

Kapazitätsmessung mit der Wechselstrombrücke

Einführung

Ein Kondensator hat einen Wechselstromwiderstand vom Betrag

$$z_c = \frac{1}{\omega C}$$

mit:

$\omega = 2\pi\nu$ - Kreisfrequenz, ν - Frequenz der Wechselspannung, C - Kapazität des Kondensators.

Man kann deshalb die Kapazität von Kondensatoren mit einer Wheatstoneschen Brücke bestimmen, wenn man die Brücke mit Wechselstrom betreibt und als Nullinstrument einen wechsellspannungsempfindlichen Detektor (Oszilloskop, Kopfhörer, etc.) benutzt.

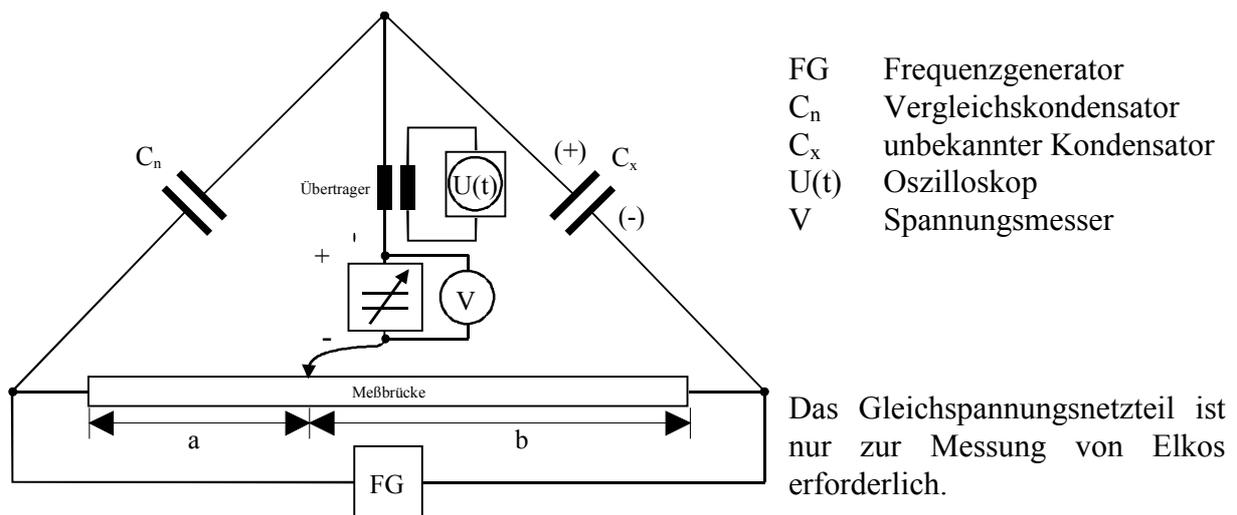


Abb.1: Wechselstrombrücke zur Kapazitätsbestimmung

Sind die Spannungen längs der Abschnitte a und b des Schleifdrahtes nach Amplitude und Phase gleich den Spannungen an den Kondensatoren C_x und C_n , so liegt am Nullinstrument keine Spannung an. Es gilt:

$$\frac{z_{C_n}}{z_{C_x}} = \frac{R_a}{R_b} = \frac{a}{b}, \quad \text{also} \quad \frac{C_x}{C_n} = \frac{a}{b}.$$

Die unbekannte Kapazität läßt sich dann aus der bekannten Kapazität und der Länge der Schleifdrahtabschnitte berechnen. Diese Abgleichbedingung ist frequenzunabhängig. Sie ist jedoch nur dann hinreichend, wenn die Kondensatoren verlustfrei sind, der Gleichstromwiderstand also unendlich ist (ideales Dielektrikum). In diesem Fall genügt eine Bedingung, um den Abgleich nach Phase und Amplitude zu gewährleisten.

Aufgaben:

1. Bestimmung der Kapazität einer Leidener Flasche
2. Bestimmung der Kapazität der Kondensatoren im Kästchen (**beim Elko Polung beachten!!**). Warum ist beim Elko nur ein sehr verwaschenes Minimum zu erreichen? Man prüfe hier auch nach, ob diese Erscheinung frequenzabhängig ist.
3. Kalibrierung eines Drehkondensators $C(\alpha)$.
4. Bestimmung der Kapazität einer abgeschirmten Leitung von ca. 1m Länge
5. Bestimmung der Kapazität zweier etwa 1m langer miteinander verdrehter Meßleitungen.

Durchführung:

Die Schaltung wird entsprechend Abb. 1 aufgebaut. Das Gleichspannungsnetzteil ist nur zur Bestimmung der Kapazität des Elkos erforderlich (Spannung dann > 4 V). Der Betrag der Gleichspannung muß höher sein, als die Amplitude der Wechselspannung, da sonst die dielektrikum bildende Oxidschicht des Elkos zerstört wird.

Als Nullinstrument dient das Oszilloskop. Es ist mit einem Übertrager in den Meßzweig der Brücke geschaltet. Dadurch wird vermieden, daß das geerdete Gehäuse des Oszilloskops mit der Brücke verbunden ist. Da der Frequenzgenerator eine Kapazität gegen Erde hat, würde sonst eine kapazitive Verbindung zwischen diesem und dem Oszilloskop entstehen, die die Brücke mit parasitären Kapazitäten belastet und die Messung verfälscht. Aus dem gleichen Grund kann der externe Trigger nicht verwendet werden.

Als Vergleichsnormale sind drei verschiedene Kondensatoren beigelegt. Man wähle jeweils den geeigneten. Die Leitungen in den Brückenzweigen sind so kurz wie möglich zu führen, um Einstreuungen und parasitäre Kapazitäten zu vermeiden.

Fehlerbetrachtung:

Durch Vertauschung von bekanntem und unbekanntem Kondensator prüfe man die Symmetrie der Anordnung, wobei die Leitungen nicht mit vertauscht werden. Durch Veränderung der Frequenz wird die Frequenzunabhängigkeit des Abgleichs überprüft. Man gebe die Meßunsicherheit sowohl für kleinere als auch für größere Kapazitäten an.

Formeln für die Fehlerrechnung:

$$C_x = C_n \frac{a}{l-a}, \quad \Delta C_x = C_n \Delta \left(\frac{a}{l-a} \right)$$

mit l = Länge des Schleifdrahtes, also

$$\Delta C_x = C_n \frac{l}{(l-a)^2} \Delta a, \quad \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{l}{a(l-a)} \Delta a.$$

Wie sind diese Formeln herzuleiten?