

Sonderdruck Nr. 62/10 aus

ROHDE & SCHWARZ - MITTEILUNGEN

Nr. 16/1961

Nr. 17/1962

Dezifixstecker und andere koaxiale Hf-Leitungsbauelemente

VON F. R. HUBER UND H. NEUBAUER

Dezifixstecker und andere koaxiale Hf-Leitungsbaulemente

(Teil 1)

VON F. R. HUBER UND H. NEUBAUER

DK 621.315.687:621.315.212
621.316.5:621.372.824
621.372.831.2

Inhaltsübersicht: Nach einleitenden Betrachtungen über die Problematik der Leitungsbaulemente für hohe Frequenzen werden die Eigenschaften der verschiedenen Steckerbauformen unter besonderer Berücksichtigung der nach dem Zwitterprinzip gestalteten Dezifixkupplungen behandelt. Weitere Abschnitte sind den sonstigen Verbindungsteilen (Schalter, Winkelstücke usw.) sowie der praktischen Anwendung von Leitungsbaulementen gewidmet. In einem Anhang werden die für die Bestimmung der wichtigsten Kenngrößen in Frage kommenden Meßverfahren gewürdigt.

Summary: An introduction dealing with the problems involved in transmission line components for high frequencies is followed by a discussion on the characteristics of different connector systems, special consideration being given to the sexless Dezifix connector. Further chapters deal with other line components, such as switches, angles, etc. and their practical applications. Measurement techniques for the determination of the most important characteristics are discussed in an appendix.

Résumé: Après quelques considérations introductives sur les problèmes des éléments de ligne pour hautes fréquences on évoque les caractéristiques des différents systèmes de connecteurs, tenant compte notamment des connecteurs hermaphrodites Dezifix. On décrit également d'autres éléments de ligne (commutateurs, coudes, etc. . .) et rappelle leurs applications pratiques. Un appendice est consacré aux méthodes de mesure pour la détermination des caractéristiques les plus importantes.

Einleitung

Auf dem Gebiet der leitungsgebundenen Übertragung hochfrequenter elektromagnetischer Energie nimmt die koaxiale Technik den wohl breitesten Raum ein. Die Bevorzugung dieser Bauweise dürfte im wesentlichen auf die charakteristische Feldverteilung der koaxialen Leitung zurückzuführen sein, für die eine Energiekonzentration auf den Innenraum des rohrförmigen Außenleiters kennzeichnend ist. Damit ist eine Störung dieser Leitungsgattung durch Witterungseinflüsse und in der Nähe befindliche Gegenstände unmöglich; auch der von selbst gegebene Berührungsschutz ist in vielen Fällen von Interesse. Eine weitere Eigenart der konzentrischen Leitung besteht in ihrer relativen Unempfindlichkeit gegen radiale Verlagerungen der Leiter, wie sie beispielsweise durch Erschütterungen oder Maßtoleranzen vorkommen können.

Das außerordentlich umfangreiche Frequenzgebiet, in welchem koaxiale Leitungen zum Einsatz kommen, ist nach unten kaum und in Richtung höherer Frequenzen lediglich durch die Möglichkeit der Entstehung unerwünschter Wellenformen begrenzt. Sofern die Verwendung ausreichend kleiner Querschnitte angängig ist, kann die koaxiale Technik bis weit in den SHF-Bereich (3 bis 30 GHz) hinein zum Einsatz gelangen. Es ist nicht verwunderlich, daß sich bei einem derart riesigen Frequenzgebiet außerordentlich vielseitige Aufgabenstellungen ergaben, die zu einer entsprechend ausgefeilten, nunmehr nahezu vollkommenen Technik führten.

Es hatte sich schon zu Beginn der einschlägigen Entwicklung herausgestellt, daß es bei weitem nicht ausreicht, lediglich die koaxialen Leitungen selbst, also Rohrleitungen und Kabel zur Verfügung zu stellen; die mannigfaltigen Bedarfsfälle, die sich in Labor und Betrieb ergeben, erfordern vielmehr auch Kabel- und Rohrleitungskupplungen sowie Schalter, Winkelstücke und viele andere Baulemente, an die ganz besondere Anforderungen hinsichtlich ihrer Durchgangsleistung, Anpassungsqualität, Spannungsfestigkeit, Dämpfung und elektrischen Dichtigkeit gestellt werden. Neben diesen elektrischen Eigenschaften, die mit der fortschreitenden Erweiterung der Frequenzbereiche Zug um Zug verbessert wurden und nunmehr bei vielen Ausführungsformen die sich aus physikalischen Gründen ergebenden Grenzen nahezu erreicht haben, erwiesen sich nicht zuletzt im Verlauf des praktischen Einsatzes auch mechanische Merkmale als bedeutsam.

Das Gebiet der koaxialen Hf-Leitungsbaulemente wird in unserem Hause seit Jahrzehnten konsequent und zielbewußt behandelt; wesentliche Impulse zu einer ständigen Weiterentwicklung gingen dabei nicht nur von unseren eigenen Laboratorien, sondern auch von anderen Bedarfsträgern aus.

Durch den in den letzten Jahren feststellbaren Trend zu einer fortschreitenden Rationalisierung der Meß- und Betriebstechnik wurden in neuerer Zeit Gesichtspunkte in den Vordergrund gerückt, die auf einen möglichst wirtschaftlichen Einsatz der hier meist hochqualifizierten menschlichen Arbeitskraft abzielen. So wurde das bei uns geschaffene Baulemente-Programm, das in der vorliegenden Arbeit in großen Zügen und unter besonderer Berücksichtigung praktischer Gesichtspunkte behandelt wird, in neuerer Zeit beispielsweise durch das sogenannte Umrüstsystem bereichert, das dem Parallellaufen verschiedener Steckerfabrikate Rechnung trägt und eine zeitsparende Umrüstung unserer Geräte auf Stecker fremder Fabrikate ermöglicht. In ähnlicher Weise sind auch die Kabelstecker in ein für je eine Steckergröße stets gleichbleibendes Grundteil und ein nach Maßgabe des zu verwendenden Kabels variables Kabelanschlußteil gegliedert. Ein umfangreiches Programm von Schalteinrichtungen, das hinsichtlich seiner Qualitäten auch extremen Bedarfsfällen gerecht wird, vereinfacht und rationalisiert viele Probleme sowohl in der Meßtechnik, als auch auf dem Betriebsgerätesektor.

Dezifixstecker

Zum Kuppeln von Hochfrequenzkabeln und -geräten finden feste, bedingt lösbare und lösbare Kupplungen Verwendung. Die erstgenannte Kategorie bleibt hier außer Betracht, da derartige Kupplungen meistens keine getrennten Baulemente darstellen, sondern vielmehr integrierende Bestandteile des zu kuppelnden Gegenstandes bilden. Dies gilt beispielsweise für Lötstellen, verlötete Schraubverbindungen usw. Außerdem verursacht die Trennung einer festen Verbindung entweder eine Beschädigung der zusammengesetzten Teile oder doch wenigstens einen unerwünschten Zeitaufwand; der letztgenannte Gesichtspunkt gilt bis zu einem gewissen Grad auch für die bedingt lösbaren Kupplungen.

Auf dem Gebiet der lösbaren Kupplungen hat sich eine außerordentlich vielfältige Technik herausgebildet. Am Anfang der diesbezüglichen Entwicklung hatte man auf die damals vorhandenen polarisierten, d. h. aus Stecker und Buchse bestehenden Kupplungen zurückgegriffen, die aus der leitungsgebundenen Fernmeldetechnik bekannt waren. Etwas später wurde das Prinzip des nichtpolarisierten, also Zwitter-Steckers entdeckt, bei welchem zwei gleiche Teile zu einer kompletten Kupplung zusammengeschlossen werden.

Warum Zwitterstecker?

Kennzeichnend für Steckverbindungen nach dem Stecker-Buchse-Prinzip ist die Anwendung zweier verschiedener

Kupplungsteile, die vielfach auch Vater- und Mutterteil genannt werden. Beim Zusammentreffen von zwei Stecker-teilen oder zwei Buchsenteilen ist das Herstellen einer Verbindung nicht möglich. Durch Normung wurde, um diese Schwierigkeiten zu vermindern, festgelegt, daß Geräte grundsätzlich mit dem Buchsenteil und Kabel mit dem Steckerteil auszurüsten seien [1]. Häufig besteht jedoch die Notwendigkeit, Geräte unmittelbar zusammenzuschalten. Ein reflexionsarmer Abschlußwiderstand soll wahlweise an ein Kabel oder an eine Meßleitung angeschlossen werden können. Auch besteht bei Verwendung eines Reflektometers vielfach der Wunsch, dieses nicht über ein Kabel, sondern unmittelbar an einen zu messenden Verbraucher zu schalten. Die Anwendung einer Kupplung nach dem Stecker-Buchse-Prinzip bedingt in diesen Fällen ein Zwischenstück, das einen höchst unerwünschten Zusatzfehler aufweist und damit die gesamte Meßgenauigkeit herabsetzt. Ähnliche Gegebenheiten herrschen, wenn ein Versuchsaufbau ein relativ langes Meßkabel erfordert, das nur durch Zusammenschaltung mehrerer vorhandener kurzer Stücke hergestellt werden kann.

Bereits beim Zusammentreffen von zwei polarisierten Kupplungsteilen gleicher Bauart und Größe, dem einfachsten Fall, sind drei verschiedene Kombinationen möglich:

**Je ein Stecker und eine Buchse treffen aufeinander
Zwei Stecker treffen zusammen
Zwei Buchsen treffen zusammen**

Nur im erstgenannten Fall kann die Verbindung unmittelbar hergestellt werden, in den anderen Fällen sind Übergangsstücke (Zwischenstücke) erforderlich:

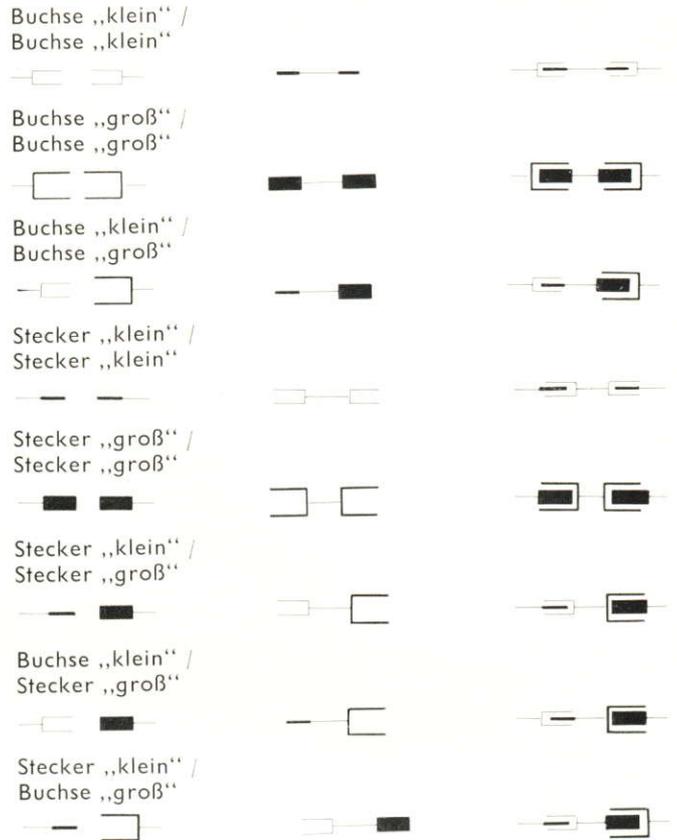
Zusammentreffende Kupplungsteile	erforderliches Übergangsstück	vollständige Kupplung
Stecker/Buchse 		
Stecker/Stecker 		
Buchse/Buchse 		

Bei Anwendung von Kupplungsteilen nach dem Zwitterprinzip, beispielsweise Dezifixsteckern, sind Übergangsstücke nicht erforderlich:

Zusammentreffende Kupplungsteile	erforderliches Übergangsstück	vollständige Kupplung
Dezifix/Dezifix 		

In der Praxis kommen die Vorteile des Zwitterprinzips noch deutlicher zum Ausdruck, da häufig verschiedene Bauarten und Größen sowie unterschiedliche Wellenwiderstände zusammentreffen. Als Beispiel wird die Problematik eines Kupplungsvorgangs zwischen zwei sich in Bauart oder Größe unterscheidenden Ausführungen behandelt, die in der nachstehenden Darstellung als „klein“ und „groß“ bezeichnet werden:

Zusammentreffende Kupplungsteile	erforderliches Übergangsstück	vollständige Kupplung
Stecker „klein“ / Buchse „klein“ 		
Stecker „groß“ / Buchse „groß“ 		



Bei einem Vergleich der dargestellten Übergangsstücke wird man feststellen, daß es sich tatsächlich um **acht verschiedene Ausführungsformen** handelt. Von den insgesamt zehn Kombinationen, die erfahrungsgemäß in der Praxis durchaus vorkommen können, sind nur die beiden ersten ohne Übergangsstück zu koppeln.

Werden **Zwitterstecker** verwendet, so ist, um allen möglichen Kombinationen gerecht zu werden, nur **ein einziges** Übergangsstück erforderlich:

Zusammentreffende Kupplungsteile	erforderliches Übergangsstück	vollständige Kupplung
Dezifix „klein“ / Dezifix „klein“ 		
Dezifix „groß“ / Dezifix „groß“ 		
Dezifix „klein“ / Dezifix „groß“ 		

Als Lösung, die zwischen den polarisierten und den nicht polarisierten Steckern steht, wurde das sogenannte „unechte Zwitterprinzip“ vorgeschlagen. Hier sind sämtliche Kupplungsteile entweder als Stecker oder als Buchsen ausgebildet, so daß in jedem Falle zur Herstellung einer Verbindung ein Zwischenstück erforderlich ist. Wegen dieser grundsätzlichen Notwendigkeit, Zwischen- oder Übergangsstücke zu verwenden, hat sich der unechte Zwitter nicht durchsetzen können, obwohl die Mannigfaltigkeit der erforderlichen Übergänge geringer ist als bei der polarisierten Kupplung.

Die obigen Überlegungen, die in [2] und [3] noch ausführlicher behandelt sind, legten es nahe, ein allgemein verwendbares System auf dem Prinzip des Zwittersteckers aufzubauen; eine entsprechende, nach der Größe der Öffnungs-

querschnitte gestufte Baureihe ist in Deutschland seit längerer Zeit unter den Nummern

- DIN 47285 : Größe B
 - DIN 47286 : Größe C
 - DIN 47287 : Größe D
 - DIN 47288 : Größe E
- } Dezifix-Stecker

genormt. Auch im Ausland setzt sich mehr und mehr die Ansicht durch, daß eine rationelle Hochfrequenz-Meßtechnik nur mit Hilfe von Kupplungen nach dem Zwitterprinzip möglich ist. So besteht beispielsweise in den USA die Absicht, neben den bereits genormten Stecker-Buchse-Ausführungen, die auch hinsichtlich ihrer Reflexionswerte hohen Anforderungen nicht mehr zu genügen vermögen [4], eine Reihe von koaxialen Präzisionssteckern zu normen, für welche vom National Bureau of Standards folgende Eigenschaften gefordert werden [5]:

Aufbau und Konstruktion:

1. Mechanische Konstruktion und Empfehlungen:

Die Lage der elektrischen Bezugsebene sollte mit der mechanischen Bezugsebene (oder der Verbindung) identisch und die gleiche sowohl für die Innenleiter wie für die Außenleiter sein.

2. Anschließmöglichkeit:

- a) Es wäre **sehr** wünschenswert, wenn die Verbindung **unipolar** wäre und jeder einzelne Stecker ohne zusätzliche elektrische oder mechanische Adapter zu jedem anderen Stecker passen würde.
- b) Alle Teile sollen fest am Stecker befestigt sein, um das Auswechseln ohne Gefahr des Verlustes von Teilen zu gewährleisten.

Diese und auch andere Forderungen des National Bureau of Standards werden von unseren Dezifixsteckern identisch erfüllt.

Der oben unter 1. wiedergegebene Gesichtspunkt vermittelt bei sehr hochfrequenten Impedanzmessungen den Vorteil einer eindeutigen Bestimmung der Meßebene, die mit Hilfe

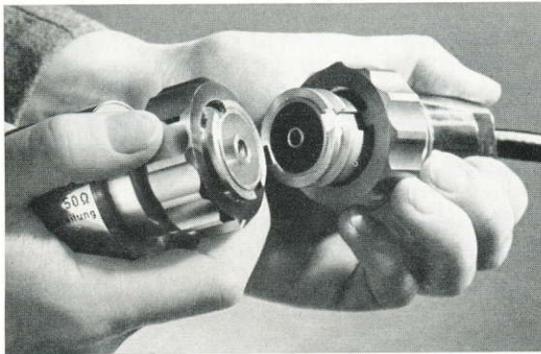


Abb. 1

5787

Kuppeln von Dezifixsteckern mit verschiedenem Wellenwiderstand (links 50 Ohm, rechts 75 Ohm)

Coupling of Dezifix connectors having different characteristic impedances (left: 50 Ω, right: 75 Ω)

Couplage de connecteurs Dezifix à impédances caractéristiques différentes (à gauche 50 ohms, à droite 75 ohms)

einer das Koaxial abschließenden Kurzschlußscheibe vorgenommen wird; diese Meßebene ist bei Dezifixsteckern identisch mit der durch das Koaxialende definierten mechanischen Bezugsebene.

In Ansehung der verschiedenen Wellenwiderstandsnormen (IEC 50 und 75 Ohm, Deutschland 60 Ohm usw.) besteht ein weiterer großer Vorteil des Zwitterprinzips darin, daß man, sofern die durch den Wellenwiderstandssprung verursachte Reflexion von geringem Interesse ist, Stecker verschiedener Wellenwiderstände miteinander kuppeln kann. Dies ist in **Abb. 1** für zwei Stecker mit 50 und 75 Ohm Wellenwiderstand gezeigt. Ein entsprechender Versuch bei polarisier-

ten Steckern würde entweder zu einer Zerstörung der Innenleiterbuchse führen, oder eine Kontaktgabe am Innenleiter wäre trotz durchgeschalteter Außenleiterverbindung nicht möglich.

Sogar Impedanzmessungen können auf diese Weise durchgeführt werden, da die definierte elektrische Bezugsebene der Dezifixstecker ein Umrechnen des Bezugswellenwiderstands und damit ein Eliminieren des Wellenwiderstandssprunges erlaubt.

Das Dezifixsystem

Um den verschiedensten Anforderungen, beispielsweise hinsichtlich der Leistungsaufnahme oder der oberen Grenzfrequenz, gerecht zu werden, umfaßt das Dezifixsystem eine Reihe von verschiedenen Steckergrößen, die in der nachstehenden Tabelle, geordnet nach den Innendurchmessern der Außenleiter, wiedergegeben sind. Die Durchmesser der Innenleiter sind entsprechend den Wellenwiderständen (50, 60 und 75 Ohm) bemessen.

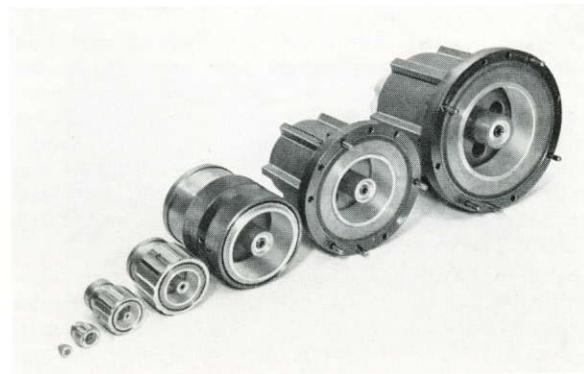


Abb. 2

10 395

Typenreihe der Steckergrundteile A, B, C, D, I, E und F
Type series of connectors and parts A, B, C, D, I, E and F
Série des connecteurs et pièces A, B, C, D, I, E et F

Steckergröße:	Innendurchmesser des Außenleiters
vorwiegend Meßtechnik	A 7 mm (noch in Entwicklung)
	B 21 mm
	C 38 mm
	D vorwiegend 57 mm
	I Betriebs- 115 mm Innenraum
	E technick 115 mm wettergeschützt
	F 160 mm

Die Größenverhältnisse gehen recht deutlich aus der **Abb. 2** hervor, in welcher die gesamte Typenreihe von A bis F wiedergegeben ist.

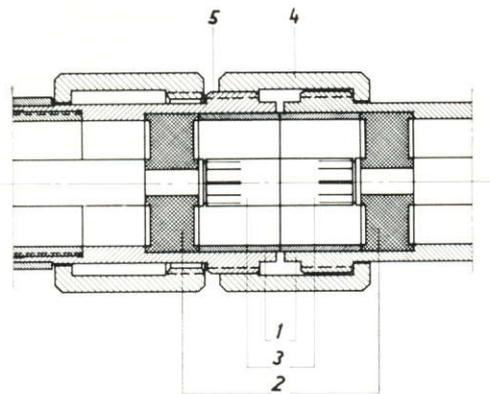


Abb. 3

Prinzipskizze zweier gekuppelter Dezifixstecker
Schematic of two Dezifix connectors coupled together
Schéma de deux connecteurs Dezifix couplés

Sämtliche Dezifixstecker sind nach ein und demselben, bereits seit Jahren erfolgreich angewendeten Prinzip konstruiert; die bisher gefertigte Stückzahl beträgt rund eine halbe Million.

