

V353

Das Relaxionsverhalten eines RC-Kreises

Tim Modrow

tim.modrow@tu-dortmund.de

Paul Vennemann

paul.vennemann@tu-dortmund.de

Durchführung: 28.11-2023

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
1.1	Integrationsverhalten des RC-Kreises	3
2	Durchführung	3
2.1	Aufbau	3
2.2	Messreihe zur Entladekurve	3
2.3	Messreihe der Phasenverschiebung und der Spannungsamplitude	3
2.4	Messung zur Verifikation der Integratorfunktion	4
3	Auswertung	4
4	Diskussion	11

1 Theorie

1.1 Integrationsverhalten des RC-Kreises

Ein RC-Kreis, oder Tiefpass, kann als Integrator dienen, wenn die Bedingung $\omega \gg \frac{1}{RC}$ erfüllt ist. Es kann die Proportionalität von U_c zu $\int U(t)dt$ gezeigt werden.

$$U(t) = U_R(t) + U_C(t) = I(t) \cdot R + U_C(t) \quad (1)$$

Mit ?? wird $I(t)$ ersetzt:

$$U(t) = RC \frac{dU_C}{dt} \quad (2)$$

Wegen der Bedingung $\omega \gg \frac{1}{RC}$ folgt dann:

$$U_C(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U(t') dt' \quad (3)$$

[sample]

2 Durchführung

2.1 Aufbau

Im Versuch ist ein Spannungsgenerator gegeben, der für die erste Messreihe nur über einen Tiefpass mit einem Oszilloskop verbunden ist. Für die Aufnahme der zweiten Messreihe und zur Messung zur Bestätigung der Integratorfunktion wird auch noch eine direkte Verbindung zwischen dem Spannungsgenerator und dem Oszilloskop eingeführt.

2.2 Messreihe zur Entladekurve

In der ersten Messreihe werden Wertepaare der Spannung U_c und der Zeit t von der auf dem Oszilloskop dargestellten Entladekurve abgelesen. Die Frequenz bleibt dabei konstant auf 77.2Hz.

2.3 Messreihe der Phasenverschiebung und der Spannungsamplitude

In der zweiten Messreihe werden die Werte für die Phasenverschiebung zwischen der Generator- und der Kondensatorspannung und die Spannungsamplitude der Kondensatorspannung bei einer variierenden Frequenz F von den auf dem Oszilloskop dargestellten Kurven abgelesen. Die Messung wurde bei $F = 22000\text{Hz}$ aus technischen Gründen vorzeitig abgebrochen. Gleichzeitig wird die Generatorspannungsamplitude abgelesen, um zu versichern, dass diese konstant bleibt.

2.4 Messung zur Verifikation der Integratorfunktion

Nun werden verschiedene Spannungsformen vom Spannungsgenerator erzeugt, die generierte Spannung wird gemeinsam mit der durch den Tiefpass integrierten Spannung auf dem Oszilloskop angezeigt, die angezeigten Bilder werden Fotografiert. Es werden die Spannungen für eine Sinus- eine Dreieck- und eine Rechteckspannung fotografiert.

3 Auswertung

Die aus der auf dem Oszillator angezeigten Entladekurve entnommenen Messwerte werden in 1 dargestellt.

Tabelle 1: Messwerte zur Entladekurve

$t / s \cdot 10^{-3} [\pm 0.2]$	$U_c / V [\pm 0.4]$
0	13,6
0,4	11
0,6	10
0,8	9,2
1,0	8,4
1,2	7,6
1,4	6,8
1,6	5,0
2,5	4,0
3,0	3,0
3,7	2,0
4,0	1,6
4,4	1,2
4,8	1,0
5,0	0,9
5,2	0,8
6,0	0,4
6,4	0

Nun wird in Abbildung 1 eine Fit-funktion mit polyfit [numpy] erstellt, gefittet wird eine Funktion der gestalt:

$$\log \frac{U_c}{U_0} = a \cdot t + b$$

Die Parameter ergeben sich zu:

$$a = -561.333 \pm 11.666$$

$$b = 1.389 \pm 0.038$$

Um die Parameterberechnung und das plotten zu ermöglichen wurde der letzte Messwert aus der Tabelle ignoriert.

