Fachhochschule Koblenz   Blatt 1 von 6
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

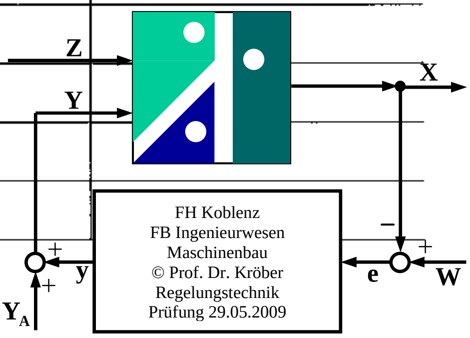
Regelungstechnik SS 09
Prof. Dr. W. Kröber

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)

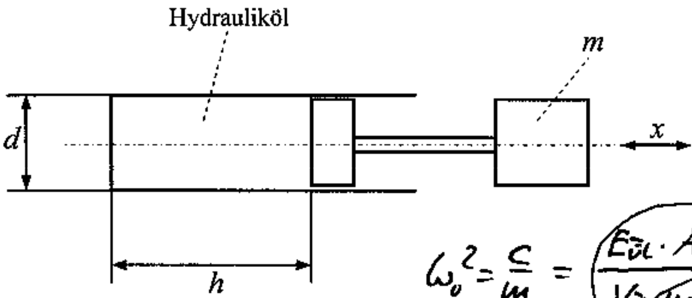
Note : ______________________

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	+Lösungen
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



K U R Z F R A G E N :

1. Bei der Positionsregelung eines Hydraulikzylinders wird eine hohe Steifigkeit angestrebt.
Wie wirken sich folgende Änderungen auf die Steifigkeit aus?
(3P)



$$\omega_0^2 = \frac{c}{m} = \frac{E_{Öl} \cdot A_K^2}{V_{Öl} \cdot m}$$

c

Anwortbeispiel:
E-Modul Öl sinkt infolge Luftanteil → Steifigkeit sinkt

Größerer Zylinderdurchmesser d → ↑

Größerer Hub h → ↓

Masse m steigt → ./.

Längere Zuleitung(en) → ↓

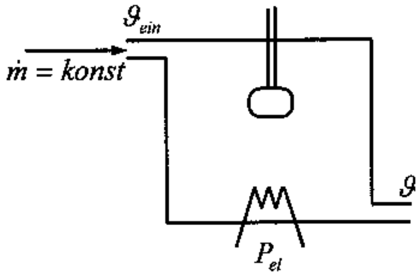
2. Bei der Realisierung einer digitalen Regelung mit einem PC (IO mittels USB) wird die Stellgröße 10 mal pro Sekunde aktualisiert. Wie groß ist die Totzeit (z.B. in Millisekunden), die dann bei der Stabilitätsuntersuchung mit berücksichtigt werden muss? (2P)

$T_t = T/2 = 50 ms$

3. Bei einer Durchflussregelung wird der Durchfluss durch Variation der Pumpendrehzahl realisiert. Die Leitspannung (Stellgröße) ändert sich von 3V auf 4V. Daraus ändert sich die Rückführgröße von 4,2V auf 5,7V. Wie groß ist K_S?
(2P)

$$K_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{5,7-4,2}{4-3} \frac{V}{V} = 1,5$$

4. Zur Warmwasseraufbereitung wird einem Behälter mit dem Volumen V elektrische Heizleistung zugeführt. Das Anlagenschema und die dazugehörige Energiebilanz sind angegeben. Der durchgesetzte zeitliche Massenstrom sei konstant.



$$\underbrace{\dot{m}c\vartheta_{ein} + P_{el}}_{P_{zugeführt}} - \underbrace{\dot{m}c\vartheta}_{P_{ab}} = \underbrace{V\rho c\frac{d\vartheta}{dt}}_{\text{Änderung der inneren Energie pro Zeit}}$$

