

Auswertung

zum
Praktikum
Grundlagen der Elektrotechnik

Versuch Nr.: 5
Auf- und Entladung eines Kondensators

Gruppe Nr.: 1

I. Vorbetrachtungen

Bevor man aus den aufgezeichneten Kurvenverläufen die Kapazitäten bestimmen kann, muß einiges verdeutlicht werden:

1. XT-Schreiber:

Die am Schreiber eingestellten Werte für den Papiervorschub werden in $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$ angegeben, diese muß man aber in $\frac{\text{mm}}{\text{s}}$ umrechnen, da wir in unseren Rechnungen die Zeit in Sekunden angeben. Für die zwei bei diesem Versuch eingestellten Papiervorschübe ergibt sich:

$$600 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \cong 10 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$300 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \cong 5 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

2. Vorwiderstand:

Da sich der Kondensator über den Widerstand R_I , die Eingangswiderstände R_E des Schreibers und dem Vorwiderstand R_V lädt bzw. entlädt, muß der in den Berechnungen eingesetzte Widerstand R wie folgt berechnet werden:

$$R = (R_I \parallel R_E) \parallel (R_V + R_E)$$

$$R = (100\text{k}\Omega \parallel 200\text{k}\Omega) \parallel (2\text{M}\Omega + 200\text{k}\Omega)$$

$$R = 64,7\text{k}\Omega \pm 0,647\Omega$$

3. Bestimmung der Kapazität:

Bei den folgenden Berechnungen werden die Zeitkonstanten τ der verschiedenen Schaltungen aus den Kurvenverläufen bestimmt. Um daraus die Kapazitäten C zu bestimmen wird folgende Formel benutzt:

$$\tau = R \cdot C \Rightarrow C = \frac{\tau}{R}$$

II. Bestimmung der Kapazitäten

Um die Kapazitäten bestimmen zu können, muß man zuvor τ bestimmen. Dies kann auf drei verschiedene Arten geschehen:

A: Aus dem Abfall der Spannung auf den e-ten Teil

B: Aus dem Zeitintervall unter der Tangente an den gewählten Startwert

C: Aus der Steigung der Geraden einer halblogarithmischen Darstellung

zu A:

Auf diese Weise wurden die Zeitkonstanten für die beiden Kondensatoren, für deren Parallelschaltung und für deren Reihenschaltung bestimmt.

Nach 1τ ist die Spannung (der Strom) auf den e-ten Teil abgefallen (gestiegen).

Wenn man also zu einem Zeitpunkt t_0 die Spannung mißt, und zu einem Zeitpunkt t_1 die Spannung nur noch den e-ten Teil der Spannung bei t_0 beträgt, so ist:

$$\tau = \Delta t = (t_1 - t_0)$$

Durch Abmessen der Strecke l ($=t_1 - t_0$) erhält man mit der Einstellung des Schreibers E die verstrichene Zeit Δt :

$$\tau[s] = \Delta t[s] = \frac{l[mm]}{E \left[\frac{mm}{s} \right]}$$

Folgende Werte wurden gemessen bzw. berechnet:

Kondensator	$l[mm]$	$E[mm/s]$	$\tau[s]$	$\Delta\tau[s]$	$C[\mu F]$	$\Delta C[\mu F]$
C1	24	10	2,4	0,1	37,09	1,92
C2	24	10	2,4	0,1	37,09	1,92
Parallelschaltung	24	5	4,8	0,2	74,19	3,83
Reihenschaltung	11	10	1,1	0,1	17	1,72

zu B:

Auf diese Weise wurde nur C1 bestimmt.

