

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer  
Elektrizitätswerke (VSE)

**Band:** 57 (1966)

**Heft:** 10

**Artikel:** Moderne Hochfrequenz-Steckverbindungen mit Zwittereigenschaften

**Autor:** Huber, F.R. / Neubauer, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916597>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.10.2024

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

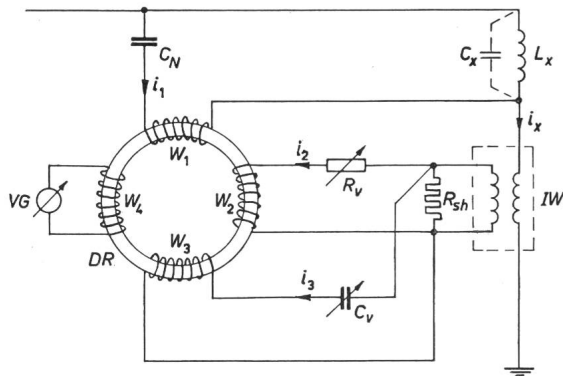


Fig. 1

**Prinzipielles Schaltschema der Brückenmethode**

$C_N$  Pressgas-Normkondensator;  $L_x$ ,  $C_x$  Prüfling (Hochspannungsdrosselspule oder -Kondensator); DR Differential-Ringkern; IW Präzisions-Zwischenstrom-Wandler mit Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$ ;  $R_{sh}$  Nebenwiderstand;  $R_v$  Regulier-Dekadenwiderstand;  $C_v$  Regulier-Dekadenkondensator;  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  Erregerwicklungen des Differential-Ringkernes;  $W_4$  Indikatorwicklung; VG Nullinstrument (Vibrations-Galvanometer)

Weitere Bezeichnungen siehe im Text

Die neue Meßschaltung hat nun den grossen Vorteil, dass die das Messresultat direkt beeinflussenden Eigenfehler des Zwischen-Stromwandlers bei praktisch unverändertem Aufbau der Differential-Ringkern-Messbrücke ermittelt, und bei der Messung des Prüflings berücksichtigt werden können.

Der prinzipielle Aufbau der Meßschaltung für die Ermittlung der Eigenfehler geht aus dem Schema in Fig. 2 hervor. Hierbei ist Erregerwicklung  $W_1$  in Fig. 1 in der Eichschaltung nach Fig. 2 durch eine Erregerwicklung  $W_1'$  mit wenigen Windungen und einem Querschnitt entsprechend dem Primärstrom  $i_1'$  bzw.  $i_x$  ersetzt worden. Wie schon erwähnt, darf die Streuung zwischen den Wicklungen als vernachlässigbar klein angenommen werden, sofern auch diese Wicklung  $W_1'$  wiederum den Kern gleichmässig und vollständig umschliessend aufgebracht ist.

Für die abgeglichene Meßschaltung lautet die Abgleichbedingung wiederum:

$$i_1' W_1' = -(i_2' W_2 + i_3' W_3)$$

und der vor allem interessierende Eigenfehlwinkel des Zwischen-Stromwandlers ergibt sich zu:

$$\text{tg } \delta = R_v C_v \omega$$

## Moderne Hochfrequenz-Steckverbindungen mit Zwittereigenschaften

Von F. R. Huber und H. Neubauer, München

621.316.541 : 621.315.212

Steckverbindungen für koaxiale Hochfrequenzleitungen (zum Beispiel Koaxialkabel) gibt es in verschiedenen Bauformen. Unter diesen zeichnet sich der Zwitterstecker dadurch aus, dass jeder Stecker eines bestimmten Typs mit jedem anderen gekuppelt werden kann, da keine Stecker- und Buchsenteile vorkommen. Nach einleitenden Betrachtungen über grundsätzliche Probleme leitungsgebundener Energieübertragung werden die Eigenschaften von Zwittersteckern mit denen anderer Stecker-systeme verglichen und anschliessend einige typische Vertreter dieser Stecker-kategorie behandelt.

### 1. Einleitung

Sieht man von der freien Wellenausbreitung und der mit dieser verwandten Ausbreitung im Hohlleiter oder entlang

### 3. Praktische Messresultate

An einer Drehstrom-Kompensationsdrosselspule von 16 MVar, 220 kV, wurde diese neue Messmethode praktisch angewendet. Im Vergleich zu kalorimetrischen Verlustmessungen ergab sich dabei eine Übereinstimmung der Messresultate innerhalb von 1 0/0. Auch die mit der neuen Brückenschaltung gemessenen Reaktanzwerte stimmten mit den aus Strom- und Spannungsmessungen berechneten Reaktanzen genau überein.