Wie aus **Abb. 3** hervorgeht, besteht jeder Stecker aus einem Außenleiterteil 1, in welchem eine thermoplastische Stützscheibe 2 eingesetzt ist, die den Innenleiter zentriert. Das dem Gegenstecker zugewendete Innenleiterteil 3 ist federnd ausgeführt und steht bei einem nichtgekuppelten Stecker gegenüber der Außenleiterkontaktebene um einige Zehntel Millimeter vor. Es enthält eine mehrfach längsgeschlitzte und damit federnde Außenhülse, deren Innenkontakte auf einem aus einer speziellen Silberlegierung hergestellten oder gleichwertig oberflächenbehandelten Zylinder gleiten. Eine störende Abnutzung der Kontaktfläche ist damit auch bei oftmaliger Betätigung nicht gegeben. Eine Selbstreinigung der Stirnkontaktflächen ergibt sich insbesondere bei den für die Meßtechnik in Frage kommenden Ausführungen A und B durch die sich beim Kupplungsvorgang zwangsläufig ergebende mehr oder weniger starke Drehbewegung der Stecker gegeneinander.

Beim Kupplungsvorgang wird die Überwurfmutter 4 auf das entsprechende Gewinde 5 des Gegensteckers aufgeschraubt und erzeugt damit eine axiale Kraft, die die beiden federnden Innenleiterteile der Stecker zusammenpreßt, bis sich die Außenleiterkontaktebenen berühren. Die am Innenleiter auftretenden Kontaktkräfte sind entsprechend den Steckergrößen abgestuft und bewegen sich zwischen einigen 100 g bei der Größe A und annähernd 100 kg bei der Steckergröße F. Bei jeder gekuppelten Dezifixverbindung der Größen A...I bleibt eine Überwurfmutter unbenutzt.

Die bei den Meßsteckern A und B zur Vermeidung von zusätzlichen Reflexionen erforderliche besonders sorgfältige Zentrierung wird durch eine entsprechend exakte Ausbildung der Überwurfmutter herbeigeführt. Messungen haben ergeben, daß sich störende Reflexionen durch axiale Verlagerung von zwei miteinander gekuppelten Steckern nicht ergeben können.

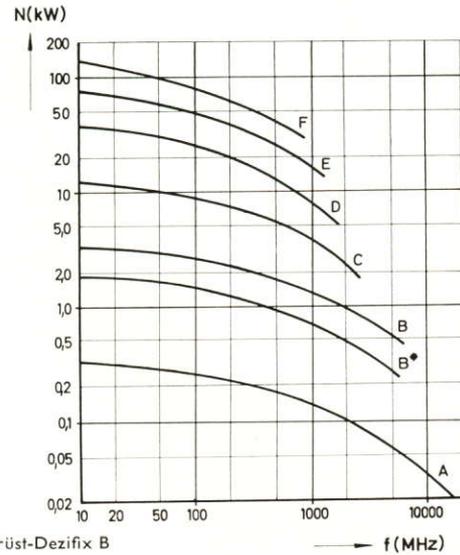
Die Dezifixstecker sind derart konstruiert, daß die für die elektrischen Eigenschaften maßgeblichen Querschnitte (Innenleiteraußenhaut und Innenfläche des Außenleiters) glatt durchlaufen, so daß in Anbetracht der stets angewendeten engen Tolerierung der wichtigen Maße Reflexionen nicht zu erwarten sind. Die einzige Inhomogenität im Zuge der Stecker bildet die zur Festlegung des Innenleiters gegen den Außenleiter unerläßliche Stütze. Diese ist in allen Fällen auf sorgfältigste Weise entzerrt, so daß ihr Kompensationszustand der physikalisch gegebenen Grenze sehr nahe kommt. Die diesbezüglichen Messungen erfolgten nach der Weißfloch-Methode (Knotenpunktsverschiebung) mit Hilfe von Meß- und Reaktanzleitungen, die dem jeweiligen Steckerquerschnitt angepaßt werden. [2], [6]. Die zulässige Durchgangsleistung der Stecker wurde mit Hilfe von entsprechenden Sendern, die zum großen Teil der eigenen Fabrikation entstammten, untersucht. **Anpassungszustand und Durchgangsleistung** der Stecker sind in den **Abb. 4 und 5** dargestellt.

Die Kurven brechen jeweils bei der Grenzfrequenz des betreffenden Querschnitts ab, da oberhalb derselben die Wellenform nicht mehr stabil bleibt und das Entstehen von störenden Wellenmoden möglich ist.

Bei manchen Anlagen ist die Spannungsfestigkeit der Steckverbindungen von Interesse. Scheitelwerte der Überschlagspannung sind für die Frequenzen 50 Hz und 100 kHz in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben (alle Angaben in kV):

	50 Ohm		60 Ohm	
	50 Hz	100 kHz	50 Hz	100 kHz
A	2,0	1,5	2,2	1,6
B	5,5	4,5	6,0	5,0
C	10,0	8,0	10,5	8,5
D	15,0	11,5	15,5	12,5
E/I	29,0	22,5	30,5	24,0
F	39,0	31,0	41,0	33,0

Neben der Anpassungsqualität und der zulässigen Durchgangsleistung von Dezifixsteckern ist auch deren **Kopplungswiderstand** von Wichtigkeit. Dieser wird insbesondere dann in Betracht gezogen, wenn die Kopplung von abgeschirmten



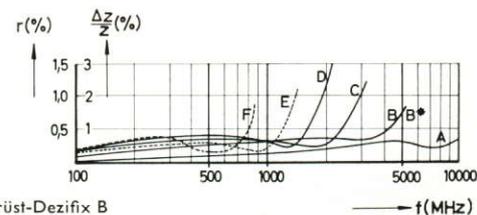
B* = Umrüst-Dezifix B

Abb. 4

Zulässige Durchgangsleistung der Dezifixstecker
Maximum permissible power for Dezifix connectors
Puissances maxima admissibles pour connecteurs Dezifix

Elementen, z. B. Steckverbindungen, beschrieben werden soll. Einzelheiten, wie Definition und Ableitung, sind neben einschlägigen Meßverfahren im Anhang behandelt.

Durch einen unzulässig großen Kopplungswiderstand können Störungen verursacht werden, und zwar weniger wegen des



B* = Umrüst-Dezifix B

Abb. 5

Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktor der Dezifixstecker (Einzelstecker)
Impedance error and reflection coefficient of Dezifix connectors (individual units)
Erreurs d'impédance et coefficients de réflexion des connecteurs Dezifix (connecteurs séparés)

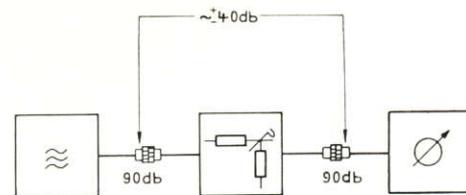


Abb. 6

Einfluß der Kopplungswiderstände von Kupplungen bei einer Empfindlichkeitsmessung an einem Empfänger

The influence exerted by the leakage of connections in receiver sensitivity measurements

L'influence des fuites des connexions sur la mesure de la sensibilité d'un récepteur

meist völlig unbedeutenden Leistungsverlustes, sondern vielmehr, weil bei empfindlichen Meßschaltungen die ausgetretene Leistung an anderer Stelle wieder eintreten und Meßfehler verursachen kann. Die diesbezüglichen Zusammen-

hänge wurden im Rahmen der Dezifixstecker-Entwicklung in bisher wohl einmalig gründlicher Weise untersucht. Neben der Literaturstelle [7] sind zu diesem Fragenkomplex die Arbeiten [8] und [9] zu nennen.

Einen grundsätzlichen Überblick über die bei einem Kopplungsvorgang wirksam werdenden Gegebenheiten gewinnt man am besten an Hand eines die Verhältnisse etwas vereinfacht darstellenden Beispiels. In **Abb. 6** ist ein Aufbau für eine Empfindlichkeitsmessung an einem Empfänger wiedergegeben, wobei als Meßgeräte ein Sender und ein Eichteiler Verwendung finden. Abgesehen von den beiden Steckverbindungen sind alle Bestandteile als ideal dicht angenommen. Jede Steckverbindung hat einen Kopplungswiderstand von 3 mOhm, ein Wert, der einer normalen Dezifixkuppelung bei 750 MHz zuzuschreiben ist, sofern auf besondere Maßnahmen, die im nachstehenden noch erörtert werden, verzichtet wird. Ein Kopplungswiderstand von 3 mOhm ergibt eine Auskoppelleistung, die um ca. 90 db unter der eingespeisten Leistung liegt. Durch den Kopplungswiderstand der Kuppelung geht also ein Anteil von $1/10^9$ der eingespeisten Leistung verloren. Um denselben Betrag wird auch die in die Empfängerkuppelung eintretende Leistung gedämpft, so daß eine Gesamtdämpfung von 180 db zustande kommt. Dieser Betrag wird noch durch die äußeren Gegebenheiten der Anordnung beeinflusst, wodurch Abweichungen bis zu etwa ± 40 db hervorgerufen werden können. Damit liegt die den Empfängereingang erreichende Kuppelleistung um mindestens 140 db unter dem Pegel des Senderausgangs. Der Meßbereich der Anordnung umfaßt also ohne störende Einflüsse durch die unerwünscht fortgepflanzte Energie einen Bereich bis mindestens 140 db, obwohl jede der Kuppelungen nur eine Auskoppeldämpfung von 90 db hat.

In besonders gelagerten Fällen ist ein Kopplungswiderstand von 3 mOhm nicht zulässig, so daß es erwünscht ist, diesen Wert noch zu verkleinern. Dies geschieht in verhältnismäßig einfacher Weise dadurch, daß die Außenleiterkontaktfläche der Dezifixstecker mit konzentrischen Riefen versehen wird. Damit entsteht ein kaskadenartig hintereinandergeschaltetes System von Abschirmungen, wodurch eine erhebliche Verkleinerung des Kopplungswiderstandes auf weniger als 0,2 mOhm [8] hervorgerufen wird. Ein ähnlicher Effekt läßt sich bei normalen Dezifixsteckern dadurch erreichen, daß zwischen die Außenleiterkontaktflächen Ringe aus Weichkupfer eingelegt werden, die sich den mikroskopischen Unebenheiten der Kontaktflächen anschmiegen und damit eine erhebliche Verbesserung des Kopplungswiderstandes bis in die vorgenannte Größenordnung vermitteln. Die Ringe ergeben bei den ersten Kuppelungsvorgängen etwa konstante Ergebnisse, müssen aber, da sich die Qualität verschlechtert, nach etwa 10 Kuppelungsspielen ersetzt werden.

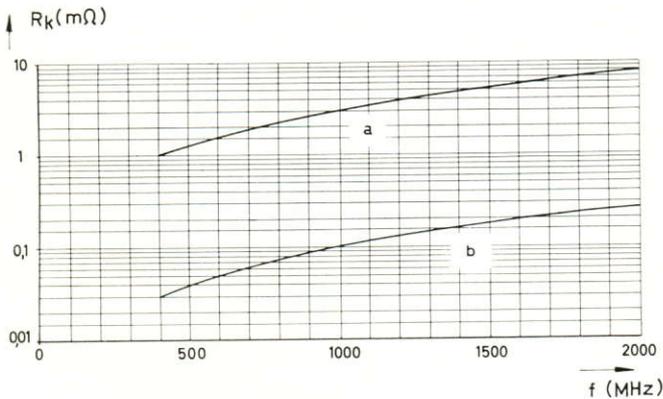


Abb. 7

Frequenzabhängigkeit des Kopplungswiderstandes einer normalen Dezifixverbindung (a) und einer solchen mit modifizierten Außenleiterkontaktflächen (b)

Leakage as a function of frequency, (a) of a normal Dezifix connector, (b) of one with modified outer-conductor contact surfaces

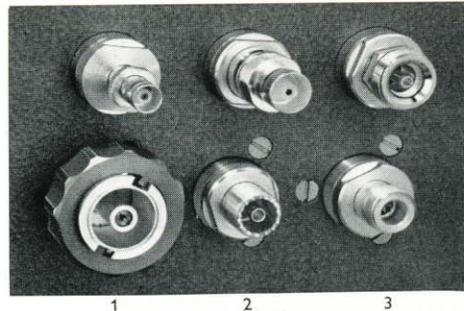
Fuite en fonction de la fréquence, (a) d'un connecteur Dezifix normal et (b) d'un connecteur Dezifix à surfaces de contact modifiées des conducteurs extérieurs

In **Abb. 7** sind die mittleren Kopplungswiderstandskurven normaler Dezifixstecker und solcher mit modifizierten Außenleiterkontaktflächen in Abhängigkeit von der Frequenz wiedergegeben.

Als Modifikation ist hierbei entweder das oben beschriebene System konzentrischer Riefen oder eine im wesentlichen dieselbe Wirkung vermittelnde Weichkupferscheibe zu verstehen. Die Verwendung von Weichkupferscheiben kommt insbesondere auch dann in Betracht, wenn es darum geht, den Kopplungswiderstand vorhandener Dezifixstecker mit nichtmodifizierter Kontaktfläche zu verbessern.

Umrüstbare Geräteanschlüsse Dezifix B

Um den zahlreichen Schwierigkeiten zu begegnen, die sich aus dem Parallellaufen vieler verschiedener Steckersysteme ergeben, wurden die umrüstbaren Geräteanschlüsse Dezifix B geschaffen. Es handelt sich dabei um eine Steckerausführung, die aus zwei Baugruppen, dem Sockel und dem Kopf, besteht. Der Sockel bildet einen festen Bestandteil des Gerätes, der Kopf des Anschlusses kann abgeschraubt und durch andere übliche Anschlüsse, die als Umrüstsätze erhältlich sind, ersetzt werden. Kennzeichnend für dieses System ist



9872

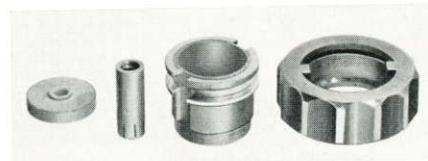
Abb. 8

Sechs Beispiele aus dem Umrüstsystem (von unten nach oben

- 1: Dezifix B, BNC Buchse,
- 2: UHF Buchse, C Buchse,
- 3: N Buchse und 3,5/9,5 Buchse)

6 examples of adaptable connectors (from bottom to top: (1) Dezifix B, BNC socket, (2) UHF socket, C socket, (3) N socket and 3,5/9,5 socket)

6 exemples de notre système de connecteurs adaptables (de bas en haut: (1) Dezifix B, fiche femelle BNC, (2) fiche femelle UHF, fiche femelle C, (3) fiche femelle N, fiche femelle 3,5/9,5)



9897

Abb. 9

Stützscheibe des Sockels und Umrüstkopf Dezifix B (zerlegt)
Supporting disk of base and Dezifix B head (disassembled)
Disque support de la base et tête Dezifix B (désassemblée)

das Merkmal, daß die zur Zentrierung des Innenleiters erforderliche Isolierstütze beim Auswechseln des Kopfes im Gerät verbleibt. Es ist somit kaum möglich, beim Umrüstvorgang Störungen im Gerät zu verursachen oder die Stützscheibe zu beschädigen. Weiterhin ist durch diese Konstruktionsmaßnahme sichergestellt, daß die verschiedenen Köpfe optimale Anpassungseigenschaften aufweisen, denn die außerordentlich gut entzerrte Stützscheibe wird zusammen mit jedem Kopf verwendet. Diese neue Technik wird Schritt für Schritt in unserem gesamten Meßgeräteprogramm die älteren Ausführungen ersetzen, die bei Wünschen nach fremden Anschlüssen im Werk abgeändert werden mußten. Umrüstsätze stehen für die meisten gebräuchlichen Steckersysteme vergleichbarer Größenordnung zur Verfügung. Sechs Beispiele von Umrüstanschlüssen sind in **Abb. 8** wiedergegeben.

Die Bestandteile des Kopfes des Umrüstanschlusses Dezifix B sind in **Abb. 9** zusammen mit der Stützscheibe des zugehörigen Sockels dargestellt.

Ein wesentliches Anliegen bei der Schaffung des Umrüstsystems war es, dem Benutzer unserer Meßgeräte die Möglichkeit zu geben, seinen Gerätepark von Fall zu Fall abwechselnd den verschiedensten Steckersystemen anzupassen.

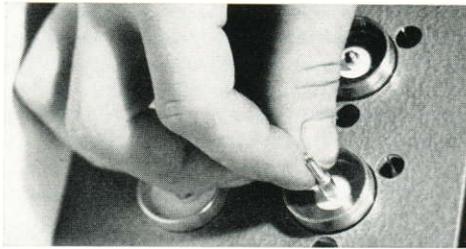


Abb. 10

Einsetzen des Innenleiters eines Umrüsteinsetzes
Insertion of the inner conductor of a screw-in assembly
Insertion du conducteur intérieur d'une tête de connecteur

9871

Dementsprechend wurde darauf geachtet, daß der Umrüstvorgang ohne Schwierigkeiten bewerkstelligt werden kann. Wie aus den **Abb. 10 und 11** hervorgeht, können sowohl Innen- als auch Außenleiter mit einfachsten Mitteln, das heißt von Hand beziehungsweise mit einem Schlüssel, auf dem im Gerät eingebauten Sockel montiert werden.

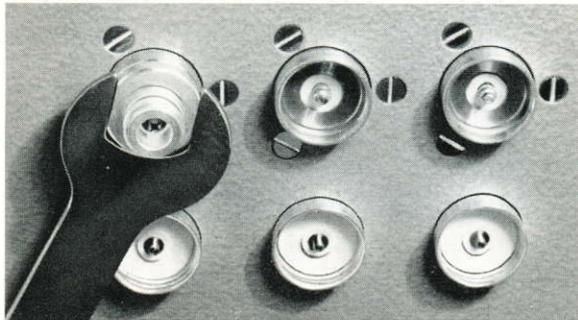


Abb. 11

Montage des Außenleiters eines Umrüsteinsetzes
Mounting the outer conductor of a screw-in assembly
Montage du conducteur extérieur d'une tête de connecteur

10098

Das Umrüsten geht außerordentlich schnell (etwa 1 Minute) vonstatten und kommt deshalb nicht nur als einmalige Maßnahme beim Empfang des Gerätes in Betracht. Erfahrungsgemäß besteht häufig der Wunsch, nach reiflicher Prüfung schließlich wieder zum Dezifixsystem zurückzukehren, was, sofern die stets mitgelieferten Dezifixköpfe sorgfältig aufbewahrt worden waren, ohne merklichen Zeitverlust möglich ist. Die oft gefällte Entscheidung, endgültig das Dezifixsystem zu bevorzugen, wird ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß die meisten üblichen Stecker nicht nur wegen ihrer systematischen Eigenschaften (Stecker-Buchse) dem Zwitterprinzip unterlegen sind, sondern vielmehr auch in ihren elektrischen Eigenschaften (insbesondere Reflexion) erheblich ungünstigere Werte aufweisen als die Dezifixstecker.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Umrüstsätze der Dezifixgröße B mit sämtlichen anderen Steckern der gleichen Größe (auch bei unterschiedlichen Wellenwiderständen) sowie mit den sogenannten Präzisionsdezifixsteckern kuppelbar sind.

