

Mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux en ondes métriques au moyen de la pince absorbante MDS

Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln im Meterwellenbereich mit Hilfe der MDS-Absorberzange

Rodolphe BERSIER, Berne

621.317.7.023: 621.391.823
621.391.823.083: 621.315.212

Zusammenfassung. Die Absorberzange, die vom CISPR für die Messung des Störvermögens von netzgespeisten Apparaten normalisiert wurde, kann ebenfalls für die Prüfung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln, im Frequenzbereich 30...300 MHz, benützt werden. Dazu vergleicht man den grössten Pegel, der entlang des Mantels eines an einer gut abgeschirmten Speisequelle angeschlossenen Koaxialkabels auftritt mit dem grössten Pegel, der entlang eines nicht abgeschirmten Vergleichsleiters gemessen werden kann; dieser Leiter wird an Stelle des Kabels an der gleichen Speisequelle angeschlossen.

Zwanzig verschiedene Kabel wurden mit der Absorberzange, mit einer Feldmethode und mit der CEI-Methode (Publikation Nr. 96-1/1962) gemessen. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen eine enge Korrelation zwischen den drei Methoden. Die Methode der Absorberzange besitzt unter anderem Vorteile, eine bessere Information über das wirkliche Verhalten der Abschirmung zu liefern, dank Registrierungen, die auf Kabelmustern von einigen Metern Länge durchgeführt werden.

Résumé. La pince absorbante, dispositif normalisé par le CISPR pour la mesure du pouvoir perturbateur d'appareils alimentés par le réseau, peut être utilisée également pour le contrôle de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux, dans la gamme de fréquences 30-300 MHz. Pour cela, on compare le niveau le plus élevé observé le long du manteau d'un échantillon de câble alimenté par une source soigneusement blindée, au niveau le plus élevé mesuré le long d'un conducteur de référence non blindé, connecté à la place du câble, à la sortie de la même source.

Vingt câbles différents ont été essayés par la méthode de la pince absorbante, par une méthode de champ et par la méthode CEI (publication N° 96-1/1962). Les résultats obtenus manifestent une étroite corrélation entre les trois méthodes. La méthode de la pince absorbante présente, entre autres, l'avantage de fournir une information plus significative du comportement réel du blindage, grâce à des enregistrements effectués sur des échantillons de câble de quelques mètres de longueur.

Misurazioni dell'efficacità della schermatura di cavi coassiali nella gamma delle onde metriche con la pinza assorbente MDS

Riassunto. La pinza assorbente, normalizzata dal CISPR per la misurazione del potere perturbatore di apparecchi alimentati dalla rete, può essere impiegata anche per misurare l'efficacità della schermatura di cavi coassiali nella gamma di frequenze tra 30 e 300 MHz. A tale scopo si confronta il livello più alto, osservato lungo la guaina d'un campione di cavo coassiale, alimentato ad una fonte di corrente ben schermata, con il livello misurato lungo un conduttore di riferimento non schermato, sostituito al suddetto cavo.

Venti cavi diversi vennero misurati con la pinza assorbente con un metodo di campo e con il metodo CEI (pubblicazione n° 96-1/1962). I risultati ottenuti rivelano una stretta correlazione tra i tre metodi. Il metodo con la pinza assorbente, grazie alle registrazioni eseguite su campioni di cavi di alcuni metri di lunghezza, presenta, tra l'altro, il vantaggio di fornire un'informazione più significativa sul reale comportamento della schermatura.

1. Introduction

La pince absorbante développée par l'Entreprise des PTT suisses a déjà été présentée dans notre Bulletin technique¹. Cet exposé mentionnait entre autres la possibilité de contrôle de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux.

La pince absorbante ayant été normalisée par le Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR), pour la mesure du pouvoir perturbateur d'appareils alimentés par le réseau, ce dispositif fait actuellement partie de l'équipement de nombreux laboratoires en Suisse comme à l'étranger. Il est donc utile et d'un intérêt certain de pouvoir étendre son champ d'application au contrôle de la qualité du blindage de câbles coaxiaux.

Le but du présent article est de décrire cette nouvelle méthode de mesure et d'en prouver la valeur pratique au moyen d'essais comparatifs effectués avec une méthode de champ et avec la méthode CEI (publication N° 96-1/1962). Nous exposons d'abord le principe de ces trois méthodes et donnons ensuite les résultats obtenus.

1. Einführung

Die bei den schweizerischen PTT-Betrieben entwickelte Absorberzange ist in unserer Zeitschrift bereits vorgestellt worden¹. In jenem Artikel wurde die Möglichkeit, die elektrische Dichtigkeit von Koaxialkabeln zu prüfen, schon erwähnt.

Da die Absorberzange durch das Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR) für die Messung des Störvermögens von netzgespeisten Apparaten normalisiert wurde, gehört heute diese Messeinrichtung zu der Ausrüstung zahlreicher Laboratorien in der Schweiz wie im Ausland. Damit erweist es sich als nützlich, das Anwendungsgebiet der Absorberzange auf die Prüfung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln erweitern zu können.

Der vorliegende Artikel beschreibt diese neue Messmethode und beweist ihren praktischen Wert anhand von Vergleichsversuchen, die mit einer Feld-Methode und mit der CEI-Methode (Publikation Nr. 96-1/1962) durchgeführt

¹ J. Meyer de Stadelhofen: La pince absorbante - une nouvelle méthode de mesure pour l'antiparasitage en ondes métriques. Bull. techn. PTT 1969, No 3, p. 96...104.

¹ J. Meyer de Stadelhofen. Die absorbierende Messzange - eine neue Methode zur Messung von Störungen im Meterwellenbereich. Techn. Mitt. PTT 1969, Nr. 3, S. 96...104.

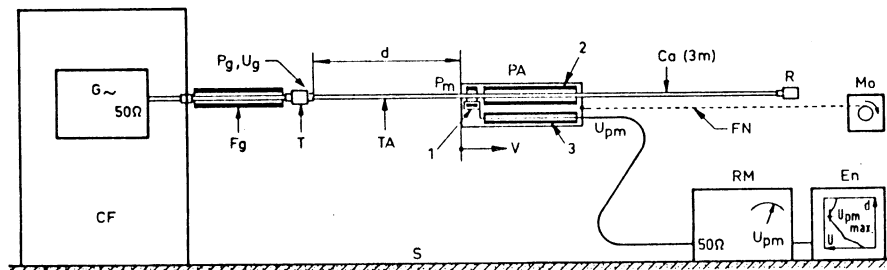


Fig. 1

Mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux au moyen de la pince absorbante MDS

Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln mit der MDS-Absorberzange

On déplace la pince lentement le long d'un échantillon de câble, puis le long d'un fil conducteur de référence non blindé, connectés successivement à la même source d'alimentation (sortie de l'atténuateur T). Le rapport des niveaux maxima enregistrés donne la valeur de l'efficacité du blindage du câble coaxial

Die Zange wird langsam entlang einem Kabelmuster, dann entlang einem nicht abgeschirmten Vergleichsleiter verschoben, die nacheinander an derselben Speisequelle angeschlossen werden (Ausgang vom Dämpfungsglied T). Das Verhältnis zwischen den maximalen registrierten Pegeln wird als Mass für die elektrische Dichtigkeit des koaxialen Kabels genommen

- G Générateur haute fréquence - Hochfrequenzgenerator
- CF Cage de Faraday - Faradayscher Käfig
- Fg Tube de ferrite (longueur = 50 cm) - Ferritrohr (Länge = 50 cm)
- T Atténuateur 10 dB, 50 Ω ou adaptateur $Z_0/50 \Omega$ (longueur avec fiches = 15 cm, diamètre = ~ 2 cm) - Dämpfungsglied 10 dB 50 Ω oder Adapter $Z_0/50 \Omega$ (Länge mit Stecker = 15 cm, Durchmesser = ~ 2 cm)
- Ca Echantillon de câble (impédance caractéristique = Z_0 , longueur = 3 m) - Kabelmuster (Wellenwiderstand = Z_0 , Länge = 3 m)
- R Résistance terminale ($R = Z_0$) - Abschlusswiderstand ($R = Z_0$)

- TA Tronçon avant - vorderes Kabelstück
- PA Pince absorbante (1 = transformateur de mesure, 2 et 3 = tubes de ferrite) - Absorberzange (1 = Stromwandler, 2 und 3 = Ferritrohre)
- V Déplacement lent - langsame Verschiebung
- FN Fil en nylon - Nylonseil
- Mo Treuil - Seilwinde
- RM Récepteur de mesure - Messempfänger
- En Enregistreur - Registriergerät
- S Sol quelconque - gewöhnlicher Boden

2. Mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux au moyen de la pince absorbante MDS dans la gamme de 30 à 300 MHz

2.1 Principe de la pince absorbante

La pince absorbante a été conçue pour la mesure des perturbations haute fréquence se propageant sur le cordon d'appareils alimentés par le réseau. Ce dispositif dont le schéma de principe est représenté à la fig. 1 comporte:

- a) A l'avant, un transformateur de mesure (1) sensible au courant haute fréquence circulant sur le conducteur placé en son centre.
- b) Un groupe d'anneaux de ferrite (2), placé à la suite du transformateur, produisant une absorption et une réflexion partielle de l'onde incidente ainsi qu'une atténuation des effets indésirables provenant de la partie du conducteur située à l'arrière de la pince.
- c) Un groupe d'anneaux de ferrite (3) servant au blocage des courants à haute fréquence pouvant circuler sur le manteau du câble relié au récepteur de mesure.

