

Aufgabe 1.1: Leerlaufspannung, Ersatzwiderstand (12 Punkte)a) Strom $I_{3,LL}$ mit Überlagerungssatz:

Nur U_1 wirksam:
$$I_{3,LL,1} = \frac{U_1}{R_1 + R_3}$$

Nur I_0 wirksam:
$$I_{3,LL,2} = I_0 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} \quad (\text{Stromteilerregel})$$

Überlagerung:
$$I_{3,LL} = I_{3,LL,1} + I_{3,LL,2} = \frac{1}{R_1 + R_3} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0)$$

b)

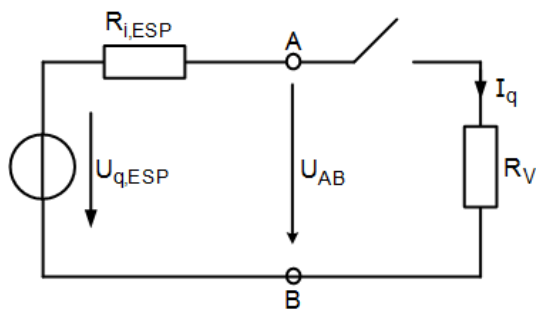
Leerlaufspannung $U_{AB,LL}$:
$$U_{AB,LL} = I_{3,LL} \cdot R_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0)$$

Spannung $U_{0,LL}$:
$$U_{0,LL} = R_2 \cdot I_0 + U_{AB,LL} = R_2 \cdot I_0 + \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0)$$

c) Ersatzwiderstand R_{AB} :

$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}$$

d) Darstellung als Ersatzspannungsquelle:



$$R_{i,ESP} = R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}$$

$$U_{q,ESP} = U_{AB,LL} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0)$$

e) Spannung $U_{AB,LL}$ für R_3 gegen unendlich:

$$\text{Grenzwert: } \lim_{R_3 \rightarrow \infty} (U_{AB,LL}) = \lim_{R_3 \rightarrow \infty} \left[\frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0) \right] = \lim_{R_3 \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{\frac{R_1}{R_3} + 1} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0) \right]$$

$$\lim_{R_3 \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{\frac{R_1}{R_3} + 1} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0) \right] = U_1 + R_1 \cdot I_0$$

Mit der Maschenregel in der einzig verbleibenden Masche folgt unmittelbar:

$$U_{AB,LL} = U_1 + R_1 \cdot I_0$$

Aufgabe 1.2:	Kurzschlussstrom (4,5 Punkte)
---------------------	-------------------------------

a)

Nur U_1 wirksam: $I_{K,1} = \frac{U_1}{R_1}$ R_3 wirkungslos, da parallel zum Kurzschluss.

Nur I_0 wirksam: $I_{K,2} = I_0$ R_1 wirkungslos, da parallel zum Kurzschluss

$$I_K = I_{K,1} + I_{K,2} = \frac{U_1}{R_1} + I_0$$

Der Kurzschlussstrom ist unabhängig von R_3 , da R_3 parallel zum Kurzschluss liegt und damit wirkungslos ist!

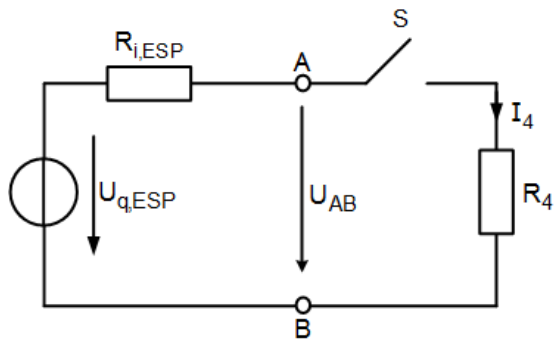
b) Spannung $U_{q,ESP}$:

$$U_{q,ESP} = R_{AB} \cdot I_K = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} \cdot \left(\frac{U_1}{R_1} + I_0 \right) = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot (U_1 + R_1 \cdot I_0)$$

Dasselbe Ergebnis wie in Aufgabe 1.1 d)

Aufgabe 1.3: Leistung (3,5 Punkte)