Das Umrüstsystem bietet auch erhebliche Vorteile bei der Entwicklung von Geräten. Diese können zunächst im Interesse einer größtmöglichen Meßgenauigkeit mit Dezifixsteckern ausgerüstet und später, sofern erforderlich, auf sonstige Steckerarten umgerüstet werden. Demgemäß werden die Genauigkeitsdaten unserer Meßgeräte für die Ausrüstung mit Dezifixsteckern angegeben, während bei Umrüstung auf andere Steckersysteme deren unvermeidliche Fehler zusätzlich berücksichtigt werden müssen. In **Abb. 12** sind die Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktoren für ver-

schiedene Umrüstanschlüsse wiedergegeben. Bei Ausrüstung des Gerätes mit Dezifix ergeben sich Werte nach Kurve a, während für die anderen Systeme die Summe aus dem Wert für Dezifix und dem für den betreffenden Anschluß

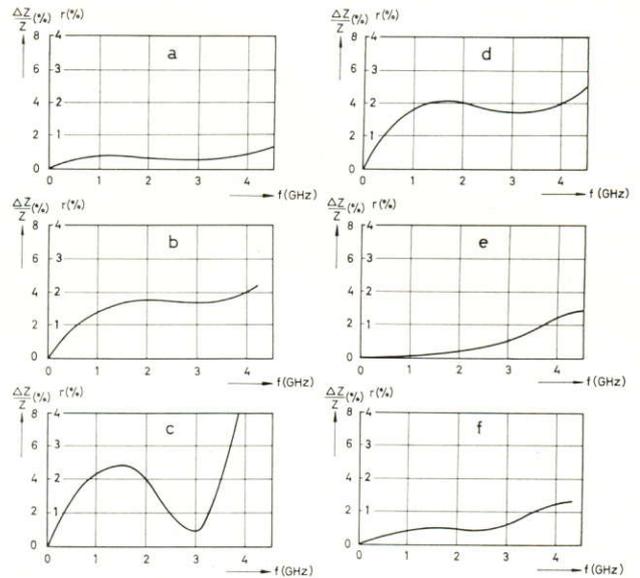


Abb. 12

Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktoren für verschiedene Umrüstanschlüsse

- a) Dezifix B, b) BNC-Buchse, c) C-Buchse, d) GR-Anschluß 874, e) HF-Buchse 6/16, f) N-Buchse

Impedance error and reflection coefficient of various adaptable connectors (a) Dezifix B, (b) BNC socket, (c) C socket, (d) GR connector 874, (e) RF socket 6/16, (f) N socket

Erreurs d'impédance et coefficients de réflexion de différents connecteurs adaptables (a) Dezifix B, (b) fiche femelle BNC, (c) fiche femelle C, (d) connecteur GR 874, (e) fiche femelle HF 6/16, (f) fiche femelle N

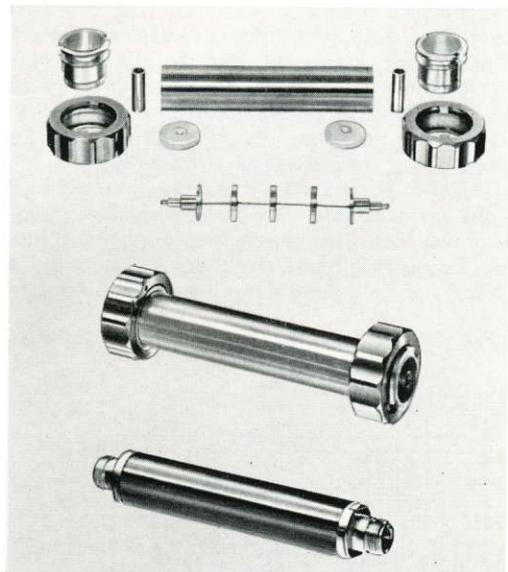


Abb. 13

10006

Tiefpaßfilter, hergestellt unter Verwendung von Umrüstteilen. Unten das gleiche Filter nach Auswechslung der Dezifixteile gegen N-Stecker

Low-pass filter mainly built up of adaptable-connector parts; at bottom the same filter with the Dezifix parts replaced by N connectors

Filtre passe-bas, constitué essentiellement par des éléments de connecteurs adaptables; en bas le même filtre après remplacement des éléments Dezifix par des fiches N

gültig ist; dies erklärt sich aus dem Umstand, daß die Stützscheibe des Dezifixsteckers stets in dem Gerät verbleibt und auch die Abstützung für alle anderen Systeme vermittelt. In **Abb. 13** ist als Beispiel ein Tiefpaßfilter dargestellt [8], das eine Grenzfrequenz von ca. 1000 MHz aufweist. Es ist im

wesentlichen zusammengesetzt aus Dezifixteilen, wie Überwurfmutter, elastischem Innenleiterteil und Stützscheiben. Die einzigen neuen Teile sind die Kapazitätsscheiben und die drahtförmigen Induktivitäten sowie der Außenleiter.

Das fertig entwickelte Filter kann ohne nennenswerte Beeinträchtigung seiner Eigenschaften — sofern man von der unvermeidlichen Beeinflussung durch die anderen Qualitäten der neuen Stecker absieht — umgerüstet werden (siehe Abb. 13 unten).

Dezifixeinbau- und Kabelstecker

Abgesehen von der im obigen Abschnitt erwähnten Technik der **umrüstbaren** Geräteanschlüsse besteht ein umfangreiches Programm von **Kabel- und Einbausteckern der Dezifixserie FN**. Diese Stecker bestehen unabhängig von ihrer Größe stets aus einem sogenannten Grundteil, das die für den Kuppelvorgang unerläßlichen Komponenten wie Steckermaul, elastisches Innenleiterteil, Stützscheibe und Überwurfmutter umfaßt sowie aus entsprechenden, von Fall zu Fall unterschiedlichen Kabelanschlußteilen. Die Grundteile, die beispielsweise in Abb. 2 dargestellt sind, lassen sich unmittelbar als — nicht umrüstbare — Einbaustecker verwenden. In diesem Falle kommen als Anschlußleitungen vorzugsweise starre koaxiale Rohrsysteme in Frage. Um innerhalb der Geräte die Verwendung von flexiblen Kabeln zu ermöglichen, wurden die Einbau-Kabelstecker geschaffen.



Abb. 14

10034

Einbau-Kabelstecker Dezifix B Type FNB 2003/60 für Kabel 1,5/6,6
Non-adaptable Dezifix connector B Type FNB 2003/60 with base for cable 1,5/6,6

Connecteur Dezifix B non adaptable, type FNB 2003/60, approprié au câble 1,5/6,6

In **Abb. 14** ist ein Beispiel dieser Steckertechnik, die laufend erweitert und ergänzt wird, wiedergegeben.

Insbesondere die in der VHF/UHF-Technik verwendeten hohen Leistungen bedingen entsprechend kräftige Leitungsquerschnitte, die zudem den Vorteil niedriger Dämpfung aufweisen. Auch hier kommen überwiegend „flexible“ und „halbflexible“ Kabel zum Einsatz, die allerdings mit den dem Labortechniker geläufigen zur Verbindung von Meßgeräten verwendeten Kabeln nichts mehr gemein haben. Es handelt sich um Ausführungsformen, die Außendurchmesser bis zu 160 mm und zulässige Biegeradien von einigen Metern haben. Entsprechend groß sind die Kräfte, die von den zugehörigen Kabelarmaturen aufgenommen werden müssen.

Ein Beispiel einer derartigen in jeder Hinsicht äußerst widerstandsfähigen Steckerausführung ist in **Abb. 15** wiedergegeben; es handelt sich um einen Stecker der Größe Dezifix E (FNE 1175/50) in längsdichter Ausführung für das Siemens-&-Halske-Kabel 64/156.

Um trotz der verhältnismäßig großen Biegeradien leistungsfähiger Kabel unerwünschte sperrige Kabelbögen im Bereich der Kabelendverschlüsse zu vermeiden, ist es üblich geworden, in entsprechend gelagerten Bedarfsfällen Winkelstecker zu verwenden. Bei diesen sind zwischen den Dezifixgrundteilen und den entsprechenden Kabelanschlußteilen zusätzliche Winkelstücke vorgesehen. Beispiele solcher Stecker sind in den **Abb. 16 und 17** wiedergegeben. Abb. 16 zeigt einen Winkeldezifixstecker C Type FNC 3056/50 für das Kabel HF 9/24 der Firma Rheinkabel.

Abb. 17 zeigt eine ähnliche Ausführungsform, jedoch der Größe B, und zwar den Winkeldezifix FNB 3058/50 für das

Flexwell-Kabel HF 7/8" der Firma Hackethal. Die letztgenannte Abbildung zeigt den Stecker betriebsfertig auf das zugehörige Kabel montiert.

Moderne Kabel sind mit erheblicher Präzision hergestellt und erfordern, um ihre günstigen Eigenschaften nicht zu verlieren, eine sehr große Sorgfalt bei der Montage der Endverschlüsse. Dieser Problematik wird bei den Dezifixsteckern



10396

Abb. 15

Dezifix E Type FNE 1175/50 für Kabel S & H 64/156
Dezifix E Type FNE 1175/50 for cable S & H 64/156
Dezifix E type FNE 1175/50 pour câble S & H 64/156

dadurch Rechnung getragen, daß zu jedem Stecker eine ausführliche und präzise Montageanleitung, die in Zusammenarbeit mit der betreffenden Kabelfirma erstellt wurde, zur Verfügung steht. Als Beispiel ist in **Abb. 18** die Montageanleitung zum Dezifix B Type FNB 1056/50 für das Kabel HF 9/24 LWY der Firma Rheinkabel, Köln, dargestellt.



10032

Abb. 16

Winkeldezifix C FNC 3056/50 für das Kabel HF 9/24 der Firma Rheinkabel
Angle Dezifix C FNC 3056/50 for cable HF 9/24 made by Rheinkabel
Dezifix angulaire C FNC 3056/50 pour câble HF 9/24 de fabrication Rheinkabel

Während die im Zusammenhang mit Betriebsgeräten verlegten Hochfrequenzkabel im allgemeinen nach erfolgter Inbetriebnahme der Anlage nicht mehr häufig bewegt werden,



9746

Abb. 17

Winkeldezifix B FNB 3058/50 für das Flexwell-Kabel HF 7/8" der Firma Hackethal, betriebsfertig montiert
Angle Dezifix B FNB 3058/50 for Flexwell cable HF 7/8" made by Hackethal, mounted and ready for operation
Dezifix angulaire B FNB 3058/50 pour câble Flexwell HF 7/8" de fabrication Hackethal, monté et prêt à fonctionner

unterliegen Laborkabel einer ausgesprochenen Dauerbeanspruchung. Bei sämtlichen ausschließlich oder teilweise für den Laborgebrauch vorgesehenen Steckern wurde deshalb ganz besonderes Augenmerk auf die Kabelabfangung gerichtet. Es ist dafür Sorge getragen, daß ein starker Ver-

schleiß auch bei häufiger Wechselbeanspruchung nicht vorkommen kann. Um die diesbezüglichen Gegebenheiten zu klären, wurden an fertig montierten Kabeln, wie sie bei-

Es wurden zwei verschiedene Reihenversuche durchgeführt, und zwar ein solcher mit einer im wesentlichen ebenen Beanspruchung, wobei das Kabel mit Hilfe eines Exzentrers

Montageanleitung zum Kurzhubstecker Dezifix B der Type FNB 1056/50 für das Kabel HF 9/24 LWY der Firma Rheinkabel

- Kabelabschnitt nach nebenstehender Skizze vornehmen.
- Die einzelnen Steckerteile nach untenstehender Reihenfolge aufschließen.
 - Schraube FNB 1056/50-1.3
 - Scheibe FNB 1056/50-1.4
- Aufschrauben der Klemmutter FNB 1056/50-1.2 bis zum Anschlag an die PET-ummantelung (Aussenleiterwalle Rohr steht dann ca. 4 mm vor).
- Umbrödeln des Wellmantelinnenleiters mit einem geeigneten Durchschlag oder dergleichen. Anschliessend den Wellmantel auf dem Profildrehwerkstück planhämern.
- Absetzen der Kunststoffwendel und Planfeilen des Innenleiters. Schneiden des M 7 x 0,5 Gewindes am Innenleiter.

Achtung! Keine Feilspäne in das Kabel fallen lassen.
- Aufschrauben und Anziehen des Innenleiters FNB 1056/50-2 auf den Kabelinnenleiter.
- Das Kabel mit der Klemmutter in den Stecker einführen und mit der Schraube FNB 1056/50-1.3 fest verspannen.
- Federnden Innenleiter FNB 1000/50-3 aufschrauben und fest anziehen.

ROHDE & SCHWARZ MÜNCHEN		Matzzeug, Werkstoff		Unterschiede Maße		Zeichn. Nr.	
SEK		1:1		FNB 1056/50 Bl. 2		Ersatz für	
Tag		Name		Montageanleitung		Dezifix B	
4.10.61		Wg		für Kabel HF 9/24 LWY - Rheinkabel			

Abb. 18

Montageanleitung zum Stecker Dezifix B FNB 1056/50 für das Kabel HF 9/24 LWY der Firma Rheinkabel, Köln

Mounting of Dezifix B connector FNB 1056/50 for cable HF 9/24 LWY made by Rheinkabel, Köln

Montage du connecteur Dezifix B FNB 1056/50 pour câble HF 9/24 LWY de fabrication Rheinkabel Köln

spielsweise in den **Abb. 19** (Kabel 1,5/6,6, bestückt mit Dezifix A FNA 1003/60) und **Abb. 20** (Kabel 1,5/6,6, bestückt mit Dezifix B FNB 1003/60; Kabel 0,9/3,0 — US-Bezeichnung

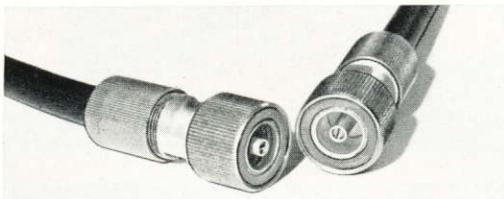


Abb. 19

Flexibles Kabel 1,5/6,6 bestückt mit Kurzhubstecker Dezifix A Type FNA 1003/60
Flexible cable 1,5/6,6 fitted with Dezifix A Type FNA 1003/60
Cable flexible 1,5/6,6 muni de Dezifix A type FNA 1003/60

RG-58 A/U, bestückt mit Dezifix B FNB 1001/50) wiedergegeben sind, Dauerversuche durchgeführt. Die hierzu benötigten Versuchsanordnungen sind in der **Abb. 21** dargestellt.



Abb. 20

Kabel 1,5/6,6 bestückt mit Dezifix B FNB 1003/60 (oben) sowie Kabel 0,9/3,0 bestückt mit Dezifix B FNB 1001/50 (unten)

Cable 1,5/6,6 fitted with Dezifix B FNB 1003/60 (top) and cable 0,9/3,0 fitted with Dezifix B FNB 1001/50 (bottom)

Câble 1,5/6,6 muni de Dezifix B FNB 1003/60 (en haut) et câble 0,9/3,0 muni de Dezifix B FNB 1001/50 (en bas)

fortlaufend in einer Ebene bewegt und damit geknickt wurde, während in einem anderen Aufbau das zu untersuchende Kabel mit der Welle eines langsam laufenden Motors starr

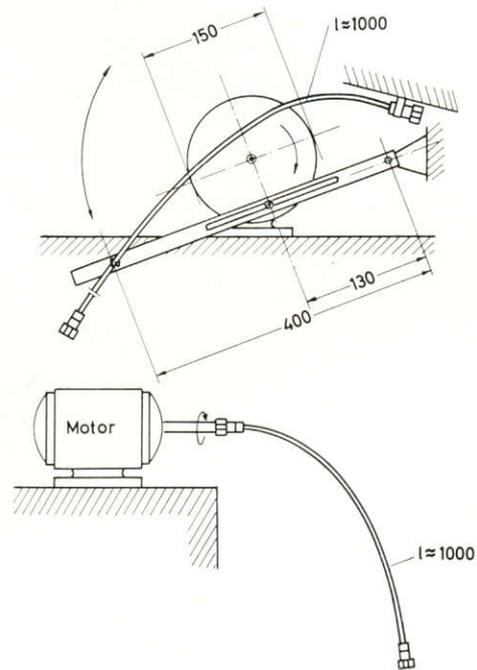


Abb. 21

Versuchsanordnungen zur Dauerbeanspruchung von flexiblen Kabeln. Oben Knickung (ebene Beanspruchung), unten Torsion (räumliche Beanspruchung)

Setups for fatigue tests on flexible cables. Top: bending (two-dimensional strain); bottom: torsion (three-dimensional strain)

Dispositifs pour essais d'endurance sur câbles flexibles. En haut: pliage (effort en deux dimensions), en bas: torsion (effort en trois dimensions)

verbunden und dadurch unter der Belastung des frei herabhängenden Endes einer Torsionsbeanspruchung unterzogen wurde. Es zeigte sich, daß das Kabel stets hinter der Kabelklemmung zerstört wurde, wobei im ersten Fall meist eine Unterbrechung des Innenleiters auftrat, während bei der Torsionsbeanspruchung nach der zweiten Versuchsanordnung das Geflecht der Beanspruchung nicht standhielt. Im einzelnen ergaben sich folgende Ergebnisse (Zahl der Bewegungszyklen bis zur Unterbrechung eines Leiters):

Prüfling:	Biegebeanspruchung (obere Skizze)	Torsionsbeanspruchung (untere Skizze)
Kabel 2,3/10	3000...3500	1600
Kabel 1,5/6,6	11000...14000	1200
Kabel 0,7/2,7	> 140000	35000

verursacht werden. Um in derartigen Bedarfsfällen bis an die Grenze der überhaupt erzielbaren Qualität zu gelangen, wurde für Präzisionskabel eine besondere Dezifix-Ausführung der Größe B geschaffen, die in der Gegend des Kabelendes mit Abgleichschrauben versehen ist, so daß mit Hilfe



10 321



10 322

Abb. 22

Ausschnitt aus dem Fertigungsprogramm von Meßübergängen zur Verbindung des Steckers Dezifix B mit Buchsen und Steckern fremder Fabrikate

Examples of adapters for connection of the Dezifix B connector to sockets and plugs of other makes

Quelques exemples d'adaptateurs servant à connecter le connecteur Dezifix B à des connecteurs d'autre fabrication

Aus diesen Versuchen erhellt eindeutig, daß der eine starke Dauerbeanspruchung der Kabel mit sich bringende Laborbetrieb die Verwendung möglichst dünner flexibler Kabel erfordert, sofern dies aus Gründen der Dämpfung zulässig ist.

Trotz erheblicher Fortschritte auf dem Gebiet der Kabelherstellung ist es noch nicht gelungen, bei flexiblen Laborkabeln Anpassungsqualitäten zu erreichen, die mit entsprechend präzis gearbeiteten Rohrleitungen ohne weiteres erzielbar sind. Dazu kommt ein nicht allzu eng tolerierbarer Übergang zwischen dem Stecker und dem Kabelende, dessen Ausführung dem Kabelmonteur überlassen ist. Durch ungenaues Absetzen der Isolation kann hier ein erheblicher Fehler

entsprechender Meßgeräte ein Feinabgleich durchgeführt werden kann. Derartige Kabel kommen insbesondere in Verbindung mit dem Z-g-Diagraphen Type ZDD in Betracht.

Gebräuchlichste Dezifixstecker „B“ und zugehörige Kabel

Dezifixtype Z	(Ohm)	Kabelgröße	US Mil.Nr.	R & S-Nr. des Kabels	Bemerkung	
FNB	1001/50	50	0,9/3,0	RG-58 (RG-58A)	LK 125/1	sehr flexibel
FNB	1001/60	60	0,7/2,7	—	LKK 61900	
FNB	1001/75	75	0,6/3,7	RG-59(RG-140)	LK 127/3	
FNB	1006/50	50	2,1/7,3	RG-8 (RG-213)	LKK 53711	
FNB	1003/60	60	1,5/6,6	—	LK 126/2	Präzisions-Doppelgeflechtskabel
FNB	1207/50	50	2,1/7,3	RG-9BU(RG-214U)	LKK 53700	
FNB	1207/60	60	2,2/9,5	—	LK 126/4	
FNB	1204/75	75	1,0/6,6	—	LKK 73100	

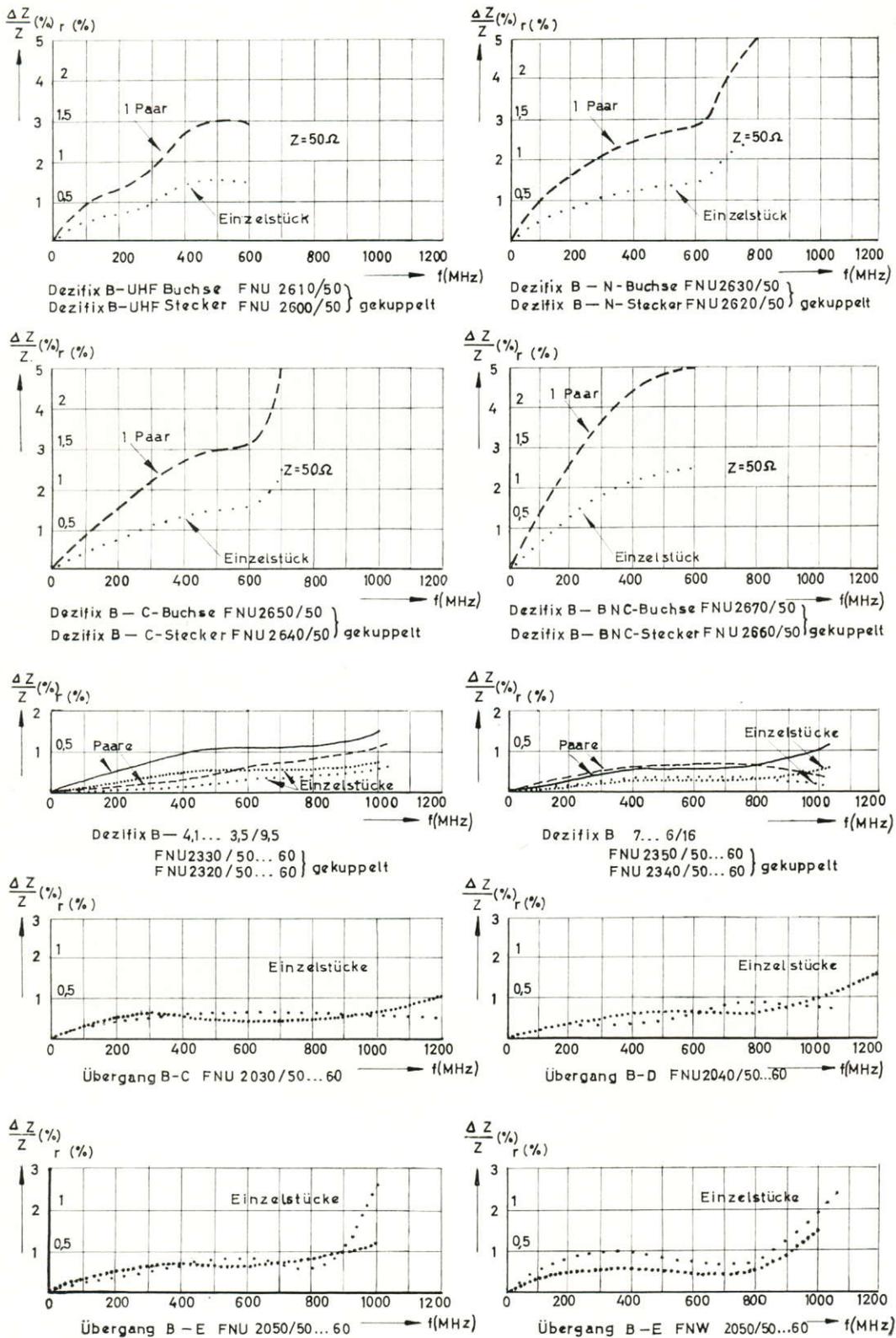


Abb. 24

Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktorwerte der Meßübergänge
Impedance errors and reflection coefficients of adapters
Erreurs d'impédance et coefficients de réflexion d'adaptateurs

Übergangsstücke für Meßanordnungen und Betriebsanlagen

Die vielen parallellaufenden Systeme von Hochfrequenzkupplungen bedingen naturgemäß eine entsprechende Anzahl von Übergängen, um die gegenseitige Verbindung, wie sie bei vielen Aufgaben der Meß- und Betriebstechnik erforderlich ist, zu ermöglichen. Wenn auch die oben beschriebene Technik der umrüstbaren Geräteanschlüsse einen großen Teil der hierdurch aufgeworfenen Probleme gelöst hat, werden immer noch in vielen Fällen Übergänge benötigt, sei es um Geräte älterer Bauart oder fremder Fabrikation miteinander beziehungsweise mit Meßkabeln zu verbinden oder um Leitungsabschnitte koppeln zu können. Ein umfangreiches Programm von Meßübergängen wurde geschaffen, um unseren überwiegend in der Meßtechnik zum Einsatz gelangenden Stecker Dezifix B mit allen gebräuchlichen fremden Buchsen und Steckern verbinden zu können. Die Vielfalt dieses Gebietes geht aus der **Abb. 22** hervor, in der ein Ausschnitt aus dem diesbezüglichen Fertigungsprogramm wiedergegeben ist.

