Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 34 (1956)

Heft: 2

Artikel: Über die Fehlereingrenzung bei Koaxialkabeln = Etude sur la localisation des défauts affectant les câbles coaxiaux

Autor: Reimann, Richard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874508

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: 24.01.2026

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

4700 Impulsen/s auf einer Frequenz von 227 MHz. Die Impulse sind den einzelnen Messwerten in zyklischer Vertauschung zugeordnet, so dass zu jedem Messwert 312,5 Impulse/s gehören. Die Impulsdauer beträgt 3 µs. Dem ganzen Messbereich entspricht ein zeitlicher Verschiebungsbereich der Hochfrequenzimpulse um 150 µs. Die für eine solche Übertragung benötigte Bandbreite ist natürlich viel grösser als bei den früher besprochenen Verfahren. Sie beträgt für das betrachtete Beispiel etwa 1MHz.

Hiemit sollte ein Ausschnitt aus dem Gebiete der Fernmessung gegeben werden, der zeigt, wie die Impulstechnik sowohl zur Messwertübertragung als solcher als auch zur Mehrfachausnützung von Messkanälen Wesentliches beigetragen hat.

Literatur

[1] *Borden, P. A.*, und *G. M. Thynell:* Principles and Methods of Telemetering, 230 S. New York: Reinhold, 1948.

[2] *Bösch, W.:* Aufgaben und Lösungen in der Fernmesstechnik. Bull. SEV, Bd. 37 (1946), Nr. 6, S. 141...150.

[3] *Touly, M.:* Nouveaux appareils de télémesures. Rev. gén. Electr., Bd. 54 (1945), Nr. 6, S. 163...174.

[4] *Blamberg, E.:* Selbstkompensierende Spezial-Messgeräte. Bull. SEV, Bd. 46 (1955), Nr. 16, S. 721...725.

[5] *John, S.:* Fortschritte auf dem Gebiete der Fernmesstechnik. Siemens-Z., Bd. 25 (1951), Nr. 1, S. 3...11.

[6] *Franke, D.:* Hochfrequenz-Zwölffachübertragung auf Hochspannungsleitungen. ETZ, Bd. 70 (1949), Nrn. 10/11, S. 321...328.

[7] *Goldstein, A.:* Mehrfachausnützung von Hochfrequenzverbindungen über Hochspannungsleitungen. Brown-Boveri-Mitt., Bd. 35 (1948), Nrn. 3/4, S. 120...124.

[8] *Quervain, A. de:* Das Fernmessverfahren nach dem Frequenzvariationssystem. Technica, Bd. 4 (1955), Nr. 4, S. 137...140.

[9] *Mazur, D. G.:* A 227 Mc Pulse Position Modulation Telemetering Unit. Convention Record of the IRE, Bd. 2 (1954), Part. 5, S. 105...112.

Adresse des Verfassers: Dr. *A. Goldstein*, AG. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Über die Fehlereingrenzung bei Koaxialkabeln

Von *Richard Reimann*, Bern

621.317.333.4 : 621.315.2.029.5

Zusammenfassung. *Es werden einige Methoden zur Eingrenzung von Fehlern an Koaxialkabeln beschrieben. In Betracht fallen Fehler, die durch ungenügende Spannungsfestigkeit zwischen Zentral- und Aussenleiter entstanden sind, und solche, die grössere Impedanzschwankungen hervorrufen, wie Knickungen und Quetschungen.*

Bei Koaxialkabeln lassen sich zum Teil Fehler feststellen, die bei gewöhnlichen mehradrigen Fernmeldekabeln nicht auftreten. Die Ursache liegt einmal im besondern Aufbau des Koaxialkabels begründet, sodann im Umstand, dass es nicht allein als HF-Kabel, sondern gleichzeitig als Hochspannungskabel dienen kann. Über die Koaxialleiter werden die einzelnen Verstärkerstationen ferngespeist. Es werden deshalb an die Koaxialleiter gewisse Anforderungen hinsichtlich Spannungsfestigkeit gestellt.