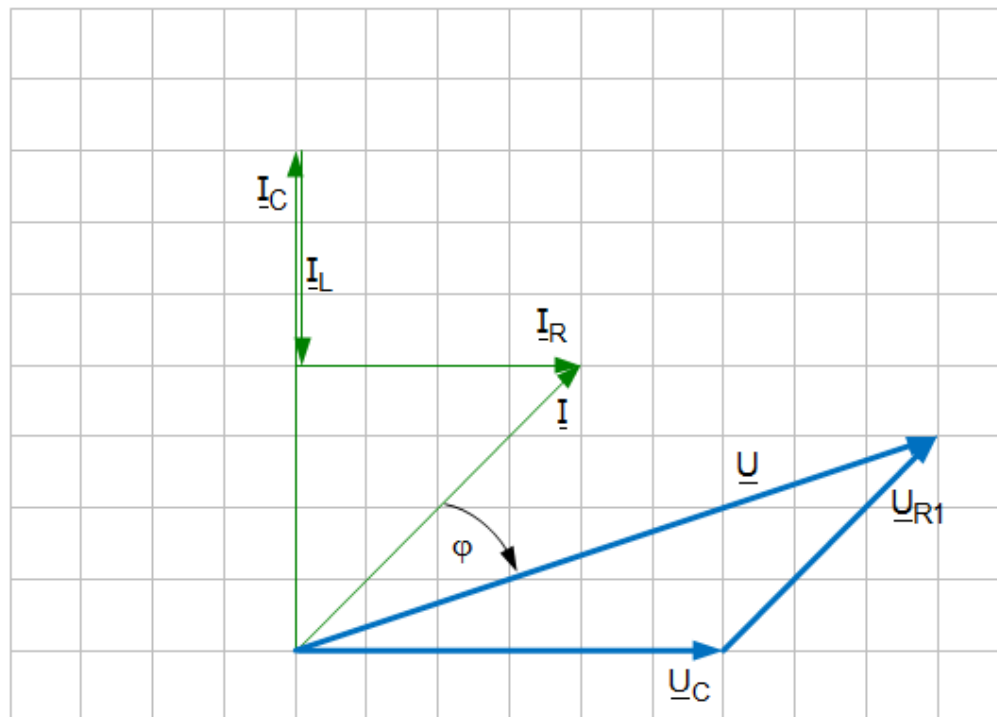
a) Darstellung der Schaltung mit Ersatzspannungsquelle:

b) I_4 , U_{AB} und P_{R4} :

$$I_4 = \frac{U_{q,ESP}}{R_{i,ESP} + R_4} = \frac{70 \text{ V}}{5 \Omega + 30 \Omega} = \frac{70 \text{ V}}{35 \Omega} = 2 \text{ A}$$

$$U_{AB} = R_4 \cdot I_4 = 30 \Omega \cdot 2 \text{ A} = 60 \text{ V}$$

$$P_{R4} = U_{AB} \cdot I_4 = 60 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 120 \text{ W}$$

Aufgabe 2.1 Zeigerdiagramm (4 Punkte)a) Annahme, dass $I_C > I_L$:

b) Phasenverschiebungswinkel φ in das Zeigerdiagramm oben eintragen!

Die Schaltung wirkt ohmsch-kapazitiv, weil $-90^\circ < \varphi < 0^\circ$

Aufgabe 2.2

Admittanz und Impedanz (4 Punkte)

a) Ersatzadmittanz $\underline{Y}_{RLC}$:

$$\underline{Y}_{RLC} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L} + j \cdot \omega \cdot C = \frac{1}{R_2} + j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)$$

b) Ersatzimpedanz $\underline{Z}_{RLC}$:

$$\underline{Z}_{RLC} = \frac{1}{\underline{Y}_{RLC}} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)} = \frac{R_2}{1 + j \cdot R_2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}$$

$$\underline{Z}_{RLC} = \frac{R_2 \cdot \left[1 - j \cdot R_2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right) \right]}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} = \frac{R_2}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} - j \cdot \frac{R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2}$$

c) Ersatzimpedanz $\underline{Z}$:

$$\underline{Z} = R_1 + \underline{Z}_{RLC} = \left[R_1 + \frac{R_2}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} \right] - j \cdot \frac{R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2}$$

