Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Laboratory for High
Power Electronic Systems

Netzwerke und Schaltungen II, D-ITET

Übung 1

Effektiv/Gleichrichtwert/Zeigerdiagramm

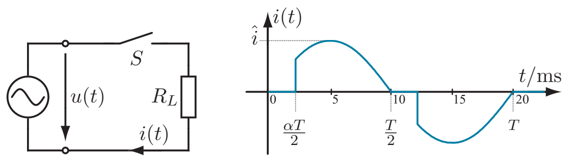
Aufgabe 1 Dimmschaltung

In Abbildung 1 ist der prinzipielle Aufbau einer Dimmschaltung mit Phasenanschnittssteuerung gezeigt. Die Glühlampe R_L ist über eine Antiparallelschaltung von Thyristor-Halbleiterschaltelementen (dargestellt durch den Schalter S) mit der 50 Hz-Netzwechselspannung $u(t) = \hat{u}\sin(\omega t) = 230\sqrt{2}\mathrm{V}\sin(\omega t)$ verbunden. Der Schalter wird so angesteuert, dass er in jeder Netzhalbwelle während der Zeit $0 \leq t \leq \frac{\alpha T}{2}$ mit $0 \leq \alpha \leq 1$ geöffnet bleibt. In der übrigen Zeit ist S geschlossen. Zur Vereinfachung soll davon ausgegangen werden, dass der Lampenwiderstand R_L unabhängig von der Lampenleistung, d.h. von der Temperatur den konstanten Wert $R_L = 529\,\Omega$ aufweist.

1.1) Berechnen Sie die maximal mögliche mittlere Leistung $\overline{P}_{\max}$ an der Lampe R_L.

1.2) Bestimmen Sie für den in Abbildung 1(b) dargestellten Lampenstrom die folgenden Grössen: den Mittelwert $\bar{i}$, den Gleichrichtwert $\overline{|i|}$ den Effektivwert I, den Spitze-Spitze-Wert i_{ss} und die mittlere Leistung $\overline{P}$ in Abhängigkeit des Parameters α.

1.3) **Zusatzaufgabe:** Stellen Sie die Grössen aus Teilaufgabe 1.2) als Funktion des Parameters α graphisch dar.



(a) (b)

Abbildung 1: (a) Dimmschaltung und (b) Eingangsstromform

Aufgabe 2 Rechnen mit Zeigern

Gegeben seien zwei Kosinusspannungen mit Amplituden $\hat{u}_1 = 12.5V$ und $\hat{u}_2 = 8.2V$ und Nullphasenwinkel $\varphi_{u1} = 20°$ und $\varphi_{u2} = 60°$.

2.1) Geben Sie die Zeiger der Spannungen in algebraischer Form und in Exponentialform an.

2.2) Berechnen Sie mit der algebraischer Form die Summe $\underline{\hat{u}}_{12} = \underline{\hat{u}}_1 + \underline{\hat{u}}_2$, die Differenz $\underline{\hat{u}}_1 - \underline{\hat{u}}_2$, das Produkt $\underline{\hat{u}}_1\underline{\hat{u}}_2$ und den Quotient $\underline{\hat{u}}_1/\underline{\hat{u}}_2$ aus. In welchen Fällen macht es (mehr) Sinn mit der Exponentialform zu rechnen? Geben Sie sie für diese an.

2.3) Zeichnen Sie die Zeiger $\underline{\hat{u}}_1$ und $\underline{\hat{u}}_2$, sowie die Summe $\underline{\hat{u}}_1 + \underline{\hat{u}}_2$ und die Differenz $\underline{\hat{u}}_1 - \underline{\hat{u}}_2$ in die komplexe Zahlenebene.

2.4) Wie lautet die Zeitfunktion $u_{12}(t)$ der Summe $\underline{\hat{u}}_{12}$? Welchen Wert hat $u_{12}(t)$ bei $t = 0s$? Wie erhält man diesen Wert aus dem Zeigerdiagramm? Welchen Wert hat $u_{12}(t)$ nach einer achtel Periode? Wie kann man diesen aus dem Zeigerdiagramm erhalten?

