Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 42 (1951)

Heft: 25

Artikel: Apport à la discussion : une nouvelle technique de mesure des câbles coaxiaux

Autor: Fellrath, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056909

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: 10.08.2025

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

[21] *Pierce, J. R.:* Traveling-Wave Oscilloscope. Electronics Bd. 22(1949), Nr. 11(Nov.), S. 97...99.
[22] *G'nzton, E. L., W. R. Hewlett, J. H. Jasberg* und *J. D. Noe:* Distributed Amplification. Proc". I.R.E. Bd. 36(1948), Nr. 8, S. 950...969.
[23] *Horton, W. W., J. H. Jasberg* und *J. D. Noe:* Distributed Amplifiers, Practical Considerations and Experimental Results. Proc". I.R.E. Bd. 38(1950), Nr. 7(Juli), S. 748.
[24] *Yu, Y. P., H. E. Kallmann* und *P. S. Christaldi:* Millimicrosecond Oscillography. Electronics Bd. 24(1951), Nr. 7(Juli), S. 106...111.
[25] *Zinke, Otto:* Hochfrequenzmesstechnik. 2. Aufl. Zürich: Hirzel 1946. S. 20 ff.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. *W. Druey*, Büelweg 5, Winterthur (ZH).

Apport à la discussion

Une nouvelle technique de mesure des câbles coaxiaux

Conférence donnée à la 15e journée de la haute fréquence, organisée par l'ASE le 5 octobre 1951, à Berne.
par *P. Fellrath*, Cortaillod

La qualité d'un câble à longue distance dépend étroitement de la régularité et de la constance de l'impédance le long du câble. Des variations brusques d'impédance provoquent des réflexions d'énergie qui sont la cause des phénomènes d'«écho» dans les conversations téléphoniques ou de «traînage» dans les transmissions de télévision. En connaissant l'impédance aux extrémités des coupes de câbles, on peut les affecter sur une section d'amplification de façon à réduire les écarts d'impédance entre coupes adjacentes.

La mesure exacte de l'impédance est donc de toute première importance. La méthode usuelle de mesure consiste à utiliser un pont à 4 bras ou un pont à transformateur hybride. Si cette méthode s'applique aisément sur de longs câbles, elle s'avère imprécise et lente sur des longueurs de fabrication de 230 m.

Un nouveau procédé a été introduit il y a 5 ans environ par des fabriques anglaises, françaises et américaines. Son principe s'apparente à celui du «radar».

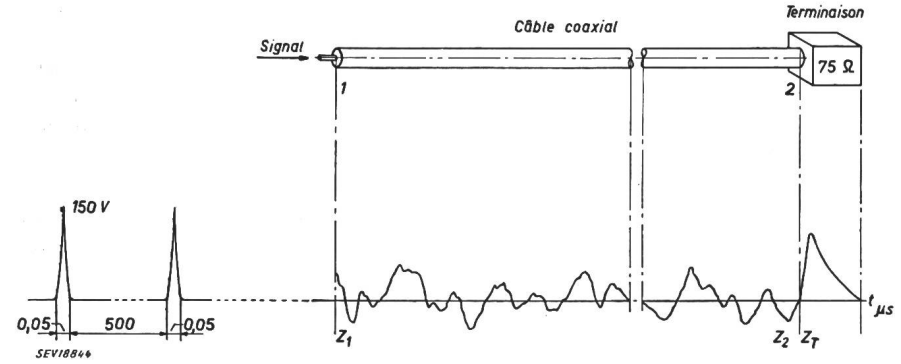

Fig. 1
Comparaison des amplitudes des signaux émis et réfléchis par un câble terminé par une impédance connue

Affaiblissement de régularité

$$A_{r2} = 20 \log \frac{Z_2 + Z_T}{Z_2 - Z_T}$$

$$A_{r1} = A_{r2} + 2 \alpha l$$

Z_2 impédance de sortie du câble
Z_T impédance de la terminaison
α constante d'affaiblissement du câble
l longueur du câble

Par exemple, si l'on considère un câble terminé par une impédance connue, on pourrait, en comparant les amplitudes des signaux émis et réfléchis, déterminer par le calcul l'impédance du câble à son extrémité (fig. 1).

En réalité, cette méthode aurait quelques désavantages. Elle nécessiterait la connaissance exacte de l'atténuation de la ligne coaxiale et des lignes de mesures. La terminaison devrait avoir la même caractéristique d'impédance que le câble, ce qui n'est pas toujours facile à réaliser.

