

SV P_10_08.doc	Lehrfach: Signale und Systeme Versuch: Schaltvorgänge	 Fakultät Elektrotechnik und Informatik
© Hochschule Zittau/Görlitz; Fakultät Elektrotechnik und Informatik		

Prof. Dr. techn. Stefan Kornhuber/Prof. Dr.-Ing. Schmidt

April 2017

Bearb.: Dr.-Ing. Menzel/DI Holz

1 Versuchsziel

Untersuchung von Strom- und Spannungsverläufen beim Ein- oder Ausschalten von Stromkreisen mit ohmschen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten bei Speisung mit Gleichstrom und sinusförmigem Wechselstrom.

2 Literatur

- /1/ Vorlesung „Grundlagen der Elektrotechnik“; Hochschule Zittau/Görlitz
- /2/ Elschner, H. (1990). Grundlagen der Elektrotechnik, Elektronik - 1.
- /3/ Führer, A. (2012). Grundgebiete der Elektrotechnik - 1 : Stationäre Vorgänge.
- /4/ Paul, R., & Paul, S. (2010). Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik - 1 : Gleichstromnetzwerke und ihre Anwendungen. Springer-Lehrbuch.
- /5/ Lerch, R. (2012). Elektrische Messtechnik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- /6/ Mühl, T. (2014). Einführung in die elektrische Messtechnik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden

3 Versuchsvorbereitung

- 3.1 Wiederholen Sie die im Fach Mathematik vermittelten Grundlagen zur Lösung von Differentialgleichungen.
- 3.2 Berechnen Sie allgemein für die Schaltungen 1 und 2 die Zeitkonstanten für den Ein- und Ausschaltvorgang.
- 3.3 Berechnen Sie allgemein die Werte $u_C(t)$ und $i_C(t)$ für den Einschaltvorgang eines Kondensators bei Gleichspannungseinspeisung (Schaltung 1).
- 3.4 Berechnen Sie allgemein für den Reihenschwingkreis (Schaltung 3) die Resonanzfrequenz ω_r , die Eigenfrequenz ω_d , die Abklingkonstante δ und den Dämpfungsgrad D .
- 3.5 Ermitteln Sie den Widerstand R_2 , um den aperiodischen Grenzfall zu erhalten?

4 Grundlagen

Ausgehend vom Verhalten der Grundschaltelemente bei Schaltsprüngen ergibt sich für einen ohmschen Widerstand nach der Beziehung $u=R \cdot i$, dass ein Spannungssprung mit einem Stromsprung verbunden ist und umgekehrt.

Die Strom-Spannungs-Beziehungen bei Kapazität und Induktivität lauten:

$$i_C = C \cdot \frac{du_C}{dt}; \quad u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}$$

Der zeitliche Verlauf der Spannung an Kapazitäten sowie des Stromes durch Induktivitäten darf keine Sprünge, wohl aber Knicke enthalten. Daraus geht hervor, dass bei Ein- oder Abschalten eines Netzwerkes mit Energiespeichern L und/oder C nicht an jeder Stelle Strom und Spannung diesem Schaltsprung folgen können, sondern andere durch das Netzwerk bestimmte Ausgleichsvorgänge für diese Größen einsetzen, die mit Annäherung an den neuen eingeschwungenen (stationären) Zustand allmählich abklingen.

Zur Berechnung von Schaltvorgängen (Ausgleichsvorgängen) geht man von den Kirchhoffschen Gleichungen aus, stellt bei linearen Netzwerken eine Differentialgleichung (bzw. ein Differentialgleichungssystem) auf, legt die Anfangswerte fest und löst die Differentialgleichung (bzw. das Differentialgleichungssystem).

5 Versuchsdurchführung

erforderliche Geräte:

- Experimentierplatte (Bild 1)

Unter Nutzung der Steckschablone ist die jeweilige Schaltung (nach Bild 1) zu realisieren!

Hinweis: Auf der Schablone sind die erforderlichen Verbindungen als graue und schwarze Linien dargestellt!

Hierbei ist zu beachten, dass die grau gekennzeichneten Verbindungen bereits intern verschaltet sind und alle schwarzen Verbindungen sowie technischen Elemente (Einspeisungen, Bauelemente und Messgeräte etc.) extern zugeschaltet werden müssen.