An Koaxialkabeln können folgende Fehler auftreten:

1. Erdschlüsse
2. Kurzschlüsse Innenleiter–Aussenleiter
3. Unterbrüche des Innen- oder Aussenleiters
4. Isolationsfehler
5. Ungenügende dielektrische Festigkeit zwischen Innen- und Aussenleiter
6. Knickung und Quetschung

Die unter 1 bis 4 aufgeführten Fehler sind die gleichen wie bei gewöhnlichen Fernmeldekabeln, und ihre Eingrenzung erfolgt praktisch nach den gleichen Methoden.

Die infolge ungenügender Spannungsfestigkeit auftretenden Fehler müssen – da die Übergangswiderstände an den Fehlerstellen sehr hoch sind – mittels Hochspannung eingegrenzt werden. Auf diese Weise erhält man genügend grosse Meßströme. Man wendet

Etude sur la localisation des défauts affectant les câbles coaxiaux

Par *Richard Reimann*, Berne

Résumé. *L'auteur décrit quelques méthodes servant à localiser les défauts affectant les câbles coaxiaux. Il considère les défauts qui sont dus à une rigidité diélectrique insuffisante entre le conducteur central et le conducteur extérieur et ceux qui provoquent de sensibles variations de l'impédance, comme les coques et les écrasements.*

Les câbles coaxiaux présentent en partie des défauts qui n'apparaissent pas sur les câbles de télécommunication ordinaires à plusieurs conducteurs. La cause en réside tant dans la construction particulière du câble coaxial que dans le fait que ce câble peut servir non seulement de câble à haute fréquence, mais en même temps de câble à haute tension. Les diverses stations de répéteurs sont téléalimentées par l'intermédiaire des conducteurs coaxiaux qui, par conséquent, sont soumis à certaines exigences en ce qui concerne la rigidité diélectrique.

Les défauts suivants peuvent affecter les câbles coaxiaux:

1. Courts-circuits à la terre
2. Courts-circuits entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur
3. Interruptions du conducteur intérieur ou du conducteur extérieur
4. Défauts d'isolement
5. Rigidité diélectrique insuffisante entre les conducteurs intérieurs et extérieurs
6. Coques et écrasements

Les défauts mentionnés sous 1 à 4 sont les mêmes que ceux qui perturbent les câbles de télécommunication ordinaires et leur localisation se fait pratiquement d'après les mêmes méthodes.

Les défauts dus à une rigidité diélectrique insuffisante doivent – étant donné que les résistances de

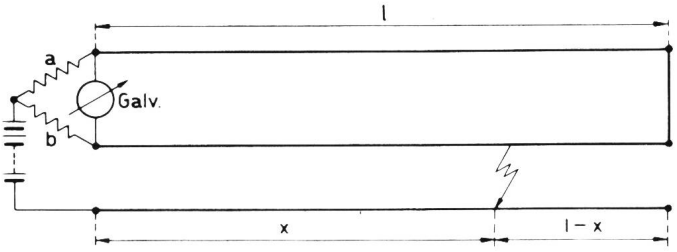


Fig. 1. Brückenmethode
Méthode du pont

dabei allgemein die Brückenmethode an. Das Prinzip dieser Methode ist aus Figur 1 ersichtlich; dabei ist ein guter Leiter erforderlich.

Ist die Brücke im Gleichgewicht, so gilt:

$$x = 2\,l\,\frac{b}{a+b}$$

Eine solche Brücke muss natürlich für hohe Gleichspannungen isoliert und mit den nötigen Schutzvorrichtungen versehen sein, damit eine gefahrlose Bedienung möglich ist. Zum Schutze des Brückenwiderstandes ist im allgemeinen ein Überspannungsableiter vorhanden. In Serie zum Galvanometer ist ein Relais geschaltet, das bei Überströmen das Galvanometer abschaltet.