Aufgabe 2.3

Frequenzverhalten (12 Punkte)

a) Resonanzkreisfrequenz:

$$\operatorname{Im}(\underline{Z})|_{\omega=\omega_0} = 0$$

$$\frac{R_2^2 \cdot \left(\omega_0 \cdot C - \frac{1}{\omega_0 \cdot L} \right)}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega_0 \cdot C - \frac{1}{\omega_0 \cdot L} \right)^2} = 0 \quad R_2^2 \cdot \left(\omega_0 \cdot C - \frac{1}{\omega_0 \cdot L} \right) = 0 \quad \left(\omega_0 \cdot C - \frac{1}{\omega_0 \cdot L} \right) = 0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

b) Verhalten bei bestimmten Frequenzen:

$$\underline{Z}(\omega = 0 \text{ s}^{-1}) = \lim_{\omega \rightarrow 0} \left\{ \left[R_1 + \frac{R_2}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} \right] - j \cdot \frac{R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} \right\} = [R_1 + 0] - j \cdot 0 = R_1$$

$$I(\omega = 0 \text{ s}^{-1}) = \frac{U}{R_1}$$

$$\underline{Z}(\omega = \omega_0) = \left[R_1 + \frac{R_2}{1 + R_2^2 \cdot 0^2} \right] - j \cdot \frac{R_2^2 \cdot 0}{1 + R_2^2 \cdot 0^2} = R_1 + R_2$$

$$I(\omega = \omega_0) = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$\underline{Z}(\omega = \infty \text{ s}^{-1}) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \left\{ \left[R_1 + \frac{R_2}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} \right] - j \cdot \frac{R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)}{1 + R_2^2 \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2} \right\} = [R_1 + 0] - j \cdot 0 = R_1$$

$$I(\omega = \infty \text{ s}^{-1}) = \frac{U}{R_1}$$

c) Erklärung des Frequenzverhaltens:

Bei $\omega = 0 \text{ s}^{-1}$ wirkt die Spule wie ein Kurzschluss.

Die Parallelschaltung entspricht einem Kurzschluss und somit ist nur noch R_1 wirksam.

Bei $\omega = \infty \text{ s}^{-1}$ wirkt der Kondensator wie ein Kurzschluss.

Die Parallelschaltung entspricht einem Kurzschluss und somit ist nur noch R_1 wirksam.

d) Erklärung des Frequenzverhaltens:

Bei $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ ist $\underline{Y}_{LC} = j \cdot \left(\omega_0 \cdot C - \frac{1}{\omega_0 \cdot L} \right) = 0 \text{ S}$, d.h. $\underline{Z}_{LC} = \frac{1}{\underline{Y}_{LC}} = \infty \Omega$

Dies entspricht einem Leerlauf!

Aufgabe 3.1:	Stationäre Ströme und Spannungen 1 (4 Punkte)
---------------------	---

a) S war lange Zeit offen:

Alle Ströme müssen null sein, also: $i_{R,stat1} = i_{L,stat1} = i_{stat1} = 0 \text{ A}$

b) Spannungen:

Da alle Ströme null sind gilt: $u_{R1,stat1} = u_{R2,stat1} = 0 \text{ V}$

Mit Maschenregel: $u_{L,stat1} = 0 \text{ V}$ und $u_{S,stat1} = U = 10 \text{ V}$

Aufgabe 3.2:	Stationäre Ströme und Spannungen 2 (3 Punkte)
---------------------	---

a) S war lange Zeit zu:

Die Spule verhält sich wie ein Kurzschluss: $i_{L,stat2} = \frac{U}{R_1} = \frac{10 \text{ V}}{10 \Omega} = 1 \text{ A}$

$i_{R,stat2} = \frac{U}{R_1} = \frac{10 \text{ V}}{10 \Omega} = 1 \text{ A}$

b) Spannungen:

$$u_{R1,stat2} = u_{R2,stat2} = U = 10 \text{ V}$$

$$u_{S,stat2} = 0 \text{ V} \quad S \text{ geschlossen und } S \text{ ideal (d.h. kein Widerstand!)}$$

$$u_{L,stat2} = 0 \text{ V} \quad \text{Die Spule verhält sich wie ein Kurzschluss.}$$

Aufgabe 3.3: Ausgleichvorgang 1 (6 Punkte)

a)

Maschengleichung: $U = u_L(t) + u_{R2}(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} + R_2 \cdot i_L(t)$

Differentialgleichung: $\frac{U}{R_2} = \frac{L}{R_2} \cdot \frac{di_L(t)}{dt} + i_L(t)$

