Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik
Studiengang: Allgemeine
E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

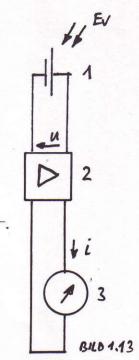
4 Indirektes Messen von Spannung und Strom

4.1 Kompensationsprinzip

Durch Anwendung des Kompensationsprinzips sind vergleichsweise genaue Spannungs-, Strom- oder Widerstandsmessungen möglich. Über geeignete Teilerschaltungen wird dabei die Meßgröße häufig über Widerstandswerte bestimmt.

Bei <u>Teilkompensation</u> (Ausschlagverfahren) wird ein einstellbarer Wert der Meßgröße unterdrückt und die Abweichung von diesem Wert als Spannung oder Strom abgebildet.

Bei vollständiger Kompensation werden ein oder mehrere Widerstände so eingestellt, bis entweder die Meßgröße selbst kompensiert wird (Spannungs- oder Stromkompensator) oder bis die Ausgangsgröße einer sog. Brückenschaltung – die den unbekannten Meßwiderstand beinhaltet – zu Null wird.



MESSIETTE ZUR NESSUN DER DELEUCHTUNGSSTÄR MIT PHOTDELEMENT 1, VENSTÄMLER 2 UND AN ZEIGEINSTAMMENT 3

Kompensations- und Ausschlagverfahren. Der geschlossene Wirkungskreis einer gegengekoppelten Meßeinrichtung bedeutet immer eine Kompensationsmessung. Die Meßgröße wird mit einer Referenz verglichen und die Messung ist durchgeführt, wenn die Differenz genügend klein geworden ist. Für die Genauigkeit ist der Übertragungsfaktor k_g im Rückwärtszweig maßgebend.

Von diesem Kompensationsverfahren ist das Ausschlagverfahren zu unterscheiden, das der Kettenstruktur von Bild 1.13 zugrundeliegt. Dort laufen die Signale nur in Vorwärtsrichtung, ohne eine Rückführung. Die Genauigkeit der Meßkette wird bestimmt durch die Genauigkeit aller in der Kette liegenden Glieder.

Meßeinrichtungen mit Kreisstruktur benötigen immer eine Hilfsenergie, um das rückgeführte Signal, die Vergleichsgröße, zu erzeugen. Dafür wird dem Meßobjekt keine Energie entzogen, da ja die Meß- und die Vergleichsgröße gleich groß sind (Gl. (1.56)). Bei den Kompensationsverfahren ist eine Rückwirkung vom Meßgerät auf das Meßobjekt praktisch nicht vorhanden. Eine Spannung z.B. kann gemessen werden, ohne die Quelle mit einer Stromentnahme zu belasten.

Meßtechnik für Elektrotechnik

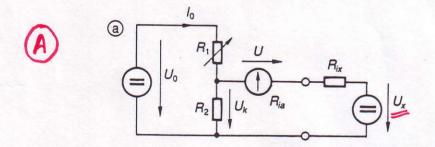
Fachbereich: Elektrotechnik
Studiengang: Allgemeine
E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

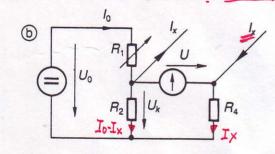
Qualitative Behandlung der Prinzipschaltungen

Alle drei Kompensationsschaltungen zur Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessung enthalten eine Spannungsquelle, mindestens zwei Widerstände zur Spannungsbzw. Stromteilung und ein Spannungs- bzw. Strommeßinstrument, das bei Teilkompensation im Ausschlagverfahren, bei vollständiger Kompensation jedoch lediglich als Nullindikator betrieben wird (Bild 8.1a-c).

Teilkompensation oder vollständige Kompensation kann bei diesen mit Gleichspannung betriebenen Schaltungen durch geeignete Einstellung eines Widerstandes, z. B. des Widerstandes R_1 , erzielt werden.



BEISHEL TEILKON PENSATION DZU. VOLUSTĀNDIGE KOMPENS. (SIEHE S.90)



"SAUGSCHALTUNG" NACH MERZ NND STANEK

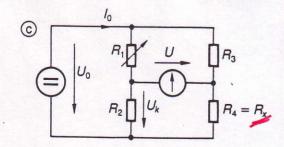


Bild & 1

Kompensationsschaltungen zur

- a) Spannungsmessung (U_x) ,
- b) Strommessung (I_x) ,
- c) Widerstandsmessung (R_x) . (WHEATSTONE)

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

In der Kompensationsschaltung nach Bild 8.1a kann eine unbekannte Spannung U_x durch die am Widerstand R_2 anliegende Spannung U_k kompensiert werden.

In der Kompensationsschaltung nach Bild 8.1b wird ein unbekannter Strom I_k kompensiert, indem Spannungsgleichheit an dem von $(I_0 - I_x)$ durchflossenen Widerstand R_2 und an dem von I_x durchflossenen Widerstand R_4 erreicht wird.

Schließlich wird in der Kompensationsschaltung nach Bild 8.1c – einer Wheatstoneschen Brückenschaltung – ein unbekannter Widerstand R_x dadurch bestimmt, daß die Spannung an R_x durch die Spannung U_k an R_2 kompensiert wird. Eine Wheatstonesche Brückenschaltung kann man sich also entstanden denken aus zwei Spannungsteilern, die von der gleichen Quelle gespeist werden und deren Teilspannungen miteinander verglichen, d. h. voneinander subtrahiert werden.

Wechselstrombrückenschaltungen benötigen zwei Abgleichelemente und gestatten damit die Bestimmung komplexer Widerstände Z_r .

Meßtechnik für Elektrotechnik

in der Kompensationsschaltung nach Bild 8.1a kann eine unbekannte Spannung U, durch die am Widerstand R, an-

FUR U=0 FOLGT:

$$\frac{Ria + Rix + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}{Ria} = \frac{R2}{R_1 + R_2} U_0 - U_X$$

$$\frac{Ria + Rix + \frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2}}{Ria} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_0 = -U \times$$

$$U_{X} = \frac{R_{z}}{R_{1}+R_{z}} \cdot U_{0} - \frac{R_{i}\alpha + R_{i}X}{R_{i}\alpha} \frac{R_{1} \cdot R_{z}}{R_{i}\alpha}$$

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang: Allgemeine

Elektrotechnik F-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

Teilkompensation und vollständige Kompensation von Spannungen

Bei der im Prinzip bereits vorgestellten Schaltung zur sog. einfachen Kompensation berechnet sich bei unvollständiger Kompensation die Spannung U am Anzeigeinstrument abhängig von den in Bild 8.1a gegebenen Größen zu

TEILICOMPEN -SATION

$$U = \frac{R_{ia}}{R_{ia} + R_{ix} + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0 - U_x \right).$$

Bei vollständiger Kompensation (U = 0) wird die Leerlaufspannung Ur der Meßspannungsquelle belastungsfrei gemessen und berechnet sich zu

VOUSTANDIGE **LOMPENJATION**

$$U_{x} = \frac{R_{2}}{R_{1} + R_{2}} U_{0} .$$

Steht keine hochgenaue, elektronisch stabilisierte Normalspannungsquelle zur Verfügung, so muß für Präzisionsmessungen der Einfluß des Entladezustands der als Hilfsspannungsquellen verwendeten Akkumulatoren oder Batterien auf die Leerlaufspannung U_0 und auf den in R_1 enthaltenen Innenwiderstand berücksichtigt werden. Dies geschah früher mit geeigneten Meßschaltungen zur sog. doppelten Kompensation, z. B. mit dem Feußner-Kompensator oder mit dem Kaskadenkompensator.