Es sei noch auf einen speziellen Vorteil dieser neuen Messmethode hingewiesen. Anlässlich der Verlustmessungen an der erwähnten Drehstromkompensationsdrosselspule wurde festgestellt, dass die Verlustfaktoren bei den gegebenen Verhältnissen nicht in allen drei Phasen gleich gross waren, ja bei einer Überspannung in einer Phase diese sogar negative Werte annehmen konnten. (Diese Feststellung kann man gelegentlich bei Leerverlustmessungen an Drehstromtransformatoren

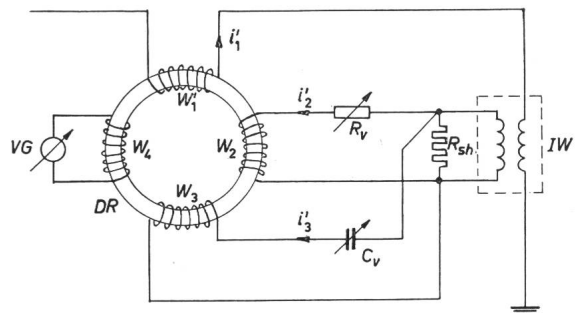


Fig. 2

**Meßschaltung zur Ermittlung der Eigenfehler**  
Prinzipischema

Bezeichnungen siehe Fig. 1 und im Text

ebenfalls machen.) Im Gegensatz zu anderen Brückenschaltungen gestattet es die beschriebene Methode, auch die Messung von negativen Verlustwinkeln auf einfachste Weise vorzunehmen, indem lediglich die Anschlüsse der Erregerwicklung  $W_3$  vertauscht werden müssen. Die gleiche Massnahme ergibt sich für die Wicklung  $W_2$ , wenn anstelle einer Drosselspule ein Hochspannungskondensator gemessen werden soll.

### Literatur

[1] W. Rump: Über die Bestimmung der Fehler von Normalstromwandlern mit dem Differentialring. Dtsch. Elektrotechn. 8(1954)10, S. 352...354 + 372.

### Adresse des Autors:

E. Buchmann, Ingenieur, Blumenweg 6, 8307 Effretikon.

einer Eindrahtleitung ab, so erfolgt die Fortpflanzung elektromagnetischer Energie stets zwischen zwei Leitern, die gelegentlich auch als Hin- und Rückleiter bezeichnet werden.

In der Technik niedriger Frequenzen, zu welcher hier auch die Starkstromtechnik gezählt wird, spielt es im allgemeinen keine Rolle, welche Eigenschaften eine Verbindungsleitung besitzt, wenn nur die erforderliche Spannungs- und Stromfestigkeit gewährleistet ist. Nur gelegentlich wird die auf der Leitung verteilte Querkapazität als störend empfunden und durch einen entsprechend grossen Abstand der beiden Leiter eliminiert.

Es ist bekannt, dass bei sehr langen Starkstromleitungen die Spannung zwischen den Leitern durchaus ortsabhängig sein kann und zwar unabhängig von einer eventuellen Beeinflussung durch die Längs- und Querwiderstände der Leitung. Leerlaufende Leitungssysteme können an ihrem Ende sogar eine höhere Spannung aufweisen als an der Stelle, an welcher die Energie zugeführt wird.

Diese Erscheinungen, die unter den Sammelbegriff Wellenausbreitungseffekte zusammengefasst werden, spielen naturgemäss in der Technik hoher und höchster Frequenzen eine weitaus stärkere Rolle. Jedem Hochfrequenztechniker ist es geläufig, dass man die umherliegenden Strippen eines Versuchsaufbaues bereits im Kurzwellenbereich zweckmässig durch eine Leitungsart ersetzt, die eine gleichmässige und ungestörte Wellenausbreitung gewährleistet. Die namentlich im Kurzwellenbereich viel verwendete symmetrische Zweidrahtleitung besteht aus zwei Leitern meist kreisförmigen konstanten Querschnitts, die in einem bestimmten Abstand zueinander angeordnet werden; die Leiter werden in Isoliermaterial eingebettet oder, soweit zulässig, örtlich abgestützt. Der Nachteil dieser Leitungsgattung besteht darin, dass sich das elektromagnetische Feld, wenn es sich auch im wesentlichen auf die Zone zwischen den Leitern konzentriert, theoretisch bis ins Unendliche ausdehnt und dass somit eine Störung der Leitungseigenschaften, eine Einkopplung unerwünschter Energie oder auch zusätzliche Verluste durch Abstrahlung möglich sind. Besonders ausgeprägt wird dieser Effekt dann, wenn die Querabmessungen der symmetrischen Leitung in die Grössenordnung der halben Wellenlänge kommen. Die Abstrahlungsdämpfung wird dann so erheblich, dass bereits nach einem kurzen Leitungsstück kaum mehr Energie auf der Leitung festgestellt werden kann; die Leitung ist damit zur Antenne geworden. Ähnliches gilt für die mit der Zweidrahtleitung verwandte Vierdraht-, Sechsdraht- und Achtdrahtleitung.