Koeffizientenvergleich liefert die Zeitkonstante: $\tau_1 = \frac{L}{R_2} = \frac{25 \text{ mH}}{10 \Omega} = 2,5 \text{ ms}$

b) Zeitfunktion des Spulenstromes:

Anfangsbedingung: $i_L(t = 0_-) = i_L(t = 0_+) = 0 \text{ A}$ in gegebene Lösung einsetzen:

$0 \text{ A} = k \cdot 1 + i_{L,stat2}$ liefert $k = -i_{L,stat2} = -\frac{U}{R_2} = -\frac{10 \text{ V}}{10 \Omega} = -1 \text{ A}$

Die Zeitfunktion lautet somit: $i_L(t) = 1 \text{ A} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{2,5 \text{ ms}}} \right)$

Zeitlicher Verlauf:

Aufgabe 3.4: Ausgleichvorgang 2 (7 Punkte)

a)

Maschengleichung:

$$0 = u_L(t') + u_{R2}(t') - u_{R1}(t') = L \cdot \frac{di_L(t')}{dt'} + R_2 \cdot i_L(t') + R_1 \cdot i_L(t') = L \cdot \frac{di_L(t')}{dt'} + (R_1 + R_2) \cdot i_L(t')$$

Differentialgleichung: $0 = \frac{L}{(R_1 + R_2)} \cdot \frac{di_L(t')}{dt'} + i_L(t')$

Koeffizientenvergleich liefert die Zeitkonstante: $\tau_2 = \frac{L}{(R_1 + R_2)} = \frac{25 \text{ mH}}{10 \Omega + 10 \Omega} = 1,25 \text{ ms}$

b) Zeitfunktion des Spulenstromes:

Anfangsbedingung: $i_L(t' = 0_-) = i_L(t' = 0_+) = 1 \text{ A}$ in gegebene Lösung einsetzen:

$$1 \text{ A} = k \cdot 1 + i_{L,\text{stat}1} \quad \text{liefert} \quad k = i_{L,\text{stat}1} = 1 \text{ A}$$

Die Zeitfunktion lautet somit: $i_L(t') = 1 \text{ A} \cdot e^{-\frac{t'}{1,25 \text{ ms}}}$

Zeitlicher Verlauf:

c) Energie:

Die anfangs in der Spule gespeicherte Energie wird in den beiden ohmschen Widerständen in Wärme umgewandelt.

Aufgabe 4.1: Allgemeinverständnis - (2 Punkte)

a) Funktion des Transistors:

Der Transistor wird hier als Schalter benutzt.

Genauer: „Einstellbarer“ Vorwiderstand für den Verbraucher (man kann damit die Leistungsaufnahme des Verbrauchers beeinflussen).

b) $U_{BE} = \text{konstant} \neq f(I_B)$ beinhaltet:Vernachlässigung des Basis-Emitter-Widerstandes, d.h. $R_{BE} = 0 \Omega$.**Aufgabe 4.2:** Betrieb bei Nennleistung (AP 1) - (9 Punkte)

a) Nennstrom und Nennspannung des Verbrauchers:

$$I_{V,N} = \sqrt{\frac{P_N}{R_V}} = \sqrt{\frac{4 \text{ W}}{100 \Omega}} = 200 \text{ mA}$$

$$U_{V,N} = R_V \cdot I_{V,N} = 100 \Omega \cdot 200 \text{ mA} = 20 \text{ V}$$

b) Basisstrom:

$$I_{B,N} = \frac{I_{V,N}}{\beta} = \frac{200 \text{ mA}}{250} = 800 \mu\text{A}$$

c) Basisspannungsteiler:

$$I_2 = 10 \cdot I_{B,N} = 10 \cdot 800 \mu\text{A} = 8 \text{ mA}$$

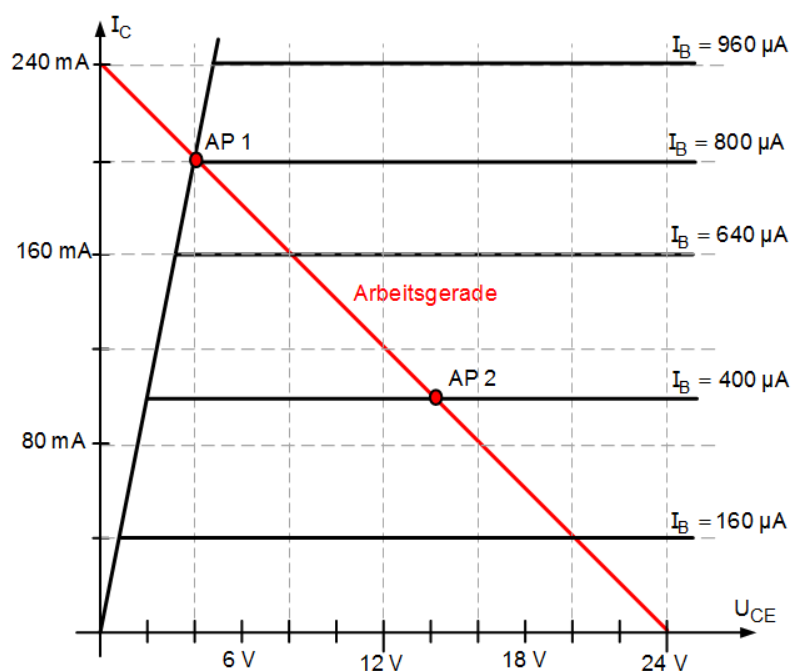
$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_2} = \frac{U_{BE}}{I_2} = \frac{0,6 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 75 \Omega$$

$$R_1 = \frac{U - U_{BE}}{I_{B,N} + I_2} = \frac{24 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{8,8 \text{ mA}} = 2,66 \text{ k}\Omega$$

d) Verluste im Transistor (Basis-Emitter-Kreis vernachlässigbar):

$$P_{T,AP1} = U_{CE,AP1} \cdot I_{V,N} = (U_{\text{Bat}} - U_{V,N}) \cdot I_{V,N} = (24 \text{ V} - 20 \text{ V}) \cdot 200 \text{ mA} = 800 \text{ mW}$$

e) Ausgangskennlinienfeld des Transistors:

**Aufgabe 4.3:** Arbeitspunkt AP 2 - (9 Punkte)

a)

$$P_{V,AP2} = 0,25 \cdot P_{V,N} = 0,25 \cdot 4 \text{ W} = 1 \text{ W}$$

$$I_{V,AP2} = \sqrt{\frac{P_{V,AP2}}{R_V}} = \sqrt{\frac{1 \text{ W}}{100 \Omega}} = 100 \text{ mA}$$

$$I_{B,AP2} = \frac{I_{V,AP2}}{\beta} = \frac{100 \text{ mA}}{250} = 400 \mu\text{A}$$

Da U_{BE} konstant ist, muss auch der Strom durch R_2 konstant bleiben (8 mA).

$$R_{1,AP2} = \frac{U_{Bat} - U_{BE}}{I_{B,AP2} + I_2} = \frac{24 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{400 \mu\text{A} + 8 \text{ mA}} = 2,79 \text{ k}\Omega$$

b) Verluste im Transistor (Basis-Emitter-Kreis vernachlässigbar):

$$P_{T,AP2} = U_{CE,AP2} \cdot I_{V,AP2} = (U_{Bat} - U_{V,AP2}) \cdot I_{V,AP2} = (24 \text{ V} - 10 \text{ V}) \cdot 100 \text{ mA} = 1.400 \text{ mW}$$

c) Arbeitspunkt (dauerhaft) unzulässig, da $P_{T,AP2} > P_{T,max}$

d)
Siehe Kennlinienfeld unter Aufgabe 4.2 e).

Aufgabe 5.1:	Grundschtung (6 Punkte)
---------------------	-------------------------

a) Grundschtungen:
Es handelt sich um zwei Komparator-Schaltungen.