Wie groß ist die Zeitkonstante (formelmäßig), die sich bei sprungförmiger Veränderung der Heizleistung einstellt? (4P)

$$\dot{m}\cdot c\cdot\vartheta_{ein} + P_{el} = \dot{m}\cdot c\cdot\vartheta + V\cdot\rho\cdot c\,\frac{d\vartheta}{dt} \;\Big|\cdot\frac{1}{\dot{m}c}$$

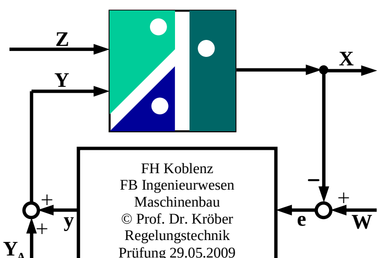
$$\vartheta_{ein} + \frac{1}{\dot{m}c}P_{el} = \vartheta + \underbrace{\frac{V\cdot\rho c}{\dot{m}c}}_{T}\,\frac{d\vartheta}{dt}$$

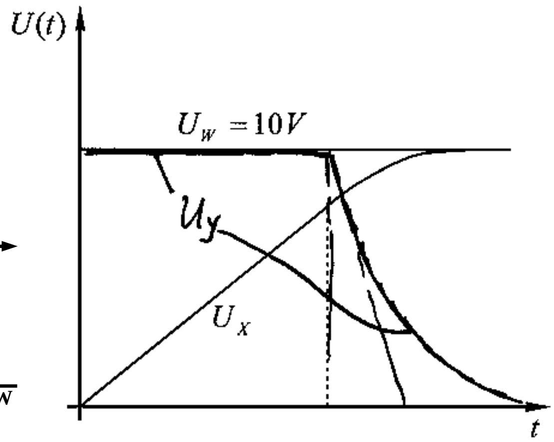
$$T \Rightarrow \underline{\underline{T}} = \frac{V\rho\cancel{c}}{\dot{m}\cancel{c}} = \underline{\underline{\frac{V\cdot\rho}{\dot{m}}}}$$

5. Was versteht man unter dem Begriff der Amplitudenreserve? (2P)

Faktor, um den K_P erhöht werden kann bis zum Erreichen der Stab.-grenze oder auch $A_R = K_{Pkrit}/K_P$

6. Bei einer hydraulischen Positionsregelung wird der abgebildete Signalverlauf für den Sollwert und den Istwert aufgezeichnet. Ergänzen Sie den Signalverlauf für die Stellgröße! (4P)





7. Eine vorhandene Kaskadenregelung soll zu einem einfachen (einschleifigen) Regelkreis vereinfacht werden. Wie viele Messumformer, Regler und Stellglieder werden dann eingespart? (3P)

$2-1=\underline{\underline{1}}$ $\quad$ $2-1=\underline{\underline{1}}$ $\quad$ $1-1=\underline{\underline{0}}$

R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (14P)

Ein PID-Regler kann durch folgende Rekursionsgleichung beschrieben werden:

$$y_i = y_{i-1} + K_P[(1+\frac{T}{T_n}+\frac{T_v}{T})\cdot e_i - (1+2\cdot\frac{T_v}{T})\cdot e_{i-1} + (\frac{T_v}{T})\cdot e_{i-2}]$$

In einem konkreten Anwendungsfall wird ein PI-Regelalgorithmus verwendet. Seine Gleichung lautet:

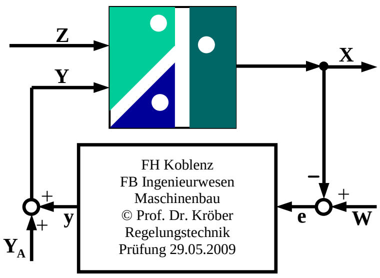
$$y_i = y_{i-1} + \frac{5}{2}\cdot e_i - 2\cdot e_{i-1}$$

Das Abtastintervall beträgt T=0,1s.

a. Wie groß sind K_p, T_n und T_v ?