Allen derartigen Schaltungen zur doppelten Kompensation ist gemeinsam, daß zunächst (Schalterstellung 1) gemäß Bild 8.2 durch Vergleich mit der bekannten Spannung U_N eines Normalelements ein dekadischer Wert für den Strom I_0 , z. B. 100 μ A oder 1 mA, eingestellt wird. Dazu muß R_2 auf U_N/I_0 eingestellt und mit R_1 der Abgleich durchgeführt werden.

auf die Leedeufspaanung Lie und auf den in R. enthaltenen

her mit geigneten Meßschaltungen zur sog dahurten

 $NN = \frac{RN}{R} \cdot N$ STELLUNG

 $V_X = \frac{R_X}{R} \cdot V$

 $\frac{N_X}{N_N} = \frac{R_X}{R} \cdot \frac{R}{R_N}$

 $\frac{Nx}{NN} = \frac{Rx}{RN} = Nx = \frac{Rx}{RN} \cdot NN$

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

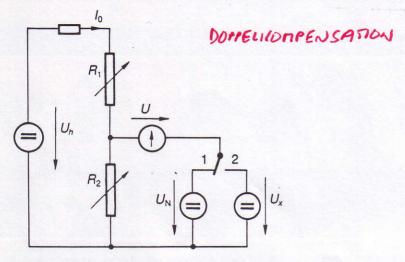
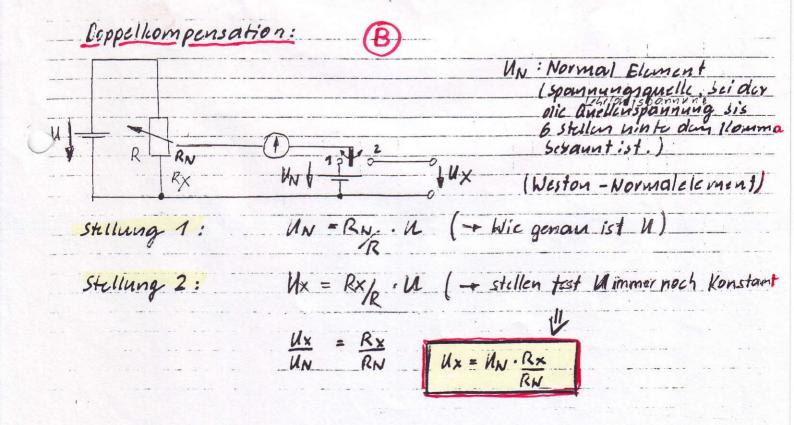


Bild 8.2. Prinzip der doppelten Kompensation.

Anschließend (Schalterstellung 2) erfolgt die eigentliche Messung der unbekannten Spannung U_x , indem mit R_2 abgeglichen wird, gleichzeitig aber immer R_1 komplementär verstellt wird, um konstanten Gesamtwiderstand $(R_1 + R_2)$ und damit konstanten Strom I_0 zu gewährleisten.

= sich gegenseitig ergänzend



RFH Rheinische

Rheinische Fachhochschule Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Ele Studiengang: Allo

Elektrotechnik Allgemeine E-Technik

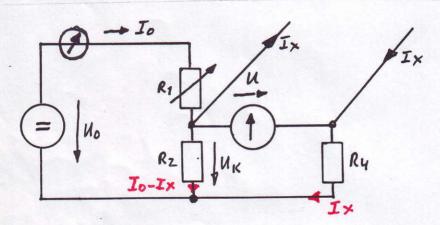
Dipl.-Ing. M. Trier

4.4 Stromkompensation, Saugschaltung

(NACH MERZ UND STANEK)

Mit der in Bild 8.1b dargestellten Schaltung kann ein unbekannter Strom I_x rückwirkungsfrei kompensiert werden. Dazu wird der Widerstand R_1 verändert, bis die Spannung U am Nullindikator (und damit auch der Strom durch den Nullindikator) zu Null wird.

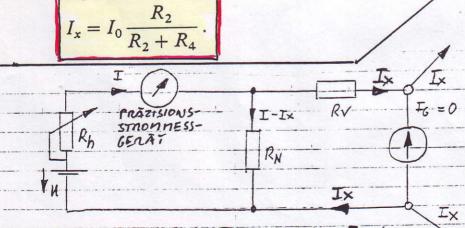




Im abgeglichenen Zustand (U = 0) beträgt

$$(I_0 - I_x) R_2 = U_k = I_x R_4.$$

Der Strom I_x ergibt sich damit zu



Ry unol Ry soliton Prazisionswidystande sein.

RV ist far olic Schaltung sest wichig object ihn soicin einstellen nicht mehr möglich ler giltsie; om olem Ansakz)

EINE

DANSTELLUNG

Oci Abgleich gilt:

Saugsclaiting

Ix = Ix

RN (I -IX) = RV. IX

 $Ix = I \cdot RN$ RV+RN

RFH

Rheinische Fachhochschule Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik
Studiengang: Allgemeine
E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

4.5 Lindeck-Rothe (Strommeßverfahren)

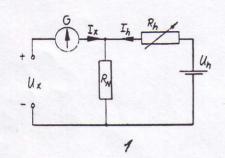
Der Spannung U wird der Spannungsabfall I . R entgegengeschaltet. Dazu wird der Hilfsstrom I so lange verändert, bis das Nullgalvanometer keinen Ausschlag mehr zeigt. 81

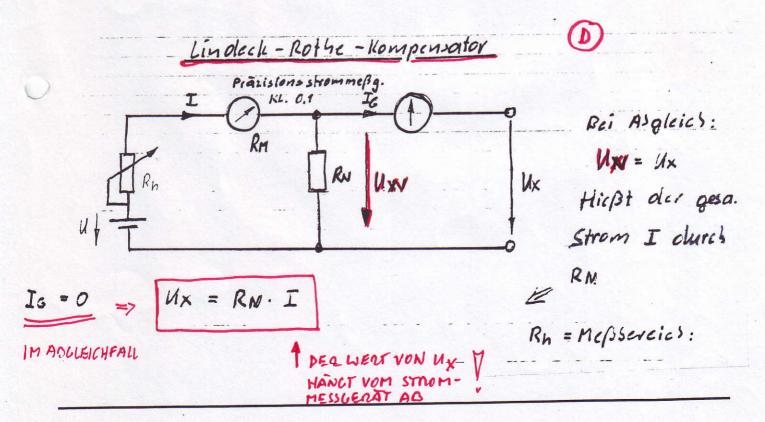
Wenn $U_{x} = I_{h}$. R_{N} , sind zwei gleichgroße Spannungen einander entgegengeschaltet. Deshalb führt das Nullgalvanometer keinen Strom.

Die Spannungsmessungist hier auf eine Strommessung zurückgeführt. Vorteile dieser Schaltung sind:

- 1. Der Spannungsquelle wird keine Leistung entnommen, weil sie keinen Strom abgibt.
- 2. Weil die Zuleitung keinen Strom führt, braucht ihr Widerstand nicht berücksichtigt zu werden, ebensowenig der Widerstand der Spannungsquelle für U.
- 3. Sehr kleine Spannungen können einfacher gemessen werden.

Die Genauigkeit der Messung ist durch R_N und I_h bestimmt. R_N läßt sich mit einer Genauigkeit von ± 0,2 % darstellen, so daß letzten Endes die Genauigkeit der Strommessung bestimmend bleibt. Und hier ist auch die Grenze für die Schaltung nach Lindeck - Rothe gesetzt. Vom Nullgalvanometer wird keine Genauigkeit verlangt, nur soll es in der Nähe des Nullpunktes noch kleine Stromänderungen anzeigen.





Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik
Studiengang: Allgemeine
F-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

4.6 Poggendorf-Kompensator (Potentiometerverfahren)

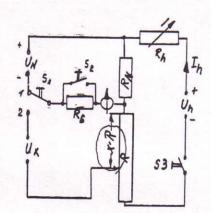
Die doppelte Kompensation nach Poggendorf ist von der Genauigkeit der Strommessung unabhängig. Der Strom I wird so eingestellt (mit Rh), daß ein Spannungsabfall an R ein Maß für U ist.

a) Abgleich:

In Schalterstellung 1 des Schalters S_1 wird der Strom I_h so eine gestellt, daß das Nullgalvanometer den Strom Null zeigt. Die Spannungsquelle U_N gibt eine konstante Spannung. Der Widerstand R_N ist so bemessen, daß der abgeglichene Strom I_h einen für die Meßschaltung bequemen, pennden Wert hat.

b) Messung:

In Schalterstellung 2 des Schalters B_1 liegt $U_{\rm X}$ an R. Jetzt wird der Widerstandsabgriff so lange verschoben, bis das Nullgalvanometer stromlos ist. Nun gilt:



DIE GENAUIGIEIT DEZ MESSUNG IST NUR VON UN; RN UND R BZW. DER TEILUNG VON R ABHANGIG O

In beiden Fällen wird nur ein Meßgerät gebraucht, das Nullgalvanometer. Die Genauigkeit der Messung K2 ist nur von U_N, R_N und R, bzw der Teilung von R abhängig.Die Widerstände lassen sich mit einer Genauigkeit von 0,2 - 0,5 o/oo herstellen.(je nach Größe).

