

3. Klausur
Grundlagen der Elektrotechnik I-B
17. Juli 2003



Musterloesung

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

- ➡ Trennen Sie den Aufgabensatz **nicht** auf.
- ➡ Benutzen Sie für die Lösung der Aufgaben **nur** das mit diesem Deckblatt ausgeteilte Papier. **Lösungen, die auf anderem Papier geschrieben werden, können nicht gewertet werden.** Weiteres Papier kann bei den Tutoren angefordert werden.
- ➡ **Notieren Sie bei der Aufgabe einen Hinweis, wenn die Lösung auf einem Extrablatt fortgesetzt wird**
- ➡ **Schreiben Sie deutlich!** Doppelte, unleserliche oder mehrdeutige Lösungen können nicht gewertet werden.
- ➡ Schreiben Sie **nicht** mit Bleistift!
- ➡ Schreiben Sie nur in **blau** oder **schwarz!**

1. Aufgabe (5 Punkte): Fragen aus verschiedenen Gebieten

Beantworten Sie die folgenden Fragen.

1.1. Energie im Kondensator (0,5 Punkte)

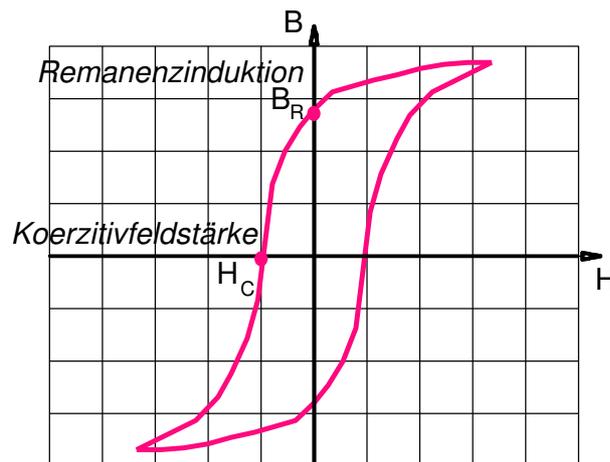
Nach welcher Formel errechnet sich die Energie, die in einem Kondensator der Kapazität C gespeichert ist, wenn er auf eine Spannung U aufgeladen ist?

Lösung:

$$W = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1)$$

1.2. Magnetisierungskurve (0,5 Punkte)

Kennzeichnen Sie in der gegebenen Magnetisierungskurve die Remanenzinduktion und die Koerzitivfeldstärke.



1.3. Hystereseschleife (0,5 Punkte)

Die oben gezeichnete Magnetisierungskurve umschließt eine Fläche. Welche physikalische Entsprechung hat diese Fläche?

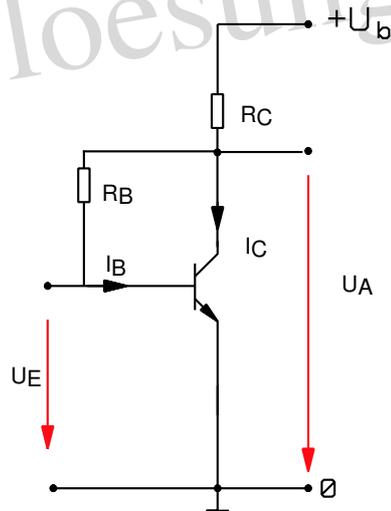
Lösung:

*Zyklische Magnetisierungen führen zu einem Umlaufen der Hystereseschleife mit jeder Periode. Die Fläche der Hystereseschleife entspricht den **Hystereseverlusten** [Vorlesungsscript S 46ff].*

1.4. Transistorgrundschaltung (0,5 Punkte)

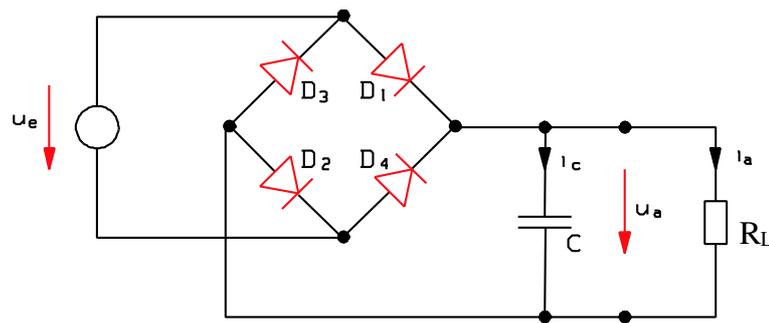
Skizzieren Sie einen npn-Transistor in Emitterschaltung mit Spannungsgegenkopplung. Machen Sie Ein- und Ausgangsspannungen sowie die Versorgungsspannung kenntlich.

