

Aufgabe 1

Transformator

Gegeben ist die Transformatorschaltung in Abbildung 1.

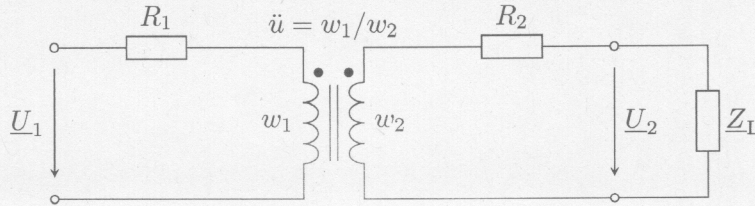


Abbildung 1: Transformatorschaltung

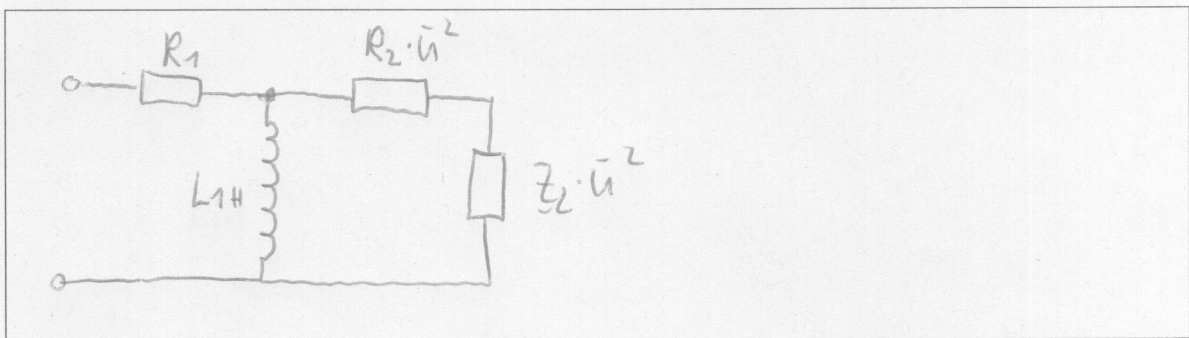
- a) Was wird bei einem Transformator unter Streufluss verstanden? Begründen Sie kurz.

Magnetischer Fluss, der nicht durch den Eisenkern verläuft, sondern sich im Raum außerhalb des Kern schließt.

- b) Können Gleichspannungen mit dem Transformator von Primär- zur Sekundärseite übertragen werden? Begründen Sie?

Nein, nur Wechselspannungen. Laut Induktionsgesetz gilt $u(t) = w \cdot \frac{d\Phi}{dt}$. Zeitveränderlicher Fluss wird benötigt um Spannung zu induzieren.

- c) Zeichnen Sie das T-Ersatzschaltbild von Abbildung 1 mit den auf die Primärseite bezogenen Sekundärgrößen. Nehmen Sie an, dass der Transformator keine Streuflüsse aufweist.



Aufgabe 2

Nichtlineare Schaltung

Gegeben ist die nichtlineare Schaltung in Abbildung 2 mit zwei baugleichen Dioden. Es gilt $R_1 = 2R_2$. Sperrende Dioden können als Leerlauf betrachtet werden.

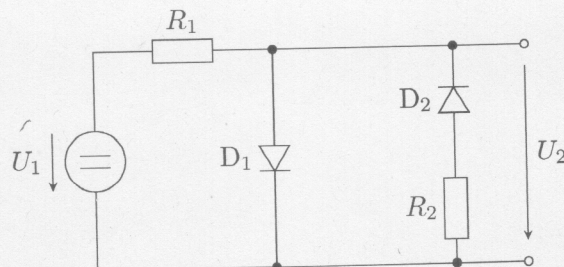


Abbildung 2: Schaltung mit Dioden

- a) Geben Sie die aus der Vorlesung bekannte Diodengleichung an.

$$I_D = I_S (e^{U_D/U_T} - 1)$$

- b) Welches aus der Vorlesung bekannte Verfahren eignet sich zur Berechnung von U_2 ?