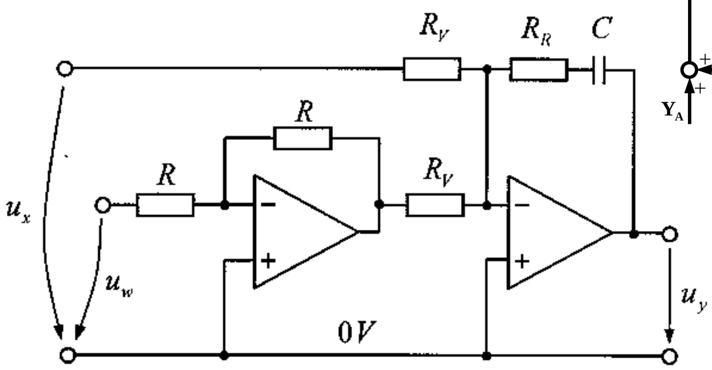
b. Wenden Sie den Algorithmus an und ergänzen Sie die drei fehlenden Werte in der Tabelle!

i	0	1	2	3
e_i	0	2	2	2
y_i	0	5	6	7



Aufgabe 2 (14P)

Die abgebildete Schaltung zeigt einen PI-Regler.



Formelmäßig kann das Verhalten durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$u_y = K_p[(u_w - u_x) + \frac{1}{T_n}\int(u_w - u_x)dt] \quad \text{bzw. alternativ} \quad G = \frac{\underline{u}_y}{\underline{u}_w - \underline{u}_x} = K_p(1+\frac{1}{j\omega T_n})$$

Weisen Sie eine der beiden Gleichungen nach! Wie ergeben sich K_p und T_n aus den Werten R, R_V, R_R *und* C ?

Hinweis zum Lösungsansatz: "Summe der Ströme gleich Null."

Aufgabe 3 (15P)

Stellen Sie folgenden Frequenzgang im Bode-Diagramm dar: $G = \dfrac{K_I \cdot (1 + j\omega T_1)}{j\omega \cdot (1 + j\omega T_2)}$

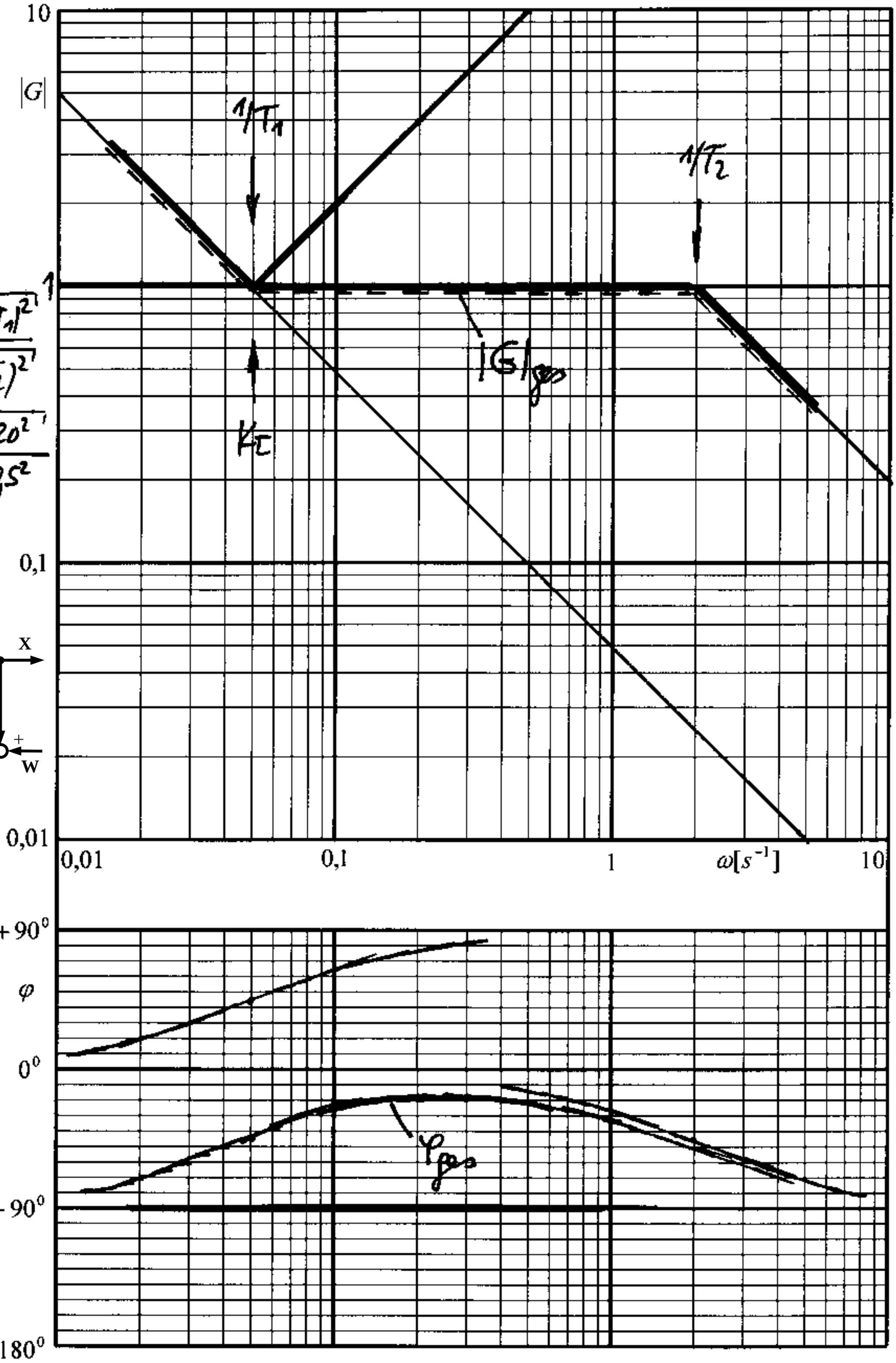
Zahlenwerte: $K_I = 0{,}05\,s^{-1}$; $T_1 = 20s$; $T_2 = 0{,}5s$