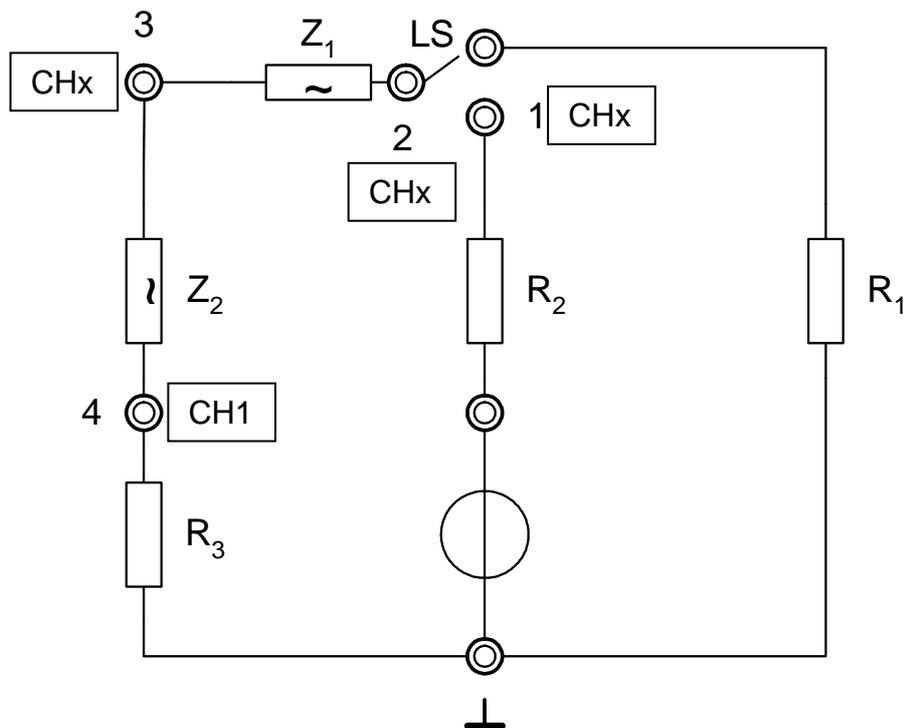


Bild 1

- Dekadenwiderstände: Resistanz 2, 3, 4
- Kondensatoren zu $10 \mu\text{F}$
- 1 Induktivitäts-Dekade (Mini-L-Dekade 3-250)
- Leistungsschaltermodell
- 1 Oszillograf CH1 zur Erfassung des Stromes (Messpunkt „4“ gegen Masse „ \perp “) CH2; CH3 zum Aufzeichnen der Spannungen („Messpunkte „1“ bzw. „2“ bzw. „3“ gegen Masse „ \perp “)
- Bauelementewerte und Einstellung am Oszillografen siehe Tabelle 1 im Anhang
- Spannungs-(Strom-)versorgung



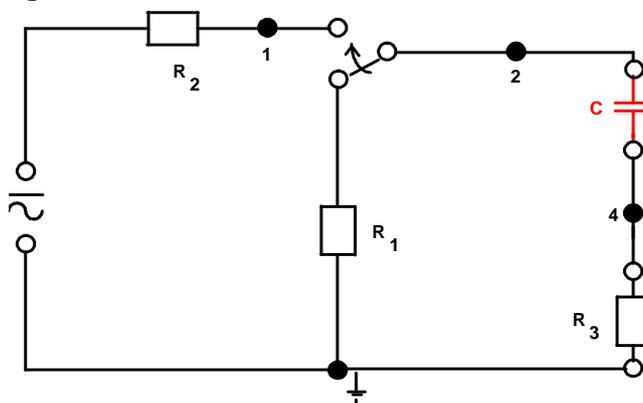
Hinweis: - 1. Netzschalter einschalten
 - 2. Stromversorgung „DC“ zuschalten
 - 3. Spannung „DC“ einstellen

Wird nur eine Wechselspannung benötigt, entfallen die Punkte 2 und 3!

Hinweis: Zur Übernahme der Messkurven ist ein **USB Stick** mitzubringen!

Aufgabenstellung:

5.1 Schaltvorgänge am Kondensator



Schaltung 1

- *Einschalten bei Gleichspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Einschalten eines Kondensators wird oszillografisch aufgezeichnet (Bauelementewerte: siehe Tabelle 1).