Stufenwiderstände: $\mathbb{R} \ge 0$, of $\Omega \pm 5$ o/co; $\mathbb{R} \ge 0$, 1 $\Omega \pm 1$ o/co; $\mathbb{R} \ge 1$ $\Omega \pm 0$, 2 o/co.

zwischen 10-4 \$ und 10 6 \$ + 0,1 bis 0,2 0/00

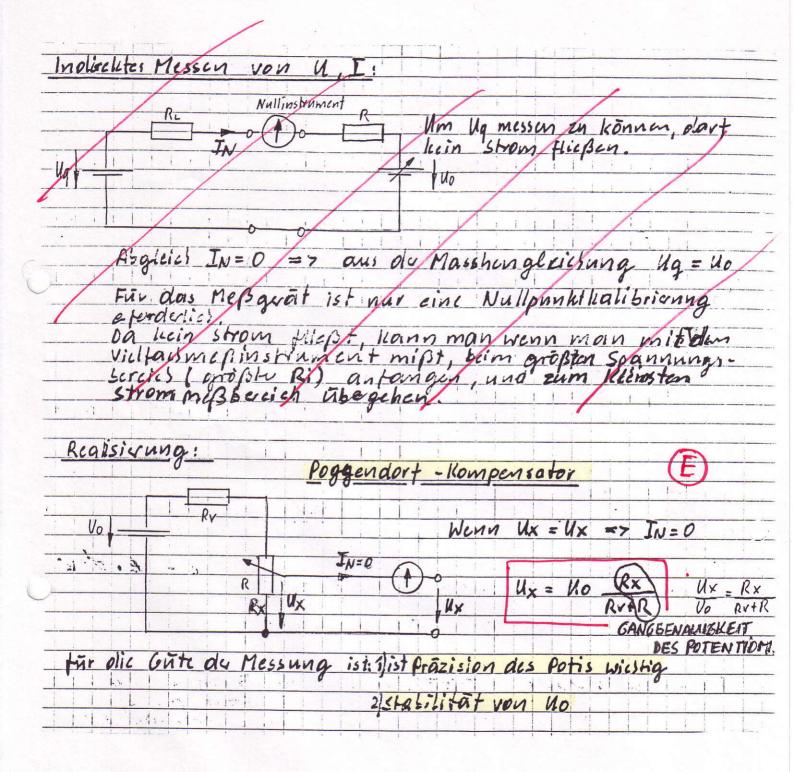
Für die Normalspannungsquelle gebraucht man eine Konstantspannungsquelle mit einer Genauigkeit + 0, 5 % oder ein Weston - Normalelement. Das Weston - Normalelement hat, unbelastet, zwischen + 10°C und + 30°C eine konstante Spannung von 1,01864 V.

Der Abgriff kann über Dekaden oder Pekaden und eine Schleifdraht erfolgen.

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik
Studiengang: Allgemeine
E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier



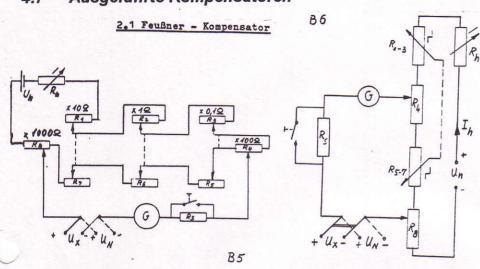
Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang:

Elektrotechnik Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

4.7 Ausgeführte Kompensatoren



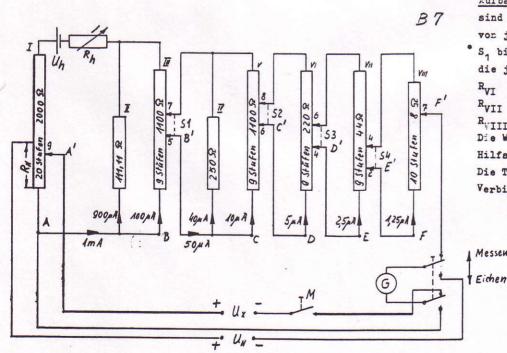
Die Dekaden R1/R7; R2/R6; R3/R5 sind Doppelkurbel - Widerstandsdekaden. Diese Dekaden sind so geschaltet, daß z.B. $R_4 + R_7$ immer = 10 x 10 Ω . Damit wird erreicht, daß der einmal eingestellte Hilfsstrom I durch die Widerstandsände= rungen beim Augleich nicht verändert wir Kurbelwiderstandsdekaden haben eine hohe Konstanz. Man wählt für die Doppelkurbel Widerstandsdekaden die Dekaden mit den niedrigsten Werten. Damit wird der Einfluß der Abweichungen zwischen den einze nen Teilwiderständen auf den Gesamtwider stand am kleinsten.

Wegen der hohen Genauigkeit der verwendeten Widerstände kann hier auf einen Normalwiderstand verzich tet werden. Zum Einstellen des Hilfsstromes von o,1 mA wird das Normalelement (U_N) zugeschaltet, der Widerstand R = 10 000 x U eingestellt und dann mit dem Widerstand R der Hilfsstrom Ih so lange verstellt, bis das Galvanometer stromlos ist.

Nun kann die unbekannte Spannung $\mathbf{U}_{\mathbf{x}}$ angelegt werden. Anschließend werden die Kurbelwiderstände verstellt, bis das Galvanometer stromlos ist.

Das umgezeichnete Schaltbild läßt die Funktion besser erkennen. (86)

2.2 Kaskaden - Kompensator



Aufbau: Die Stufenwiderstände I, III u.V sind aus 20 bzw. 11 und 11 Widerständen von je 100 A aufgebaut. Die Schalter S, bis S, sind Doppelkurbel - Schalter, die jeweils zwei Teilwiderstände abgreif 11 Teilwiderstd. je 20 \O R_{VII} 11 "

je 0,8 Q R_{VIII} 10 Die Widerstände II und IV sollen die Hilfsströme aufteilen.

Die Taster E und M geben die nötigen Verbindungen für Eichen bzw. Messen.

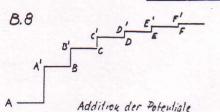
Messen

Rheinische Fachhochschule

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Allgemeine Studiengang: E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

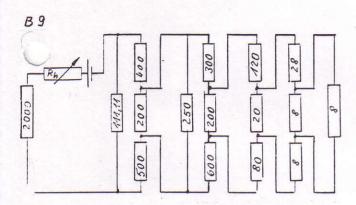


Wirkungsweise: Gleichgültig, welche Stellung die Doppelkurbel - Schalter haben, der Eider= K3 stand für In bleibt nur von R abhängig. Ebenso bleibt die von den Schaltern abgegriffene Teilspannung von ihrer Stellung unabhängig, so daß auch die Teilbeträge von I konstant bleiben. Für die Messung ergibt sich als Kompen= sationsspannung die Summe der Potentiale:

$$U_{-} = (A' - A) + (B' - B) + \dots (F' - F)$$

Für die gezeichnete Einstellung (B 7) ergibt sich:

 $U_{\perp} = 1 \text{ mA.} 900\Omega + 0,1 \text{ mA.} 500 \Omega + 0,01 \text{ mA.} 600 \Omega + 0,005 \text{ mA.} 80 \Omega + 0,0025 \text{ mA.} 80 + 0,00125 \text{ mA.} 5,6 \Omega$ = 956.427 mV



Die Widerstände sind so bemessen, daß jede Stufe, außer der ersten und der letzten, o - 9 einer Dekade ergibt. Die erste Stufe geht bis 2 V und die letzte bis 10 kV.