Die bei höchsten Frequenzen bisher weitgehend üblichen Hohlleiter werden in Anordnungen, die in einem sehr breiten Frequenzband arbeiten sollen sowie in Meßschaltungen, für die meist die gleiche Forderung gilt, mehr und mehr durch Leitungen ersetzt, die den entscheidenden Nachteil der Hohlleiter, nämlich die Phasendispersion (Abhängigkeit der Phasengeschwindigkeit von der Frequenz), nicht aufweisen. Zieht man in Betracht, dass heute der Wunsch besteht, bei Frequenzen bis 18 GHz (Wellenlänge 16,7 mm) und darüber den Hohlleiter durch eine geeignetere Leitungsart zu ersetzen, so wird es verständlich, dass auch die symmetrische Leitung keine Lösung dieses Problems bringen kann. Es ist kaum möglich, den Abstand der beiden Leiter so zu verringern, dass die Abstrahlungsdämpfung zu vernachlässigen ist (erforderlich wäre ein Zehntel der Wellenlänge oder weniger, das heisst ca. 1,5 mm); auch hier ist es schwierig, bei sym-

metrischen Leitungen, die aus praktischen Gründen meist erwünschten Wellenwiderstände <sup>1)</sup> von 50, 60 oder 75  $\Omega$  zu erreichen.

Die koaxiale Leitung vermeidet die erwähnten Nachteile. Diese Leitungsgattung besteht aus einem Innenleiter, der meist kreisförmigen Querschnitt hat, und einem darüber gesteckten rohrförmigen Aussenleiter. Der Zwischenraum zwischen den beiden Leitern wird entweder mit einem geeigneten Isoliermaterial ausgefüllt oder es werden örtliche Stützen, zum Beispiel in Form von Zylinderscheiben, angewendet; oft wird die Achsialität, das heisst die korrekte Lage zwischen Innen- und Aussenleiter, auch durch einen wendelförmig um den Innenleiter gelegten Isolierstoffstreifen vermittelt. Die meist unter der Bezeichnung Skin-Effekt geläufige Stromverdrängung sorgt dafür, dass wenigstens bei hohen Frequenzen nur die innersten Schichten des Aussenleiters und die äussersten Schichten des Innenleiters stromführend sind; die Stromdichte nimmt jenseits dieser stromführenden Schichten exponentiell ab. Dies führt dazu, dass man den Innenleiter eines Koaxials vielfach rohrförmig ausbilden kann. Wesentlich wichtiger ist es jedoch, dass auf der Aussenhaut des Aussenleiters kein messbarer Strom mehr fliesst und damit auch keine Abstrahlungsdämpfung und keine Einstrahlung unerwünschter elektromagnetischer Energie erfolgen kann.

Der Wellenwiderstand einer koaxialen Leitung beträgt:

$$Z = \frac{59,9586}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d} \approx \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d}$$

Dabei ist  $D$  Innendurchmesser des Aussenleiters;  $d$  Aussenradius des Innenleiters;  $\epsilon_r$  relative Dielektrizitätskonstante des sich zwischen den Leitern befindlichen Mediums.

Bei der Ableitung der Formel wurde der hierfür benötigte Wert der Lichtgeschwindigkeit mit 299 793 km/s eingesetzt [1] <sup>2)</sup>. Aus dieser Formel erkennt man, dass die oben als üblich bezeichneten Wellenwiderstände ohne weiteres zu erreichen sind. So ergibt sich zum Beispiel der gebräuchliche Wellenwiderstand 60  $\Omega$  für ein Luftkoaxial ( $\epsilon_r = 1$ ) für  $\ln(D/d) = 1$ , das heisst  $D = 2,718 d$ .

