Fachhochschule Koblenz   Blatt 1 von 5
Fachbereich Maschinenbau
Regelungstechnik WS 02/03
Prof. Dr. W. Kröber

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

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)

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

FH Koblenz
FB Maschinenbau
© Prof. Dr. Kröber
Regelungstechnik
Prüfung 28.01.2003

Note : ______________________

K U R Z F R A G E N :

1. In einem Regelkreis befindet sich unter anderem eine Totzeit. Wie verändern sich Amplitudenreserve und Phasenreserve, falls die oben genannte Totzeit erhöht wird? (2P)

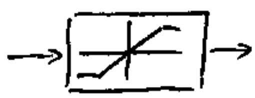
   $A_R \downarrow$ $\alpha_R \downarrow$

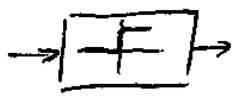
2. An einem pneumatischen Stellgerät ist ein Stellungsregler angebaut/integriert. Weshalb ist dies sinnvoll? (3P)

   um Einfluss von Störgrößen zu reduzieren (Reaktionskräfte aus Stoffstrom, Stopfbuchsenreibung)

3. Wie werden die aufgeführten Elemente im Wirkungsplan dargestellt? (3P)

   Umkehrpunkt: 

   Begrenzung der Ausgangsgröße: 

   Zweipunktregler ohne Hysterese: 

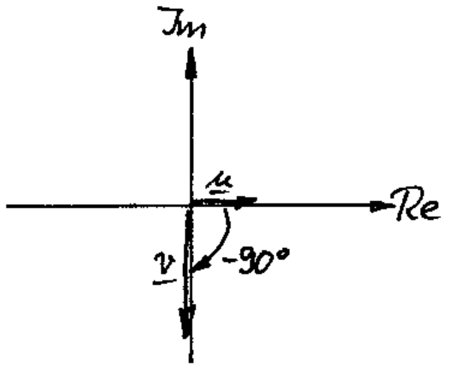
4. Welche Möglichkeiten der Einstellung sind an der Frontseite eines handelsüblichen Reglers stets möglich? (Hier sind nicht die Einstellparameter K_p, T_v und T_n zu nennen.) (3P)

   Hand-/Automatikbetrieb, Handstellgröße, Sollwert

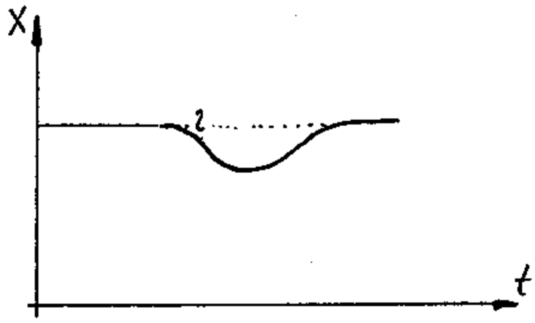
5. Bei einem PID-Regler steht die Nachstellzeit auf 10 Sekunden. Auf welchen Wert muss dann die Vorhaltezeit etwa eingestellt werden? (1P)

   $T_V \approx 2s$

6. Bei einer bestimmten Kreisfrequenz ist der Zeiger der Ausgangsgröße vom Betrag doppelt so groß wie der Zeiger der Eingangsgröße und eilt der Eingangsgröße um 90 Grad nach. Skizzieren Sie die Gauß'sche Zahlenebene, und tragen Sie beide Zeiger ein! (4P) ⟹



7. Bei einer Durchflussregelung (PI-Regler) wird der Volumenstrom durch Variation der Motordrehzahl konstant gehalten. Skizzieren Sie den Verlauf der Regelgröße, wenn ein Drosselventil (als Störgröße) etwas geschlossen wird!
(4P)