Diese Übergänge sind aus Bestandteilen zusammengesetzt, die aus dem System der umrüstbaren Geräteanschlüsse entnommen sind und besitzen daher deren günstige Eigenschaften, insbesondere hinsichtlich der Widerstandsanpassung.

Da, wie bereits erwähnt, die Meßgeräte mit wenigen Ausnahmen (zum Beispiel Reflektometer im D-Querschnitt) mit der Steckergröße Dezifix B ausgerüstet sind, besteht die Notwendigkeit, Übergänge zwischen dieser Steckergröße und den anderen Ausführungsformen zu schaffen. Diese Baureihe umfaßt je einen Übergang zwischen der Größe B und sämtlichen anderen Dezifixgrößen und darüber hinaus für Spezialfälle noch Typen mit Winkelanschluß, wodurch auch schwer zugänglichen Kabelendverschlüssen Rechnung

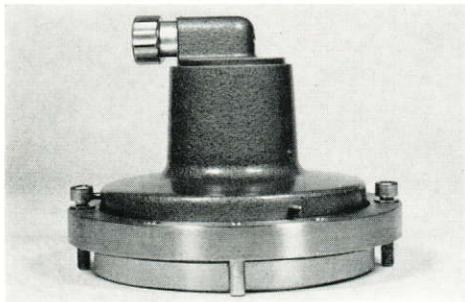


Abb. 23

Winkelübergang FNW 2050/50 beziehungsweise FNW 2050/60 (Dezifix B auf Dezifix E)

Angle Adapter FNW 2050/50 or FNW 2050/60 for connection of Dezifix B to Dezifix E

Adaptateur angulaire FNW 2050/50 ou FNW 2050/60 servant à la connexion de Dezifix B à Dezifix E

getragen wird, bei denen häufig eine axiale Weiterführung des Meßkabels nicht möglich ist. Als Beispiel eines solchen Überganges ist in der **Abb. 23** der Winkelübergang FNW

2050/50 dargestellt, der für einen Wellenwiderstand von 50 Ohm geeignet ist. Die entsprechende Ausführung für 60 Ohm (FNW 2050/60) entspricht der gezeigten in ihren äußeren Abmessungen völlig.

Die Übergangsstücke sind hinsichtlich ihrer Anpassungsqualitäten optimal kompensiert, wobei die meist unerläßlichen Querschnittsprünge nach besonderen Verfahren entzerrt sind. Die erzielten Reflexionsfaktorwerte (**Abb. 24**) sind damit als außerordentlich günstig zu bezeichnen. In der Darstellung ist jeweils bei Übergängen auf Stecker- und Buchsenausführungen der Fehler einer kompletten Kupplung (Stecker + Buchse) aufgetragen, während bei Übergängen zwischen Dezifixsteckern die Werte eines einzigen Überganges wiedergegeben sind.

In der Betriebsgerätetechnik besteht häufig der Wunsch, lösbare Kupplungen zwischen Leistungssteckern verschiedener Größe vorzusehen. Auch für derartige Aufgabenstellungen stehen Übergänge zur Verfügung, wie zum Beispiel der gerade Übergang von Dezifix C auf Dezifix E. In ähnlicher Weise können mit Hilfe von Übergangsstücken auch Dezifixstecker mit großen Steckern und Buchsen oder Rohrleitungen fremder Fabrikate gekuppelt werden. In der **Abb. 25** ist als Beispiel dieser Technik das Übergangsstück FNU 5851/50

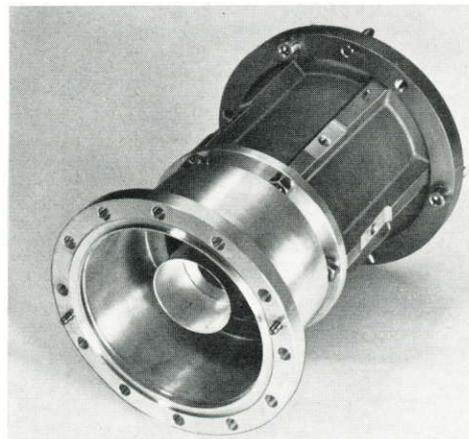


Abb. 25

Übergangsstück FNU 5851/50 von Dezifix E auf 6 $\frac{1}{8}$ '' Retma-Flansch

Adapter FNU 5851/50 for the connection of Dezifix E to 6 $\frac{1}{8}$ '' Retma flange

Adaptateur FNU 5851/50 servant à la connexion de Dezifix E à 6 $\frac{1}{8}$ '' Retma flange

dargestellt, das die Verbindung eines Dezifix der Größe E und eines 6 $\frac{1}{8}$ '' Retma-Flansches herzustellen gestattet.

Die zulässige Durchgangsleistung eines Übergangs kann insbesondere im Betriebsgerätesektor von großem Interesse sein. Es ist grundsätzlich anzunehmen, daß die für einen Übergang zulässige Leistung gleich der maximalen Durchgangsleistung des im Übergang enthaltenen kleineren Steckers ist. Dementsprechend sollte beispielsweise ein Meßübergang der Größe B/E nur mit einer Leistung beaufschlagt werden, die der Widerstandsfähigkeit eines Dezifixsteckers der Größe B angepaßt ist.

Ende des Teil 1,

erschienen im Heft 16 / Dezember 1961

Schalteinrichtungen

Sowohl in der Meß- als auch in der Betriebstechnik ist es in vielen Fällen erwünscht, hochfrequente Verbindungen schnell lösen und anderweitig wieder zusammenfügen zu können. Entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung sind neben verzögerungsarm schaltbaren Bauelementen auch solche entwickelt worden, die eine größere Umschaltzeit erfordern und deshalb dem Prinzip der bedingt lösbaren Kupplungen näherkommen; diese letztgenannten Konstruktionsteile kommen insbesondere dann in Frage, wenn nur gelegentlich geschaltet werden soll.

Schalter und Relais

In Anlehnung an die Querschnittsstufung der Dezifixstecker wurde eine Schalterreihe der Größen SNB, SND, SNE und SNF entwickelt; diese Bauelemente entsprechen hinsichtlich der Größe ihrer Hochfrequenzleitungen den Steckern B, D, E, F. Sämtliche Ausführungsformen sind sowohl mit Handumschaltung als auch unter Verwendung eines entsprechenden Motor-Aggregats für Fernbedienung lieferbar. Der Handschalter SND 4010/60 ist in der **Abb. 26** wiedergegeben. Die

betätigte Umschalter — das Antriebsaggregat ist deutlich erkennbar — ist mit 3 Steckern der Größe D und einem Anschluß „B“ ausgerüstet. Derartig kombinierte Anschlußmöglichkeiten sind grundsätzlich bei jeder Schaltergröße gegeben.

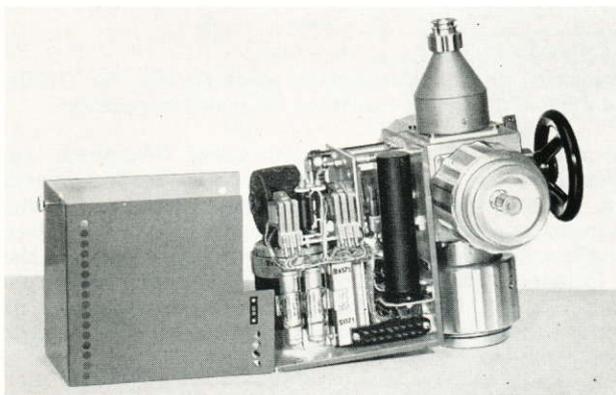
Die Koaxialschalter der Typenreihen SNB/SND/SNE/SNF entsprechen hinsichtlich ihrer Leistungsaufnahme im wesentlichen den Steckern der gleichen Größe. Damit ist die Ausführungsform SNF bei 800 MHz für eine Leistung von 40 kW_{eff} und im Kurzwellenbereich für eine solche von 100 kW (bei 100% Modulation) geeignet; diese Schalterreihe dürfte damit allen üblichen Bedarfsfällen gerecht werden. Weitere Angaben finden sich in der **Abb. 28**, in welcher für den als



10180

Abb. 26

Handbedienter Hochfrequenzschalter Type SND 4010/60 mit 4 Anschlußsteckern der Größe D
Manual RF Switch Type SND 4010/60 with 4 size D connectors
Commutateur HF à main type SND 4010/60 ayant quatre connecteurs de grandeur D



5520

Abb. 27

Motorisch betriebener Umschalter der Größe D mit drei Dezifixanschlüssen D und einem Anschluß B; Haube des Antriebsaggregats abgenommen
Motor-driven size D switch with three size D connectors and one size B connector; motor assembly uncovered
Commutateur à moteur de grandeur D, ayant trois connecteurs Dezifix D et un connecteur B; le bloc moteur est découvert

motorisch betriebenen Schalter können neben der naturgemäß möglichen Fernbedienung auch von Hand betätigt werden. Der in **Abb. 27** als Beispiel wiedergegebene motorisch

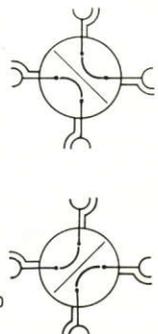
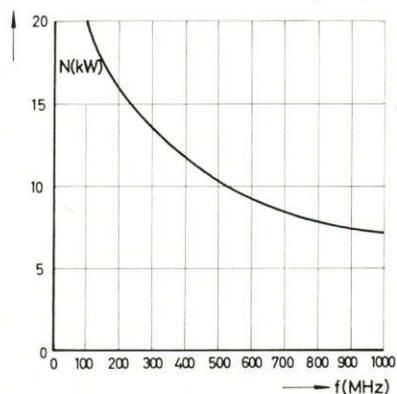
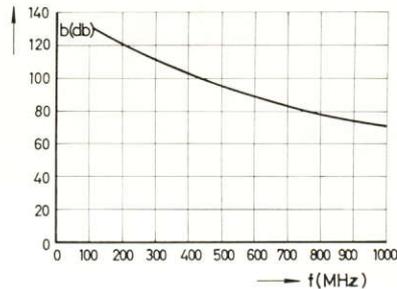
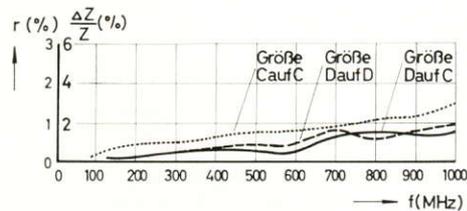


Abb. 28

Anpassung, Übersprechdämpfung, Durchgangsleistung und Schaltsymbole des Schalters SND 4010/60

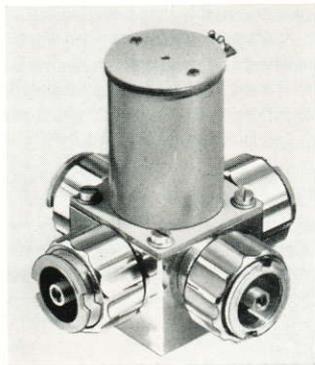
Impedance error, cross-talk attenuation, power-handling capacity, and symbols for switch Type SND 4010/60

Erreur d'impédance, affaiblissement diaphonique, puissance admissible et symboles du commutateur SND 4010/60

Beispiel herausgegriffenen Schalter SND 4010/60 neben den Schaltsymbolen Kurven für Anpassung, Übersprechdämpfung und Leistung wiedergegeben sind. Das Schaltsymbol läßt erkennen, daß es sich, wie bei sämtlichen Ausführungen der Typenreihe, um einen sogenannten „Doppelwinkelschalter“ handelt, der den Vorteil besonders vielseitiger Umschaltmöglichkeiten bietet. Die Werte für die Übersprechdämpfung zwischen den Anschlüssen wurden durch Einfügung einer umlaufenden Abschirmscheibe besonders hochgetrieben; es ist dadurch möglich, mit dem Schalter wahlweise Sender und Empfänger mit ein und derselben Antenne zu verbinden. Die Koaxialschalter sind mit vor- und nachlaufenden Hilfskontaktsätzen ausgerüstet, mit denen zusätzliche Stromkreise betätigt werden können.

Bei Senderanlagen ist es üblich, die Blockschleife des Senders über diese Kontaktsätze zu führen, um bei einer Betätigung des Schalters sicherzustellen, daß die Senderleistung abgeschaltet ist, bevor sich die Hochfrequenzkontakte öffnen, und

schalter nach dem Doppelwinkelprinzip ist mit einem Gleichstrombetätigungsmagneten für 24 Volt ausgerüstet. Ein entsprechendes Netzgerät für technischen Wechselstrom steht zur Verfügung. Wegen seiner günstigen Werte für Anpassung und Übersprechdämpfung (siehe **Abb. 30**) kann



6354

Abb. 29

Koaxialrelais Type HA 280
Coaxial Relay Type HA 280
Relais coaxial type HA 280

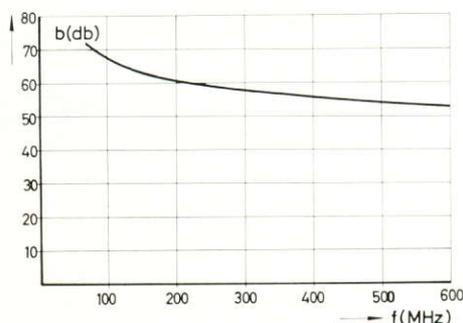
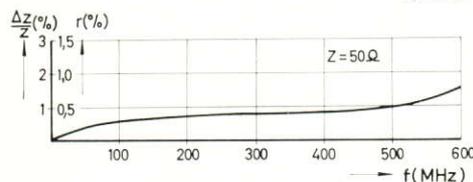
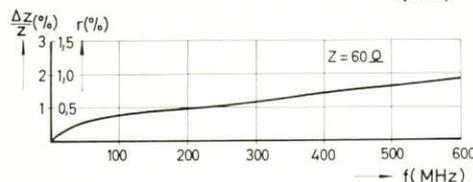
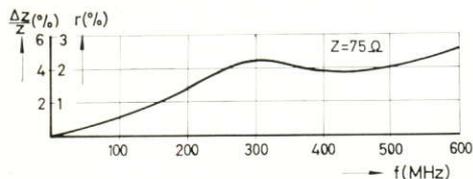


Abb. 30

Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktor sowie Übersprechdämpfung der 3 Koaxialrelais-Ausführungen der Typenreihe HA 280 (50, 60 und 75 Ohm)
Impedance error, reflection coefficient, and cross-talk attenuation of the three coaxial relays of the Type Series HA 280 (50, 60, and 75 Ω)
Erreurs d'impédance, coefficients de réflexion et affaiblissement diaphonique des trois relais coaxiaux de la série HA 280 (50, 60 et 75 Ω)

daß vor einer Wiedereinschaltung des Senders die Verbindung beispielsweise mit der Antenne wieder hergestellt ist. Von besonderem Wert für die Meßtechnik ist das Koaxialrelais Type HA 280 (**Abb. 29**). Dieser fernbedienbare Um-

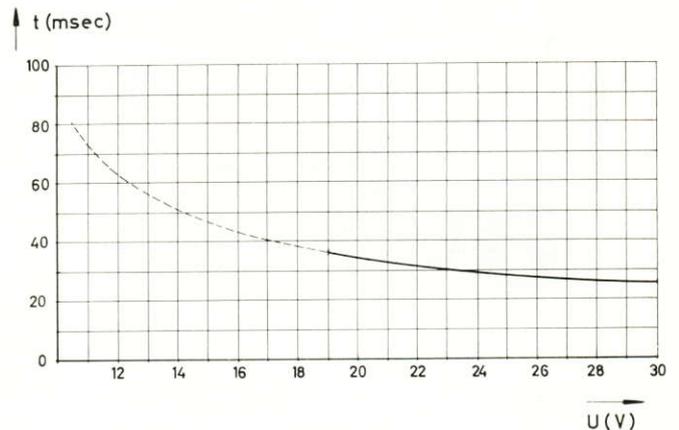
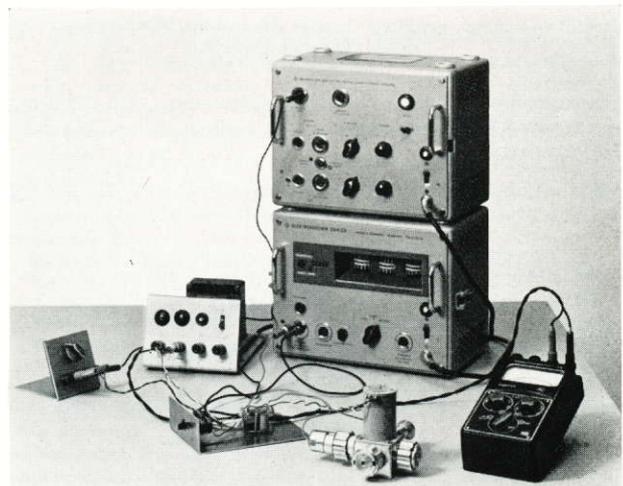


Abb. 31

Schaltzeiten des Koaxialrelais HA 280 abhängig von der Speisespannung
Switching time of the Coaxial Relay Type HA 280 as a function of the voltage fed in
Temps de commutation du relais coaxial HA 280 en fonction de la tension d'alimentation



10406

Abb. 32

Aufbau zur Messung der Schaltzeiten eines Koaxialrelais Type HA 280
Test assembly for the measurement of the switching time of a Coaxial Relay Type HA 280
Ensemble pour la mesure du temps de commutation d'un relais coaxial type HA 280

es in vielen Meß-, Empfangs- und Kleinsendesaltungen zum Einsatz gelangen. Die Umschaltzeit beträgt lediglich ca. 25...35 msec., während für die oben beschriebenen Ausführungen mit rotierendem Schaltmechanismus mit Sekunden gerechnet werden muß. Die Schaltzeit innerhalb des zulässigen Spannungsbereiches, abhängig von der Speisespannung des Relais, ist in **Abb. 31** dargestellt. Der zur Feststellung dieser Werte verwendete Meßaufbau, dessen Kernstück ein elektronischer Zähler Type FER war, ist in **Abb. 32** zu sehen.

