

Versuch 353

Das Relaxationsverfahren eines RC-Kreises

Sadiah Azeem

sadiah.azeem@tu-dortmund.de

Nils Metzner

nils.metzner@tu-dortmund.de

Durchführung: 16.11.2021

Abgabe: 23.11.2021

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
1.1	Relaxationsgleichung	3
1.2	Auf- und Entladevorgaenge am Kondensator	3
1.3	Auf- und Entladevorgaenge bei Wechselspannung	3
1.4	Integration im RC-Kreis	4
2	Durchführung	4
2.1	Vorbereitungsaufgaben	4
2.2	Aufgaben	4
2.3	Aufbau	4
3	Messwerte	6
4	Auswertung	6
5	Diskussion	6
6	Anhang	6
	Literatur	6

1 Theorie

Die Relaxation eines Systems ist der Übergang aus dem ausgelenkten in den Ausgangszustand. In diesem Versuch ist das zu untersuchende System ein RC-Schaltkreis.

Die Entladung des Kondensators durch einen Strom, der durch den Widerstand fließt, ist ein Beispiel für die Relaxation.

1.1 Relaxationsgleichung

Die allgemeine Relaxationsgleichung besteht aus der beschränkten Größe $A(t)$, der Proportionalitätskonstante $c < 0$ und den konstanten Werten $A(0)$ und $A(\infty)$.

c variiert je nach Relaxationsvorgang und gibt Auskunft über die Geschwindigkeit des Entladeprozesses.

Die Änderungsrate von A wird als proportional zur Auslenkung angenommen:

$$\frac{dA}{dt} = c[A(t) - A(\infty)] \quad (1)$$

diese Gleichung wird dann mit dt multipliziert und dann über das Intervall $[0; t]$ integriert. Es ergibt sich:

$$\ln \frac{A(t) - A(\infty)}{A(0) - A(\infty)} = ct \Leftrightarrow A(t) = A(\infty) + [A(0) - A(\infty)] \cdot \exp(ct) \quad (2)$$

1.2 Auf- und Entladevorgänge am Kondensator

Die klassische Elektrodynamik bringt die grundlegenden Beziehungen $I = \frac{U}{R}$ und $U_C = \frac{Q}{C}$ hervor.

Daraus lässt sich die Änderungsrate $\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC}Q(t)$ der Kondensatorladung bestimmen.

Unter der Randbedingung, dass bei einem Entladeprozess $Q(\infty) = 0$ gelten muss, ergibt sich nach den gleichen Umformungen, wie bei der allgemeinen Relaxationsgleichung (1)

$$Q(t) = Q(0) \cdot \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad (3)$$

$\frac{1}{RC}$ ist hier die Zeitkonstante (wie oben c).

1.3 Auf- und Entladevorgänge bei Wechselspannung

Die angelegte Wechselspannung $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$ lässt sich als periodische Anregung beschreiben, wie sie auch aus der Mechanik bekannt ist.

Zwischen U_G und U_C bildet sich der Phasenversatz $\varphi(\omega)$, sodass U_C wie folgt beschrieben werden kann:

$$U_C = A(\omega) \cdot \cos(\omega t + \varphi(\omega)) \quad (4)$$

1.4 Integration im RC-Kreis

Bei geeigneten Frequenzen $\omega \gg RC$ und Spannungen $|U_C| \gg |U_G|$ erhält man durch die integrierende Funktion des RC-Gliedes

$$U_C = \frac{1}{RC} \int_0^t U(\tau) d\tau \quad (5)$$

[1]

2 Durchführung

2.1 Vorbereitungsaufgaben

In V353 sind keine Vorbereitungsaufgaben vorgesehen.

2.2 Aufgaben

In Teil **a)** soll die Zeitkonstante des RC-Gliedes mit Hilfe der Schaltung in Abbildung 1 bestimmt werden.

Dazu werden Auf- und Entladevorgänge des Kondensators durch eine Rechteckspannung herbeigeführt und auf dem Oszilloskop die Kondensatorspannung in Abhängigkeit davon beobachtet.

Die Teilaufgabe **b)** sieht vor, dass man die Schaltung aus Abbildung 2 die Generatorspannung in Sinusform umstellt.

Gemessen werden soll hier die Amplitude $A(\omega)$ der Kondensatorspannung $U_C = A(\omega) \cdot \cos(\omega t + \varphi(\omega))$ in Abhängigkeit der Frequenz der Sinusspannung.

c) ist die Bestimmung der Phasenverschiebung zwischen Kondensator- und Generatorspannung in Abhängigkeit von der Frequenz der Sinusspannung.

Es wird erneut die Schaltung aus Abbildung 2 genutzt.

Die Messwerte für **b)** und **c)** konnten in einem Messdurchgang genommen werden, bei dem die Frequenz in kleinen Schritten erhöht wird.

In Teilaufgabe **d)** wird bewiesen, dass die vorliegende Schaltung 3 als Integrator genutzt werden kann.