Ein weiterer Vorteil der koaxialen Leitung besteht darin, dass sie relativ unempfindlich gegen Exzentrizitäten, das heisst gegen Verlagerungen des Innenleiters gegenüber dem Aussenleiter, ist. Dies kann in recht anschaulicher Weise dadurch erklärt werden, dass eine Verlagerung des Innenleiters auf einer Seite zwar eine Vergrösserung der Kapazität zwischen Innen- und Aussenleiter, auf der gegenüberliegenden Stelle jedoch eine entsprechende Verringerung der Kapazität mit sich bringt, so dass in gewissen Grenzen ein Kompensationseffekt auftritt. Der Wellenwiderstandsfehler durch Exzentrizität kann durch folgende Näherungsformel erfasst werden:

$$\Delta Z_e = \frac{240 e^2}{D^2 - d^2}$$

$e$  ist dabei die Exzentrizität, das heisst die Abweichung der Achse des Innenleiters von der des Aussenleiters.

<sup>1)</sup> Wellenwiderstand ist der bei Leitungen, die nur eine vorlaufende Welle führen, ortsunabhängige Quotient aus der Spannung zwischen den Leitern und dem Strom auf der Leitung.

<sup>2)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

## 2. Steckersysteme für koaxiale Leitungen

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, ist eine störungsfreie Wellenausbreitung auf einer koaxialen Leitung nur dann gewährleistet, wenn diese nicht von Unstetigkeitsstellen, wie Unterbrechungen im Innen- oder Aussenleiter, Knickstellen, Abstandssprünge und ähnlichen Fehlern unterbrochen wird. Naturgemäss besteht ein besonderes Problem darin, die Leitung an ein Gerät anzuschliessen oder mehrere Leitungen untereinander zu verbinden, denn auch hierfür gilt die Forderung nach störungsfreier Fortsetzung des Koaxials.

In der vorliegenden Arbeit soll von der Behandlung fester Schraub-, Klemm- oder Lötanschlüsse abgesehen und nur die beliebig oft lösbare Steckverbindung in Betracht gezogen werden. Derartige Anordnungen, die sich zum Kuppeln koaxialer Leitungen eignen, bestehen fast in allen Fällen aus einem Innenleiterverbindungsstück, das von einer dielektrischen Stützscheibe getragen wird und von einem rohrförmigen Aussenleiter umgeben ist. Man unterscheidet dabei zwischen unipolaren oder Zwittersteckern, bei denen zwei identische Stecker gekuppelt werden können, und bipolaren oder Stift-Buchse-Steckern.

Wenn man an die grosse Verbreitung der Stift-Buchse-Stecker zum Beispiel in der Elektrotechnik denkt, dann erscheint es naheliegend, die gleiche Steckerart auch für die Hochfrequenztechnik einzuführen. Tatsächlich gibt es eine Reihe von Hochfrequenz-Steckersystemen, die auf dem Stift-Buchse-Prinzip basieren. Häufig besteht jedoch die Aufgabe, mehrere Geräte und Kabel in unterschiedlicher Weise miteinander zu verbinden; hier erweist sich der Umstand als nachteilig, dass beim Zusammentreffen von zwei polarisierten Kupplungsteilen gleicher Bauart und Grösse (einfachster Fall) drei verschiedene Kombinationen möglich sind:

- a) Je ein Stift und eine Buchse treffen aufeinander
- b) Zwei Stifte treffen zusammen
- c) Zwei Buchsen treffen zusammen

Nur im Fall a) kann die Verbindung unmittelbar hergestellt werden, in den anderen Fällen sind Übergangsstücke (Zwischenstücke) erforderlich, die vielfach nicht verfügbar sind und in jedem Fall durch zusätzliche Kontaktstellen und Stützen höchst unerwünschte Wellenwiderstandsfehler verursachen.

Zieht man zwei verschiedene Steckersysteme [zum Beispiel «C» und «N»<sup>3)</sup>] in Betracht, so ergeben sich zehn unterschiedliche Kombinationen, von denen nur zwei (Stecker und Buchse C sowie Stecker und Buchse N) unmittelbar gekuppelt werden können. Es sind also nicht weniger als acht verschiedene Übergangsstücke erforderlich, um allen denkbaren Kombinationen gerecht zu werden.