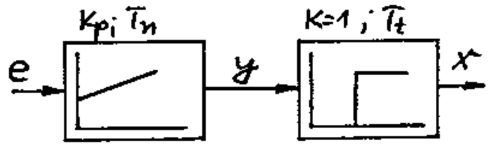


R E C H E N T E I L

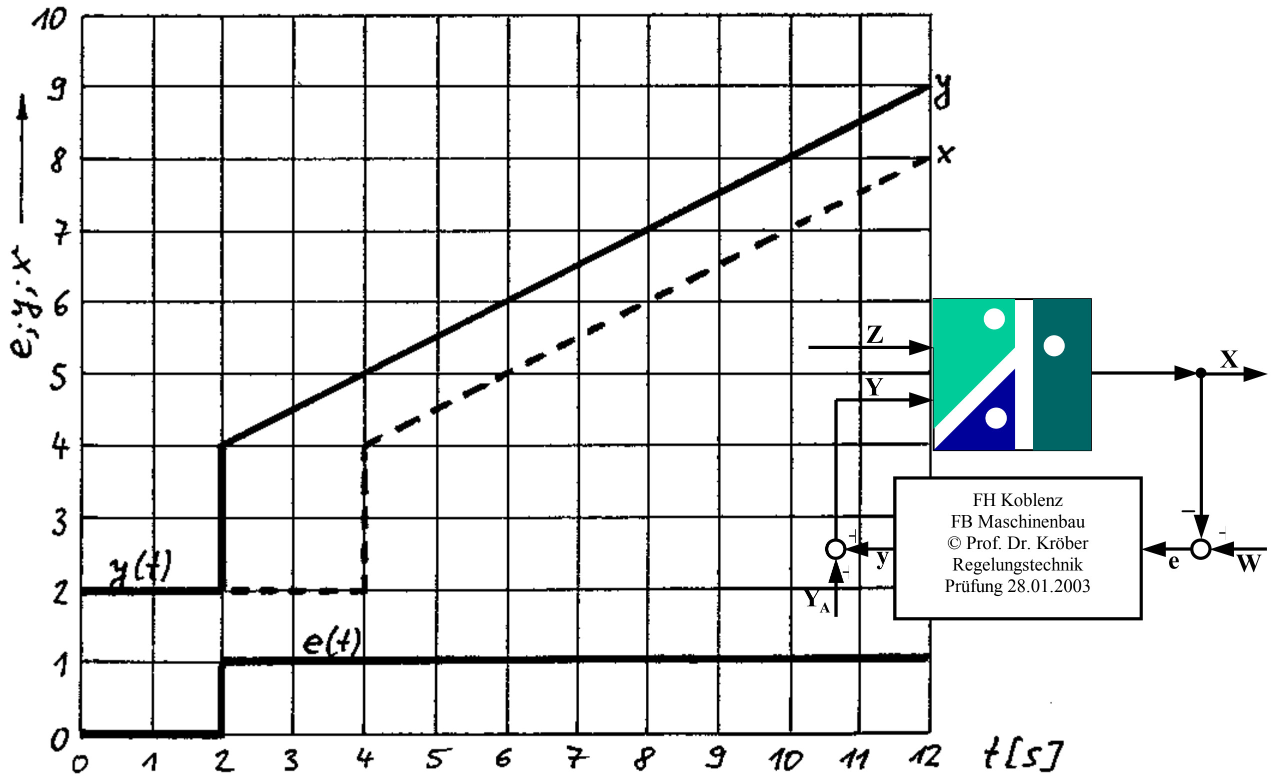
Aufgabe 1 (10 P)

Einem PI-Regler ist eine Totzeit in Reihe geschaltet. Am Eingang wirkt eine Sprungfunktion.

Ergänzen Sie in der Skizze den zeitlichen Verlauf von y und x!

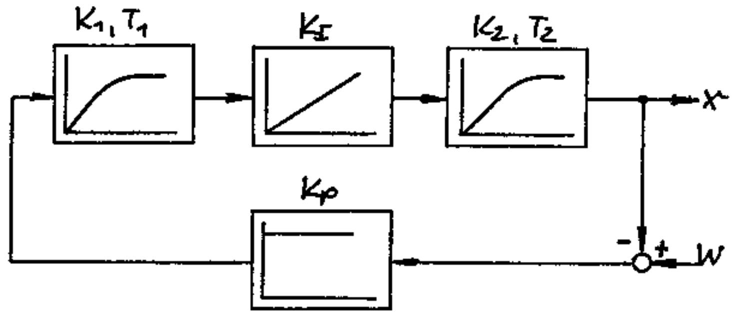


Zahlenwerte: $K_p = 2$; $T_n = 4$ s; $T_t = 2$ s



Aufgabe 2 (10 P)

Die Stabilität des abgebildeten Regelkreises soll nach dem Hurwitzverfahren untersucht werden.



a. Bestimmen Sie eine Gleichung für den Führungsfrequenzgang!

b. Ermitteln Sie eine Gleichung zur Bestimmung der Reglereinstellung!

Ziel: K_p < ...

