

Natur, Technik, Systeme

Test, Dezember 2011

Erstes Semester WI11

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

Antworten müssen begründet und nachvollziehbar sein.

Dauer des Tests: 60 Minuten.

Ein paar kleine Fragen...

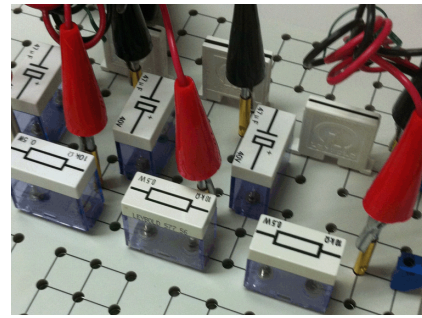
Beachten Sie folgende Regeln:

1. Eine richtige Antwort gibt 0.5 Punkte.
2. Eine falsche Antwort gibt 0.5 Punkte Abzug.
3. Eine nicht beantwortete Frage gibt Null Punkte.
4. Man kann nicht weniger als Null Punkte haben.

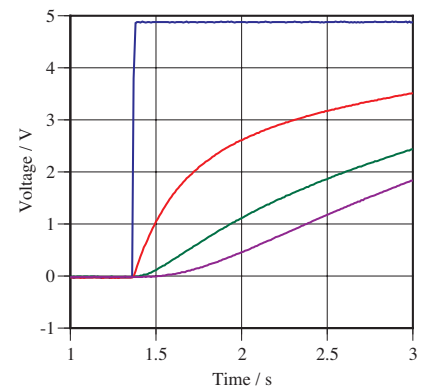
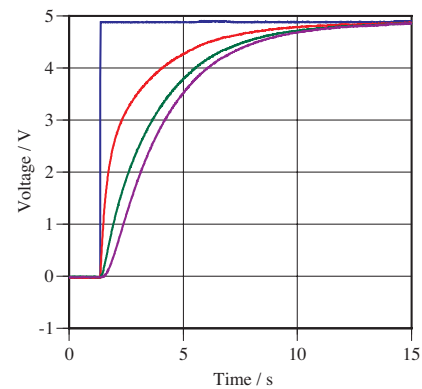
Aussage	Richtig	Falsch
Ein Widerstand, ein Schalter und ein Kondensator sind in Serie geschaltet. Der Kondensator ist mit einer Ladung Q geladen, der Schalter ist zuerst offen. Dann wird der Schalter geschlossen und der Kondensator entlädt sich. Der Logarithmus der Ladung und der Spannung im Kondensator werden als Funktion der Zeit aufgezeichnet. Behauptung: Es ergeben sich zwei Geraden.		
Der hydraulische Widerstand bei laminarer Strömung entspricht dem Kehrwert der Steigung im I_V - Δp Diagramm (I_V in y -Richtung).		
Gegeben sei eine Rohrleitung. Senkt man die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Rohr kann laminares Fließen in turbulentes Fließen übergehen.		
Enthält ein System eine induktive Komponente, kann das System oszillatorisches Verhalten zeigen, muss aber nicht.		
Es gibt elektrische Systeme, in denen nicht Spannungsdifferenzen, sondern absolute Potentiale über das Systemverhalten entscheiden.		
Die Spannung zwischen den beiden Klemmen einer Batterie ist unabhängig vom angeschlossenen Verbraucher.		
Hat man an eine Batterie keinen Verbraucher angeschlossen, liegt kein Stromkreis vor. Damit herrscht auch keine Spannung zwischen den Polen einer Batterie.		
Um eine Batterie bei maximaler Leistung zu betreiben, muss der Verbrauchswiderstand möglichst klein gewählt werden, damit die Stromstärke maximal wird.		

Eine kleine elektrische Schaltung...

Eine elektrische Schaltung besteht aus drei identischen Kondensatoren und drei identischen Widerstandselementen (mit je $10\text{ k}\Omega$ Widerstand; siehe Photographie). Am rechten Rand im Bild ist eine Spannungsquelle angebracht, die bei $t = 1.36\text{ s}$ auf 4.88 V fix eingeschaltet wird. Die Spannung über der Quelle und die Spannungen über den drei Kondensatoren sind im Diagramm als Funktionen der Zeit gezeigt (Ausschnitt im zweiten Diagramm unten).



