

Regelungstechnik SS 2016
 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)

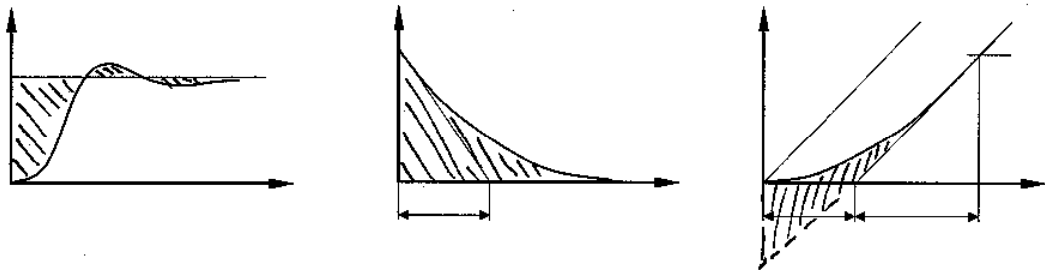
Note : _____

KURZFRAGEN :

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

1. Schraffieren/Markieren Sie in den Sprungantworten den Bereich, der durch die homogene Lösung der Differentialgleichung beschrieben wird! (3P)



2. Eine Regelstrecke besteht aus einer Totzeit mit $T_t = 0,2$ s und einem PT_1 -Glied mit $K = 2$; $T = 0,5$ s. Bei der Reglereinstellung nach der Sprungantwort werden die Parameter K_s , T_g und T_u bestimmt. Wie groß sind diese Parameter bei dieser Strecke? (3P)

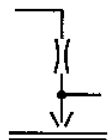
$K_s = 2$; $T_g = 0,55$; $T_u = 0,25$

3. Wie viele Regler und wie viele Stellgeräte werden bei einer Kaskadenregelung verwendet/benötigt? (2P)

2 Regler , 1 Stellgerät

4. Weshalb ist bei einem pneumatischen Düse-Prallplatte-System ein permanentes leises Zischen unvermeidlich? (2P)

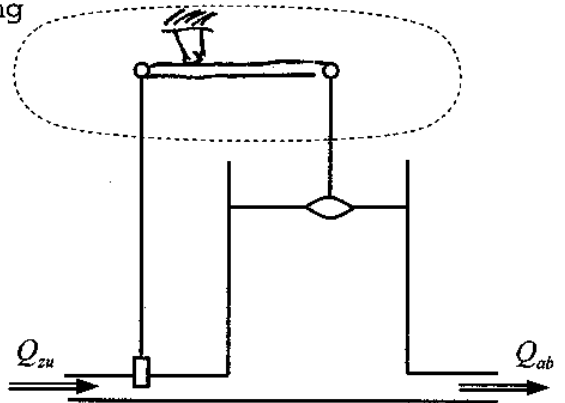
aus Düse strömt permanent mehr oder weniger Luft raus, Spalt ist nie ganz verschlossen



5. Bei der Einstellung eines PID-Reglers sind $K_p = 0,04$; $T_n = 1$ sec und $T_v = 5$ sec. Bei den Einstellwerten sind zwei ungewöhnliche Zahlenwerte oder Zahlenwertkombinationen zu bemerken. Welche? (2P)

K_p ungewöhnlich klein ; $T_n > T_v$ wahrscheinlich T_n, T_v vertauscht

6. Bei der abgebildeten Füllstandsregelung fehlt im oberen schraffierten Bereich eine "Hebelmechanik", damit die Regelung funktioniert. Ergänzen Sie diese fehlende "Hebelmechanik"!
(3P)