Hilfestellung: $\begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} > 0$

Aufgabe 3 (10 P)

Auf ein System 1. Ordnung wirkt eine sinusförmige Eingangsgröße. Bestimmen Sie die partikuläre Lösung der Differentialgleichung! (A und B sind zu bestimmen!)

$$v(t) + T\cdot\frac{dv(t)}{dt} = K\cdot u(t) \quad \text{wobei:} \quad u(t) = \hat{u}*\sin(\omega t)$$

$$\text{Lösungsansatz}: v^{(p)}(t) = A\cdot\sin(\omega t) + B\cdot\cos(\omega t)$$

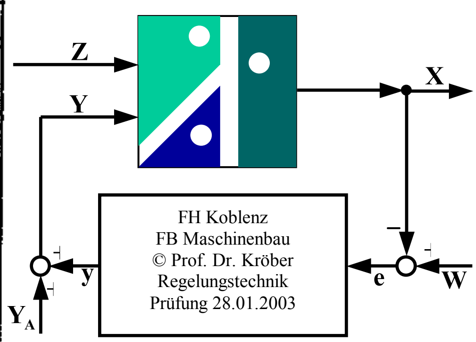
Aufgabe 4 (10 P)

Eine Regelstrecke besteht aus einem Glied 1. Ordnung (K=1,5; T=4s) und einer Totzeit (K=1; T_t=1s).

a. Bei der Ermittlung der Reglereinstellung aus der Sprungantwort werden die Parameter K_S, T_g und T_u bestimmt. Wie groß sind diese Parameter? (Skizze ist nützlich!)

b. Wie groß sind die Einstellparameter eines PID-Reglers (kein Überschwingen, häufige Veränderung des Sollwertes)?

Regler		Aperiodischer Regelverlauf		Regelverlauf mit 20% Überschwingen	
		Störung	Führung	Störung	Führung
P	K_P	$0{,}3\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}3\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}7\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}7\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$
PI	K_P	$0{,}6\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}35\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}7\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}6\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$
	T_n	$4\,T_u$	$1{,}2\,T_g$	$2{,}3\,T_u$	$1\,T_g$
PID	K_P	$0{,}95\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}6\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$1{,}2\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$	$0{,}95\,\frac{T_g}{K_S\,T_u}$
	T_n	$2{,}4\,T_u$	$1\,T_g$	$2\,T_u$	$1{,}35\,T_g$
	T_v	$0{,}42\,T_u$	$0{,}5\,T_u$	$0{,}42\,T_u$	$0{,}47\,T_u$



Aufgabe 5 (20P)

In einer Regelstrecke sind folgende Übertragungselemente enthalten:

- PT_1 mit $K = 5$; $T = 2{,}5$ sec
- PT_1 mit $K = 0{,}8$; $T = 0{,}25$ sec
- Totzeit mit $K = 1$; $T_t = 0{,}25$ sec

a. Tragen Sie die einzelnen Kennlinien ins Bode-Diagramm ein, und ermitteln Sie für eine Reglerauslegung $K_{p\ krit}$ und T_{krit} !

b. Wie groß muss K_p und T_n gewählt werden (Auslegung PI-Regler)?

Hilfestellung Ziegler/Nichols: $K_p = 0{,}45 \cdot K_{p_{krit}}$ $T_n = 0{,}85 \cdot T_{krit}$