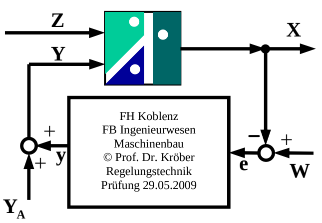
Bestimmen Sie ferner numerisch $|G|$ für $\omega = \sqrt{0{,}1}\,s^{-1} \approx 0{,}316 s^{-1}$!

$$|G| = \frac{K_I}{\omega} \cdot \frac{\sqrt{1+(\omega T_1)^2}}{\sqrt{1+(\omega T_2)^2}}$$

$$= \frac{0{,}05}{\sqrt{0{,}1}} \cdot \sqrt{\frac{1+0{,}1 \cdot 20^2}{1+0{,}1 \cdot 0{,}5^2}}$$

$$\underline{\underline{|G| = 1{,}000}}$$



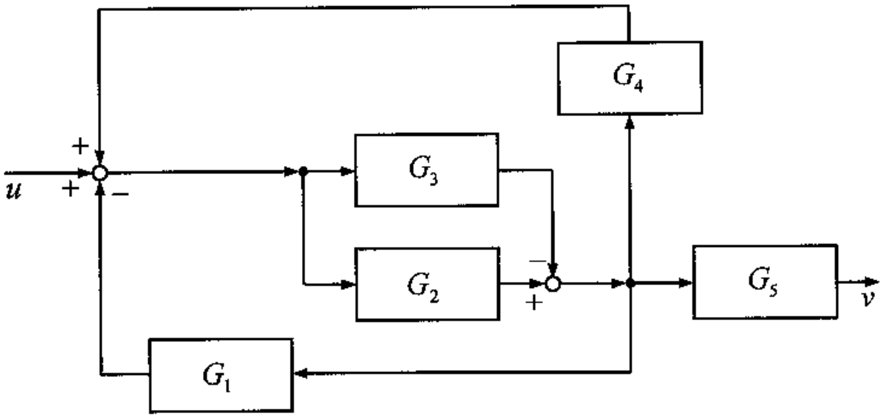


Aufgabe 4 (8P)