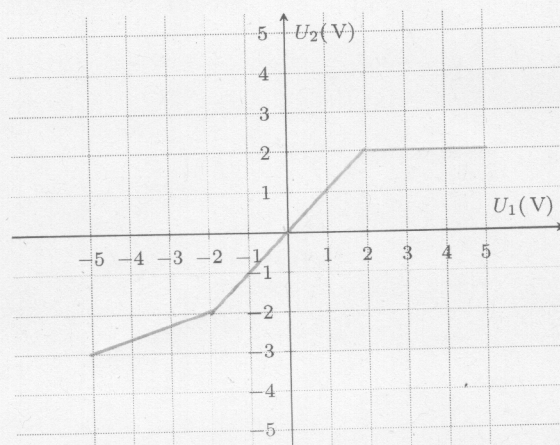
Newton-Raphson-Verfahren

- c) Der Spannungsquelle U_1 wird nun eine sinusförmige Wechselspannung überlagert. Durch welches bekannte Verfahren können Sie berechnen, welche Harmonischen im Ausgangssignal $u_2(t)$ enthalten sind? Was ist in Bezug auf die Wechselspannungsamplitude zu beachten?

Taylor-Reihe. Zu große Amplitude führt zu Fehler, da Abweichung zw. TR und Funktion zunehmen. $\rightarrow$ kleine Amplitude

Die Dioden können nun durch die vereinfachte Knickkennlinie beschrieben werden mit $U_K = 2\text{ V}$.

- d) Skizzieren Sie die Übertragungsfunktion $U_2 = f(U_1)$ für $U_1 = -5\text{ V}$ bis 5 V .



$$U_2' = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1 = \frac{1}{3} U_1$$

Aufgabe 3

Ortskurven

Gegeben sei die Ortskurve in Abbildung 3.

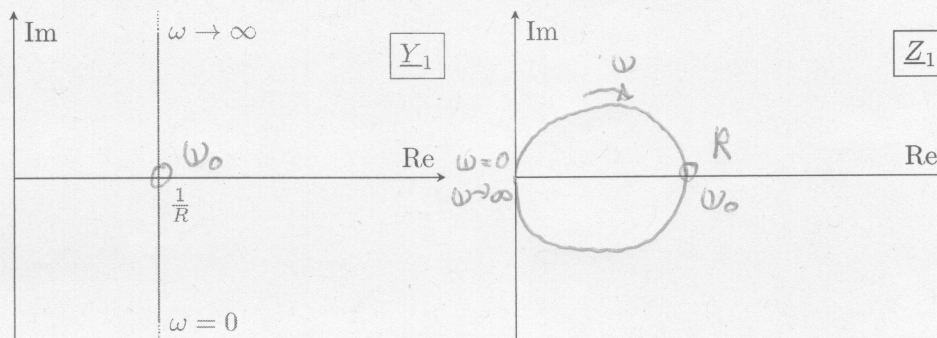
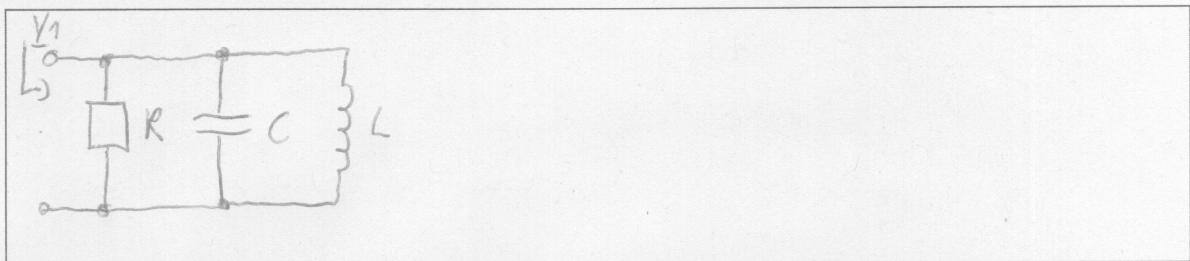


Abbildung 3: Ortskurve $\underline{Y}_1$ einer unbekannten Schaltung.

- a) Zeichnen Sie die zur Ortskurve $\underline{Y}_1$ in Abb. 3 passende Schaltung.



- b) Wie bezeichnet man diese Schaltung?

Parallelschwingkreis

- c) Vervollständigen Sie die Inversionsregeln für Ortskurven:

- Gerade nicht durch den Ursprung $\rightarrow$ Kreis durch den Ursprung
- Kreis nicht durch den Ursprung $\rightarrow$ Kreis nicht durch den Ursprung

- d) Zeichnen Sie die Ortskurve von $\underline{Z}_1 = 1/\underline{Y}_1$ in die komplexe Ebene und beschriften Sie diese.