Musterloesung



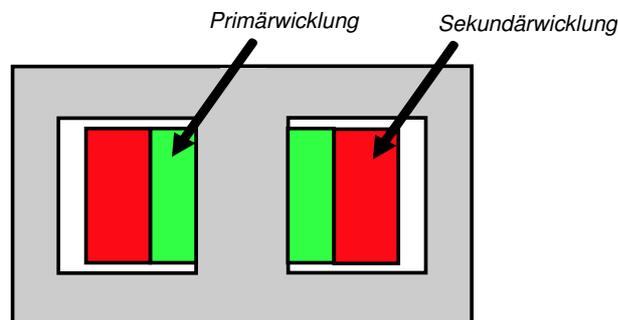
1.5. Brückengleichrichter (0,5 Punkte)

Ergänzen Sie die Dioden in der Brückengleichrichterschaltung (Zweiweg-Gleichrichter).



1.6. Transformator (0,5 Punkte)

Skizzieren Sie die Lage der Primärenwicklung und der Sekundärwicklungen im Falle des gegebenen Manteltransformators im Schnittbild.



1.7. Ausgleichsvorgänge (0,5 Punkte)

Wie nennt man den Zustand, nach dem ein Ausgleichsvorgang vollständig vorüber ist.

Lösung:

Stationärer oder eingeschwungener Zustand oder auch Endzustand

1.8. Ausgleichsvorgänge (0,5 Punkte)

Welchen Ansatz verwenden Sie zur Lösung der folgenden Differentialgleichung 1.Ordnung

$$\frac{du_c(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}u_c(t) - \frac{1}{\tau}U_0 = 0$$

Lösung:

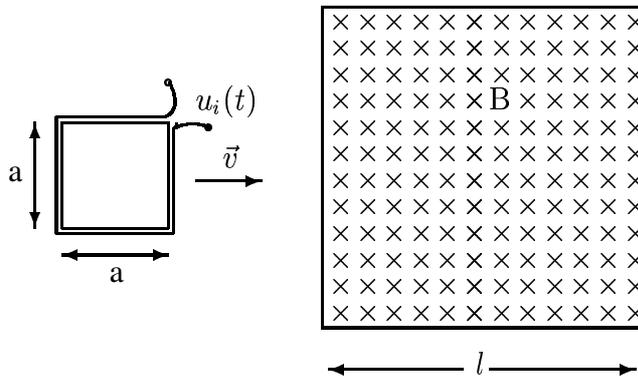
Für Differentialgleichung der Form $a\frac{dx}{dt} + x = K$ macht man den Ansatz

$$x = Ae^{\alpha t} + B \quad (2)$$

Die Konstanten A, α und B werden dann aus den Randbedingungen gefunden

2. Aufgabe (4 Punkte): Anwendung des Induktionsgesetzes

Eine quadratische Leiterschleife bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit v durch ein räumlich begrenztes homogenes Magnetfeld der Induktion $B = B_0$ hindurch (siehe Skizze).



$$B_0 = 1.2 \text{ T}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$l = 25 \text{ cm}$$

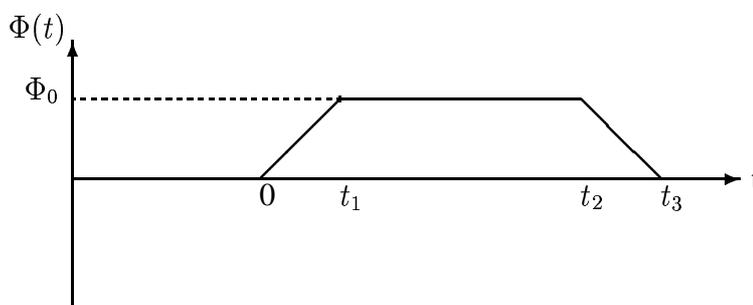
2.1. Berechnung (2,5 Punkte)

Berechnen Sie den magnetischen Fluss und tragen Sie den zeitlichen Verlauf in das vorbereitete Diagramm?

