

Induktivitäts- und Kapazitäts-Meßbrücke „Inkavi“

Meßbereiche 0,1 Mikrohenry bis 10 Henry
1 Picofarad bis 10 Mikrofarad

Das Inkavi dient zur genauen Messung von Induktivitäten und Kapazitäten aller Art sowie zur annäherungsweise Bestimmung ihres Verlustfaktors. Sämtliche Brückenglieder, die geeichte Skala, der Meßbereichwähler, der Phasenabgleicher und die Wechselstromquelle sind in einem Preßstoffgehäuse untergebracht.

Am Gehäuse befinden sich zwei mit X bezeichnete Klemmen für den Anschluß des Meßobjektes, zwei mit T bezeichnete Buchsen zum Anschluß des Kopfhörers oder eines anderen Nullindikators und der mit G bezeichnete Tastschalter.

Meßbereiche

Die Induktivitäts- und Kapazitäts-Meßbereiche sind in je 6 Einzelmessbereiche unterteilt.

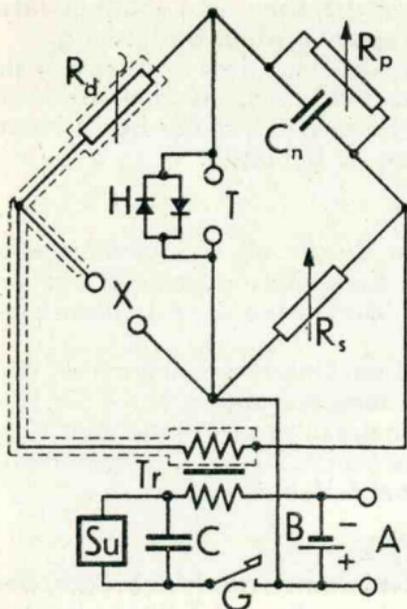
Induktivität	0...0,1mH	0...1 mH	0...10 mH	0...0,1 H	0...1 H	0...10 H
Kapazität	0...1 nF*	0...10 nF	0...100 nF	0...1 µF	0...10 µF	0...100 µF

*1 nF = 1000 pF

Zur Auswahl des gewünschten Meßbereiches wird nur ein einziger Schalter, der Meßbereichwähler, betätigt. Dabei erfolgt die Umschaltung von Induktivitäts- auf Kapazitätsmessung automatisch. Induktivitätsbereiche sind am Meßbereichwähler rot, Kapazitätsbereiche weiß bezeichnet, so daß sich Irrtümer beim Einstellen vermeiden lassen.

Meßgenauigkeit

Durch Verwendung hochkonstanter Widerstände und Kondensatoren und durch individuelle Eichung jeder Brücke wird eine durchschnittliche Fehlergrenze von ± 3 Promille vom Skalenendwert eingehalten ($2^{0/00}$ am Anfang, $4^{0/00}$ am Ende der Skala). Lediglich in den Bereichen 0... 10 H und 0...1 nF ist mit einem geringfügig (max. um $2^{0/00}$) größeren Fehler zu rechnen. Bei der Messung kleiner Kapazitäten ist stets die auf der Bodenplatte des Gerätes angegebene



Prinzipschaltungen des Inkavi

Bild 1
Induktivitätsmessung

- R_s = Schleifdraht
- R_d = Dekadenwiderstand
- R_p = Phasenabgleicher
- C_n = Präzisions-Styroflex-
kondensator
- H = Spannungs-
begrenzer
- G = Tastschalter
- Su = Summer
- X = Klemmen
für Meßobjekt
- T = Buchsen
für Nullindikator
- A = Buchsen für
äußere Stromquelle