Hierzu stellt man nacheinander eine Rechteck-, Dreieck- und Sinusspannung am Generator ein und dokumentiert die Kondensatorspannung, die proportional zum Integral der Generatorspannung über die Zeit sein sollte.

2.3 Aufbau

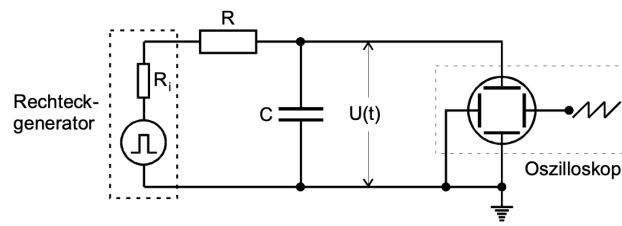


Abbildung 1: Das Ersatzschaltbild zu Teilaufgabe a)

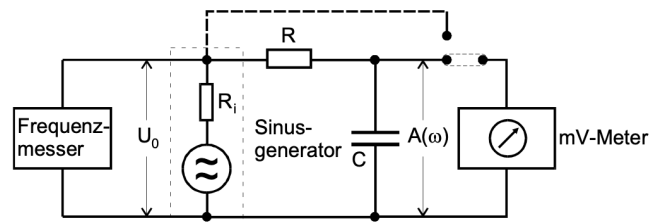


Abbildung 2: Das Ersatzschaltbild zu Aufgabe b) und c)

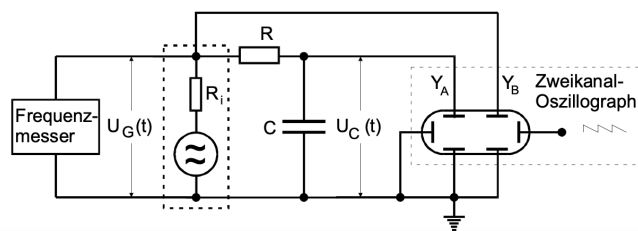


Abbildung 3: Das Ersatzschaltbild zu Teilaufgabe d)

3 Messwerte

4 Auswertung

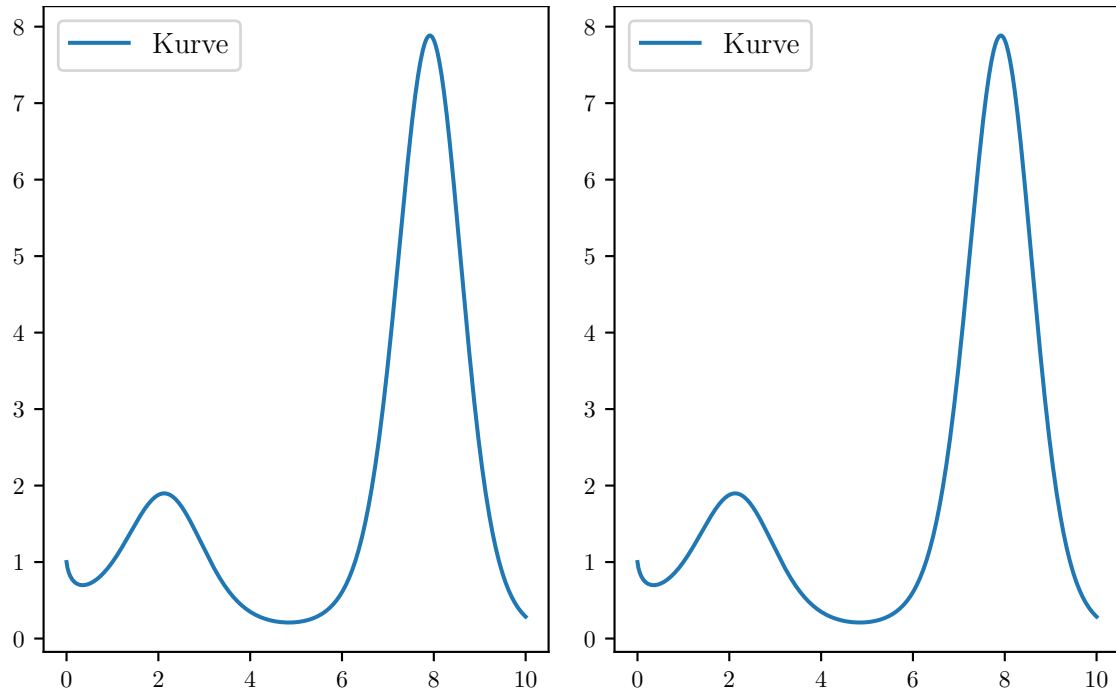


Abbildung 4: Plot.

Siehe Abbildung 4!

5 Diskussion

6 Anhang

Literatur

- [1] *Versuch zum Literaturverzeichnis*. TU Dortmund, Fakultät Physik. 2014.