Als Zwitterstecker werden koaxiale Hochfrequenzstecker bezeichnet, bei denen jeder Stecker einer bestimmten Bauart und Grösse mit jedem anderen gekuppelt werden kann, ohne dass Zwischenstücke erforderlich werden. Die Kupplungsmechanismen dieser Stecker sind oft gewissen Schlauchkupplungen ähnlich, wie sie beispielsweise bei Feuerwehrschläuchen Verwendung finden. Zieht man zwei verschiedene Zwittersteckertypen in Betracht (zum Beispiel Zwitterstecker «A» und Zwitterstecker «B»), so ergeben sich insgesamt nur drei

<sup>3)</sup> Die Systeme «C» und «N» sind zwei in den Vereinigten Staaten und auch in Europa verbreitete Systeme polarisierter Stecker für koaxiale Kabel. Die N-Stecker werden mit Hilfe einer Schraubüberwurfmutter, die C-Stecker mit Hilfe eines Bajonettverschlusses gekuppelt. Stecker der beiden Systeme sind nicht miteinander kuppelbar.

mögliche Kombinationen, von denen zwei ( $2 \times$  Zwitterstecker A und  $2 \times$  Zwitterstecker B) unmittelbar gekuppelt werden können. Es ist also im Gegensatz zu den acht erforderlichen Übergangsstücken [2] bei den Stift-Buchse-Steckern für die Zwitterstecker nur ein einziges Übergangsstück erforderlich, um allen denkbaren Kombinationen gerecht zu werden.

Als Lösung, die zwischen den Stift-Buchse-Steckern und den Zwittersteckern steht, wurde das sog. «unechte Zwitterprinzip» vorgeschlagen. Hier sind sämtliche Kupplungsteile entweder als Stecker oder als Buchse ausgebildet, so dass in jedem Fall 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 Übergangsstücke geringer ist als bei den Stift-Buchse-Steckern.

## 3. Praktisch ausgeführte Zwitterstecker

Moderne Zwitterstecker werden im allgemeinen durch eine Überwurfmutter oder einen Flanschring gekuppelt; die Enden der Aussenleiterteile stossen stumpf aufeinander und werden fest zusammengepresst. Die Innenleiter enthalten ein axial federndes Innenleiterendstück, das beim ungekuppelten Stecker etwas vorsteht, während des Kuppelvorgangs zurückgedrückt wird und so die Innenleiterverbindung herstellt. Beide Stecker sind stets, wie bereits erwähnt, identisch ausgeführt, so dass nach erfolgtem Kupplungsvorgang stets eine Überwurfmutter unbenutzt zurückbleibt; diese wird jedoch in vielen Fällen als Gegenmutter zum Kontern der Verbindung und damit zum Schutz gegen unbeabsichtigtes Lösen verwendet.

Das erwähnte Konstruktionsprinzip mit stumpf aufeinander stossenden Aussenleitern und federnden Innenleiterendstücken vermittelt die für Hochfrequenz-Impedanzmessungen ausschlaggebende Eigenschaft einer eindeutigen Bestimmung der Messebene. Durch Aufstecken einer den Stecker abschliessenden Kurzschlußscheibe kann auf einfachste Art die Impedanz  $0 \Omega$  (Kurzschluss) als Bezugsimpedanz hergestellt werden. Darüber hinaus kann man bei geeigneter Ausbildung der Innenleiterendstücke Stecker verschiedener Wellenwiderstände miteinander kuppeln. Dies ist in Fig. 1 für zwei Stecker mit 50 und 75  $\Omega$  Wellenwiderstand gezeigt. Ein entsprechender Versuch bei Stift-Buchse-Steckern würde

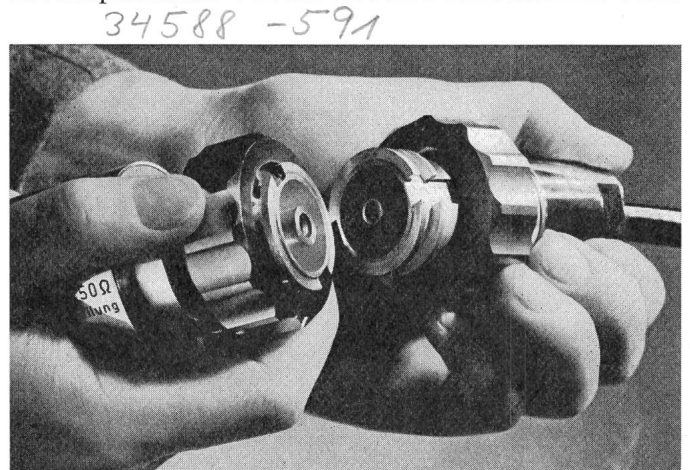


Fig. 1  
Kuppeln von Zwittersteckern mit verschiedenem Wellenwiderstand  
links 50  $\Omega$ , rechts 75  $\Omega$