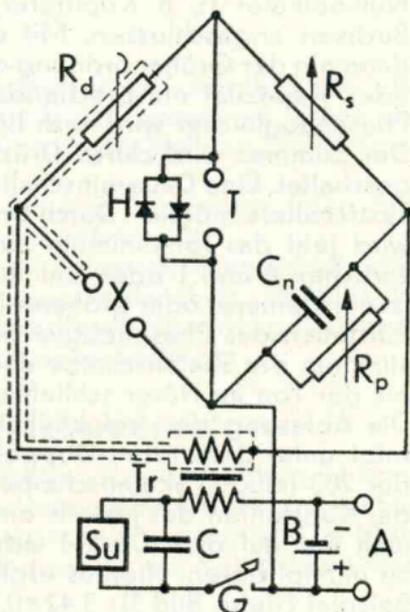


Bild 2 Kapazitätsmessung

Anfangskapazität (ca. 3 pF) abzuziehen. Bei Induktivitätsmessungen ist die Anfangskapazität ohne Bedeutung. Da die relative Ablesegenauigkeit nach dem Ende der Skala zu größer wird, empfiehlt es sich stets, im Skalenbereich 1...10 zu messen und den Bereich 0...1 nur bei kleinen Induktivitäten und Kapazitäten zu benutzen.

Schaltung

Bild 1 zeigt die Schaltung der Brücke als Induktivitätsmeßbrücke. Bei Verwendung als Kapazitätsmeßbrücke werden die Brückenzweige R_s und C_n durch den eingebauten Umschalter vertauscht (Bild 2).

Als Wechselstromquelle dient ein Unterbrechersummer, der mit einer eingebauten Taschenlampenbatterie von 4,5 V betrieben wird. Er erzeugt eine nahezu sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 1200 Hz. Die Spannung am Meßobjekt beträgt maximal 6 V_{eff}.

Messung

Das Meßobjekt wird an die X-Klemmen der Meßbrücke, der Nullindikator (z. B. Kopfhörer) an die mit T bezeichneten Buchsen angeschlossen. Mit dem Meßbereichwähler wird dann ein der Größenordnung der zu messenden Induktivität oder Kapazität entsprechender Meßbereich gewählt. Der Phasenabgleicher wird nach links gedreht ($\text{tg } \delta < 0,001$).

Der Summer wird durch Drücken des Tastschalters G eingeschaltet. Eine Dauereinschaltung ist durch Linksdrehen des Tastschalters möglich. Durch Drehen des Skalendrehknopfes wird jetzt das Tonminimum aufgesucht. Liegt das Minimum zwischen 0 und 1 oder läßt sich kein Minimum erzielen, so ist ein kleinerer oder größerer Meßbereich zu wählen. Durch Einstellen des Phasenabgleichers wird sodann unter Nachstimmen der Skalenscheibe das Minimum soweit verbessert, bis der Ton im Hörer schließlich verschwindet.

Die Ablesung des Induktivitäts- bzw. Kapazitätswertes erfolgt unter dem roten Doppelstrich des Skalenfensters auf der 200-teiligen Skalenscheibe. Der abgelesene Wert ist mit der Konstanten des jeweils eingestellten Meßbereiches gemäß der auf dem Deckel sichtbaren symbolischen Formel zu multiplizieren. Hieraus ergibt sich der Meßwert.

Beispiel (siehe Bild 3): $3,42 \times 0,1 = 0,342 \mu\text{F}$.

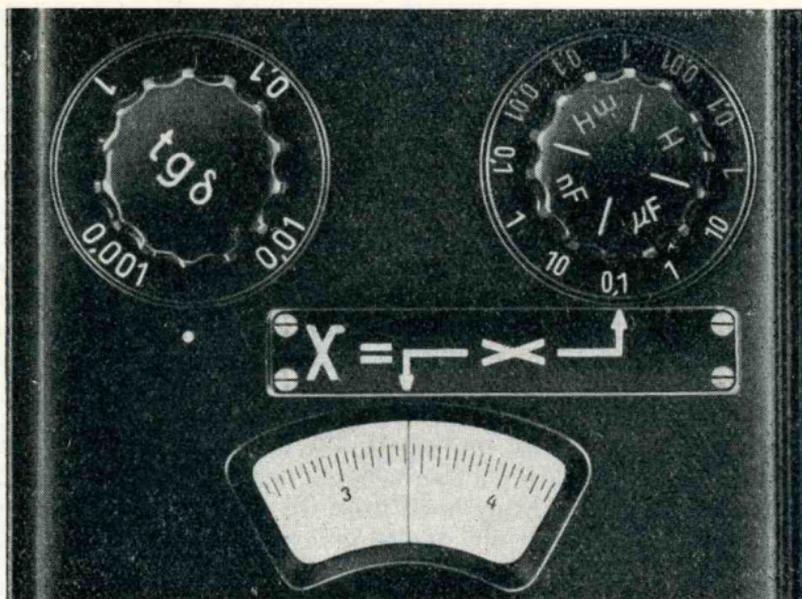


Bild 3

Der Phasenabgleicher ermöglicht einen Abgleich für alle Verlustwinkel unter 45° ($\text{tg } \delta \leq 1$). Die ungefähre Größe des Verlustfaktors (für 1200 Hz) kann an der Stellung des Knopfes abgelesen werden.