Trennstücke und Kabelwahlschalter

Die Trennstücke sind vorzugsweise für Verwendung im Freien und damit für die Betriebsgerätetechnik gedacht. Sie finden vielfach in Antennenanlagen Verwendung, um am

Antennenfuß eine verhältnismäßig leicht zugängliche Meßstelle zu schaffen, mit der die Antenne selbst und das zugehörige Speisekabel geprüft werden können. Infolge der für die Dezifixstecker charakteristischen minimalen Hubbewegung beim Kuppeln — diese Steckerkategorie wird demgemäß vielfach auch als „Kurzhubstecker“ bezeichnet — werden Trennstücke nur für die größten Kabeltypen benötigt, da bei den entsprechend beweglichen kleineren Ausführungen eine normale Dezifixkupplung leicht geöffnet und damit die erwünschte Meßstelle geschaffen werden kann. Bei den sehr



7739

Abb. 33

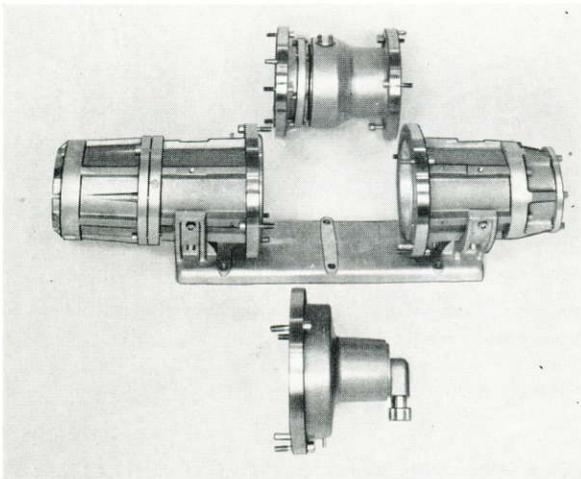
Kabeltrennstück der Größe „D“ für zweimal Kabel 21/61 (Firma Felten & Guilleaume); Bügel abgenommen

Size D coaxial cable separator for two cables 21/61 (Felten & Guilleaume); connecting link removed

Séparateur de câbles, grandeur D, pour deux câbles 21/61 (Felten & Guilleaume); le joug est enlevé

steifen großen Kabeln wird dagegen selbst ein Verlagern von wenigen Millimetern zu einem vielfach kaum durchführbaren Arbeitsgang.

In der **Abb. 33** ist ein Kabeltrennstück der Größe „D“



9946

Abb. 34

Gerades Trennstück Type SNK 51041/60 mit Kabelanschluß Hackethal 35/103 (links) und Felten & Guilleaume 32/95 (rechts). Verbindungsstück abgenommen; im Vordergrund zugehöriges Winkelübergangsstück FNW 2050/60

Straight Cable Separator Type SNK 51041/60 with connector for cable 35/103 (Hackethal) at the left and for cable 32/95 (Felten & Guilleaume) at the right; connecting piece removed; at bottom: Angle Adapter Type FNW 2050/60

Séparateur droit type SNK 51041/60 ayant un connecteur pour câble Hackethal 35/103 à gauche et un pour câble Felten & Guilleaume 32/95 à droite; la pièce de liaison est enlevée; en bas: adaptateur angulaire FNW 2050/60

wiedergegeben, bei welchem der sogenannte Trennstückbügel abgenommen ist und zwei Anschlüsse zum Aufschrauben von Meßübergängen (je einen für die Antenne und für das Speisekabel) freigibt.

Das Grundteil des Trennstückes ist einteilig und stellt damit sicher, daß die Anschlußkabel beim Öffnungsvorgang nicht bewegt werden können und ein Wiederanschießen des Trennstückbügels ohne Schwierigkeit möglich ist.

Da das im obigen beschriebene Trennstück nicht nur vier Stützscheiben, sondern auch vier 90°-Winkel enthält, wird eine ausreichende Kompensation bei größeren Querschnitten und höheren Frequenzen schwierig. Es wurde aus diesem Grunde das gerade Trennstück der Typenreihe SNK (**Abb. 34**) geschaffen, das die unvermeidlichen Fehler der Winkelstücke der vorgenannten Ausführung vermeidet.

Dieses Trennstück besteht aus einem massiven Grundteil, in welches die beiden normalen Kabelstecker der Serie FNE mit Hilfe von stets vorgesehenen Eindrehungen und Gewinden montiert werden. Die beiden Stecker werden durch ein teleskopartig um ca. 10 mm zusammenschiebbares Verbindungsteil gekuppelt. Zum Anschließen von Meßkabeln wird das Winkelübergangsstück FNW 2050/60 verwendet. Die Widerstandskompensation des geraden Trennstücks, von dem Ausführungsformen für alle gebräuchlichen Hochleistungskabel zur Verfügung stehen, wurde mit großer Sorgfalt durchgeführt (**Abb. 35**) und genügt allen Ansprüchen

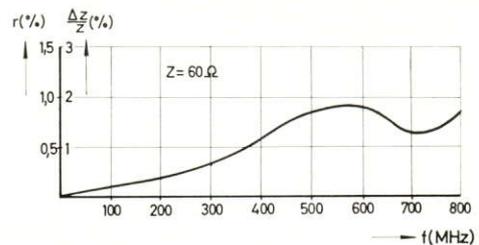
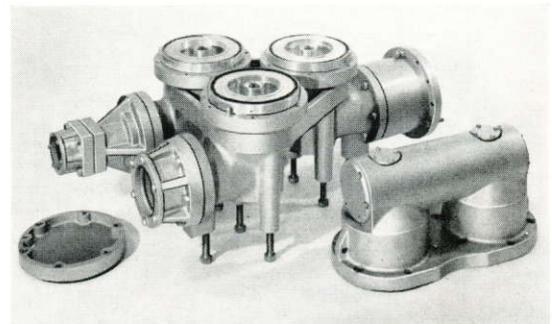


Abb. 35

Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktor des Trennstücks Type SNK 51041/60. Ein ähnlicher Verlauf der Kurve ergibt sich für die 50-Ohm-Ausführung

Impedance error and reflection coefficient of the cable separator of the Type SNK 51041/60; similar curves are obtained for the 50-Ω model

Erreur d'impédance et coefficient de réflexion du séparateur de câbles type SNK 51041/60; une courbe similaire est obtenue pour le modèle de 50 Ω



6237

Abb. 36

Kabelwahlschalter Type HA 301. Bügel und Blindabdeckung abgenommen
Coaxial Jumper Switch Type HA 301; connecting link and protective cap removed

Commutateur de câbles type HA 301; le joug et le couvercle sont enlevés

bis zu den höchsten, für diesen Leitungsquerschnitt in Frage kommenden Frequenzen.

Um die Umschaltung von Hochfrequenz-Leistungskabeln auch im Freien zu ermöglichen, wurde der Kabelwahlschalter Type HA 301 geschaffen (**Abb. 36**). Das in der Abbildung dargestellte Gerät hat einen Stecker Dezifix E und zwei Kabelanschlüsse für die Größen 21/61 und 32/95 (beide Felten & Guilleaume). Die drei oben angebrachten Ausgänge entsprechen dem Dezifixstecker der Größe E und können paarweise in beliebiger Reihenfolge mit Hilfe des Bügels verbunden werden. Die jeweils freibleibende Anschlußstelle wird mit Hilfe einer Blindabdeckung wasserdicht verschlossen.

Leitungstechnik mit bedingt lösbaren Elementen

Bei den im obigen vorzugsweise in Betracht gezogenen lösba- ren Bauelementen wird gefordert, daß sich gekuppelte Verbindungen in möglichst kurzer Zeit auftrennen und wieder schließen lassen; allerdings müssen hier bei großen Quer- schnitten gewisse Konzessionen hinsichtlich des für die Her- stellung und Trennung erforderlichen Zeitaufwandes ge- macht werden, denn die für höchste Leistungen erforderlichen enorm hohen Kontaktdrücke können nicht mit in Sekunden- schnelle zu betätigenden Konstruktionselementen erzielt werden. In vielen Fällen ist aber eine spätere Trennung der Verbindungen nicht vorgesehen; in diesem Sektor können die sogenannten bedingt lösbaren Kupplungen vorteilhaft eingesetzt werden. Mit ihnen können Leitungssysteme unter Verwendung von Einheitsteilen mit noch erträglichem Zeit- aufwand hergestellt werden, ohne daß komplizierte Arbeits- gänge wie Schweißen oder Löten erforderlich sind. Darüber hinaus kann bei einem späteren Um- oder Ausbau der Anlage das Leitungssystem aufgetrennt und unter Wiederverwendung sämtlicher oder doch vieler Bestandteile neu kombiniert werden.

Rohrleitungssystem

Beim Aufbau von Betriebsgeräteeinrichtungen (zum Beispiel Fern- sendern) wird stets ein umfangreiches Leitungsnetz zur Verbindung der verschiedenen Baugruppen untereinander erforderlich. Die Verwendung von üblichen Leistungskabeln ist zwar möglich, macht aber aus praktischen Gründen wegen der vielfach sehr geringen Längen der Leitungsab- schnitte große Schwierigkeiten. Zur vereinfachten Behand- lung dieser und ähnlicher Bedarfsfälle wurde ein Rohrlei- tungssystem geschaffen, dessen zur Verwendung in wetter- geschützten Räumen vorgesehene Elemente in **Abb. 37** in

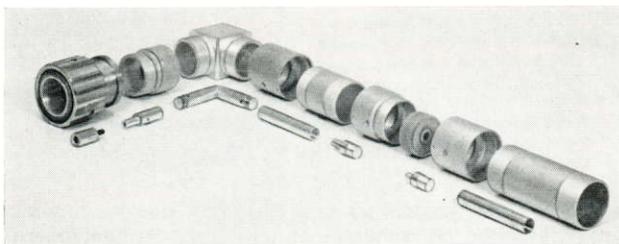


Abb. 37

10397

Einzelteile des Rohrleitungssystems 57 mm \varnothing mit einem hierzu geeigneten Winkelstück und einem Dezifixstecker D (FND 1027/60)

Elements of the tubular line system of 57 mm dia., including angle piece and Dezifix D connector (Type FND 1027/60)

Éléments du système de ligne tubulaire de 57 mm \varnothing , y compris pièce angulaire et connecteur Dezifix D (FND 1027/60)

Form eines zerlegten, jedoch sinngemäß zusammengestellten Leitungsabschnittes wiedergegeben sind.

Das Rohrleitungssystem besteht aus präzise gezogenen Außenleiterrohren (Aluminium) und Innenleitern (Kupfer), die Luftkoaxiale bilden. Zur Abstützung der Innenleiter gegen die Außenleiter finden sogenannte Stützenfassungen Verwendung, die die erforderlichen Innen- und Außenleiterverbin- dungsteile nebst einer optimal kompensierten hochbelast- baren Kunststoffstütze enthalten. Die Stütze entspricht hin- sichtlich ihres Materials und der Entzerrungsart den in der Dezifix-Typenreihe verwendeten Ausführungsformen. Es ist erforderlich, in horizontalen Leitungsabschnitten etwa alle 1...1,5 m und bei vertikaler Verlegung alle 2...3 m eine Stützenfassung einzusetzen. Weiterhin stehen zu dem Rohr- leitungssystem Winkelstücke und Dezifixstecker sowie son- stige vielfach benötigte Teile zur Verfügung. Die letztgenan- ten Elemente (Winkelstücke, Dezifixstecker usw.) finden auch zusammen mit normalen Hochfrequenzkabeln Ver- wendung.

Die zulässige Durchgangsleistung eines Leitungsabschnittes der Größe 57 mm Durchmesser ist in **Abb. 38** als Funktion der Frequenz aufgetragen. Die am Innenleiter entstehende Übertemperatur ist in diesem Diagramm als Parameter eingeführt.

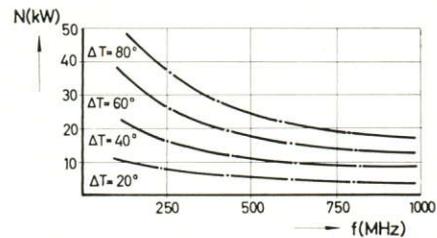


Abb. 38

Zulässige Durchgangsleistung einer Rohrleitung (57 mm \varnothing) als Funktion der Frequenz; Übertemperatur in $^\circ\text{C}$; Parameter

Power-handling capacity of a tubular line of 57 mm dia. as a function of frequency; parameter is the temperature in $^\circ\text{C}$

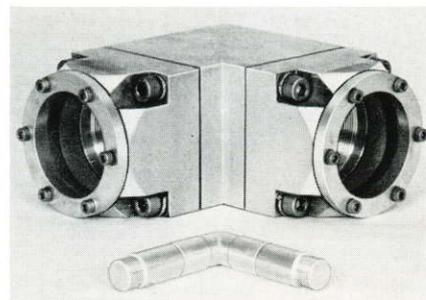
Puissance admissible d'une ligne tubulaire (57 mm \varnothing) en fonction de la fréquence; la température en $^\circ\text{C}$ est paramètre

Stützenlose Rohrleitungsabschnitte können als im wesent- lichen reflexionsfrei betrachtet werden; jede Stützenfassung enthält eine optimal kompensierte Scheibe, so daß der ent- stehende Reflexionswert gering ist; er entspricht etwa dem eines Dezifixsteckers der gleichen Größe. Rohrleitungen sind damit als reflexionsarme Geräteverbindungen geeignet, wobei insbesondere die Größe 21 mm für Laborzwecke in Frage kommt.

Das gesamte Rohrleitungssystem umfaßt in einer Stufeung, die der der Dezifixstecker entspricht, Ausführungsformen mit 21, 38, 57 (bereits mehrfach erwähnt) und 115 mm Innendurchmesser. Für die letztgenannte Größe kommt als Endverschluß insbesondere der Dezifixstecker I in Frage, der nicht wettergeschützt ist und mit seiner Überwurfmutter leichter und schneller gekuppelt werden kann als der an sich gleich große und ebenso leistungsfähige Dezifixstecker der Größe E.

Winkelstücke

Um 90° -Umlenkungen von koaxialen Kabeln zu ermöglichen, sind vor allem bei den größeren Typen Winkelstücke von Vorteil, da sich bei ihrer Verwendung die oft außerordentlich sperrigen Kabelschleifen vermeiden lassen; in Verbindung mit Rohrleitungssystemen sind sie bei entsprechenden Um- lenkungsaufgaben unerlässlich. Winkelstücke sind für alle gebräuchlichen koaxialen Kabel und Rohrleitungen verfüg-



8116

Abb. 39

Wettergeschütztes koaxiales Winkelstück Größe D für 2 x Kabel 21/61 (Type HA 430/5)

Weatherproof coaxial angle piece size D for two cables 21/61 (Type HA 430/5)

Pièce angulaire coaxiale, protégée contre les intempéries, grandeur D, pour deux câbles 21/61 (type HA 430/5)

bar. Sie werden in Größen hergestellt, die den Dezifix- steckern der Größen B, D, E/I und F etwa entsprechen, und zwar sowohl für Innenraumverwendung als auch in einer

wettergeschützten, wasserdichten Ausführungsform. Als Beispiel dieser Technik ist in **Abb. 39** das wettergeschützte koaxiale Winkelstück für zweimal Kabel 21/61 (Felten & Guilleaume) Type HA 430/5, wiedergegeben.

Da die Kabelanschlußgruppen der Winkelstücke in gewissen Grenzen austauschbar sind, können mit Winkelstücken Übergänge zwischen Kabeln verschiedener Größen hergestellt werden. So ist es zum Beispiel möglich, mit Hilfe eines Winkelstückes von einem Kabel 21/61 der Firma Hackethal auf ein solches der Größe 20/58 von Siemens & Halske überzugehen. Hinsichtlich ihrer Leistungsaufnahme sind die Winkelstücke den Koaxialkabeln entsprechender Größen mindestens gleichwertig. Die Reflexionsfaktorwerte sind durch besondere Kompensationsmaßnahmen niedrig gehalten und gehen aus der **Abb. 40** hervor.

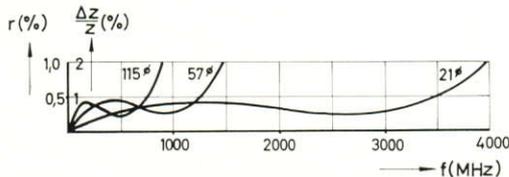


Abb. 40

Wellenwiderstandsfehler und Reflexionsfaktorwerte der koaxialen Winkelstücke

Impedance error and reflection coefficient of coaxial angle pieces

Erreurs d'impédance et coefficients de réflexion de pièces angulaires coaxiales

Durch Kombination von zwei Winkelstücken lassen sich U-Verbindungen herstellen (Typenreihe HA 222), bei denen die Abstände der beiden Schenkel des U nahezu beliebig wählbar sind (Mindestabstand der Achsen bei Größe D: 323 mm). Die beiden das U bildenden Winkelstücke sind gegeneinander verdrehbar, so daß sich mit diesen Konstruktionselementen auch komplizierte räumliche Anordnungen herstellen lassen. Die als Endverschlüsse in Frage kommenden Dezifixstecker mit Winkelanschluß wurden bereits oben erwähnt und sind selbstverständlich mit normalen Winkelstücken oder miteinander zu U-Stücken kombinierbar.

Flexible Leitungsstücke

Die verhältnismäßig starren Hochleistungskabel können unter Umständen unzulässig hohe Kräfte auf die Geräte übertragen, was, insbesondere wenn es sich um mechanisch schwingende



Abb. 41

Flexibles Leitungstück Type LNC 200/60 bestückt mit 2 Grundteilen Dezifix C FNC 1000/60

Flexible Line Section Type LNC 200/60 with two Dezifix C heads (Type FNC 1000/60)

Tronçon de ligne flexible type LNC 200/60 muni de deux têtes Dezifix C FNC 1000/60

Systeme handelt, zu Störungen Anlaß geben kann. Es ist vorteilhaft, in derartigen Fällen Kabel und Gerät durch Zwischenschaltung eines flexiblen Leitungsstückes aus der Typenreihe LNC mechanisch zu trennen. Diese Bauelemente sind, wie aus **Abb. 41** hervorgeht, mit einem metallischen

Faltenbalg (am Innen- und am Außenleiter) versehen und können an ihren Enden mit Dezifixsteckern abgeschlossen werden.

Sie kommen auch dann in Frage, wenn, beispielsweise bei Auskopplern, geringe Längenänderungen aufgenommen werden sollen. Der Reflexionsfaktor des erwähnten Leitungsstücks bleibt bis 1000 MHz unter 0,5%. Es ist bei der Verwendung der flexiblen Leitungsstücke zu beachten, daß die unvermeidliche Verlängerung der Stromwege durch die Faltenbälge eine zusätzliche Erwärmung hervorruft, so daß die Leistungsaufnahme etwas unter der einer homogenen Leitung bleibt.

Die flexiblen Leitungsstücke werden in verschiedenen Größen hergestellt und zwar in einer Stufung, die etwa der der Dezifixstecker entspricht.

Drehkupplungen

Es ist häufig erforderlich, Richtstrahlantennen drehbar zu montieren, um die abgestrahlte Energie in eine gewünschte, von Fall zu Fall neu zu wählende Richtung lenken zu können. Nur bei sehr kleinen Sendeleistungen ist es, wie auch bei entsprechenden Empfangsanlagen, möglich, die Einspeisung der Antenne über flexible Kabel vorzunehmen. Die geringe Beweglichkeit leistungsfähigerer Leitungssysteme verhindert die Übertragung dieses Prinzips auf Großanlagen, so daß hier besondere axial drehbare Verbindungsstücke erforderlich werden. Die Drehkupplungen der Typenreihe HA 356 — ein Beispiel ist in der **Abb. 42** wiedergegeben — sind

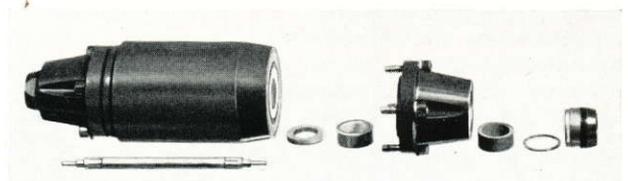


Abb. 42

7154

Koaxiale Drehkupplung Type HA 356/55, zerlegt
Coaxial Rotary Coupling Type HA 356/55; disassembled
Coupleur rotatif coaxial type HA 356/55, désassemblé

wettergeschützt ausgeführt und bestehen aus je einem mit Kontaktlamellen versehenen Innen- und Außenleiterstück sowie aus den erforderlichen mechanischen Lagerungs- und Abdichtungsteilen. Die Abstützung des Innenleiters erfolgt in den angrenzenden Leitungsabschnitten.

Die bisher verfügbare Typenreihe umfaßt je eine Ausführungsform mit 24 mm und 57 mm (Größe D) Innendurchmesser des Außenleiters. Größere Ausführungen sind in Vorbereitung. Die Drehkupplungen können in nahezu beliebiger Weise mit den erforderlichen Kabelanschlußstücken ausgerüstet werden.

Da es sich bei den Drehkupplungen um im wesentlichen homogene Leitungsstücke handelt, können sie als reflexionsfrei betrachtet werden. Die Leistungsaufnahme entspricht der der Dezifixstecker entsprechender Größe.