$\frac{1}{K_{Pkrit}} = 0{,}42$

$K_{Pkrit} = 2{,}38$

$K_p = 0{,}45 \cdot K_{Pkrit}$

$\underline{\underline{K_p = 1{,}07}}$

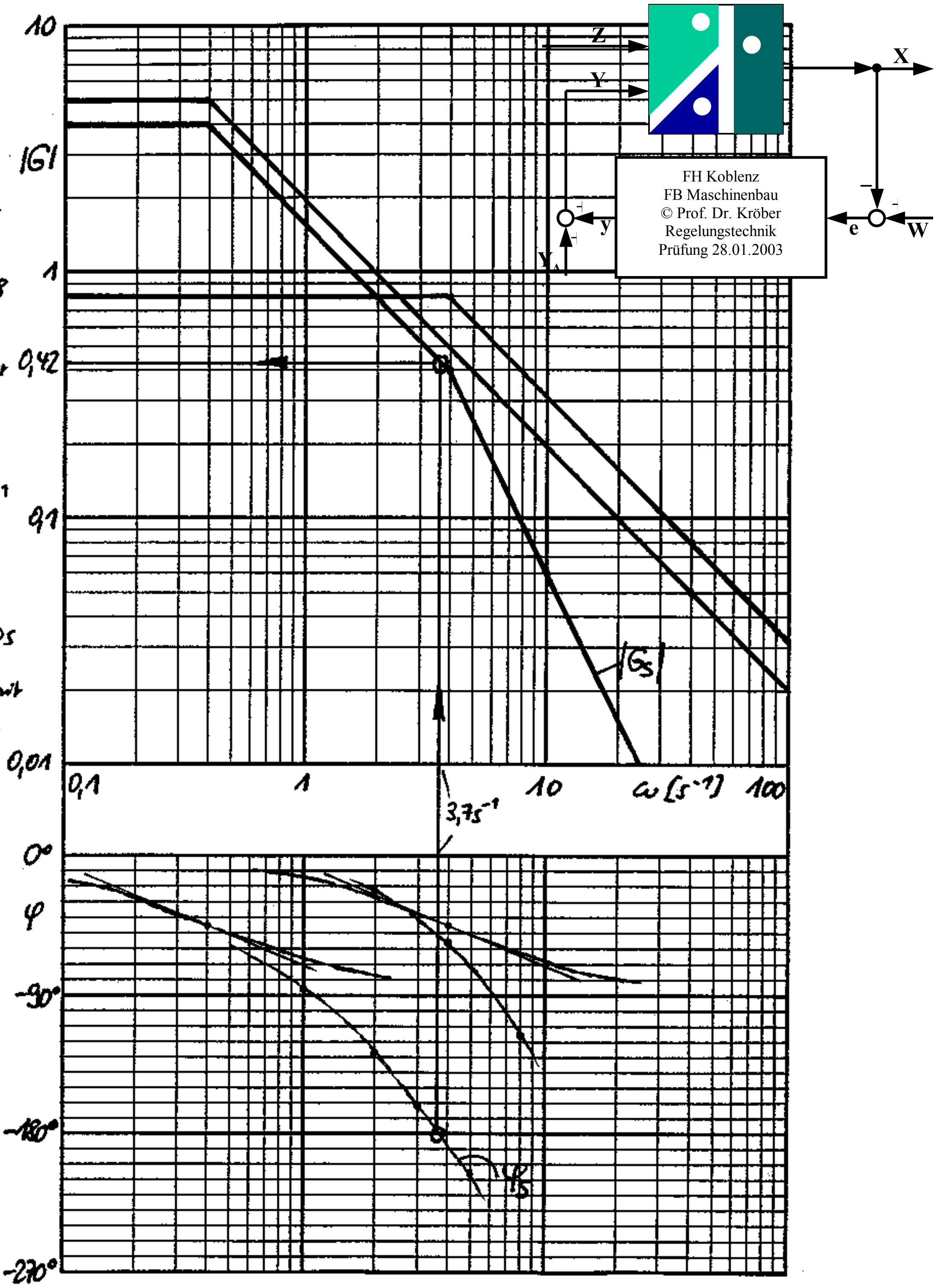
$\omega_{krit} = 3{,}75\,s^{-1}$

$\omega_{krit} = \frac{2\pi}{T_{krit}}$

$T_{krit} = 1{,}70\,s$

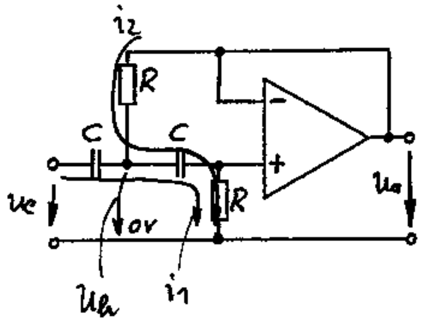
$T_n = 0{,}85 \cdot T_{krit}$

$\underline{\underline{T_n = 1{,}44\,s}}$



Aufgabe 6 (20 P)

Die Abbildung zeigt einen aktiven Hochpassfilter 2. Ordnung.
Der Frequenzgang des Hochpassfilters wird durch die untenstehende Gleichung beschrieben:



$$\frac{\underline{u}_a}{\underline{u}_e} = \left(\frac{j\omega RC}{1+j\omega RC}\right)^2$$

a. Beweisen Sie diese Aussage!

b. Tragen Sie den Frequenzgang in das nebenstehende Bode-Diagramm ein (aus bekannten Elementen zusammensetzen)!