- Skizzieren Sie ein analoges hydraulisches System; beschriften Sie wichtige dynamische Grössen aber mit *elektrischen* Symbolen. [1 P]
- Warum steigt die Spannung über dem ersten Kondensator (von der Quelle her gerechnet) sofort nach Anstellen an? [0.5 P]
- Wie gross ist die Änderungsrate der Spannung über dem ersten Kondensator gerade nach Einschalten? [0.5 P]
- Warum ist die Änderungsrate der Spannung über dem zweiten und dritten Kondensator gerade nach dem Anstellen gleich Null? [0.5 P]
- Bestimmen Sie die Kapazität eines Kondensators. (Der auf den Kondensatoren aufgedruckte Wert ist $47\text{ }\mu\text{F}$.) [2 P]
- Wieviel Energie ist in den drei Kondensatoren zusammen zum Zeitpunkt 2.50 s gespeichert? [1 P]
- Wie gross ist die gesamte Dissipationsrate in der Schaltung zum Zeitpunkt 2.50 s ? [1 P]
- Wie gross ist die Leistung der Spannungsquelle zum Zeitpunkt 2.50 s ? [0.5 P]



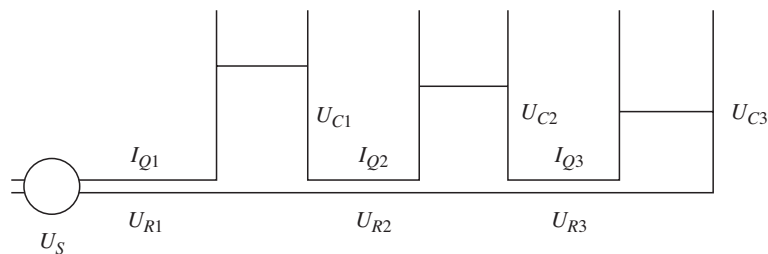
Solutions

Ein paar kleine Fragen...

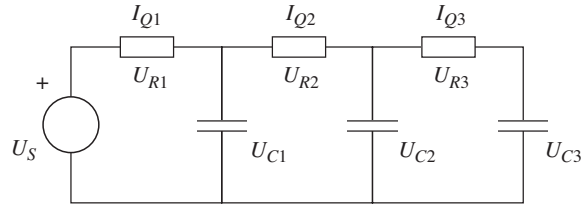
Aussage	Richtig	Falsch
Ein Widerstand, ein Schalter und ein Kondensator sind in Serie geschaltet. Der Kondensator ist mit einer Ladung Q geladen, der Schalter ist zuerst offen. Dann wird der Schalter geschlossen und der Kondensator entlädt sich. Der Logarithmus der Ladung und der Spannung im Kondensator werden als Funktion der Zeit aufgezeichnet. Behauptung: Es ergeben sich zwei Geraden.	x	
Der hydraulische Widerstand bei laminarer Strömung entspricht dem Kehrwert der Steigung im I_V - Δp Diagramm (I_V in y -Richtung).	x	
Gegeben sei eine Rohrleitung. Senkt man die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Rohr kann laminares Fließen in turbulentes Fließen übergehen.		x
Enthält ein System eine induktive Komponente, kann das System oszillatorisches Verhalten zeigen, muss aber nicht.	x	
Es gibt elektrische Systeme, in denen nicht Spannungsdifferenzen, sondern absolute Potentiale über das Systemverhalten entscheiden.		x
Die Spannung zwischen den beiden Klemmen einer Batterie ist unabhängig vom angeschlossenen Verbraucher.		x
Hat man an eine Batterie keinen Verbraucher angeschlossen, liegt kein Stromkreis vor. Damit herrscht auch keine Spannung zwischen den Polen einer Batterie.		x
Um eine Batterie bei maximaler Leistung zu betreiben, muss der Verbrauchswiderstand möglichst klein gewählt werden, damit die Stromstärke maximal wird.		x

Eine kleine elektrische Schaltung...

- a. Skizzieren Sie ein analoges hydraulisches System; beschriften Sie wichtige dynamische Größen aber mit *elektrischen* Symbolen. [1 P]



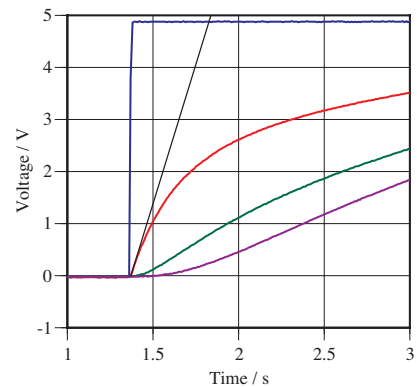
- b. Warum steigt die Spannung über dem ersten Kondensator (von der Quelle her gerechnet) sofort nach Anstellen an? [0.5 P]



In der ersten Masche mit der Spannungsquelle, R1 und C1 ist $U_{C1} = 0$ am Anfang, deshalb muss $U_{R1} = U_S$ sein, damit ist $I_{Q1} = U_{R1}/R_1$ gerade am Anfang, damit ändert die Ladung im Kondensator sofort, und damit ist die Änderungsrate von U_{C1} am Anfang nicht Null (sondern sogar am grössten).

