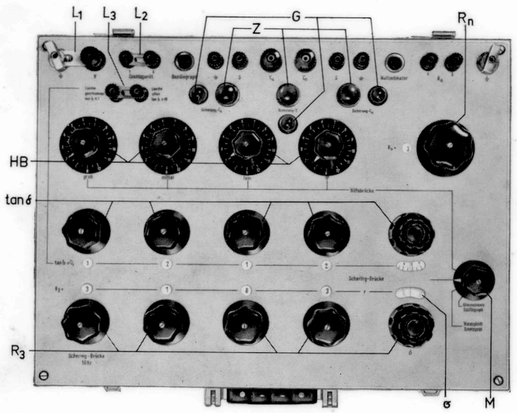
SCHERING-Meßbrücke, Kurzanleitung für direkte tan δ-Ablesung bei 50 Hz



Es bedeutet in den folgenden Formeln:

$R_4 = 1000/\pi = 318{,}31\ \Omega$ bei Einstellung tan $\delta \times 1$; Lasche L_3 geschlossen

$R_4 = 10000/\pi = 3183{,}1\ \Omega$ bei Einstellung tan $\delta \times 10$; Lasche L_3 offen

σ = eingestellter Widerstandswert der letzten Dekade (Schleifdraht) des Brückenabgleichwiderstandes R_3

$\omega = 2\pi f$ f = Meßfrequenz U = Meßspannung.

1. Messung ungeerdeter Prüflinge bei Ladeströmen bis 0,08 A

1.1. Meßschaltung und Anschluß nach Bild 1

Mit Schalter Nebenwiderstand $R_n = \infty$ einstellen.

Brückenwiderstände nicht überlasten (siehe Tabelle)!

Dekade R_3	i_{C_x}
1000 Ω	0,025 A
100 Ω	0,08 A
10 Ω	0,25 A
1 Ω	0,5 A

tan δ	R_4 Ω	i_{C_x}
× 1	1000/π	0,08 A
× 10	10000/π	0,025 A

Ladestrom $i_{C_x} = U\omega C_x$

Ladestrom $i_{C_n} = U\omega C_n$

Meßschaltungswähler M auf SCHERINGBRÜCKE („SB" in Bild 1). Laschen L_1, L_2, L_3 schließen. Wenn Lasche L_3 geschlossen, ist $R_4 = 1000/\pi$; der tan δ kann unmittelbar abgelesen werden. Wenn Lasche L_3 offen, ist $R_4 = 10000/\pi$; der Ablesewert für den tan δ muß mit dem Faktor 10 multipliziert werden. Meßtechnisch **vorteilhafter** ist es, L_3 zu schließen.

1.2. Brückenabgleich

An der Meßbrücke tan δ = 0,00001 einstellen (Bild 1 tan $\delta \approx 0$; $C_4 \approx 0$).

„Scheringbrücke" vorsorglich zunächst nur mit sehr niederer Spannung abgleichen. Den Abgleich mit R_3 beginnen, mit tan δ fortsetzen (C_4); beide Ablesungen abwechselnd fortsetzen, bis der Indikator Null zeigt. Hierbei an dem Indikator die geeignete Empfindlichkeitsstufe wählen.

Nach diesem Vorabgleich Empfindlichkeitseinsteller wieder auf die unempfindlichste Stufe, wenn möglich auf AUS bringen und die Meßspannung auf den gewünschten höheren Wert einstellen.

Brückenabgleich mit einer vorteilhaften Empfindlichkeitsstufe des Nullindikators erneut vornehmen. Wenn höhere Genauigkeit erwünscht, zusätzliche „Hilfsbrücke" nach 1.4. abgleichen.

1.3. Auswertung

tan $\delta \approx$ Ablesewert $\times 1$, wenn Lasche L_3 geschlossen,

tan $\delta \approx$ Ablesewert $\times 10$, wenn Lasche L_3 offen.