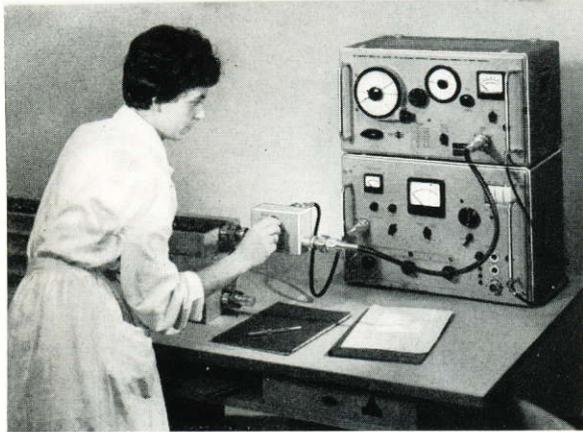
Praktische Anwendung von Hf-Bauelementen

Um die vielseitige Verwendbarkeit von Dezifixsteckern und anderen koaxialen Hf-Leitungsbauelementen unseres Fertigungsprogramms besser zu beleuchten, werden nun einige als besonders prägnant zu bezeichnende Beispiele aus dem Meßgerätesektor und der Betriebsgerätetechnik behandelt.

Hf-Leitungsbauelemente in der Meßtechnik

Wie oben bereits mehrfach ausgeführt, kommt die Ausbildung der Dezifixstecker nach dem Zwitterprinzip den praktischen Bedürfnissen des Laborbetriebes ganz besonders entgegen.

So ist die volle Meßgenauigkeit eines Reflektometers nur dann auszunützen, wenn es gelingt, dasselbe unmittelbar mit dem Verbraucher zu koppeln, da die Fehler eventuell zwischengeschalteter Kabel fast immer untragbare Meßgenauigkeiten verursachen. Der in **Abb. 43** wiedergegebene



10131

Abb. 43

Reflektometer-Meßplatz mit UHF-Meßsender Type SDR, UHF-Meßempfänger Type USVD und Reflektometer Type ZUP

Test assembly consisting of UHF Signal Generator Type SDR, UHF Test Receiver Type USVD, and Reflectometer Type ZUP

Ensemble de mesure constitué par générateur de mesure UHF type SDR, récepteur de mesure UHF type USVD et réflectomètre type ZUP

Reflektometermeßplatz umfaßt einen UHF-Meßsender Type SDR für den Frequenzbereich 300...1000 MHz (oben) und einen UHF-Meßempfänger Type USVD (280...4600 MHz), der als Indikator für das Reflektometer Type ZUP dient. Wegen der hohen mechanischen Stabilität der Dezifixstecker kann das Reflektometer ohne weitere Abstützung freitragend an dem Anschlußstecker des zu messenden Verbrauchers befestigt werden. Sämtliche Hochfrequenzverbindungen sind mit Hilfe von Dezifixsteckern der Größe B hergestellt.

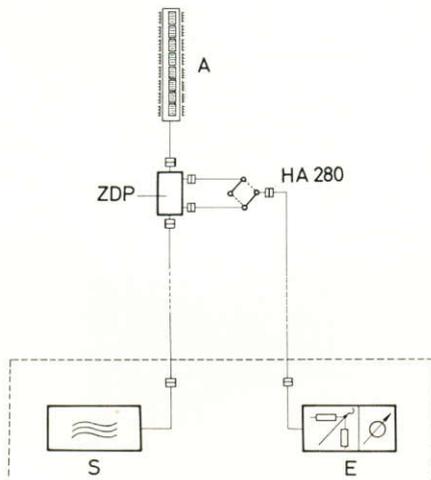


Abb. 44

Reflektometer-Meßanordnung zur Untersuchung einer Antennenanlage
S: Sender; E: Empfänger; ZDP: Reflektometer; A: Antenne; HA 280: koaxiales Hf-Relais

Arrangement for testing an antenna system; S = transmitter, E = receiver, ZDP = reflectometer, A = antenna, HA 280 = coaxial RF relay

Dispositif pour l'essai d'un système d'antenne: S = émetteur, E = récepteur, ZDP = réflectomètre, A = antenne, HA 280 = relais coaxial HF

Sollten bei ähnlichen Versuchsaufbauten die zunächst senkrecht von den Geräten wegführenden Verbindungskabel stören, so kommt die Verwendung dünnerer Kabelausführungen (siehe Abb. 20) in Betracht, für welche ebenfalls

Dezifixstecker lieferbar sind. Besonders vorteilhaft werden in solchen Bedarfsfällen die oben behandelten Winkeldezifixstecker der Größe B eingesetzt, die ein Wegführen der Meßkabel parallel zur Frontplatte des Gerätes gestatten.

Eine ähnliche Meßanordnung, in diesem Falle zur Untersuchung einer Antenne, ist in **Abb. 44** schematisch dargestellt. Bei derartigen Untersuchungen ist es stets lästig, wenn die Meßgeräte mühsam zu den meistens in beträchtlichen Masthöhen aufgestellten Antennenanlagen geschafft werden müssen. Das Reflektometer Type ZDP (300...4200 MHz), bei welchem die Anschlüsse für Vorlauf und Rücklauf getrennt herausgeführt sind, erlaubt die Erstellung einer besonders vorteilhaften Schaltungsanordnung. Wie aus der Skizze **Abb. 44** ersichtlich, wird das Gerät mit seinem Meßausgang unmittelbar oder auch soweit erforderlich mit Hilfe eines geeigneten Meßübergangs an die Antenneneingangskupplung geschaltet. Ein im Sendehaus verbleibender Sender speist über ein Kabel — hierzu kann meistens das ohnehin vorhandene Speisekabel Verwendung finden — das Reflektometer und damit die Antenne. Die Anschlüsse „Vorlauf“ und „Rücklauf“ des Reflektometers sind mit einem Hochfrequenzrelais der Type HA 280 verbunden, das in diesem Falle als einfacher Umschalter wirkt. Über das HF-Relais wird die aus dem Reflektometer gekoppelte Spannung mit Hilfe eines weiteren Kabels dem im Sendehaus aufgestellten Empfänger mit Eichleitung (zum Beispiel Type USVD) zugeführt. Das fernbediente HF-Relais gestattet nun die bei jeder Reflektometermessung erforderliche Umschaltung „Vorlauf/Rücklauf“ von dem Bedienungsplatz im Sendergebäude aus, ohne daß, wie normalerweise erforderlich, die Geräte zur Antenne



7683

Abb. 45

Röhrenvoltmeter Type URU mit verschiedenen Tast- und Durchgangsköpfen
Electronic Multimeter Type URU with probes and insertion units
Voltmètre électronique type URU avec sondes et têtes d'insertion

zu schaffen sind oder das Reflektometer durch einen in der Nähe der Antenne verweilenden Mitarbeiter betätigt werden muß. Eventuelle Fehler der langen Verbindungskabel zwischen Sender und Empfänger einerseits und Reflektometer beziehungsweise Hf-Relais andererseits fallen nicht ins Gewicht, da sie sowohl Vorlauf als auch Rücklauf in gleicher Weise beeinflussen. Es ist also bei dieser Meßschaltung die höchstmögliche Genauigkeit erzielbar.

Ein weiteres Beispiel einer sinnvollen Anwendung des Programms der koaxialen Hochfrequenz-Leitungsbaulemente ist das Röhrenvoltmeter Type URU (10 Hz...1000 MHz). Die **Abb. 45** zeigt dieses Gerät mit den zugehörigen Tast- und Durchgangsköpfen beziehungsweise Durchgangsadaptern. Der Vorteil der Durchgangsköpfe und -adapter besteht darin, daß sie unmittelbar in den Zug einer koaxialen Leitung eingeschaltet werden können und dadurch eine streng definierte Messung der auf der Leitung auftretenden Spannung gestatten. Entsprechend den vorkommenden Bedarfsfällen stehen Durchgangsköpfe der Größen B, C und D zur Verfügung. In der Abbildung sind Tastköpfe, Durchgangsköpfe und -adapter der Größe B neben einem Durchgangskopf der Größe D dargestellt.

HF-Leitungsbaulemente in der Betriebstechnik

Ein für die Anwendung von Hochfrequenz-Baulementen in der Betriebsgerätektechnik charakteristisches Gebiet ist die Schaltung einer Vielzahl von Verbrauchern bei großen Hochfrequenzleistungen. So besteht in der Kurzwellentechnik häufig der Wunsch, eine gewisse Anzahl von Sendern mit entsprechenden Antennen wahlweise und in beliebigen, nicht vorhersehbaren Kombinationen verbinden zu können. Diese Problematik hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den bekannten Kreuzschienenverteilern. Die praktische Ausführung ist jedoch in der Hochfrequenztechnik wesentlich komplizierter, da es nicht genügt, einfach eine entsprechende Anzahl sich kreuzender Leitungen vorzusehen und zur Herstellung einer gewünschten Verbindung einen Kontakt an den entsprechenden Kreuzungspunkten herzustellen. Die in diesem Falle normalerweise vorhandenen unbenutzten Leitungsenden (sogenannte Blindschwänze) belasten den Leitungszug mit einer unerwünschten Reaktanz und machen ein solches System für den praktischen Einsatz unbrauchbar. Eine besonders brauchbare Ausführungsform eines Hochfrequenz-Kreuzschienenverteilers ergibt sich bei Anwendung von Doppelwinkelschaltern (**Abb. 46**).

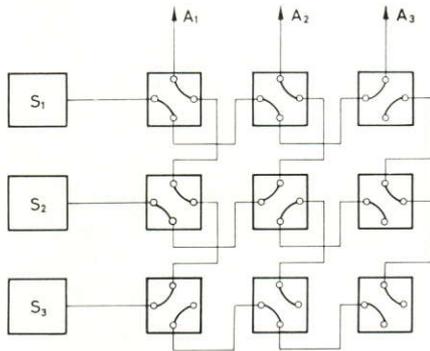


Abb. 46

Hochfrequenz-Kreuzschienenverteiler mit Doppelwinkelschaltern für 3 Sender und 3 Antennen

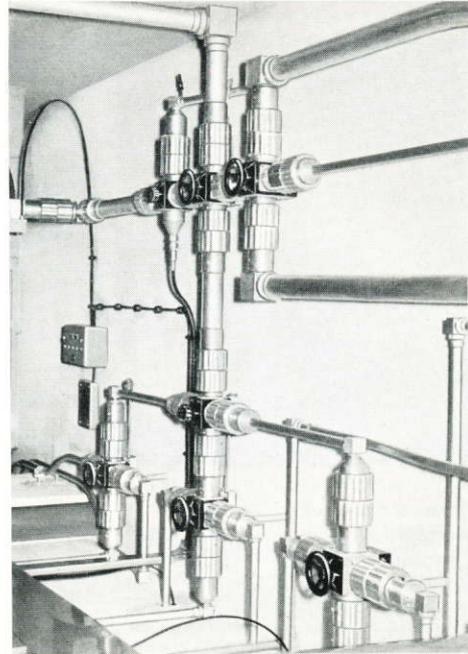
RF crossbar distributor with change-over switches for 3 transmitters and 3 antennae

Répartiteur HF à barres croisées comprenant des commutateurs pour trois émetteurs et trois antennes

Infolge der Fernbedienbarkeit der Schalter kann der Kreuzschienenverteiler weit abgesetzt von den eigentlichen Betriebsräumen an der bestgeeigneten Stelle montiert werden; es ist sogar eine vollautomatische Einstellung mit Hilfe von Wählscheiben etc. denkbar.

Eine Umschalteinrichtung einfacherer Art, die jedoch auch gewisse Merkmale eines Kreuzschienenverteilers aufweist, ist in der **Abb. 47** zu sehen. Die gezeigte Lösung ist besonders wirtschaftlich, da bei der vorgesehenen Wandmontage besondere Schränke, Frontplatten oder sonstige Halterungseinrichtungen entbehrlich werden.

Hauptsächlich für größere Anlagen kommt eine repräsentative Umschalteinrichtung in Frage, die sich, falls entsprechende Aufstellmöglichkeiten bestehen, dem Frontplattenbild der Sender harmonisch eingliedert (**Abb. 48**).



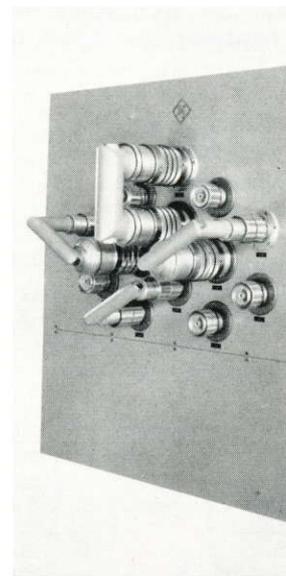
4493

Abb. 47

Wandmontage einer Umschalteinrichtung unter Verwendung von Dezifix- und Winkeldezifixsteckern, koaxialen Winkelstücken und Doppelwinkelschaltern

Wall-mounted change-over arrangement using Dezifix and Angle Dezifix connectors, coaxial angle pieces and coaxial change-over switches

Fixation murale d'un dispositif de commutation comprenant des connecteurs Dezifix et Dezifix Angulaires, pièces angulaires et commutateurs coaxiaux



9205

Abb. 48

UHF-Umschalteinrichtung Type HS 500/1041, aufgestellt in der Sendestelle Bungsberg des Norddeutschen Rundfunks

UHF Change-Over Arrangement Type HS 500/1041, used in the transmitter station Bungsberg of Norddeutscher Rundfunk

Dispositif de commutation UHF type HS 500/1041 dans la station émettrice de Bungsberg de Norddeutscher Rundfunk

Diese Umschalteinrichtung dient zur wahlweisen Verbindung mehrerer Sender (maximal 4×10 bzw. 2×20 kW) mit zwei Antennenhälften oder mit einer Kunstantenne. Hier wurde erstmalig das Bauprinzip der „Wabenform“ verwirklicht, bei welchem die Stecker an den Eckpunkten regelmäßiger

Sechsecke angeordnet sind, wodurch von jedem zentral gelegenen Stecker aus sechs Verbindungen hergestellt werden können. Die gezeigten Umschaltbügel sind mit Defizixsteckern der Größe I und solchen der Größe D versehen. Die unvermeidlichen Knickstellen der Bügel sind nach den neuesten Gesichtspunkten kompensiert und genügen somit den hohen Ansprüchen des UHF-Fernsehbetriebes.

Das wesentliche Merkmal einer Umschaltanordnung mit Bügeln besteht darin, daß von jedem Stecker aus eine große Anzahl verschiedener Verbindungen hergestellt werden kann und daß dazwischenliegende Stecker im Bedarfsfall mit Hilfe längerer Bügel übersprungen werden können. Durch eine geeignete Wahl der Bügelhöhen kann der Abstand des querlaufenden, zur Frontplatte parallelen Teils variiert werden. Durch diese Leitungsführung in verschiedenen Ebenen können sich Bügel sogar gegenseitig überqueren, so daß von jedem Stecker aus jeder andere erreichbar ist.

Es ist schwierig, diese nahezu beliebige Zahl von Verbindungsmöglichkeiten mit Schaltern nachzubilden, obwohl dies wegen der dann möglichen Fernbedienbarkeit und im Hinblick auf die Schaltzeiten oft erwünscht wäre. Durch geschickten Einsatz von Doppelwinkelschaltern lassen sich hinsichtlich der Verbindungskombinationen oft erstaunlich vielfältige Schaltanlagen bei tragbarem Aufwand erstellen. **Abb. 49** zeigt als Beispiel dieser Technik eine Umschaltein-

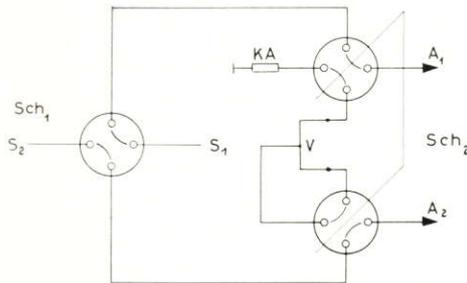


Abb. 49

Einrichtung zur wahlweisen Umschaltung von zwei Sendern (S_1, S_2) auf zwei Antennenhälften (A_1, A_2), eine Kunstantenne (KA) oder einen die Antennenhälften verbindenden Zweifachverteiler (V) unter Verwendung von Doppelwinkelschaltern (Sch_1, Sch_2)

Schaltmöglichkeiten:

1. S_1 auf A_1 ; S_2 auf A_2
2. S_2 auf A_1 ; S_1 auf A_2
3. S_1 auf $A_1 + A_2$ über V; S_2 auf KA
4. S_2 auf $A_1 + A_2$ über V; S_1 auf KA

Change-over arrangement using change-over switches (Sch_1, Sch_2) for the connection of two transmitters (S_1, S_2) to either of two antenna halves (A_1, A_2) or to a dummy antenna (KA) or to a two-output junction box (V) connecting the two antenna halves; possible combinations:

1. S_1 to A_1 ; S_2 to A_2
2. S_2 to A_1 ; S_1 to A_2
3. S_1 to $A_1 + A_2$ via V; S_2 to KA
4. S_2 to $A_1 + A_2$ via V; S_1 to KA

Dispositif de commutation utilisant les commutateurs coaxiaux (Sch_1, Sch_2) pour la connexion de deux émetteurs (S_1, S_2) à l'une des deux moitiés d'antenne (A_1, A_2) ou à une antenne fictive (KA) ou à une boîte de jonction (V) à deux sorties

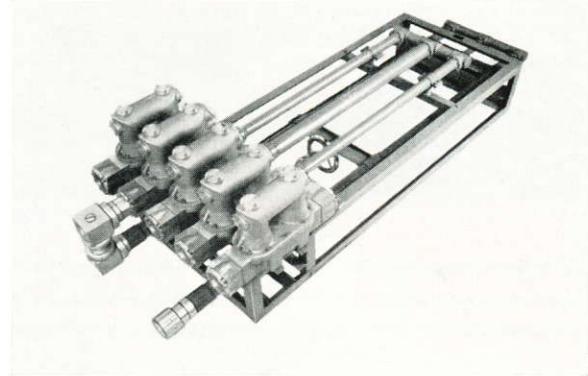
Combinaisons possibles:

1. S_1 à A_1 ; S_2 à A_2
2. S_2 à A_1 ; S_1 à A_2
3. S_1 à $A_1 + A_2$ via V; S_2 à KA
4. S_2 à $A_1 + A_2$ via V; S_1 à KA

richtung, mit der zwei Sender auf jede von zwei Halbantennen, auf eine Kunstantenne oder auf einen die Antennenhälften verbindenden Zweifachverteiler geschaltet werden können. Da zwei Schalter stets gleichzeitig zu betätigen sind, können sie auf dieselbe Achse gesetzt werden, so daß lediglich zwei Bedienungsgriffe erforderlich sind.

Einfachere Umschalteinrichtungen können mit Hilfe der Trennstücke erstellt werden, die, sofern sie in entsprechenden gegenseitigen Abständen montiert werden, nichts anderes

darstellen als Bügelumschalter. In **Abb. 50** ist eine solche Anordnung mit fünf Trennstücken wiedergegeben, die auf dem Rahmengestell einer Leitung veränderbarer Länge (Posaune) montiert ist.

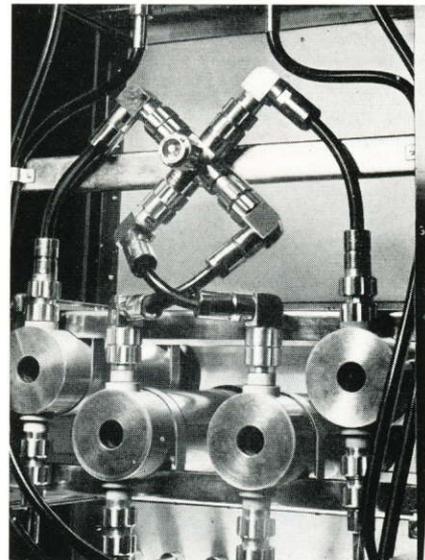


9027

Abb. 50

Umschalteinrichtung mit fünf Trennstücken
Change-over assembly using five cable separators
Dispositif de commutation comprenant cinq séparateurs de câbles

Bei geringeren Leistungen können umschaltbare Verbindungen auch mit Hilfe von flexiblen Kabeln hergestellt werden. In **Abb. 51** ist ein Ausschnitt aus einem VHF-Filterschrank dargestellt, der die Vielseitigkeit dieses Verkabelungssystems deutlich erkennen läßt.



4431

Abb. 51

Ausschnitt aus einem VHF-Filterschrank
Detail of a VHF filter cabinet
Détail d'une armoire à filtre VHF

Bemerkenswert ist die Zusammenfassung von vier Kabeln mit Hilfe eines sogenannten Kreuzstückes (oberes Drittel der Abbildung). Diese Bauelemente sowie die entsprechenden T-Stücke (mit drei Anschlüssen, für Zweifachverteilung) kommen immer dann in Frage, wenn mehrere Kabel verbunden werden sollen, ohne daß Forderungen hinsichtlich der Anpassung bestehen, denn diese Elemente enthalten keine Transformationseinrichtung.

Für angepaßte Verzweigung steht ein außerordentlich großes Programm von Zwei-, Drei-, Vier-, Fünf- und Sechsfachverteilern für die wichtigsten Frequenzbereiche zur Verfügung, auf das an dieser Stelle jedoch wegen des außerordentlich großen Umfangs dieser Technik nicht näher eingegangen

werden soll. Es sei lediglich als Beispiel in **Abb. 52** der UHF-Vierfachverteiler Type HA 138/921 gezeigt, der die einem Anschluß Dezifix C zugeführte Leistung gleichmäßig auf 4 Ausgänge für Kabel 3/10 (Felten & Guilleaume) verteilt.