Lösung:

- $t < 0$: $\Phi(t) = 0$
- $0 < t < t_1$: $\Phi(t) = B_0 a v t$
- $t_1 < t < t_2$: $\Phi(t) = B_0 a v t_1 = B_0 a^2 = \Phi_0$
- $t_2 < t < t_3$: $\Phi(t) = B_0 a v (t_3 - t)$
- $t > t_3$: $\Phi(t) = 0$

mit $t_1 = \frac{a}{v}$, $t_2 = \frac{l}{v}$ und $t_3 = t_1 + t_2$

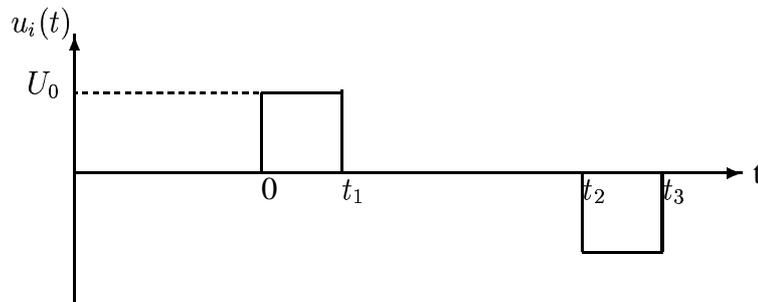


2.2. Spannungsberechnung (1,5 Punkte Punkte)

Aus dem Induktionsgesetz berechnen Sie die induzierte Spannung $u_i(t)$ tragen Sie den zeitlichen Verlauf in das untere Diagramm?

Lösung:

$$u_i(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (3)$$

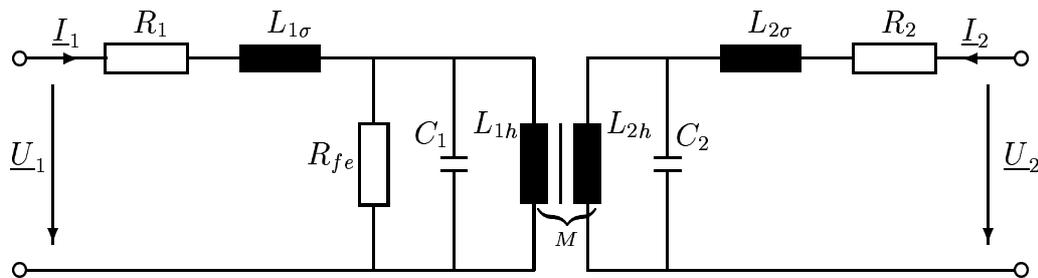


3. Aufgabe (4 Punkte): Der technische Transformator

3.1. Das vollständige Ersatzschaltbild (1.5 Punkte)

Skizzieren Sie das vollständige Ersatzschaltbild des technischen Transformators?

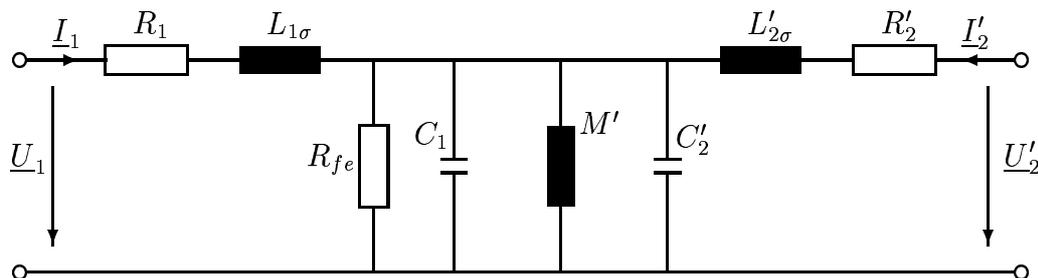
Lösung:



3.2. Transformation auf die primäre Seite (1.5 Punkte)

Transformieren Sie Ströme, Spannungen und Impedanzen auf die primäre Seite und geben Sie die benötigten Gleichungen an?

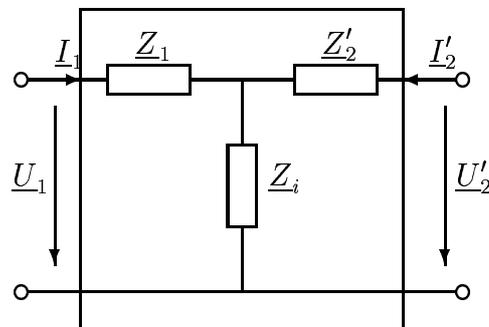
Lösung:



$$\text{mit } L'_{2\sigma} = \ddot{u}^2 L_{2\sigma}, R'_2 = \ddot{u}^2 R_2, C'_2 = \frac{C_2}{\ddot{u}^2}, M' = \ddot{u}M, \underline{U}'_2 = \ddot{u}\underline{U}_2, \underline{I}'_2 = \frac{\underline{I}_2}{\ddot{u}}.$$