Genaue Formel: $\tan\delta = \text{Ablesewert} - \left((1{,}1 - \sigma)\ \omega\ C_x\right)$

Reihenersatzschaltung: $$C_x = \frac{C_n \cdot R_4}{R_3}$$

1.4. Beseitigung des Einflusses der Streukapazität durch Abgleich der „Hilfsbrücke" im Anschluß an die Messung „Scheringbrücke"

Voraussetzung: Prüfling nicht geerdet; Normalkondensator doppelt geschirmt oder von Erde niederspannungsmäßig isoliert aufgestellt.

1.4.1. Im Anschluß an die Messung mit der SCHERINGBRÜCKE („SB" in Bild 1) Meßschaltungswähler M auf HILFSBRÜCKE („HB" in Bild 1) umschalten. Vorher an dem Nullindikator vorsorglich eine unempfindlichere Stufe einstellen.

1.4.2. Hilfsbrücke mit den Drehknöpfen GROB — MITTEL — FEIN und φ abgleichen (Abgleich mit R_6, σ_6, R_6' in Bild 1).

1.4.3. Meßschaltungswähler M wieder auf SCHERINGBRÜCKE zurückschalten und die Scheringbrücke mit der Einstellung tan δ nachgleichen, wenn notwendig auch mit der letzten Dekade des Widerstandes R_3 (Schleifdraht σ).

1.4.4. Zur Erzielung einer höheren Meßgenauigkeit Messungen zyklisch wiederholen, bis beide Meßschaltungen SCHERINGBRÜCKE und HILFSBRÜCKE unveränderte Einstellungen ergeben.

Auswertung wie im Abschnitt 1.3. bei Anschluß nach Bild 1,
wie im Abschnitt 2.3. bei Anschluß nach Bild 2,
wie im Abschnitt 3.3. bei Anschluß nach Bild 3.

2. Messung ungeerdeter Prüflinge bei Ladeströmen bis 15 A

2.1. Meßschaltung und Anschluß nach Bild 2

Nebenwiderstand R_n je nach Größe der Kapazität C_x und des Ladestromes i_{C_x} einstellen. Nebenwiderstände nicht überlasten (siehe Tabelle).

Ladestrom $i_{C_x} = U\omega C_x$

Meßschaltungswähler M auf SCHERINGBRÜCKE.
Laschen L_1, L_2, L_3 schließen.

R_n	max. Ladestrom i_{C_x}
30 Ω	0,15 A
10 Ω	0,35 A
3 Ω	1 A
1 Ω	3 A
0,3 Ω	8 A
0,1 Ω	15 A

2.2. Brückenabgleich

„Scheringbrücke" nach Abschnitt 1.2. und, wenn höhere Genauigkeit erwünscht, zusätzlich „Hilfsbrücke" nach Abschnitt 1.4. abgleichen.

2.3. Auswertung

tan $\delta \approx$ Ablesewert $\times 1$, wenn Lasche L_3 geschlossen,

tan $\delta \approx$ Ablesewert $\times 10$, wenn Lasche L_3 offen.

Genaue Formel:

$$\tan\delta = \text{Ablesewert} - \left(\frac{100 - (R_n + \sigma)}{R_3} \cdot R_4 \cdot \omega \cdot C_n\right)$$

Reihenersatzschaltung: $$C_x = \frac{C_n \cdot R_4 \cdot (100 + R_3 - \sigma)}{R_n \cdot R_3}$$

2.4. Anmerkung

Der Querschnitt der Zuleitungen zum Prüfling muß so groß gewählt werden, daß der Zuleitungswiderstand R_z (Leitung zwischen Prüfling und Anschlußklemme C_x) praktisch ohne Einfluß auf das Meßergebnis für den tan δ bleibt. Die Einflußgröße Δ errechnet sich aus:

$$\Delta = R_z\ \omega\ C_x.$$

Um diesen Betrag wird der tan δ zu groß bemessen!

