Natur, Technik, Systeme

Test, November 2012

Erstes Semester WI12

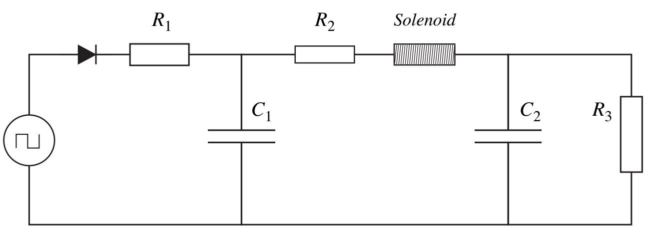
Erlaubte Hilfsmittel: Bücher und persönlich verfasste Zusammenfassung. Rechen- und Schreibzeugs.

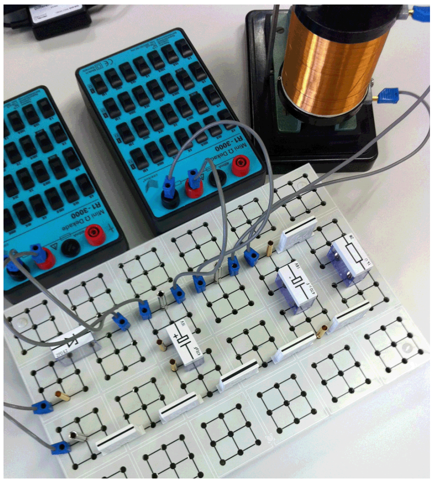
Antworten müssen begründet und nachvollziehbar sein.

Dauer des Tests: 60 Minuten.

Windkesselschaltung mit Spule

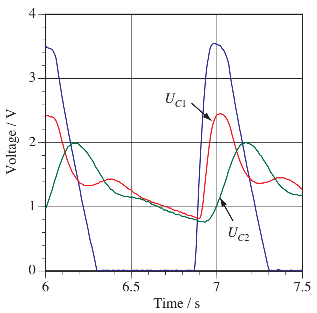
1. Analysieren Sie eine Windkesselschaltung mit zwei Kondensatoren und einer Spule (Solenoid) und einem zusätzlichen Mess-Widerstand R_2 dazwischen. Die Schaltung wird mit einer Spannungsquelle (deren Spannung von Hand rythmisch verändert wird) über eine Diode und einen Vorwiderstand R_1 betrieben. Am anderen Ende entladen sich die Kondensatoren über ein zusätzliches Widerstandselement (R_3).

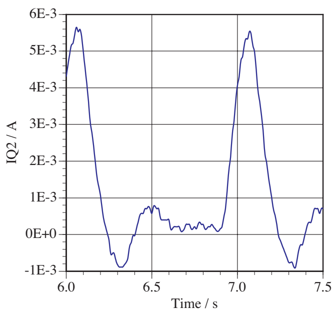




Im ersten Diagramm sind *Messdaten* der Spannungen über der Spannungsquelle und über den beiden Kondensatoren gegeben. Im zweiten Diagramm sieht man die Stärke des elektrischen Stromes durch den (Mess)Widerstand R_2. Vergrösserung der Diagramme auf beigefügtem Blatt.

Daten: Kapazitäten der Kondensatoren: 500 µF. Widerstand zwischen Spannungsquelle und erstem Kondensator: 50 Ω. Messwiderstand zwischen den Kondensatoren: 50 Ω. Induktivität der Spule: 20 H. Widerstand nach dem zweiten Kondensator: 1000 Ω. Spannung über der Diode (wenn elektrische Ladung durchfliesst): 0.80 V.

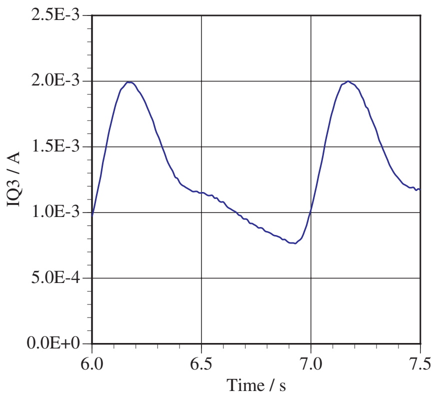




a. Zeichnen Sie das Schaltungsdiagramm nochmals, wobei Sie die Spule als Induktor plus Widerstandselement darstellen. Beschriften Sie alle Spannungen und Ströme mit zugehörigen Symbolen. [2 P]

b. Formulieren Sie die momentanen Ladungsbilanzen für die beiden Kondensatoren. [1 P.]