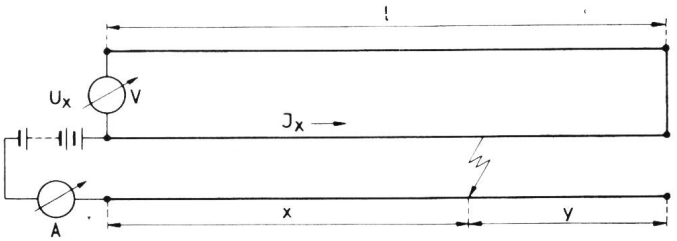


Fig. 2. Anordnung für die Messung des Spannungsabfalles vom Fehlerort zum Kabelanfang
Dispositif servant à mesurer la chute de tension de l'endroit du défaut à l'extrémité initiale du câble

Eine weitere Methode besteht in der Messung der Spannungsabfälle vom Fehlerort zum Anfang bzw. Ende des fehlerhaften Kabels. Bei dieser Methode sind mindestens zwei Messungen nötig; ausserdem müssen zwei gute Leiter vorhanden sein. Spannung und Strom werden gleichzeitig bei folgenden Schaltungen gemessen:

a) U_x und I_x nach Figur 2

b) U_y und I_y nach Figur 3

Aus den Figuren 2 und 3 ergibt sich:

$$x = l\,\frac{U_x}{U_x + U_y \cdot \frac{I_x}{I_y}}$$

Der Fehler ist zur Herabsetzung des Übergangswiderstandes nach Möglichkeit auszubrennen. Auf diese Weise lässt sich die schadhafte Stelle bis auf einige Meter eingrenzen. Man kann nun der Hochspannung noch eine tonfrequente Spannung überlagern und mittels einer Suchspule und eines Kopfpassage sont très élevées aux endroits des défauts – être localisés au moyen de la haute tension, ce qui permet d'obtenir ainsi des courants de mesure assez forts. Pour faire ces mesures, on applique généralement la méthode du pont. La figure 1 montre le principe de cette méthode; il est indispensable d'avoir un bon conducteur.

Si le pont est en équilibre, on a:

$$x = 2\,l\,\frac{b}{a+b}$$

Un pont de ce genre doit naturellement être isolé contre les tensions continues élevées et muni des dispositifs de protection nécessaires, pour qu'il puisse être desservi sans danger. Il existe généralement un paratension qui sert à protéger la résistance du pont. Un relais déclenchant le galvanomètre lors des surintensités de courant est connecté en série avec le galvanomètre.

Une autre méthode consiste à mesurer les chutes de tension de l'endroit du défaut à l'une des extrémités du câble défectueux. Cette méthode exige au minimum deux mesures; en outre, il est absolument indispensable qu'il y ait deux bons conducteurs. La tension et le courant sont mesurés simultanément dans les connexions suivantes:

a) U_x et I_x selon la figure 2

b) U_y et I_y selon la figure 3

Selon les figures 2 et 3, on obtient:

$$x = l\,\frac{U_x}{U_x + U_y \cdot \frac{I_x}{I_y}}$$

Pour diminuer la résistance de passage, on envoie si possible dans les conducteurs un courant de haute tension qui, provoquant un arc à l'endroit du défaut, fait se souder les deux conducteurs, on peut ainsi localiser l'endroit défectueux jusqu'à quelques mètres. On peut encore superposer une tension à fréquence vocale à la haute tension et déterminer avec exactitude l'emplacement du défaut au moyen d'une bobine exploratrice et d'un récepteur serre-tête dans le circuit duquel on intercale éventuellement encore un amplificateur.

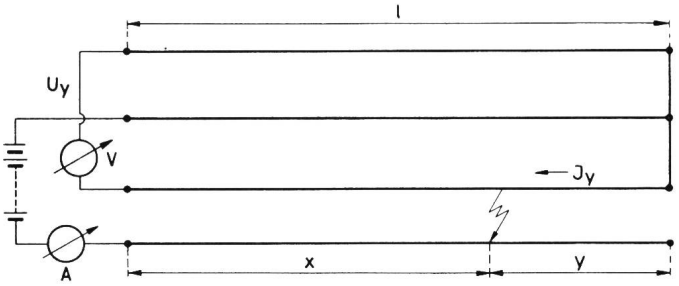


Fig. 3. Anordnung für die Messung des Spannungsabfalles vom Fehlerort zum Kabelende
Dispositif servant à mesurer la chute de tension de l'endroit du défaut à l'extrémité finale du câble

hörers, dem allenfalls noch ein Verstärker vorgeschaltet ist, den Fehlerort genau ermitteln.