- e) Kennzeichnen Sie in beiden Ortskurven die Phasenresonanzkreisfrequenz ω_0 .

- f) Am Eingang der Schaltung aus a) wird eine Spannungsquelle mit Serienimpedanz $\underline{Z}_q$ angeschlossen. Wie muss $\underline{Z}_q$ bei $\omega = \omega_0$ gewählt werden, damit Leistungsanpassung vorliegt?

$\underline{Z}_q = R$

Aufgabe 4

Bodediagramm

Es ist folgende Spannungsübertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$ gegeben:

$$\underline{F}(j\omega) = -10 \frac{1 - j\omega \frac{1}{R_1} L_1}{(R_2 + j\omega L_2) \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C \right)}$$

Die Bauteilwerte betragen $R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $C = 1 \text{ pF}$, $L_1 = 10 \text{ nH}$ und $L_2 = 1 \text{ nH}$.

- a) Weshalb wird der Betrag von $\underline{F}(j\omega)$ in dB mit dem Vorfaktor 20 berechnet?

Es handelt sich um ein Spannungsverhältnis $\rho = \frac{U^2}{R} \rightarrow 2 \cdot 10$

- b) Formen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{F}(j\omega)$ so um, dass sie ausschließlich aus den bekannten normierten Termen besteht.

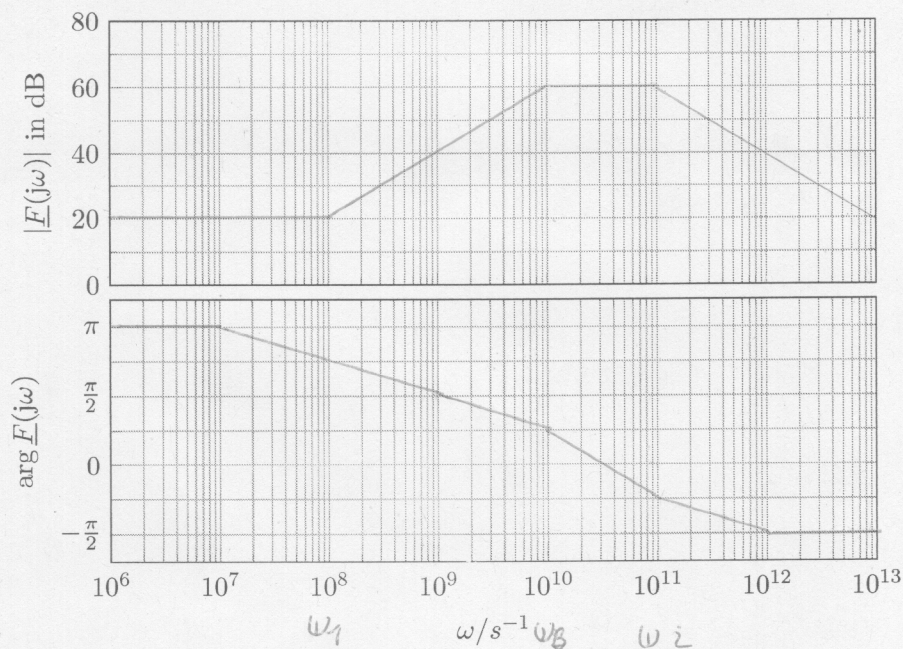
$$\underline{F}(j\omega) = -10 \frac{1 - j\omega \frac{L_1}{R_1}}{R_2 \left(1 + j\omega \frac{L_2}{R_2}\right) \frac{1}{R_2} \left(1 + j\omega C R_2\right)} = (-K) \frac{1 - j\omega \frac{L_1}{R_1}}{\left(1 + j\omega \frac{L_2}{R_2}\right) \left(1 + j\omega \frac{C R_2}{1}\right)}$$

- c) Berechnen Sie nun die Eckfrequenzen und den konstanten Faktor K in dB?

$$\omega_1 = \frac{R_1}{L_1} = 1 \cdot 10^8 \frac{1}{s}, \quad \omega_2 = \frac{R_2}{L_2} = 1 \cdot 10^{11} \frac{1}{s}, \quad \omega_3 = \frac{1}{C R_2} = 1 \cdot 10^{10} \frac{1}{s}$$

$$K = 20 \log(|-10|) = 20 \text{ dB}$$

- d) Skizzieren Sie die Asymptoten des Betrags und der Phase von $\underline{F}(j\omega)$.