c. Im nebenstehenden Diagramm ist die Stromstärke des Stromes durch R_3 gegeben (sie wurde nicht gemessen sondern berechnet). Erklären Sie, wie man die Messdaten (siehe die Diagramme oben) verwendet, um I_{Q3} zu erhalten. Machen Sie diese Rechnung für I_{Q3} für den Zeitpunkt 7.0 s, und vergleichen Sie mit dem Wert aus dem nebenstehenden Diagramm. [1 P.]



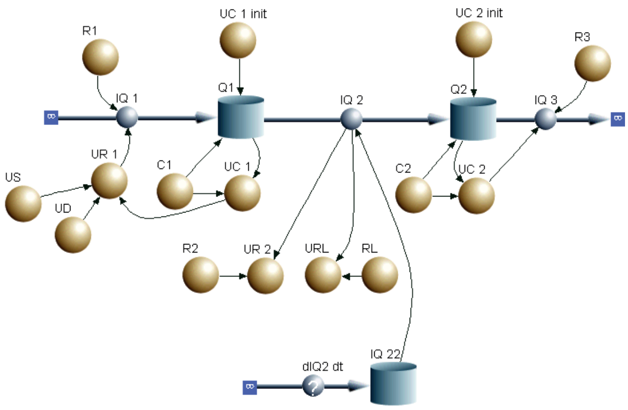
d. Betrachten Sie die mittlere Masche des Stromkreises mit der Spule. Wieviele Spannungen sollte man mindestens messen, damit alle messbaren Spannungen bekannt sind? Kann man die Spannungen über dem Spulenwiderstand und dem Induktor separat messen? [1 P.]

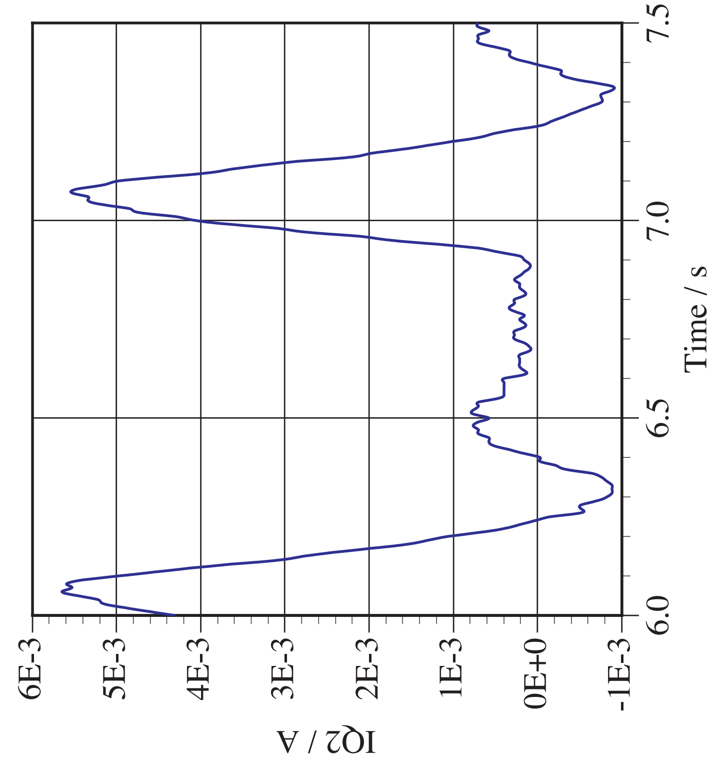
e. Machen Sie die folgenden Berechnungen für den Zeitpunkt t = 7.0 s. Wie gross ist der Energiestrom aus dem ersten Kondensator aufgrund des Stromes I_{Q2}? Wie gross ist der Energiestrom in den zweiten Kondensator hinein aufgrund von I_{Q2}? [1 P.]