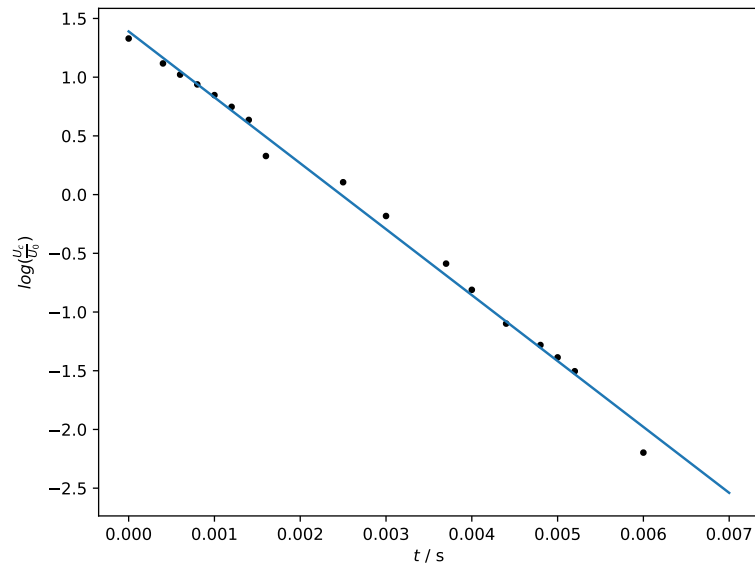


Abbildung 1: Lineare Regression zur Bestimmung der Zeitkonstante mithilfe der Entladungskurve

Da $a = -\frac{1}{RC}$, ist $RC = 0.00178 \pm 0.00004$

Eine weitere Methode die zeitkonstante RC zu bestimmen kann ausgeführt werden durch die Messung von der Amplitude unter variierender Frequenz der Wechselspannung. Die Messwerte sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 2: Messwerte zur Amplitude und Frequenz

A / V			
6,8	\pm	0,4	50
4,8	\pm	0,4	100
1,2	\pm	0,4	500
0,6	\pm	0,2	1000
0,2	\pm	0,04	3000
0,12	\pm	0,04	5000
0,08	\pm	0,04	7000
0,06	\pm	0,02	10 000
0,05	\pm	0,02	12 000
0,04	\pm	0,01	15 000
0,035	\pm	0,01	17 000
0,034	\pm	0,004	19 000
0,032	\pm	0,004	20 000
0,03	\pm	0,002	22 000

Anhand der Messwerte wird eine Ausgleichsfunktion der Gestalt:

$$U_c = \frac{1}{\sqrt{1+(F \cdot 2\pi \cdot a)^2}}$$

mit curve-fit [**scipy**] erstellt. U_c ist dabei die Realtivamplitude A/U_0

Die Parameter ergeben sich zu:

$$a = 0.00155 \pm 0.00007$$

Mit ?? gilt also $RC = 0.00155 \pm 0.00007$

Zum Zweck des Vergleichens wurde dieselbe Funktion noch einmal mit $RC = 0.00178$ geplottet. Der Graph ist zu sehen in Abbildung 2.

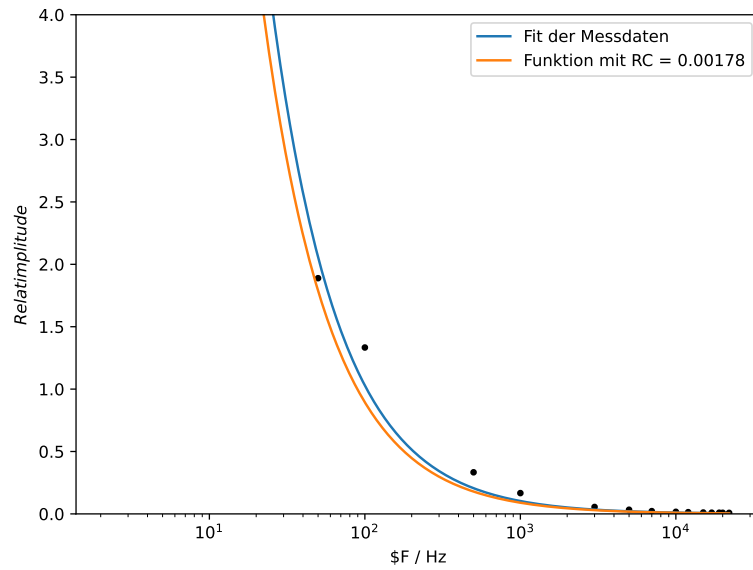


Abbildung 2: Fit der Messwerte der Relativamplitude und Frequenz im vergleich mit Graphen mit $RC = 0.00178$

Für eine dritte Variante Variante der Berechnung von RC wird der Phasenunterschied zwischen der Generatorspannung und der Kondensatorspannung abhängig von der Frequenz gemessen. Die Messeregebnisses finden sich in Tabelle ??.