3. Messung ungeerdeter Prüflinge bei Ladeströmen über 15 A mit äußerem Nebenwiderstand

3.1. Meßschaltung und Anschluß nach Bild 3

Erdklemmen der Meßbrücke nicht erden! Die Meßbrücke liegt bereits über die Potentialleitungen (Klemme 2, Widerstand R_a) an Erde. Eine zusätzliche Erdung der Meßbrücke kann einen Meßfehler verursachen!

Schalter R_n auf R_a einstellen.

Äußeren Nebenwiderstand R_a je nach Größe der Kapazität C_x und des Ladestromes i_{C_x} wählen.

mit Luftkühlung	
R_a	i_{C_x}
0,06 Ω	30 A

mit Wasserkühlung	
R_a	i_{C_x}
0,02 Ω	100 A
0,006 Ω	300 A
0,002 Ω	1000 A

Ladestrom $i_{C_x} = U\omega C_x$

Den Widerstand R_a nach Bild 3 anschließen. Beachten, daß Stromzuführungen und Potentialabnahmen getrennt sind! Die Potentialleitungen des Widerstandes R_a sind zu verdrillen und mit den Klemmen R_a der Meßeinrichtung zu verbinden. Auf Bezeichnungen achten! Widerstand R_a an Stromklemme 2 erden. Im Widerstand R_a ist eine Durchschlagsicherung eingebaut.

Meßschaltungswähler M auf SCHERINGBRÜCKE.

Laschen L_1, L_2, L_3 schließen.

3.2. Brückenabgleich

„Scheringbrücke" nach Abschnitt 1.2. und, wenn höhere Genauigkeit erwünscht, zusätzlich „Hilfsbrücke" nach Abschnitt 1.4. abgleichen.

3.3. Auswertung

tan $\delta \approx$ Ablesewert $\times 1$, wenn Lasche L_3 geschlossen,

tan $\delta \approx$ Ablesewert $\times 10$, wenn Lasche L_3 offen.

Genaue Formel:

$$\tan\delta = \text{Ablesewert} - \left(\frac{100 - (R_a + \sigma)}{R_3}\right) \cdot R_4 \cdot \omega \cdot C_n$$

Reihenersatzschaltung: $$C_x = \frac{C_n \cdot R_4 \cdot (R_a + 100 + R_3 - \sigma)}{R_a \cdot R_3}$$

3.4. Anmerkung:

Durch den Widerstand R_z der Zuleitung vom Prüfling C_x zum Widerstand R_a wird der tan δ um den Betrag

$$\Delta = R_z\ \omega\ C_x$$

zu groß gemessen (siehe Abschnitt 2.4.). R_z möglichst klein halten.

4. Messung geerdeter Prüflinge mit Hilfe des Zusatzgerätes (Bild 4)

Voraussetzung: Spannungsquelle T sekundärseitig erdfrei!

Verfahren: Beseitigung des Einflusses der Streukapazität C_s, die parallel zum Prüfling C_x liegt, durch einen Vorabgleich mit dem Zusatzgerät (ZG, Abgleich R_5 und C_5 in Bild 4).

Schalterstellung des Nebenwiderstandes R_n:

$R_n = \infty$ bei Ladeströmen bis 0,08 A (Meßschaltung und Anschluß nach Bild 4).
Brückenwiderstände nicht überlasten (siehe Tabelle im Abschnitt 1.1.)!

$R_n = 0{,}1 \ldots 30\ \Omega$ bei Ladeströmen bis 15 A.
Nebenwiderstände nicht überlasten (siehe Tabelle im Abschnitt 2.1.)!

$R_n = R_a$ bei Schaltung mit außerhalb der Meßbrücke liegendem Nebenwiderstand R_a und bei Ladeströmen über 15 A.
Nebenwiderstände nicht überlasten (siehe Tabelle im Abschnitt 3.1.)!