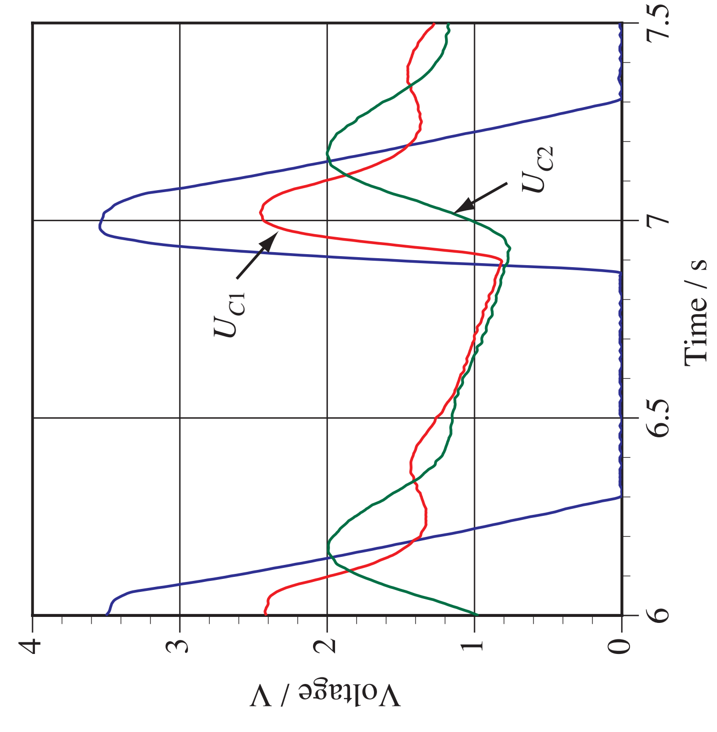
f. Der in Frage e berechnete Energiestrom aus dem ersten Kondensator ist grösser als der in den zweiten Kondensator. Erklären Sie, was mit der Differenz der Energie passiert. [1 P.]

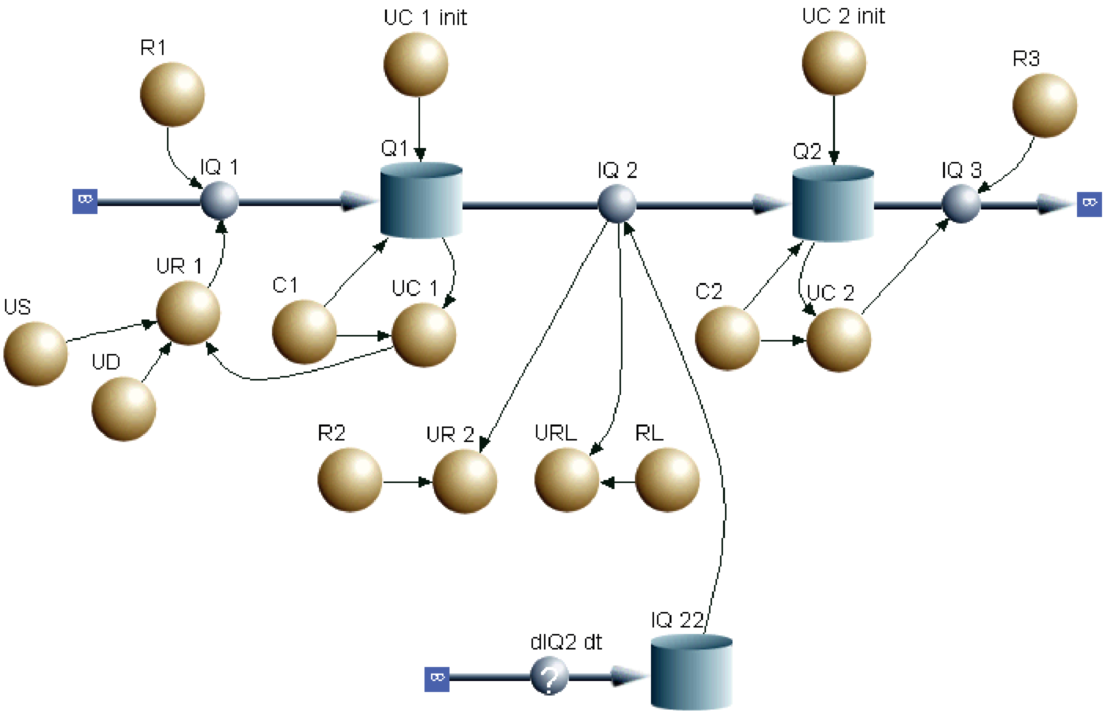
g. Machen Sie die folgenden Berechnungen für den Zeitpunkt t = 7.0 s. Bestimmen Sie mit Hilfe der gemessenen Daten die Änderungsrate des Stromes I_{Q2} grafisch. Wie gross ist demnach die induktive Spannung? Bestimmen Sie nun die Spannung über dem Widerstand der Spule und berechnen Sie den Wert des Widerstandes der Spule. [3 P.]