Bei Induktivitätsmessungen ist eine besonders feine Einstellung des Phasenabgleichers notwendig.

Im kleinsten Kapazitätsmeßbereich dient der Phasenabgleicher auch zum Ausgleich des inneren Fehlwinkels. Er zeigt daher einen etwas zu großen Verlustwert. Die Meßgenauigkeit der Brücke wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Messung von Elektrolytkondensatoren

Die direkte Messung von Elektrolytkondensatoren ist ohne weiteres möglich, da der Verlustmeßbereich des Inkavi hinreichend groß und die Meßspannung niedrig ist. Die Meßspannung beträgt bei Kondensatoren mit Kapazitäten über $1 \mu\text{F}$ weniger als 1 Volt.

Nullindikator

Kopfhörer

Zur Ermittlung des Tonminimums dient normalerweise ein Kopfhörer, der einen Widerstand von etwa 200...400 Ω haben soll. Bei Messungen in lärmerfüllten Räumen ist es zweckmäßig, einen Doppelkopfhörer zu verwenden.

Bei sehr häufiger Messung von großen Kapazitäten (1...100 μF) oder kleinen Induktivitäten (0...100 μH) ist es ratsam, einen 4-Ohm-Kopfhörer zu verwenden, der auf besonderen Wunsch geliefert wird. Dieser Hörer ergibt in den genannten Bereichen einen lautstärkeren Abgleich.

Gehörschutz

Zum Schutz des Ohres vor zu großen Lautstärken ist in dem Nullzweig der Brücke ein Begrenzer eingebaut, der die Spannung an den T-Buchsen nicht über 0,5 V ansteigen läßt. Es ist daher beim Wechseln des Meßbereiches oder des Meßobjektes nicht notwendig, den Hörer abzunehmen.

Elektronischer Nullindikator

Der Anschluß eines elektronischen Nullspannungsanzeigers ist ohne weiteres möglich, da die rechte T-Buchse geerdet werden kann. Der Nullspannungsanzeiger ist am Inkavi mit einem abgeschirmten Kabel anzuschließen, wobei der geschirmte Pol mit der linken T-Buchse, die Schirmung mit der rechten T-Buchse zu verbinden ist.

Erdung

Bei der Messung von kleineren Kapazitäten ist es zweckmäßig, die äußere oder die mit dem Schirm des zu messenden Kondensators verbundene Elektrode an die rechte X-Klemme anzuschließen und diese zu erden (Bild 4).

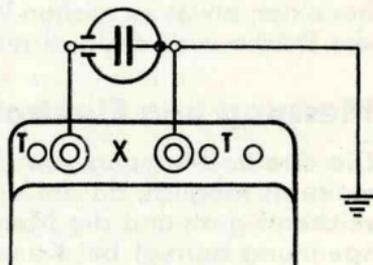


Bild 4

Wartung der Stromquelle

Zum Betrieb des Unterbrechersummers dient normalerweise eine Taschenlampenbatterie 4,5V. Nach Abnahme der Bodenplatte ist diese mit dem kurzen Anschlußstreifen (+ Pol) nach oben einzusetzen. Mit einer Taschenlampenbatterie kann das Inkavi bei intermittierendem Betrieb etwa 15...20 Stunden betrieben werden.

Der Summer ist so eingestellt, daß er bei genügender Spannung der eingesetzten Taschenlampenbatterie stets sicher anspricht. Spricht der Summer nicht mehr an, so ist anzunehmen, daß die Batterie erschöpft ist. Sie muß dann gegen eine neue ausgewechselt werden.

Einstellen des Summers

Der Summer ist vom Werk so eingestellt, daß er normalerweise etwa 300 Stunden arbeitet (Verbrauch von 20 Taschenlampenbatterien!), ohne daß eine Nachstellung der Summerschraube erforderlich ist.