La difficulté a été tournée en utilisant une méthode de comparaison à l'aide d'un transformateur symétrique. Dans l'un des bras du transformateur se trouve le câble à mesurer, dans l'autre un équilibreur.

Le point médian du transformateur est relié à un atténuateur étalonné qui commande la sensibilité verticale d'un oscillographe cathodique.

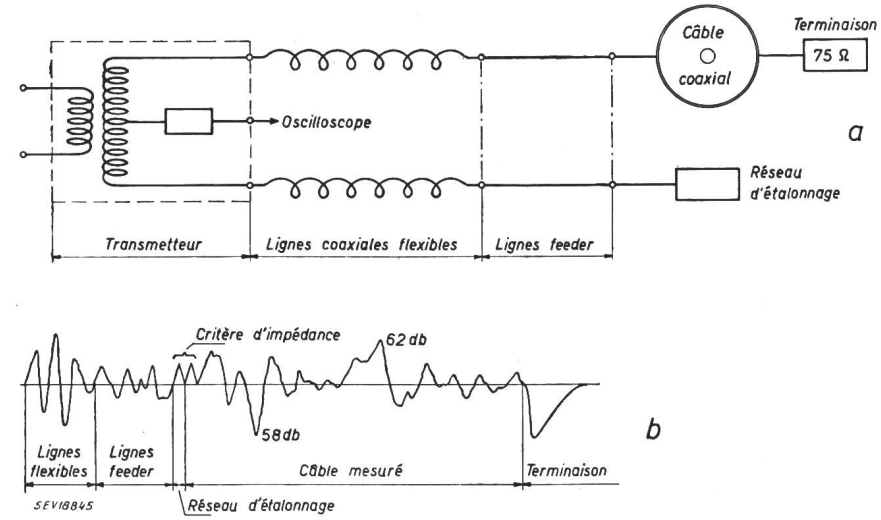

Fig. 2
Méthode de comparaison des signaux à l'aide d'un transformateur symétrique

a Schéma de couplage
b Image du câble sur l'écran

Affaiblissement de régularité

$$A_r \approx 20 \log \frac{2\,Z}{\Delta\,Z}$$

58 db ≙ 0,19 Ω
62 db ≙ 0,12 Ω

Z impédance nominale du câble
ΔZ écart d'impédance local

Des impulsions, de durée très brève, sont émises à intervalles réguliers à l'origine d'un câble coaxial. L'impédance du câble est déterminée par les dimensions des conducteurs. Si ces dimensions sont idéalement régulières, l'impédance doit l'être aussi en supposant le diélectrique homogène. La plus petite variation des dimensions d'un des conducteurs provoque un changement d'impédance. Les impulsions dans leur propagation vont donc buter contre l'obstacle, une partie de l'énergie incidente est réfléchie à l'origine.

L'amplitude de la tension d'écho est proportionnelle à l'écart d'impédance et le temps qui s'écoule entre le départ de l'impulsion et le retour de l'écho est proportionnel à la distance entre le début du câble et le défaut.

En choisissant une base de temps convenable, on obtient une image du câble sur l'écran (fig. 2).

A gauche de la figure se marquent les réflexions provenant des lignes de mesure. Un dessin en forme de M

montre la situation électrique du réseau d'étalonnage (équilibreur) et, puisque les deux lignes de mesure ont exactement la même longueur, le début du câble.

A la suite, on aperçoit toutes les réflexions provoquées par les irrégularités d'impédance le long du câble, et pour terminer, l'image de la désadaptation due à la terminaison. En comparant les niveaux du signal émis et de l'écho à l'aide de l'atténuateur, on peut obtenir, par un calcul aisé, l'écart d'impédance provoquant l'écho. Par exemple, une atténuation de 58 db correspond à un écart de 0,19 Ω pour un câble de 75 Ω.

La distance entre le début du câble et une irrégularité peut être obtenue en mesurant le temps écoulé entre le départ du signal et l'arrivée de l'écho provoqué par l'irrégularité. Si on connaît la longueur du câble, on peut aussi la déterminer par proportion.

Quand l'impédance d'entrée du câble est égale à l'impédance du réseau d'étalonnage, la réflexion à l'origine s'annule. L'impédance cherchée se lit directement sur une résistance variable du réseau étalonnée en Ω.