- c. Wie gross ist die Änderungsrate der Spannung über dem ersten Kondensator gerade nach Einschalten? [0.5 P]

Graphische Bestimmung: Tangente an U_{C1} gerade beim Einschalten: $dU_{C1}/dt = 5.0 \text{ V} / 0.45 \text{ s} = 11 \text{ V/s}$.



- d. Warum ist die Änderungsrate der Spannung über dem zweiten und dritten Kondensator gerade nach dem Anstellen gleich Null? [0.5 P]

In der zweiten und dritten Masche befinden sich je zwei Kondensatoren und ein Widerstand. $U_{C1} = U_{C2} = U_{C3} = 0$ am Anfang. D.h., dass $U_{R2} = U_{R3} = 0$, und das heisst dass $I_{Q2} = I_{Q3} = 0$ am Anfang. Das bedeutet, dass sich die Ladungen und die Spannungen von C2 und C3 gerade am Anfang nicht ändern.

- e. Bestimmen Sie die Kapazität eines Kondensators. (Der auf den Kondensatoren aufgedruckte Wert ist $47 \mu\text{F}$.) [2 P]

Man betrachte die erste Masche gerade am Anfang:

$$\frac{dU_{C1}}{dt} = 11 \frac{\text{V}}{\text{s}} \quad (\text{aus Messung})$$

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

$$\frac{dQ_1}{dt} = C_1 \frac{dU_{C1}}{dt}$$

$$I_{Q1} = \frac{1}{R_1} U_{R1} = \frac{1}{R_1} (U_S - U_{C1}(0)) = \frac{1}{R_1} U_S$$

$$\Rightarrow C_1 \frac{dU_{C1}}{dt} = \frac{1}{R_1} U_S \Rightarrow C_1 = \frac{1}{R_1} U_S \Big/ \frac{dU_{C1}}{dt} = \frac{4.88}{10^4 \cdot 11} \text{ F} = 44 \mu\text{F}$$

- f. Wieviel Energie ist in den drei Kondensatoren zusammen zum Zeitpunkt 2.50 s gespeichert? [1 P]

Spannungen über den drei Kondensatoren bei $t = 2.5 \text{ s}$ aus dem Diagramm lesen, dann jeden Energieinhalt rechnen und zusammenzählen:

$$\begin{aligned}
W_{C,tot} &= \frac{1}{2}C_1U_{C1}^2 + \frac{1}{2}C_2U_{C2}^2 + \frac{1}{2}C_3U_{C3}^2 \\
&= \frac{1}{2}C(U_{C1}^2 + U_{C2}^2 + U_{C3}^2) = 0.5 \cdot 47 \cdot 10^{-6} \cdot (3.15^2 + 1.85^2 + 1.2^2) \text{J} = 0.35 \text{mJ}
\end{aligned}$$

g. Wie gross ist die gesamte Dissipationsrate in der Schaltung zum Zeitpunkt 2.50 s? [1 P]

In den Widerständen wird die freigesetzte Energie dissipiert. Also:

$$\begin{aligned}
\mathcal{P}_{diss,tot} &= \mathcal{P}_{el,1} + \mathcal{P}_{el,2} + \mathcal{P}_{el,3} \\
&= U_{R1}I_{Q1} + U_{R2}I_{Q2} + U_{R3}I_{Q3} \\
&= \frac{1}{R_1}U_{R1}^2 + \frac{1}{R_2}U_{R2}^2 + \frac{1}{R_3}U_{R2}^2 \\
&= \frac{1}{R} \left((U_S - U_{C1})^2 + (U_{C1} - U_{C2})^2 + (U_{C2} - U_{C3})^2 \right) \\
&= \frac{1}{10^4} \left((4.88 - 3.15)^2 + (3.15 - 1.85)^2 + (1.85 - 1.2)^2 \right) \text{W} \\
&= 0.51 \text{mW}
\end{aligned}$$

h. Wie gross ist die Leistung der Spannungsquelle zum Zeitpunkt 2.50 s? [0.5 P]

Spannung der Quelle und Stromstärke durch die Quelle bestimmen die elektrische Leistung dieses Elementes:

$$\begin{aligned}
\mathcal{P}_{el,S} &= U_S I_{Q1} = U_S \frac{1}{R_1} U_{R1} = U_S \frac{1}{R_1} (U_S - U_{C1}) \\
&= \frac{4.88 \cdot (4.88 - 3.15)}{10^4} \text{W} = 0.84 \text{mW}
\end{aligned}$$