Meßgenauigkeit: ± 0,005 %; ± ca. 0,5 ¼ V

1 UV ... 2,1 V ; I = 1 mA

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang: Allgemeine

Elektrotechnik F-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

Kompensationsschreiber. Der in Bild 2.51 gezeigte Linienschreiber enthält einen automatischen Spannungskompensator in der Schaltung von Bild 2.41. Das Potentiometer ist ringförmig ausgeführt. Mit seinem Abgriff ist der auf einer Schiene laufende Schreibwagen gekoppelt. Dieser trägt entweder eine tintengefüllte Feder oder einen Faserstift. Bei der Ausführung als Punktdrucker können über einen Umschalter nacheinander mehrere Meßgrößen gemessen

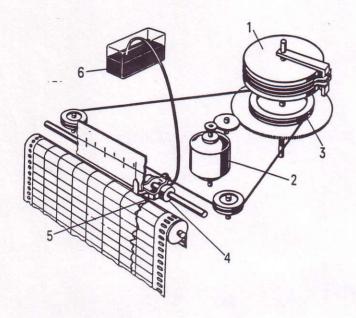


Bild 2.51: Kompensations-Linienschreiber Γ0.177

- 1 Abgleichpotentiometer
- 2 Meßmotor
- 3 Seilscheibe
- 4 Schreibwagen
- 5 Schreibfeder
- 6 Tintentank

werden. Im Schreibwagen befindet sich dann ein Druckwerk, das bis zu 24 unterschiedliche Spuren markiert.

x/y-Kompensationsschreiber. Die bisher erwähnten Schreiber registrierten den Verlauf einer Meßgröße in Abhängigkeit von der Zeit t; sie sind x/t-Schreiber mit der Zeit als kontinuierlich verlaufende, unabhängige Variable. Die x/y-Schreiber hingegen enthalten getrennte Meßwerke für die beiden Größen x und y. Beide Meßsysteme steuern einen gemeinsamen Schreibwagen, der sich in einem rechtwinkligen Koordinatensystem bewegt. Damit ist es nun möglich, eine Größe y (Ordinate) in Abhängigkeit von einer anderen Größe x (Abszisse) darzustellen. Kennlinien können so direkt aufgezeichnet werden (Bild 2.52).

RFH

Rheinische Fachhochschule Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang:

Elektrotechnik Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

Der automatische Kompensator

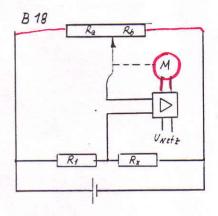
K 4

Die Kompensationsmeßmethoden haben gegenüber Meßverfahren in Ausschlagschaltung den Vorteil der wisertlich höheren Genauigkeit. Dem stehen als Nachteile gegenüber: 1. Der höhere Aufwand, 2. der Abglich
dauert einige Sekunden und 3. die Schaltung muß für jeden Abgleich von Hand bedient werden. Automas
tische Kompensatoren sind noch teuerer, haben jedoch eine erheblich kürzere Einstellzeit und verlangen
keine Handbedienung.

3.4 ____Selbstabgleichende Kompensatoren mit Potentiometer

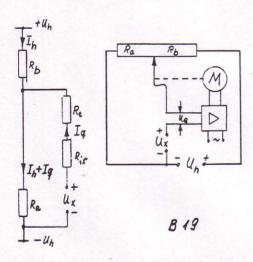
3.4.1 Prinzip der Widerstandsmessung

Zur Widerstandsmessung ist der Kompensator als selbsttätig abgleichende Wheatstone - Meßbrücke geschaltet. Die Querspannung der verstimmten Meß rücke wird verstärkt. Die verstärkte Spannung treibt einen Motor an, der mit dem Schleifkontakt der Schleifdrahtmeßbrücke gekoppelt ist. Der Motor verstellt den Schleifkontakt im Sinne des Abgleichs. Der selbsttätige Abgleich ist beendet, wenn die übrigbleibende Spannung so klein ist, daß der Motor trotz der Verstärkung nicht mehr anspricht. Mit dem Schleifkontakt ist ein Zeiger verbunden, der an einer Skala die Potentiometerstellung anzeigt.



Außerdem ist i.a. eine Schreibfeder mit dem Zeiger gekoppelt. Der Motor ist so kräftig und die Veestärkung so hoch, daß die Schreibkraft keine Rückwirkung auf die Messung hat.

3. 4.2 Prinzip der Spannungsmessung



Der selbsttätige Abgleichsetzt der Spannung U die Querspannung der Brücke entgegen. Die Brücke wird dann so lange verstimmt, bis U = - U , d.h. U = 0. $U_{\chi} - I_{q} \cdot R_{\chi i} - I_{q} \cdot R_{e} = I_{h} \cdot R_{a} + I_{q} \cdot R_{e}$ $U_{\chi} - I_{q} \cdot R_{\chi i} - U_{e} = I_{i} \cdot R_{a} + I_{q} \cdot R_{e}$ $R_{\chi i} = Innenwiderstand und Leitungswiderstand der Spannungsquelle$ $U_{\chi} - I_{q} \cdot R_{\chi i} - U_{e} = I_{i} \cdot R_{a} + I_{q} \cdot R_{e}$ $= I_{h} \cdot R_{e}$ $U_{h} \cdot \frac{R_{e}}{R_{a} + R_{h}}$

Die letzte Formel zeigt klar, daß die Konstanz der Hilfsspannung U_h für die Genauigkeit der Messung entscheidend ist. Stabilisierungsschaltungen mit Zenerdioden gewährleisten eine Genauigkeit von ± 1 ‰, d.h. für den Hilfsstrom von 1 mA eine Toleranz ± 1 µA - und das bei Schwankungen der Speisesspannung von ± 10 ‰. Der Innenwiderstand der Speisespannungsquelle braucht nicht berücksichtigt zu werden, weil die Klemmenspannung U_h konstant gehalten wird.

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang:

Elektrotechnik Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

4. 8 Meßzangen für Strom und Spannung

Für die Messung von hohen Strömen oder Spannungen verwendet man bei stationären Anlagen Wandler.

Für die nichtstationäre Messung von Strömen und Spannung, verwendet man heute Strom- (Spannungs-) Meßzangen. Sie erlauben eine direkte, quasi berührungslose Messung. Das heißt, eine Messung ist jederzeit möglich ohne vorher aufwendige Installationsarbeiten vornehmen zu müssen. Eine direkte Berührung mit dem stromführenden Leiter, kommt ebenalls nicht zu stande.



Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich:

Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

8.4.4 Transformatorische- und Halleffekt-Wandler

Manchmal muß eine Strommessung vorgenommen werden, welche den Meßbereich eines Digitalmultimeters (DMM) übersteigt.

Bei diesen Hochstrom-Anwendungen (typischerweise über 2 A), wobei keine extrem hohe Genauigkeit erforderlich ist, ist eine Stromzange sehr praktisch. Eine solche Stromzange wird um den stromführenden Leiter geschlossen, und wandelt den gemessenen Wert in einen Pegel, welchen das Instrument messen kann.

gibt Grundausführungen von Stromzangen: transformatorische Es zwei Stronrwandler, mit welchen nur Wechselströme gemessen werden können und Halleffekt-Wandler, womit man Wechsel- wie auch Gleichströme messen kann.

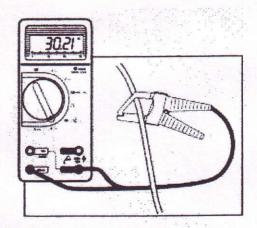
Der Ausgang eines transformatorischen Stromwandler betragt 1 Milliampere pro Ampere. Ein Stromwert von 100 A wird somit auf 100 mA reduziert welcher von den meisten DMMs gut und sicher gemessen werden kann. Die Prüfkabel werden mit den Anschlüssen (mA) und (common) verbunden, und der Funktionsschalter des Instrumentes wird auf (mA Ac) eingestellt.

TRANSFORMATORISCHE MESSWANDLER

NUR WECHSELSTADME

HALLEFFERT-WANDLER

WECHSELSMONE + GLEICH STROME



Ein transformatorischer Stromwandler, wie z.B. der Typ 80i-400 von Fluke, wandelt den zu messenden Strom hinunter. Das DMM zeigt für jedes gemessene Ampère 1 mA an.