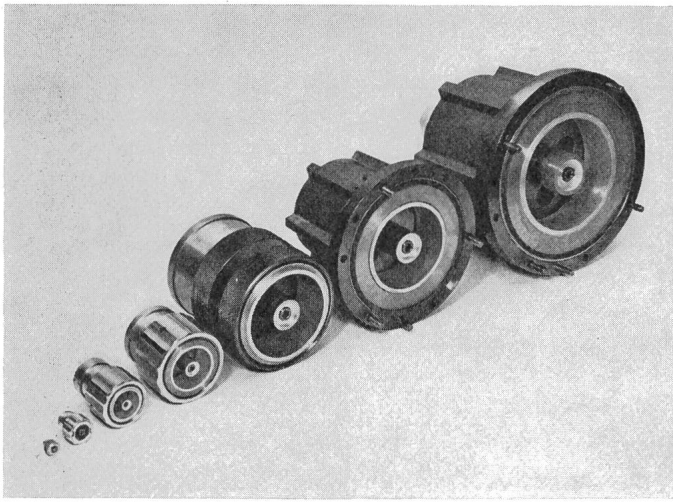


Fig. 2  
Typenreihe von Zwittersteckern mit 7 mm bis 160 mm  
Innendurchmesser des Aussenleiters

entweder zu einer Zerstörung der Innenleiterbuchse führen, oder eine Kontaktgabe am Innenleiter wäre trotz durchgeschalteter Aussenleiterverbindung nicht möglich.

Wie auch bei Starkstromleitungen muss in der Technik der Hochfrequenzstecker Rücksicht auf die zwischen Innen- und Aussenleiter stehende Spannung und auf die Leiterströme genommen werden. Dementsprechend wurde eine Reihe von verschiedenen Steckergrößen entwickelt, die in Fig. 2 dargestellt sind. Während die beiden kleinsten Stecker der Typenreihe hauptsächlich für die Hochfrequenz-Mess-technik gedacht sind, eignen sich die grösseren für die Verbindung von Hochleistungskabeln und -rohrleitungen mit einer Leistungsübertragung von bis zu effektiv 40 kW im UHF-Bereich (470...790 MHz). Solche Leistungen kommen häufig bei Hochleistungs-Fernsehsendern vor.

#### 4. Moderne Präzisions-Zwitterstecker

Die oben erwähnten und in Fig. 2 wiedergegebenen Zwitterstecker erlauben eine weitgehend störungsfreie Wellenausbreitung. Das Verhältnis der Amplitude der zurücklaufenden Welle zu jener der vorlaufenden (Reflexionsfaktor) beträgt durchwegs weniger als 1% für ein gekuppeltes Steckerpaar bis in die Nähe der Grenzfrequenz<sup>4)</sup>. Trotzdem besteht in Sonderfällen der Wunsch nach noch höherer Qualität. Stecker dieser verbesserten Gattung werden beispielsweise in Verbindung mit Präzisionsrohrleitungen als Impedanznormen und in präzisen Impedanzmeßschaltungen eingesetzt. Präzisionsrohrleitungen bestückt mit Präzisionssteckern sind in Fig. 3 wiedergegeben. Um auch kleinste Unstetigkeiten zu vermeiden, werden diese Präzisionsstecker und -rohrleitungen nach modernsten Herstellungsmethoden bearbeitet. Die Innenleiter werden im allgemeinen geschliffen, die Aussenleiter gehont. Dadurch werden Bearbeitungstoleranzen von 1...4 µm und Oberflächenrauigkeiten von weniger als 0,5 µm erzielt.

Bei der Konstruktion von Präzisionssteckern muss auch den grundsätzlich unvermeidbaren Stützscheiben, die die korrekte Lage des Innenleiters zum Aussenleiter sicherstellen, besonderes Augenmerk gewidmet werden. Es ist leicht ein-

<sup>4)</sup> Als Grenzfrequenz eines Koaxials wird diejenige Frequenz bezeichnet, oberhalb welcher die Ausbreitung von unerwünschten Hohlleiterwellen neben der Koaxialwelle möglich ist.