Fehler, wie Knickungen und Quetschungen, können durch unsachgemässe Behandlung des Kabels oder durch Einwirkungen der Natur (Steinschlag, Erdrutsche usw.) entstehen. Solche Fehler verursachen Impedanzschwankungen und damit Stossstellen, an denen ein Teil der übertragenen HF-Energie reflektiert wird. Daraus ist ein Impulsreflexionsverfahren entwickelt worden, dem folgender Gedanke zugrunde liegt: Impulse, die man in die fehlerhafte Leitung sendet, werden zum Teil an der Fehlerstelle reflektiert. Die Laufzeit des Impulses zum Fehlerort und die Zeit des reflektierten Anteils zum Ausgangspunkt zurück sind ein Mass für die Entfernung der Stoßstelle. Ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Impulses bekannt, so kann der Fehlerabstand berechnet werden. Für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit v gilt die Formel

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} c \quad \text{wobei} \quad \begin{array}{l} \varepsilon = \text{Dielektrizitätskonstante} \\ c = \text{Lichtgeschwindigkeit} \end{array}$$

Für den bis jetzt in der Schweiz ausgelegten Koaxialkabeltyp, dessen Innenleiter mittels Polyäthylenscheiben isoliert ist, beträgt v = 288 m/μs.

Beim Reflexionsverfahren benützt man das Echometer, dessen Arbeitsweise wir anhand des in Figur 4 dargestellten Schemas erläutern.

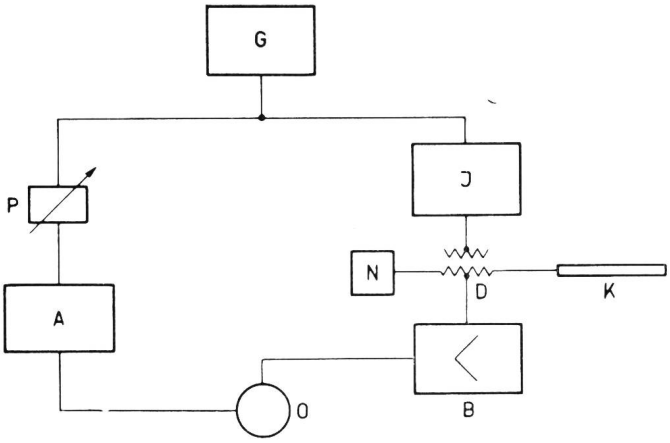


Fig. 4. Blockschema des Echometers
Schéma de principe de l'échomètre

Der Tonfrequenzgenerator G steuert den Impulsgenerator I und gleichzeitig den Zeitablenkkreis A. Vom Impulsgenerator gelangen die Gleichstromimpulse auf einen Differentialübertrager D, an dessen sekundären Ausgängen einerseits das Kabel K und anderseits eine Kabelnachbildung N angeschlossen sind. Auf den Schirm der Kathodenstrahlröhre O gelangen somit nicht die abgehenden, sondern die von der Leitung reflektierten Impulse, und zwar über den Breitbandverstärker B. Der Zeitablenkkreis und der Impulsgenerator werden – wie schon erwähnt – vom gleichen Tonfrequenzgenerator gespeist. Dadurch wird ein Synchronismus zwischen Zeitablenkungsfrequenz und Impulswiederholungs-

Une manipulation du câble non conforme aux prescriptions ou des fléaux naturels (chutes de pierres, éboulements, etc.) peuvent provoquer des défauts tels que coques et écrasements. Ces défauts engendrent des variations d'impédance et, par conséquent, des centres de réflexion contre lesquels se réfléchit une partie de l'énergie à haute fréquence transmise, ce qui a permis de mettre au point une méthode de réflexion des impulsions d'après le principe suivant: Les impulsions que l'on envoie sur la ligne défectueuse sont partiellement réfléchies à l'endroit du défaut. La durée de propagation de l'impulsion jusqu'à l'endroit du défaut et le temps que met la partie réfléchie pour revenir au point de départ servent à mesurer la distance à laquelle se trouve le centre de réflexion. Connaissant la vitesse de propagation de l'impulsion, on peut calculer la distance à laquelle est situé le défaut. Pour trouver la vitesse de propagation v, on utilise la formule

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} c \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} \varepsilon = \text{constante diélectrique} \\ c = \text{vitesse de la lumière} \end{array}$$

Pour le type de câble coaxial posé jusqu'ici en Suisse et dont le conducteur intérieur est isolé au moyen de disques de polyéthylène, v se monte à 288 m/μs.

