



KAPAZITÄTS-MESSBRÜCKE R127

0,0001 bis 1000 pF · 0,1 bis 1 MHz

Technische Unterlagen

Bestell-Nr.: S45034-R127-C702-02-70

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Herausgegeben von
Published by

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Bereich Weitverkehrstechnik, Nachrichtenmeßgeräte

D-8000 MÜNCHEN 25, Hofmannstraße 51

Fernsprecher / Telephone: (0811) 7221

Fernschreiber / Telex: 524721

Änderungen vorbehalten

Subject to change without notice

Vervielfältigung sowie Verwertung des Inhaltes ist unzulässig, soweit nicht ausdrücklich zugestanden.
Duplication of this information and utilization of its contents is prohibited unless explicitly authorized.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

I N H A L T

Beschreibung

I. Anwendung	1-03
II. Elektrische Werte	1-04
III. Arbeitsweise und Aufbau	1-06
IV. Bezeichnungen, Abmessungen und Gewichte	1-08

Bedienungsanleitung

I. Aufbau des Meßplatzes	2-01
II. Anschluß des Meßobjektes	2-02
III. Zwei- und Dreipolmessungen	2-04
IV. Messen von Kapazität und Verlustfaktor	2-05
V. Messen von Kapazitäts- und Wirkleitwerts-Differenzen	2-06
VI. Bestimmung der Dielektrizitätskonstante ϵ_r von Isolierstoffen	2-06
VII. Korrektur des Meßwertes und Meßunsicherheiten	2-07
VIII. Wartungshinweise	2-07

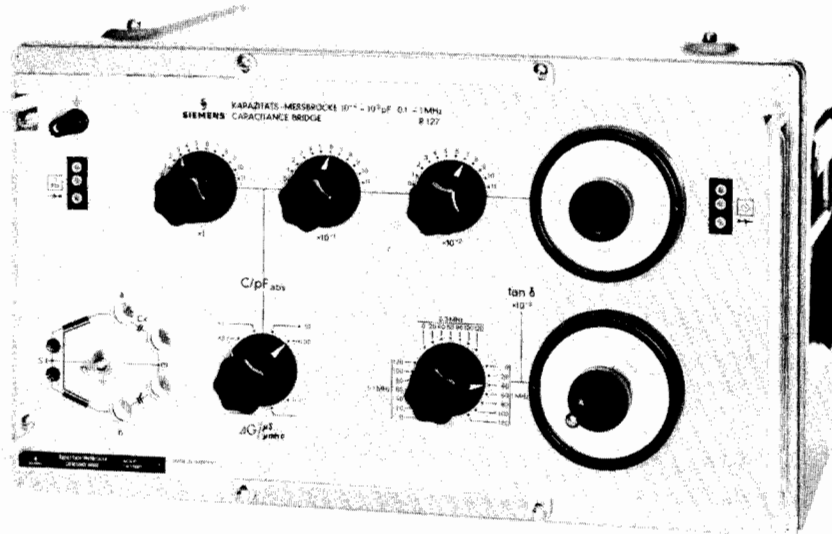


Bild 1 Kapazitätsmeßbrücke R 127
FIG.1 CAPACITANCE BRIDGE Type R 127

B E S C H R E I B U N G

I. ANWENDUNG

Diese Meßbrücke mit doppelt geschirmtem Aufbau eignet sich zum genauen Messen von ungeerdeten und einpolig geerdeten Kapazitäten aller Art im Bereich von $1/10\ 000$ bis $1000\ \text{pF}$ (in absoluten Einheiten) bei Frequenzen von $0,1$ bis $1\ \text{MHz}$. Es können sowohl zwei- als auch Dreipol-Messungen (siehe Bilder 2 und 3) durchgeführt werden, insbesondere an Röhren und keramischen Kleinkondensatoren, wofür im DIN-Blatt 41341 die Meßfrequenz $1\ \text{MHz}$ empfohlen wird. Ferner läßt sich die Dielektrizitätskonstante von Isolierstoffen für die HF-Technik mit Hilfe von Schutzringkondensatoren bestimmen, wobei ebenfalls die Meßfrequenz $1\ \text{MHz}$ wichtig ist (z.B. für keramische Massen; s. VDE 0335). Schließlich ist es möglich, beliebige, innerhalb des Meßbereichs liegende Abweichungen ΔC_x zweier Kapazitäten voneinander unmittelbar abzulesen (Differenzmessung). Bei Kapazitätsmessungen gibt der Phasenregler des Gerätes den Verlustfaktor $\tan \delta$ an, bei Differenzmessungen die Differenz ΔG der Wirkleitwerte der verglichenen Kondensatoren.

Ein besonderer Vorzug dieser Meßbrücke besteht darin, daß sie nur einen einzigen Normalkondensator für den gesamten Meßbereich hat. Dies wird möglich durch die Anwendung von Teilerdrosseln zur Einstellung des Brückenverhältnisses. Der eingebaute Normalkondensator zeichnet sich durch geringe Temperaturabhängigkeit und hohe zeitliche Konstanz aus.

II. ELEKTRISCHE WERTE

Frequenzbereich 0,1 bis 1 MHz
 nach DIN 41341 empfohlene Meßfrequenz 1 MHz

Meßschaltung für Kapazität C_x
 für Kapazitätsdifferenz ΔC_x

geeignet für erdfreie (Erde an s) und
 einseitig geerdete Meßobjekte (Erde an m)

Meßbereiche

für die Kapazität C_x und ΔC_x

Meßobjekt erdfrei 0,0001 bis 1000 pF
 in vier Teilbereichen mit dem Faktor $k = 10^{-1}; 1; 10; 100$ pF

Meßobjekt einseitig geerdet (nur bei $f_m = 1$ MHz) . . . 0,001 bis 1000 pF
 in drei Teilbereichen mit dem Faktor $k = 1; 10; 100$ pF

für den Verlustfaktor $\tan \delta_x$

stetig einstellbar von 0 bis 20×10^{-3}
 zusätzlich in Schritten von 20×10^{-3} bis 140×10^{-3}

bei erdfreiem Meßobjekt $C_x \geq 0,01$ pF

unmittelbar ablesbar bei $f_m = f = 0,1; 0,3$ oder 1 MHz
 für andere Meßfrequenzen Ablesung $\times f_m/f$

bei einseitig geerdetem Meßobjekt $C_x \geq 10$ pF bei $f_m = f = 1$ MHz

für die Wirkleitwert-Differenz ΔG_x

stetig einstellbar je nach eingestelltem

Faktor $k (0 \text{ bis } \pm 0,6) \times 0,1 \dots \times 100 \mu S$

unmittelbar ablesbar für $f_m = 1$ MHz

für andere Meßfrequenzen, wenn C_x erdfrei Ablesung $\times (f_m/\text{MHz})^2$

Meßunsicherheit

für die Kapazität C_x und ΔC_x

wenn C_x erdfrei bei $f_m = 0,1$ bis $0,3$ MHz

von 3 bis 1000 pF $\pm 0,1\% + \frac{\delta C^+}{C_x}$

wenn C_x erdfrei bei $f_m = 0,1$ bis 1 MHz

oder C_x einseitig geerdet bei $f_m = 1$ MHz

von 3 bis 1000 pF $\pm 0,2\% + \frac{\delta C^+}{C_x}$

von 0,1 bis 3 pF $\pm 0,4\%$

bis 0,1 pF $\pm 1\%$

+ $\frac{\delta C}{C_x}$ ist die Kapazitätzunahme in % durch die resultierende Zuleitungsinduktivität $L_0 \approx 215$ nH innerhalb des Gerätes: $\frac{\delta C}{C_x} = 0,85 f_m^2 \times C_x$; $\frac{\delta C}{C_x}$ in %, f_m in MHz, C_x in nF

für den Verlustfaktor $\tan\delta_x$ $\pm(3\% + \tan\delta_0)$
 $\tan \delta_0$ $\leq 0,5 \times 10^{-3}$

für die Wirkleitdifferenz ΔG_x

Meßobjekt erdfrei $\pm 3\% \pm 2$ Skt.

Meßobjekt einseitig geerdet $\pm 3\% \pm 0,1 \mu S \pm 2$ Skt.

Unsicherheit des Nullpunktes für den C-Abgleich

Meßobjekt erdfrei $\pm 0,2 \text{ fF}^+ \pm 2$ Skt.

Meßobjekt einseitig geerdet $\pm 2 \text{ fF}^+ \pm 5$ Skt.

Größte zulässige Eingangsspannung $20 V_{\text{eff}}$

⁺ fF = Femtofarad = 10^{-15} F

III. ARBEITSWEISE UND AUFBAU

Die Schaltung der Brücke ist in Bild 2 dargestellt. Die Meßspannung gelangt über den Eingangsübertrager Ü1 an die Brücke. Zwei Brückenseiten bestehen aus den Induktivitäten mehrerer Spannungsteiler-Drosseln (D1 bis D3, siehe auch Stromlauf im Anhang). Ihr Teilverhältnis, das mit dem Schalter S4 eingestellt werden kann, bestimmt den jeweiligen C-Meßbereich. Der Bereichschalter S4 hat vier Stellungen mit der Beschriftung "x0,1"; "x1"; "x10"; und "x100".