La figure 3 schématise une réalisation pratique de l'appareillage de mesure.

Un oscillateur piloté au quartz fournit une tension sinusoïdale de 50 kHz. Cette tension sert à la régulation de la fréquence de répétition des impulsions par l'entremise de diviseurs de fréquence et à l'étalonnage de la base de temps de l'oscillographe cathodique.

La durée des impulsions est commandée par un groupe de 3 lignes de retardement permettant d'obtenir des durées de 0,05, 0,1 et 0,2 μs.

L'atténuation d'un câble coaxial normalisé 2,6/9,4 mm est la même pour des impulsions de 5/100 μs que pour une fréquence d'environ 10 MHz. Le spectre de la fréquence s'étend évidemment plus haut.

Les impulsions parviennent au transmetteur qui contient le transformateur symétrique et l'atténuateur.

La base de temps est choisie entre 5, 10, 50 et 100 μs.

Le départ d'une impulsion peut être retardé de façon à permettre la mesure du temps. Le potentiomètre de réglage est étalonné en μs ou en m.

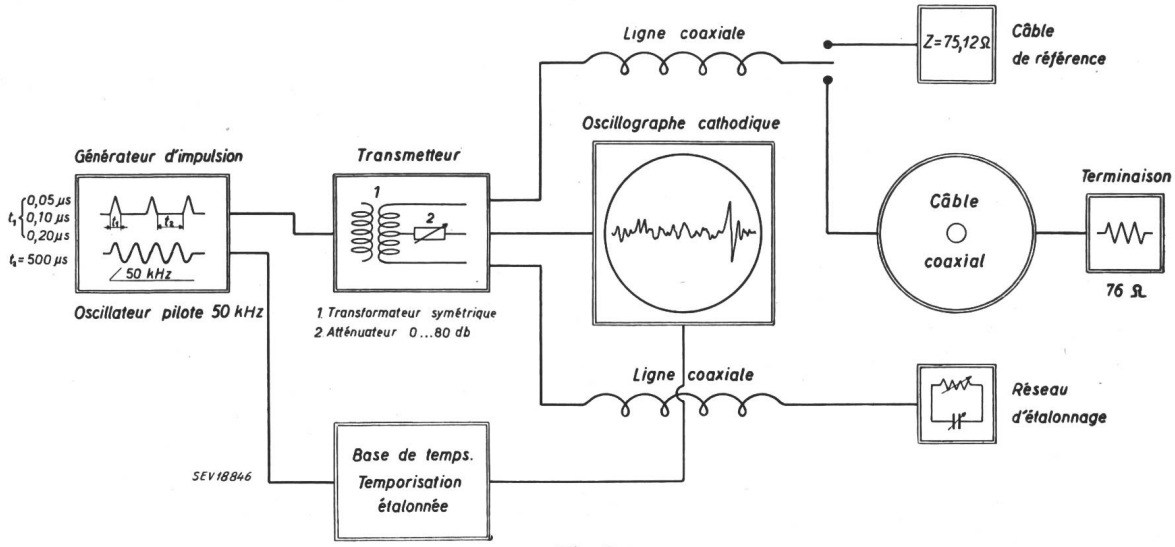

Fig. 3
Schéma de principe d'un appareil de mesure réalisé

L'appareil permet de voir 10 km de câble par longueurs de 300 m à la fois.

Un réseau d'étalonnage absolu étant difficile à réaliser simplement, on se reporte pour toute mesure à un câble de référence dont l'impédance a été exactement mesurée à 2,5 MHz avec un pont. On peut alors ajuster le réseau d'étalonnage de façon à lire l'impédance du câble de référence, puis on passe à la mesure de l'inconnue. La sensibilité de lecture est d'un centième d'ohm.