Bestimmen Sie den Frequenzgang

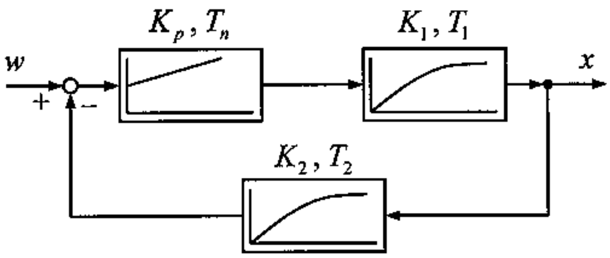
$G = \frac{v}{u} = f(G_1, G_2, G_3, G_4, G_5)$

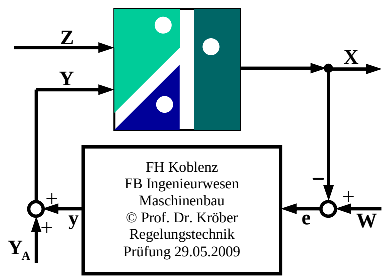
des abgebildeten Systems!



Aufgabe 5 (15P)

Die Abbildung zeigt einen Regelkreis mit zwei Verzögerungen und einem PI-Regler.





a. Bestimmen Sie den Führungsfrequenzgang!

b. Von welcher Ordnung sind die homogene Differentialgleichung <u>und</u> die inhomogene Differentialgleichung?

c. Wenden Sie das Hurwitzverfahren an und bringen Sie das Ergebnis auf die Form $T_n > f_1(K_p, K_1, K_2) \cdot f_2(T_1, T_2)$!

   Hilfestellung: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

Aufgabe 6 (14P)

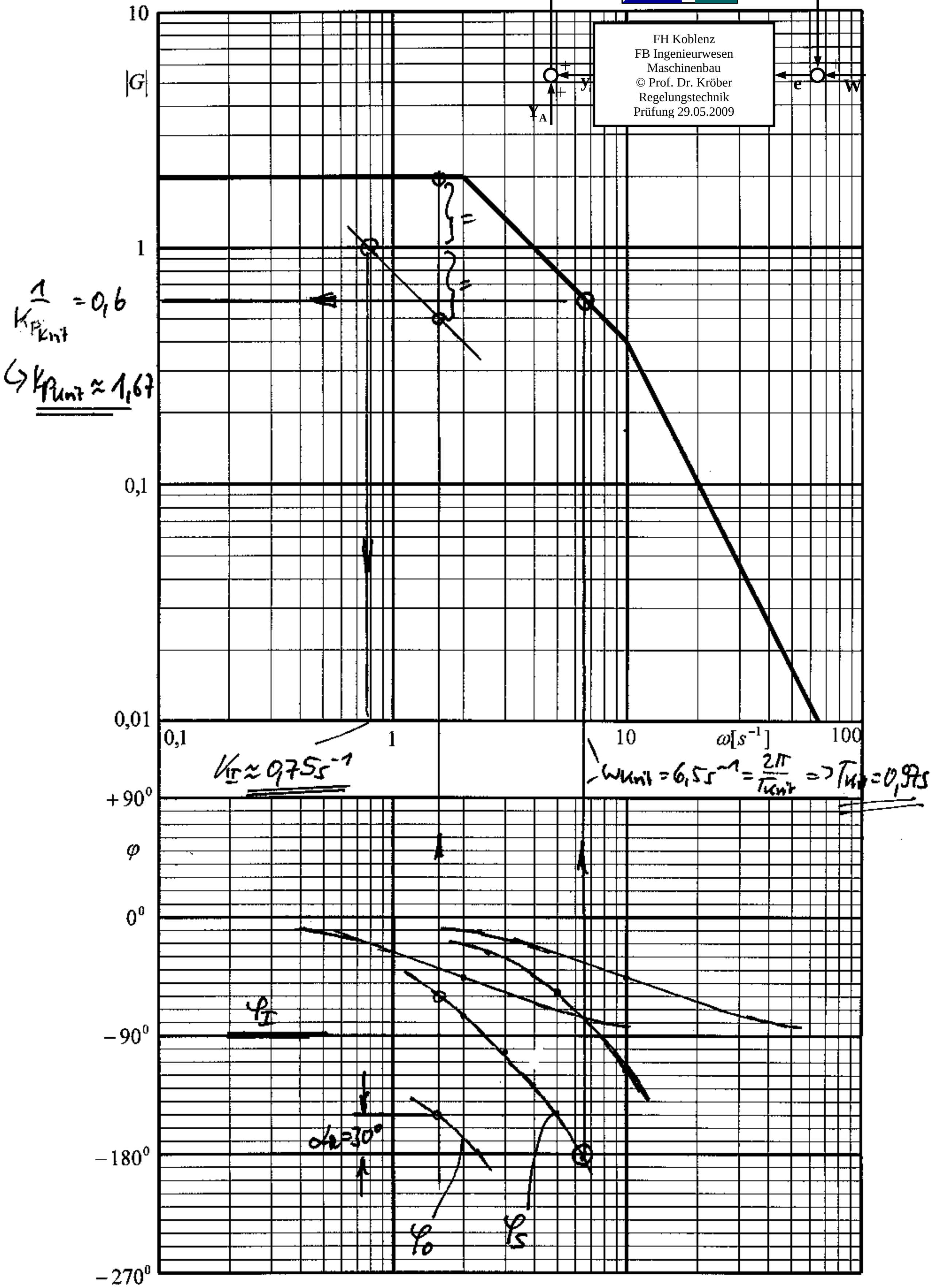
Eine Regelstrecke besteht aus einem PT_2-Glied mit einer Totzeit. Der Betrag des PT_2-Gliedes ist im Bode-Diagramm bereits eingetragen (siehe nächstes Blatt). Die Totzeit beträgt T_t=0,2s.