Für den Einschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- i_C (Messpunkt „4“) und u_C (Messpunkt „2“)

- *Ausschalten bei Gleichspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Ausschalten eines Kondensators wird oszillografisch aufgezeichnet (Bauelementewerte: siehe Tabelle 1).

Für den Ausschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- i_C (Messpunkt „4“) und u_C (Messpunkt „2“)

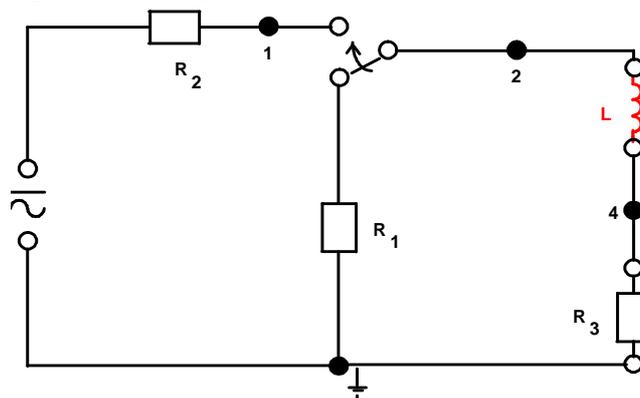
- *Einschalten bei Wechselspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Einschalten eines Kondensators wird oszillografisch aufgezeichnet (Bauelementewerte: siehe Tabelle 1).

Für den Einschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- u_{q-} (Messpunkt „1“) und u_C (Messpunkt „2“) sowie i_C (Messpunkt „4“) bei verschiedenen (zufälligen) Einschaltwinkeln

5.2 Schaltvorgänge an der Spule



Schaltung 2

- *Einschalten bei Gleichspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Einschalten einer Spule wird oszillografisch aufgezeichnet (Bauelementewerte: siehe Tabelle 1).

Für den Einschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- u_L (Messpunkt „2“) und i_L (Messpunkt „4“)

- *Ausschalten bei Gleichspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Ausschalten einer Spule wird oszillografisch aufgezeichnet (Bauelementewerte: siehe Tabelle 1).

Für den Ausschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- u_L (Messpunkt „2“) und i_L (Messpunkt „4“)

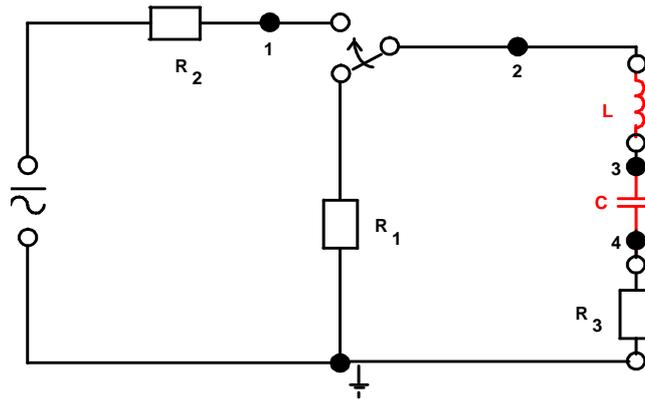
- *Einschalten bei Wechselspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Einschalten einer Spule wird oszillografisch aufgezeichnet (Bauelementewerte: siehe Tabelle 1).

Für den Einschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- u_{q-} (Messpunkt „1“) und i_L (Messpunkt „4“) sowie u_L (Messpunkt „2“) bei verschiedenen (zufälligen) Einschaltwinkeln

5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis



Schaltung 3

- *Einschalten bei Gleichspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Einschalten eines Schwingkreises wird oszillografisch aufgezeichnet. **Die Messung wird anschließend für den aperiodischen Grenzfall wiederholt.**

Für den Einschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- u_C (Messpunkt „3“) und i (Messpunkt „4“)

- *Ausschalten bei Gleichspannung*

Der Ausgleichsvorgang beim Ausschalten eines Schwingkreises wird oszillografisch aufgezeichnet.

