

EINE NEUE HOCHFREQUENZ-MESSBRÜCKE

Von

I. VÁGÓ

Lehrstuhl für Theoretische Elektrizitätslehre — Technische Universität Budapest
(Eingegangen am 8. Mai, 1961)

Vorgelegt von Prof. Dr. K. SIMONYI

Beim Messen der Antennenimpedanz muß jeweils die Frage geprüft werden, ob die betreffende Antenne mit einer gegen Erde symmetrischen oder unsymmetrischen Spannung gespeist wird. Da die Antennen zum überwiegenden Teil für symmetrische Speisung ausgelegt sind, während sich die bekannten Impedanzmeßgeräte besonders im *UKW*-Bereich zur Messung von Antennen eignen, die asymmetrisch gespeist werden müssen, läßt sich die Impedanz symmetrisch gespeister Antennen nur indirekt messen. Zum Teil machen auch die Abmessungen der bekannten Meßbrücken deren direkten Anschluß an Kurz- und Ultrakurzwellen-Antennen während der Messungen unmöglich, weil ein solcher die Meßergebnisse verfälschen würde.

Die hier zu beschreibende Impedanzmeßbrücke eignet sich zur Ermittlung der Impedanz symmetrisch gespeister Antennen für den Lang-, Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellenbereich und kann so klein gehalten werden, daß man die Möglichkeit hat, sie unmittelbar an die Speisepunkte der Antenne zu legen, ohne damit irgendwie beachtliche Meßfehler zu verursachen.

Wie aus der Literatur bekannt, läßt sich mit der unabgeglichenen Wheatstoneschen Brücke der Reflexionskoeffizient ermitteln. So errechnet sich beispielsweise bei der in Abb. 1 schematisch dargestellten Brücke der Absolutwert des Quotient der Spannungen U_0 und U_1 zu

$$\left| \frac{U_0}{U_1} \right| = \left| \frac{Z}{Z+Z} - \frac{Z_0}{Z_0+Z_x} \right| = \left| \frac{1}{2} - \frac{Z_0}{Z_0+Z_x} \right| = \frac{1}{2} \left| \frac{Z_x - Z_0}{Z_x + Z_0} \right|. \quad (1)$$

Wählt man für die Impedanz Z_0 einen Wert, welcher dem Wellenwiderstand der Speiseleitung der unbekanntes Impedanz Z_x gleich ist, dann wird Gleichung (1) verhältnismäßig mit dem Reflexionskoeffizienten (r) und man hat

$$\left| \frac{U_0}{U_1} \right| = \frac{1}{2} \left| \frac{Z_x - Z_0}{Z_x + Z_0} \right| = \frac{1}{2} |r|. \quad (2)$$

Auf diesem Prinzip beruhen die in asymmetrische Speiseleitungen eingebauten Geräte zum Messen des Stehwellenverhältnisses. Das Schema eines derartigen Gerätes ist Abb. 2 zu entnehmen.

Brücken in der in Abb. 1 dargestellten Schaltung sind zum Einbau in symmetrische Speiseleitungen ungeeignet. Um sie hierfür geeignet zu machen, muß dem Zweig mit der Impedanz Z_0 ein Widerstand $Z_0/2$, dem Zweig mit der Impedanz Z_x hingegen ein Widerstand von $Z_x + Z_0/2$ zugeschaltet werden (Abb. 3), wodurch jedoch der Quotient der Spannung U_0 und U_1 seine Ver-

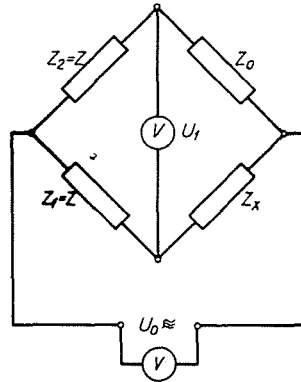


Abb. 1. Schaltschema der zum Messen des Reflexionskoeffizienten geeigneten unabgeglichenen Wheatstoneschen Brücke.