2.2 Dispositif d'essai

Le dispositif employé pour la mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux est représenté à la figure 1: Un générateur G soigneusement blindé (cage de Faraday) alimente un échantillon de câbles Ca d'une longueur de

worden sind. Wir stellen zuerst das Prinzip dieser drei Messmethoden vor und geben anschliessend die erhaltenen Ergebnisse wider.

2. Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln mit der MDS-Absorberzange im Frequenzbereich 30...300 MHz

2.1 Prinzip der Absorberzange

Die Absorberzange wurde für die Messung der Hochfrequenzstörungen entwickelt, die sich auf die Netzschnur von Apparaten fortpflanzen. Diese Messeinrichtung besteht aus (Prinzipschema Fig. 1):

- a) Vorne einem Stromwandler (1), der auf den HF-Strom, der auf den zentral gelegenen Leiter fliesst, empfindlich ist.
- b) Einer Anzahl Ferritringe (2), die eine teilweise Absorption und Reflexion der zu messenden Energie verursachen sowie einer Dämpfung der unerwünschten Einflüsse, die von dem hinter der Absorberzange gelegenen Leiterteil stammen.
- c) Einer Anzahl Ferritringe (3), die verhindern, dass HF-Ströme auf den Mantel des mit dem Messempfänger verbundenen Kabels fließen können.

2.2 Messaufbau

Der für die Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln verwendete Messaufbau ist in Figur 1 darge-

3 à 5 m terminé par une résistance R de valeur égale à son impédance caractéristique. On enregistre les indications du récepteur de mesure RM relié à la pince absorbante PA en déplaçant celle-ci lentement le long du câble.

Le niveau maximum obtenu est ensuite comparé à celui recueilli sur un fil conducteur de référence, non blindé, connecté à la place du câble à la même source d'alimentation; le rapport de ces deux niveaux donne la valeur de l'efficacité du blindage (voir paragraphe 2.5).

Un détail important du montage est le tube de ferrite Fg qui sépare la cage de Faraday du reste du dispositif; il réduit l'influence de la cage et atténue l'intensité des ondes stationnaires sur le câble. Ce tube d'une longueur de 50 cm est réalisé avec des anneaux semblables à ceux utilisés pour la pince.

La présence de l'atténuateur T de 10 dB, 50 Ω , est nécessaire pour l'étalonnage (voir paragraphe 2.5); pour l'essai des câbles, il peut être remplacé par un adaptateur lorsque l'impédance du câble est différente de celle du générateur.

Lors de la mesure, l'indication du récepteur est à la fois influencée par des effets locaux dus aux inhomogénéités du blindage et par un effet que nous dénommerons «global» résultant de l'ensemble des actions élémentaires locales sur le tronçon de câble TA situé devant la pince.

Il est possible de favoriser l'un ou l'autre de ces 2 effets:

2.3 Mesure de l'effet local (fig. 2)

Pour mettre en évidence l'effet local, on place un tube de ferrite (4) identique à Fg devant la pince absorbante; son rôle est d'atténuer l'influence du tronçon avant TA. On maintient le câble juste au-dessus de la boucle du transformateur de mesure (1), au moyen d'un guide (5). De cette façon, le dispositif n'est pratiquement plus influencé que par la portion du câble voisine du transformateur.

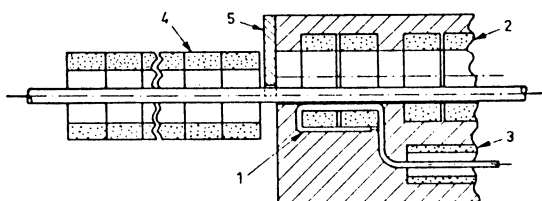


Fig. 2

Disposition d'essai pour la mesure de l'effet local

Versuchsanordnung für die Messung des «örtlichen Effektes»

- 4 Tube de ferrite (longueur: 50 cm) atténuant l'influence du tronçon avant - Ferritrohr (Länge 50 cm) zur Abschwächung des Einflusses des vorderen Kabelstückes
- 5 Pièce de guidage en matériel isolant maintenant le câble juste au-dessus de la boucle du transformateur de mesure (1) - Führungsstück aus nichtleitendem Material, um das Kabel dicht über die Windung des Stromwandlers (1) zu halten

stellt. Ein Generator G, durch einen Faradayschen Käfig sorgfältig abgeschirmt, speist ein 3...5 m langes Kabelmuster Ca, das mit einem Widerstand R, dem Wellenwiderstand entsprechend, abgeschlossen ist. Die Anzeige des mit der Absorberzange PA verbundenen Messempfängers RM wird registriert, während die Zange langsam dem Kabel entlang verschoben wird.

Der grösste registrierte Pegel wird dann mit dem grössten Pegel verglichen, der einem nicht abgeschirmten Vergleichsleiter entlang gemessen werden kann; dabei dieser Leiter anstelle des Kabels an der gleichen Speisequelle angeschlossen. Das Verhältnis zwischen diesen zwei Pegeln wird als Mass für die elektrische Dichtigkeit des koaxialen Kabels angenommen (siehe 2.5).

Ein wichtiges Element der Messeinrichtung ist das Ferritrohr Fg, das den Faradayschen Käfig von der übrigen Einrichtung trennt; damit wird der Einfluss des Käfigs vermindert, und die auf dem Kabel auftretenden stehenden Wellen werden gedämpft. Dieses 50 cm lange Rohr ist mit den gleichen Ferritringen ausgeführt, die für die Absorberzange benützt werden.

Das Dämpfungsglied T von 10 dB, 50 Ω , spielt eine wichtige Rolle bei der Eichung des Messplatzes (siehe 2.5); bei der Kabelprüfung kann es durch einen Adapter ersetzt werden, wenn die Impedanzen von Kabel und Generator unterschiedlich sind.

Bei der Messung wird die Anzeige des Messempfängers gleichzeitig durch «örtliche Effekte», die ihre Ursache in Unregelmässigkeiten der Abschirmung haben, und durch den sogenannten Gesamteffekt beeinflusst. Dieser wird verursacht durch die Wirkung aller einzelnen örtlichen Effekte des vorderen Kabelstückes TA.

Es ist möglich, den einen oder anderen der beiden Effekte zu begünstigen.

2.3 Messung des «örtlichen Effektes» (Fig. 2)

Um die örtlichen Effekte anschaulich zu machen, wird ein gleich wie Fg ausgeführtes Ferritrohr (4) vor die Absorberzange gesetzt, um den Einfluss des vorderen Kabelstückes TA zu verringern. Mit einem Führungsstück (5) wird das Kabel dicht über die Windung des Stromwandlers (1) gehalten. Auf diese Weise wird die Messeinrichtung praktisch nur noch durch das in der Nähe des Stromwandlers gelegene Kabelstück beeinflusst.

Einige mit dieser Montage ausgeführte Registrierungen zeigt Figur 3. Man sieht, dass die örtlichen Effekte von Kabel zu Kabel sehr verschieden sind. Es sollte möglich sein, durch dieses Mittel die Regelmässigkeit der Abschirmungsausführung zu kontrollieren und Fehler mit Sicherheit zu orten.