Dans le procédé de réflexion, on utilise l'échomètre dont nous expliquons la manière de travailler d'après le schéma représenté à la figure 4.

Le générateur basse fréquence G commande le générateur d'impulsions I et en même temps le circuit de balayage A. Les impulsions à courant continu émises par le générateur d'impulsions parviennent à un transformateur différentiel D. Le câble K, d'une part, et un équilibreur N, d'autre part, sont raccordés aux bornes de sortie secondaires du transformateur. Ce ne sont pas les impulsions partantes, mais au contraire les impulsions réfléchies par la ligne à travers l'amplificateur à large bande B qui agissent sur l'écran du tube à rayons cathodiques O. Le circuit de balayage et le générateur d'impulsions sont – comme nous l'avons déjà dit – alimentés par le même générateur basse fréquence, ce qui donne le synchronisme entre la fréquence de balayage et la fréquence de répétition des impulsions. On obtient ainsi sur l'écran une image stationnaire de l'impulsion réfléchie, qui se déplace d'autant plus vers la droite que l'endroit du défaut est plus éloigné. Pour déterminer la distance à laquelle se trouve le défaut, on procède de la façon suivante: A l'aide du déphaseur P, on amène l'impulsion réfléchie sur l'écran dans sa position de départ. Des repères de temps, dont la constance est assurée par un oscillateur commandé par quartz, sont indiqués sur la paire horizontale de plaques de déviation. On ramène le déphaseur dans sa position initiale et on compte le nombre des repères sur lesquels on a passé. Dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire de tourner à nouveau le bouton du déphaseur, étant

frequenz erreicht. Auf diese Weise erhält man auf dem Schirm ein stehendes Bild des reflektierten Impulses, und zwar wird dieser um so weiter nach rechts verschoben sein, je entfernter die Fehlerstelle ist. Bei der Bestimmung des Fehlerabstandes geht man folgendermassen vor: Durch den Phasenschieber P bringt man den reflektierten Impuls auf dem Schirm in seine Ausgangslage. An das horizontale Ablenkplattenpaar werden nun Zeitmarken gegeben, deren Konstanz durch einen quarzgesteuerten Oszillator gewährleistet ist. Man bringt dann den Phasenschieber wieder in seine ursprüngliche Stellung und zählt die Anzahl Zeitmarken, um die man zurückgedreht hat. In den meisten Fällen ist jedoch ein Zurückdrehen des Phasenschieberknopfes nicht nötig, da dieser mit einer Skala in Verbindung steht, auf der die Fehlerdistanz direkt abgelesen werden kann. Dies setzt allerdings eine hohe Zeitkonstanz der Ablenkspannung voraus.

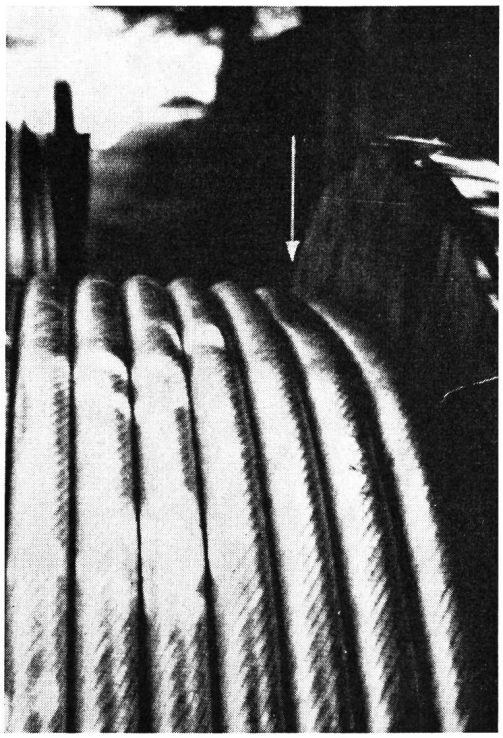
Eine andere Methode besteht darin, dass man auch den am offenen Kabelende reflektierten Impulsanteil auf dem Schirm zur Abbildung bringt und die Fehlerdistanz proportionsgemäss bestimmt. Die Kabellänge muss natürlich bekannt sein.

