

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Neue Brückenschaltung zur Ermittlung der Reaktanz und der Verluste von grossen Hochspannungsdrosselspulen (Reaktoren)  
**Autor:** Buchmann, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916596>

### **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:** 02.04.2025

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

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)  
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## Neue Brückenschaltung zur Ermittlung der Reaktanz und der Verluste von grossen Hochspannungsdrosselspulen (Reaktoren)

Von E. Buchmann, Effretikon

621.317.733 : 621.318.43

*Eine neue Brückenschaltung für die Ermittlung der Reaktanz und der Verluste von grossen Hochspannungsreaktoren (Drosselspulen oder Kondensatoren) wird in den Grundzügen beschrieben; es werden auch praktisch ermittelte Messwerte mit den Resultaten der kalorimetrischen Verlustmessung verglichen.*

*L'auteur décrit les principes essentiels d'un nouveau montage en pont pour la détermination de la réactance et des pertes de grands réacteurs à haute tension (bobines de réactance ou condensateurs). Il compare également les valeurs mesurées en pratique avec les résultats de la mesure calorimétrique des pertes.*

### 1. Probleme der Messung der Wirkleistung einer Impedanz mit sehr kleinem Verlustwinkel

Die Ermittlung der Verluste einer Impedanz erfolgt üblicherweise mittels Messinstrumenten (Wattmeter), welche oft über Messwandler angeschlossen werden müssen. Bei sehr kleinem Leistungsfaktor ( $\cos \varphi \ll 0,1$ ) wird die Verlustmessung mittels Messinstrumenten und Messwandlern jedoch problematisch, weil die Eigenfehler der Instrumente und Messwandler die Messresultate in zunehmendem Masse stark beeinflussen können. Seit langer Zeit wurde darum versucht, in solchen Fällen die Verlustwerte in Brücken-Schaltungen im Vergleich mit einem geeigneten Normal ermitteln zu können, denn die Brückenmethoden ergeben in der Regel genauere Messresultate.

Währenddem sich für Kapazitäts- und Verlustwinkelmessungen an Kondensatoren zum Beispiel die Scheringbrücke bestens bewährt hat, besteht für die Messung an Induktivitäten, insbesondere für Messungen mit Hochspannung, noch eine gewisse Lücke von geeigneten, zuverlässigen und relativ einfachen Brücken-Meßschaltungen.

Bei fast allen gebräuchlichen Brückenmethoden wird das Brückengleichgewicht durch einen elektrischen Potentialabgleich in den beiden Brückenarmen erreicht; demgegenüber beruht die neue, vom Verfasser entworfene Brückenschaltung auf einem magnetischen Nullabgleich eines Differential-Ringkernes.

### 2. Brückenschaltung für die Reaktanz- und Verlustwinkelmessung an Hochspannungsreaktoren mittels eines Differential-Ringkernes

In Fig. 1 ist das prinzipielle Schaltschema der neuen Brückenmethode schematisch dargestellt. Über einen verlustfreien Normalkondensator  $C_N$  wird der Differentialringkern durch die Wicklung  $W_1$  mit dem Strom  $i_1$  erregt. Der durch den Prüfling fließende Strom  $i_x$  wird über die Primärwicklung des Zwischen-Stromwandlers  $IW$  nach Erde geführt. Der Sekundärstrom dieses Zwischen-Stromwandlers erzeugt am Nebenwiderstand  $R_{sh}$  einen dem Primärstrom  $i_x$  praktisch proportionalen, und mit diesem in Phase liegenden Spannungs-

abfall. Über die Regulierglieder  $R_v$  und  $C_v$  werden nun dem Differential-Ringkern über die Wicklungen  $W_2$  und  $W_3$  die beiden gegeneinander um  $90^\circ$  phasenverschobenen Ströme  $i_2$  und  $i_3$  zugeführt und in ihrer Grösse solange verändert, bis die Abgleichbedingung:

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

erfüllt ist.

Der Ringkern ist nunmehr in abgeglichenem Zustand unerregt, weshalb der magnetische Fluss ebenfalls praktisch Null ist. Die Impedanzen der Erregerwicklungen reduzieren sich demzufolge auf den Ohmschen Widerstand, vorausgesetzt, dass die Streuung zwischen den Wicklungen vernachlässigbar klein gehalten werden kann.

Wie *W. Rump* [1] <sup>1)</sup> bei seinen Untersuchungen festgestellt hat, ist bei einem Ringkern die Streuung zwischen den einzelnen Wicklungen vernachlässigbar klein ( $< 10^{-5}$ ), sofern der Kern vollständig und gleichmässig von jeder Wicklung umschlungen wird.

Zur Erreichung einer genügenden Messempfindlichkeit ist es zudem notwendig, ein Kernmaterial mit hoher Anfangspermeabilität zu verwenden ( $\mu_a > 20\,000$ ), weil der Ringkern im abgeglichenen Zustand praktisch nicht erregt wird.

Unter der Annahme gleicher Windungszahlen der Wicklungen  $W_1$ ,  $W_2$  und  $W_3$  lassen sich für grosse Hochspannungsreaktoren aus der erwähnten Abgleichbedingung, unter Vernachlässigung der Fehler zweiter Grössenordnung, die folgenden Gleichungen ableiten:

$$\omega L_x = \frac{1}{\omega C_N} \cdot \frac{R_{sh}}{i(R_v + R_{sh})}$$

und

$$\operatorname{tg} \delta_x = R_v C_v \omega$$

Aus dem Schaltschema in Fig. 1 ist zu ersehen, dass insbesondere der Fehlwinkel des Zwischen-Stromwandlers  $IW$ , aber auch der Phasenfehler des Nebenwiderstandes  $R_{sh}$  direkt in das Messergebnis des Verlustwinkels  $\operatorname{tg} \delta_x$  eingehen. Es ist daher von diesen beiden Messgliedern ein möglichst kleiner Eigenfehler zu fordern.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

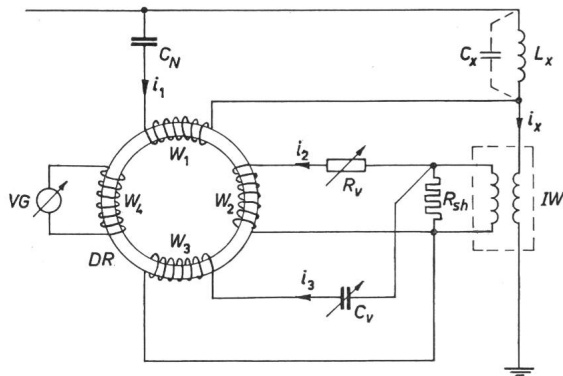


Fig. 1

**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

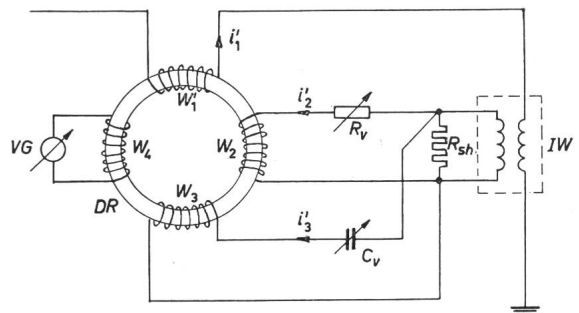


Fig. 2

**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.