Bevor man sich vergewissert hat, ob die Batteriespannung noch ihren normalen Wert besitzt, wird daher dringend gewarnt, die Summerschraube zu verstellen!

Zeigt die Taschenlampenbatterie jedoch mindestens 4 Volt Spannung (meßbar an den beiden seitlichen Buchsen) und der Summer arbeitet nicht, so ist anzunehmen, daß die aus Platin-Wolfram bestehenden Summerkontakte sich geringfügig abgenutzt haben.

Das Nachstellen des Summers erfolgt bei eingeschaltetem Stromkreis. Die auf der Oberseite der Bodenplatte in der Mitte sichtbare Stellschraube ist mit einem Schraubenzieher um 1 oder 2 Rasten nach rechts zu drehen, bis der Summer wieder anspricht. Die Summerstellschraube darf auf keinen Fall zu weit gedreht werden, da sonst ein Dauerstrom fließt, der die Batterie in kurzer Zeit entlädt. Das Fließen eines Dauerstromes erkennt man daran, daß bei angeschlossenem Kopfhörer bei kurzzeitigem Drücken des Tastschalters ein deutliches Knacken hörbar ist. In diesem Fall ist die Summerschraube bei eingeschaltetem Kontakt solange nach links zu drehen, bis der Summer betriebssicher anspricht.

Der Summer läßt sich im Bedarfsfall nach Öffnen des Gehäusebodens und Lösen einer einzigen Anschlußschraube leicht auswechseln.

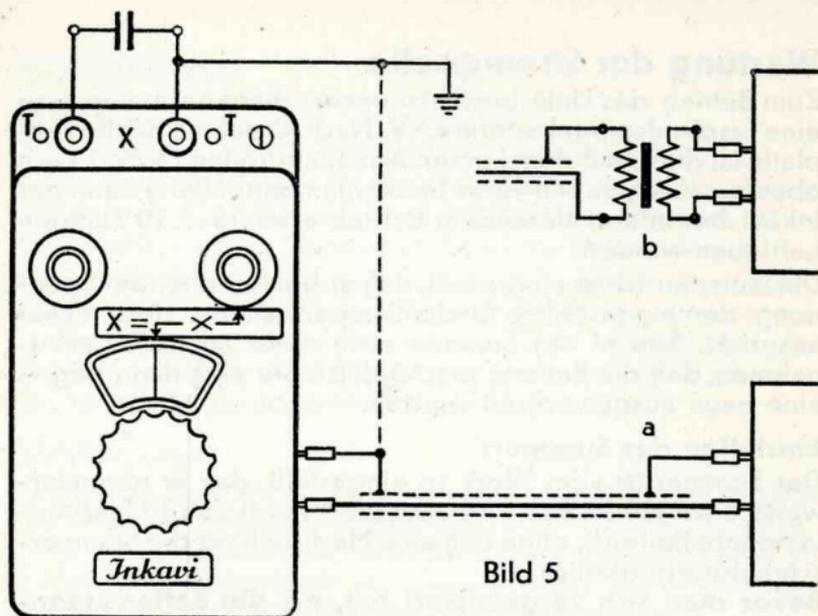


Bild 5

Anschluß einer äußeren Stromquelle

An Stelle der eingebauten Taschenlampenbatterie kann nach deren Entfernen auch eine Gleichspannungsquelle von 4 V (Akkumulator, Gleichrichter) Verwendung finden. Sie wird an die seitlichen Buchsen angeschlossen. (Positiver Pol an die obere Buchse).

Es ist ebenfalls möglich, einen Röhrensummer oder einen anderen Wechselstromgenerator beliebiger Frequenz als Spannungsquelle für die Brücke zu benutzen. Die Batterie und der eingebaute Summer sind dabei herauszunehmen. Die Wechselfspannung darf maximal 3 V betragen. Der Generator soll an etwa 10 Ohm angepaßt sein (evtl. unter Zwischenschaltung eines Transformators).

Anschluß siehe Bild 5. Abschirmung und Erdung sind zur Vermeidung von Meßfehlern zweckmäßig.

Pflege des Meßumswitchers

Nach längerem Gebrauch ist es zweckmäßig, die Kontakte des Meßumswitchers nach Abnahme der Bodenplatte leicht mit Paraffinöl einzufetten.