Wir wollten hier nur diese Prüfungsmöglichkeit erwähnen; für die Kontrolle der elektrischen Dichtigkeit von Koaxial-

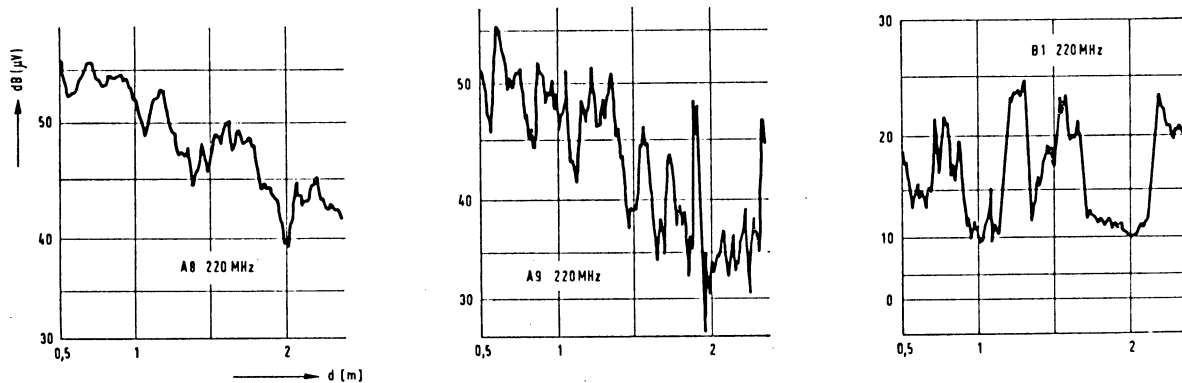


Fig. 3

Câbles A8, A9, B1: Enregistrements de l'effet local à 220 MHz – Kabel A8, A9, B1: Registrierungen des örtlichen Effektes bei 220 MHz

La figure 3 illustre quelques enregistrements effectués avec ce montage et montre que les effets locaux sont très différents d'un câble à un autre. Il devrait être possible par ce moyen de vérifier la régularité d'un blindage et de détecter avec précision l'emplacement de défauts.

Nous nous sommes bornés à signaler ici cette possibilité d'essai, donnant toutefois, pour la mesure de l'efficacité du blindage, la préférence à la méthode de l'effet global.

2.4 mesure de l'effet global (fig. 4)

Pour la mesure de l'effet global, on a cherché à réduire l'influence directe d'effets locaux sur le transformateur (1) en le blindant partiellement au moyen d'un cylindre métallique (6) et en faisant passer le câble au centre des anneaux de ferrite (pièces de centrage 7).

Quelques enregistrements typiques d'effet global ont été reproduits à la figure 5. Pour ces essais, la tension U_0 , mesurée à la sortie de l'atténuateur T, avec un récepteur à 50 Ω , était de 120 dB (μ V).

Le niveau observé lors de la mesure de l'effet global est dû principalement à l'onde circulant à la surface extérieure du manteau, sur le tronçon libre compris entre les ferrites Fg et la pince absorbante (tronçon avant TA).

Cette onde extérieure est engendrée par l'onde progressive intense qui se propage à l'intérieur du câble, le couplage se faisant par les trous du blindage (action de l'ensemble des phénomènes locaux). En raison des vitesses de propagation différentes à l'intérieur et à l'extérieur du câble, les conditions d'excitation de l'onde extérieure et par conséquent son intensité dépendent de la longueur du tronçon de câble délimité par la position momentanée de la pince, ainsi que de la fréquence d'essai.

A ce phénomène de base s'ajoutent:

- a) Des ondes stationnaires provoquées par des réflexions partielles sur les ferrites initiales Fg et sur la pince et dont l'intensité est liée à la position de la pince.

kabeln haben wir jedoch die Messung des Gesamteffektes vorgezogen.

2.4 Messung des «Gesamteffektes» (Fig. 4)

Für die Messung des Gesamteffektes hat man versucht, den Stromwandler (1) gegen den direkten Einfluss örtlicher Effekte zu schützen; der Stromwandler wurde durch einen Metallzylinder (6) teilweise abgeschirmt und das Koaxialkabel mit den Zentrierelementen (7) in der Mitte der Ferritringe gehalten.

Einige typische Registrierungen des Gesamteffektes zeigt Fig. 5. Bei diesen Versuchen betrug die am Ausgang des Dämpfungsgliedes T mit Hilfe eines 50- Ω -Empfängers gemessene Spannung U_0 120 dB (μ V).

Der während der Messung des Gesamteffektes beobachtete Pegel ist hauptsächlich durch die Welle verursacht, die sich auf die äussere Oberfläche des Mantels des vorderen Kabelstückes TA fortpflanzt (freies Kabelstück begrenzt

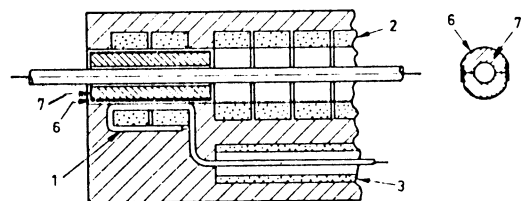


Fig. 4

Disposition d'essai pour la mesure de «l'effet global» résultant de l'ensemble des actions élémentaires locales sur le tronçon de câble avant

Versuchsanordnung für die Messung des «Gesamteffektes», der durch die Wirkung aller einzelnen örtlichen Effekte des vorderen Kabelstückes verursacht wird

6 Cylindre métallique réalisé en 2 parties (longueur: 50 mm, tôle: 0,3 mm) blindant partiellement le transformateur de mesure (1) contre l'influence directe des effets locaux – In zwei Teilen ausgeführter Metallzylinder (Länge: 50 mm, Blech: 0,3 mm), welcher den Stromwandler (1) gegen den direkten Einfluss örtlicher Effekte teilweise abschirmt

7 Pièces en matériel isolant pour le centrage du câble – Kabelzentrierelemente aus nichtleitendem Material

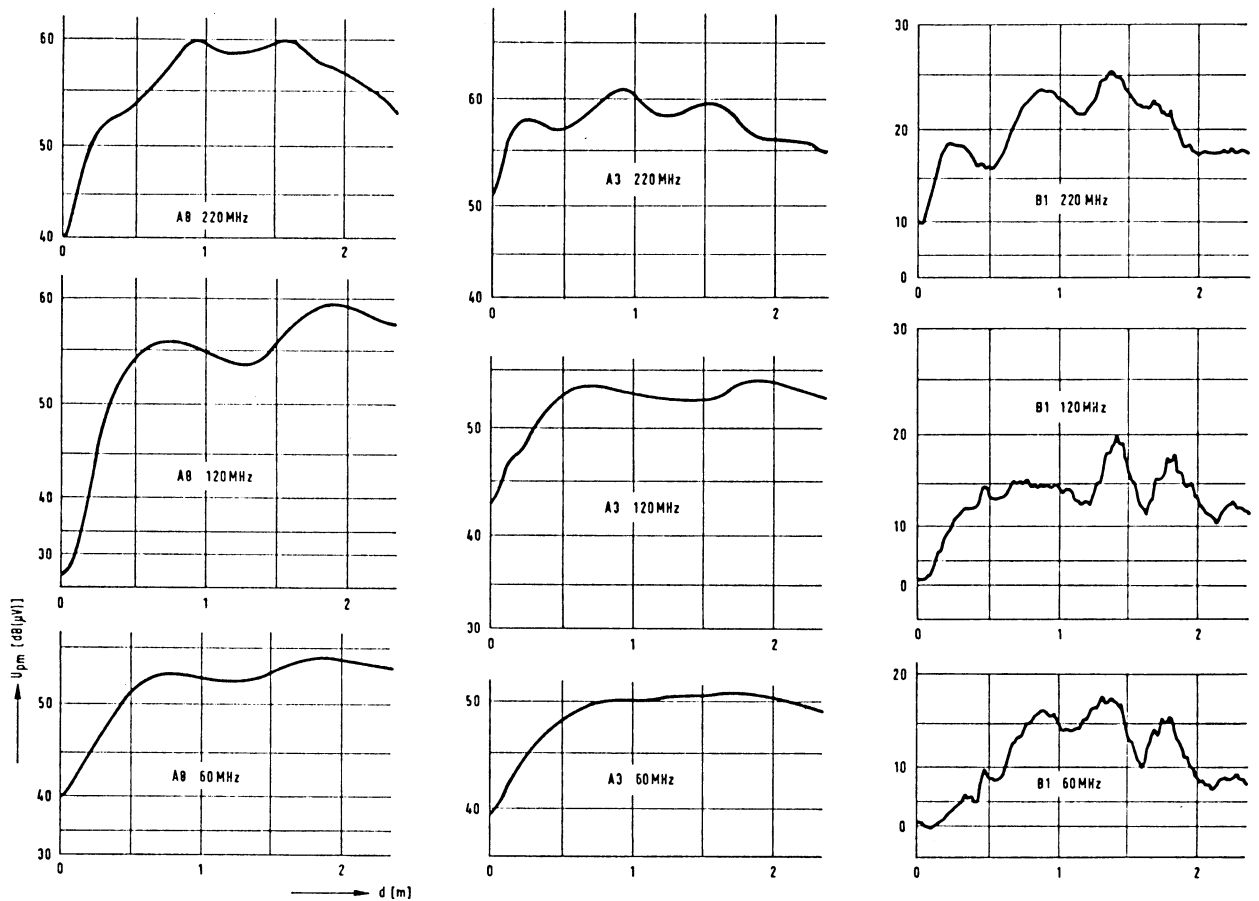


Fig. 5

Câbles A8, A3, B1: Enregistrements de l'effet global à 60, 120 et 220 MHz

Kabel A8, A3, B1: Registrierungen des Gesamteffektes bei 60, 120 und 220 MHz

- b) L'influence directe d'effets locaux importants sur le transformateur de mesure, malgré le blindage formé par le cylindre métallique.
- c) Un effet provenant de l'onde circulant sur le tronçon de câble à l'arrière de la pince, qui se manifeste surtout aux fréquences de mesure inférieures à 100 MHz. A ces fréquences, l'atténuation produite par la partie absorbante de la pince est trop faible pour assurer une séparation efficace entre les tronçons de câble avant et arrière. Des essais ont montré que l'influence de l'onde arrière est importante surtout au début de la course, lorsque l'intensité de l'onde avant est encore faible; dans certains cas, l'allure générale de l'enregistrement peut en être modifiée. La valeur du niveau maximum enregistré reste par contre pratiquement inchangée.