3.3. Der Transformator als Vierpol (Z-matrix) (1 Punkt)

Geben Sie die Elemente \underline{Z}_1 , \underline{Z}_i und \underline{Z}'_2 für den Transformator an. Berechnen Sie aus der Z-Matrix den Parameter \underline{Z}_{11}

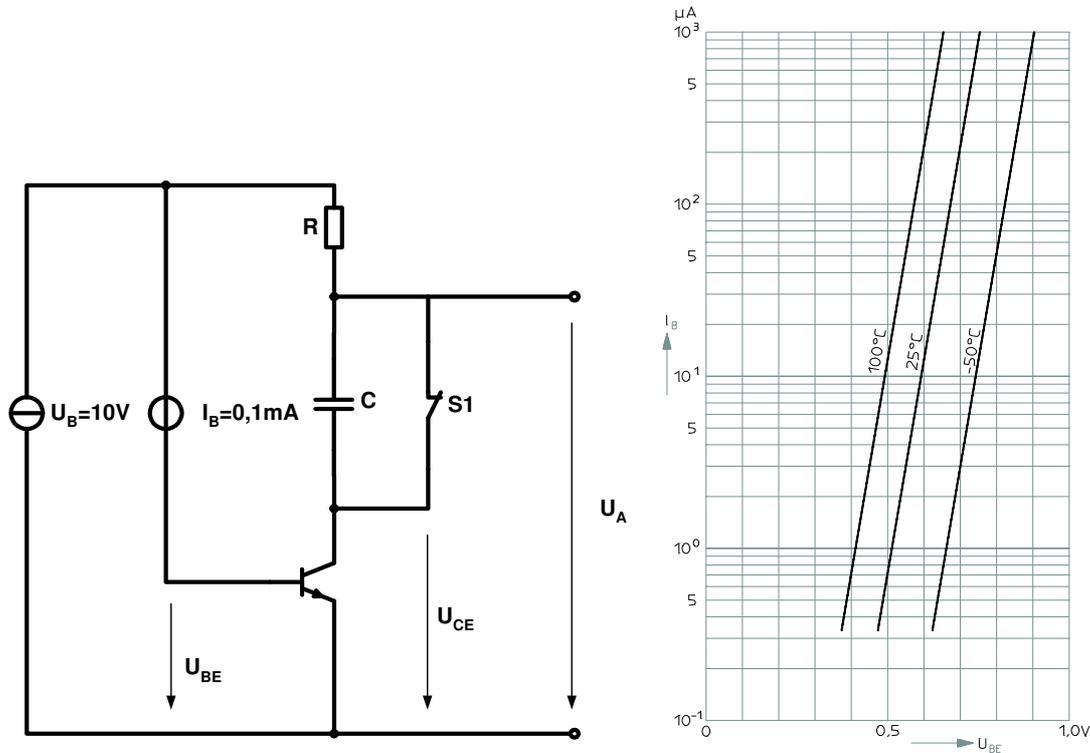


Lösung:

$$\underline{Z}_{11} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1} \Big|_{\underline{I}'_2=0} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}'_2 \quad (4)$$

4. Aufgabe (4 Punkte): Transistorschaltung

Gegeben ist folgende Transistorschaltung:



Der Schalter S1 sei für $t \leq 0$ geschlossen. Weiterhin sind gegeben: $R=100\Omega$, $C=100\mu\text{F}$, $\beta=100$, $T=25^\circ\text{C}$!

4.1. (0,5 Punkte)

Bestimmen Sie U_{BE} !

Lösung:

$$U_{BE} = 0,675\text{V} \quad \text{abgelesen, bei } I_B = 0,1\text{mA} \quad (5)$$

4.2. (1 Punkt)

Bestimmen Sie die Spannung U_A !

Lösung:

$$U_A = U_B - U_R \quad (6)$$

$$U_A = U_B - I_C \cdot R \quad (7)$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (8)$$