Die dritte Brückenseite bildet der zu messende Kondensator C_x und die vierte das eingebaute Kapazitätsnormal C_N (100 pF). Dieses Normal liegt an dekadische Teilerdrosseln (D3 bis D5). Mit den Schaltern S1 bis S3 läßt sich durch Ändern des Brückenverhältnisses der wirksame Wert von C_N in jeweils zehn Schritten von $1/10 C_N$, $1/100 C_N$ und $1/1000 C_N$ einstellen.

Parallel zu C_x und C_N ist der Differential-Drehkondensator C1 wirksam. Er ist so geschaltet, daß z.B. bei Rechtsdrehen seine parallel zu C_N wirksame Kapazität ansteigt. Dreht man vom Nullpunkt aus nach links, steigt entsprechend seine Kapazität parallel zu C_x . Mit C1 kann also fein abgeglichen und auch in einfacher Weise (S5 auf "Diff.") die Kapazitäts-Differenz zweier Kondensatoren bestimmt werden, die mit je einem Anschluß an den Buchsen "m" und mit ihren beiden anderen Anschlüssen an den Buchsen "a" und "b" liegen.

Der Verlustfaktor $\tan\delta_x$ wird mit dem Drehkondensator C2 abgeglichen, der als Teil eines Kapazitäts-Widerstandssterns parallel zu C_x einen negativen Wirkleitwert erzeugt. Über die dekadischen Teilerdrosseln im " C_x " anliegenden Festzweig (D3, D6, D7) wird dieser positiv parallel zu C_N so übersetzt, daß sich der wirksame Verlustfaktor für jeden eingestellten C_N -Wert von 0 bis 20×10^{-3} verändern läßt; dieser Bereich kann zusätzlich durch in Reihe zu C_N liegende Widerstände in sechs Stufen bis 140×10^{-3} erweitert werden. Der Verlustfaktor $\tan\delta$ ist außerdem frequenzabhängig. Daher müssen für jede Frequenz, bei der die Ablesung ohne Umrechnung gültig sein soll (0,1; 0,3 und 1 MHz), mit S5 besondere Widerstandskombinationen eingeschaltet werden. Bei einer anderen Meßfrequenz (f_m) ist die Ablesung mit dem Verhältnis

$$\frac{\text{Meßfrequenz } f_m}{\text{an S5 eingestellte Frequenz } f}$$

zu multiplizieren.

Für Differenzmessungen hat S5 die besondere Schalterstellung "Diff.", in der ein ausreichender Phasenabgleich durch Ausgleich der Wirkleitwert-Differenz mit dem entsprechend umgeschalteten Kapazitäts-Widerstandsstern gewährleistet

IV. BEZEICHNUNGEN, ABMESSUNGEN UND GEWICHTE

Benennung	Bestellnummer	Abmessungen in mm	Gewicht etwa kg
<u>Kapazitäts-Meßbrücke R127</u>			
<u>0,0001 bis 1000 pF</u>			
(0,1 bis 1 MHz)	S45034-R127-C702 (Rel 3 R 127c) ⁺	556x326x307	18
<u>Zubehör</u>			
zum Anschluß von C _x			
2 koaxiale Verbindungsleitungen 4/13	V42251-C226-D1	je 300	je 0,15
<u>Nach Bedarf</u>			
1 Meßstromquelle, z.B. Meßsender (10 Hz bis 1 MHz) . . .	s.Kennbl. W38	556x326x307	32
und			
1 Meßempfänger, z.B. Überlagerungsempfänger U420 (30 Hz bis 1 MHz)	s.Kennbl. U420	556x326x307	30
1 Meßhörer (2x2500 Ω)	S30368-Z201-F311	-	0,2
2 geschirmte, symmetrische Verbindungsleitungen mit 2 Dreipolsteckern (zum Anschluß von Sender und Empfänger)	V42255-R15-A...	500,...2000	-
2 koaxiale Verbindungsleitungen 4/13 (zusätzlich für Differenzmessungen)	V42251-C226-D2	je 500	0,15
2 aufsteckbare, geschirmte Schraubklemmen	C44250-A4-B10	109x15 ∅	0,1
1 Meßaufnahme R918 für Kleinkondensatoren	S45034-R918-A702 (Rel 3 R 918a) ⁺	120x70x100	0,5
1 Einsatz 35 R 332 zur Meßaufnahme für Kondensatoren mit einseitigen Anschlußdrähten im Rastermaß für gedruckte Schaltungen	S45035-R332-A701 (Rel 35 R 332) ⁺	-	-

⁺ Frühere Bestellnummer

I. AUFBAU DES MESSPLATZES

Als Meßstromquelle für frequenzabhängige Messungen eignet sich gut der Meßsender W 38 (10 Hz bis 1 MHz), als Empfänger der Überlagerungsempfänger U 420 (30 Hz bis 1 MHz). Durch die Selection des Empfängers werden Fehlmessungen durch Oberwellen vermieden und es wird hohe Abgleichschärfe erreicht. Die erforderlichen Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Geräten sind aus Bild 3 zu ersehen.

Sender und Empfänger sind gewöhnlich an das Starkstromnetz angeschlossen. Sie liegen damit nach den Vorschriften des VDE an der Schutzterde des Netzes. Diese Erde gelangt über die geschirmten Verbindungsleitungen an die Brücke. Die Erdklemmen aller Geräte bleiben dann frei. Um Meßfehler zu vermeiden, die durch Erdschleifen infolge Doppelerdung hervorgerufen werden, ist es notwendig, als Verbindungsleitung vom Empfänger zur Brücke eine Leitung V42255-R18-A22 zu verwenden, die auf der einen Seite einen zweipoligen Stecker hat.

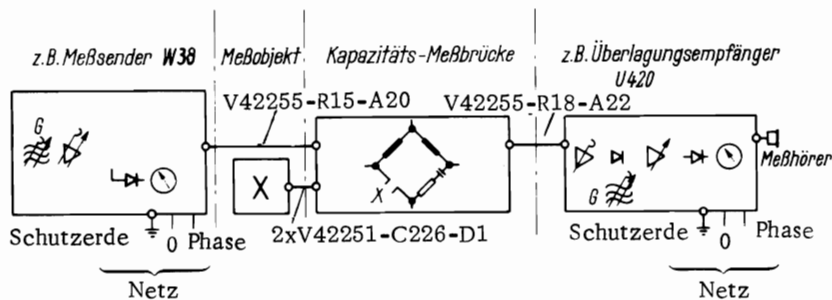


Bild 3 Meßplatzaufbau

II. ANSCHLUSS DES MESSOBJEKTES

Die zu messende Kapazität legt man über zwei geschirmte Verbindungsleitungen an die Buchsen "a" und "m", wobei die Buchse "m" bei geerdetem Meßobjekt zum Anschluß der Erdseite dient.

Bei Verwendung der mitgelieferten koaxialen Verbindungsleitungen 4/13 von 300 mm Länge werden die Meßergebnisse praktisch nicht gefälscht. Es ist jedoch zu beachten, daß die gegenseitigen Kapazitäten der herausragenden Steckerenden mitgemessen werden. Bei extrem kleinen Kapazitäten ist es daher notwendig, die Schirmung der Verbindungsleitungen durch Verwenden geeigneter Meßobjekt-Aufnahmen sorgfältig bis zu den eigentlichen Meßpunkten durchzuführen.

Es gibt für Reihenmessungen an Kleinkondensatoren die geschirmte Meßaufnahme R 918, die für definierte Meßbedingungen sorgt. In diese Aufnahme können Kondensatoren mit zweiseitigen Drahtanschlüssen bis zu einer Länge von 40 mm und bis zu einem Durchmesser von 30 mm eingesetzt werden.

Der Einsatz 35 R 332 zu dieser Meßaufnahme ist geeignet zum Messen von Kondensatoren bis zu einer Länge von 20 mm mit einseitigen Anschlußdrähten im Rastermaß für gedruckte Schaltungen.

Beim Messen von größeren Kapazitäten ($> 100 \text{ pF}$) ist die Induktivität der beiden Verbindungsleitungen nicht ohne Einfluß auf das Meßergebnis. Solche Kondensatoren können über zwei aufsteckbare, geschirmte Schraubklemmen (C44250-A4-B10) unmittelbar mit ihren Anschlußdrähten angeklemt werden.

Wird die Temperaturabhängigkeit von Kapazitäten gemessen, z.B. in Kühl- oder Wärmeschränken, dann werden Meßzuleitungen erforderlich, die länger als die mitgelieferten von 300 mm sind. Durch die damit vergrößerten Werte für Zuleitungsinduktivität und -vorwiderstand erhöht sich der Meßfehler sowohl für die Kapazität als auch den Verlustfaktor. Da diese Fehler mit steigender Frequenz zunehmen, möglichst mit einer niedrigen Frequenz (z.B. 100 kHz) messen.