b) u_{d1} und u_{d2} in Abhängigkeit von u_e , U_1 und U_2 :

$$u_{d1} = u_e - U_1$$

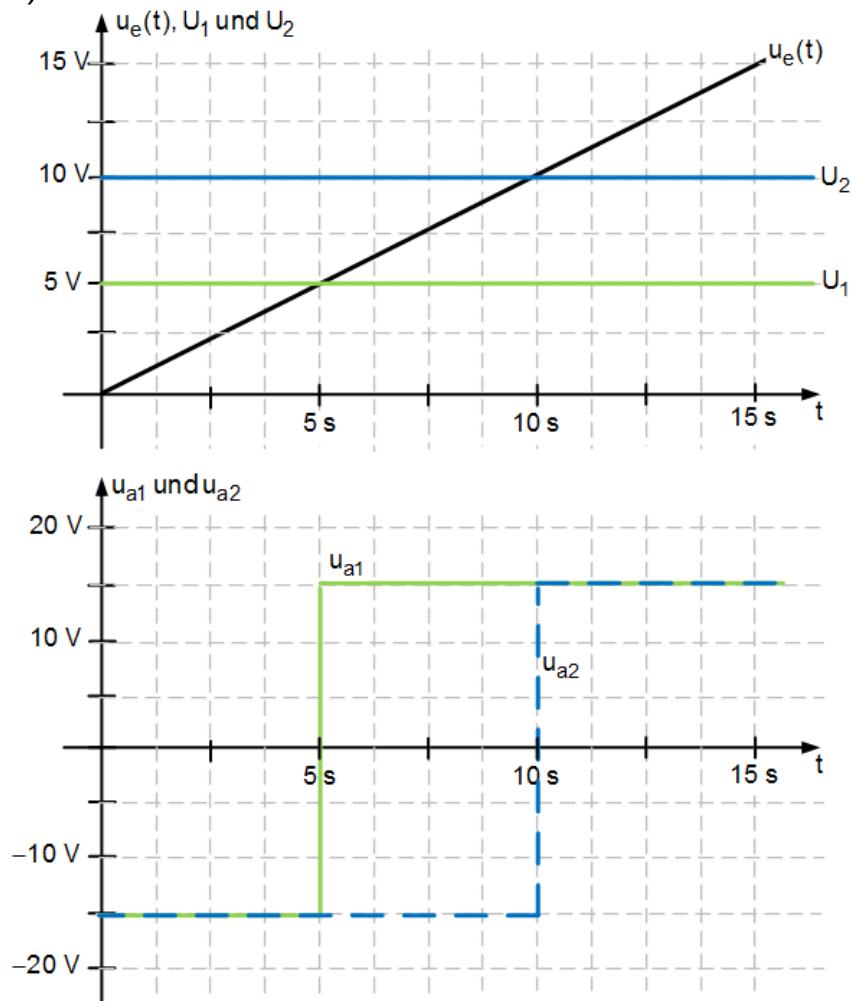
$$u_{d2} = u_e - U_2$$

$$u_{a1} = \begin{cases} +15 \text{ V} & \text{für } u_{d1} > 0 \text{ V, d.h. } u_e > U_1 \\ -15 \text{ V} & \text{für } u_{d1} < 0 \text{ V, d.h. } u_e < U_1 \end{cases}$$

$$u_{a2} = \begin{cases} +15 \text{ V} & \text{für } u_{d2} > 0 \text{ V, d.h. } u_e > U_2 \\ -15 \text{ V} & \text{für } u_{d2} < 0 \text{ V, d.h. } u_e < U_2 \end{cases}$$

Aufgabe 5.2: Linear ansteigende Eingangsspannung (14 Punkte)

a)



b) Ergänzen:

Bei u_{d1} und u_{d2} eintragen, ob größer null oder kleiner 0, d.h. „> 0“ oder „< 0“ eintragen.

Bei LED 1, LED 2 und LED 3 in den ersten drei Zeilen wenn leuchtet „ja“ und wenn nicht leuchtet „nein“ eintragen.

	u_{d1}	u_{a1}	u_{d2}	u_{a2}	u_{a12}	LED 1	LED 2	LED 3
$u_e < U_1$	< 0	-15 V	< 0	-15 V	0 V	ja	nein	nein
$U_1 < u_e < U_2$	> 0	15 V	< 0	-15 V	30 V	nein	nein	ja
$u_e > U_2$	> 0	15 V	> 0	15 V	0 V	nein	ja	nein
Für Aufgabe 5.2 d): Hier rot, grün oder gelb eintragen →						Farbzuordnung		
						rot	gelb	grün

c) Werte der Vorwiderstände R_V für $U_{LED} = 2 \text{ V}$ und $I_{LED} = 20 \text{ mA}$:

$$R_{V1} = \frac{U_V - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{15 \text{ V} - 2 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 650 \Omega$$

$$R_{V2} = \frac{U_V - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{15 \text{ V} - 2 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 650 \Omega$$

$$R_{V3} = \frac{2 \cdot U_V - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{2 \cdot 15 \text{ V} - 2 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 1.400 \Omega$$

d) Farbzuordnung:

Siehe Tabelle oben unter Aufgabe 5.2 b).

