V353 - Das Relaxationsverhalten eines RC-Kreises

Jan Herdieckerhoff
jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de

Karina Overhoff
karina.overhoff@tu-dortmund.de

Durchführung: 13.11.2018, Abgabe: 20.11.2018

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel

In diesem Versuch soll das Relaxationsverhalten eines RC-Kreises untesucht und ausgewertet werden.

2 Theorie

2.1 Auf- und Entladevorgang

Der Aufladevorgang eines Kondensators mit Kapazität C, der über einen Widerstand R mit der Spannung U_0 verbunden ist, wird durch die Gleichung

$$Q(t) = CU_0(1 - \mathbf{exp}(-\frac{t}{RC}))$$

beschrieben. Der Vorgang wird durch die Ladung Q zum Zeitpunkt t dargestellt.

Auf dieselbe Art und Weise wird der Entladevorgang durch

$$Q(t) = Q(0)\mathbf{exp}(-\frac{t}{RC})$$

beschrieben.

2.2 Spannung messen

Eine Wechselspannung $U(t)$ wird durch die Formel

$$U(t) = U_0\mathbf{cos}\omega t$$

dargestellt. Dabei ist U_0 die maximale Spannung/Auslenkung und der zweite Teil der Funktion beschreibt die Oszillation um den Nullpunkt in Abhängigkeit der Frequenz ω und der Zeit t.

Bei einer Phasenverschiebung ϕ verschiebt sich diese Oszillation um einen gewissen Wert. Die neue Formel lautet dann

$$U(t) = U_0\mathbf{cos}(\omega t + \phi)$$

Ein RC-System setzt sich nach der zweiten Kirchhoffschen Regel aus der Spannung U_R des Widerstands und der Spannung U_C des Kondensators zusammen. Es gilt

$$U(t) = U_R(t) + U_C(t).$$

Werden die oberen Zusammenhänge und das Ohmsche Gesetz in diesen Zusammenhang eingesetzt ergibt sich

$$U_0\mathbf{cos}\omega t = -A(\omega)RC\mathbf{sin}(\omega t + \phi) + A(\omega)\mathbf{cos}(\omega t + \phi),$$

wobei hierbei für die Phasenverschiebung ϕ gilt

$$\phi(\omega) = \mathbf{arctan}(-\omega RC)$$

und für die Amplitude $A(\omega)$

$$A(\omega) = -frac\mathbf{sin}\phi\omega RCU_0.$$

Durch einige Umformungen ergibt sich dann

$$A(\omega) = \frac{U_0}{sqrt1 + \omega^2 R^2 C^2} \tag{1}$$

Dabei wird die Amplitude A der Kondensatorspannung durch die Frequenz ω der Erregerspannung beeinflusst.

2.3 RC-Schwingkreis als Integrator der Spannung U(t)

Ein RC-SChwingkreis kann dazu genutzt werden eine zeitlich veränderliche Spannung $U(t)$ unter bestimmten Bedingungen zu integrieren. Es wird ein proportionaler Zusammenhang zwischen der Spannung des Kondensators U_C und dem Integral $intU(t)dt$ festgestellt. Dieser ergibt sich durch

$$U_C = \frac{1}{RC} \int 0tU(t')dt' \tag{2}$$

3 Durchführung

3.1 Bestimmung der Zeitkonstante

Die Zeitkonstante wird durch die Messung und Beobachtung des Ent- und Aufladevorgangs des Kondensators bestimmt. Mit der in Abb.**??** dargestellten Schaltung wird die am Kondensator gemessene Spannung U_C auf einem Oszilloskop in Abhängigkeit der Zeit angezeigt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass sich die Spannung $U_C(t)$ innerhalb des Aufzeichnungszeitraums um den Faktor 5 bis 10 ändert. Sobald eine geeignete Kurve auf dem Bildschirm zu erkennen ist, wird das Signal $U_C(t)$ auf ein Speicheroszilloskop übertragen und es wird ein Thermodruck erstellt.

3.2 Messung der Kondensatorspannung

Mittels der Schaltung, die in Abb. **??** dargestellt wird, wird die Amplitude der Kondensatorspannung in Abängigkeit von der Frequenz gemessen. Dafür wird die Frequenz des Sinusgenerators mittels eines Frequenzmessers aufgenommen und gegen die Werte des mV-Meters aufgetragen, das die Amplitude $A(\omega)$ misst.

3.3 Phasenverschiebung

Zur Ermittlung der Phasenverschiebung wird, wie in Abb. **??** dargestellt, die Kondensatorspannung U_C und die Generatorspannung U_G an ein Zweistrahl-Oszilloskop angeschlossen. Dabei wird der Abstand a der beiden Nulldurchgänge gemessen und durch die Periodendauer λ geteilt um auf den Winkel ϕ der Phasenverschiebung zu kommen.

3.4 Nachweis der Integrator-Eigenschaft eines RC-Kreises

Es wird erneut die Schaltung aus Abb.**??** benutzt. Am Sinusgenerator werden nacheinander eine Rechteck-, Sinus- und Dreiecksspannung auf den RC-Kreis gegeben. Dabei werden auf dem Zweikanal-Speicherozilloskop sowohl die zu integrierende und die integrierte Spannung angezeigt und anschließend als Thermodruck ausgegeben.

4 Auswertung

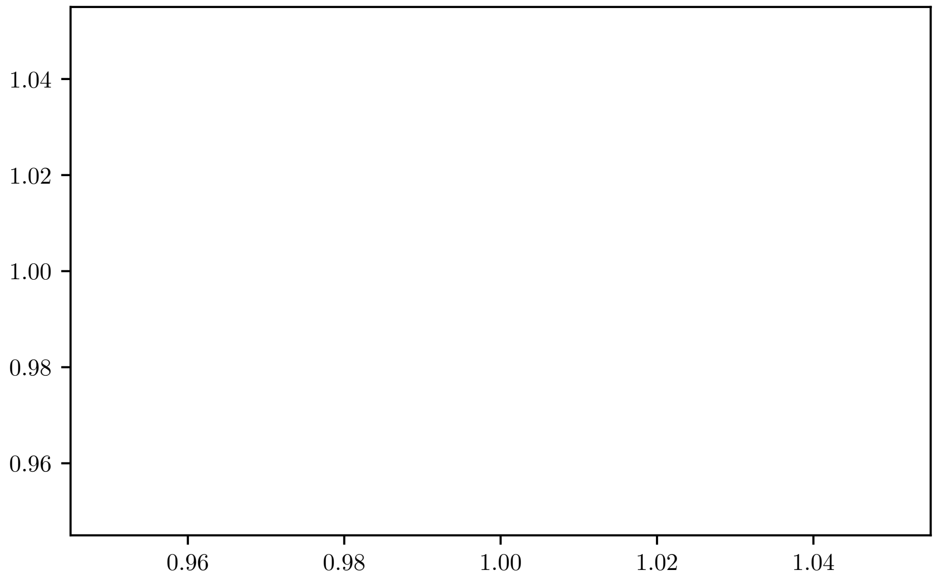

Abbildung 1: Plot

5 Diskussion

Literatur

[1] TU Dortmund. *Versuch 353 zum Literaturverzeichnis*. 2018.

[2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: `http://matplotlib.org/`.

[3] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. „SciPy: Open source scientific tools for Python“. Version 0.16.0. In: (). URL: `http://www.scipy.org/`.

[4] Eric O. Lebigot. „Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties“. Version 2.4.6.1. In: (). URL: `http://pythonhosted.org/uncertainties/`.

[5] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: `http://www.numpy.org/`.