

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	3
2	Theorie	3
2.1	Auf- und Entladevorgang	3
2.2	Spannung messen	3
2.3	RC-Schwingkreis als Integrator der Spannung $U(t)$	4
3	Durchführung	4
3.1	Bestimmung der Zeitkonstante	4
3.2	Messung der Kondensatorspannung	4
3.3	Phasenverschiebung	4
3.4	Nachweis der Integrator-Eigenschaft eines RC-Kreises	5
4	Auswertung	5
5	Diskussion	5

1 Ziel

In diesem Versuch soll das Relaxationsverhalten eines RC-Kreises untersucht 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

$$U(t) = U_0(1 - \exp(-\frac{t}{RC}))$$

beschrieben. Der Vorgang wird durch die Spannung U zum Zeitpunkt t dargestellt. Auf dieselbe Art und Weise wird der Entladevorgang durch

$$U(t) = U_0 \exp(-\frac{t}{RC})$$

beschrieben.

2.2 Spannung messen

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

$$U(t) = U_0 \cos \omega t$$

dargestellt. Dabei ist U_0 die maximale Spannung. $\cos \omega t$ beschreibt die Oszillation um den Nullpunkt in Abhängigkeit von der Frequenz ω und der Zeit t .

Mit einer Phasenverschiebung ϕ verschiebt sich die Oszillation der Kondensatorspannung um einen gewissen Wert. Die neue Formel lautet dann

$$U_C(t) = U_0 \cos(\omega t + \phi).$$

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

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

Mit den oberen Gleichungen für $U(t)$, $U_C(t)$ und dem Ohmsche Gesetz, ergibt sich

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

wobei für die Phasenverschiebung

$$\phi(\omega) = \arctan(-\omega RC) \tag{1}$$

gilt. Die Amplitude $A(\omega)$ ist

$$A(\omega) = -\frac{\sin\phi}{\omega RC} U_0. \quad (2)$$

Durch einige Umformungen ergibt sich dann

$$A(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}. \quad (3)$$

Dabei wird die Amplitude $A(\omega)$ 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 $\int U(t)dt$ festgestellt. Dieser ergibt sich durch

$$U_C(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U(t') dt'. \quad (4)$$

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 Abhängigkeit 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-Speicherosilloskop sowohl die zu integrierende und die integrierte Spannung angezeigt und anschließend als Thermodruck ausgegeben.

4 Auswertung

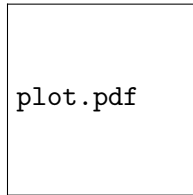


Abbildung 1: Plot

5 Diskussion