Tabelle 3: Messwerte zur Amplitude und Frequenz

φ / rad		
3,77	$\pm 0,15$	50
2,2	$\pm 0,13$	100
1,6	$\pm 0,6$	500
1,3	$\pm 0,6$	1000
1,9	$\pm 0,8$	3000
1,9	$\pm 0,6$	5000
1,5	$\pm 0,4$	7000
1,9	$\pm 0,6$	10 000
1,5	$\pm 0,8$	12 000
1,9	$\pm 0,9$	15 000
1,7	$\pm 0,4$	17 000
1,4	$\pm 0,5$	19 000
1,5	$\pm 0,5$	20 000
1,38	$\pm 0,2822$	000

Im folgenden Plot werden die Messergebnisse dargestellt, zum Vergleich sind auch die Kurven der eigentlich erwarteten arctan Funktion mit den beiden vorher errechneten RC werten abgebildet.

Nun werden die Messwerte für die relative Amplitude $A_{(\omega)}/U_0$ abhängig von der Phase dargestellt in einem Polarplot. Zum Vergleich wird ausserdem die eigentliche Funktion geplottet, die die Gestalt $A/U_0 = \frac{\sin(\varphi)}{\tan(\varphi)}$ hat.

Zur Verifikation der Integratorfunktion werden nun 3 Abbildungen 5, 6 und 7 gezeigt, die jeweils eine generierte Spannung gemeinsam mit der vom Tiefpass integrierten Spannung abbilden.

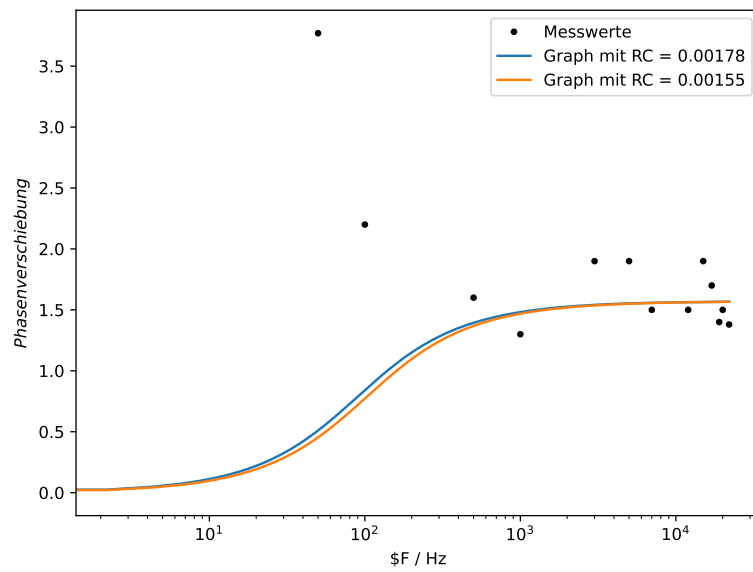


Abbildung 3: Messwerte im Vergleich mit erwarteter Funktion

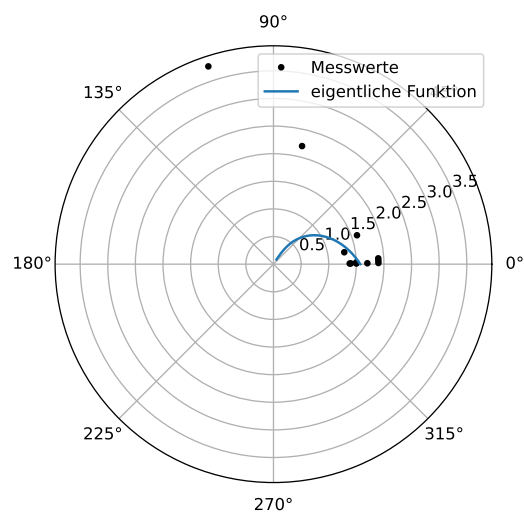


Abbildung 4: Polarplot der relativen Amplitude abhängig von der Phasenverschiebung