a. Bestimmen Sie $K_{p\ krit}$ und T_{krit} als Ausgangspunkt für eine mögliche spätere Reglerauslegung nach Ziegler/Nichols!

b. Als Regler soll nun ein reiner I-Regler verwendet werden. Wie groß darf K_I sein, damit die Phasenreserve 30 Grad beträgt?

FH Koblenz
FB Ingenieurwesen
Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Regelungstechnik
Prüfung 29.05.2009

hier graphische Lösung zu Aufgabe 6:



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 29.05.09 Blatt 1

zu 1, a) PI-Regler $\rightarrow T_v = 0$

$$y_i = y_{i-1} + \underbrace{K_p\left(1+\frac{T}{T_n}\right)}_{5/2} e_i - \underbrace{K_p}_{2} e_{i-1}$$

$\hookrightarrow K_p = 2$

$$2\left(1+\frac{T}{T_n}\right) = \frac{5}{2}$$

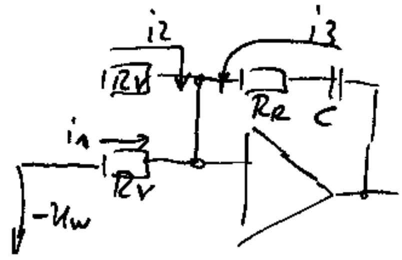
$$1+\frac{T}{T_n} = \frac{5}{4} \Rightarrow \frac{T}{T_n} = \frac{1}{4} \Rightarrow T_n = 4\cdot T = 4\cdot 0{,}15 = 0{,}45$$

b)
$$y_1 = y_0 + \frac{5}{2} e_1 - 2\cdot e_0$$
$$= 0 + \frac{5}{2}\cdot 2 - 2\cdot 0 = 5$$

$$y_2 = y_1 + \frac{5}{2} e_2 - 2\cdot e_1$$
$$= 5 + \frac{5}{2}\cdot 2 - 2\cdot 2 = 6$$

$$y_3 = y_2 + \left(\frac{5}{2} - 2\right)\cdot 2 = y_2 + 1 = 7$$

zu 2)