Für den Ausschaltvorgang sind folgende Kurven aufzuzeichnen:

- u_C (Messpunkt „3“) und i (Messpunkt „4“)

6 Auswertung

- Bestimmen Sie aus den in den Versuchen 5.1 und 5.2 ermittelten Kurvenverläufen mit Hilfe der grafischen Methode die Zeitkonstanten. Vergleichen Sie die aus den aufgenommenen Verläufen ermittelten Werte (Zeitkonstante, Spannungs- bzw. Stromerhöhung) mit den berechneten Werten.
- Bestimmen Sie die Zeitkonstanten durch Übertragung auf halblogarithmisches Papier und vergleichen Sie diese mit den Ergebnissen von 6.1 und den berechneten Werten.
- Bestimmen Sie aus den Oszillogrammen der Aufgabe 5.3 die Eigenfrequenz f_D und die Dämpfungskonstante $\tau_M = 1 / (2T)$ und vergleichen Sie die Werte mit den unter 3.4 berechneten Werten für f_D (aus ω_D berechnen) und δ .
- Entspricht der mit dem berechneten Wert für R_2 (siehe 3.5) aufgenommene Kurvenverlauf dem aperiodischen Grenzfall?

Anhang: Tabelle 1

5.1 Schaltvorgänge am Kondensator $\underline{Z}_1 = 1/(j\omega C)$ mit $C = 10 \mu\text{F}$ $\underline{Z}_2 = 0$		
Einschalten	Ausschalten	Einschalten
Spannungsquelle: 12 V (DC)	Spannungsquelle: 12 V (DC)	Spannungsquelle: 6 V (AC)
Bauelementewerte: $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 100 \Omega$	Bauelementewerte: $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 100 \Omega$	Bauelementewerte: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 500 \Omega$ $R_3 = 100 \Omega$
Messbereichseinstellung am Oszilloskopfen ¹⁾ : Kanal A: 0,5 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 10 ms/Teilung		Messber. am Oszilloskopfen ¹⁾ : Kanal A: 2 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 20 ms/Teilung
5.2 Schaltvorgänge an der Spule $\underline{Z}_1 = j\omega L$ mit $L = 10 \text{ H}$ $\underline{Z}_2 = 0$		
Einschalten	Ausschalten	Einschalten
Spannungsquelle: 12 V (DC)	Spannungsquelle: 12 V (DC)	Spannungsquelle: 6 V (AC)
Bauelementewerte:	$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 500 \Omega$ $R_3 = 500 \Omega$	
Messbereichseinstellung am Oszilloskopfen ¹⁾ : Kanal A: 2 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 10 ms/Teilung		Messber. am Oszilloskopfen ¹⁾ : Kanal A: 2 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 20 ms/Teilung
5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis $\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = j\omega L$ mit $L = 10 \text{ H}$ $\underline{Z}_2 = 1/(j\omega C)$ mit $C = 10 \mu\text{F}$		
Einschalten		Ausschalten
Spannungsquelle: 12 V (DC)		
Bauelementewerte: $R_1 = 0 \Omega$ $R_2 = 0 \Omega$ $R_3 = 50 \Omega$	Bauelementewerte (aperiodischer Grenzfall): $R_1 = 0 \Omega$ $R_2 \approx \dots \text{ k}\Omega$ $R_3 = 50 \Omega$	Bauelementewerte: $R_1 = 0 \Omega$ $R_2 = 0 \Omega$ $R_3 = 50 \Omega$
Messbereichseinstellung am Oszilloskopfen ¹⁾ : Kanal A: 0,5 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 50 ms/Teilung		

¹⁾Hinweise zum Oszilloskopieren:

- ✓ externe Triggerung verwenden (Betriebsart TRIG. EXT vorwählen, Zuführung des Triggersignals vom Leistungsschaltermodell)
- ✓ Betriebsart SINGLE SGL vorwählen (es werden einmalige Vorgänge oszilloskopiert), unmittelbar vor der Messung RES aktivieren (Löschen des alten Speicherinhaltes)
- ✓ Vortriggerung am Oszi (PTR: 25 %) **oder** am Leistungsschaltermodell ($t_v = 10 t_s$) einstellen
- ✓ nach der Aufzeichnung können die Kurvenverläufe (zur Optimierung der Hardcopy) vertikal verschoben werden (Betriebsart HOLD vorwählen, Verschiebung mit Y-POS I bzw. II), vor der nächsten Messung muss die Betriebsart HOLD wieder abgewählt werden