Lasche L_1 (zwischen Erdungsklemme und Klemme V) öffnen. Eine der beiden Erdungsklemmen erden. Niederspannungszuleitung an Klemme V anschließen.

Lasche L_2 („Zusatzgerät") öffnen und das Zusatzgerät an die gleichbezeichneten Klemmen anschließen. Alle Drehknöpfe des Zusatzgerätes auf Null einstellen.

Lasche L_3 geschlossen; tan $\delta \times 1$ ($R_4 = 1000/\pi$) bevorzugen.

Ausnahme: Meßschaltung mit Außenwiderstand R_a (ähnlich Bild 3). Hier Niederspannungszuleitung nicht an Klemme V legen, sondern mit der Klemme 2 des Außenwiderstandes R_a verbinden. Widerstand R_a jedoch nicht erden! Stromklemme 1 dieses Widerstandes mit dem Prüfling C_x und die Potentialleitungen (Klemmen 1 und 2) mit der Meßbrücke verbinden. Jedoch Meßbrücke erden und Lasche L_1 öffnen.

4.1. Erste Messung: Scheringbrücke

Meßschaltungswähler M auf SCHERINGBRÜCKE („SB" in Bild 4).

Oberspannungszuführung an Prüfling C_x und an Normalkondensator C_n anschließen. Meßbrücke nach Abschnitt 1.2. abgleichen. Hierbei alle Drehknöpfe des Zusatzgerätes auf Null stehen lassen!

Die Einstellwerte der Meßbrücke werden nicht notiert; sie entsprechen den Kapazitäten $C_x + C_s$ und dem tan δ von $C_x + C_s$, wobei C_s die dem Prüfling parallel liegende Streukapazität darstellt.

Spannung abschalten!

4.2. Zweite Messung: Vorabgleich

Meßschaltungswähler M auf VORABGLEICH ZUSATZGERÄT („VA" in Bild 4).

Prüfling C_x oberspannungsseitig abtrennen.

Normalkondensator C_n bleibt angeschlossen.

Einstellglieder R_3 und tan δ der Meßbrücke (C_4) unverändert stehen lassen.

Brücke **mit dem Zusatzgerät** durch wechselweise Einstellung von Widerstand R_5 und Kondensator C_5 mit der gleichen Spannung wie bei der ersten Messung abgleichen. Den Abgleich am Widerstand R_5 mit den Stufen GROB — MITTEL — FEIN — SEHR FEIN beginnen und dann am Kondensator C_5 zunächst mit den Stufen FEIN und MITTEL und wenn erforderlich auch mit den übrigen Stufen fortsetzen.

4.3. Dritte Messung: Scheringbrücke

Schalter S auf SCHERINGBRÜCKE.

Prüfling C_x oberspannungsseitig wieder anschließen.

Meßbrücke mit R_3 und tan δ nachgleichen. Hierbei Einstellwerte der vorhergehenden Messung an den Einstellgliedern R_5 und C_5 des Zusatzgerätes unverändert stehen lassen.

Nach diesem Abgleich ist der Einfluß der Streukapazität C_s ausgeschaltet.

Zur Erzielung einer höheren Meßgenauigkeit die Messungen wiederholen, bis beide Meßschaltungen SCHERINGBRÜCKE und VORABGLEICH unveränderte Einstellungen ergeben.

Auswertung wie bei der Messung eines ungeerdeten Prüflings gemäß den Hauptabschnitten 1., 2. oder 3. je nach Schalterstellung des Nebenwiderstandes R_n.

5. Glimmeinsatz-Bestimmung

Meßschaltungswähler M auf GLIMMEINSATZ.

Oszillograph mit hoher Empfindlichkeit anschließen und X-Spannung auf EXTERN schalten, so daß Ablenkung nur in Y-Richtung erfolgen kann.

Spannung langsam erhöhen, bis am Oszillographen spontane Ablenkung eintritt. Spannungswert ablesen.

EH 12-1
500 / 3. 62 / Kr.