Wenn man an der Stelle t_2 eine Tangente an die Lade- oder Entladekurve zeichnet, so schneidet diese die Nulllinie an der Stelle t_3 . Hier kann man τ wie bei A

bestimmen:

$$\tau = \Delta t = (t_3 - t_2)$$

$l[mm]$	$E[mm/s]$	$\tau[s]$	$\Delta\tau[s]$	$C[\mu F]$	$\Delta C[\mu F]$
24	10	2,4	0,1	37,09	1,92

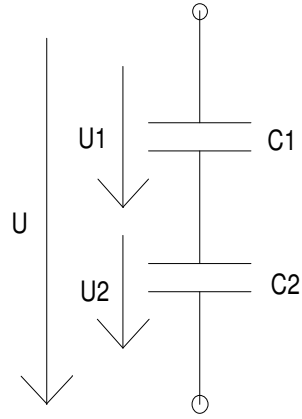
zu C:

Auf diese Weise wurde nur C1 bestimmt.

Die Zeichnung und die Berechnungen hierzu befinden sich auf der Seite aus Millimeterpapier.

III. Reihen- und Parallelschaltung

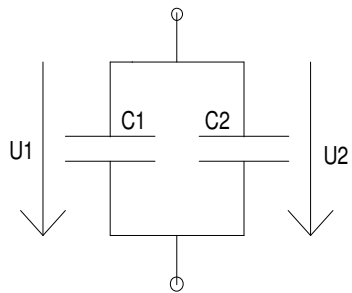
– Reihenschaltung



$$\begin{aligned}U &= U_1 + U_2 \\Q &= Q_1 = Q_2 \\U &= \frac{Q}{C} \quad U_1 = \frac{Q}{C_1} \quad U_2 = \frac{Q}{C_2} \\U &= \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \\U &= Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) = Q \frac{1}{C} \\ \Rightarrow \frac{1}{C} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\end{aligned}$$

berechnet wurde eine Kapazität von $18,55\mu\text{F} \pm 0,73\mu\text{F}$
gemessen wurde eine Kapazität von $17\mu\text{F} \pm 1,72\mu\text{F}$

– Parallelschaltung



$$\begin{aligned}U &= U_1 = U_2 \\Q &= Q_1 + Q_2 \\Q &= C \cdot U \quad Q_1 = C_1 \cdot U \quad Q_2 = C_2 \cdot U \\Q &= C_1 \cdot U + C_2 \cdot U \\Q &= U(C_1 + C_2) = U \cdot C \\ \Rightarrow C &= C_1 + C_2\end{aligned}$$

berechnet wurde eine Kapazität von $74,18\mu\text{F} \pm 2,72\mu\text{F}$
gemessen wurde eine Kapazität von $74,19\mu\text{F} \pm 3,83\mu\text{F}$

IV. Fehlerbetrachtung

Folgende Fehler können bei diesem Versuch auftreten:

- Ungenauigkeit des Lineals ($\Delta l = 1 \text{ mm}$)
- Ungenauigkeiten der Zeichnungen
- Kondensator vor den Messungen nicht richtig entladen

Die Fehler, die durch die Widerstände und das Lineal hervorgerufen werden, können mathematisch erfaßt werden. Mit der Gaußschen Fehlerfortpflanzung lassen sich die Fehler der bestimmten Werte ermitteln.

Da der Fehler der einzelnen Widerstände 1% beträgt, beträgt der Fehler des Widerstandes R auch 1%.

Der Fehler der Zeitkonstanten berechnet sich wie folgt:

$$\Delta \tau = \left| \frac{d\tau}{dl} \cdot \Delta l \right| = \frac{1}{E} \Delta l$$

Damit läßt sich auch der Fehler der Kapazitäten bestimmen:

$$\Delta C = \left| \frac{dC}{dR} \cdot \Delta R \right| + \left| \frac{dC}{d\tau} \cdot \Delta \tau \right| = \left| -\frac{\tau}{R^2} \cdot \Delta R \right| + \left| \frac{1}{R} \cdot \Delta \tau \right|$$

Für die berechneten Werte für Reihen- bzw. Parallelschaltung ergeben sich die Formeln:

$$\Delta C_R = \sqrt{\left(\frac{C_2^2}{(C_1 + C_2)^2} \cdot \Delta C_1 \right)^2 + \left(\frac{C_1^2}{(C_1 + C_2)} \cdot \Delta C_2 \right)^2}$$

$$\Delta C_P = \sqrt{(\Delta C_1)^2 + (\Delta C_2)^2}$$