$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

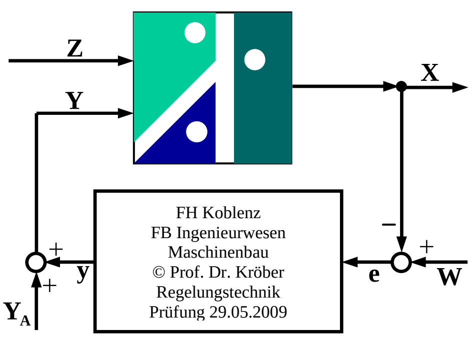
$$-\frac{u_w}{R_V} + \frac{u_x}{R_V} + \frac{u_a}{R_R + \frac{1}{j\omega C}} = 0$$

$$\frac{u_a}{R_R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{R_V}(u_w - u_x)$$

$$\frac{u_a}{u_w - u_x} = \frac{1}{R_V}\left(R_R + \frac{1}{j\omega C}\right)$$

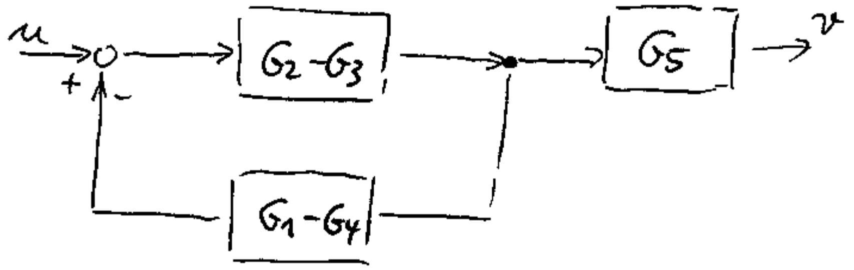
$$= \frac{R_R}{R_V}\left(1 + \frac{1}{j\omega R_R C}\right)$$

$K_p = \frac{R_R}{R_V}$ $\qquad$ $T_n = R_R \cdot C$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 29.05.09 Blatt 2

zu 4)



$$\underline{\underline{G_B}} = \frac{G_2-G_3}{1+(G_2-G_3)(G_1-G_4)}\cdot G_5 = \underline{\underline{\frac{G_5(G_2-G_3)}{1+(G_2-G_3)(G_1-G_4)}}}$$

zu 5, a)

$$G_w = \frac{K_p\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\frac{K_1}{\cancel{1+j\omega T_1}}}{1+K_p\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\frac{K_1}{1+j\omega T_1}\cdot\frac{K_2}{1+j\omega T_2}}\cdot\frac{T_n j\omega(\cancel{1+j\omega T_1})(1+j\omega T_2)}{T_n j\omega(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$$

$$= \underline{\underline{\frac{K_p(1+T_n j\omega)\cdot K_1(1+j\omega T_2)}{T_n j\omega(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)+K_p(1+T_n j\omega)K_1K_2}}}$$

b) homogen (Nenner) $\rightarrow$ 3. Ordnung; partikulär (Zähler) $\rightarrow$ 2. Ordnung

c) Nenner $= T_n j\omega\left(1+j\omega(T_1+T_2)+(j\omega)^2T_1T_2\right)+K_p(1+T_n j\omega)K_1K_2$

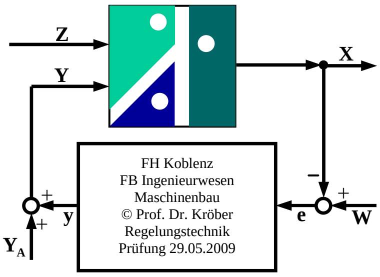
$$= T_n(j\omega)+(j\omega)^2T_n(T_1+T_2)+(j\omega)^3T_nT_1T_2+K_pK_1K_2+K_pK_1K_2T_n(j\omega)$$

$a_0 = K_pK_1K_2$

$a_1 = T_n(1+K_pK_1K_2)$

$a_2 = T_n(T_1+T_2)$

$a_3 = T_nT_1T_2$



$\underline{\underline{a_i > 0}}$

$$a_1a_2 > a_0a_3$$

$$\cancel{T_n}(1+K_pK_1K_2)T_n(T_1+T_2) > K_pK_1K_2\cancel{T_n}T_1T_2$$

$$\underline{\underline{T_n > \frac{K_pK_1K_2}{1+K_pK_1K_2}\cdot\frac{T_1T_2}{T_1+T_2}}}$$