Aufgabe 5

Vierpolschaltungen

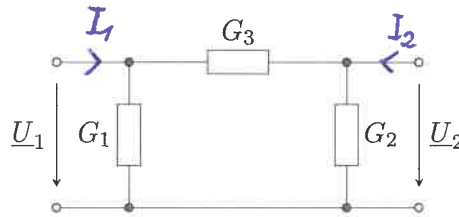


Abbildung 4: Zu untersuchende Schaltung

Bestimmungsgleichungen der Leitwertparameter eines Vierpols $[Y]$:

$$\underline{Y}_{11} = \frac{I_1}{U_1} | U_2=0 \quad \underline{Y}_{22} = \frac{I_2}{U_2} | U_1=0 \quad \underline{Y}_{12} = \frac{I_1}{U_2} | U_1=0 \quad \underline{Y}_{21} = \frac{I_2}{U_1} | U_2=0$$

- a) Zeichnen Sie die Ströme I_1 und I_2 des Vierpols für eine symmetrische Pfeilung in Abb. 8 ein.
b) Wie ist der Zusammenhang zwischen $[I]$, $[U]$ und $[Y]$?

$$[I] = [Y] [U]$$

- c) Geben Sie die $\underline{Y}$ -Parameter des Vierpols aus Abb. 8 in Abhängigkeit von G_1 , G_2 und G_3 an.

$$\underline{Y}_{11} = G_1 + G_3 \quad \underline{Y}_{22} = G_2 + G_3 \quad \underline{Y}_{12} = \underline{Y}_{21} = -G_3$$

- d) Geben Sie die Widerstandsmatrix $[Z]$ in Abhängigkeit von $[Y]$ an.

$$[Z] = [Y]^{-1}$$

- e) Wie sind zwei Vierpole $[Y_a]$ und $[Y_b]$ miteinander verschaltet, wenn für den resultierenden Vierpol in Leitwertform $[Y_{ges}]$ gilt: $[Y_{ges}] = [Y_a] + [Y_b]$

Parallelschaltung

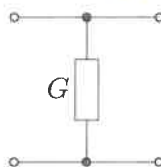


Abbildung 5: Vierpol mit einem Leitwert

- f) Welche ist die richtige $[Y]$ -Matrix zu dem Vierpol in Abb. 5?

(machen Sie ein Kreuz innerhalb des Kreises, falsche Kreuze geben Punktabzug)

$$[Y] = \begin{bmatrix} G & G \\ G & G \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad [Y] = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & G \end{bmatrix} \quad [Y]: \text{ nicht definiert } \otimes$$

Aufgabe 6

Differentialgleichungen

- a) Wie lautet der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung bei einem Widerstand im Zeitbereich?

$$u_R = R \cdot i_R$$

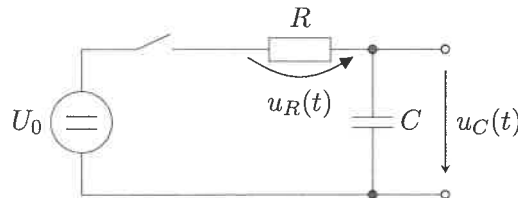


Abbildung 6: Zu untersuchende Schaltung

- b) Der Kondensator C ist zum Zeitpunkt des Schließens des Schalters ungeladen. Welche Spannung $u_R(t)$ fällt an R ab, wenn der Schalter geschlossen wird?

$$U_0$$

- c) Stellen Sie zu Abb. 8 die Differentialgleichung für $u_C(t)$ auf. Dabei dürfen in der Gleichung nur die gewünschte Größe $u_C(t)$, ihre Ableitungen, die Eingangsgröße U_0 und alle Bauteilparameter auftreten (ohne Last am Ausgang).

$$U_0 = RC \frac{du_C}{dt} + u_C(t)$$

- d) Wie viele Anfangsbedingungen werden benötigt?

$$1$$

- e) Geben Sie die homogene Differentialgleichung an.

$$0 = RC \frac{du_C}{dt} + u_C(t)$$

- f) Bestimmen Sie die homogene Lösung der Differentialgleichung.

$$u_{C,h}(t) = A e^{-\frac{t}{RC}} \quad \left(u_{C,h}(t) = (U_0 - U_0) e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

- g) Ist die Schaltung aus Abb. 8 in der Lage, nach Anlegen der Spannung U_0 elektro-magnetisch zu schwingen?