III. ZWEI- UND DREIPOLMESSUNGEN

Jeder Kondensator hat außer der Teilkapazität C_{12} zwischen seinen Belägen noch weitere Teilkapazitäten C_{1E} und C_{2E} von jedem Belag gegen die Umgebung oder Erde.

1. Ungeerdetes Meßobjekt (Bild 4)

Kann man das Potential der Umhüllung eines Kondensators frei wählen, d.h. das Meßobjekt ist erdfrei, so läßt sich jede der drei Teilkapazitäten an a-m einzeln messen, wenn jedesmal der dritte Pol mit dem inneren Schirm S (Drosselmitte) verbunden und geerdet wird. Bild 4 zeigt die drei Schaltungen zur Messung der Teilkapazitäten C_{12} , C_{1E} oder C_{2E} . Die Teilkapazität m-S liegt im Nullzweig und ist damit ohne Einfluß auf das Meßergebnis. Der Einfluß der Teilkapazität a-s, parallel zu einer Drosselseite, ist vernachlässigbar, wenn diese Teilkapazität kleiner ist als die zu messende Kapazität. Ist dies nicht der Fall, so möglichst bei einer niedrigen Frequenz (z.B. 100 kHz) messen, um diesen Einfluß klein zu halten.

Ein Beispiel für diese Messung ist die Bestimmung der Durchgriffskapazität einer Elektronenröhre. Die Anode wird dabei mit der Buchse "a", das Steuer-gitter mit der Buchse "m" und die übrigen Gitter mit einer der Buchsen "S" verbunden.

Man schließt also grundsätzlich die Pole, zwischen denen die Teilkapazität gemessen werden soll, an die Gerätebuchsen "a" und "m", alle anderen Pole an eine Buchse "S" an.

Wenn man aber den dritten Pol nicht mit dem inneren Schirm S (Siehe A in Bild 4) verbindet, also das ungeerdete Meßobjekt zwischen a-m schaltet (C_{12}) und seine Umgebung (gemeinsamer Pol von C_{1E} und C_{2E}) offen läßt, dann wird die Summe aus C_{12} und der parallel dazu liegende Reihenschaltung von C_{1E} und C_{2E} gemessen.

$$C = C_{12} + \frac{C_{1E} \times C_{2E}}{C_{1E} + C_{2E}}$$

2. Geerdetes Meßobjekt (Bild 5)

Hat die Umgebung des Meßobjektes Erdpotential, wie z.B. bei fest verlegten Leitungen, so wird nicht der Punkt S sondern der Punkt m geerdet. Dies kann man ohne weiteres tun, weil wegen der doppelten Schirmung lediglich eine Kapazität C_S zwischen S und m auftritt.

Nach der Schaltung in Bild 5 können die Teilkapazitäten C_{1E} oder C_{2E} unmittelbar gemessen werden. Die Teilkapazitäten m-S am Nullzweig und a-S

parallel zu einer Drosselseite sind, wie schon im Abschnitt III 1 gesagt, unwirksam, so daß nur die Teilkapazität an a-m in die Messung eingeht.

Den dritten Teilwert C_{12} erhält man am einfachsten aus einer zusätzlichen Messung (siehe A im Bild 5), bei der eine der beiden anderen Teilkapazitäten kurzgeschlossen wird und der Punkt S offen bleibt. Aus der Messung ergibt sich die Summe $C_{12} + C_{1E}$ oder $C_{12} + C_{2E}$ hieraus durch einfache Rechnung bei bekanntem C_{1E} oder C_{2E} der gesuchte Wert C_{12} .

IV. MESSEN VON KAPAZITÄT UND VERLUSTFAKTOR

Entsprechend den Ausführungen im Abschnitt III Schalter S6 nach links ("S" an Erde) bei ungeerdeten, nach rechts ("m" an Erde) bei geerdeten Meßobjekten stellen.

Meßbereichsschalter S4 zunächst entsprechend dem zu erwartenden Wert einstellen, dann aber so ändern, daß beim Abgleich der Schalter S1 nicht auf "0" steht. $\tan\delta$ -Schalter S5 auf die Meßfrequenz oder auf die nächst höhere Frequenz einstellen.

Zunächst mit den Kapazitätsschaltern S1 bis S3 und dem Phasendrehknopf C2, gegebenenfalls auch mit dem $\tan\delta$ -Schalter S5 grob abgleichen; dann abwechselnd mit C1 und C2 fein nachregeln, bis ein ausgeprägtes Minimum vorhanden ist.

Der Wert der zu messenden Kapazität wird unter Berücksichtigung des Faktors am Bereichsschalter S4 als Summe der an den Drehschalter S1 bis S3 und dem Drehkondensator C1 eingestellten Beträge abgelesen, wobei das Vorzeichen der Ablesung an C1 zu beachten ist (+, wenn Zeiger auf "a-m"-Seite; -, wenn Zeiger auf "b-m"-Seite).

Der Wert für $\tan\delta$ ergibt sich, wenn das Meßobjekt erdfrei und $C_x \geq 0,01$ pF ist, bei den an S5 vorgesehenen Meßfrequenzen $f = 0,1; 0,3$ und 1 MHz unmittelbar als Summe der Einstellungen von S5 und C2. Für andere Meßfrequenzen f_m ist

$$\tan\delta_x = \tan\delta_{\text{abgel.}} \times \frac{f_m}{f}$$

Dabei bedeutet "f" die am Schalter S5 eingestellte Frequenz. Es ist immer die f_m am nächsten kommende Frequenz f einzustellen! Bei einseitig geerdeten Meßobjekten gilt die Ablesung nur für $C_x \geq 10$ pF und $f_m = 1$ MHz.

V. MESSEN VON KAPAZITÄTS- UND WIRKLEITWERTS-DIFFERENZEN

Die beiden zu vergleichenden Kapazitäten sind an die Buchsen "a-m" und "b-m" so anzuschließen, daß die größere Kapazität an "a-m" liegt. Schalter S5 in Stellung "Diff.", Erde mit Schalter S6 an "m", wenn die Meßobjekte einseitig geerdet, oder an "s", wenn sie erdfrei sind.

Der Kapazitätsabgleich wird (wie unter IV) mit den Schaltern S1 bis S4 und dem Drehkondensator C1 durchgeführt; der abgelesene Wert ist die Kapazitätsdifferenz. Ist ein Abgleich nicht möglich, liegt die größere Kapazität an "b-m"; die Anschlüsse "a" und "b" sind dann umzuwechseln.

Der Phasenabgleich wird mit dem Kondensator C2 vorgenommen. Bei $f_m = 1$ MHz ergibt sich die Wirkleitwert-Differenz ΔG in MikroSiemens, wenn der an der unteren roten Skale von C2 abgelesene Wert mit dem an der unteren, roten Beschriftung des Schalters S4 angezeigten Faktor multipliziert wird.

Für Meßfrequenzen $f_m < 1$ MHz (nur bei erdfreien Meßobjekten möglich!) gilt:

$$\Delta G = \Delta G_{\text{abgel.}} \times (f_m / \text{MHz})^2$$

VI. BESTIMMUNG DER DIELEKTRIZITÄTSKONSTANTE ϵ_r VON ISOLIERSTOFFEN

Hierzu dienen für feste Stoffe vorwiegend Plattenkondensatoren, für flüssige Stoffe Meßzellen mit zylindrischen Elektroden (siehe DIN 53483).

Die für genaue Messungen sich störend auswirkenden Randstreuungen lassen sich durch sogenannte Schutzringkondensatoren ausschalten, die um die kleinere von zwei kreisförmigen Belägen in möglichst geringem, gleichmäßigem Abstand einen Schutzring haben. Eine Messung mit einem derartigen Schutzringkondensator entspricht der unter IV. 1 beschriebenen Teilkapazitätsmessung:

Schutzring mit "S", den inneren Meßbelag mit "m" und den großen Gegenbelag mit "a" verbinden. Schalter S6 nach links ("S" an Erde).