Aus Phasenlage und Amplitude des reflektierten Impulses können Schlüsse über Art und Länge des Fehlers gezogen werden. Kommt der reflektierte Impuls beispielsweise in der Kehrlage zurück, so sind an der Fehlerstelle die Leiter kurzgeschlossen. Der Impuls wird allerdings schon beim Durchlaufen einer längern Kabelstrecke verzerrt. Im allgemeinen verflacht er sich, da die einzelnen Frequenzen, aus denen sich ein Impuls zusammensetzt, verschiedene Dämp-

donné qu'il est relié à une échelle graduée sur laquelle on peut lire directement la distance à laquelle se trouve le défaut. Cela suppose une stabilité de temps élevée de la tension de déviation.

Une autre méthode consiste également à reproduire sur l'écran la partie de l'impulsion réfléchie à l'extrémité éloignée ouverte du câble et à déterminer proportionnellement la distance à laquelle se trouve le défaut. Il faut naturellement connaître la longueur du câble. La position de phase et l'amplitude de l'impulsion réfléchie permettent de tirer des conclusions sur la nature et la longueur du défaut. Si, par exemple, l'impulsion réfléchie revient dans la position inversée, les conducteurs sont court-circuités à l'endroit du défaut. L'impulsion est déjà déformée en parcourant un long tronçon de câble. En général, elle s'aplatit du fait que les diverses fréquences dont se compose une impulsion présentent différents affaiblissements et durées de propagation. Plus l'impulsion est étroite, plus elle est fortement affaiblie, mais plus petites sont les variations d'impédance qu'on peut constater. C'est pourquoi on utilisera pour les câbles courts (longueurs de fabrication) des impulsions étroites et pour les câbles longs des impulsions larges et puissantes. On doit, en conséquence, faire en sorte d'avoir une fréquence de balayage élevée, respectivement faible, pour obtenir la vue d'ensemble nécessaire sur le câble à étudier.

Pour terminer, nous citerons un exemple pratique. Il s'agit d'un câble coaxial endommagé lors du transport, câble qui, comme le montrent les figures 5 et 6, a subi un écrasement. La figure 7 présente l'échogramme du câble. On reconnaît nettement la réflexion



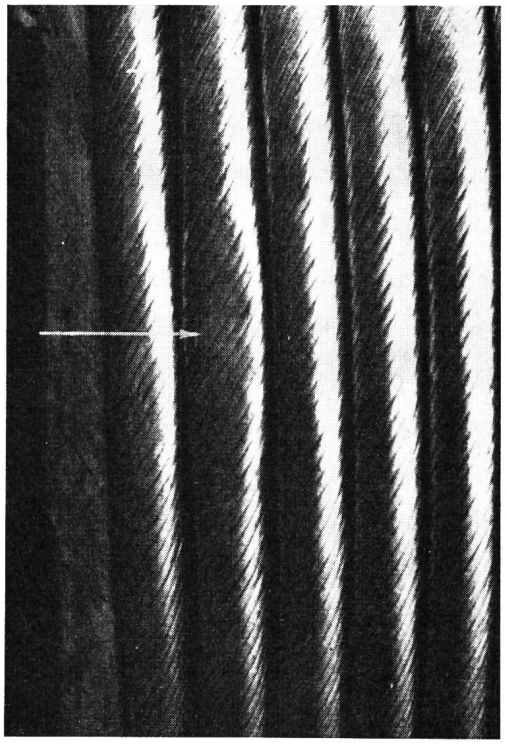


Fig. 5 und 6. Beschädigtes Koaxialkabel – Câble coaxial endommagé

fungen und Laufzeiten aufweisen. Je schmäler der Impuls ist, um so stärker wird er gedämpft, aber um so kleinere Impedanzschwankungen können festgestellt werden. Man wird deshalb für kurze Kabel (Fabrikationslängen) schmale Impulse und für längere Kabel breite, energiereichere Impulse anwenden. Entsprechend muss auch eine grosse bzw. kleine Zeitablenkungsfrequenz eingestellt werden, um die nötige Übersicht über das zu untersuchende Kabel zu erhalten.

