

Regelungstechnik SS 2018
 Prof. Dr. W. Kröber

Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner
 - Formelsammlung (4 Blätter)

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

The diagram shows a control loop. A summing junction receives input Y_A and feedback e . The output y is fed into a block with a logo (HS Koblenz). The block has two inputs: Z and Y . The output X is fed back through a summing junction to produce e . The error signal e is also fed back to the summing junction before the Y_A input.

HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 10.07.2018

KURZFRAGEN :

1. Die homogene Differentialgleichung beschreibt das Einschwingverhalten eines Regelkreises. Welche Eigenschaften müssen die Nullstellen der charakteristischen Gleichung besitzen, damit der Regelkreis stabil ist? (2P)

Realteile aller Nullstellen < 0

2. Bei den Einstellregeln aus der Sprungantwort werden die drei Parameter K_s , T_n und T_g bestimmt. Bei Ziegler/Nichols sind es nur 2 Parameter. Wie lauten diese beiden Parameter? (2P)

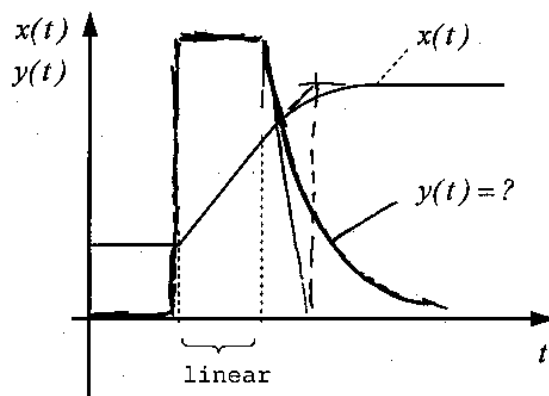
K_{krit} T_{krit}

3. Ein Regler hat die Einstellwerte $K_p = 0,8$ und $T_n = 10$ s. Nun soll der I-Anteil halbiert werden. Wie lautet dann der neue Einstellparameter für den I-Anteil? (2P)

$T_n = 20$ s

4. Im Labor der Regelungstechnik wird eine hydraulische Positionsregelung untersucht. Bei einem Sollwertsprung ergibt sich der abgebildete Verlauf $x(t)$ der Regelgröße. Ergänzen Sie den Verlauf der Stellgröße $y(t)$! (5P)

Hinweis: $y(t)$ in die Abbildung eintragen.



5. Wie viele Regler gibt es in einer Kaskadenregelung? (1P)

2

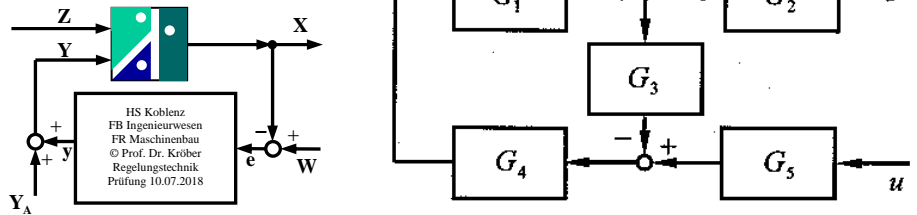
6. Wie viele Messumformer gibt es in einer Kaskadenregelung? (1P)

2

7. Wie viele Stellgeräte gibt es in einer Kaskadenregelung? (1P)

1

8. Die Abbildung zeigt einen speziellen Regelkreis. (4P)



Welches ist die Aufgabe (Sinn, Funktionalität) von G_3 ?

Messumformer zur Bildung der Rückführgröße

Welches ist die Aufgabe (Sinn, Funktionalität) von G_4 ?

Repler

Welches ist die Aufgabe (Sinn, Funktionalität) von G_2 ?

z.B. Tiefpassfilterung für Anzeige der Regelgröße (z.B. P/N)

Welches ist die Aufgabe (Sinn, Funktionalität) von G_5 ?