MESSIGNAL STRONLIER 100A & 100MA MESSSIGNAL



Meßtechnik für Elektrotechnik

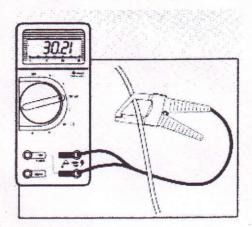
Fachbereich: Elektrotechnik
Studiengang: Allgemeine
E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

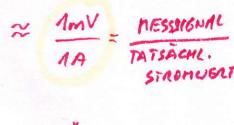
Der Ausgang eines Halleffekt-Wandlers beträgt 1 Millivolt pro Arnpere Wechselstrom oder Gleichstrom.

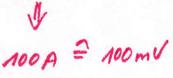
Ein Stromwert von 100 A Wechselstrom wird somit z.B. auf 100 mV Wechselspannung reduziert.

Die Prüfkabel werden mit den Anschlüssen (V) und (Common) verbunden. Stellen Sie den Funktionsschalter des Instrumentes auf (Vac) für Wechselstrom oder auf (Vdc) für Gleichstrom ein.



Ein Halleffekt-Stromwandler Typ 80i-400 von Fluke mißt sicher Hochstrom-Werte in Wechselund Gleichstromkreisen, indem der zu messende Strom hinunter gewandelt, und dieser reduzierte Strom in eine Spannung umgewandelt wird. Das DMM zeigt für jedes gemessene Ampère 1 mA an.





WECHSEL- UND GLEICHS, MONE

RFH

Rheinische Fachhochschule Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang: Elektrotechnik Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

Die neue Klasse in der Wechselstrommessung!

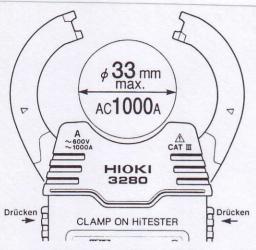


- Einfache Bedienung
- Kompakte und ultraleichte Bauform
- Innovatives Meßprinzip
- Perfekte Isolation
- Hohe Meßgenauigkeit
- Strommessung bis 1000 A ~

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier



- Klein und leicht: nur 16 mm dick und 100 g schwer
- · Für rechts- und linkshändige Bedienung gleichermaßen geeignet
- Abnehmbarer Prüfspitzenhalter für begueme Spannungsmessung
- · Hohe Sicherheit vor Fehlbedienung
- Keine Schmelzsicherung notwendig
- Automatische Abschaltung spart Batterieverbrauch

Meßbereiche

Größe

Wechselstrom

Gleichspannung

Wechselspannung

Widerstand

- separat bewegliche Zangenhälften
- kein berührbarer Eisenkern, dadurch erhöhte Sicherheit
- à auch bei hohen Strömen keine Geräusch- oder Wärmeentwicklung durch Magnetisierung

Allgemeine Daten

Aligemeine D	aten
Strom-Meßmethode	Mittelwert
Anzeige	LCD, maximaler Anzeigewert "4199"
Abtastrate	Schnell: 2,5 Werte / Sekunde Langsam: 1 Wert / 3 Sekunden
Maximaler Leiterdurchmesser	33 mm
Maximale Meßspannung	600 V=/~ eff.
Maximale Stromstärke	2000 A~ eff. Dauerstrom
Auswirkung der Leiterposition	max ±5% in allen Richtungen vom Mittelpunkt der Zange aus
Überlastungsschutz	Spannungsmeßbereiche: 600 V=/~ eff. Widerstandsmeßbereiche: 250 V=/~ eff.
Zusatzfunktionen	Automatische Bereichswahl, automatische Abschaltung, DATA HOLD-Funktion, Anzeige für "Batterie leer"
Räumlicher Einsatzbereich	In geschlossenen Räumen bis 2000 m Meereshöhe
Arbeitstemperatur und Feuchtebereich	0°C40°C; max. 80 % rel. Feuchte, nicht kondensierend
Lagertemperatur	-10°C +50°C
Stromversorgung	1x CR2032 - Lithiumzelle (3 V)
Normenkonformität	Sicherheit: EN61010-1:1993 + A2:1995 Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie III, Überspannungsimpuls 6000 V (Strommessung) Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie II, Überspannungsimpuls 4000 V (Spannungsmessung) EMV: EN 55011/EN50082-1
Abmessungen	57 x 175 x 16 (B x H x T) (in mm)
Gewicht	ca. 100 g

Durchgangsprüfung 420,0 Ω



Meßbereich

420.0 A

1000 A 420,0 mV

4,200 V 42,00 V

420,0 V 600 V 4,200 V

42,00 V

420,0 V 600 V

420,0 Ω 4,200 kΩ 42,00 kΩ

420,0 kΩ 4200 kΩ 42,00 MΩ Genauigkeit

±1,5% v. Meßwert ± 5 Digit

±1,3 % v. Meßwert ± 4 Digit

±2.3 % v. Meßwert ± 8 Digit

±2,0 % v. Meßwert ± 4 Digit

±2,0% v. Meßwert ± 6 Digit

Akustisches Signal bei Widerstand $< 50 \Omega$

9208 Meßleitung

9398 Aufbewahrungstasche

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

HIOKI 3280 Produktbeschreibung

TRANSFORMATORISCHE STROMZA

Neues HIOKI-Zangenmultimeter mit eisenlosen Luftspulen

Das neue Zangenmultimeter HIOKI 3280 verwendet eisenlose Luftspulen als Stromsensoren. Durch den Wegfall des sonst üblichen Eisenkerns ist es kompakt, leicht und damit noch vielseitiger einsetzbar. Obwohl die Auswertung der internen Signale aufwendiger ist als bei konventionellen Geräten, konnte durch Verwendung von modernsten Bauelementetechnologien ein sehr attraktiver Preis ermöglicht werden. Der Verzicht auf freiliegende Metallteile kommt zudem den gestiegenen Ansprüchen nach Sicherheit für Messungen an elektrischen Anlagen entgegen.

Im folgenden werden das Funktionsprinzip, die Konstruktion und die Leistungsmerkmale des neuen

Zangen-Multimeters genauer beschrieben.

1. Einführung

Zangenstrom-Meßgeräte sind besonders bei der Wartung von elektrischen Anlagen weit verbreitet. Diese relativ einfachen Geräte bestehen aus den Zangenarmen, mit denen der zu messende Leiter umschlossen wird, einer Anzeigeeinheit und den Bedienelementen. Die Messung selbst beruht auf dem Transformatorprinzip.

Einrichtungen zur Verteilung elektrischer Energie werden zunehmend kompakter und platzsparender ausgeführt. Dadurch wird es immer schwieriger, die stromführenden Leitungen mit Zangenmeßgerä-

ten zu umschließen. Die Meßzangen sollten daher besonders schmal sein.

In der Praxis werden diese Meßgeräte am häufigsten für Wechselströme von ca. 100 A bis 1000 A benutzt. Mit konventionellen Zangenstrom-Meßgeräten, die einen Eisenkern besitzen, sind die Forderungen nach kleinem Zangenquerschnitt und gleichzeitig hohem Strombereich nur schwer vereinbar: hohe Ströme bewirken bei kleinen Eisenquerschnitten hohe magnetische Flußdichten, die in den Kernen zur Sättigung führen und damit die Meßergebnisse verfälschen.

Zur Erfüllung hoher Sicherheitsstandards sollte die Möglichkeit direkter Verbindungen von Metallteilen

des Meßgeräts mit dem stromführenden Leiter ausgeschlossen sein.

Alle angeführten Forderungen werden mit der neu entwickelten Stromzange HIOKI 3280 erfüllt.

2. Aufbau

2.1 Stromsensor

Der maximale Durchmesser der Meßobjekte beträgt 33 mm.

In den Zangenarmen befindet sich jeweils eine Luftspule mit 2580 Windungen bei einem Drahtdurchmesser von 0,09 mm und einer Länge von 75 mm; der Kerndurchmesser beträgt 3 mm. Zur Isolierung sind die Spulen mit einem hitzebeständigen Kunststoffröhrchen umgeben und an den Enden mit Kunststoffkappen abgedeckt. Diese Spulen sind in die halbkreisförmigen Zangenarme eingeschmolzen, so daß sie einen fast geschlossenen Torus bilden. Der durch die Isolierkappen bedingte Luftspalt ist nur ca. 1 mm breit.