Abschliessend führen wir ein praktisches Beispiel an. Es handelt sich um ein beim Transport beschädigtes Koaxialkabel, das, wie aus den Figuren 5 und 6 ersichtlich ist, eine Quetschung erlitten hat. Figur 7 stellt das Echogramm des Kabels dar. In Punkt c des Echogramms ist die Reflexion deutlich zu erkennen. Der Fehlerabstand entspricht der Strecke b...c und beträgt 185,7 m. Eine Kontrolle mit dem Messband ergab eine gute Übereinstimmung. Die Strecke a...b entspricht der Länge des Zuleitungskabels, das eine Vollpolythenisolierung besitzt. Es fällt auf, dass dessen Impulsfortpflanzungsgeschwindigkeit anders ist als die des untersuchten Koaxialkabels. Punkt d bezeichnet das Kabelende. Die kleineren Reflexionen zwischen b und d sind auf Impedanzschwankungen zurückzuführen, die durch Unregelmässigkeiten bei der Fabrikation entstanden sind. Jene stören jedoch nicht, wenn sie ein gewisses Mass nicht überschreiten.

Bei der Messung wurden Impulse von 0,05 μs Dauer angewendet. Als Echometer diente das Pulse Echo Test Set der Firma Standard Telephones & Cables Ltd.

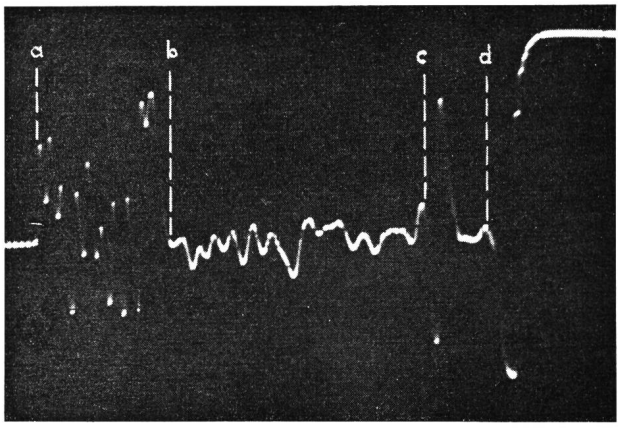


Fig. 7. Echogramm des beschädigten Kabels
Echogramme du câble endommagé

au point c de l'échogramme. La distance à laquelle se trouve le défaut correspond au tronçon b...c et s'élève à 185,7 m. Un contrôle au ruban de mesure concorde exactement avec le résultat obtenu. Le tronçon a...b correspond à la longueur du câble d'amenée qui possède une isolation entièrement en polythène. Il est surprenant que sa vitesse de propagation des impulsions soit différente de celle du câble coaxial examiné. Le point d désigne l'extrémité du câble. Les petites réflexions entre les points b et d doivent être attribuées aux variations d'impédance engendrées par des irrégularités lors de la fabrication. Elles ne sont toutefois pas perturbatrices lorsqu'elles ne dépassent pas une certaine mesure.

Pour faire les mesures, on a utilisé des impulsions de 0,05 μs de durée. L'échomètre qui a servi à ces mesures est le «Pulse Echo Test Set» de la maison Standard Telephones & Cables Ltd.

Bibliographie

Laws, Frank A. Electrical Measurements. 2nd Edition. New York and London, 1938.

Herreng, P. Echomètre à impulsions de 0,05 microseconde pour l'étude de la régularité d'impédances des paires coaxiales 5/18. Câbles et Transmission 1954, n° 2, p. 172...189.

* * *

Das Streben nach Kultur mit Hilfe von Büchern ist wertvoll,
denn unser Glück hängt mehr von dem ab, was wir in unsern Köpfen haben,
als von dem, was in unserer Tasche ist.

Arthur Schopenhauer