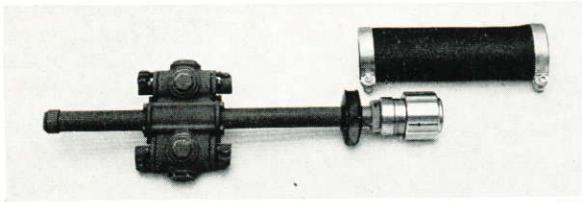


Abb. 52

8642

UHF-Vierfach-Gruppenverteiler Type HA 138/921 mit Gummiwetterschutz
UHF Four-Output Junction Box Type HA 138/921 with rubber weather protection
Boîte de jonction UHF à quatre sorties type HA 138/921 et protecteur-intempéries en caoutchouc

Da die Dezifixstecker bereits zu Beginn der einschlägigen Entwicklung nach reiflicher Überlegung nicht mit Dichtungselementen versehen wurden — eine Verquickung elektrischer und mechanischer Probleme mit der daraus resultierenden nahezu unvermeidlichen Beeinträchtigung der elektrischen Qualitäten sollte bewußt vermieden werden —, erfordert der Einsatz der kleineren Dezifixstecker (bis Größe D einschließlich) bei Betrieb im Freien die Verwendung besonderer Wetterschutzmäntel. In **Abb. 52** ist neben dem bereits genannten Vierfachverteiler ein sogenannter Gummi-Wetterschutzmantel abgebildet, der für die Steckergrößen C und D zur Verfügung steht und insbesondere dann in Frage kommt, wenn Schutz gegen Spritzwasser und gegen Luftfeuchtigkeit gewünscht wird; ein typischer Anwendungsfall dieses Wetterschutzmantels ist die mit einem Kunststoffzylinder verkleidete Antenne, bei welcher zwar Spritzwasser vorkommen kann, jedoch massive Belastungen, beispielsweise durch Eisschlag, ausgeschlossen sind.



Abb. 53

7111

Typenreihe von Metall-Wetterschutzmänteln für die Steckergrößen B, C und D
Type series of metallic protective sleeves for connector sizes B, C, and D
Série de protecteurs-intempéries en métal pour les connecteurs des grandeurs B, C et D

Die Metall-Wetterschutzmäntel, die für Stecker der Größen B, C und D zur Verfügung stehen und in **Abb. 53** dargestellt sind, sind geeignet, höchste mechanische Beanspruchungen zu ertragen und sind auch dann erforderlich, wenn das Speisesystem mit Druckgas gefüllt wird, sofern die Kabelkupplung in Längsrichtung gasdurchlässig sein soll. Längsdichte Stecker, die als Endverschlüsse von gasgefüllten Leitungssystemen dienen, sind ebenfalls lieferbar. Sie sind mit Gewinden $M 8 \times 1$ zum Einschrauben von Ventilen versehen.

Für Laboraufbauten und mobile Stationen ist ein Schnell-

Wetterschutz für Dezifixstecker der Größe B lieferbar, der entsprechend den Steckern selbst zwitterartig ausgebildet ist (**Abb. 54**). Offene Wetterschutzhälften können, sofern das entsprechende Kabelende im Freien gelagert werden soll,



Abb. 54

8007

Schnellwetterschutz zur Abdichtung von Dezifixsteckern der Größe B
Protective sleeve for mobile installations, covering two Dezifix B connectors
Manchon protecteur pour installations mobiles, couvrant deux connecteurs Dezifix B

mit Hilfe der ebenfalls deutlich erkennbaren Blinddeckel dicht verschlossen werden. Dieser Wetterschutz wird vielfach auch dann eingesetzt, wenn ein an der Außenwand eines Gehäuses (zum Beispiel Funkwagenaufbau) montierter Einbaustecker abgedichtet werden soll. Entsprechende Einbaufansche stehen zur Verfügung.

Die bisher beschriebenen Wetterschutzeinheiten enthalten stets Teile, die vor der Montage der Stecker am Kabel befestigt werden müssen. Dies bedeutet dann keine Einschränkung der Brauchbarkeit dieser Konstruktionsteile, wenn von vornherein feststeht, daß das betreffende Kabel im Freien verwendet werden soll. Es kommt jedoch häufig vor, daß Laborkabel in einem Versuchsaufbau verwendet werden müssen, bei welchem die Kabelkupplungen der Witterung ausgesetzt sind. Für diese Bedarfsfälle kommen Wetterschutzeinheiten in Frage, die aus zwei gleichen Kunststoffhalbschalen bestehen und mit Hilfe eines Schnappverschlusses und eines speziellen Moosgummiformteils eine einwandfreie Abdichtung gewährleisten. Entsprechende Ausführungsformen der Größen A und B für alle gebräuchlichen Kabel sind in Vorbereitung und in Kürze lieferbar.

Die Dezifixkupplungen E und F sind mit Dichtungsringen versehen und damit wettergeschützt, da bei diesen verhältnismäßig großen Bauelementen die elektrischen und mechanischen Gesichtspunkte leichter in Einklang zu bringen sind. Es lassen sich damit wettergeschützte Kupplungskombinationen erstellen, die für höchste Leistungen geeignet und außerordentlich vielseitig anwendbar sind. In **Abb. 55** ist ein

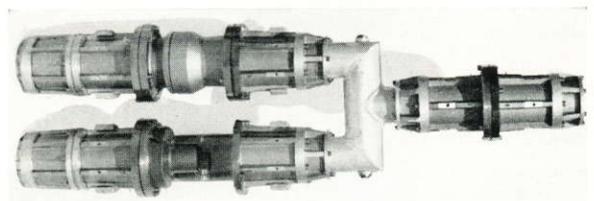


Abb. 55

10099

Zweifachverteiler für Band IV mit 2 Trennstücken der Serie SNK (eines geöffnet und mit Winkelübergangsstück versehen) und einer Dezifixkupplung E
Two-output junction box for Band IV comprising two separators of the Type Series SNK (one open and fitted with angle adapter) and a Dezifix E connection
Boîte de jonction à deux sorties pour Bande IV comprenant deux séparateurs de la série SNK (dont l'un est ouvert et muni d'un adaptateur angulaire) et une connexion Dezifix E

Hochleistungs-Zweifachverteiler zu sehen, wie er in UHF-Fernseh-Sendeantennenanlagen Band IV und V Verwendung findet. Die Energie wird über die Dezifix-E-Kupplung dem Verteiler zugeführt, unter Einhaltung der Anpassungsbedingungen verzweigt und fließt über die beiden Trennstücke in die Antennenhälften weiter. Die beiden Trennstücke des Verteilers ermöglichen eine meßtechnische Untersuchung sowohl des Verteilers selbst als auch der Antennenhälften.

Schlußbemerkungen

Die vielgestaltigen Probleme der modernen Hochfrequenztechnik haben zur Entwicklung eines entsprechend umfangreichen Programms koaxialer Leitungsbaulemente sowohl für die Meßtechnik als auch für den Betriebsgerätesektor geführt. Wenn auch nicht zu leugnen ist, daß die bisher eindrucksvollsten Konstruktionen — geboren aus dem Zwang der Notwendigkeit — den betriebstechnischen Einrichtungen zugute gekommen sind, so sollte trotzdem nicht übersehen werden, daß sich auch im Laboratorium eine verfeinerte und rationalisierte Leitungstechnik höchst vorteilhaft auswirkt; die Entwicklung des Systems umrüstbarer Geräteanschlüsse bedeutet einen wesentlichen Schritt in diese Richtung.

Wenn es gelungen ist, dem Laboringenieur neue Vorschläge und Anregungen zu einer verbesserten Ausgestaltung und Rationalisierung der Meßtechnik zu unterbreiten und dem Betriebs-Techniker Gestaltungsmöglichkeiten leistungsfähiger Verbindungs- und Schaltsysteme vor Augen zu führen, so hat diese Schrift ihren Zweck erfüllt.

Meßverfahren und Definitionen

Einige spezifische Meßverfahren wurden im Zusammenhang mit bestimmten Baulementen in vorausgegangenen Abschnitten bereits gewürdigt; dies gilt beispielsweise für die Bestimmung von Schaltzeiten der Hf-Relais. Andere Untersuchungsmethoden sind von wesentlich allgemeinerer Bedeutung; sie dienen zur Bestimmung von Kennwerten, die zur Qualifizierung nahezu jedes Baulements erforderlich sind.

1. Reflexionsfaktor und Wellenwiderstandsfehler

Die beiden Begriffe, die gelegentlich mit dem Obergriff „Anpassungszustand“ zusammengefaßt werden, stehen in einer sehr einfachen Beziehung.

Wird die Amplitude der auf der Leitung vorlaufenden Welle mit U_v und die der am Meßobjekt reflektierten Welle mit U_r bezeichnet, so ergibt sich für den Betrag des Reflexionsfaktors

$$r = \frac{U_r}{U_v}$$

Das Stehwellenverhältnis (VSWR) auf der Leitung beträgt

$$m = \frac{U_{\min}}{U_{\max}} = \frac{1 - r}{1 + r} = \frac{R_{\min}}{Z}$$

dabei ist R_{\min} der Minimalwert der Leitungsimpedanz, der an der Stelle des Spannungsminimums auftritt und damit phasenrein ist; Z ist der Wellenwiderstand der Leitung. Der relative Wellenwiderstandsfehler des Meßobjekts ergibt sich zu

$$\Delta m = 1 - m = \frac{Z - R_{\min}}{Z} = \frac{\Delta Z}{Z}$$

In den Kurvendarstellungen sind Reflexionsfaktor und Wellenwiderstandsfehler in Prozenten ausgedrückt

$$r = \frac{U_r}{U_v} \cdot 100 [\%]$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} = (1 - m) \cdot 100 [\%]$$

Bei Untersuchungen von Leitungsbaulementen sind außerordentlich präzise Meßmethoden unerlässlich, so daß weitverbreitete Verfahren, wie Welligkeits- und Reflexionsmessungen nur gelegentlich in Frage kommen. Bekannte Präzisionsmeßeinrichtungen verwenden verschiebbare oder abzustimmende Abschlußwiderstände und zum Teil besondere Abstimmaggregate zwischen Meßgerät und Prüfling.

Diese Zusatzmaßnahmen dienen dazu, die unvermeidlichen Fehler der Abschlußwiderstände und der Meßgeräte auszuschalten. Als eigentliches Wellenwiderstandsnormale dient stets ein mit höchster Präzision hergestelltes Leitungsstück des betreffenden Wellenwiderstands.

Bei den den obigen Kurven zugrundeliegenden Messungen wurde die Erfahrung gemacht, daß sich die Methode der Knotenverschiebung, die auch als Weißflochmethode bezeichnet wird [10...14], für die Untersuchung von verlustfreien Leitungsbaulementen ganz besonders gut eignet. Eine entsprechende Anordnung ist in **Abb. 56** schematisch

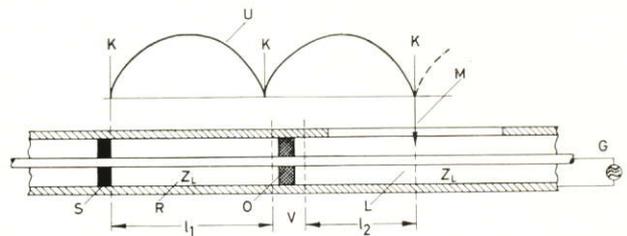


Abb. 56

Schematische Darstellung der Knotenverschiebungsmethode

L = Meßleitung, R = Reaktanzleitung, G = Generator, S = Kurzschlußschieber, Z_L = Wellenwiderstand der Meß- und Reaktanzleitung, M = Meßsonde, O = Meßobjekt, V = Störvierpol, K = Lage der Spannungsknoten, U = Spannungsbild auf dem Leitungssystem

Schematic representation of the node-shift method

L = measuring line, R = adjustable short, G = signal generator, S = shorting plunger, Z_L = characteristic impedance of measuring line and adjustable short, M = probe, O = test item, V = quadripole, K = position of voltage nodes, U = voltage distribution on the line system

Représentation schématique de la méthode à déplacement des noeuds

L = ligne de mesures, R = ligne de réactance, G = générateur, S = piston à court-circuit, Z_L = impédance caractéristique des lignes de mesures et de réactance, M = sonde, O = objet à mesurer, V = quadripôle, K = positions des noeuds de tension, U = distribution de tension sur le système de lignes

dargestellt. Auch hier dient eine Präzisionsleitung als Impedanznormale. Der entscheidende Unterschied gegenüber den oben gestreiften Methoden besteht jedoch darin, daß bei der Knotenverschiebungsmethode

eine echte Vierpolmessung vorliegt, als „Abschlußwiderstand“ ein Kurzschlußkolben dient, der frequenzunabhängig und definiert Totalreflexion verursacht, nicht die Welligkeit, sondern nur die Lage der Minima auf der Meßleitung festgestellt wird.

Der Meßvorgang geht folgendermaßen vor sich:

Der zu messende Vierpol wird zwischen die Meßleitung (mit Sonde) und Reaktanzleitung (mit Kurzschlußkolben) geschaltet. Beide Leitungen haben den Wellenwiderstand Z und, um Störungen durch Querschnittsprünge zu vermeiden, möglichst auch die gleichen Innen- und Außenleiterdurchmesser. Der Kolben wird nun verschoben und die Sonde jeweils wieder auf das Spannungsminimum eingestellt. Wäre der Vierpol homogen und hätte er den gleichen Wellenwiderstand wie die Leitungen, so würde sich jede Verschiebung des Kurzschlußkolbens getreulich als Verschiebung des Spannungsknotens auf der Meßleitung reproduzieren. Ist der Vierpol aber fehlerbehaftet, so bleibt die Verschiebung des Spannungsknotens auf der Meßleitung entweder hinter der des Kolbens zurück oder sie eilt dieser voraus. Eine Knotenverschiebungskurve ist in **Abb. 57a** wiedergegeben. Hier ist abhängig von der Verschiebung des Reaktanzleitungskolbens, der um mindestens eine halbe Wellenlänge in etwa 10 Schritten verschoben werden muß, die Lage des Knotens auf der Meßleitung aufgetragen. Der typische Kurvenverlauf einer Knotenverschiebung, wie in **Abb. 57b** gezeigt, kommt

dann zustande, wenn die Abweichungen Δl der Verschiebung der Meßleitungssonde gegenüber der Ideallage bestimmt werden; für kleine Werte der Knotenverschiebung nähert sich diese Kurve der Sinusform.

Der relative Wellenwiderstandsfehler ergibt sich näherungsweise aus der einfachen Gleichung

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{2\pi (\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min})}{\lambda} \text{ oder in } \%$$

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{2\pi (\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min}) \cdot 100}{\lambda} [\%].$$

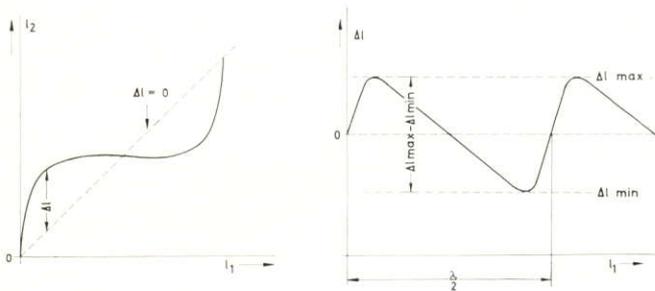


Abb. 57

Knotenverschiebungskurven. l_1 = Verschiebung des Kolbens der Reaktanzleitung, l_2 = Verschiebung der Meßleitungssonde, Δl = Abweichung der Verschiebung der Meßleitungssonde d. h. des Spannungsminimums auf der Meßleitung gegenüber l_1

Node-shift curves. l_1 = displacement of the plunger of the adjustable short, l_2 = displacement of the probe of the measuring line, Δl = deviation of the displacement of the probe, i. e. of the voltage minimum on the measuring line, from l_1

Courbes de déplacement des noeuds. l_1 = déplacement du piston de la ligne de réactance, l_2 = déplacement de la sonde de la ligne de mesures, Δl = différence entre le déplacement de la sonde, c'est-à-dire du minimum de tension sur la ligne de mesures, et l_1

Da, wie bereits angedeutet, bei der Knotenverschiebungsmessung nur die Lage der Spannungsminima (Spannungsknoten) festgestellt wird, ist das Verfahren praktisch unabhängig von Amplitudenschwankungen des Senders und von Mängeln in der Schlittenführung die zu einem Heben und Senken der Sonde oder zu einer seitlichen Verlagerung derselben führen können. Eine Beeinflussung der Senderfrequenz durch die wechselnde Belastung beim Durchschieben des Kolbens kann durch Zwischenschalten eines Dämpfungsgliedes von etwa 20 db am Meßleitungseingang vermieden werden. Die zeitliche Frequenzwanderung ist bei modernen Sendern gering; durch Wiederholen des ersten Meßpunktes nach beendeter Meßreihe lassen sich derartige Effekte überdies erfassen und eliminieren.

Wie außerordentlich klein dieser Zusatzfehler ist, geht aus nachfolgender Berechnung hervor:

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{n}{2} \cdot \frac{2\pi (\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min})}{\lambda} \cdot 100 [\%]$$

$\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min} = \Delta \lambda$ = maximale Wellenlängenänderung

n = Anzahl der Halbwellen zwischen Kurzschlußschieber und Meßleitungssonde.

Die Frequenzwanderung beim SHF-Meßsender Type SAR (2700—4200 MHz) innerhalb von 15 Minuten liegt bei $2 \cdot 10^{-5} \cdot f$.

Dies ergibt im gleichen Zeitraum eine Wellenlängenänderung von $2 \cdot 10^{-5}$. Wenn man n mit 3 ansetzt, so erhält man:

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{3}{2} \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 = 0,0188 [\%].$$

Als tatsächliche Fehlerquellen verbleiben damit nur noch die mechanisch erfaßbaren Gegebenheiten. Sowohl die Innenflächen der Außenleiter als auch die Innenleiter sollen mit

äußerster Präzision bearbeitet sein. Bei Einzelstücken besteht die Möglichkeit, Innen- und Außenleiter einander anzupassen, das heißt eine Maßabweichung, die beispielsweise am Außenleiter vorliegt, durch eine entsprechende gleichsinnige Abweichung am Innenleiter zu kompensieren. Es gelingt dann auch bei nicht ganz genauer Einhaltung des Sollmaßes am Außenleiter, durch längenabhängige Bearbeitung des Innenleiters dennoch äußerst präzise Koaxiale zu erstellen. Diesem Arbeitsgang kommt eine umso größere Bedeutung zu, als sich Toleranzfehler der genannten Gattung nicht in allen Fällen durch elektrische Messung feststellen lassen. Sind beispielsweise die Wellenwiderstände beider Leitungen durch Maßabweichungen gegenüber dem Sollwert zu hoch, so ergibt sich bei einer Überprüfung der Geräte ohne Meßobjekt keine Knotenverschiebung; die Meßanordnung weist dann einen zu hohen Wellenwiderstand auf. Dies gilt sinngemäß auch für alle anderen Anordnungen, die Leitungsabschnitte als Impedanznormalien verwenden.

Da bei konstantem Wellenwiderstandsfehler die Knotenverschiebung frequenzabhängig ist, muß die Genauigkeit der Längenmessung mit wachsender Frequenz gesteigert werden. Bis zu einer Frequenz von etwa 1 GHz sind Maßstäbe (evtl. Noniusablesung) ausreichend. Bei höheren Frequenzen kommen die genaueren Meßuhren oder sogar Meßmikroskope zum Einsatz. Obwohl Reaktanzleitung und Meßleitung sehr genau eingestellt werden müssen, brauchen die Präzisionsmeßeinrichtungen nur einmal vorgesehen werden, wenn Kolben und Sonde miteinander verbunden sind. Eine derartige Anordnung hat zudem den Vorteil, daß die Bedienung wesentlich vereinfacht wird. Der in **Abb. 58**



10488

Abb. 58

Einrichtung für Knotenverschiebungsmessungen, deren Meßleitungsschlitten mit dem Kurzschlußkolben starr gekuppelt ist

Test assembly for node-shift measurements; the carriage of the slotted line is rigidly coupled to the shorting plunger.

Ensemble pour mesures de déplacement des noeuds; le chariot de la ligne de mesures est couplé rigidement avec le piston de court-circuit

dargestellte Gerätesatz enthält eine Meßleitung (rechts), deren Schlitten mit dem Kolben der links angeordneten Reaktanzleitung über ein Gestänge starr verbunden ist. Eine Bewegung des Schlittens, die über den rechts unten vorgesehenen Drehknopf hervorgerufen wird, hat also eine völlig gleichsinnige Verlagerung des Kolbens zur Folge. Der Schlitten nebst Kolben wird in einer Meßreihe in etwa 10 Schritten, die nur ungefähr einzustellen sind, über eine halbe Wellenlänge verschoben. Die Feststellung der Knotenverschiebung erfolgt mit Hilfe einer entsprechenden, durch die Meßuhr genau zu ermittelnden Verlagerung der Sonde, die ihrerseits in dem Schlitten verschiebbar angeordnet ist. Die dargestellte Meßeinrichtung ist entsprechend ihrem Querschnitt für Bauelemente der Größe D geeignet; andere Meßleitungen für die Größen A...C und E/I sowie F stehen ebenfalls zur Verfügung. Für die Knotenverschiebungsmessung sind neben der in der Abbildung wiedergegebenen geschlitzten Meßleitung auch ungeschlitzte Ausführungen geeignet.