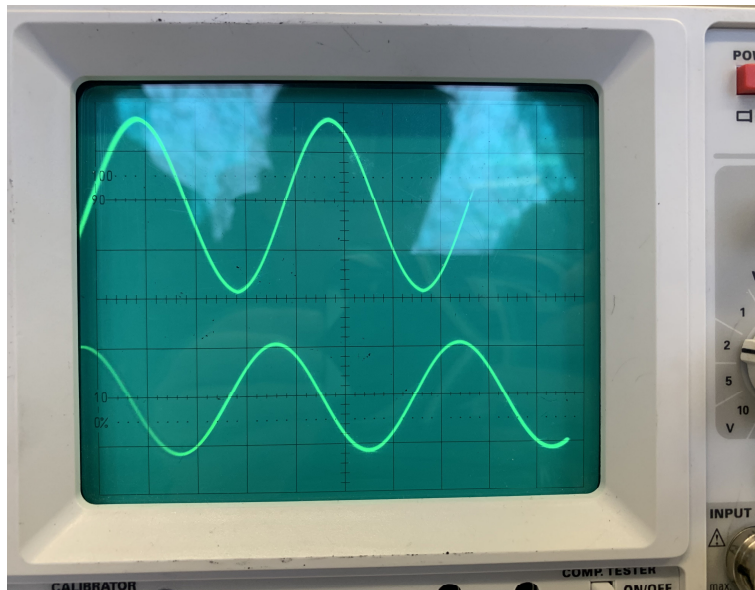


Abbildung 5: Sinusspannung Integriert

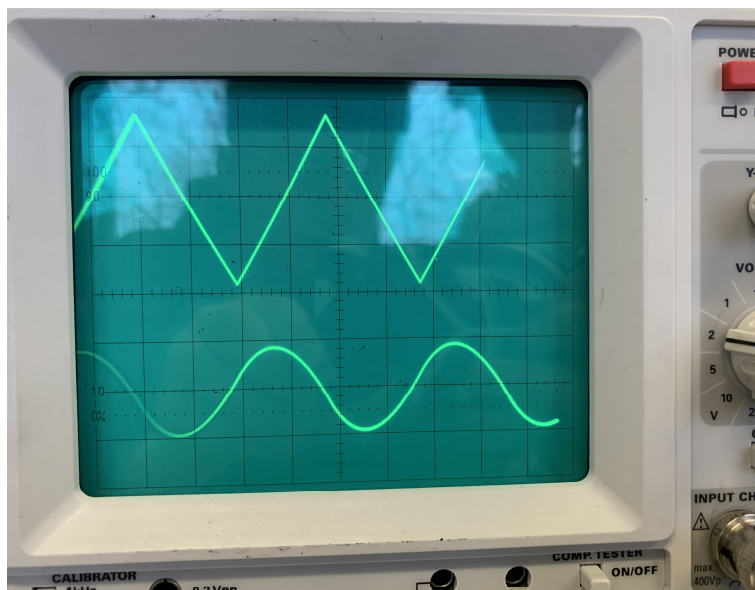


Abbildung 6: Dreiecksspannung Integriert

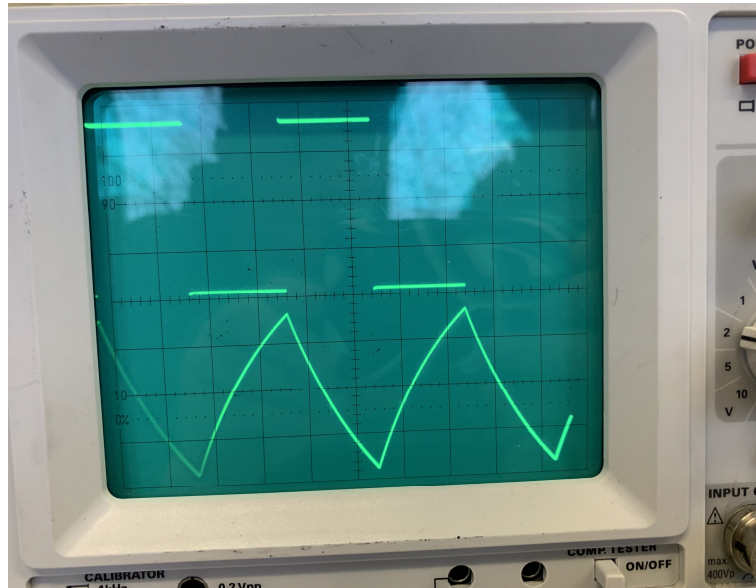


Abbildung 7: Rechtecksspannung Integriert

4 Diskussion