zusehen, dass die resultierende Dielektrizitätskonstante der Stütze, die die Beeinflussung des elektrischen Feldes bestimmt, einen entscheidenden Anteil an der Qualität der Stützscheibe hat. Die beste Stützscheibe wäre zweifellos eine solche, die das elektromagnetische Feld nicht anders beeinflusst als das sonst vorhandene Medium, nämlich Luft. Daraus geht unmittelbar hervor, dass man die relative Dielektrizitätskonstante niedrig halten wird, um sich dem Wert der Luft [1] möglichst weitgehend anzunähern. Dielektrische Materialien mit Dielektrizitätskonstanten unter etwa 2 sind jedoch nicht bekannt. Ein Weg, den Wert 2 trotzdem zu unterschreiten, besteht darin, die Stützscheibe mit Ausnehmungen zu versehen und dadurch ein Mischdielektrikum Luft/Stützenmaterial hervorzurufen. Ein typisches Beispiel dieser Methode ist in Fig. 4 wiedergegeben. Das Grundprinzip dieser Stütze, die in den in Fig. 3 gezeigten Steckern eingebaut ist, besteht darin, dass aus der Stütze kreissegmentförmige Teile entfernt werden. Um das Eindringen von Fremdstoffen (Staub usw.) in das Innere des Steckers zu vermeiden, wird die Stütze senkrecht zu ihrer Achse in zwei gleiche Hälften geteilt, die um 90° gegeneinander verdreht werden.

Durch Anwendung der erwähnten Bearbeitungs- und Konstruktionsmethoden gelingt es, Reflexionsfaktoren von 0,25% und darunter für das Steckerpaar (zwei gekuppelte Stecker) bis in die Nähe der Grenzfrequenz zu erzielen.

#### 5. Schlussbemerkungen

Während sich die vor etwa 20 Jahren erstmalig eingeführten Zwitterstecker zunächst überwiegend in Europa verbreiten konnten und auch ihre Würdigung in nationalen Normen fanden [3], war das Interesse in den Vereinigten Staaten bis vor kurzem an dieser Steckerart relativ gering. Vor



Fig. 3  
7-mm-Präzisionskabelleitung, bestückt mit 2 Precifix-Steckern A (oben)  
und 21-mm-Präzisionskabelleitung, bestückt mit 2 Precifix-Steckern B (unten)

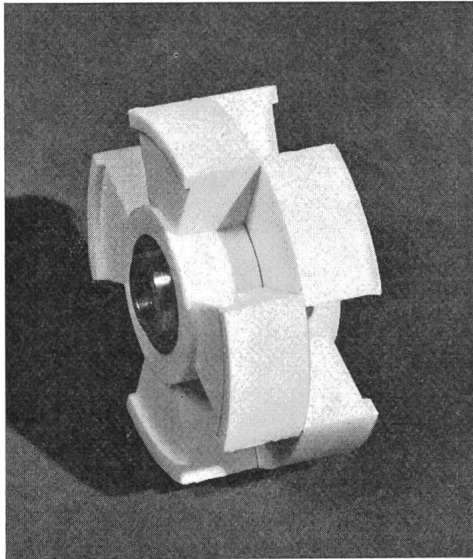


Fig. 4

Sternstütze für Präzisionsstecker

etwa 5 Jahren wurde jedoch auch in den Vereinigten Staaten erkannt, dass die bisher in grosser Breite eingeführten Stift-Buchse-Stecker für eine rationelle und präzise Hochfrequenz-Messtechnik nicht geeignet seien. Diese Erkenntnis fand ihren Niederschlag in der Gründung eines besonderen Komitees zur Normung von Hochpräzisionssteckern<sup>5)</sup>. Dieses

<sup>5)</sup> Precision Coaxial Connector Sub-Committee of the Electronic and High-Frequency Instruments Committee of IEEE G-I.M.

Komitee hat bereits in einer seiner ersten Sitzungen für die neu zu normenden koaxialen Präzisionsstecker ausdrücklich vorgeschrieben, dass nur Zwitterstecker in Betracht gezogen würden.

Die Arbeiten und Forderungen des Komitees haben zu Präzisionssteckern einer bisher nicht für möglich gehaltenen Qualität geführt. So wurden beispielsweise auch die in Fig. 3 wiedergegebenen Stecker in Zusammenarbeit der Verfasser mit dem erwähnten Präzisionsstecker-Komitee entwickelt.

Die speziellen Eigenschaften der Hochfrequenz-Zwitterstecker verschaffen dieser Gattung koaxialer Leitungsverbinder in neuerer Zeit wachsendes Interesse sowohl in der alten als auch in der neuen Welt; da es nicht nur gelungen ist, ein umfangreiches System relativ preisgünstiger «Normal-Zwitterstecker» zu schaffen, sondern da auch höchsten Ansprüchen genügende Präzisionsausführungen zur Verfügung stehen, darf man der weiteren Entwicklung dieses Gebiets mit Interesse entgehen.