"nervöse" Veränderungen am Sollwert plätten (z.B. P/N)

9. Nennen Sie 2 Beispiele für ein DT_1 -Element! (2P)

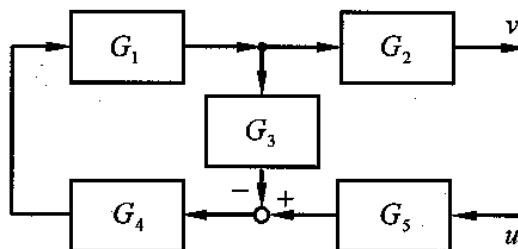
IR-Bewegungsmelder

realer D-Anteil eines PID-Reglers

RECHENTEIL:

Aufgabe 1 (5P)

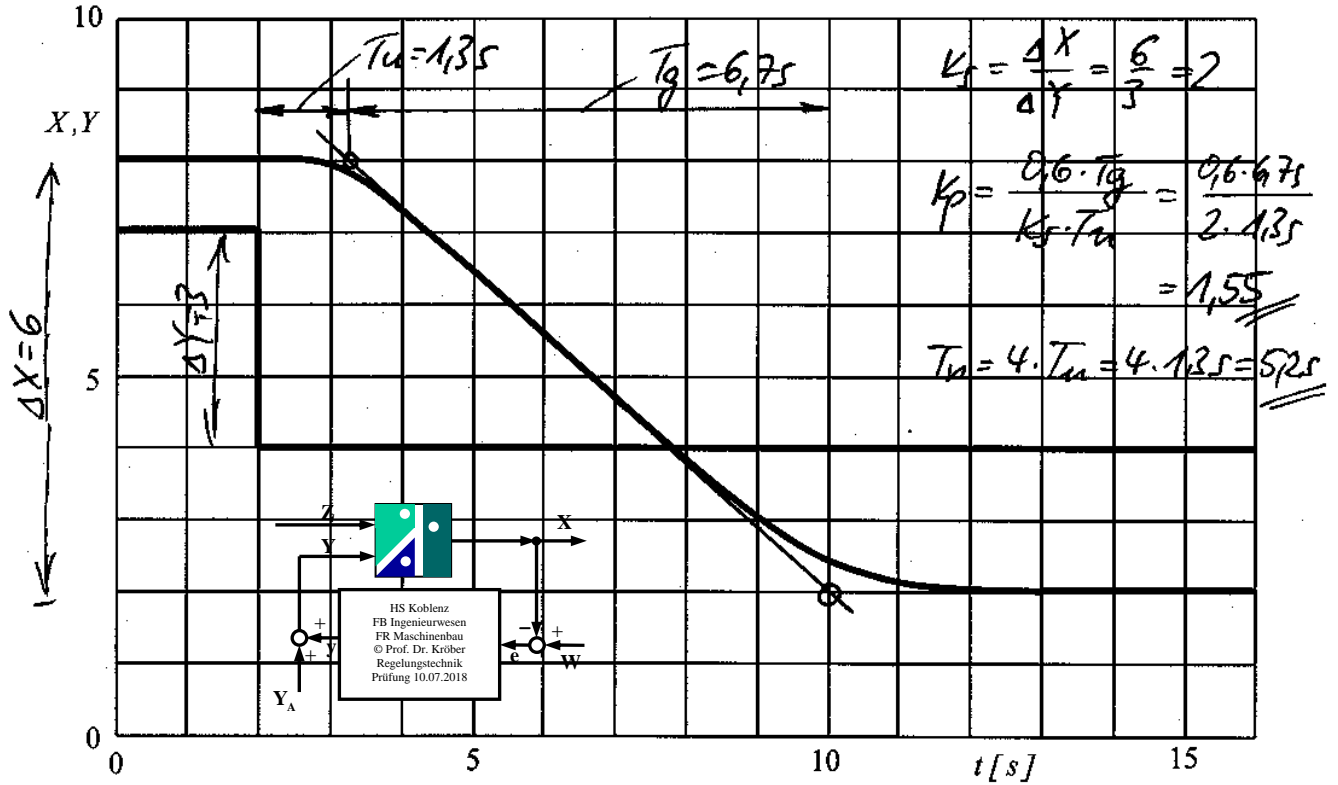
Bestimmen Sie für den abgebildeten Regelkreis den Frequenzgang $G = \frac{v}{u}$!