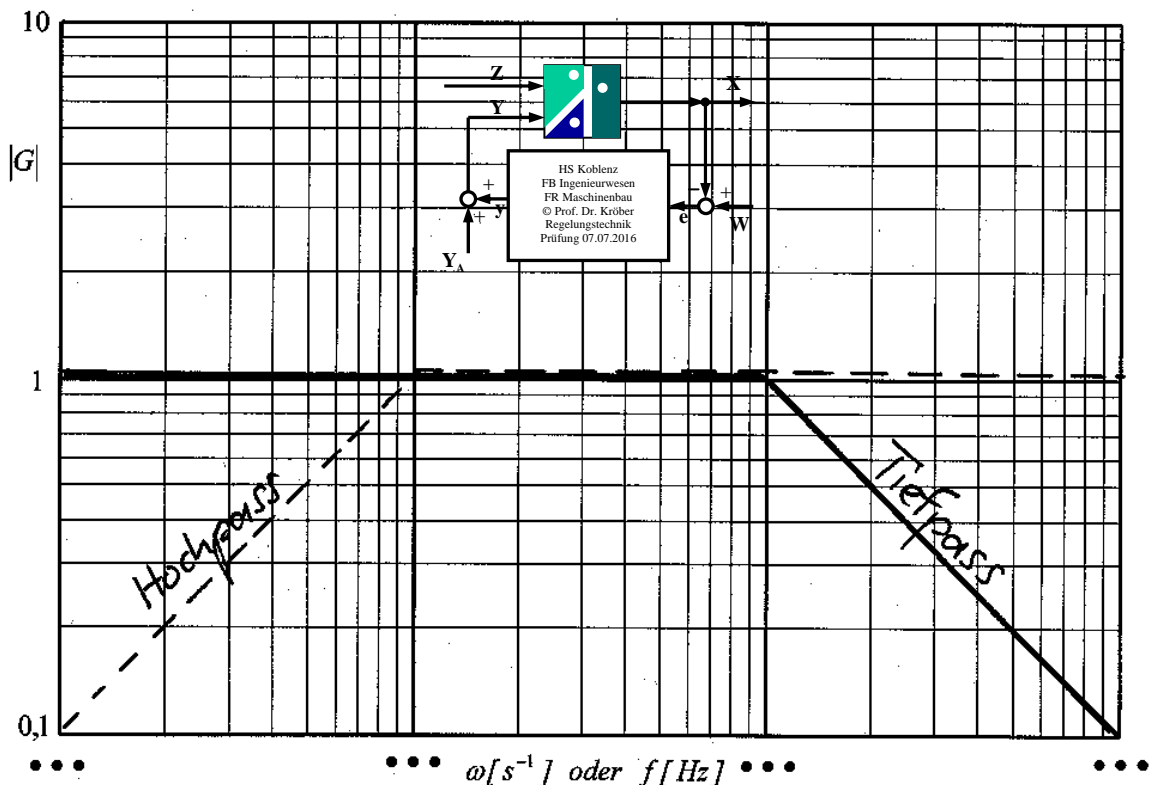
7. Welche Bedingungen müssen die Realteile der Lösung der Differentialgleichung besitzen, damit der Regelkreis stabil ist?
(2P)

müssen alle negativ sein

8. Welches Gesamtverhalten hat ein Regelkreis, wenn folgende Kombinationen von Regler und Strecke vorliegen:
(4P)

- Regler P / Strecke I → Gesamtverhalten: PT₁
- Regler I / Strecke P → Gesamtverhalten: PT₁
- Regler PID / Strecke I → Gesamtverhalten: PT₂
- Regler I / Strecke PT₁ → Gesamtverhalten: PT₂

9. Ein Hochpassfilter bzw. ein Tiefpassfilter (1. Ordnung) lassen im Durchlassbereich die Amplituden zu 100% durch. Tragen Sie einen solchen Hochpassfilter und einen Tiefpassfilter in das Diagramm ein!
(4P)



RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (12P)

In der Abbildung ist das statische Kennfeld einer Regelstrecke abgebildet. Bestimmen Sie in dem Arbeitspunkt A die Parameter K_Y und K_Z !

