. Während aber die gewöhnliche Triode auf höchstes Vakuum ausgepumpt wird, erhält das Thyratron eine Gasfüllung (Edelgase, meistens Quecksilberdampf), welche die völlig verschiedenen Eigenschaften des Thyratrons gegenüber der Triode bedingt:

[1]) The Engineer 1925 Bd. 139, S. 102.

Die von der Kathode ausgesandten Elektronen werden durch die Anodenspannung auf so hohe Geschwindigkeiten beschleunigt, dass sie Gasatome zu ionisieren vermögen. Die reine Elektronenentladung der Triode geht im Thyratron in eine Bogenentladung über.

Bei gegebener Anodenspannung legt in einer gasfreien Triode die negative Spannung am Steuergitter den durch die Röhre fliessenden Strom eindeutig fest. Das Thyratron ist hier wesentlich im Nachteil. Die negativ geladenen Drähte des Gitters ziehen aus den im Gas reichlich vorhandenen Ionen soviele positive Teilchen an sich, dass jeder Draht mit einer Schicht positiver Ladung umgeben ist. Dadurch wird die Wirkung der negativen Gitterladung nach aussen hin neutralisiert und eine Gittersteuerung des Anodenstroms verunmöglicht. Hat also einmal die Gasentladung von der Kathode zur Anode eingesetzt, so kann der Stromdurchgang in keiner Weise durch Anlegen von Gitterspannungen geändert oder gar auf Null gebracht werden. Der Anodenstrom ist nach oben hin begrenzt durch die Zahl der von der Kathode emittierten Elektronen.

In einer gasfreien Triode sind wegen der sich ausbildenden negativen Raumladungen hohe Anodenspannungen erforderlich, um grössere Ströme durch die Röhre zu treiben, sodass die Verluste (Strom mal Spannung) die Verwendung dieser Röhren zum Steuern grösserer Ströme unwirtschaftlich machen. Es bedarf z. B. bei einer Röhre mit 1 cm Abstand zwischen Anode und Kathode einer Leistung von einigen Kilowatt, um eine Stromdichte von einem Ampère pro cm^2 zu erzeugen. Insofern ist die Gasentladungsröhre der Triode wesentlich überlegen. Die positiven Ionen des Gases neutralisieren die negative Raumladungswolke der Elektronen, sodass der Elektronentransport von der Kathode zur Anode geringere Anodenspannungen erfordert. Den Elektronen braucht nur die zur Ionisierung der Gasatome nötige Geschwindigkeit erteilt zu werden. Der Spannungsabfall für ein mit Quecksilberdampf arbeitendes Thyratron beträgt *unabhängig* von der Stromgrösse etwa 12 Volt, der Energieverbrauch pro Ampère demnach 12 Watt. Der Wirkungsgrad solcher Gleichrichter erreicht 95 bis 97 %.

Die Vorteile der Gasentladung werden schon lange in den Quecksilberdampfgleichrichtern verwendet. Der wesentlich neue Gedanke im Thyratron ist die Einführung des Steuergitters. Obschon dieses bei eingesetzter Entladung den Anodenstrom nicht kontrollieren kann, so vermag mit ihm doch der im *Mittel* fliessende Strom reguliert zu werden. Ist nämlich *vor* Einsetzen der Gasentladung das Steuergitter genügend stark negativ geladen, so können die von der Kathode emittierten Elektronen wegen des Gegenfeldes die zur Ionisierung nötigen Geschwindigkeiten nicht erreichen, und die Gasentladung beginnt nicht. Diese negative *Gittersperrspannung* muss umso grösser sein, je höher die positive Anodenspannung ist.

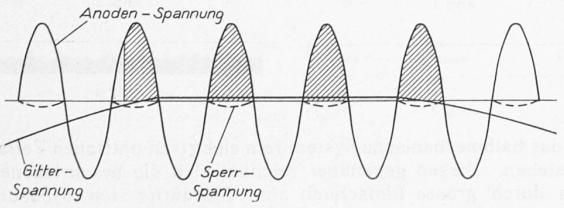


Abbildung 1.

Die Steuerung des mittleren Anodenstromes lässt sich jetzt leicht verstehen. An die Anode werde eine *Wechselspannung* angelegt. Die zu jedem Anodenspannungswert notwendige Gittersperrspannung ist in Abb. 1 punktiert eingetragen. An das Gitter sei eine langsam veränderliche Gitterspannung angelegt. Wenn diese Spannung grösser als die Sperrspannung ist, so zündet das Thyratron; die Gasentladung würde von jetzt ab dauernd fortbestehen, wenn nicht die Anodenspannung und damit der Anodenstrom auf Null sänke. Während der negativen Halbwelle der Anodenspannung bleibt der Anodenstrom Null. Wird die Anodenspannung wieder positiv, so hängt das Einsetzen des Stromes davon ab, ob die Gitterspannung über oder unter der Sperrspannung liegt. (Abb. 1; die schraffierten Flächen stellen das Strom-Zeit-Integral dar).