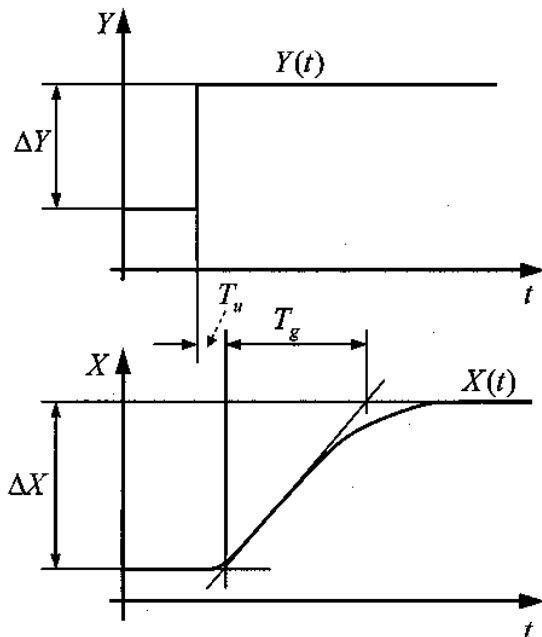
$$G = \frac{v}{u} = \frac{\text{"direkter Weg"}}{\text{"1 + Kreis"}} = \frac{G_5 \cdot G_4 \cdot G_1 \cdot G_2}{1 + G_1 \cdot G_3 \cdot G_4}$$

Aufgabe 2 (12P)

Von einer Regelstrecke wurde die Sprungantwort aufgezeichnet. Es soll ein PI-Regler ausgelegt werden. Der Regler hat die Aufgabe Störungen auszuregulieren. Die Regelgröße soll nicht überschwingen. Bestimmen Sie die Einstellparameter des Reglers!



Hilfestellungen und Formeln:



Regler	Aperiodischer Regelverlauf		Regelverlauf mit 20% Überschwingen	
	Störung	Führung	Störung	Führung
P	K_p	$0,3 T_g$	$0,3 T_g$	$0,7 T_g$
		$K_s T_u$	$K_s T_u$	$K_s T_u$
PI	K_p	$0,6 T_g$	$0,35 T_g$	$0,7 T_g$
		$K_s T_u$	$K_s T_u$	$K_s T_u$
	T_n	$4 T_u$	$1,2 T_g$	$2,3 T_u$
PID	K_p	$0,95 T_g$	$0,6 T_g$	$1,2 T_g$
		$K_s T_u$	$K_s T_u$	$K_s T_u$
	T_n	$2,4 T_u$	$1 T_g$	$2 T_u$
	T_v	$0,42 T_u$	$0,5 T_u$	$0,42 T_u$

Aufgabe 3 (14P)

In diesem Semester wurde durch einen Defekt am Durchflussprüfstand eine Regelung an dem "kleinen Windkanal" realisiert. Bei der Messwertaufnahme der statischen Kennlinie wurden die in der Tabelle angegebenen Daten ermittelt.

U_y [V]	4	5	6	7	8	9	10
U_x [V]	0,7	1,1	1,7	2,4	3,2	4,1	5,1

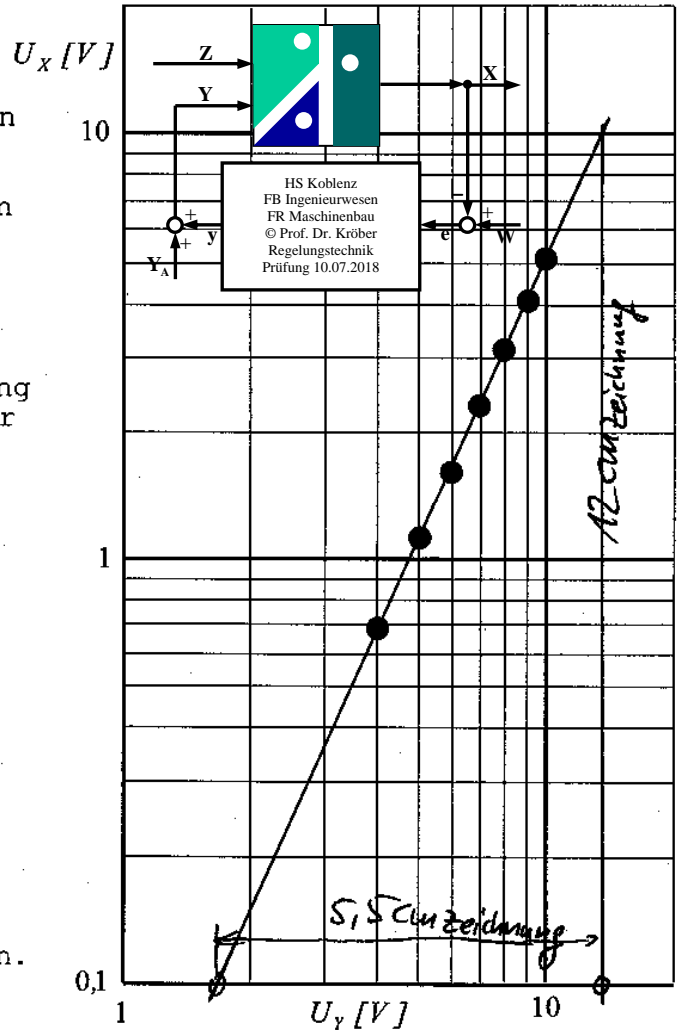
a. Bilden Sie $K_y = \frac{\partial U_x}{\partial U_y} \approx \frac{\Delta U_x}{\Delta U_y}$ in den beiden Arbeitspunkten $U_y = 5$ V und $U_y = 10$ V! Verwenden Sie vorzugsweise den zentralen Differenzenquotienten. Wenn das nicht geht, dann den sogenannten Rückwärtsdifferenzenquotienten!