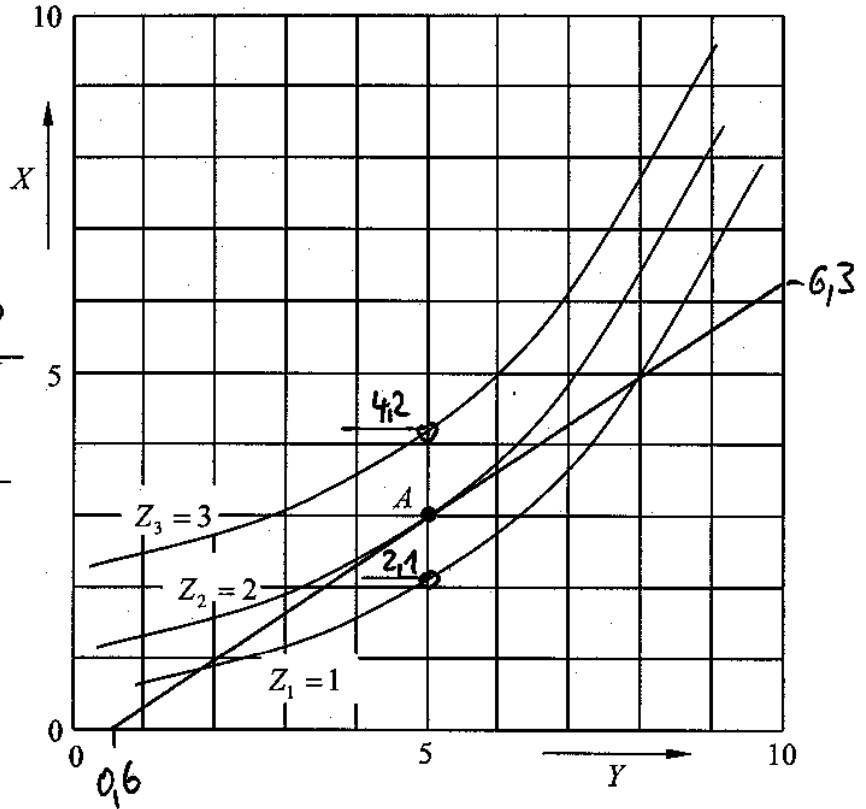
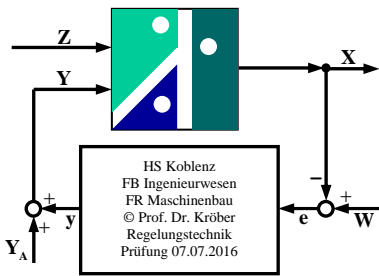
Hilfestellungen:

$$K_Y = \frac{\partial X}{\partial Y} \Big|_A$$

$$K_Z = \frac{\partial X}{\partial Z} \Big|_A$$

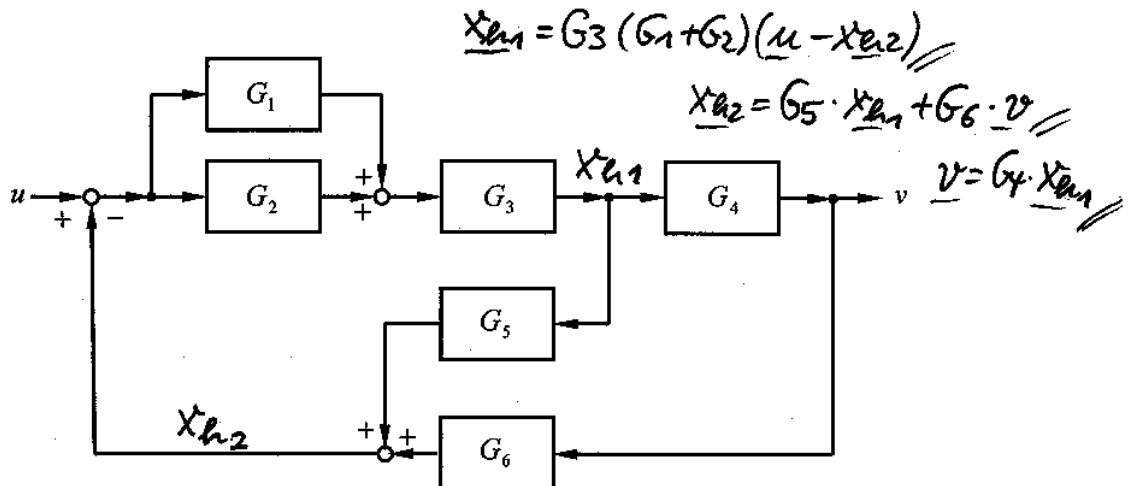
$$K_Y = \frac{6,3 - 0}{10 - 0,6} = 0,670$$

