

Aufgaben:

Die Dielektrizitätskonstante verschiedener fester Stoffe ist mittels eines elektrischen Schwingkreises zu bestimmen.

Grundlagen:

Die Kapazität eines Kondensators ist definiert durch das Verhältnis von gespeicherten Ladung und Spannung:

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1)$$

Die Kapazität C ist proportional zur Materialkonstanten des sich zwischen den Platten befindlichen Materials. Diese Materialkonstante heißt Dielektrizitätskonstante ε . Für das Vakuum gilt $\varepsilon = 1$ und für einen bestimmten Stoff ist ε definiert durch:

$$\varepsilon = \frac{C}{C_{\text{Vak}}} \quad (2)$$

Die Dielektrizitätskonstante ε ist materialabhängig, weil verschiedene Stoffe in einem elektrischen Feld - z.B. im Feld eines geladenen Plattenkondensators - unterschiedlich polarisiert werden. Die Moleküle des Dielektrikums werden durch Ladungsverschiebung zu Dipolen, deren Felder dem Feld des Kondensators entgegengerichtet sind und es infolgedessen schwächen.

Gleichung (2) lässt sich zur Bestimmung von ε verwenden, wobei $C_{\text{vak}} \approx C_{\text{Luft}}$ gesetzt werden darf, weil $\varepsilon_{\text{Luft}} - \varepsilon_{\text{vak}} < 0,001$ ist. Der Kondensator bildet zusammen mit einer Spule einen elektrischen Schwingkreis. Dieser wird mit einem Generator, dessen Frequenz sich messbar verändern lässt, zu erzwungenen elektrischen Schwingungen angeregt (siehe Prinzipschaltbild). Mit der Selbstinduktivität L und der Kapazität C besitzt der Schwingkreis bei kleiner Dämpfung folgende Resonanzfrequenz:

$$\nu = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (3)$$

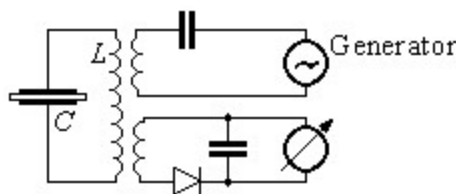


Abbildung 1: Prinzipschaltbild

Durchführung:

Die Kapazität eines Plattenkondensators mit Dielektrikum ist gegeben durch:

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad (4)$$

wobei: ε = Dielektrizitätskonstante, ε_0 = elektrische Feldkonstante, A = Plattenfläche, d = Plattenabstand (= Dicke des Dielektrikums). Dieser Kondensator hat ohne Dielektrikum dieselbe Kapazität, wenn der Plattenabstand d' folgenden Wert hat:

$$d' = \frac{d}{\varepsilon} \quad (5)$$

Zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten ε einer Kunststoffscheibe wird diese zwischen die Platten des Kondensators geschoben, die bewegliche Kondensatorplatte wird mit der Rändelschraube vorsichtig festgedreht und die Resonanzfrequenz eingestellt. Danach entfernt man die Dielektrikumscheibe und stellt fest, bei welchem Plattenabstand d' ohne Dielektrikum dieselbe Resonanzfrequenz auftritt.

Die Dicke d der Dielektrikumscheibe wird mit einem Nonius gemessen. Aus fünf an verschiedenen Stellen der Scheibe durchgeführten Messungen ist der Mittelwert zu bilden.

Die Dielektrizitätskonstante ε lässt sich nach Gleichung (5) aus dem Verhältnis der Plattenabstände d und d' berechnen:

$$\varepsilon = \frac{d}{d'} \quad (6)$$

Die Werte von d und d' sind je fünfmal zu bestimmen, und es ist der jeweilige Mittelwert zu bilden (Fehlerrechnung). Mit Hilfe der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung ist der Fehler von ε zu berechnen.

Die Magnetisierungskurve des Kernmaterials der Spule ist nicht linear. Deshalb hängt die Induktivität der Spule - und damit die Frequenz des Schwingkreises - etwas von der Amplitude des Schwingkreisstromes ab. Deswegen empfiehlt es sich, jedes Paar von Einzelmessungen (Dielektrikum und Luft) bei gleicher Spannungsamplitude durchzuführen. Man erreicht dies dadurch, dass man für das Dielektrikum am Sinusgenerator die maximale Amplitude einstellt, um sie anschließend für die Einstellung mit Luft soweit wie nötig zu verringern. Man erkennt dabei die unterschiedlichen Dämpfungseigenschaften verschiedener Dielektrika.

Literatur:

Gerthsen, Kneser, Vogel: Physik;

Westphal: Physik