

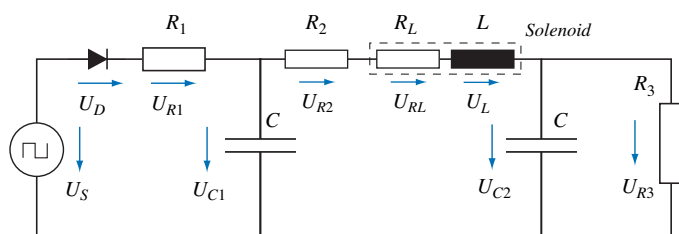
Erlaubte Hilfsmittel: **Persönlich verfasste Zusammenfassung von bis zu 6 Seiten; Buch: The Dynamics of Heat.** Rechen- und Schreibzeugs.

Antworten müssen begründet und nachvollziehbar sein.

Dauer der Prüfung: 60 Minuten.

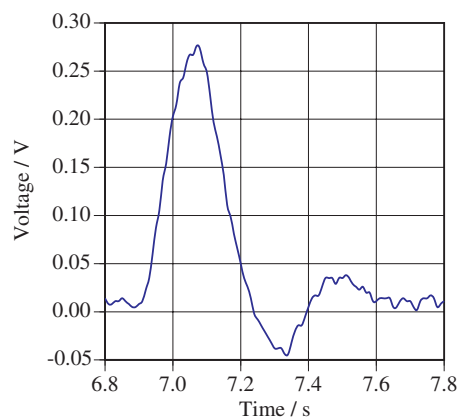
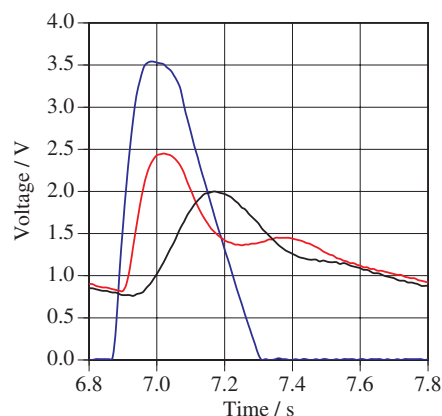
### Windkesselschaltung mit Spule

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



Im ersten Diagramm (oben rechts) sind die Spannung über der Spannungsquelle und die Spannungen über den beiden Kondensatoren gegeben. Im zweiten Diagramm (rechts) sieht man die Spannung über dem (Mess)Widerstand  $R_2$ .

*Daten:* Kapazitäten der Kondensatoren:  $470 \mu\text{F}$ . Widerstand zwischen Spannungsquelle und erstem Kondensator:  $50 \Omega$ . Messwiderstand zwischen den Kondensatoren:  $50 \Omega$ . Widerstand der Spule:  $64 \Omega$ . Widerstand nach dem zweiten Kondensator:  $1000 \Omega$ .



- a. Welche der Kurven in Diagramm 1 entspricht der Spannung über der Spannungsquelle, über dem ersten Kondensator und über dem zweiten Kondensator? Warum? [1 P]
- b. Formulieren Sie die Bilanzgleichungen für die Ladung der beiden Kondensatoren (separat) in momentaner Form. Zeichnen Sie dazu im Schaltungsdiagramm die dazugehörigen Grössen ein. [1 P]
- c. Formulieren Sie den Maschensatz für die mittlere Masche (die mit dem Zusatzwiderstand  $R_2$ ). [1 P]
- d. Skizzieren Sie so genau wie möglich die Stärke des elektrischen Stromes zwischen den beiden Kondensatoren als Funktion der Zeit. [2 P]
- e. Betrachten Sie den Zeitpunkt  $t = 7.0$  s. Wie gross ist die Spannung über der Spule? [2 P]
- f. Betrachten Sie den Zeitpunkt  $t = 7.0$  s. Wie gross ist die resistive Spannung über der Spule? Wie gross ist die induktive Spannung über der Spule? [2 P]
- g. Betrachten Sie den Zeitpunkt  $t = 7.0$  s. Benutzen Sie die bisherigen Daten, um die Induktivität der Spule abzuschätzen. [2 P]

# NTSY1: Natural and Technical Systems

## Test 2, November 2016

First Semester WI16

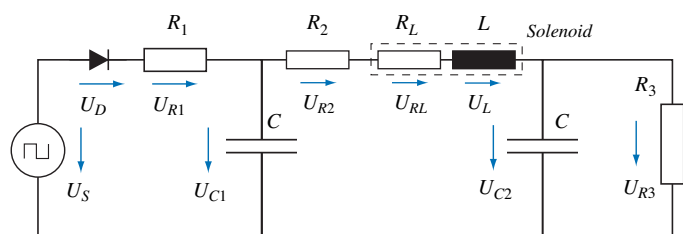
Allowed tools: **Personally written summary of up to 6 pages.**  
**Book: The Dynamics of Heat.** Calculators and writing materials.