VII. KORREKTUR DES MESSWERTES UND MESSUNSICHERHEITEN

Für den Hauptmeßbereich der Brücke (> 3 pF bis 1000 pF) ist die Meßunsicherheit mit $\pm 0,2\% + \frac{\delta C}{C_x}$ angegeben. $\frac{\delta C}{C_x}$ in % ist durch resultierende Zuleitungsinduktivität L_0 (etwa 215 nH) innerhalb des Gerätes bedingt und nach der Formel auf Seite 1-04 berechenbar. Der maximale zusätzliche Fehler beträgt demnach für eine zu messende Kapazität von 1000 pF bei der Meßfrequenz von $f_m = 1$ MHz:

$$\frac{\delta C}{C_x} = (0,85 \times 1 \times 1) \% = 0,85 \%$$

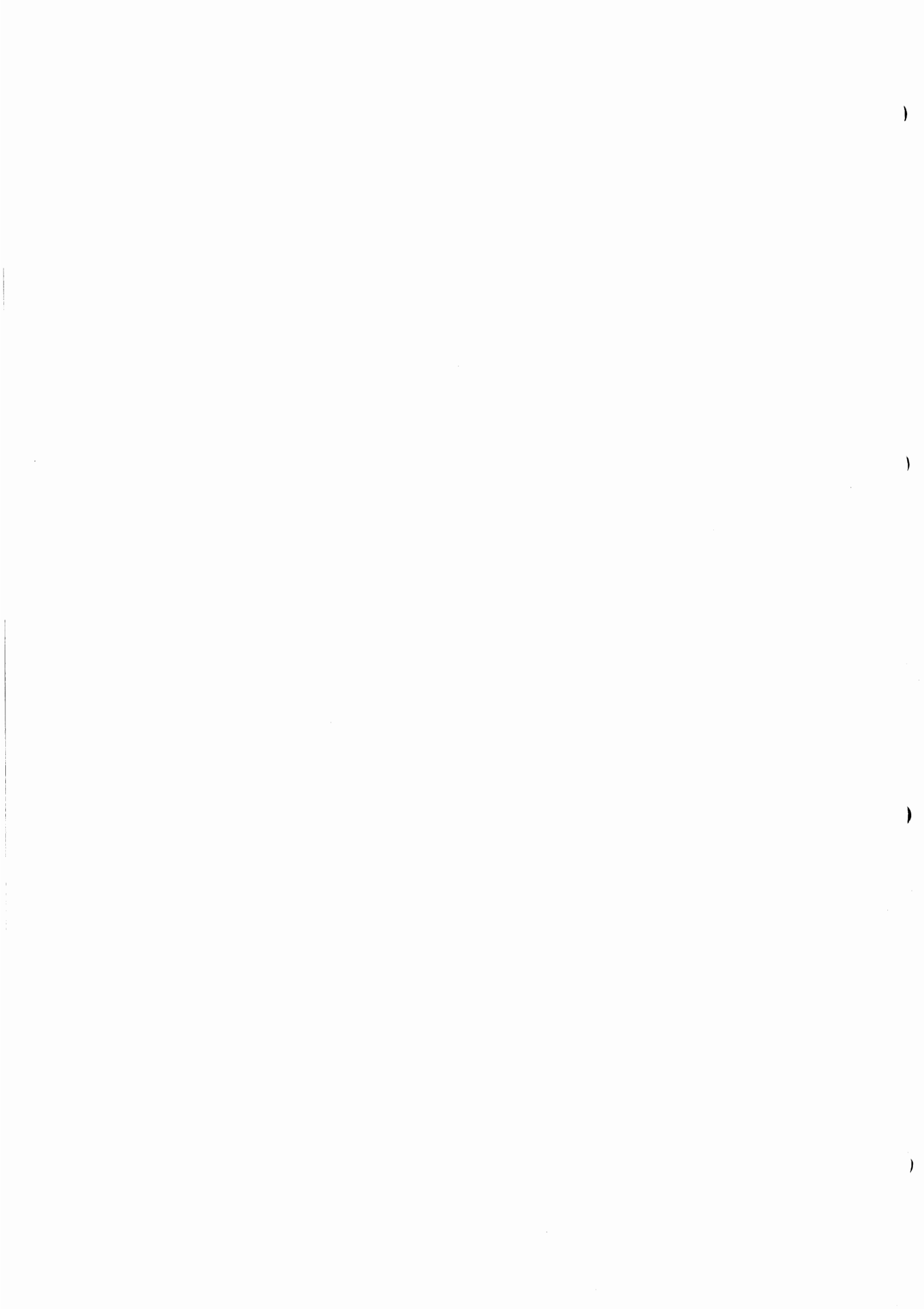
Da der Fehler immer positiv ist und daher immer ein zu hoher Kapazitätswert gemessen wird, kann der Meßwert C_x' nach folgender Formel korrigiert und der Einfluß von $\frac{\delta C}{C_x}$ weitgehend ausgeschaltet werden:

$$C_x = C_x' \left(1 - \frac{\delta C}{C_x' \times 100} \right)$$

Die Unsicherheit der Nullpunkteinstellung beeinflußt die Meßgenauigkeit vorwiegend dann, wenn nur der Drehkondensator C1 oder C1 und der Schalter S3 am Abgleich beteiligt sind (z.B. bei Differenzmessungen oder beim Messen sehr kleiner Kapazitäten $< 0,01$ pF). Ist nur der Drehkondensator C1 eingedreht, so ergibt die Nullpunktunsicherheit von ± 2 Skalenteilen einen zusätzlichen Fehler von $\pm 4\%$. Sind die Schalter S3 oder S2 ganz eingeschaltet, so beträgt dieser Fehler nur 0,4% oder 0,04%. Die Nullpunktunsicherheit ist vernachlässigbar, wenn S1 am Brückenabgleich beteiligt ist.

VIII. WARTUNGSHINWEISE

Die zweifache Schirmung der Meßbrücke bietet einen ausreichenden Staubschutz. Alle Schalter sind selbstreinigend und bedürfen keiner Wartung. Das Gerät möglichst nicht öffnen, da der genaue Abgleich der Brücke nach einem Eingriff nicht mehr garantiert werden kann.





CAPACITANCE BRIDGE R127

0.0001 to 1000 pF • 0.1 to 1 MHz

Technical Information

Order No.: S45034-R127-C702-02-7670

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Herausgegeben von

Published by

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Bereich Weitverkehrstechnik, Nachrichtenmeßgeräte

D-8000 MÜNCHEN 25, Hofmannstraße 51

Fernsprecher / Telephone: (0811) 7221

Fernschreiber / Telex: 524721

Änderungen vorbehalten

Subject to change without notice

Vervielfältigung sowie Verwertung des Inhaltes ist unzulässig, soweit nicht ausdrücklich zugestanden.
Duplication of this information and utilization of its contents is prohibited unless explicitly authorized.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

C O N T E N T S

Description

I. Application	1-03
II. Electrical Data	1-04
III. Functioning and Layout	1-06
IV. Types, Dimensions and Weights	1-08

Instructions for Use

I. Layout of the Measuring Setup	2-01
II. Connecting the Specimen	2-02
III. Two-terminal and Three-terminal Measurements.	2-04
IV. Measuring Capacitance and the Dissipation Factor.	2-05
V. Measuring Capacitance and Conductance Differences	2-06
VI. Determining the Dielectric Constant of Insulating Materials	2-06
VII. Correction of the Measuring Value and Measuring Errors. . .	2-07
VIII. Notes on Maintenance	2-07

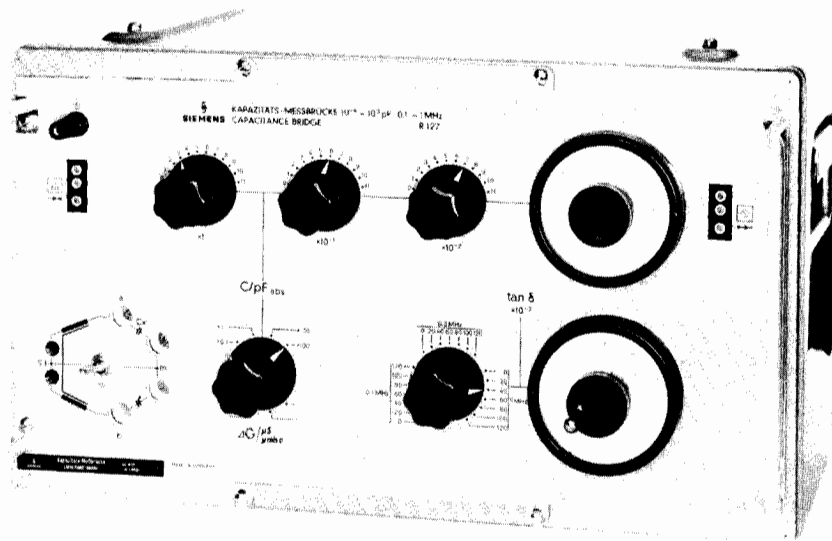


Bild 1 Kapazitätsmeßbrücke R 127
FIG.1 CAPACITANCE BRIDGE Type R 127

DESCRIPTION

I. APPLICATION

This double-shielded capacitance bridge is used for the exact measurement of ungrounded and single-ended capacitances of all types in the range from 1/10,000 to 1000 pF (in absolute units) at frequencies from 0.1 to 1 MHz. Both two-terminal and three-terminal measurements (see Figs.2 and 3) can be carried out, particularly on tubes and ceramic miniature capacitors. For these measurements a measuring frequency of 1 MHz is recommended in DIN sheet 41341. Furthermore, the dielectric constant of insulating materials used in RF engineering can be determined with the aid of guard-ring capacitors. In this case too, the measuring frequency of 1 MHz is important (e.g. for ceramic materials; see VDE 0335). Lastly, direct important measurement of the difference ΔC_x between two capacitances within the measuring range is possible. In capacitance measurements the dissipation factor D ($\tan \delta$), is given by the phase control of the device; in difference measurements, the difference ΔG in the conductance values of the capacitors under comparison is given by this control.

A particular advantage of this capacitance bridge lies in the fact that the whole measuring range is covered by a single standard capacitor. This is made possible by the use of dividing reactors for setting the bridge ratio. The built-in standard capacitor is characterized by low temperature dependence and high stability with respect to time.