$$K_Z = \frac{4,2 - 2,1}{3 - 1} = 1,05$$



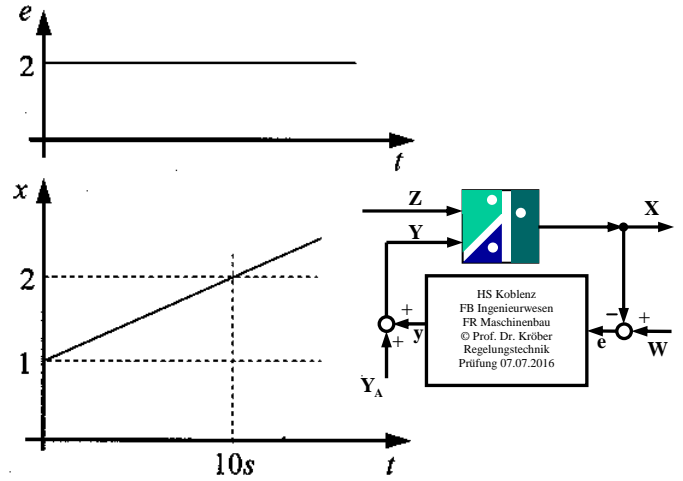
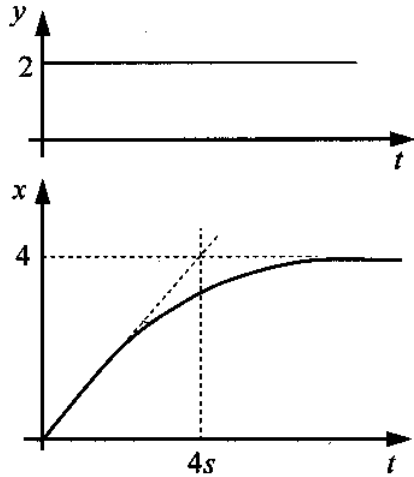
Aufgabe 2 (12P)

Für das angegebene System sollen durch das Einführen von Hilfsgrößen Gleichungen aufgestellt werden, um daraus den Gesamtfrequenzgang zu bestimmen. Nach dem Einführen von geeigneten Hilfsgrößen sollen alle dazu erforderlichen Gleichungen aufgeschrieben/aufgestellt werden. Das Einsetzen der Gleichungen zur Ermittlung des Gesamtfrequenzganges ist nicht erforderlich (nur das Aufstellen der erforderlichen Gleichungen).



Aufgabe 3 (18P)

Eine Regelstrecke und ein Regler werden zunächst "ohne Verschaltung im Regelkreis" untersucht. Die Sprungantworten sind unten dargestellt: links die Regelstrecke (Parameter K_S und T), rechts der Regler (Parameter K_P und T_n).



- Bestimmen Sie zunächst Parameter K_S , T , K_P und T_n !
- Dann erfolgt die Verschaltung im bzw. als Regelkreis. Aus dem Führungsfrequenzgang lässt sich folgende Differentialgleichung herleiten:

$$a_2 \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dx}{dt} + a_0 \cdot x = K_S \cdot K_P \cdot w + K_S \cdot K_P \cdot T_n \cdot \frac{dw}{dt}$$

Wie groß sind darin a_2 , a_1 und a_0 ?

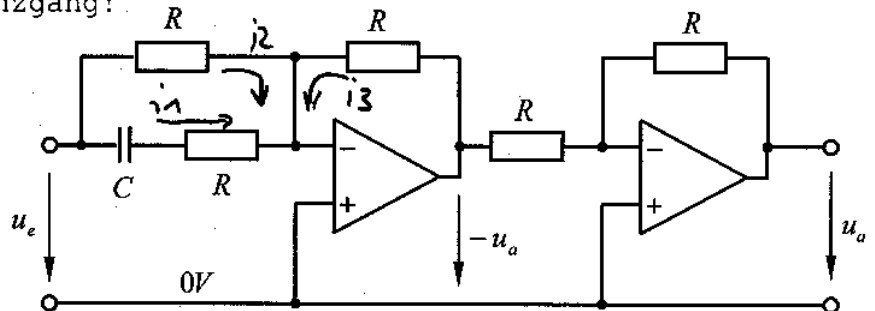
Hilfestellung: $G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S}$

Aufgabe 4 (18P)

Die Schaltung zeigt die Grundschaltung für einen realen PD-Regler. Bestimmen Sie den Frequenzgang!

Ges.: $G = \frac{u_a}{u_e} = f(j\omega RC) = ?$

Ziel der Rechnung:
"Doppelbruchfreier" Ausdruck



Aufgabe 5 (20P)

Bestimmen Sie von dem angegebenen Frequenzgang $|G|$ und φ für $\omega = 0,1s^{-1}$!

$$G = \frac{K_1}{1 + j\omega T_1} \cdot \frac{K_2}{1 + j\omega T_2} \cdot e^{-j\omega T_t}$$