Eine feinere, stetige Variation des Anodenstromes wird durch die *Phasenregulierung* erreicht. Das Gitter erhält eine Wechselspannung gleicher Frequenz wie die Anode, deren Phase aber verschoben werden kann. (Veränderlicher Widerstand, Selbstinduktion oder Kapazität im Gitterkreis). Dieser Zustand ist in Abb. 2[1]) dargestellt. In Abb. 2c sind Gitter- und Anodenspannung in Phase: Da während der positiven Anodenhalbwelle die Gitterspannung die Sperrspannung übersteigt, zündet die Röhre also jedesmal, wenn die Anodenspannung positiv wird. Der mittlere Röhrenstrom ist in diesem Falle der maximal erreichbare. Wird die Phase der Gitterspannung verschoben (Abb. 2b), so setzt trotz positiver Anodenspannung die Entladung erst ein, wenn die Gitterspannungskurve die Sperrkurve schneidet; der mittlere Röhrenstrom ist kleiner geworden. Bei einer Phasenverschiebung von 180° (Abb. 2a) verschwindet der Röhrenstrom dauernd.

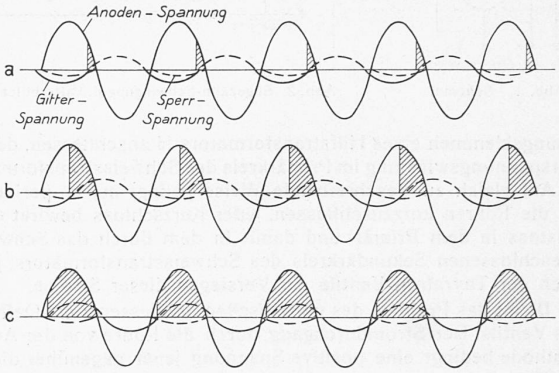


Abbildung 2.

Die für die Gittersteuerung aufgewendete Leistung ist, weil die Gitterströme verschwindend gering sind, vernachlässigbar klein. Mit diesem kleinen Aufwand können im Thyratron nach der Wechselstrommethode sehr grosse Leistungen gesteuert werden. Es wurden Röhren mit einer Leistung bis zu rund 1000 kW gebaut. In der äusserst geringen Reaktionszeit von weniger als 10^{-6} sec liegt ein weiterer wesentlicher Vorteil des Thyratrons. Seine Verwendung in der Technik ist dank den mannigfaltigen Schaltungsmöglichkeiten eine äusserst vielseitige[2]): Gesteuerte Gleichrichtung von Wechselströmen; Umformung von Gleich- in Wechselstrom; Umformung von Wechselstrom einer Frequenz in eine andere. Diese einzelnen Operationen erfahren die verschiedensten Anwendungen. Besonders interessant ist die Kombination von Photozelle und Thyratron, z. B. in der Verkehrstechnik, bei der Sortierung verschiedener Güter, bei der exakten Justierung von Maschinen in der Massenfabrikation usw. Verschiedene grosse Theater haben ihre gesamte Beleuchtungsanlage auf Thyratronbetrieb umgestellt. Die alten grossen Regulierwiderstände können durch kleine Drehwiderstände und -kapazitäten wie im Radiobau ersetzt werden, sodass der Beleuchtungsmeister auf einem kleinen Schaltbrett die gesamte Beleuchtungsregulierung von Bühne und Zuschauerraum vor sich hat. — Die ausserordentlich vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Thyratrons wird erst ausgenützt sein, wenn seine Wirkungsweise einem weiten Kreise bekannt ist.[3])

Thyratron-Steuerung des elektrischen Schweissvorganges.

Die namentlich für verschiedenartige Metalle aufgestellte Forderung, der Schweisse die nötige Hitze möglichst plötzlich zuzuführen und die einzelnen Schweissungen raschestens aufeinander folgen zu lassen, um der Oxydation und einem Abfluss der Wärme zuvorzukommen, hat zu Frequenzen von bis 1500 Schweissungen pro Minute geführt. Periodische Unterbrechungen des elektrischen Schweisstroms von solcher Häufigkeit bei der Nahtschweissung, bezw. Stromstösse von der gewünschten Kürze bei der Punktschweissung machen es notwendig, mechanische, d. h. träge und dem Abbrand unterworfene Kontakte durch präzisere und trägheitsfreie Steuerorgane zu ersetzen. In von der British Thomson-Houston Co., Rugby, entwickelten Schweissapparaten versieht die Thyratron-Röhre, deren Prinzip Dr. Herzog vorstehend erläutert, diese Funktion.

Die Beschränktheit der von solchen Röhren ertragenen Ströme verbietet es, sie direkt (als periodisch wirkende Ventile) in den Primärkreis des Schweisstransformators S (Abb. 1) zu schalten. Statt dessen kann man zwei Thyratron-Röhren T_1 und T_2 an die Hoch-

[1]) Der General Electric Review, Vol. 32, Juli 1929, entnommen.

[2]) Siehe z. B. die Jahrgänge der General Electric Review von 1929 an.

[3]) Vergl. auch unsere Mitteilung „Selbsterregung von Synchronmaschinen über Gleichrichter" im laufenden Band, Seite 99, sowie die nachfolgende Notiz über die Thyratron-Steuerung des elektrischen Schweissvorgangs. Red.