h. Im Diagramm des Modells (unten) fehlt die Berechnung der Änderungsrate des elektrischen Stromes. Fügen Sie die fehlenden grafischen Elemente und Gleichungen auf dem Blatt mit der vergrösserten Darstellung hinzu. [2 P.]




IQ2 / A
6E-3
5E-3
4E-3
3E-3
2E-3
1E-3
0E+0
-1E-3
6.0
6.5
7.0
7.5
Time / s


Voltage / V
4
3
2
1
0
6
6.5
7
7.5
Time / s
U_{C1}
U_{C2}

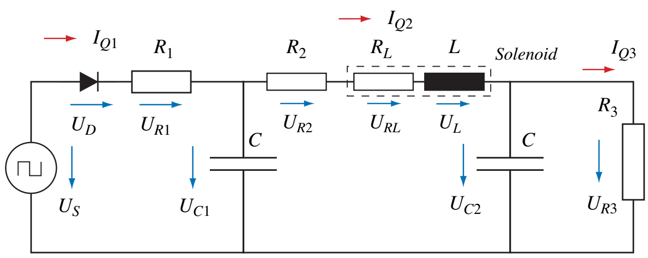


UC 1 init
UC 2 init
R1
R3
IQ 1
Q1
IQ 2
Q2
IQ 3
UR 1
C1
UC 1
C2
UC 2
US
UD
R2
UR 2
URL
RL
IQ 22
dIQ2 dt

Solutions

PV panel and capacitor

a.



b. Ladungsbilanzgleichungen:

$$\frac{dQ_1}{dt} = I_{Q1} - I_{Q2}$$

$$\frac{dQ_2}{dt} = I_{Q2} - I_{Q3}$$

c. The voltage across R3 is equal to the voltage across C2 which has been measured. Therefore, UR3 is known as a function of time. Since IQ3 = UR3 / R3, the current is known as a function of time as well (take the curve of UC2 in the first diagram. divide the values by 1000, and you get the resulting graph). At t = 7.0 s:

$$I_{Q3}(7.0) = \frac{U_{R3}(7.0)}{R_3} = \frac{U_{C2}(7.0)}{R_3} = \frac{1.00}{1000}\frac{\text{V}}{\Omega} = 1.00 \cdot 10^{-3}\,\text{A}$$

d. There are 4 elements in this loop for which voltages can be measured (URL and UL cannot be measured separately). Therefore, 3 voltages need to be measured.

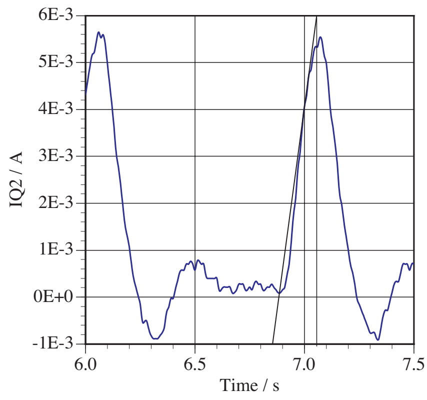
e. IQ2(7.0 s) = 4.0·10–3 A:

$$\left|I_{WC1,out}\right| = \left|\varphi_{C1} I_{Q2}\right| = U_{C1}\left|I_{Q2}\right| = 2.4\,\text{V} \cdot 4.0 \cdot 10^{-3}\,\text{A} = 9.6 \cdot 10^{-3}\,\text{W}$$

$$\left|I_{WC2,in}\right| = \left|\varphi_{C2} I_{Q2}\right| = U_{C2}\left|I_{Q2}\right| = 1.0\,\text{V} \cdot 4.0 \cdot 10^{-3}\,\text{A} = 4.0 \cdot 10^{-3}\,\text{W}$$

f. A part of the energy is relased in the resistor of the solenoid (and used to produce caloric). The rest is released in the inductor (and used to strengthen the magnetic field; and it is stored there).