II. ELECTRICAL DATA

Frequency range 0.1 to 1 MHz
 recommended measuring frequency as per DIN 41341 1 MHz

Measuring circuit for capacitance C_x
 for capacitance difference ΔC_x

suitable for ungrounded (ground at s) and
 single-ended specimens (ground at m)

Measuring ranges

for capacitances C_x and ΔC_x
 specimen, ungrounded 0.0001 to 1000 pF

in four partial ranges, with the factor $k = 10^{-1}; 1; 10; 100$ pF

specimen, single-ended (only when $f_m = 1$ MHz). 0.001 to 1000 pF

in three partial ranges, with the factor $k = 1; 10; 100$ pF

for the dissipation factor D_x

can be set continuously from 0 to 20×10^{-3}

and also in steps of 20×10^{-3} up to 140×10^{-3}

with ungrounded specimen $C_x \geq 0.01$ pF

direct reading at frequency $f_m = f = 0.1; 0.3$ or 1 MHz

for other measuring frequencies reading $\times f_m/f$

with single-ended specimen $C_x \geq 10$ pF at $f_m = f = 1$ MHz

for the conductance difference ΔG_x

can be set continuously according to set

factor $k (0 \text{ to } \pm 0.6) \times 0.1 \text{ to } \times 100 \mu\text{S}$

direct reading for $f_m = 1$ MHz

for other measuring frequencies when C_x

is ungrounded reading $\times (f_m/\text{MHz})^2$

Measuring error

for capacitances C_x and ΔC_x

when C_x ungrounded at $f_m = 0.1$ to 0.3 MHz

from 3^x to 1000 pF $\pm 0.1\% + \frac{8}{C_x} C^+$

when C_x ungrounded at $f_m = 0.1$ to 1 MHz

or C_x single-ended at $f_m = 1$ MHz

from 3^x to 1000 pF $\pm 0.2\% + \frac{8}{C_x} C^+$

from 0.1 to 3 pF $\pm 0.4\%$

up to 0.1 pF $\pm 1\%$

$\frac{+ \delta C}{C_x}$ is the increase in capacitance in % caused by the lead-in inductance
 $L_0 \approx 215$ nH within the device: $\frac{\delta C}{C_x} = 0.85 f_m^2 \times C_x$; $\frac{\delta C}{C_x}$ in %, f_m in
 MHz, C_x in nF

for the <u>dissipation factor</u> D_x	$\pm (3\% + D)$
D_o	$\leq 0.5 \times 10^{-9}$
for the <u>conductance difference</u> ΔG	
specimen, ungrounded	$\pm 3\% \pm 2$ div.
specimen, single-ended	$\pm 3\% \pm 0.1 \mu S \pm 2$ div.
Zero error for C-alignment	
specimen, ungrounded	± 0.2 fF ± 2 div.
specimen, single-ended	± 2 fF ⁺ ± 5 div.
Maximum permissible input voltage	20 V _{rms}

⁺fF = femtofarad = 10^{-15} F

III. FUNCTIONING AND LAYOUT

Fig.2 shows the capacitance-bridge circuit. The measuring voltage reaches the bridge via input transformer $\bar{U}1$. Two arms of the bridge are composed of the inductances of several voltage-dividing reactors (D1 to D3, see circuit diagram in the annex). Their dividing ratio, which can be set with switch S4, determines the respective capacitance range. Range switch S4 has four positions marked "x 0.1"; "x 1"; "x 10"; and "x 100".

The third arm of the bridge is formed by the capacitor C_x which is to be measured; the fourth arm by the built-in standard capacitance C_N (100 pF). This standard is connected to decadic dividing reactors (D3 to D5). Using switches S1 to S3 the effective value of C_N can be set in ten equal steps of $1/10 C_N$, $1/100 C_N$ and $1/1000 C_N$ by altering the bridge ratio.

Differential variable capacitor C1 operates parallel to C_x and C_N . It is connected in such a manner that when it is turned to the right, for example, its effective capacitance parallel to C_N increases. When the capacitor is turned to the left, starting from zero, its capacitance parallel to C_x increases correspondingly. Therefore, using C1, fine balance can be effected, quite simply (S5 to "Diff"), and in addition, the capacitance difference between two capacitors which are connected each with one terminal to the jacks marked "m" and with their other two terminals to the jacks "a" and "b", can be determined.

The dissipation factor D_x is aligned with variable capacitor C2 which, as part of a capacitance-resistance star network produces a negative conductance parallel to C_x . Decadic dividing reactors in the fixed arm (D3, D6, D7) adjoining " C_x " effect positive transformation in parallel to C_N such that the effective dissipation factor for any C_N value set can be varied from 0 to 20×10^{-3} ; in addition, this range can be extended in six steps to up to 140×10^{-3} by resistors connected in series with C_N . Moreover, the dissipation factor D is frequency-dependent. Consequently, specified combinations of resistances must be switched in using S5 for each frequency, where the reading is to hold without having to convert (0.1; 0.3; and 1 MHz). At other measuring frequencies (f_m) the reading must be multiplied by the ratio

$$\frac{\text{measuring frequency } f_m}{\text{frequency } f \text{ set at S5}} .$$

For difference measurements switch S5 has a special position "Diff" in which position a satisfactory phase balance is guaranteed by aligning the conductance difference with the correspondingly reconnected capacitance-resistance star network. For reading off difference measurements the lower red center-zero scale of C2 marked "ΔG" is used since conductances must be effective between jacks "a" and "m" or "b" and "m" depending upon which of the two capacitances under comparison has the greater phase angle. Output transformer Ū2 which metallicly separates the measuring circuit from the detector is situated in the detector diagonal. The bridge is designed to permit two-terminal and three-terminal measurements both on ungrounded (center-tap of reactor "S" to ground) and single-ended specimens ("m" to ground). (See Figs.4 and 5). Reconnection is effected with toggle switch S6.

The external layout of the capacitance bridge is shown in Fig.1, designations of the control elements on the front cover, Fig.6. The device is designed in inset form as per DIN 41490 and accommodated in a light-metal housing which also acts as the outer shield.

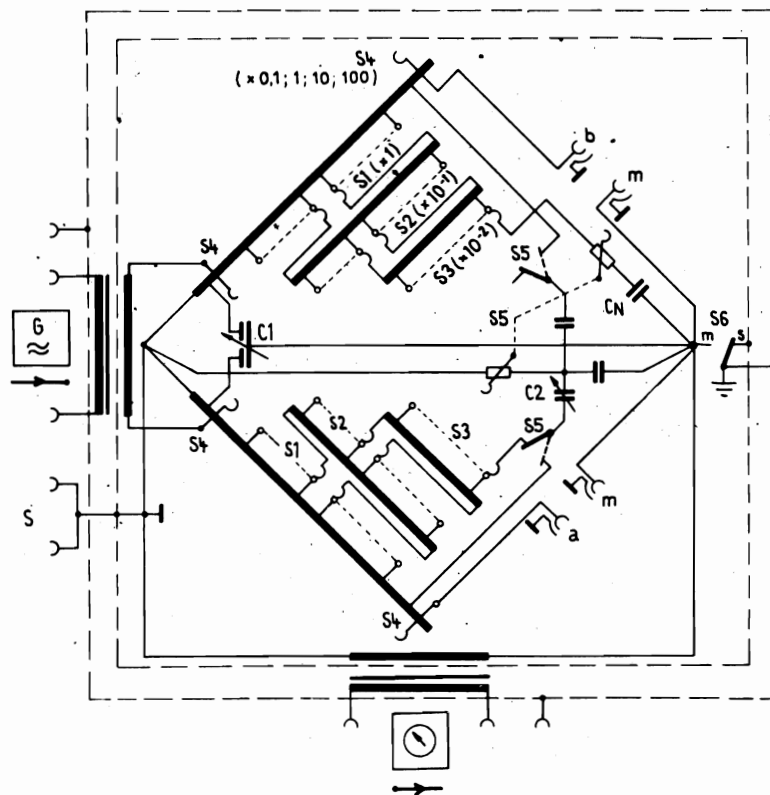


FIG.2 BASIC CIRCUIT

IV. TYPES, DIMENSIONS AND WEIGHTS

Description	Order Number	Dimensions in mm	Approx. Wt. in kg.
<u>Capacitance bridge R127</u>			
0.0001 to 1000 pF (0.1 to 1 MHz)	S45034-R127-C702 (Rel 3 R 127c) ⁺	556x326x307	18
<u>Accessories</u>			
for connection of C _x			
2 coaxial connecting cords 4/13.	V42251-C226-D1	each 300	each 0.15
<u>Optional</u>			
1 measuring generator			
e.g. measuring oscillator W38 (10 Hz to 1 MHz)	see data bulletin W38	556x326x307	32
and			
1 measuring detector			
e.g. superheterodyne receiver U420 (30 Hz to 1 MHz)	see data bulletin U420	556x326x307	30
1 earphone (2x2500 Ω)	S30368-Z201-F311	-	0.2
2 shielded balanced connecting cords with 2 three-pole plugs (for connection of generator and detector).			
	V42255-R15-A...	500 to 2000	
2 coaxial connecting cords 4/13 (extra for difference measurements)			
	V42251-C226-D2	each 500	0.15
2 pluggable, shielded screw terminals			
	S44250-A4-B10	109x15 dia	0.1
1 specimen mount R918 for midget capacitors			
	S45034-R918-A702 (Rel 3 R 918a) ⁺	120x70x100	0.5
1 inset 35 R 332 for specimen mount of capacitors with single- -ended terminal wires in hole- -pattern module for printed circuitry			
	S45035-R332-A701 (Rel 35 R 332) ⁺	-	-

⁺ Former order number

I N S T R U C T I O N S F O R U S E

I. LAYOUT OF THE MEASURING SETUP

A suitable source of measuring power for frequency-dependent measurements is the measuring oscillator W 38 (10 Hz to 1 MHz), as a detector the superheterodyne receiver U 420 (30 Hz to 1 MHz). Since the detector is designed as a selective amplifier incorrect measurements resulting from harmonics are obviated and high balancing sharpness is obtained. The necessary cords used to connect the individual devices can be seen from Fig. 3.