2.5 Définition de l'efficacité du blindage

Par convention, l'efficacité D_{pa} du blindage d'un câble coaxial est exprimée en dB, par la différence des indications maxima du récepteur, en dB (μV), observées lorsque l'on

durch das Ferritrohr Fg einerseits und die Absorberzange andererseits).

Diese äussere Welle wird durch die intensive progressive Welle erzeugt, die sich im Innern des Kabels fortpflanzt; die Kopplung findet durch die Löcher der Abschirmung statt (Wirkung aller örtlichen Effekte). Infolge der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Wellen innerhalb und ausserhalb des Kabels werden die Erregungsbedingungen der äusseren Welle und dadurch ihre Intensität von der Messfrequenz und von der Länge des vorderen Kabelstückes abhängig sein, welche durch die jeweilige Lage der Absorberzange bestimmt ist.

Zu dieser grundsätzlichen Erscheinung kommen hinzu:
a) Stehende Wellen, die durch teilweise Reflexionen auf das Ferritrohr Fg und auf die Absorberzange verursacht werden und deren Intensität von der Lage der Zange abhängig ist.

b) Der direkte Einfluss starker örtlicher Effekte auf den Stromwandler, trotz der durch den Metallzylinder gebildeten Abschirmung.

déplace la pince sur l'échantillon de câble coaxial (lecture $U_{pm,max}$) et, à titre de comparaison, sur un fil conducteur non blindé (lecture $U_{pg,max}$). Le câble coaxial et le fil conducteur de référence sont alimentés, à tour de rôle, par un générateur de 50Ω de résistance interne ayant, dans les deux cas, la même force électromotrice.

$$D_{pa} = U_{pg,max} - U_{pm,max}$$

$$\text{dB} \quad \text{dB } (\mu\text{V}) \quad \text{dB } (\mu\text{V})$$

$U_{pm,max}$ est relevé sur l'enregistrement de l'effet global (disposition d'essai selon fig. 1 et 4).

$U_{pg,max}$ est obtenu lors de l'étalonnage de la place de mesure: Pour cela, l'échantillon de câble Ca est remplacé par un fil conducteur isolé, non blindé, de même longueur, relié à l'âme de la fiche de sortie de l'atténuateur T (10 dB , 50Ω); ce dernier assure une terminaison correcte du câble venant du générateur.

Les valeurs obtenues pour $U_{pg,max}$ dépendent de la présence des ferrites Fg, des dimensions du boîtier de l'atténuateur T formant une capacité contre terre et, pour les fréquences inférieures, de la course limitée de la pince (fil de 3 m). Les conditions d'essai doivent donc être spécifiées exactement.

Pour la mesure des câbles, il est important que les divers échantillons à comparer soient tous de même longueur, à cause de l'influence de l'onde du tronçon arrière. Longueur recommandée: 3 m (valeur minimum).

Remarque

Comme pour les mesures de perturbations, on peut faire correspondre au niveau $U_{pm,max}$, enregistré lors de l'essai du câble, une puissance P_m égale à la puissance disponible d'un générateur de 50Ω de résistance interne qui, alimentant un fil conducteur, disposé selon le montage utilisé pour l'étalonnage, produirait la même elongation sur le récepteur de mesure.

On démontre facilement que l'efficacité du blindage d'un câble coaxial peut être exprimée également par l'écart en dB entre la puissance P_g , fournie à l'entrée du câble en essai, et la puissance P_m , mesurée sur le manteau du câble. Numériquement, on a la relation:

$$D_{pa} = P_g - P_m = U_{pg,max} - U_{pm,max}$$

$$\text{dB} \quad \text{dB (pW)} \quad \text{dB (pW)} \quad \text{dB } (\mu\text{V}) \quad \text{dB } (\mu\text{V})$$

2.6 Place de mesure simplifiée (fig. 6)

Si l'on renonce à explorer le premier tronçon (environ 50 cm) de l'échantillon de câble, il est possible de supprimer l'atténuateur T en reliant le câble directement à la fiche de sortie de la cage de Faraday, à travers les ferrites Fg. Dans

- c) Ein Einfluss, der durch die Welle auf das Kabelstück hinter der Absorberzange verursacht wird und der sich besonders für die Messfrequenzen unterhalb von 100 MHz bemerkbar macht. Bei diesen Frequenzen ist die durch den absorbierenden Teil der Zange verursachte Dämpfung zu schwach, um eine wirksame Trennung zwischen den vorderen und hinteren Kabelstücken zu gewährleisten. Versuche haben gezeigt, dass der Einfluss der Welle des hinteren Kabelstückes besonders am Anfang des Bewegungsweges der Zange wirksam ist, solange die Welle auf dem vorderen Kabelstück noch schwach ist; in gewissen Fällen kann dadurch der generelle Verlauf der Registrierung in seiner Form geändert werden. Der Wert des maximalen registrierten Pegels bleibt dagegen praktisch unverändert.

2.5 Definition der elektrischen Dichtigkeit eines Koaxialkabels

Durch Vereinbarung wurde die elektrische Dichtigkeit eines Koaxialkabels, D_{pa} (dB), als Unterschied der höchsten Messwerte $U_{pm,max}$ und $U_{pg,max}$ ausgedrückt, die auf dem Messempfänger in dB (μV) abgelesen werden, wenn die Absorberzange längs des untersuchten Kabelmusters und längs eines nicht abgeschirmten Vergleichsleiters verschoben wird.

Das koaxiale Kabel und der Vergleichsleiter werden nacheinander mit einem Generator von 50Ω Ausgangsimpedanz gespeist, der für beide Fälle die gleiche elektromotorische Kraft haben muss.

$$D_{pa} = U_{pg,max} - U_{pm,max}$$

$$\text{dB} \quad \text{dB } (\mu\text{V}) \quad \text{dB } (\mu\text{V})$$

$U_{pm,max}$ wird der Registrierung des Gesamteffektes entnommen (Versuchsordnung nach Figur 1 und 4).

$U_{pg,max}$ wird bei der Eichung des Messplatzes erhalten. Für diesen Zweck wird das Kabelmuster Ca durch einen gleich langen, isolierten, nicht abgeschirmten Leiter ersetzt, der am Mittelleiter des koaxialen Ausgangssteckers des Dämpfungsgliedes T (10 dB , 50Ω) angeschlossen wird; das Dämpfungsglied bildet den richtigen Abschluss für das vom Generator herkommende Kabel.

Die für $U_{pg,max}$ erhaltenen Werte sind von den folgenden Faktoren abhängig: Vorhandensein des Ferritrohres Fg, Gehäuseabmessungen des Dämpfungsgliedes T, das eine Kapazität gegen Erde bildet und, bei den tieferen Messfrequenzen, begrenzter Bewegungsweg der Zange (Leiter von 3 m Länge). Die Versuchsbedingungen müssen also genau festgelegt werden.

Für die Messung der Kabel ist es wichtig, dass die verschiedenen zu vergleichenden Muster alle gleich lang sind; dies wegen des Einflusses des hinteren Kabelstückes. Empfohlene Länge: 3 m (minimaler Wert).

Bemerkung

Ähnlich wie bei der Messung von Radiostörungen, kann man den bei der Kabelmessung registrierten Pegel $U_{pm,max}$

ce cas, il est recommandé d'augmenter à 3,5 m la longueur des échantillons de câble, afin de ne pas réduire la course de la pince.

Pour l'étalonnage de la place de mesure, l'atténuateur T doit toutefois être conservé. Le fil conducteur de référence est branché selon la description du paragraphe 2.5; sa longueur est déterminée par la course de la pince qui doit être la même lors de l'essai des câbles et lors de l'étalonnage.

Notons qu'il suffit, pour juger de la qualité relative du blindage de plusieurs câbles, de comparer les niveaux maxima observés et qu'il n'est pas nécessaire, dans la plupart des cas pratiques, d'étalonner la place.

La recherche du niveau maximum peut se faire en observant le récepteur et en déplaçant la pince manuellement. Cela permet de supprimer le moteur d'entraînement et l'entregistreur.