Aufgabe 3 Grafisches Lösen einer Parallelschaltung

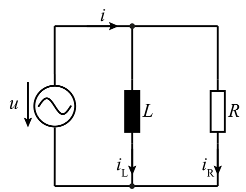


Abbildung 2: RL-Parallelschaltung

Gegeben ist die Schaltung in Bild 2 mit einer Wechselspannungsquelle mit $u(t) = \hat{u}\cos\omega t$ mit Amplitude $\hat{u} = 1V$ und Kreisfrequenz $\omega = 1000\mathrm{rad/s}$. Gegeben ist weiterhin $R = 1\Omega$ und $L = 2\mathrm{mH}$.

3.1) Berechnen Sie im Zeitbereich $i_R(t)$ und $i_L(t)$

3.2) Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm mit $\underline{\hat{i}}_R$, $\underline{\hat{i}}_L$ und $\underline{\hat{u}}$.

3.3) Ermitteln Sie grafisch den Zeiger des Gesamtstromes $i(t)$.

3.4) Welche Spannung und welchen Strom liefert die Quelle zum Zeitpunkt $t = 0s$?

3.5) Welche Spannung und welchen Strom liefert die Quelle eine Achtelperiode später?

Aufgabe 4 Komplexe Zeigerdarstellung und Zeitsignale

Abbildung 3 zeigt eine Schaltung mit zwei reaktiven Elementen, welche durch eine Wechselspannungsquelle angeregt wird. In dieser Aufgabe soll der Zusammenhang zwischen Zeitsignal und Zeigerdarstellung vertieft werden.
Folgende Werte sind gegeben: $\omega = 1\text{Mrad/s}$, $\varphi = -10°$, $R = 50\Omega$, $L = 50\mu\text{H}$, $C = 0.1\mu\text{F}$, $\hat{u}_m = 0.5\text{V}$.

4.1) Ermitteln Sie grafisch die Amplitude und Phase der Zeiger $\underline{\hat{i}}$ und $\underline{\hat{u}}_C$.
Hinweis: Gehen Sie in den folgenden Schritten vor:

- Berechnen Sie **im Zeitbereich und analytisch** die Amplitude und den Winkel von $u_R(t)$, $u_L(t)$ und $u_C(t)$ in Abhängigkeit von $\hat{i}$ und φ_i.
- Zeichnen Sie die Signale mit geeigneter Skalierung (z.B. $10\Omega \cdot \hat{i}/cm$). Da φ_i unbekannt ist, können Sie $\hat{i}$ einfach horizontal (wie $\varphi_i = 0°$) zeichnen. Beachten Sie jedoch, dass die Lage der Koordinatenachsen dann unbekannt ist und später bestimmt werden muss.
- Zeichnen Sie den resultierenden Zeiger $\underline{\hat{u}}_m$ ein.
- Mit der bekannten Amplitude von $\underline{\hat{u}}_m$ können Sie die Skalierung bestimmen und mit der bekannten Phasenverschiebung von $\underline{\hat{u}}_m$ können Sie die Lage der Koordinatenachsen bestimmen/einzeichnen.
- Damit lässt sich $\underline{\hat{i}}$ und $\underline{\hat{u}}_C$ bestimmen.

4.2) Geben Sie die Zeitsignale von $\underline{\hat{i}}$ und $\underline{\hat{u}}_C$ an. Hinweis: Nutzen Sie hierfür die Amplitude und Winkel der Signale.

4.3) **Zusatzaufgabe:** Geben Sie einen analytischen Ausdruck für die Zeiger $\underline{\hat{i}}$ und $\underline{\hat{u}}_C$ an.

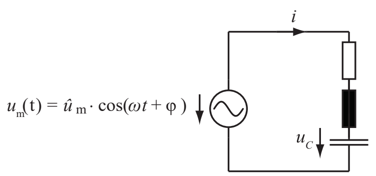


Abbildung 3: Schwingkreis mit Wechselspannunganregung