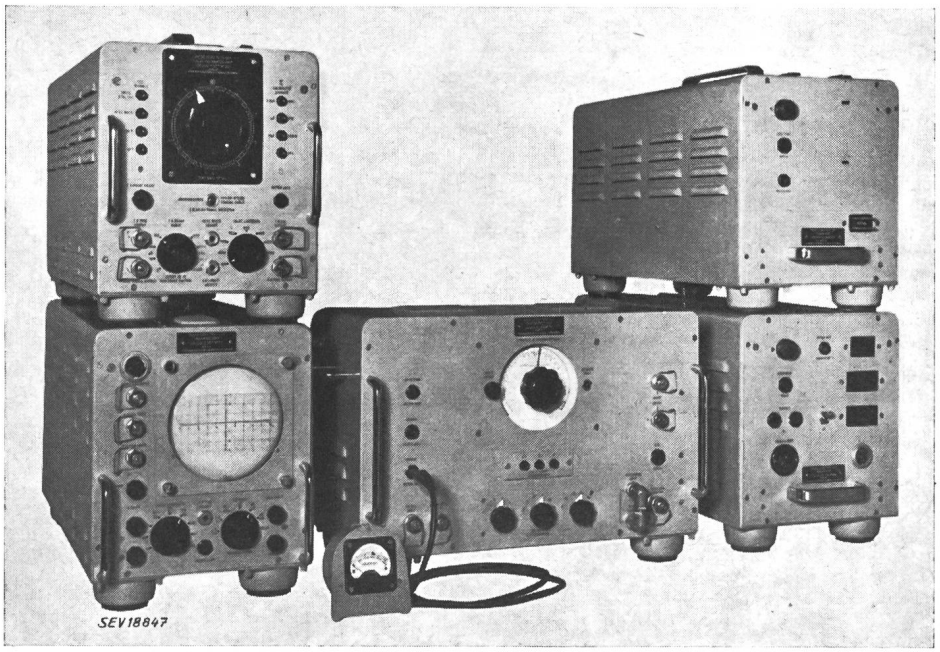

Fig. 4
Echomètre
Fabrication anglaise

La figure 4 montre un échomètre de fabrication anglaise. Cet appareil peut mesurer une impédance d'entrée avec une précision de 3/100 Ω environ, ce qui correspond à une erreur relative de 4 pour 10 000 pour un câble de 75 Ω. Une localisation d'écho ou de faute est exacte à 5 pour 1000 près si la base de temps est correctement étalonnée. A plus

ou moins 1 db, on mesure l'amplitude d'un écho, ce qui révèle un écart d'impédance à 2/100 Ω près. Cet ensemble de qualités fait de cet appareil un auxiliaire très apprécié dans la technique de mesure des câbles à hautes fréquences. On envisage d'étendre son activité au domaine des câbles à basse fréquence et même des câbles ou lignes aériennes à haute tension où il pourrait rendre service pour la localisation des défauts.

Diskussionsbeitrag

Vortrag, gehalten an der 15. Hochfrequenztagung des SEV vom 5. Oktober 1951 in Bern,
von *E. Kronauer*, Maschinenfabrik Oerlikon

Immer grössere Anforderungen werden an den Grossmaschinenbau und andere Zweige der Fabrikation hinsichtlich Präzision, Radiostörfreiheit, Erschütterungs- und Geräuschverminderung usw. gestellt. Dementsprechend musste die Messtechnik verfeinert werden; dank den Fortschritten der Hochfrequenz ist dies möglich geworden, wie die Herren Referenten bereits gezeigt haben.

Es wurde bereits darüber berichtet, dass geringste Querschnittänderungen von Textilmaterial, das zwischen Kondensatorplatten fortbewegt wird, ein Anzeigegerät stark beeinflussen können. Anstelle dieser Änderungen des Dielektrikums kann eine Kondensatorplatte relativ zur andern bewegt werden. Auf diese Weise werden die Schwingungen

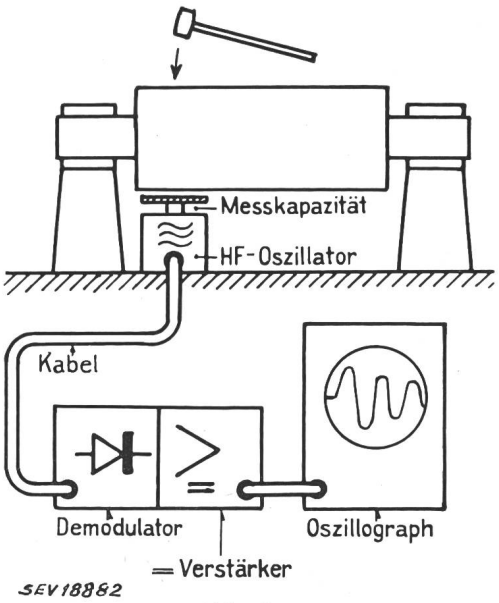

Fig. 1
Kapazitiver Erschütterungsmesser
Messung der durch Hammerschlag angestossenen Eigenschwingungen eines Rotors

eines Maschinenteils abgetastet, wobei dieser, z. B. ein Rotor (Fig. 1), selber den geerdeten Belag des Messkondensators bildet. So werden die kritischen Drehzahlen bei drehendem Rotor gemessen. Durch Hammerschlag können die Eigenschwingungen sogar bei Stillstand angestossen werden, welche, pro Minute ausgedrückt, praktisch mit den kritischen Drehzahlen übereinstimmen.