Pour le contrôle de câbles à simple blindage uniquement (efficacité inférieure à 60 dB), il n'est pas nécessaire d'utiliser une cage de Faraday, le rayonnement des générateurs usuels étant généralement suffisamment faible pour ne pas influencer la mesure.

3. Mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux en les soumettant au champ d'une antenne

3.1 Dispositif d'essai

La figure 7 représente le montage utilisé: Un générateur G alimente une antenne émettrice polarisée verticalement, de hauteur ajustable. L'échantillon de câble à essayer Ca, d'une longueur de 3 m, est placé verticalement à une dis-

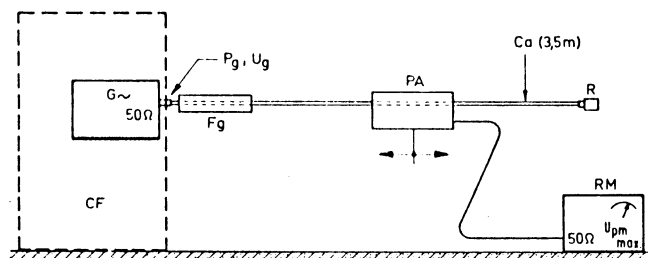


Fig. 6

Place de mesure simplifiée

Vereinfachter Messplatz

Ca	Echantillon de câble (longueur 3,5 m) branché directement à la sortie du générateur - Kabelmuster (Länge 3,5 m), direkt am Generatorausgang angeschlossen
PA	Pince absorbante déplacée manuellement - Absorberzange, von Hand verschoben
CF	Cage de Faraday nécessaire seulement pour la mesure de câbles à blindages multiples - Faradayscher Käfig, notwendig nur bei der Messung von mehrfach abgeschirmten Kabeln
G, Fg, R, RM comme pour fig. 1 - wie für Fig. 1	

durch eine Leistung P_m ersetzen, die gleich der verfügbaren Leistung eines Generators von 50Ω innerem Widerstand wäre, welcher einen wie bei der Eichung des Messplatzes angeordneten Leiter speisen und dabei den Ausschlag $U_{pm,max}$ auf dem Messempfänger verursachen würde.

Es ist leicht nachzuweisen, dass die elektrische Dichtigkeit eines Koaxialkabels ebenfalls durch den Unterschied in dB zwischen der am Eingang des Kabels gelieferten Leistung P_g und der auf dem Mantel gemessenen Leistung P_m ausgedrückt werden kann. Zahlenmässig erhält man:

$$D_{pa} = P_g - P_m = U_{pg,max} - U_{pm,max}$$

dB dB (pW) dB (pW) dB (μ V) dB (μ V)

2.6 Vereinfachter Messplatz (Fig. 6)

Wenn man auf die Untersuchung des ersten Stückes (etwa 50 cm) des Kabelmusters verzichtet, ist es möglich, das Dämpfungsglied T wegzulassen und das Kabel direkt am Ausgangsstecker des Faradayschen Käfigs durch das Ferritrohr Fg anzuschliessen. In diesem Fall wird empfohlen, die Länge der Kabelmuster auf 3,5 m zu erhöhen, um den Bewegungsweg der Zange nicht zu reduzieren.

Für die Eichung des Messplatzes muss jedoch das Dämpfungsglied T beibehalten werden. Der Vergleichsleiter ist nach der unter 2.5 gegebenen Beschreibung angeschlossen; seine Länge wird durch den Bewegungsweg der Zange festgestellt, der bei der Eichung gleich lang sein muss wie bei den Kabelmessungen.

Es ist zu bemerken, dass es, um die relative Dichtigkeit der Abschirmungen verschiedener Kabel beurteilen zu können, genügt, die maximalen erhaltenen Pegel zu vergleichen, und eine Eichung des Messplatzes in den meisten praktischen Fällen nicht notwendig ist.

Das Suchen nach dem maximalen Pegel kann durch die Beobachtung des Empfängers erfolgen, indem die Zange von Hand verschoben wird. Dies erlaubt, ohne Registriergerät und Seilwinde auszukommen.

Für die Kontrolle von Kabeln mit lediglich einfachen Abschirmungen (elektrische Dichtigkeit kleiner als 60 dB) ist es nicht notwendig, einen Faradayschen Käfig zu benutzen, weil die Abstrahlung der üblichen Generatoren normalerweise klein genug ist um die Messung nicht zu beeinflussen.

3. Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln, indem sie dem Feld einer Antenne ausgesetzt werden.

3.1 Messaufbau

Der verwendete Messaufbau ist in Figur 7 dargestellt: Ein Generator G speist eine vertikal polarisierte, in der Höhe einstellbare Sendeantenne. Das zu prüfende 3 m lange Kabelmuster Ca wird senkrecht aufgestellt; sein mittlerer

tance moyenne de 3 m de l'antenne; il est relié directement à l'entrée d'un récepteur de mesure RM, posé sur un tapis métallique et il est terminé, à son extrémité supérieure, par une résistance R égale à son impédance caractéristique.

3.2 Définition de l'efficacité du blindage

Par analogie avec la définition employée pour la méthode de la pince, l'efficacité du blindage d'un câble coaxial D_{ch} en dB est exprimée, pour la méthode du champ, par la différence des indications maxima, en dB (μV), obtenues en reliant le récepteur de mesure, à tour de rôle, à l'échantillon de câble coaxial (lecture U_c) et à un fil conducteur non blindé servant de référence (lecture U_r), la puissance fournie à l'antenne émettrice étant identique dans les deux cas.

$$D_{ch} = U_r - U_c$$

dB dB (μV) dB (μV)

Le fil conducteur utilisé lors de la mesure de U_r est relié à l'âme de la fiche d'entrée du récepteur; il doit avoir la même longueur que l'échantillon de câble coaxial et être

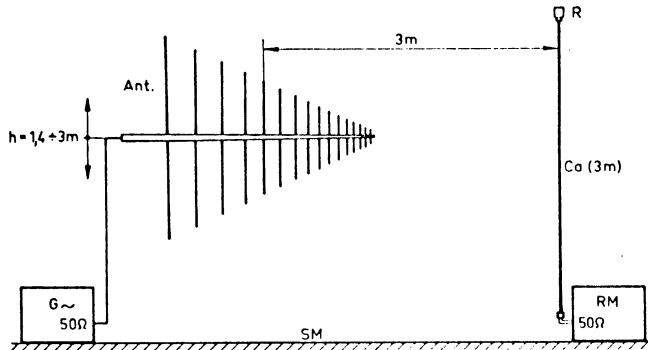


Fig. 7

Mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux par la méthode du champ

L'efficacité du blindage est exprimée par le rapport des niveaux maxima obtenus en branchant le récepteur successivement à un échantillon de câble coaxial et à un fil conducteur de référence non blindé

Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln mit der Feldmethode

Die elektrische Dichtigkeit eines Koaxialkabels wird durch das Verhältnis zwischen den maximalen Pegeln ausgedrückt, die angezeigt werden, wenn der Empfänger nacheinander an einem Kabelmuster und an einem nicht abgeschirmten Vergleichsleiter angeschlossen wird

G Générateur haute fréquence - Hochfrequenzgenerator

Ant Antenne logarithmique-périodique ou dipôle à large bande de hauteur ajustable - Logarithmisch-periodische Antenne oder Breitbanddipol, in der Höhe einstellbar

Ca Echantillon de câble de 3 m de longueur - Kabelmuster von 3 m Länge

R Résistance terminale - Abschlusswiderstand

RM Récepteur de mesure - Messempfänger

SM Sol recouvert d'un tapis métallique - Boden mit einem metallischen Teppich überdeckt

Abstand zur Antenne beträgt 3 m. Das Kabelmuster ist direkt am Eingang des auf einen metallischen Teppich gestellten Messempfängers RM angeschlossen und ist an seinem oberen Ende mit einem Widerstand R, dem Wellenwiderstand entsprechend, abgeschlossen.

3.2 Definition der elektrischen Dichtigkeit eines Koaxialkabels

Ähnlich wie für die Methode der Absorberzange wurde bei der Feld-Methode die elektrische Dichtigkeit eines Koaxialkabels, D_{ch} (dB), als Unterschied der maximalen Messwerte U_c und U_r ausgedrückt. Diese werden in dB (μV) abgelesen, wenn der Messempfänger nacheinander am Kabelmuster und an einem nicht abgeschirmten Vergleichsleiter angeschlossen wird; die Einspeisung an der Sendeantenne muss in beiden Fällen gleich sein.

$$D_{ch} = U_r - U_c$$

dB dB (μV) dB (μV)

Der bei der Messung von U_r verwendete Leiter wird am Mittelleiter des koaxialen Empfängereinganges angeschlossen; er soll die gleiche Länge haben wie das Kabelmuster und gleich angeordnet werden. Die Höhe der Sendeantenne, die den maximalen Ausschlag des Messempfängers erzeugt, muss bei den Messungen von U_c und U_r gesucht werden.

4. Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln mit dem in der CEI-Publikation Nr. 96-1 von 1962, Seiten 52...56, beschriebenen Messverfahren

4.1 Messanordnung

Die verwendete Messanordnung zeigt Fig. 8:

Ein Hochfrequenzgenerator erzeugt am Eingang der Messanordnung die Spannung U_1 , die über das Dämpfungsglied T (20 dB, 50 Ω) gemessen werden kann. Durch den Serienwiderstand R fließt ein Strom auf die äussere Oberfläche des Mantels E_c des zu prüfenden Kabelstückes, das die nutzbare Länge l aufweist. Die im Innern dieses Kabelstückes induzierte Spannung U_2 wird durch einen Empfänger angezeigt.

4.2 Definition der elektrischen Dichtigkeit eines Koaxialkabels

Nach dem CEI-Messverfahren ist die Schirmwirkung eines Geflechtes durch die Kopplungsimpedanz Z_T in Ω/m charakterisiert:

$$|Z_T| = \frac{2R}{l} \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

Diese Formel gilt, wenn der Wert des Serienwiderstandes R gleich 1,4mal der Wellenwiderstand des äusseren Systemes ist und wenn die Spannung U_2 durch einen Empfänger gemessen wird, dessen innerer Widerstand gleich dem Kabel-Wellenwiderstand ist.

disposé de la même façon. La hauteur de l'antenne d'émission produisant l'indication maximum doit être recherchée lors des mesures de U_e et de U_r .

4. Mesure de l'efficacité d'écran avec le dispositif «triple coaxial» décrit dans la publication CEI No 96-1 de 1962, pages 52...56

4.1 Dispositif d'essai

Le dispositif utilisé est représenté à la *figure 8*: Un générateur à haute fréquence fait circuler, à travers la résistance série R, un courant à la surface extérieure du manteau E_c de l'élément de longueur l du câble en essai. Un récepteur indique la tension induite U_2 à l'intérieur de cet élément.

La tension U_1 , fournie par le générateur à l'entrée du système, est mesurée à travers l'atténuateur de 20 dB, 50 Ω .

4.2 Définition de l'efficacité du blindage

D'après la méthode CEI, l'efficacité d'écran est caractérisée par la valeur de l'impédance de transfert de surface, soit Z_T en Ω/m :

$$|Z_T| = \frac{2R}{l} \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

Cette expression est valable lorsque la valeur de R est égale à 1,4 fois l'impédance caractéristique du système extérieur et lorsque la tension U_2 est mesurée avec un récepteur dont la résistance d'entrée est égale à l'impédance caractéristique du câble.

Afin d'obtenir pour l'efficacité du blindage des différents câbles des valeurs exprimées en dB que l'on puisse comparer à celles obtenues avec les méthodes de la pince absorbante et du champ, l'efficacité a été exprimée, dans cette série d'essais, non pas par l'impédance de transfert, mais par la relation suivante:

$$D_{CEI} = U_1 - U_2$$

dB dB (μ V) dB (μ V)

Cette expression n'a de sens que si elle se rapporte à une résistance R et à une longueur l constantes pour tous les essais; dans le cas particulier, on a choisi: $R = 175 \Omega$ et $l = 8$ cm. Pour les essais faits avec des valeurs de R ou de l différentes, on a fait intervenir un coefficient de correction.

Remarque

En raison des dimensions du dispositif, il est évident que les valeurs absolues exprimant l'efficacité du blindage d'après la définition ci-dessus seront très différentes des valeurs obtenues au moyen des deux autres méthodes.

Les valeurs relatives devraient néanmoins être comparables.

Mit der Absorberzange und der Feld-Methode wurde die elektrische Dichtigkeit in dB ausgedrückt. Um mit der CEI-Methode vergleichbare Werte zu erhalten, ist in dieser Versuchsreihe die elektrische Dichtigkeit nicht durch die Kopplungsimpedanz, sondern durch die folgende Beziehung ausgedrückt:

$$D_{CEI} = U_1 - U_2$$

dB dB (μ V) dB (μ V)

Diese Beziehung hat jedoch nur einen Sinn, wenn sie sich auf einen Widerstand R und eine Länge l bezieht, die bei allen Messungen gleich sind; für diese Versuchsreihe wurde $R = 175 \Omega$ und $l = 8$ cm gewählt. Für die mit anderen Werten von R oder l durchgeführten Messungen wurden Korrekturfaktoren eingesetzt.

Bemerkung

Infolge der Abmessungen der CEI-Messeinrichtung werden die nach der oben gegebenen Definition erhaltenen absoluten Werte der elektrischen Dichtigkeit von den nach

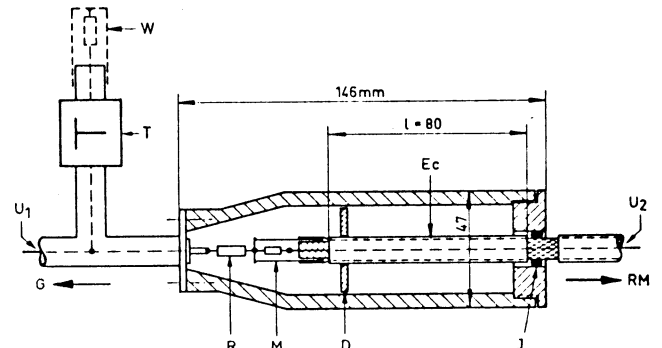


Fig. 8

Mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux par la méthode CEI (Publication N° 96-1 de 1962, p. 52...56). Pour la série d'essais effectuée, l'efficacité du blindage d'un câble coaxial a été exprimée par le rapport entre la tension d'entrée U_1 et la tension de sortie U_2 .

Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln mit der CEI-Methode (Publikation N° 96-1 von 1962, Seiten 52...56). Für die ausgeführte Versuchsreihe wurde die elektrische Dichtigkeit eines Koaxialkabels durch das Verhältnis der Eingangsspannung U_1 zur Ausgangsspannung U_2 ausgedrückt.

- G Vers le générateur haute fréquence (50 Ω) -- Zum Hochfrequenzgenerator (50 Ω)
- T Atténuateur 20 dB, 50 Ω -- Dämpfungsglied 20 dB, 50 Ω
- W Branchement d'une résistance terminale de 50 Ω ou d'un récepteur pour la mesure de U_1 -- Abschluss mit einem 50 Ω -Widerstand oder mit Messempfänger bei der Messung von U_1 .
- R Résistance série - Seriewiderstand
- M Manchon métallique fermé, soudé au blindage du câble et contenant la résistance terminale - Abgeschlossene metallische Hülse, die an der Kabelabschirmung angeflötet ist und den Abschlusswiderstand enthält
- D Disque de centrage en matériel isolant - Zentrierscheibe aus nichtleitendem Material
- J Joint métallique élastique - Elastische metallische Verbindung
- Ec Ecran examiné - Geprüftes Abschirmungsstück
- RM Vers le récepteur de mesure (50 Ω) -- Zum Messempfänger (50 Ω)

Tableau I. Caractéristiques des câbles mesurés

Tabelle I. Kenngrößen der gemessenen Kabel

Désignations utilisées pour les essais Für die Versuche gebrauchte Bezeichnungen	Type du câble Kabeltyp	Fabricant Hersteller	Impédance caractéristique (Ω) Wellenwiderstand (Ω)	Diamètre extérieur (mm) Äusserer Durchmesser (mm)	Nombre des blindages Anzahl der Geflechte	Facteur de recouvrement Füllfaktor (Art. 1.1.2.2., Publ. CEI 96-1/1962) écran int. / écran ext. inneres Geflecht / äusseres Geflecht	Remarques Bemerkungen	
A 1	RG 58 C/U	K	60	7	1	0,76		
A 2		L	60	6	1	0,12 } Tresse 0,24 } Geflecht		
A 3		L	60	6	1			
A 4		M	60	6	1	0,46		
A 5		M	60	6	1	0,62		
A 6		N	60	6	1	0,73		
A 8		N	50	5	1	0,71		
A 9		P	50	5	1	0,53		2
A 10		P	50	5	1	0,78		3
A 11		P	75	4,5	1	0,49		2
A 12		N	75	75	6	1		0,71
B 1		RG 223/U	N	50	5,5	2		0,78/0,69
B 2		N	75	5,5	2	0,78/0,82		
B 3		N	75	6,7	2	0,77/0,72		
E 1	RG 8/U	N	50	10,5	1	0,77		
E 2		?	50	10,5	1	0,83		
E 3		N	50	10,5	1	0,82		
F 1	RG 214/U	N	50	11	2	0,78/0,74		
F 2	RG 214/U	N	50	11	2	0,77/0,73		
F 3		?	50	11	2	0,73/0,72		

¹ Le blindage est formé par une tresse lâche recouverte d'un papier métallisé. – Die Abschirmung besteht aus einem Geflecht mit geringer Dichte, überdeckt mit einem metallischen Papier

² Blindage à tresse mixte. – Abschirmgeflecht mit gemischter Fachung

Voir/Siehe E. Homann: Geschirmte Kabel mit optimalen Geflechtschirmen. NTZ 1968, Heft 3, S. 155-161

³ Blindage selon normes MIL-C 17-D. – Abschirmung gemäss MIL-C 17-D Normen

5. Essais effectués

L'efficacité du blindage a été mesurée par les trois méthodes décrites sur 20 câbles de diverses provenances à simple ou à double blindage. Les caractéristiques de ces câbles sont contenues dans le *tableau I*.