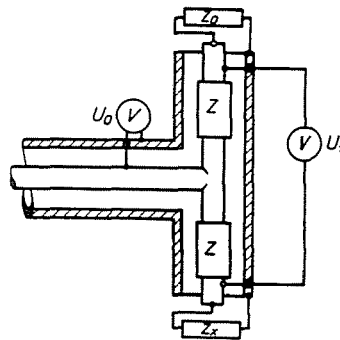


Abb. 2. Ausführungsschema der Meßbrücke gemäß Abb. 1 nach Einbau in eine koaxiale Speiseleitung.

hältnisgleichheit mit dem Reflexionskoeffizienten verliert. Um diese dennoch sicherzustellen, müssen die Impedanzwerte in den beiden anderen Brücken-
zweigen so gewählt werden, daß sie sich zueinander wie 1 : 3 verhalten, daß also $Z_1 = Z$ und $Z_2 = 3Z$ wird (Abb. 3).

Die Spannung (U_1) zwischen zwei Punkten (C, B) des Brücken-
zweiges schreibt sich dann zu

$$U_1 = U_0 \frac{Z}{Z + 3Z} - \frac{Z_0/2}{Z_0/2 + Z_0/2 + Z_x}, \quad (3)$$

worin U_0 die Speisespannung zwischen den Eingangspunkten (A, B) bedeutet.
Für den Absolutwert des Quotienten von U_1 und U_0 hat man hieraus

$$\left| \frac{U_1}{U_0} \right| = \frac{1}{4} \left| \frac{Z_x - Z_0}{Z_x + Z_0} \right| \quad (4)$$

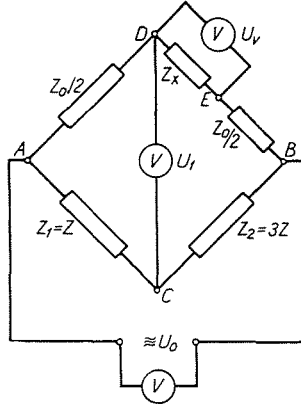


Abb. 3. Meßbrücke gemäß Abb. 1 nach Modifizierung zwecks Einbau in eine symmetrische Speiseleitung

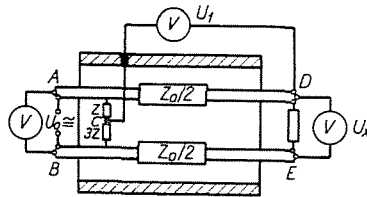


Abb. 4. Ausführungsschema der Meßbrücke gemäß Abb. 3 nach Einbau in eine symmetrische Speiseleitung

Wählt man den Wert von Z_0 gleich dem Wellenwiderstand der Antennenspeiseleitung, dann gilt

$$\left| \frac{U_1}{U_0} \right| = \frac{1}{4} |r| \quad , \quad |r| = 4 \left| \frac{U_1}{U_0} \right| \quad (5)$$

Die so bemessene Meßbrücke kann in eine abgeschirmte symmetrische Speiseleitung eingebaut werden, ohne daß sie deren Symmetrie stören würde (Abb. 4).

Wünscht man bloß den Absolutwert des Reflexionskoeffizienten oder das aus diesem unschwer zu errechnende Stehwellenverhältnis zu ermitteln (wie dies in der Praxis häufig zu genügen pflegt), so lassen sich diese Größen

— im Sinne des Gesagten —, aus den gemessenen Werten von U_1 und U_2 auf rechnerischem Wege leicht bestimmen.

Schreibt man zur Ermittlung des Impedanzwertes den Quotienten der Spannung U_x zwischen den Ecken (D , E) der zu messenden Impedanz und der Eingangsspannung auf, dann erhält man

$$\frac{U_x}{U_0} = \frac{Z_x}{Z_0/2 + Z_0/2 + Z_x} = \frac{Z_x}{Z_0 + Z_x},$$

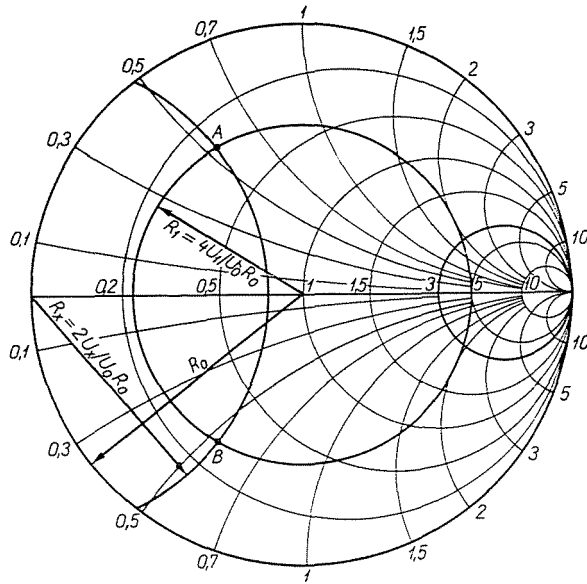


Abb. 5. Auftragung im Smith-Diagramm zur Ermittlung des Impedanzwertes. Die der Impedanz entsprechenden Stellen sind durch die Schnittpunkte der Kreise mit den Halbmessern R_1 und R_x gegeben (Punkt A oder B)

d. h. einen dem $(1 + r)$ proportionalen Wert, da

$$1 + r = 1 + \frac{Z_x - Z_0}{Z_x + Z_0} = \frac{2Z_x}{Z_0 + Z_x}$$

und hieraus

$$|1 + r| = 2 \left| \frac{Z_x}{Z_0 + Z_x} \right| = 2 \left| \frac{U_x}{U_0} \right|.$$

Anhand der bekannten Werte für $|r|$ und $|1 + r|$ läßt sich die gesuchte Impedanz mit Hilfe des Smith-Diagrammes auftragen (Abb. 5). Die Stellen mit konstanten $|r|$ -Werten liegen auf einem um das Zentrum des Diagrammes als Mittelpunkt mit dem Radius r gezeichneten Kreis (in der Abbildung auf dem

Kreis mit dem Halbmesser R_1), während die Stellen mit konstanten $|1 + r|$ -Werten auf einem um den Kurzschlußpunkt als Mittelpunkt mit dem Radius $|1 + r|$ gezogenen Kreis gelegen sind (in der Abbildung auf dem Kreis mit dem Radius R_x). Einer der beiden Schnittpunkte (A, B) dieser Kreise entspricht der unbekanntem Impedanz.

Die den Punkte A und B zugehörigen Impedanzen sind einander konjugiert, und die ihnen zugeordneten Reaktanzen haben entgegengesetzte Vorzeichen. Häufig läßt sich das Vorzeichen der reaktiven Komponenten aus dem Charakter der zu ermittelnden Impedanz oder aus ihrer Frequenzabhängigkeit allein bestimmen. Will man das Reaktanzvorzeichen durch Messung ermitteln, dann muß zwischen die Brücke und die zu messende Impedanz ein im Vergleich zur Wellenlänge kurzes Speiseleitungsstück zwischengeschaltet und die Messung in dieser Anordnung wiederholt werden. Steigt der Wert von U_x im Vergleich zum früheren Zustand an, dann ist die Belastung induktiv (Punkt A), sinkt er ab, dann ist sie kapazitiv (Punkt B).

Die Abmessungen der Impedanzmeßbrücke lassen sich ganz klein halten, bloß müssen die Spannungen U_0, U_1 und U_x von der Brücke weggeleitet und die Spannungsmesser so weit von der Antenne untergebracht werden, daß man die Meßergebnisse bequem ablesen kann.

Zusammenfassung

Die bekannten Geräte zum Messen der Antennenimpedanz eignen sich vornehmlich im UKW-Bereich in erster Linie zum Messen von Antennen, die asymmetrisch gespeist werden müssen. Ein großer Teil der Antennen bedarf jedoch symmetrischer Speisung. Überdies ist ein Teil der bekannten Meßbrücken so groß, daß sie bei Kurz- und Ultrakurzwellen während des Messens nicht unmittelbar an die Antennen gelegt werden können, weil dies die Messung verfälschen würde.

Die hier beschriebene Meßbrücke eignet sich zum Messen der Impedanz symmetrisch bespeister Lang-, Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellen-Antennen und kann dank ihren kleinen Abmessungen direkt an die Antenne angeschlossen werden, ohne daß dies beachtenswerte Meßfehler verursachen würde. Die Impedanzbrücke beruht auf der praktischen Anwendung jenes bekannten Prinzips, demzufolge sich der Reflexionskoeffizient mit Hilfe einer unabhängigen Wheatstoneschen Brücke durch Messung ermitteln läßt.

I. VÁCÓ, Budapest, XI. Múgyetem rkp. 3., Ungarn.