Zahlenwerte: $K_1 = 0,8$; $T_1 = 2$ s; $K_2 = 4$; $T_2 = 10$ s; $T_t = 4$ s

Hilfestellungen: Zerlegen in einzelne Frequenzgänge

Übertragungsglied 1. Ordnung: $\tan\varphi = -\omega \cdot T$

Übertragungsglied Totzeit: $\varphi = -\omega \cdot T_t$

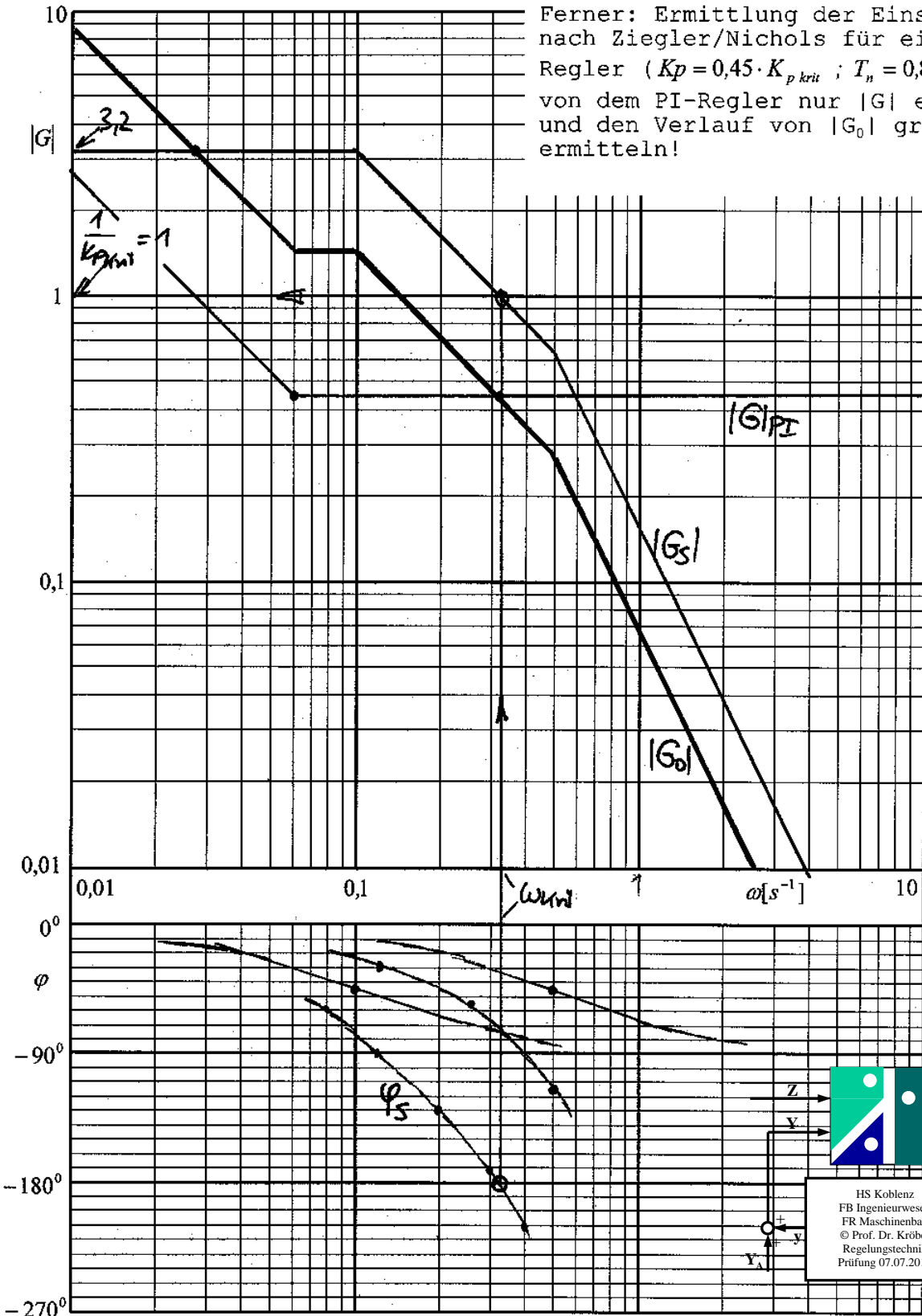
Aufgabe 6 (20P)

Im Bode-Diagramm ist zunächst der folgende Frequenzgang (Regelstrecke) darzustellen!