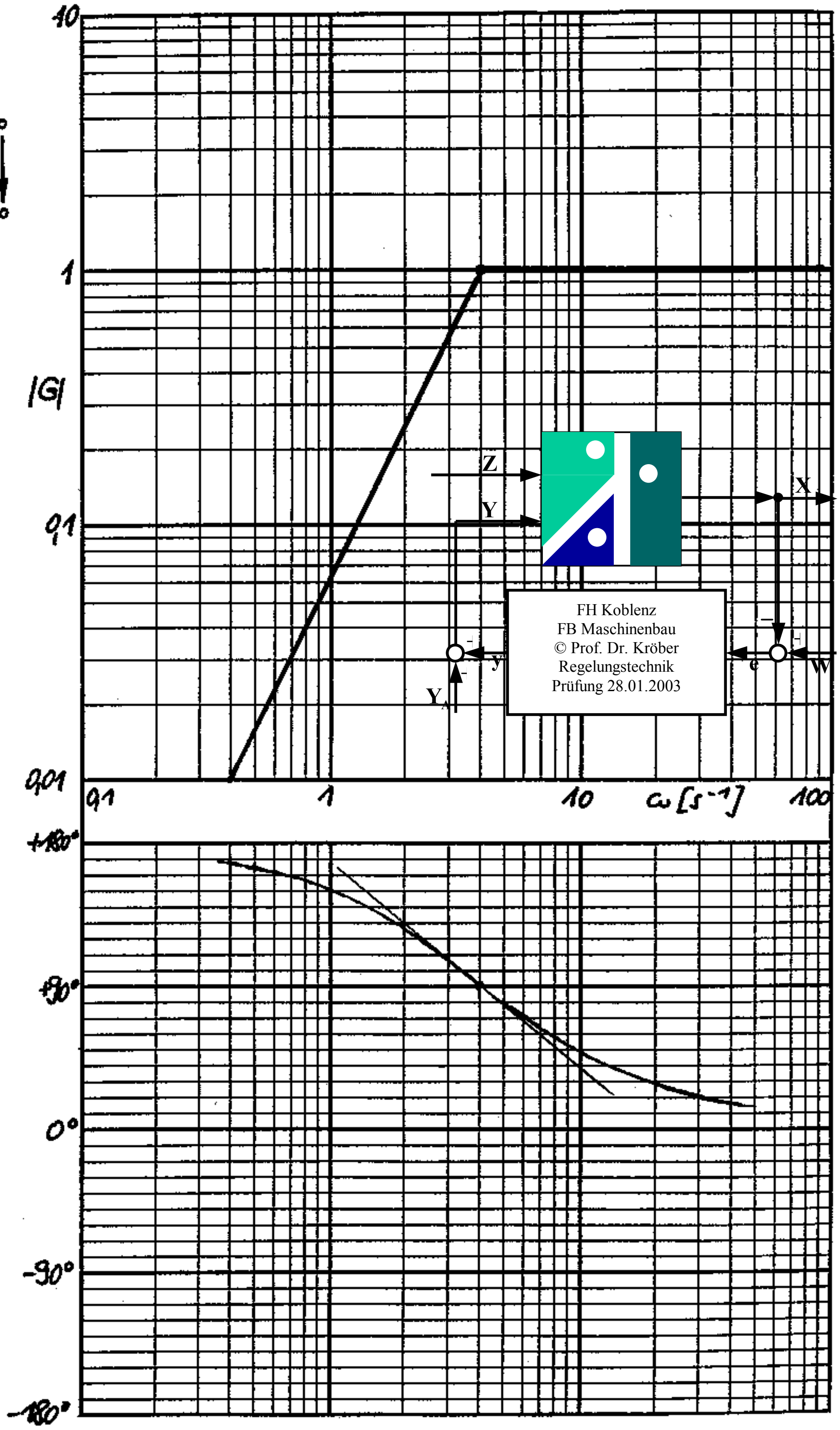
Dabei sei:
$R*C = 0{,}25s$

2 mal DT_1 (in Reihe)

$\omega \to \infty \Rightarrow |G| = 1$

$\omega < \frac{1}{RC}$ Steigung „+2"

$\frac{1}{RC} = 4s^{-1}$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 28.1.03

zu2) $G_W = \dfrac{K_p \frac{K_1}{1+j\omega T_1}\cdot\frac{K_I}{j\omega}\cdot\frac{K_2}{1+j\omega T_2}}{1+K_p \frac{K_1}{1+j\omega T_1}\cdot\frac{K_I}{j\omega}\cdot\frac{K_2}{1+j\omega T_2}} \cdot \dfrac{(1+j\omega T_1)j\omega(1+j\omega T_2)}{(1+j\omega T_1)j\omega(1+j\omega T_2)}$

$$= \frac{K_p K_1 K_I K_2}{(1+j\omega T_1)j\omega(1+j\omega T_2)+K_p K_1 K_I K_2} = \frac{K_p K_1 K_I K_2}{j\omega + (j\omega)^2(T_1+T_2)+(j\omega)^3 T_1 T_2 + K_p K_1 K_I K_2}$$