#### Literatur

- [1] F. R. Huber und H. Neubauer: Koaxiale Präzisionsstecker. Rohde und Schwarz Mitt. -(1965)19, S. 189...194.
- [2] F. R. Huber und H. Neubauer: Dezifixstecker und andere koaxiale HF-Leitungsbauelemente. Teil 1, Rohde und Schwarz Mitt. -(1961)16, S. 75...85, Teil 2, -(1965)17, S. 115...129.
- [3] HF-Steckverbindungen 8/21, 14/38, 21/57, 42/115. DIN-Normen Nr. 47285...47288.

#### Adressen der Autoren:

Dipl.-Ing. F. R. Huber und Dipl.-Ing. H. Neubauer, Rohde & Schwarz, Mühl-dorfstrasse 15, D-8000 München 8 (Deutschland).

## Aspects particuliers de la Centrale thermique de Chavalon

Conférence donnée à l'Assemblée de discussion de l'ASE, le 29 octobre 1965 à Lausanne, par M. A. Monprofit, Lausanne

J'ai reçu mission de présenter la Centrale Thermique de Chavalon; les règles de l'art imposeraient de faire apparaître le sujet sous ses divers aspects en respectant un bon équilibre entre ceux-ci; cependant, sauf à demeurer trop superficiel, le temps imparti m'oblige à transgresser nettement ces règles.

L'exposé que je vais avoir l'honneur de développer devant vous s'attachera plus particulièrement à la conception d'ensemble, aux idées directrices, à l'influence du site et à certains points particuliers touchant la réalisation ou le fonctionnement des installations; en d'autres termes, il se placera plutôt du point de vue du constructeur de l'ouvrage, voire de l'exploitant, que de celui du thermicien ou de l'économiste. Il tendra ainsi à considérer comme des données d'une part, le site, d'autre part, les caractéristiques principales de l'équipement; ce choix m'a paru trouver sa justification dans le caractère même de cette conférence, simple prologue à la visite que vous allez effectuer.

La centrale est implantée au lieu dit «Chavalon» (fig. 1), sur un terrain d'une superficie totale de 37000 m<sup>2</sup>, aménagé en une plate-forme principale à la cote 833, à quelque 460 m au-dessus de la plaine du Rhône; elle est distante de 10,5 km des Raffineries du Rhône qui lui fournissent son combustible; ces simples chiffres ont déterminé les principaux traits de l'ouvrage, la surface — moins de la moitié de celle couramment réservée — a nécessité un groupement compact des bâtiments; l'altitude, par rapport au Rhône, a entraîné le recours à la

réfrigération en circuit fermé, l'éloignement des Raffineries a motivé la création d'un oléoduc et d'une station relais de stockage de combustible.

Au stade définitif atteint en décembre 1966, la puissance installée sera de 300 MW en deux tranches ou groupes blocs identiques de 150 MW. Je rappellerai brièvement que chaque tranche comporte:

- 1 générateur monotubulaire Sulzer, capable de produire à l'heure 460 t de vapeur à 191 kg/cm<sup>2</sup>, 540°C et de resurchauffer 380 t à 39 kg/cm<sup>2</sup>, 540°C; ce générateur est équipé d'un poste de compression et réchauffage de combustible alimentant 16 brûleurs, il est doté d'une régulation électronique;
- 1 groupe turbo-alternateur de 150 MW, de construction Escher Wyss-Oerlikon, avec poste de réchauffage d'eau, alimenté par 8 soutirages;
- 3 pompes alimentaires avec pompes nourricières, dont une turbo-pompe et deux motopompes;
- 2 motopompes de circulation;
- 2 tours de réfrigération à ventilateur, système Balcke;
- 1 transformateur-élévateur 14,5/245 kV de 175 MVA;
- 1 transformateur de soutirage 14,5/6 kV de 12 MVA et les tableaux auxiliaires 6 kV et 380 V.

Chaque tranche possède ses batteries d'accumulateurs 125 et 48 V ainsi qu'une installation de production et distribution de courant alternatif permanent 220/380 V.

La salle de commande est commune aux deux tranches, de même que les ouvrages, installations et équipements suivants: le transformateur 20 MVA, 245/6 kV pour le démarrage de la Centrale, les transformateurs de liaison au réseau 20 kV de la SRE,