Prinzip- und Anschlußbilder

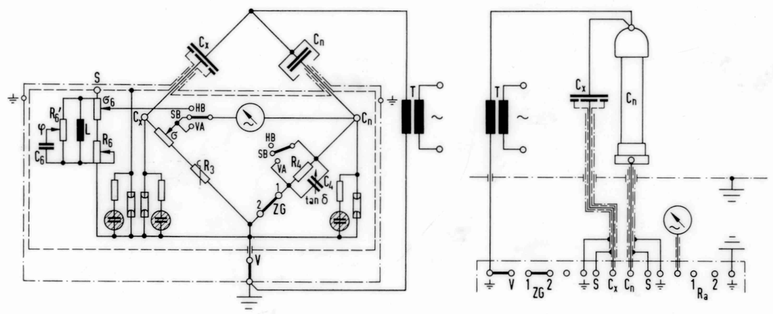


Bild 1

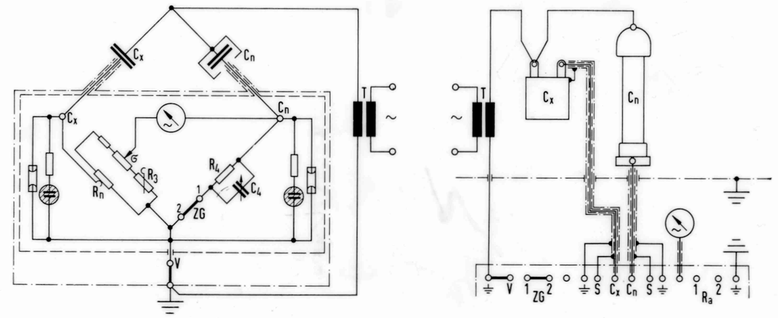


Bild 2

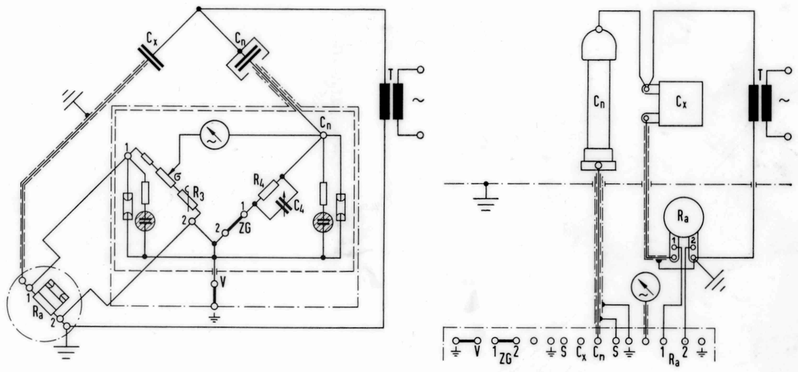


Bild 3

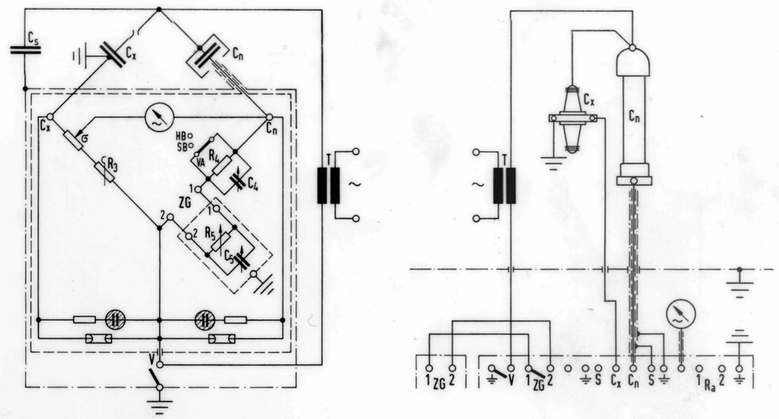


Bild 4