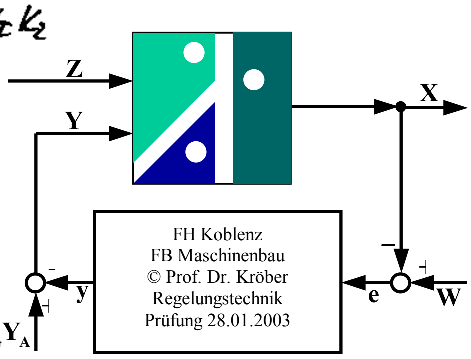
1\. Bed. $a_i > 0$ erfüllt

2\. Bed. $a_1 a_2 > a_0 a_3$

$1\,(T_1+T_2) > K_p K_1 K_I K_2 T_1 T_2$

$$\underline{\underline{K_p < \frac{T_1+T_2}{T_1 T_2\, K_1 K_I K_2}}}$$

$a_0 = K_p K_1 K_I K_2$
$a_1 = 1$
$a_2 = T_1 + T_2$
$a_3 = T_1 T_2$



zu3) $v = A\sin\omega t + B\cos\omega t$; $\dot v = A\omega\cos\omega t - B\omega\sin\omega t$

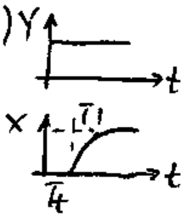
eingesetzt:

$A\sin\omega t + B\cos\omega t + T(A\omega\cos\omega t - B\omega\sin\omega t) = K\hat u\sin\omega t$

$\sin\omega t\underbrace{(A - TB\omega - K\hat u)}_{0} + \cos\omega t\underbrace{(B + TA\omega)}_{0} = 0$

2 Gl. mit 2 Unbekannten $\Rightarrow$ $\underline{\underline{A = \frac{K\hat u}{1+(\omega T)^2}}}$; $\underline{\underline{B = -\frac{\omega T K\hat u}{1+(\omega T)^2}}}$

zu4)



$K_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = K = 1{,}5$; $T_u = T_t = 1s$; $T_g = T = 4s$

$\underline{\underline{K_p}} = \frac{0{,}6\cdot T_g}{K_S\cdot T_u} = \frac{0{,}6\cdot 4}{1{,}5\cdot 1} = \underline{\underline{1{,}6}}$; $\underline{\underline{T_n}} = T_g = \underline{\underline{4s}}$; $\underline{\underline{T_v}} = 0{,}5\cdot T_u = \underline{\underline{0{,}5s}}$

zu6) $\underline{i}_1 = \frac{\underline{U}_e - \underline{U}_h}{\frac{1}{j\omega C}}$ (1) ; $\underline{i}_2 = \frac{\underline{U}_a - \underline{U}_h}{R}$ (2) ; $\underbrace{\underline{i}_1 + \underline{i}_2 = \frac{\underline{U}_h - \underline{U}_a}{\frac{1}{j\omega C}} \text{ (3)} ; \underline{i}_1 + \underline{i}_2 = \frac{\underline{U}_a}{R} \text{ (4)}}_{(\underline{U}_h - \underline{U}_a)j\omega C = \frac{\underline{U}_a}{R}}$ (3) = (4)

(1) u. (2) in (4):

$(\underline{U}_e - \underline{U}_h)j\omega C + \frac{\cancel{\underline{U}_a} - \underline{U}_h}{R} = \frac{\cancel{\underline{U}_a}}{\cancel{R}} \;\Big|\cdot R$

$\underline{U}_h = \underline{U}_a + \frac{\underline{U}_a}{j\omega RC}$

$(\underline{U}_e - \underline{U}_h)j\omega RC = \underline{U}_h$

eingesetzt

$\underline{U}_h = \underline{U}_a \frac{1+j\omega RC}{j\omega RC}$

$\underline{U}_e j\omega RC = \underline{U}_h(1+j\omega RC)$

$\vdots$

$$\underline{\underline{\frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = \left(\frac{j\omega RC}{1+j\omega RC}\right)^2}}$$