5.1 Essais effectués avec les méthodes de la pince et du champ

Pour chaque câble, le même échantillon d'une longueur de 3 m a été mesuré par les deux méthodes, aux fréquences de 60, 120 et 220 MHz. A chaque fréquence, l'essai a été

den zwei anderen Methoden erhaltenen Werten stark abweichen. Die relativen Werte sollten jedoch vergleichbar sein.

5. Versuche

Die elektrische Dichtigkeit von 20 Koaxialkabeln verschiedener Herkunft, mit Einfach- oder Doppelabschirmung, wurde mit den drei beschriebenen Methoden gemessen. Die Kenngrößen dieser Kabel sind in *Tabelle I* zusammengestellt.

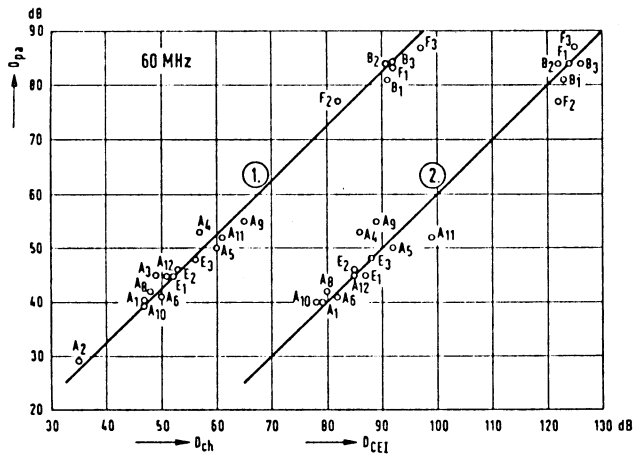


Fig. 9
Efficacité du blindage de câbles coaxiaux à 60 MHz
Elektrische Dichtigkeit von Koaxialkabeln bei 60 MHz

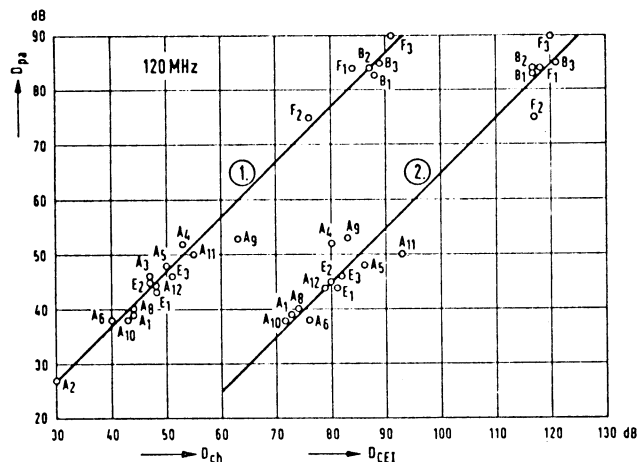


Fig. 10
Efficacité du blindage de câbles coaxiaux à 120 MHz
Elektrische Dichtigkeit von Koaxialkabeln bei 120 MHz

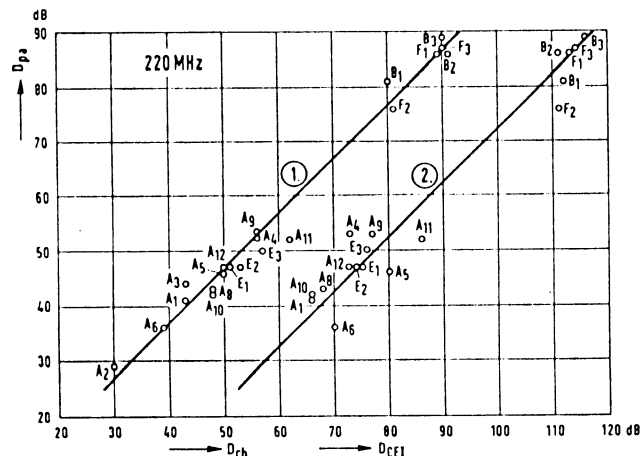


Fig. 11
Efficacité du blindage de câbles coaxiaux à 220 MHz
Elektrische Dichtigkeit von Koaxialkabeln bei 220 MHz

5.1 Versuche mit der Absorberzange- und der Feld-Methode

Für jede Kabelsorte wurde das gleiche 3 m lange Muster mit den zwei Methoden, bei den Frequenzen von 60, 120 und 220 MHz gemessen. Bei jeder Messfrequenz ist der Versuch zweimal wiederholt worden, indem die Enden des Musters vertauscht wurden. In gewissen Fällen fand ein dritter Versuch statt, nachdem das Kabel um 180° um seine eigene Achse gedreht wurde. Der arithmetische Mittelwert der Messergebnisse wurde als Beziehungswert der elektrischen Dichtigkeit betrachtet und in die Figuren 9, 10 und 11 übertragen.

Die durch die Kabellagenänderungen verursachten Abweichungen der Messwerte erreichten selten 3 dB für die einfach abgeschirmten Kabel; für die doppelt abgeschirmten Kabel wurden Abweichungen bis zu 6 dB beobachtet.

Figur 12 zeigt die elektrische Dichtigkeit der Kabel A 8 und B 1 im Frequenzbereich 30...300 MHz.

5.2 Versuche mit der CEI-Methode

Für die Versuche mit der CEI-Messeinrichtung wurden Kabelmuster von 1 m vorbereitet, deren 8 cm lange Anfangsstücke die geprüften Elemente bildeten. Mindestens zwei Muster jeder Kabelsorte wurden bei den Frequenzen von 60, 120 und 220 MHz gemessen. Der arithmetische Mittelwert der Messergebnisse wurde in die Figuren 9, 10 und 11 übertragen.

Die zwischen den verschiedenen Mustern einer gleichen Kabelsorte beobachteten Abweichungen erreichten bis 6 dB für die einfach abgeschirmten Kabel. Für die doppelt abgeschirmten Kabel waren Abweichungen von 6 dB häufig; in einem Fall (Kabel F 3) haben wir für 4 bei 60 MHz gemessene Muster die folgenden Messwerte erhalten: 117, 118, 128 und 138 dB, das heisst eine Streuung von 21 dB, ohne dass irgendein Montagefehler festgestellt werden konnte.

Zu erwähnen ist ferner, dass die Montage der Kabel A 2 und A 3 in der CEI-Messeinrichtung nicht möglich war. Die Abschirmung dieser Kabel besteht aus einem Geflecht

◀ Fig. 9, 10, 11

Comparison des résultats obtenus par les méthodes:
pince MDS/méthode de champ: droite 1
pince MDS/méthode CEI: droite 2

Vergleich der erhaltenen Ergebnisse bei den Methoden:
MDS-Absorberzange/Feldmethode: Gerade 1
MDS-Absorberzange/CEI-Methode: Gerade 2

- D_{pa} Efficacité mesurée avec la pince MDS – Mit der MDS Absorberzange gemessene elektrische Dichtigkeit
- D_{ch} Efficacité mesurée avec la méthode de champ – Mit der Feld-Methode gemessene elektrische Dichtigkeit
- D_{CEI} Efficacité mesurée avec la méthode CEI – Mit der CEI-Methode gemessene elektrische Dichtigkeit

répété deux fois en intervertissant les extrémités de l'échantillon et, dans certains cas, une 3^e fois, après avoir fait tourner le câble de 180° sur son axe longitudinal. La moyenne arithmétique de ces mesures, considérée comme représentative de l'efficacité du blindage, a été reportée sur les figures 9, 10 et 11.

Les écarts observés dus aux différentes positions du câble atteignaient rarement 3 dB pour les câbles à simple blindage; pour ceux à double blindage, on a obtenu des différences allant jusqu'à 6 dB.

La figure 12 représente l'efficacité du blindage relevée de 30 à 300 MHz pour les câbles A8 et B1.