Generator and detector will be normally connected to the power mains. They are thus connected to the protective ground of the network as required by the regulations of the VDE (Association of German Electrical Engineers). Ground is applied to the bridge via the shielded connecting cords. The grounding terminals of all devices are thus left non-connected. To obviate measuring errors caused by multiple grounding it is necessary to use cord V42255-R18-A22 to link the detector to the bridge. At one end this line has a two-pole plug.

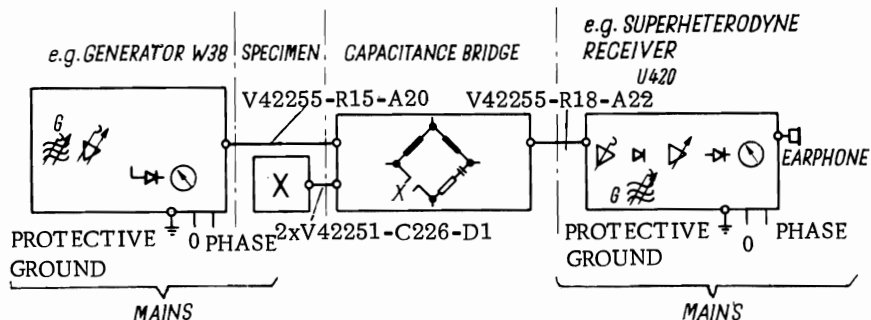


FIG.3 SOURCE OF MEASURING POWER e.g. TRANSMITTING SECTION

II. CONNECTING THE SPECIMEN

Connect the unknown capacitance via two shielded connecting cords to jacks "a" and "m", whereby jack "m" connects the grounded side in the case of grounded specimens.

When using the 300 mm long coaxial connecting cords supplied, Rel ltg.533a, measuring errors are practically non-existent. However, care must be taken that the mutual capacitances of the projecting plug ends are included in the measurement. With extremely small capacitances it is therefore necessary to shield the connecting cords carefully right up to the metering point proper by using suitable specimen mounts.

For series measurements on midget capacitors there is the shielded specimen mount R918 which ensures well-defined measuring conditions. This mount can hold capacitors with wire terminals at both ends up to a length of 40 mm and a diameter up to 30 mm.

Inset 35 R332 for this specimen mount is suitable for use in the measurement of capacitors up to 20 mm long with single-ended terminal wires in the hole pattern module for printed circuitry.

When measuring larger capacitances (> 100 pF) the inductance of the two connecting cords is not without effect upon the measuring result. Such capacitors can be connected directly by their terminal wires via two plug-in type shielded screw terminals (C44250-A4-B10).

When the temperature dependence of capacitances is to be measured, e.g. in temperature-cycling cabinets, measuring leads longer than the 300 mm leads supplied are needed. As a result of the increased lead inductance and resistance, both the capacitance and dissipation factor measuring errors increase. Since these errors increase with higher frequencies, a lower frequency should be used for measuring (e.g. 100 kHz).

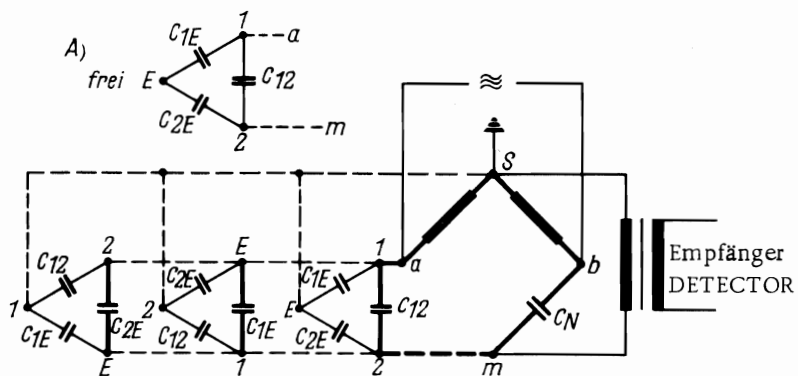


Bild 4 Messung der Teilkapazitäten am ungeerdeten Meßobjekt
 FIG.4 MEASUREMENT OF THE CAPACITANCES ON UNGROUNDED SPECIMEN

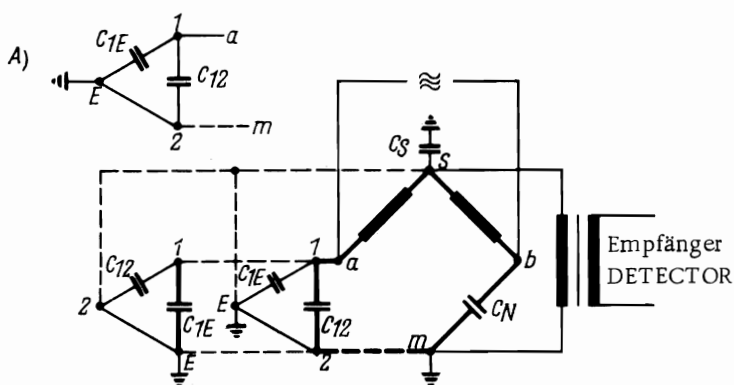


Bild 5 Messung der Teilkapazitäten am geerdeten Meßobjekt
 FIG.5 MEASUREMENT OF THE CAPACITANCES ON GROUNDED SPECIMEN

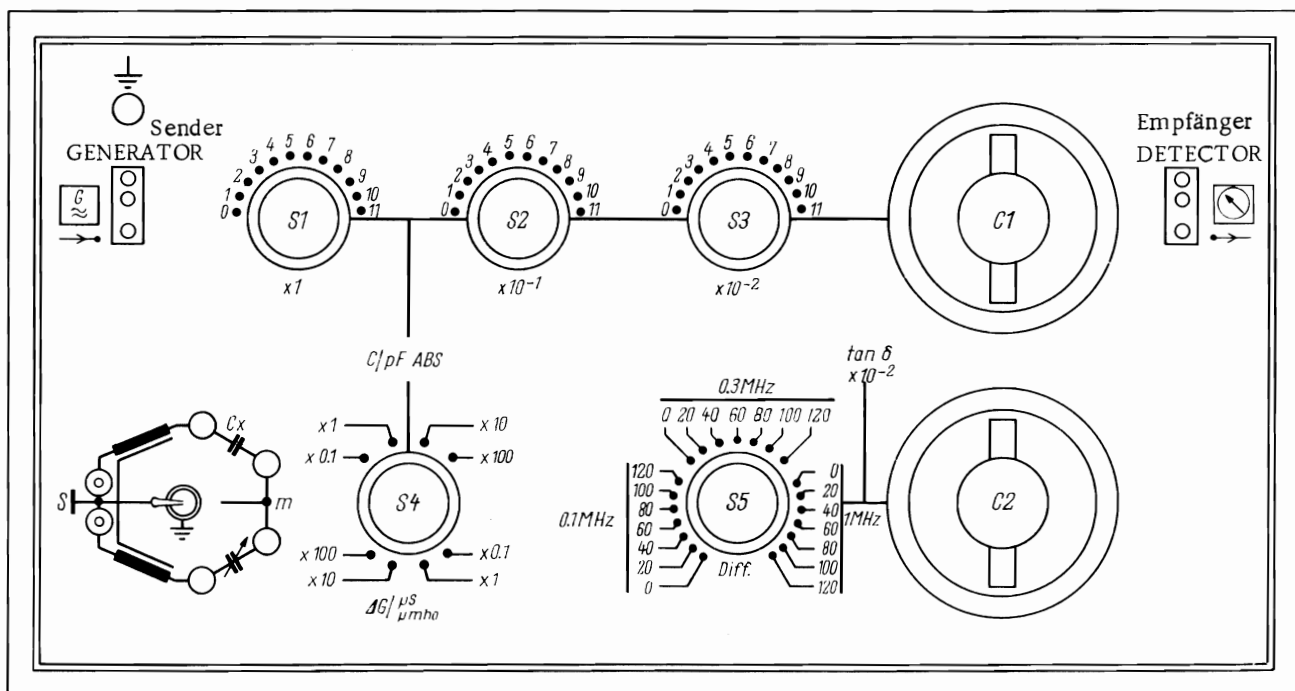


Bild 6 Frontansicht
 FIG.6 PANEL VIEW

III. TWO-TERMINAL AND THREE-TERMINAL MEASUREMENTS

In addition to the partial capacitance C_{12} between its layers each capacitor has further partial capacitances C_{1E} and C_{2E} between each layer and environment or ground.