(machen Sie ein Kreuz innerhalb des Kreises, falsche Kreuze geben Punktabzug)

Ja ☐

Nein ☒

Aufgabe 7

Fourierreihe

Die reellen Fourier-Koeffizienten für gerade Anteile sind wie folgt definiert:

$$a_0 = \frac{1}{T_1} \int_{t_0}^{t_0+T_1} u(t) dt \quad a_\nu = \frac{2}{T_1} \int_{t_0}^{t_0+T_1} u(t) \cos(\nu \omega_1 t) dt$$

- a) Geben Sie die Definition für b_ν passend zu den oben genannten Definitionen an.

$$b_\nu = \frac{2}{T_1} \int_{t_0}^{t_0+T_1} u(t) \sin(\nu \omega_1 t) dt$$

- b) Geben Sie die Fourierreihe in allgemeiner Form für ein Signal $u(t)$ an.

$$u(t) = a_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} (a_\nu \cos(\nu \omega_1 t) + b_\nu \sin(\nu \omega_1 t))$$

- c) Wie ist der Zusammenhang zwischen T_1 und ω_1 ?

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$$

- d) Geben Sie b_3 des Signals $u_1(t) = 3\pi \cos(3\pi t)$ an.

$$b_3 = 0$$

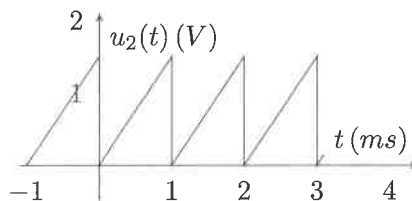


Abbildung 7: Periodisches Zägezahnsignal $u_2(t)$

- e) Geben Sie die Kreisfrequenz ω_1 von $u_2(t)$ in Abhängigkeit von π und in Hz an.

$$\omega_1 = 2\pi \text{ kHz}$$

- f) Geben Sie a_0 der Fourierreihe von $u_2(t)$ an.

$$0,75 \frac{\text{V}}{\text{s}}$$

- g) Was ist der entscheidende Unterschied zwischen der Fourierreihe und der Fouriertransformation?

Fourierreihe beschreibt periodische Signale (o.ä.)

Aufgabe 8

Transformationen

Definition der Fouriertransformation:

$$\underline{V}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} u(t) \exp(-j2\pi ft) dt = FT\{u(t)\}$$

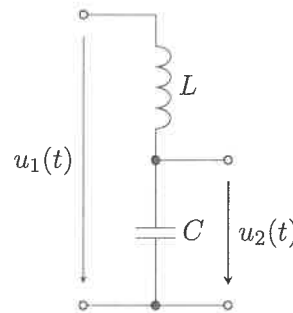


Abbildung 8: Zu untersuchende LC-Schaltung

- a) Geben Sie die Übertragungsfunktion $\underline{F}(f) = \frac{\underline{V}_2(f)}{\underline{V}_1(f)}$ ohne Doppelbruch an.

$$\underline{F}(f) = \frac{1}{(j2\pi f)^2 LC + 1}$$

- b) Geben Sie allgemein die Definition der Laplacetransformation $\underline{V}(p) = LT\{u(t)\}$ an.

$$\underline{V}(p) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \exp(pt) dt$$

- c) Wie ist die Variable p bei der LT in der Vorlesung definiert?

$$p = \sigma + j\omega \quad (\text{kein Abzug für falsches Vorzeichen})$$

- d) Welchen Vorteil hat die LT gegenüber der FT ? (Eine Nennung)

unbeschränkte Signale können transformiert werden

- e) Geben Sie $\underline{F}(p)$ der Abb. 8 an.

$$\underline{F}(p) = \frac{1}{p^2 LC + 1}$$

- f) Zeichnen Sie qualitative die Polstellen von $\underline{F}(p)$ ohne Angaben von Werten in das folgende Pol-Diagramm Abb. 9 ein. Beschriften Sie die Achsen.

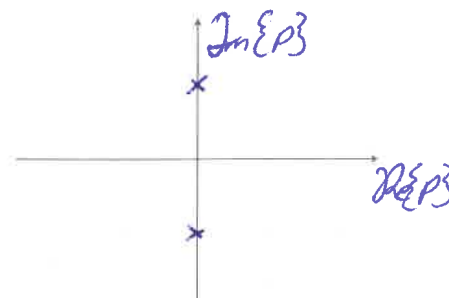


Abbildung 9: Poldiagramm