Sofern keine Meßeinrichtung mit unmittelbar geeignetem Querschnitt greifbar ist, können Bauelemente auch im Modellversuch gemessen werden. Man verwendet dann die nächstgrößere Anordnung, erstellt ein Modell des Prüflings mit entsprechend vergrößerten Abmessungen und mißt bei einer Frequenz, die mit der Verhältniszahl gegenüber der eigentlichen Meßfrequenz geteilt ist. Das Verfahren vermittelt den Vorteil, daß mechanische Toleranzen entsprechend kleinere Fehler verursachen.

Mit serienmäßigen Meß- und Reaktanzleitungen sind Meß-

fehler von maximal 0,3% zu erwarten. Mit Hilfe eines Spezialabgleiches gelingt es, diesen Wert auf 0,1% und weniger herabzumindern.

Die bisher in Betracht gezogenen, aus dem Betrag des Reflexionsfaktors abgeleiteten Größen sind für die Beurteilung eines Bauelements in vielen Fällen ausreichend, insbesondere dann, wenn angenommen werden kann, daß die Verluste desselben zu vernachlässigen sind und die Phasendrehung durch die elektrische Länge keine Rolle spielt. In anderen Fällen ist es zweckmäßig, die Eigenschaften des Bauelements mit Hilfe der Streumatrix zu beschreiben:

$$s = \begin{vmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{vmatrix}$$

Die Koeffizienten s_{11} und s_{22} entsprechen den Reflexionsfaktoren bei Speisung der beiden Seiten; bei Leitungsbaulementen wird man normalerweise $s_{11} = s_{22}$ setzen können (Reflexionssymmetrie). $s_{12} = s_{21}$ bilden die Übertragungsfaktoren.

Die Messung nach dem Prinzip der Knotenverschiebung gibt, wie auch die Reflektometermessung, die Koeffizienten s_{11} und s_{22} lediglich dem Betrage nach. Die Faktoren s_{12} und s_{21} können dem Betrage nach ebenfalls mit einem Reflektometer festgestellt werden [15].

Ist eine Bestimmung der Koeffizienten der Streumatrix nach Betrag und Phase erwünscht, so müssen andere Geräte herangezogen werden; hier ist beispielsweise der Z-g-Diagraph [16] zu nennen.

Definition und Ableitung der Streumatrix sind in der Literatur ausführlich erläutert [17, 18, 19], so daß sich eine Behandlung an dieser Stelle erübrigen dürfte.

2. Kopplungswiderstand

Der Begriff des Kopplungswiderstandes dient zur eindeutigen und formal exakten Beschreibung der Kopplung zwischen

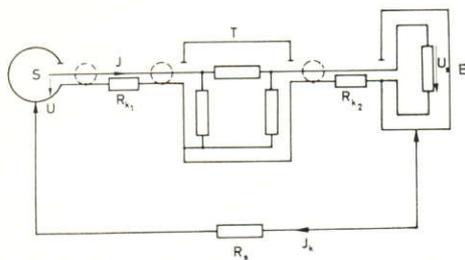


Abb. 59

Einfluß der Kopplungswiderstände bei einer Empfindlichkeitsmessung an einem Empfänger

- S = Sender
- T = Eichleiter (Dämpfung unendlich)
- E = Empfänger
- R_{k1}, R_{k2} = Kopplungswiderstände
- R_s = Rückschlußwiderstand
- U, I = Spannung, Strom am Sender; U_s = Störspannung an R_{k2}
- I_k = Strom im Kopplungsstromkreis

Effect of leakage in the sensitivity measurement on a receiver

- S = signal generator
- T = standard attenuator (attenuation = infinity)
- E = receiver
- R_{k1}, R_{k2} = leakage resistances
- R_s = return impedance
- U, I = voltage, current at the signal generator
- U_s = noise voltage at receiver
- I_k = current in coupling circuit

Influence des fuites dans une mesure de sensibilité sur un récepteur

- S = générateur
- T = atténuateur (affaiblissement infini)
- E = récepteur
- R_{k1}, R_{k2} = fuites
- R_s = impédance de retour
- U, I = tension, courant au générateur
- U_s = tension de bruit à R_{k2}
- I_k = courant dans le circuit de couplage

geschirmten Leitungen [7]. In Anlehnung an die vereinfachte Darstellung in Abb. 6 werden die einschlägigen Gegebenheiten an Hand der Abb. 59 dargelegt. Auch hier speist ein Sender über eine Eichleitung, deren Dämpfung in den nachfolgenden Gleichungen als unendlich groß angenommen ist, einen Empfänger. Alle Bestandteile, abgesehen von zwei Kupplungen, sind als ideal dicht angenommen. Neu hinzugekommen ist der Rückschlußwiderstand R_s , der den äußeren Stromkreis schließt und in der Praxis durch eine unabhängige Erdung beider Geräte, durch das Netz oder — insbesondere bei hohen Frequenzen — durch die Raumkapazität der Geräte gebildet wird. Beide Kopplungswiderstände werden vom Außenleiterstrom des zugehörigen Koaxials durchflossen, wodurch die Kopplung hervorgerufen wird. Aus den Maschengleichungen ergibt sich folgende Beziehung:

$$U_s = I_1 \frac{R_{k1} \cdot R_{k2}}{R_s + R_{k1} + R_{k2}}$$

für $R_{k1} = R_{k2} = R_k \ll R_s$ gilt

$$U_s \approx I_1 \frac{R_k^2}{R_s}$$

da $I_1 = U_1/Z$, geht die obige Gleichung über in

$$\frac{U_s}{U_1} = \frac{R_k^2}{Z \cdot R_s}$$

Für die am Empfänger anliegende Spannung gilt, sofern die zum Eichleiter führende Leitung für Wellen, die aus der Richtung von R_{k2} kommen, einen geringen Eingangswiderstand hat, dieselbe Beziehung

$$\frac{U_e}{U_1} = \frac{R_k^2}{Z \cdot R_s}$$

Ist der genannte Eingangswiderstand des Eichleiters gleich Z, so gilt

$$\frac{U_e}{U_1} = \frac{R_k^2}{2Z \cdot R_s}$$

Beispiel: Nimmt man entsprechend der Erläuterung zu Abb. 6 Kopplungswiderstände von 3 mOhm an, so ergibt sich für einen Wellenwiderstand von 60 Ohm und eine Rückschlußkapazität von 50 pF bei 750 MHz durch Einsetzen der Werte in die letztgenannte Gleichung

$$\frac{U_e}{U_1} = 1,75 \cdot 10^{-8}; \text{ dies entspricht } \approx -155 \text{ dB.}$$

Es bedarf der Erwähnung, daß im allgemeinen mit komplexen Größen gerechnet werden muß. Die Verwendung der Beträge darf nur dann erfolgen, wenn die Verbindung zwischen Sender und Empfänger ausschließlich über die Kopplungswiderstände erfolgt, das heißt, wenn der Eichleiter auf unendlich große Dämpfung eingestellt ist; andernfalls tritt am Empfänger Interferenz zwischen direkt übertragener und Koppelenergie auf.

Die Messung der Kopplungswiderstände erfolgt zweckmäßigerweise in einer doppelt-konzentrischen Anordnung, wie sie in Abb. 60 wiedergegeben ist.

Der Außenleiter eines inneren Koaxials bildet gleichzeitig den Innenleiter des äußeren Koaxials. Die hinsichtlich ihres Kopplungswiderstandes zu untersuchende Kabelkupplung ist in den Zug des inneren Koaxials geschaltet. Die Speisung kann grundsätzlich von beiden Seiten erfolgen; wir nehmen an, daß der Sender mit dem äußeren Koaxial unmittelbar verbunden ist.

Die vom Sender kommende Welle erregt das äußere Koaxial und durchfließt den Außenleiter der zu prüfenden Kupplung. An dem in der Kontaktstelle des Innenleiters in Serien-

schaltung angeordnet zu denkenden Kopplungswiderstand wird durch den Innenleiterstrom ein Spannungsabfall erzeugt, der das innere Koaxial erregt. Die Restwelle wird von R_a nahezu reflexionsfrei absorbiert. Da es in Ansehung des großen Querschnitts des äußeren Koaxials schwierig ist, einen Absorptionswiderstand herzustellen, der die Welle

Voraussetzung für präzise Messungen von Kopplungswiderständen ist naturgemäß eine völlige Dichtigkeit der Anordnung, was zweckmäßig durch Verlöten sämtlicher Fugen erreicht wird. Der Meßbereich hängt nur von der Empfindlichkeit des Spannungsmessers und einer eventuell vorhandenen unerwünschten Kopplung zwischen Sender und Empfän-

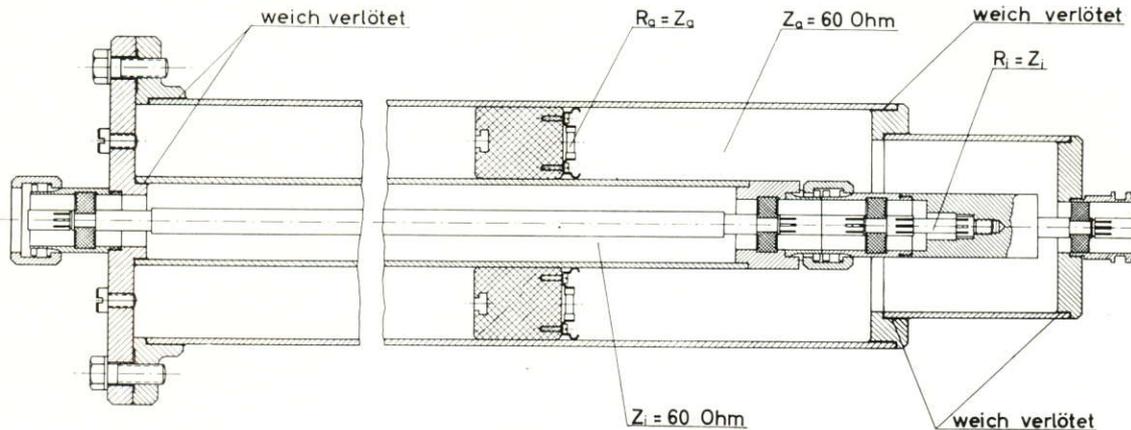


Abb. 60

Meßanordnung zur Bestimmung von Kopplungswiderständen koaxialer Kupplungen

- Z_i = Wellenwiderstand des inneren Koaxials
 Z_a = Wellenwiderstand des äußeren Koaxials
 R_i, R_a = Abschlußwiderstände (wellenwiderstandsrichtig) der Koaxiale

Test setup for determining the leakage of coaxial couplings

- Z_i = characteristic impedance of the inner coaxial line
 Z_a = characteristic impedance of the outer coaxial line
 R_i, R_a = (matched) terminating impedances of the coaxial lines

Ensemble pour mesurer les fuites de coupleurs coaxiaux

- Z_i = impédance caractéristique de la ligne coaxiale intérieure
 Z_a = impédance caractéristique de la ligne coaxiale extérieure
 R_i, R_a = impédances terminales (adaptées) des lignes coaxiales

restlos aufnimmt, ist R_a verschiebbar angeordnet und nimmt Wellenanteile, die ihn durchlaufen haben und ihn nach Reflexion am Ende des Rohres erneut erreichen, bei geeigneter Einstellung auf.

Im inneren Koaxial entstehen durch die an R_i anliegende Spannung zwei Wellen, die sich in entgegengesetzter Richtung ausbreiten. Die nach rechts laufende Welle wird von R_i aufgenommen. Die andere im inneren Koaxial erregte Welle fließt nach links und erreicht nach Durchlaufen einer Querschnittsreduzierung die Ausgangskupplung, die mit dem Spannungsmesser (Empfänger) in Verbindung steht.

Andere Meßsysteme verzichten auf den Absorptionswiderstand mindestens im äußeren Koaxial und nehmen die dann unvermeidlichen stehenden Wellen in Kauf. Um trotzdem zu definierten Ergebnissen zu gelangen, ist dann entweder ein verstellbarer Kurzschlussschieber vorgesehen, der bei jeder Messung auf maximalen Ausschlag am Spannungsmesser eingestellt wird, oder es wird versucht, das Meßobjekt möglichst nahe am Ende des Resonators anzuordnen, damit die Koppelstelle und das Strommaximum in ihrer Lage übereinstimmen.

Das Ersatzschaltbild einer Meßeinrichtung, wie sie in **Abb. 60** dargestellt ist, kann aus **Abb. 61** entnommen werden. Wiederum unter Anwendung der Maschengleichung ergibt sich

$$\frac{U_s}{U_e} = \frac{(R_i + R_k + R_e)(R_k + R_a) - R_k^2}{R_e \cdot R_k}$$

für $R_i = R_a = R_e = Z \gg R_k$ gilt

$$\frac{U_s}{U_e} = \frac{2Z}{R_k} \text{ damit } R_k = \frac{2Z \cdot U_e}{U_s} \text{ (Ohm).}$$

ger (Spannungsmesser) ab. Mit der beschriebenen Anordnung wurden Verhältnisse U_s/U_e bis zu 135 db festgestellt, was Kopplungswiderstandswerten von rund 0,02 mOhm entspricht. Die absolute Meßgenauigkeit ist von geringerer Bedeutung, da die Kopplungswiderstände maßgeblich von der jeweiligen Kontaktgabe am Außenleiter der Kupplung abhängen und damit selbst bei ein und demselben Meßobjekt erheblichen Streuungen unterworfen sind.

Der Umstand, daß mit Rücksicht auf eine einfache und übersichtliche Auswertung der Messungen der Wellenwiderstand des äußeren Koaxials gleich dem des inneren sein soll, schränkt den Frequenzbereich der Anordnung ein. Die obere Frequenzgrenze liegt bei etwa einem Drittel der Grenzfrequenz der zu prüfenden Kupplung.

3. Zulässige Durchgangsleistung und Spannungsfestigkeit

Die zulässige Durchgangsleistung von Hf-Leitungsbaulementen ist im allgemeinen durch die Stromwärme- und dielektrischen Verluste und die dadurch hervorgerufene Erwärmung begrenzt. Nur bei sehr niedrigen Frequenzen und bei Impulsbetrieb ist die Spannungsfestigkeit von Interesse, die mit Hilfe von Transformatoren oder Generatoren unter Verwendung üblicher Meßinstrumente festgestellt wurde.

Soweit geeignete Sender zur Verfügung standen, wurden Leistungsversuche durchgeführt und die am Innenleiter auftretende Übertemperatur mit einem Kontaktthermometer gemessen. Der Sender wurde hierzu kurzzeitig abgeschaltet; infolge der großen Zeitkonstanten in der Erwärmungsfunktion von Bauelementen (meist etwa eine Stunde) konnte dies unbedenklich gemacht werden. Im Verlauf einer derartigen Versuchsserie wurde beispielsweise eine Dezifixkupplung E bei 500 MHz mit 40 kW_{eff} belastet, ohne daß die

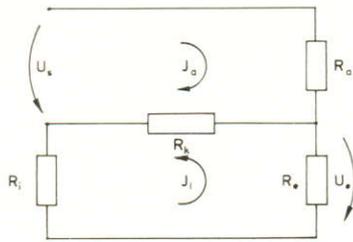


Abb. 61

Ersatzschaltbild einer Meßanordnung nach Abb. 60

- R_i = Abschlußwiderstand des inneren Koaxial
 R_a = Abschlußwiderstand des äußeren Koaxial
 R_e = Eingangswiderstand des Empfängers
 R_k = Kopplungswiderstand
 U_s = Ausgangsspannung des Senders
 U_e = Eingangsspannung des Empfängers
 I_i = Strom im inneren Koaxial
 I_a = Strom im äußeren Koaxial

Equivalent circuit of a test setup as shown in Fig. 60

- R_i = terminating impedance of the inner coaxial line
 R_a = terminating impedance of the outer coaxial line
 R_e = input impedance of receiver
 R_k = leakage resistance
 U_s = output voltage of signal generator
 U_e = input voltage of receiver
 I_i = current in the inner coaxial line
 I_a = current in the outer coaxial line

Schéma équivalent d'un ensemble selon la figure 60

- R_i = impédance terminale de la ligne coaxiale intérieure
 R_a = impédance terminale de la ligne coaxiale extérieure
 R_e = impédance d'entrée du récepteur
 R_k = résistance de fuite
 U_s = tension de sortie du générateur
 U_e = tension d'entrée du récepteur
 I_i = courant dans la ligne coaxiale intérieure
 I_a = courant dans la ligne coaxiale extérieure

Übertemperatur am Innenleiter das zulässige Maß überschritten hätte; ein Vergleich dieses Wertes mit der entsprechenden Angabe in Abb. 4 zeigt, wie groß die Sicherheiten sind, die beim Entwurf der Dezifixstecker in Ansatz gebracht wurden.

Die zulässige Durchgangsleistung läßt sich auch mit Gleichstrom oder technischem Wechselstrom feststellen. Man muß hier berücksichtigen, daß bei niedrigen Frequenzen der gesamte Querschnitt des Innen- und Außenleiters vom Strom durchsetzt wird, während bei Hochfrequenz nur die für das betreffende Material bei der Meßfrequenz charakteristische äquivalente Leitschichtdicke in Betracht kommt, wodurch der ohmsche Widerstand nicht mehr vom Querschnitt, sondern vom Umfang abhängt.

Um die bei einer bestimmten Hochfrequenzleistung zu erwartende Erwärmung festzustellen, bestimmt man zunächst die Verluste pro Längeneinheit. Das Bauelement wird sodann mit einer entsprechenden Wechsel- oder Gleichstromleistung beaufschlagt, wozu natürlich wesentlich größere Stromstärken erforderlich sind; die dabei auftretende Endwärme wird gemessen und ist mit der zu erwartenden Erwärmung bei Hochfrequenz identisch. Allerdings können mit diesem Verfahren nur Stromwärme- und eventuell Kontaktverluste festgestellt werden, jedoch keine dielektrischen Verluste, wie sie in den Stützen auftreten.

Die Verfasser danken den Herren Direktor R. Leonhardt, Dr. A. Kraus und J. Petersen für ihre wertvolle Unterstützung bei der Bearbeitung der Abschnitte „Kopplungswiderstände von Dezifix-Steckern“ und „Umrüstbare Geräteanschlüsse“.

LITERATUR:

- [1] A. Kraus, Bauelemente und Meßgeräte der Leitungstechnik für Dezimeterwellen. R & S-Mitteilungen Heft 3, 1953
- [2] F. R. Huber, H. Neubauer, Eine neue Dezifixsteckerreihe für große Leistungen. R & S-Mitteilungen Heft 11, 1958
- [3] o. V., Kurzhubstecker Dezifix, Informationsschrift R & S
- [4] L. Sweet and R. A. Lebowitz, Measurement of VSWR in Coaxial Systems, PRD Reports, Vol. 7, No. 3, July 1961
- [5] Besprechungsniederschrift der 3. Ausschußsitzung für die Standardisierung von koaxialen Präzisionssteckern (30. 6. 1961 National Bureau of Standards in Boulder/Colorado)
- [6] A. Kraus, Meßkurven des Reflexions-Koeffizienten kompensierter Inhomogenitäten bei koaxialen Leitungen und die daraus ermittelte optimale Dimensionierung, R & S-Mitteilungen Heft 8, 1956
- [7] H. Nitsche, Hochfrequenz-Steckverbindungen, Fernmeldetechnische Zeitschrift, Jahrgang 4, Heft 3
- [8] A. Kraus, Vortragsmanuskript für Meeting on High Precision Connectors of the National Bureau of Standards, Boulder, Colorado, June 29, 1961
- [9] H. Neubauer, G. Tymann, Kopplungswiderstandsmessungen am Kurzhubstecker Dezifix B, unveröffentlichter Laborbericht R & S
- [10] H. H. Meinke, Z. Hochfrequenztechnik 57 (1941), S. 17f.
- [11] H. H. Meinke, Theorie der Hochfrequenzschaltungen München 1951, S. 225f.
- [12] A. Weißfloch, Z. Hochfrequenztechnik 60 (1942), S. 67f., und Elektr. Nachrichtentechnik 19 (1941), S. 259f.
- [13] H. Meinke, F. W. Gundlach, Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer-Verlag 1956
- [14] A. Kraus, J. Brit. I. R. E., Vol. 20, No. 2, February 1960
- [15] Rohde & Schwarz, Die Kurzinformation, Heft 2, Oktober 1961
- [16] R. Eichacker, Rohde & Schwarz Mitteilungen, Heft 2, 1952
- [17] E. W. Matthews, Trans. IRE-MTT, April 1955, S. 21f.
- [18] A. E. Laemmel, Proc. of the Sympos. on Modern Network Synthesis. Politechn. Inst. of Brooklin, 1952, S. 259f.
- [19] E. Schuon, H. Wolf, NTZ, Hefte 7/8, 1959