b. Die Messwerte sind in der nebenstehenden Graphik bereits eingetragen. Für den Zusammenhang zwischen U_y und U_x wird folgender Ansatz verwendet:

$$U_x = b \cdot U_y^n$$

Dies ergibt bei der doppelt-logarithmischen Auftragung eine Gerade mit der Steigung n . Bestimmen Sie auf graphischem Wege die Steigung n !

c. Bestimmen Sie durch Einsetzen eines geeigneten Wertepaares auch den Wert für b !
Hinweis: Gleichung als Zahlenwertgleichung auffassen, d.h. die Einheit [Volt] einfach weglassen.



a)

$$5V: K_y = \frac{1,7 - 0,7}{6 - 4} = 0,5$$

$$10V: K_y = \frac{5,1 - 4,1}{10 - 9} = 1$$

b)

$$n = \frac{12 \text{ cm}}{51,5 \text{ cm}} = 2,18$$

c)

$$U_x = b \cdot U_y^n$$

$$5,1 = b \cdot 10^{2,18}$$

$$b = \frac{5,1}{10^{2,18}} = 0,0337$$

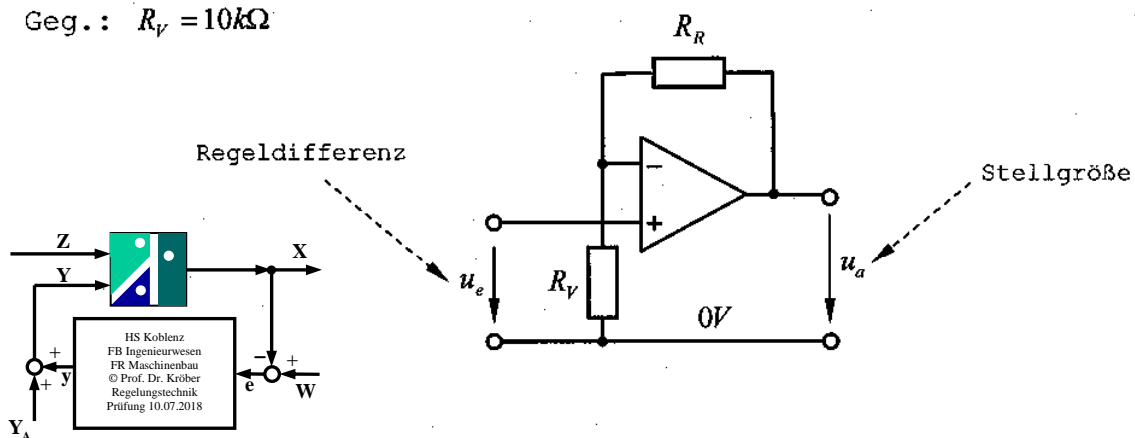
Aufgabe 4 (17P)

Im Labor der Regelungstechnik existiert eine Füllstandsregelstrecke. Sie kann durch den angegebenen Frequenzgang beschrieben werden. Als Regler wird ein P-Regler verwendet.

Zahlenwerte: $T_i = 8 \text{ s}$; $T = 0,8 \text{ s}$

$$G_s = \frac{1}{j\omega \cdot T_i \cdot (1 + j\omega \cdot T)}$$

- Wie groß muss K_p sein, damit bei Variation des Sollwertes kein Überschwingen auftritt?
- Der P-Regler wird durch folgende Schaltung realisiert. Wie groß muss dann der Widerstand R_R sein?