1. Ungrounded Specimen (Fig.4)

If the potential of a capacitor case can be freely chosen, i.e. the specimen is floating, each of the three partial capacitance can be measured separately at a-m, if, in each case, the third pole is connected to the inner sheath S (center-tap of reactor) and grounded. Fig.4 shows the three circuits used for measuring partial capacitances C_{12} , C_{1E} or C_{2E} . The partial capacitance m-S lies in the null arm and consequently has no effect on the measuring result. The effect of partial capacitance a-s, parallel to one reactor arm, is negligible if it is smaller than the capacitance to be measured. If it is greater, measurements should be made using a low frequency (e.g. 100 kHz) if possible, in order to minimize this effect.

An example of this type of measurement arises in determining the through-capacitance of an electron tube. In this case the anode is connected to jack "a", the control grid to jack "m" and the remaining grids to one of the jacks "S".

Thus, the poles between which the partial capacitances are to be measured, are always connected to equipment jacks "a" and "m", all other poles to jack "S".

If, however, the third pole is not connected to the inner sheath S (see A in Fig.4), i.e. the ungrounded specimen is connected between a and m (C_{12}) and its environment (common pole of C_{1E} and C_{2E}) is left open, the sum of C_{12} and the parallel-connected series network C_{1E} and C_{2E} is measured.

$$C = C_{12} + \frac{C_{1E} \times C_{2E}}{C_{1E} + C_{2E}}$$

2. Grounded Specimen (Fig.5)

If the environment of the specimen has ground potential, as in the case of fixed-mounted cords, point m is grounded and not point S. This can be readily done since as a result of the double shielding, there is a capacitance C_S only between S and m .

Using the circuit configuration shown in Fig.5 partial capacitance C_{1E} or C_{2E} can be directly measured. Partial capacitances m-S in the null arm and a-S parallel to a reactor arm are, as already stated in section III.1, ineffective such that only the partial capacitance at a-m has any effect on the measurement.

The third partial value C_{12} is obtained quite simply by marking a further measurement (see A in Fig.5) in which one of the other two partial capacitance is short-circuited and point S remains open. From the measurement the sum $C_{12} + C_{1E}$ or $C_{12} + C_{2E}$ is obtained from which the unknown value is simply calculated, given C_{1E} or C_{2E} .

IV. MEASURING CAPACITANCE AND THE DISSIPATION FACTOR

In accordance with the details given in section III, turn switch S6 to the left ("S" to ground) in the case of ungrounded specimen, to the right ("m" to ground) in the case of grounded specimen.

First, set measuring range switch S4 for the anticipated value and then alter so that when aligning, switch S1 is not on "0". Set D-switch S5 to the measuring frequency or to the next higher frequency.

Then carry out coarse balance using capacitance switches S1 to S3 and phase control C2, and if necessary, D-switch S5; then effect fine balance using C1 and C2 alternately, until a distinct minimum is obtained.

Taking into account the setting factor of range switch S4, the value of the capacitance to be measured is read as the sum of the values set at rotary switches S1 and S3 and variable capacitor C1, noting the sign of the reading at C1 (+ when pointer at "a-m" arm; - when pointer at "b-m" arm).

The value of D is obtained as a direct sum of the settings of S5 and C2 when the specimen is floating and $C_x \geq 0.01$ pF at the measuring frequencies $f = 0.1; 0.3$ and 1 MHz. For other measuring frequencies f_m is

$$D_x = D_{\text{read.}} \times \frac{f_m}{f}$$

Here, "f" is the frequency set at switch S5. Frequency f next to f_m must always be set. In the case of single-ended specimens the reading is only valid for $C_x \geq 10$ pF and $f_m = 1$ MHz.

V. MEASURING CAPACITANCE AND CONDUCTANCE DIFFERENCES

The two capacitances to be compared should be connected to jacks "a-m" and "b-m" in such a manner that the larger capacitance is across "a-m". Switch S5 in position "Diff", ground to "m" using switch S6 if specimen is single-ended, or at "s" when floating.

The capacitance balance is carried out by means of switches S1 to S4 and variable capacitor C1 (as in section IV.); the value read off is the capacitance difference. If balancing is not possible, the larger capacitance is across "b-m"; terminals "a" and "b" should be interchanged.

Phase alignment is effected with the aid of capacitor C2. At $f_m = 1$ MHz the conductance difference ΔG is obtained in microsiemens if the value read off on the lower red scale of C2 is multiplied by the factor marked in red on switch S4.

The following equation holds for measuring frequencies smaller than 1 MHz (only possible on floating specimens):

$$\Delta G = \Delta G_{\text{read}} \times (f_m/\text{MHz})^2$$

VI. DETERMINING THE DIELECTRIC CONSTANT ϵ_r OF INSULATING MATERIALS

For solid materials plate capacitors are mostly used, for liquid materials measuring cells with cylindrical electrodes (see DIN 53483).

The fringe effects which prevent exact measurements can be eliminated by the use of guard-ring capacitors which have a guard ring round the smaller of the two circular layers in the closest uniform proximity possible. A measurement with such a guard-ring capacitor corresponds to a partial capacitance measurement as already described in IV.1:

Connect guard-ring to "S", the inner measuring layer to "m" and the large counterlayer to "a". Turn switch S6 to the left ("S" to ground).

VII. CORRECTION OF THE MEASURING VALUE AND MEASURING ERRORS

For the main measuring range of the bridge (> 3 pF to 1000 pF) the measuring error is given as $\pm 0.2\% + \frac{\delta C}{C_x}$. $\frac{\delta C}{C_x}$ in % is determined by the lead inductance L_0 (approx 215 nH) within the device, and can be calculated using the formula on page 1-04. Accordingly, the maximum additional error for a capacitance of 1000 pF to be measured at a frequency of $f_m = 1$ MHz is:

$$\frac{\delta C}{C_x} = (0.85 \times 1 \times 1)\% = 0.85\%$$

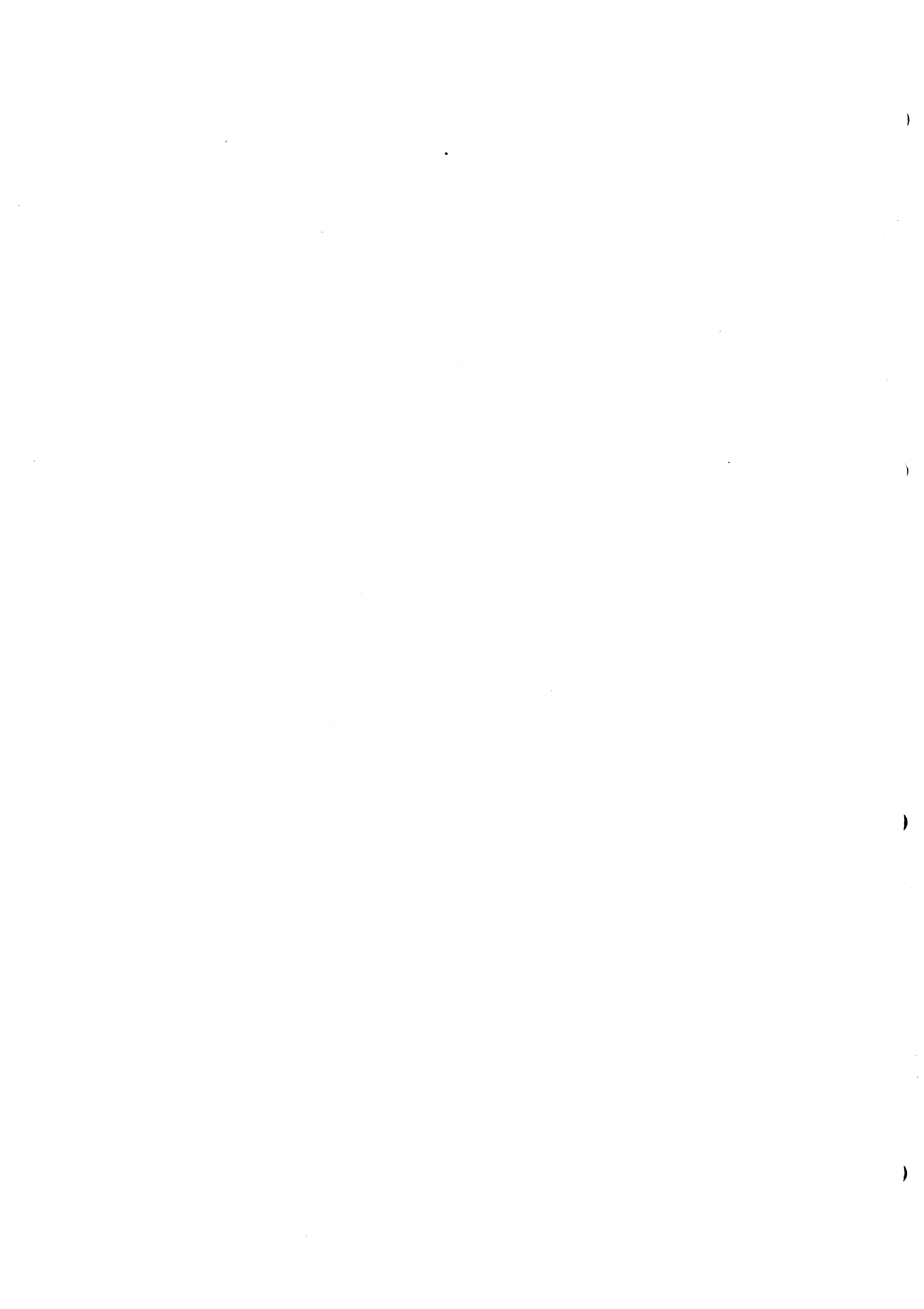
Since the error is always positive thus giving a capacitance value which is always too high, the measured value C_x' can be corrected using the following formula and the effect of F largely eliminated:

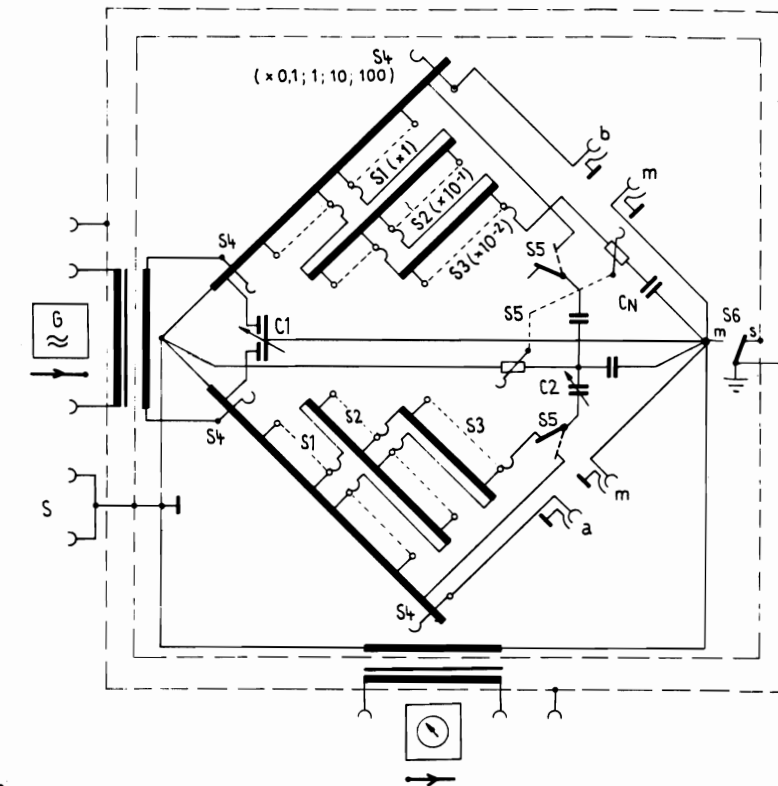
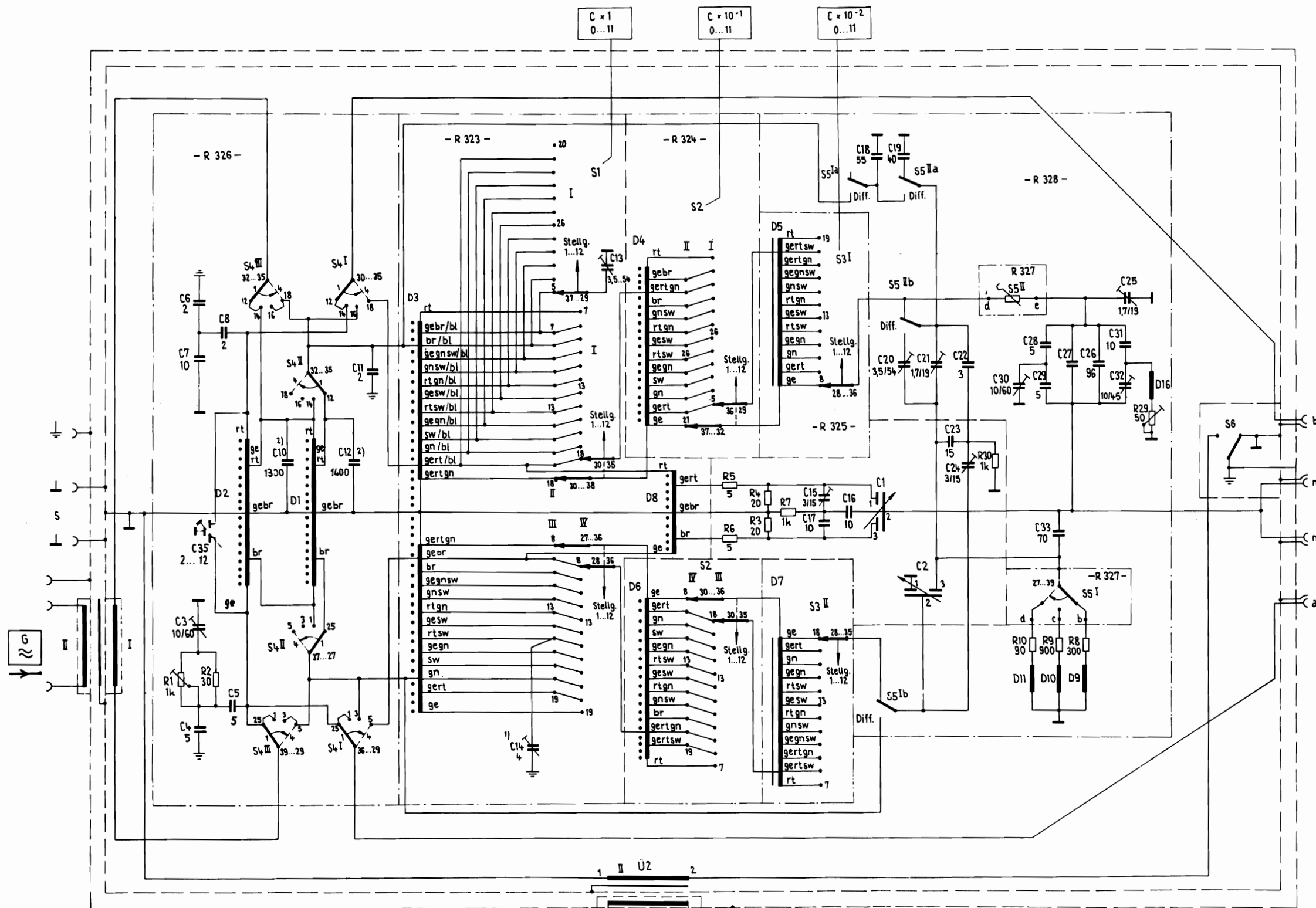
$$C_x = C_x' \left(1 - \frac{\delta C}{C_x \times 100} \right)$$

The error of the zero setting influences the measuring accuracy above all when balancing of the bridge is effected using only the variable capacitor C1 or C2 and switch S3 (e.g. in difference measurements or when measuring very small capacitances < 0.01 pF). If only the variable capacitor C1 is used the zero error of ± 2 divs. produces an additional error of $\pm 4\%$. If switches S3 or S2 are fully switched in, this error is only 0.4% or 0.04% . The zero error is negligible when the bridge is balanced using S1.

VIII. NOTES ON MAINTENANCE

The double shielding of the measuring bridge provides sufficient protection against the ingress of dust. All switches are self-cleaning and require no maintenance. Avoid opening the device since the exact alignment of the bridge cannot afterwards be guaranteed.





Ebene DECK	Ableseung $\times 10^{-3}$ tan δ	f / MHz
I		
1		0,1
2	0	
3	20	
4	40	
5	60	
6	80	
7	100	
8	120	
9		
10	0	
11	20	
12	40	
13	60	
14	80	
15	100	
16	120	
17		
18	0	
19	20	
20	40	
21	60	
22	80	
23	100	
24	120	
25		
26	DIFF. / DIFF'E MEAST	

Stellg POS	C/pF	AC/μs
1	$\times 0,1$	$\times 0,1$
2	$\times 1$	$\times 1$
3	$\times 10$	$\times 10$
4	$\times 100$	$\times 100$

1) in R 127
Anschluß bestimmt Prüffeld
CONNECTION IS DETERMINED IN TEST ROOM
2) in R 322

Baugruppennummer in Kurzschreibweise: R323
SYMBOLIZED SUBASSEMBLY DESIGNATION
Vollständige Sachnummer: S45035 - R323 - A701
COMPLETE ITEM NUMBER

CAPACITANCE BRIDGE	
Kapazitätsmeßbrücke	
SIEMENS & HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT WERNERWERK FÜR WEITVERLEHRS-UND KABELTECHNIK	
S4.5034 - R127 - C702 - * - 7411	
Ersatz für: Rel str 3R 127c	
Blatt: --- Bilder: ---	