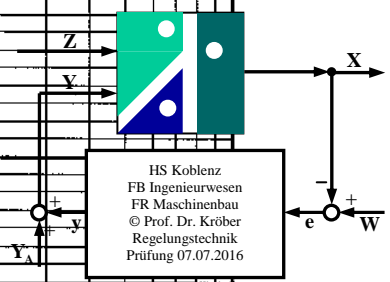
$$G = \frac{K_1}{1+j\omega T_1} \cdot \frac{K_2}{1+j\omega T_2} \cdot e^{-j\omega T_t}$$

Zahlenwerte: $K_1 = 0,8$; $T_1 = 2$ s; $K_2 = 4$; $T_2 = 10$ s; $T_t = 4$ s

Ferner: Ermittlung der Einstellwerte nach Ziegler/Nichols für einen PI-Regler ($K_p = 0,45 \cdot K_{p \text{ krit}}$; $T_n = 0,85 \cdot T_{\text{krit}}$); von dem PI-Regler nur $|G|$ eintragen und den Verlauf von $|G_0|$ graphisch ermitteln!



$\omega_{krit} = 0,32 \text{ s}^{-1}$
 $= \frac{2\pi}{T_{krit}}$
 $T_{krit} = \frac{2\pi}{0,32 \text{ s}^{-1}}$
 $= 19,6 \text{ s}$
 $T_n = 0,85 \cdot T_{krit}$
 $= \dots = 16,7 \text{ s}$
 $\frac{1}{T_n} = 0,06 \text{ s}^{-1}$
 $\frac{1}{K_{p \text{ krit}}} = 1$
 $K_{p \text{ krit}} = 1$
 $K_p = 0,45 \cdot 1$
 $K_p = 0,45$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 07.07.2016

zu 3, a) $\underline{k_s} = \frac{4}{2} = 2$; $\underline{T} = 4s$; $\underline{k_p} = \frac{1}{2} = 0,5$; $\underline{T_n} = 10s$

b) $\underline{G_w} = \frac{x}{w} = \frac{k_p(1 + \frac{1}{Tn \cdot j\omega}) \cdot \frac{k_s}{1 + j\omega T}}{1 + k_p(1 + \frac{1}{Tn \cdot j\omega}) \cdot \frac{k_s}{1 + j\omega T}} \cdot \frac{Tn j\omega(1 + j\omega T)}{Tn j\omega(1 + j\omega T)}$ Bem.: Zähler stimmt

$$= \frac{k_p(1 + Tn j\omega) \cdot k_s}{Tn j\omega(1 + j\omega T) + k_p(1 + Tn j\omega) k_s} = \frac{k_p \cdot k_s (1 + j\omega) k_p k_s Tn}{Tn j\omega + (j\omega)^2 Tn T + k_p k_s + (j\omega) k_p Tn k_s}$$

$\underline{a_2} = Tn \cdot T$; $\underline{a_1} = Tn + k_p Tn k_s = Tn (1 + k_p \cdot k_s)$; $\underline{a_0} = k_p \cdot k_s$

zu 4) $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

$$\frac{u_e}{\frac{1}{j\omega C} + R} + \frac{u_e}{R} + \frac{-u_a}{R} = 0; \quad u_e \left[\frac{1}{j\omega C} + R \right] = u_a \left[\frac{1}{R} \right]$$

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} + \frac{R}{R} = 1 + \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} \cdot \frac{j\omega C}{j\omega C} = 1 + \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

$\underbrace{\hspace{1cm}}_P \cdot \underbrace{\hspace{1cm}}_{Dn}$

zu 5) $|G| = \frac{k_1}{\sqrt{1 + (\omega T_1)^2}} \cdot \frac{k_2}{\sqrt{1 + (\omega T_2)^2}} \cdot 1$

$$= \frac{0,8}{\sqrt{1 + (0,1 \cdot 2)^2}} \cdot \frac{4}{\sqrt{1 + (0,1 \cdot 10)^2}} \cdot 1 = 0,7845 \cdot 2,828 \cdot 1 = \underline{\underline{2,2188}}$$

$\tan \varphi_1 = -\omega T_1 = -0,1 \cdot 2 = -0,2 \Rightarrow \varphi_1 = -11,310^\circ$

$\tan \varphi_2 = -\omega T_2 = -0,1 \cdot 10 = -1 \Rightarrow \varphi_2 = -45^\circ$

$\varphi_3 = -\frac{180^\circ}{\pi} \omega T_c = -\frac{180^\circ}{\pi} \cdot 0,1 \cdot 4 = -22,918^\circ$

$\underline{\underline{\varphi_{ges}}} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = -11,310^\circ - 45^\circ - 22,918^\circ = \underline{\underline{-79,228^\circ}}$

Bem.: Vergleich mit Aufgabe 6 $\rightarrow \varphi$ okay

$|G|: \frac{3,2}{2,2188} = 1,44 \approx \sqrt{2}$

"zufällig" genau Eckkreisfrequenz