Die Messung des Magnetfeldes des Leiters erfolgt nach dem bekannten Prinzip der Rogowski-Spule. Bei diesem Meßprinzip werden störende Einflüsse von Rückleitern bei Zylinderspulen eliminiert, indem der Draht vom Ende der Spule mit gleicher Windungsrichtung in einer zweiten Lage zum Spulenanfang zurückgewickelt wird. Der maximale meßbare Wechselstrom beträgt 1000 A.

Nachteile, die bei Verwendung von magnetisierbarem Kernmaterial entstehen, wie Wärmeentwicklung, Vibrationen, Induktionseffekte beim Öffnen und Schließen der Zange sowie schlechte Linearität durch Hystereseerscheinungen entfallen mit der Verwendung von Luftspulen.

Der Querschnitt der Zangenarme konnte gegenüber Zangen mit Eisenkernen bei gleicher Nennstromstärke auf etwa ein Viertel reduziert werden. Damit ist das Zangenstrommeßgerät auch in beengten räumlichen Verhältnissen einsetzbar.

RFH

Rheinische Fachhochschule Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang: Elektrotechnik Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

2.2 Schaltungsprinzip

Das Ausgangssignal der Stromsensoren gelangt nach einem Tiefpaßfilter zur Bandbreitenbegrenzung zu einer nichtinvertierenden Verstärkerschaltung und wird anschließend integriert. Da das Stromsensorsignal die zeitliche Ableitung des zu messenden Stromes darstellt, ist diese Integration zur Korrektur des Frequenzganges erforderlich. Nach der analogen Aufbereitung wird das Signal über einen

A/D-Wandler an einen Ein-Chip-Mikrocontroller übergeben, der schließlich die Anzeige auf dem LC-Display steuert.

2.3 Mechanischer Aufbau

Abb. 1 zeigt den Aufbau und die Abmessungen des Zangenstrommeßgerätes. Durch den geringeren Querschnitt der Zangenarme konnten auch die Abmessungen des gesamten Gehäuses kleiner gestaltet werden. Eine Dicke von 16 mm bei einem Gesamtgewicht von nur etwa 100 g stellen in dieser Geräteklasse ein absolutes Novum dar. Die Zangenarme der Stromzange können einzeln betätigt werden, um eine noch größere Flexibilität beim praktischen Einsatz zu ermöglichen.

3. Funktionsprinzip

Durch dem Stromfluß in einem elektrischen Leiter wird ein Magnetfeld erzeugt. Wenn dieser Leiter mit der Stromzange umschlossen wird, ist die Richtung des kreisförmigen Magnetfeldes immer senkrecht zum Querschnitt der Luftspulen. Handelt es sich bei dem Strom im Leiter um einen Wechselstrom, wird durch das entstehende Wechselmagnetfeld in der Spule eine Wechselspannung induziert. Da die Permeabilität der Luftspule konstant ist, ist die Änderung des Magnetfeldes proportional zur Änderung des Stroms im Leiter.

Es gilt folgender Zusammenhang:

$$u_2 = -n_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

 u_2 : induzierte Spannung n_2 : Windungszahl der Spule

 Φ_2 : Magnetischer Fluß um den Leiter



Bei konstanter Permeabilität ist die Änderung des magnetischen Flusses Φ_2 direkt proportional zur Änderung des Stroms i_1 im Leiter. Bezeichnet man den Proportionalitätsfaktor als M (Gegeninduktionskoeffizient mit der Einheit Henry [H]), ergibt sich

$$u_2 = -M \frac{di_1}{dt} \tag{1}$$

Werden zwei Spulen mit den Windungszahlen n_1 und n_2 verlustfrei gekoppelt, ist dieser Proportionalitätsfaktor

$$M = 4\pi\mu_r n_1 n_2 \frac{A}{l} \times 10^{-7} [H]$$

μ; relative Permeabilität A: Querschnitt der Spulen

I: mittlere magnetische Pfadlänge

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

Bei der Anordnung mit der Strommeßzange HIOKI 3280 und den Werten

 $n_2 = 5160$

 $\mu_r = 1$ $A = 7,07 \text{ mm}^2$

/ = 152 mm

ergibt sich $M = 3.02 \times 10^{-7} [H]$.

Bei einem sinusförmigen Strom mit dem Effektivwert I1 ist der zeitliche Verlauf der Momentanwerte $i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin \omega t$.

Eingesetzt in die Gleichung (1) ergibt sich:

$$u_2 = -M \frac{d(\sqrt{2}I_1 \sin \omega t)}{dt}$$

$$u_2 = -M(\sqrt{2}I_1\omega\cos\omega t)$$
 mit $\omega = 2\pi f$:

$$u_2 = 2\sqrt{2}\pi f I_1 \sin\left(2\pi f t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Der Effektivwert der induzierten Spannung ist daher

$$U_2 = 2\pi M f I_1 \tag{2}$$

Da die induzierte Spannung u_2 der zeitlichen Ableitung des zu messenden Stromes proportional ist, muß u_2 integriert werden, um das ursprüngliche Signal zu erhalten.

Die Ausgangsspannung u_0 des Integrators mit der Verstärkung A_v und den Integrationsgliedern C und

$$u_0 = -A_v \frac{1}{RC} \int u_2 dt$$

$$u_0 = \frac{A_v M}{RC} \sqrt{2} I_1 \sin \omega t$$

$$u_0 = \sqrt{2}V_0 \sin \omega t \qquad \text{mit } U_0 = \frac{A_v M}{RC}I_1 \tag{3}$$

Die Integratorverstärkung A_{ν} wird so eingestellt, daß der volle Eingangsspannungsbereich des nachgeschalteten A/D-Wandlers ausgenutzt wird.

Rheinische Fachhochschule

Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Studiengang: Allgemeine

Elektrotechnik E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

4. Frequenzgang und Genauigkeit

4.1 Frequenzgang

Abb. 2 zeigt die Abhängigkeit der induzierten Spannung U_2 von der Frequenz des Meßstroms. Die rechnerischen Werte ergeben sich aus Gleichung (2). Da keine nichtlinearen Elemente - wie z.B. ein Kern aus magnetisierbarem Material - Verwendung finden, stimmen die errechneten mit den gemessenen Werten im wesentlichen überein. Die Spitze bei einigen 100 kHz wird durch die Eigenresonanz der Meßspule verursacht. In der Schaltung des Zangenstrommeßgerätes wird die obere Grenzfrequenz durch einen Tiefpaßfilter auf 1 kHz begrenzt; damit hat die genannte Resonanzerscheinung keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit. Die untere Grenzfrequenz wird durch die Verstärkung des Integrators bedingt auf 4 Hz festgelegt (siehe Abb. 3). Dadurch ist der Frequenzgang auch außerhalb des kommerziellen 50/60 Hz-Bereichs hinreichend linear.

Der Einfluß von externen Magnetfeldern und der Position des Leiters in der Zange ist in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Aus diesen beiden Diagrammen ist ebenso ersichtlich, daß ein Rückleiter neben der Zange keinen signifikanten Einfluß auf das Meßergebnis hat.

An den Luftspalten (Position 2 und 6 in Abb. 5) verringert sich die induzierte Spannung, da wegen des mechanischen Aufbaus ein minimaler Spalt von ca. 1 mm erforderlich ist. Eine Kompensation dieser Effekte ist durch weitere Kompensationswindungen in den Meßspulen oder durch besondere Gestaltung des Luftspaltes denkbar. Diese Möglichkeiten werden Gegenstand zukünftiger Studien sein.

4.2 Abhängigkeit vom Meßstrom

Abb. 6 zeigt die Linearität der angezeigten Meßwerte in Abhängigkeit von verschiedenen Stromstärken. Da die Strommeßzange keinen Kern aus magnetisierbarem Material besitzt, treten auch keine durch Hystereseeffekte bedingten Linearitätsfehler auf.