Aufgabe 6.1:	Gesamtbetrachtung (10 Punkte)
---------------------	-------------------------------

a)

Vom Anker aufgenommene Leistung: $P_{A,N} = U_{A,N} \cdot I_{A,N} = 12 \text{ V} \cdot 0,5 \text{ A} = 6 \text{ W}$

Die mechanisch abgegebene Leistung: $P_{\text{mech},N} = \eta_N \cdot P_{A,N} = 0,60 \cdot 6 \text{ W} = 3,6 \text{ W}$

Ankerwiderstand R_A in $\text{m}\Omega$:

$$P_{VA,N} = P_{A,N} - P_{\text{mech},N} = 6 \text{ W} - 3,6 \text{ W} = 2,4 \text{ W}$$

$$R_A = \frac{P_{VA,N}}{I_{A,N}^2} = \frac{2,4 \text{ W}}{(0,5 \text{ A})^2} = 9,6 \Omega$$

Induzierte Spannung $U_{i,N}$: $U_{i,N} = U_{A,N} - R_A \cdot I_{A,N} = 12 \text{ V} - 9,6 \Omega \cdot 0,5 \text{ A} = 7,2 \text{ V}$

Konstante $c \cdot \Phi_N$ in Vs:

$$c \Phi_N = \frac{U_{i,N}}{2 \cdot \pi \cdot n_N} = \frac{7,2 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1.200 \text{ min}^{-1}}{60 \text{ s} \cdot \text{min}^{-1}}} = 57,295 \text{ mVs}$$

a)

Nenndrehmoment M_N : $M_N = c\Phi_N \cdot I_{A,N} = 57,295 \text{ mVs} \cdot 0,5 \text{ A} = 28,65 \text{ mNm}$

Leerlaufdrehzahl n_0 : $n_0 = \frac{U_{A,N}}{2 \cdot \pi \cdot c\Phi_N} = \frac{12 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot 57,295 \text{ mVs}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 2.000 \text{ min}^{-1}$

b)

Konstante k_G : $M_{GN}(n_N) = M_N = 28,65 \text{ mNm}$

$$k_G = \frac{M_N}{n_N^2} = \frac{28,65 \text{ mNm}}{(1.200 \text{ min}^{-1})^2} = 1,9895 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mNm}}{\text{min}^{-2}}$$

Aufgabe 6.2: Arbeitspunkt AP1 (10 Punkte)

a)

Drehmoment: $M_{AP1} = k_G \cdot n_{AP1}^2 = 1,9895 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mNm}}{\text{min}^{-2}} \cdot (800 \text{ min}^{-1})^2 = 12,73 \text{ mNm}$

Induzierte Spannung: $U_{i,AP1} = c\Phi \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{AP1} = 57,295 \text{ mVs} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 800 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 4,8 \text{ V}$

Ankerstrom: $I_{A,AP1} = \frac{M_{AP1}}{c\Phi} = \frac{12,73 \text{ mNm}}{57,295 \text{ mVs}} = 222 \text{ mA}$

Vorwiderstand: $R_V = \frac{U_{\text{Bat}} - U_{i,AP1}}{I_{A,AP1}} - R_A = \frac{12 \text{ V} - 4,8 \text{ V}}{0,222 \text{ A}} - 9,6 \Omega = 22,8 \Omega$

b)

Prinzipielle Kennlinienverläufe und sich einstellende Arbeitspunkte:

Der Arbeitspunkt ist der Schnittpunkt der n-M-Kennlinie der GSM und der n-M-Kennlinie des Lüfters → Schnittpunkt: Drehzahl n_S und Widerstandsmoment M_W .

Für $n < n_S$ ist $M_{GSM} > M_G$ → positives Beschleunigungsmoment, sodass die Drehzahl steigen kann.

Würde $n > n_S$ dann wäre $M_{GSM} < M_G$ → negatives Beschleunigungsmoment, sodass die Drehzahl sinkt und wieder zum Arbeitspunkt zurückkehrt.

→ Die Arbeitspunkt sind stabil.