5.2 Essais effectués avec la méthode CEI

Pour les essais avec le dispositif «triple coaxial», on a préparé des échantillons de câble de 1 m de longueur dont le premier élément de 8 cm constituait la partie utile. Au moins 2 échantillons par sorte de câble ont été mesurés aux fréquences de 60, 120 et 220 MHz. La moyenne arithmétique des résultats a été reportée dans les figures 9, 10 et 11.

Les écarts observés entre les différents échantillons d'un même câble pouvaient atteindre 6 dB pour les câbles à simple blindage. Pour les câbles à double blindage, des écarts de 6 dB étaient fréquents; dans un cas (câble F3), nous avons obtenu pour 4 échantillons mesurés à 60 MHz les valeurs suivantes: 117, 118, 128 et 138 dB, soit 21 dB d'écart maximum, sans qu'aucun défaut n'ait pu être constaté dans le montage du dispositif.

Signalons enfin que les câbles A2 et A3 n'ont pu être montés dans le dispositif triple coaxial, leur blindage étant constitué par une tresse très lâche, recouverte d'un papier métallisé mince avec lequel il a été impossible de réaliser un contact stable.

6. Comparaison des résultats obtenus avec les 3 méthodes

Les figures 9, 10 et 11 donnent une vue d'ensemble de tous les résultats obtenus aux fréquences de 60, 120 et 220 MHz. En ordonnée ont été reportées les valeurs d'efficacité obtenues par la méthode de la pince (D_{pa}) et en abscisse les valeurs obtenues par la méthode du champ (D_{ch}) et par celle de la CEI (D_{CEI}).

Les droites inclinées à 45° qui traversent les groupes de points représentés montrent que les valeurs obtenues avec la pince sont proportionnelles à celles obtenues avec la méthode du champ, d'une part, et avec la méthode CEI, d'autre part.

Le tableau II renseigne sur les écarts constatés par rapport aux droites tracées que l'on considère comme représentant la loi idéale.

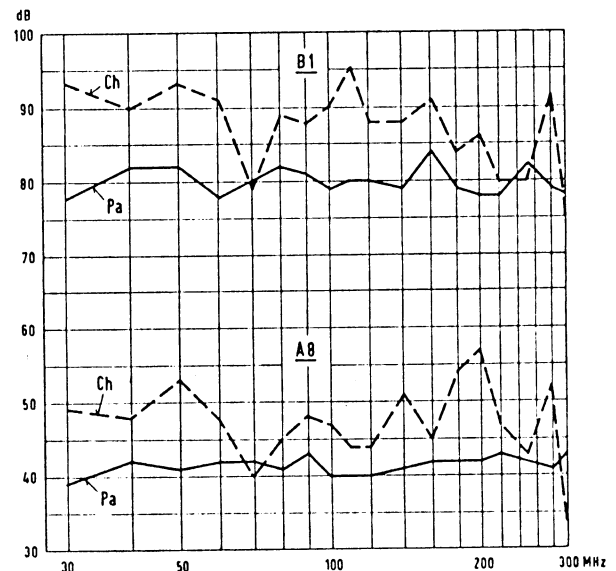


Fig. 12

Efficacité du blindage des câbles coaxiaux A8 (simple blindage) et B1 (double blindage) mesurée dans le domaine de fréquences 30...300 MHz

Comparaison des résultats obtenus avec
- la pince absorbante MDS: Courbes Pa
- et une méthode de champ: Courbes Ch

Elektrische Dichtigkeit der Koaxialkabel A8 (einfache Abschirmung) und B1 (doppelte Abschirmung), gemessen im Frequenzbereich 30...300 MHz

Vergleich der erhaltenen Ergebnisse bei
- der Absorberzangemethode: Kurven Pa
- und bei der Feldmethode: Kurven Ch

mit sehr geringer Dichte, überdeckt mit einem dünnen metallischen Papier, mit welchem es unmöglich war, einen dauerhaften Kontakt zu erstellen.

6. Vergleich der mit den drei Methoden erhaltenen Messergebnisse

Die Figuren 9, 10 und 11 geben einen Gesamtüberblick über alle bei den Frequenzen 60, 120 und 220 MHz erhaltenen Messergebnisse. Senkrecht wurden die mit der Absorberzange (D_{pa}) und waagrecht die mit der CEI-Methode (D_{CEI}) und der Feld-Methode (D_{ch}) erhaltenen Werte der elektrischen Dichtigkeit übertragen.

Die mit einer Neigung von 45° durch die dargestellten Punkte gezogenen Geraden zeigen, dass die mit der Absorberzange erhaltenen Werte mit jenen, die mit der Feld-Methode einerseits und mit der CEI-Methode andererseits erhalten wurden, proportional sind.

Die Tabelle II gibt Auskunft über die Abweichungen zwischen den dargestellten Punkten und den gezogenen Geraden, die man als ideales Gesetz betrachtet:

Tableau II.

Méthodes de mesures comparées	Nombre de câbles essayés	Fréquences de mesure MHz	Nombre des résultats d'essai pour lesquels l'écart par rapport à la droite idéale est de:		
			écart ≤ 3 dB	écart 3 à 5 dB	écart 5 à 8 dB
Pince - champ	20	60	18	2	-
	20	120	19	-	1
	20	220	16	3	1
Pince - CEI	18	60	14	1	3
	18	120	13	2	3
	18	220	11	2	5

La proportionnalité obtenue entre les méthodes de la pince et du champ peut être considérée comme très bonne vu que, pour la fréquence d'essai de 220 MHz où la dispersion est la plus marquée, 80% des résultats ne s'écartent pas de plus de 3 dB de la droite idéale. La comparaison de la pince avec la méthode CEI est un peu plus défavorable: à 220 MHz, 72% des résultats présentent un écart par rapport à la droite idéale ne dépassant pas 5 dB.

7. Conclusion

Les comparaisons effectuées montrent que la méthode de mesure de l'efficacité du blindage de câbles coaxiaux au moyen de la pince absorbante MDS donne des résultats utilisables.

Cette méthode, qui peut être appliquée dans la gamme de fréquences de 30 à 300 MHz, a les avantages suivants:

- Elle met en œuvre un dispositif couramment utilisé dans le domaine des perturbations radioélectriques.
- La mesure fait intervenir une longueur de câble de 3 m au moins, ce qui donne des résultats mieux représentatifs de la qualité du câble qu'un essai réalisé sur un court tronçon.
- Les mesures se présentent sous la forme d'enregistrements qui renseignent sur la régularité du blindage et sur la présence de défauts locaux.
- Il est possible de rendre le dispositif particulièrement sensible aux effets locaux.
- La préparation des échantillons n'offre aucune difficulté.
- Il est possible de réaliser une place de mesure simplifiée, suffisante pour le contrôle rapide de câbles à simple blindage.

Tabelle II.

Verglichene Messmethoden	Anzahl der geprüften Kabel	Messfrequenzen MHz	Anzahl der Messergebnisse, für welche die Abweichung gegenüber der idealen Geraden beträgt:		
			Abweichung ≤ 3 dB	3...5 dB	5...8 dB
Absorberzange - Feld	20	60	18	2	-
	20	120	19	-	1
	20	220	16	3	1
Absorberzange - CEI	18	60	14	1	3
	18	120	13	2	3
	18	220	11	2	5

Die Proportionalität zwischen der Absorberzangen- und der Feld-Methode darf als sehr gut bezeichnet werden, weil bei der Frequenz von 220 MHz, wo die Streuung am stärksten ist, 80% der Messergebnisse nicht um mehr als 3 dB von der idealen Geraden abweichen. Der Vergleich der Absorberzangen-Methode und der CEI-Methode fällt etwas ungünstiger aus: bei 220 MHz weichen 72% der Messergebnisse nicht um mehr als 5 dB von der idealen Geraden ab.

7. Schlussbetrachtung

Die Vergleichsversuche beweisen, dass die Methode der Absorberzange für die Messung der elektrischen Dichtigkeit von Koaxialkabeln brauchbar ist.

Diese Methode, die im Frequenzbereich 30...300 MHz benutzt werden kann, weist folgende Vorteile auf:

- Die verwendete Messeinrichtung (Absorberzange) ist auf dem Gebiet der Radiostörungen schon gut eingeführt.
- Die Messung wird auf einem Kabelmuster von mindestens 3 m Länge durchgeführt; dabei lässt sich die Qualität des Kabels besser beurteilen als auf einem kurzen Kabelstück.
- Die Messungen werden in Form von Registrierungen erhalten, die über die Regelmässigkeit und die örtlich auftretenden Fehler der Abschirmung Auskunft geben.
- Es besteht die Möglichkeit, die Messeinrichtung für die örtlichen Effekte besonders empfindlich zu machen.
- Die Vorbereitung der Kabelmuster bietet keine Schwierigkeiten.
- Für die schnelle Kontrolle von einfach abgeschirmten Kabeln kann ein vereinfachter Messplatz verwirklicht werden.