5. Zusammenfassung

Die Verwendung von eisenlosen Luftspulen als Sensorelemente in Zangenstrommeßgeräten bringt entscheidende Vorteile:

- reduzierte Abmessungen und geringes Gewicht ermöglichen einfachere Handhabung auch bei beengten räumlichen Verhältnissen bei einem sehr attraktiven Preis
- der isolierte Aufbau kommt gestiegenen Sicherheitsanforderungen entgegen
- Meßbereiche für Stöme bis 1000 A sind ohne Verzicht auf hohe Genauigkeit möglich

Zangenmultimeter HIOKI 3281/3282



Signalformunabhängige Effektivwertmessung bis 1 kHz 3281 für Messungen bis 600 A AC, 3282 bis 1000 A AC



Das Zangenmultimeter mit der großen Leistung

- Signalverzerrung des Stroms über den Scheitelfaktor (Crestfaktor) meßbar.
- · Record-Funktion zeichnet Maximal-, Minimal- und Mittelwerte auf.
- Temperaturmessung von -50 bis +150 °C, umschaltbar auf -58 bis 302 °F.
- Frequenzmessung im Bereich von 30 bis 1000 Hz.

Bei 23 °C ±5 °C, 80 % rel. Luftfeuchte maximal. Angaben in Klammern [] für 3281.

		10 -1 0 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10			
Betriebsart	Modus	Bereich	Genauigkeit ± %Anzeige ±Stellen	Max. erlaubtes Eingangssignal	
Wechselstrom (AC A)	RMS (Effektivwert)	30.00	±1,0 % ±0,7 % vom Bereich	600 A _{eff} dauernd	
		300.0	±1,0 % ±5	1000 A max.	
		1000 [600]	±1,0 % ±5 * ¹⁾ [±1,0 % ±5] * ¹⁾	1000A _{eff} f. 5 Minuten (600 A _{eff} dauernd, 1000 A max.)	
	PEAK (Spitzenwert)	30.0	±5 % ±5	600 Aeff dauernd 1000 A max.	
		300	±3 % ±5		
		1000 [600]	±3 % ±5 [±3 % ±5]	1000A _{eff} f. 5 Minuten (600 A _e dauernd, 1000 A max.)	
Wechselspannung (AC V)	RMS (Effektivwert)	300.0 / 600	±1,0% ±3 *2)	600 V AC dauernd	
	PEAK (Spitzenwert)	300 / 600	±3 % ±5	1000 V max.	
Scheitelfaktor (Crest-Faktor)		1.00 bis 5.00	±10 % ±5		
		100,0	±0,3°% ±1	Wie im Strom- und Spannungsbereich	
		1000	±1,0 % ±1		
		1 k / 10.00 k	±1,5 % ±5	Coordinate hailaffarana	
Durchgang		1000 Ω	Summer bei \leq 30 Ω	Spannung bei offenem Eingang: 3 V DC max.	
「emperatur		° C: -50 bis 150	±2,0 % ±2 ± Genauigkeit des	(Widerstand, Durchgang),	
		° F: -58 bis 302	Temperaturfühlers	Überlastschutz: 600 V AC _{RM}	
Anzeige		LCD, digital (Anze	ige max. 3000, (bei Peak 999), E	Bargraph mit 35 Segmenten	

 $^{\star 1)}$ 40 bis 45 Hz, 66 Hz bis 1 kHz ± 1 ,5 % ± 5 $^{\star 2)}$ 40 bis 45 Hz, 66 Hz bis 1 kHz ± 1 ,5 % ± 3

Temperatursensor 9	462 (Thermistor)			
Meßbereich	-50 °C +150 °C		-58 °F +302 °F	
Genauigkeit im Bereich	-50 °C +50 °C:	±3 °C	-58 °F +62 °F:	±6 °F
	+50 °C +100 °C:	±4 °C	+62 °F +182 °F:	±8 °F
	+100 °C +150 °C:	±5 °C	+182 °F +302 °F:	±10 °F

Allgemeine Daten		Frequenzgang	40 Hz bis 1 kHz	
Max. Ø des Leiters	3281: 33 mm max. 3282: 46 mm max.	Max. Leiterspannung	600 Veff, bei isoliertem Leiter	
Arbeitstemperatur Arbeitshöhe			5,55 kV zwischen Gehäuse und Eingangsbuchsen sowie Gehäuse und	
Einfluß der Leiter-	In jeder Position bezogen auf den Zan-		Zangenkern für 1 Minute	
position	genmittelpunkt: 3281: innerhalb 4,0 % 3282: innerhalb 1,0 %	Normenkonformität	Sicherheit: EN61010-1:1993 + A2: 1995, Überspannungskategorie III, Verschmut-	
Einfluß ext. Magnet- feld (400 A AC/m)	3281: 1,5 A max 3282: 0,2 A max.		zungsgrad 2, EN61010-2-031: 1994 EN61010-2-032: 1995	
Dynamik	Bei Vollausschlag im Bereich ≤2,5 (600 A, 3282 1000 A), im 600 V-Bereich ≤1,7		EMV: EN55011: 1991, EN50082-1: 1992	
		Stromversorgung	Batterie, 9-V-Block, IEC 6F22	
Funktionen	RECORD (Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte), DATA HOLD (friert die An-	Stromverbrauch	Ca. 100 mW	
		Betriebsdauer	50 Stunden max. (Dauerbetrieb)	
	zeige ein), AUTO POWER-OFF (autom. Abschaltung, abschaltbar)	Abmessungen (B x H x T)	3281: 62 mm x 218 mm x 39 mm 3282: 62 mm x 230 mm x 39 mm	
Aktualisierung der Anzeige	Standard: 2 pro Sekunde, SLOW: alle 3 Sekunden, FAST: 4 pro Sekunde	Gewicht	Ca. 350 g (3281), ca. 400 g (3282)	
	Bargraph: 4 pro Sekunde	Mitgeliefertes Zubehör	Tasche 9399, Prüfkabel 9207, Haltegurt	

ASM GmbH Automation • Sensorik • Messtechnik

Von-Stauffenberg-Straße 25 82008 Unterhaching Telefon: 089/611 30 26

Telefax: 089/611 15 23

089/615 22 10



Automation Sensorik Messtechnik

RFH

Rheinische Fachhochschule Köln

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

ROGOWSKI-SPULE (STROMSENSOR)

Die klassische Erfassung der Meßgrößen mit Strom- und Spannungswandler gerät in Bedrängnis. Der »Transformator mit seinem Eisenkern«, wie man die Wandlertechnik seit Jahrzehnten kennt, ist zum Angriffsobjekt für Pioniere geworden, die eine neue technische Lösung anbieten. Hier wird ein weites Feld der elektronischen Meßdatenerfassung in Energieverteilungsanlagen aufgegriffen, das eine ideale Ergänzung zur Anlagenleittechnik, zur Betriebsdatenerfassung und zur digitalen Anzeige darstellt.

Gemeint ist hierbei die Meßdatenerfassung mit Hilfe der in Bild 1 gezeigten Rogowski-Spule (Stromsensor). Welche praktischen Auswirkungen hat das speziell für Niederspannungsanlagen, und welchen zusätzlichen Nutzen gewinnt der Anwender mit der neuen Technik? Diese Fragen werden oftmals gestellt.

Neue technische Lösungen auf der Basis bekannter physikalischer Grundlagen

Das Prinzip der Rogowski-Spule (Erfassung des Magnetfeldes eines stromdurchflossenen Leiters mit Hilfe einer eisenlosen Spule [1]) hat jeder Elektrotechniker während seiner Ausbildung schon kennengelernt. Was ist also neu an diesem Gerät? Es ist die praktische Umsetzung und Weiterverarbeitung von Meßgrößen im mA-Bereich. Diese Meßgrößen konnten in der Vergangenheit nicht wirtschaftlich zur örtlichen Anzeige oder Weiterleitung an eine Leitzentrale verarbeitet werden. Heute ist es möglich, diese kleinen Meßwerte unbeeinflußt durch die Starkstromseite kommunikativ und schaltungstechnisch zu nutzen. Damit erhält dieses physikalische Prinzip eine neue Dimension für die praktische Anwendung.