Answers must be explained and must be documented.

Duration of the exam: 60 minutes.

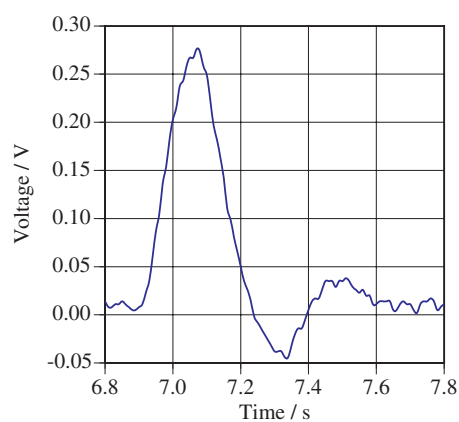
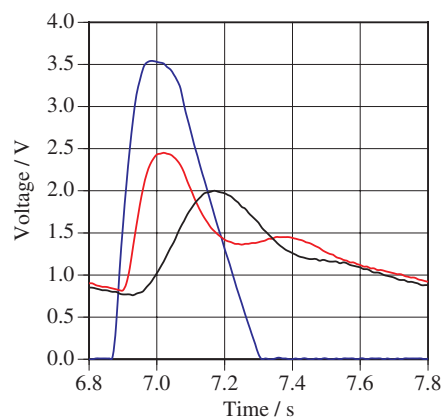
### Electric windkessel circuit with solenoid

Analyze a windkessel circuit having two capacitors and a solenoid and an additional resistor  $R_2$  for measuring the current between them. The system is driven by a power supply (whose voltage is changed rhythmically by hand) through a diode and a first resistor. At the other end, the capacitors discharge through an additional resistor.



The first diagram (top right) shows the voltages across the power supply and the two capacitors. In the second diagram on the right, you see the voltage across  $R_2$ .

*Data:* Capacitances of the capacitors:  $470 \mu\text{F}$ . Resistance of the resistor between the power supply and the first capacitor:  $50 \Omega$ . Resistance of  $R_2$  between the capacitors:  $50 \Omega$ . Resistance of the solenoid:  $64 \Omega$ . Resistance of resistor after the second capacitor:  $1000 \Omega$ .



- a. Which of the voltages in the first diagram corresponds to which element of the circuit? Why? [1 P]
- b. Formulate the laws of balance of charge for the two capacitors (separately) in instantaneous (dynamical) form and enter the relevant quantities in the circuit diagram. [1 P]
- c. Formulate the loop rule for the second loop in the circuit diagram (the one with  $R_2$ ). [1 P]
- d. Sketch as precisely as possible the electric current between the capacitors as a function of time. [2 P]
- e. Consider  $t = 7.0$  s. What is the value of the voltage across the solenoid? [2 P]
- f. Consider  $t = 7.0$  s. What is the value of the resistive voltage across the solenoid? What is the inductive voltage across the solenoid? [2 P]
- g. Consider  $t = 7.0$  s. Use previous results to estimate the inductance of the solenoid. [2 P]

## Solutions

a. Take  $t = 7$  s: Highest curve (3.5 V) corresponds to US. Second highest (2.4 V) to UC1, lowest (1.0 V) corresponds to UC2.

b.

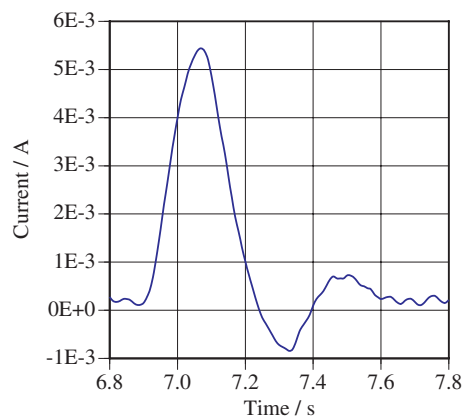
$$\frac{d}{dt} Q_1 = I_{Q1} - I_{Q2}$$

$$\frac{d}{dt} Q_2 = I_{Q2} - I_{Q3}$$

c.

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

d.



e.

$$U_{solenoid} = U_{RL} + U_L$$

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

$$= 2.4\text{V} - 1.0\text{V} - 0.2\text{V} = 1.2\text{V}$$

f.

$$U_{RL}(7.0) = R_L I_Q(7.0)$$

$$= 64 \cdot 4.0 \cdot 10^{-3} \text{V} = 0.26\text{V}$$

$$U_L(7.0) = U_{Solenoid}(7.0) - U_{RL}(7.0)$$

$$= 1.2\text{V} - 0.26\text{V} = 0.94\text{V}$$

g.

$$\frac{dI_{Q2}}{dt} = \frac{1}{L} U_L \Rightarrow L = \frac{U_L}{dI_{Q2}/dt} \approx \frac{0.94}{0.038} \text{H} = 25\text{H}$$