Die durch die Luftspaltänderungen des Messkondensators modulierten Wellen eines Hochfrequenzoszillators werden durch ein langes Kabel dem Demodulator zugeführt und nach der Demodulation verstärkt und oszillographiert.

Durch eine Weiterentwicklung dieses Messprinzips ist der *Winkelbeschleunigungsmesser* der Maschinenfabrik Oerlikon entstanden. Er dient zur Messung von langsamen oder pulsierenden Drehzahlschwankungen, die z. B. bei Explosionsmotoren besonders deutlich auftreten. Aber auch an Grossgeneratoren treten bei Kurzschlüssen enorme Drehmomentschwankungen auf, die mit diesem Gerät ermittelt werden können.

Fig. 2 zeigt das Prinzip des Winkelbeschleunigungsmessers. Die isolierte Platte ist starr mit dem Rotor verbunden und wird über einen Schleifring (entweder mit Bürsten oder kapazitiv-kontaktlos) mit Hochfrequenz gespiesen. Der geerdete Belag hat ein verhältnismässig geringes Gewicht und wird mit Hilfe einer harten Feder vom Rotor mitgenommen. Der Luftspalt des Kondensators ist proportional zur Winkelbeschleunigung.

Die elektrische Anordnung besteht (wie in Fig. 1) aus Oszillator, Demodulator, Verstärker und Oszillograph.

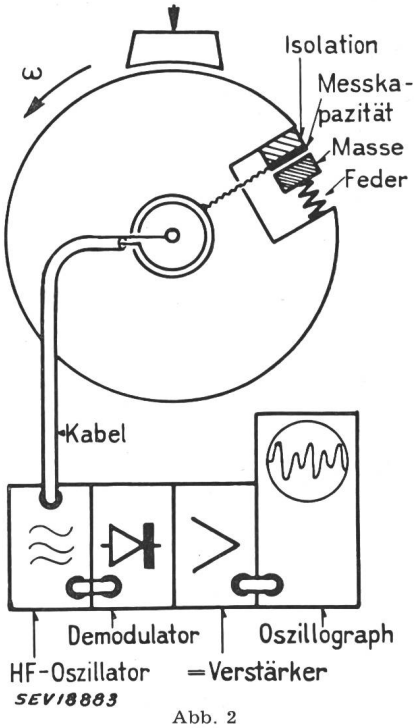

Abb. 2
Prinzip des Winkelbeschleunigungsmessers
Meßsystem hoher Eigenfrequenz, bestehend aus kleiner Masse und Hartfeder

Fig. 3 zeigt Einzelteile einer als Beispiel gewählten Ausführungsform. Jede der 4 Federn ist als elastische Speiche und die Masse als Schwungrad ausgebildet, dessen 4 Zapfen als geerdete Messkondensator-Platten dienen. Die isolierten Kondensatorbeläge sind mit Hilfe einer Leichtmetallscheibe starr mit der Welle verbunden.

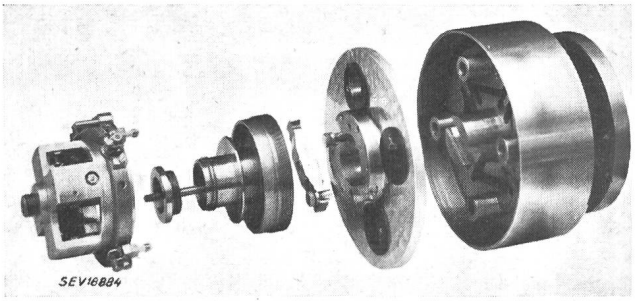

Fig. 3
Einzelteile des Winkelbeschleunigungsmessers
Bürstenbrücke, Schleifring, Messkondensatorplatten auf starrer Platte und abgefedertem Schwungrad

Fig. 4 zeigt eines von vielen Oszillogrammen, welche mit dem genannten Gerät an einem 1-MVA-Kurzschlussgenerator der MFO aufgenommen wurden. Phasenstrom und Drehmo-