Praktische Lösungen sparen Zeit und Geld

»Es hat keinen Sinn, dem Anwender ständig die Theorie des physikalischen Prinzips zu erklären. Der

Praktiker will wissen, welche Vorteile für ihn die Rogowski-Meßtechnik bringt,« erläutert Dipl.-Ing. Dieter Sander von Habemus, Ostfildern [2]. Dipl.-Ing. Gottfried Fischer fügt hinzu: »Strommeßzangen kennt jeder, und man kennt auch die Grenzendes Einsatzes. Sie sind für ideale ört-

liche Verhältnisse ausreichend. Aber wo finden wir denn heute noch ideale Bedingungen? Die Anlagen werden immer kompakter gebaut. Der Auslastungsgrad wird höher. Es bleibt kaum noch Platz für einen großzügigen Kabelanschluß. Wie soll man dort mit starren Meßzangen arbeiten?«

Hier zeigen sich die Stärken des »Rometer«, wie das Strommeßgerät bei Habemus bezeichnet wird (Bild 2): Es ist eine flexible Spule, die sich zur Einfädelung um den Leiter öffnen läßt und mit Druckknopf-Schnellverschluß wieder verschlossen wird. Durch diese Flexibilität der Spule kann darüber hinaus das Anzeigeinstrument in eine gute Ableseposition gebracht werden, was bei Messungen in beengten Platzverhältnissen

eine große Arbeitserleichterung darstellt.

Die dünne Spule läßt sich sogar mit Hilfe eines Einfädelungswerkzeuges an sehr schwer zugänglichen Stellen plazieren. Eine hochwertige Silikonisolation sorgt für große Einsatzbereiche hinsichtlich Temperatur (bis 130°C) und elektrischer Beanspruchung (bis 5 kV). Somit lassen sich die Meßspulen auch gefahrlos an spannungsführende Teile der Niederspannungsseite anlegen.

Das Meßergebnis hängt nicht von der Spulenlänge ab, das heißt, auch »unförmige« Leiteranordnungen lassen sich jetzt messen (Bild 3). Kostenaufwendige Umbauten der Anlage entfallen somit.

»Es gibt noch viel zu berichten über den Aufbau (kompakt, stoßfest), die Meßgenauigkeit (Fehler kleiner als 1% vom Meßwert), die Strombereiche (80A, 800A, 10kA), den Signalfrequenzbereich (1Hz bis 10kHz), "

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

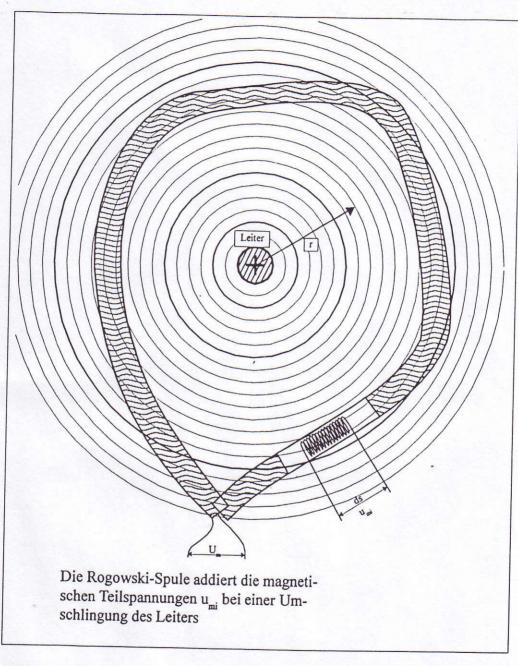


Bild 1: Die beliebige Lage des Leiters bleibt für die Rogowski-Spule (Stromsensor) ohne Einfluß

Meßtechnik für Elektrotechnik

Fachbereich: Elektrotechnik Studiengang: Allgemeine E-Technik

Dipl.-Ing. M. Trier

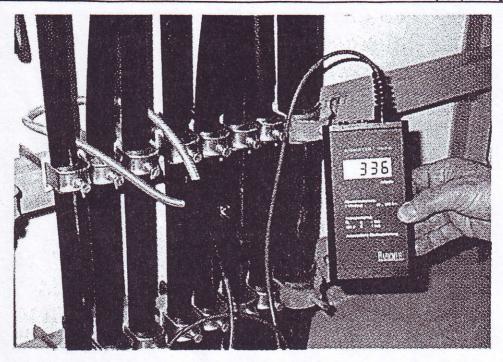


Bild 2: »Rometer« in der Standardausführung mit Schnellverschluß der Meßspule

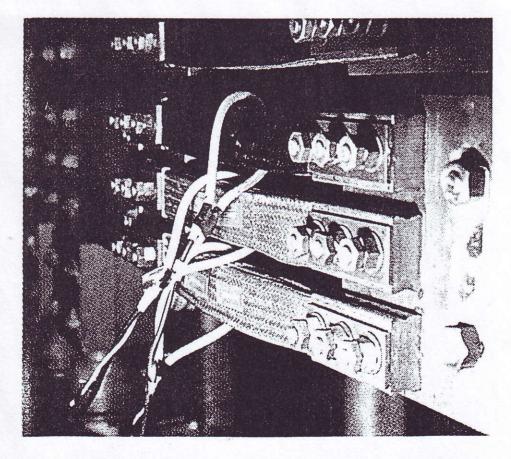


Bild 3: Meßwerterfassung einer Stromaufteilung





LEMFLEX RR3000-SD für Anschluss an Schreiber, Multimeter, Oszilloskop.

Lieferumfang

LEMFLEX RR3000-SD Kabel BNC, 30 cm lang Adapter BNC/Doppelbananenstecker 2 Batterien Option: Steckernetzteil 230V

Technische Daten

Elektrische Eigenschaften

Messbereich Ausgangsempfindlichkeit 300 A Messbereich 3000 A Messbereich

Maximales Ausgangssignal Genauigkeit

Linearität

Reproduzierbarkeit Frequenzgang (-3dB Punkt)

Phasenfehler

Gleichspannungsoffset Temperaturempfindlichkeit Verstärkungsänderung Gleichspannungsoffset Positionsempfindlichkeit

zum Leiter

vom Nachbarleiter (Streu-

(feldeinfluss) Isolation Lastimpedanz

Arbeitstemperaturbereich

30)0A oder 3000 A rms

10) mV/A

3.0 Vrms oder 4.2 V pk

±11%* ±0.05%

±0.1% 8 Hz...7 kHz

<±0.5° @ 50...60 Hz

1 mV

±0.08%/°C ±0.006mV/°C

±7.0%*

± 1.0%*

5 kVrms/60 Hz/1 Min.

>500Ω

-20℃...+85°C

Physikalische Eigenschaften

Stromwandler

Innendurchmesser geschlossen Minimaler Biegeradius

Dicke

Anschlusskabellänge

Material Gewicht

Elektronik-Box

Abmessungen (HxBxT)

Gewicht Material Batterien

Batterielebensdauer Anschlusstecker

Bedienelemente

Schalter (Bereich Ein/Aus)

(bei guter Batteriespannung) Zubehör

Kabel

Adapter

1524 mm 38.1 mm 14.3 mm 2 m

TPE-Gummi, Polypropylen

18:0g

26 x51 x 97 mm

45 g

Kunststoff ABS 2x: 15 V AA-Zellen 30) Stunden

BNC weiblich

300/Aus/3000 A

blinkt pro 3 Sekunden 1x falls RIR3000-SD eingeschaltet ist

Brnc männlich zu BNC männlich, 30 cm Binc weiblich zu 4 mm Biananenstecker 3 V=/100 mA

Externe Speisung (optional)

* Die Genauigkeitsangaben beziehen sich auf

- max. Eingangssignal

- Sonde auf dem Leiter zentriert

- Temperatur 25°C (±3°C)

- Ausgangslast >2 kOhm

Alle Angaben in Prozent des maxima:lenMessbereichs.

Änderungen vorbehalten .









LEMFLEX, der flexible Stromwandler für Multimeter, Schreiber oder Oszilloskop

- grosse Bandbreite
- 1% Genauigkeit
- elektrisch isoliert bis 5 kV
- Strapazierfähigkeit

Mit LEMFLEX wird das Messen von Wechselstrom so einfach wie nie zuvor!