Aufgabe 5 (16P)

Im Folgenden soll der Frequenzgang eines PID-Reglers untersucht werden.

Ausgangspunkt: $G = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot j\omega} + T_v \cdot j\omega \right)$

- Bestimmen Sie zunächst formelmäßig den Realteil und den Imaginärteil des Frequenzganges!
- Entwickeln Sie daraus eine Formel zur Bestimmung des Betrages und des Phasenwinkels!
- Bestimmen Sie numerisch $|G|$ und φ , wenn folgenden Zahlenwerte gegeben sind: $K_p = 2$; $T_n = 2 \text{ s}$; $T_v = 0,5 \text{ s}$; $\omega = 1 \text{ s}^{-1}$!

Hilfestellungen: $|G| = \sqrt{\text{Re}\{G\} \cdot \text{Re}\{G\} + \text{Im}\{G\} \cdot \text{Im}\{G\}}$ $\tan \varphi = \frac{\text{Im}\{G\}}{\text{Re}\{G\}}$

Aufgabe 6 (16P)

Im Labor Regelungstechnik wird von einer PT₂-Strecke experimentell der Frequenzgang ermittelt. Die Daten sind in der untenstehenden Tabelle eingetragen und sollen ins Bode-Diagramm übertragen werden. In dieser Aufgabe wird als Regler ein PI-Regler eingesetzt (K_p = 0,4; T_n = 0,5 s). Konstruieren Sie den Frequenzgang des offenen Regelkreises. Wie groß muss/kann eine zusätzliche Totzeit sein, damit der Regelkreis an der Stabilitätsgrenze arbeitet?

Zahlenwerte der Frequenzganganalyse:

$\omega [s^{-1}]$	0,63	1,26	1,88	2,89	3,77	5,03	7,54
$ G_s $	1,04	1,19	1,50	1,92	1,02	0,45	0,17
φ_s	-6,8	-16,0	-30,6	-90,3	-136,1	-156,0	-166,9

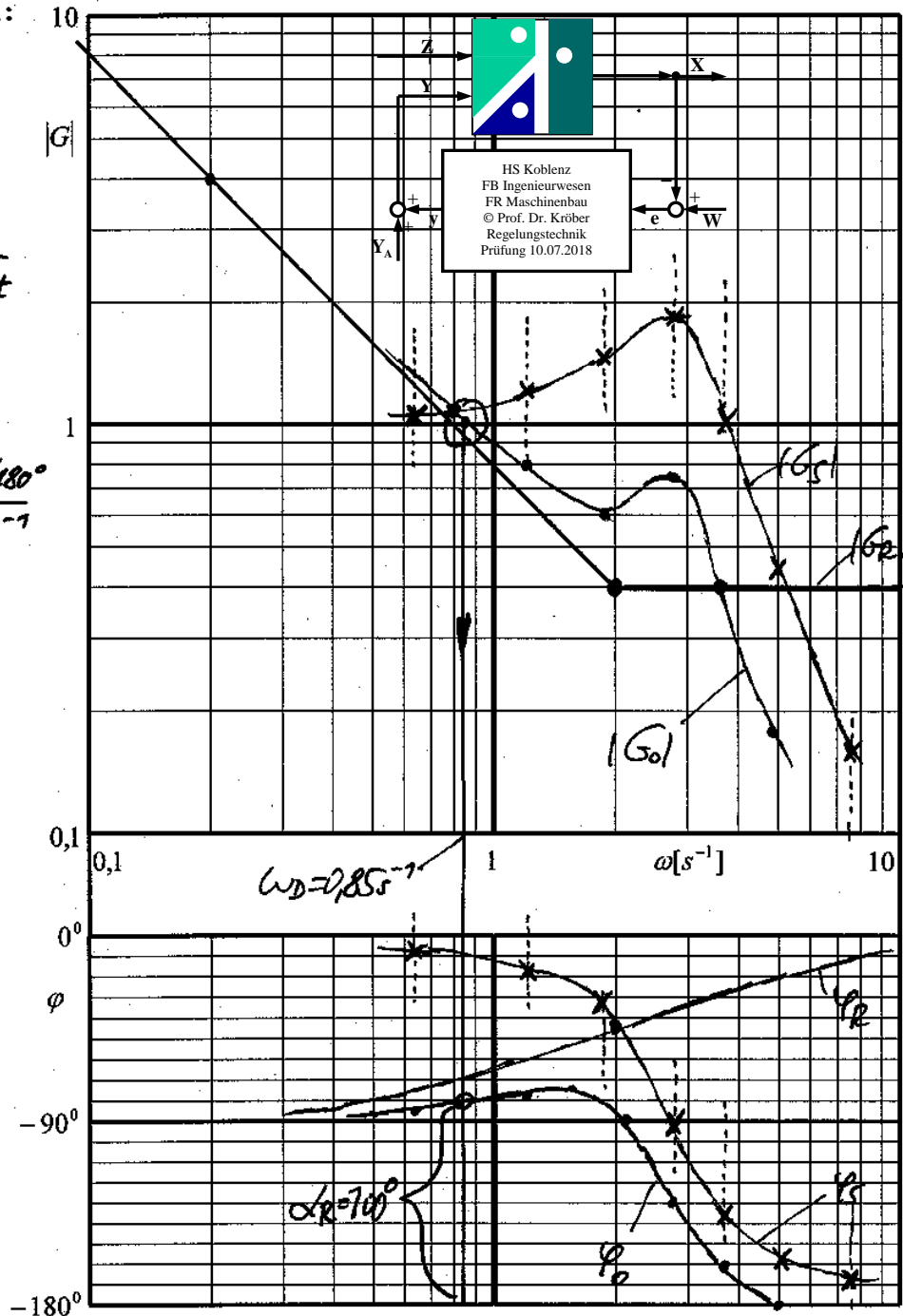
Bode-Diagramm:

$$\Delta R = \omega_D \cdot \Delta \bar{t}$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta R}{\omega_D}$$

$$= \frac{100 \cdot \pi / 180^\circ}{0,85 s^{-1}}$$

$$= \underline{\underline{2,05 s}}$$



Prüfung Regelungstechnik 10.07.18

zu 4) a) $G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{K_p \frac{1}{j\omega T (1+j\omega T)}}{1 + K_p \frac{1}{j\omega T (1+j\omega T)}} \cdot \frac{j\omega T (1+j\omega T)}{j\omega T (1+j\omega T)}$

$$= \frac{K_p}{j\omega T (1+j\omega T) + K_p} = \frac{K_p}{j\omega T + (j\omega)^2 T^2 + K_p} \cdot \frac{1/\sqrt{1+T^2\omega^2}}{1/\sqrt{1+T^2\omega^2}}$$

$$= \frac{\frac{K_p}{T^2}}{(j\omega)^2 + (j\omega) \frac{T}{2\delta} + \frac{K_p}{\omega^2}} \quad \rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{K_p}{T^2}} \quad \rightarrow \delta = \frac{1}{2T}$$

$$nl = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{\frac{1}{2T}}{\sqrt{\frac{K_p}{T^2}}} = \frac{1}{2\sqrt{K_p} \frac{T}{T}} = 1 \Rightarrow K_p = \frac{T^2}{4T} = \frac{8s}{4 \cdot 0,8s} = 2,5$$

b) $\frac{u_a}{u_e} = 1 + \frac{R_R}{R_V} = 2,5 \Rightarrow \frac{R_R}{R_V} = 1,5 \Rightarrow R_R = 1,5 \cdot R_V = 1,5 \cdot 100\Omega = 150\Omega$

zu 5) a) $G = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I j\omega} + j\omega T_V \right) = K_p \left(1 - \frac{1}{T_I \omega} j + j\omega T_V \right)$

$$\text{Re}\{G\} = K_p \quad \text{Im}\{G\} = K_p \left(\omega T_V - \frac{1}{T_I \omega} \right)$$

b) $|G| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2} = \sqrt{K_p^2 + K_p^2 \left(\omega T_V - \frac{1}{T_I \omega} \right)^2}$
 $= K_p \sqrt{1 + \left(\omega T_V - \frac{1}{T_I \omega} \right)^2}$

$$\varphi = \arctan \frac{\text{Im}}{\text{Re}} = \left(\omega T_V - \frac{1}{T_I \omega} \right)$$

c) $|G| = 2 \sqrt{1 + \left(1 \cdot 0,5 - \frac{1}{2 \cdot 0,5} \right)^2} = 2$

$$\tan \varphi = \omega T_V - \frac{1}{T_I \omega} = 0 \Rightarrow \varphi = 0^\circ$$