g.



$$\frac{dI_{Q2}}{dt} \approx \frac{7.0 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{A}}{0.20\mathrm{s}} = 35 \cdot 10^{-3}\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{s}}$$

$$U_L = L\frac{dI_{Q2}}{dt} = 20H \cdot 35 \cdot 10^{-3}\,\frac{A}{s} = 0.70V$$

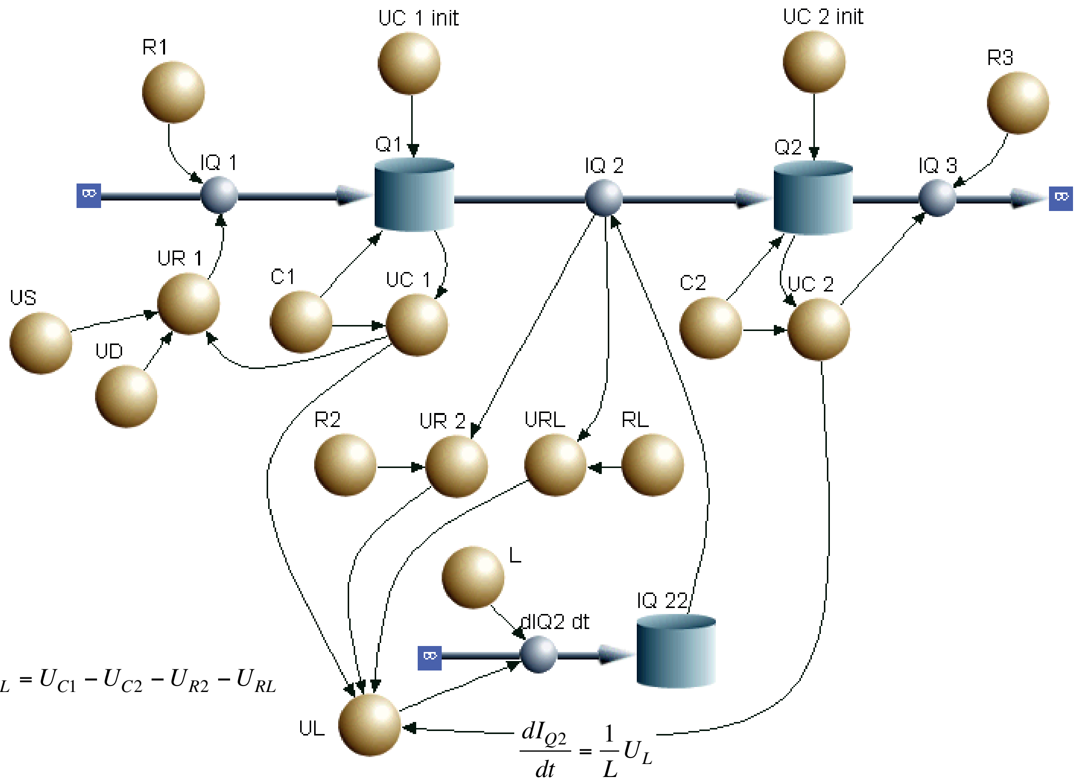
$$U_{C1} = U_{R2} + U_{RL} + U_L + U_{C2}$$

$$U_{RL} = U_{C1} - \left(U_{R2} + U_L + U_{C2}\right) = U_{C1} - \left(R_2 I_{Q2} + U_L + U_{C2}\right)$$

$$= 2.4\mathrm{V} - \left(50\Omega \cdot 4.0 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{A} + 0.70\mathrm{V} + 1.0\mathrm{V}\right) = 0.50\mathrm{V}$$

$$R_L = \frac{U_{RL}}{I_{Q2}} = \frac{0.50}{4.0 \cdot 10^{-3}}\Omega = 125\Omega$$

h.



$$U_L = U_{C1} - U_{C2} - U_{R2} - U_{RL}$$

$$\frac{dI_{Q2}}{dt} = \frac{1}{L}U_L$$