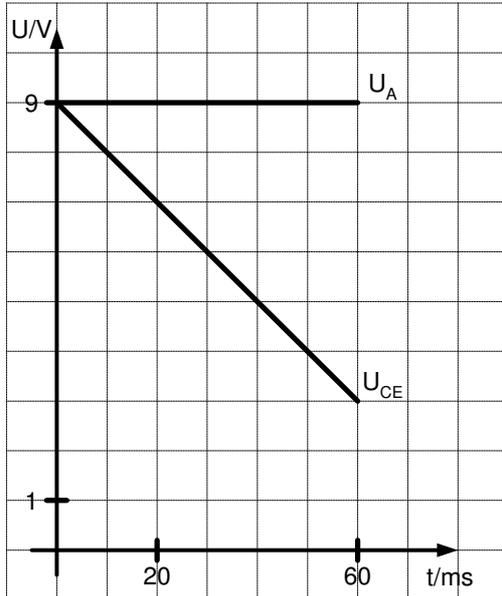
$$I_C = 100 \cdot 0,1\text{mA} = 10\text{mA} \quad (9)$$

$$U_A = 10\text{V} - 10\text{mA} \cdot 100\Omega \quad (10)$$

$$U_A = 9\text{V}; \quad (11)$$

4.3. (2,5 Punkte)

Zum Zeitpunkt $t=0$ wird der Schalter S1 geöffnet. Berechnen Sie die Spannung U_{CE} für $0 \leq t \leq 60\text{ms}$! Zeichnen Sie den Verlauf von U_{CE} und U_A in das Diagramm ein!



Lösung:

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (12)$$

$$I_C = 100 \cdot 0,1\text{mA} \quad (13)$$

$$i_C = C \cdot \frac{du_C}{dt} \quad (14)$$

$$u_C = \frac{1}{C} \int i_C dt + u_{C0} \quad (15)$$

$$u_C(t) = \frac{1}{C} I_C \cdot t \quad (16)$$

$$U_{CE}(t) = U_B - U_R - u_C \quad (17)$$

$$U_{CE}(t) = U_B - I_C \cdot R - \frac{1}{C} \cdot I_C \cdot t \quad (18)$$

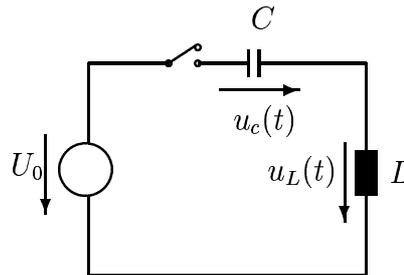
$$U_{CE}(t) = -\frac{I_C}{C} \cdot t + 9V \quad 0 \leq t \leq 60\text{ms} \quad (19)$$

$$(20)$$

5. Aufgabe (4 Punkte): Ausgleichsvorgänge in linearen Netzwerken

5.1. Einschalten einer Gleichspannung auf eine LC-Reihenschaltung (2,5 Punkte)

Die unten stehende Schaltung wird zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen. Mit den Anfangsbedingungen ($t = 0, u_c = 0, i = 0$). Berechnen Sie $u_c(t)$, $u_L(t)$ und $i(t)$?



Lösung:

Die Maschengleichung lautet

$$U_0 = u_c(t) + u_L(t) \quad (21)$$

es gilt für den Kondensator

$$i(t) = C \frac{du_c(t)}{dt} \quad (22)$$

und für die Spule

$$u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}. \quad (23)$$

Aus der zeitlichen Differenziation der Gleichung (1) bekommen wir

$$0 = \frac{du_c(t)}{dt} + \frac{du_L(t)}{dt} \quad (24)$$

und wir leiten unter Berücksichtigung von den Gleichungen (2) und (3) die zeitliche Differentialgleichung zweiter Ordnung für den Strom her:

$$L C \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + i(t) = 0. \quad (25)$$

Wir wählen folgende Lösungsansatz

$$i(t) = \hat{i} \sin \omega_0 t \quad (26)$$

Nach Einsetzen in die Gleichung (5) ist die Frequenz ω_0 bestimmt, mit

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (27)$$

$u_L(t)$ ist aus der Gleichung (3)

$$u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} = L \omega_0 \hat{i} \cos \omega_0 t \quad (28)$$

und $u_c(t)$ ist

$$u_c(t) = U_0 - u_L(t) = U_0 - L \omega_0 \hat{i} \cos \omega_0 t. \quad (29)$$

Nun wird \hat{i} aus der Anfangsbedingung $u_c(t=0) = 0$ ermittelt

$$u_c(0) = U_0 - L \omega_0 \hat{i} = 0 \quad (30)$$

daraus folgt

$$\hat{i} = \frac{U_0}{L \omega_0}. \quad (31)$$

5.2. Übertragung von Rechteckspannungen über RC-Glieder

Skizzieren Sie den qualitativen (Ohne Rechnung) Verlauf von $u_c(t)$ und $u_R(t)$ unter den Bedingungen ($\tau = RC \ll T$) und für ($t < 0, u_c = 0$).

Lösung:

