Fachhochschule Koblenz   Blatt 1 von 5
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

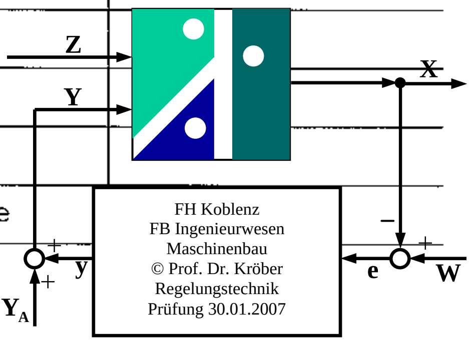
Regelungstechnik WS 06/07
Prof. Dr. W. Kröber

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	

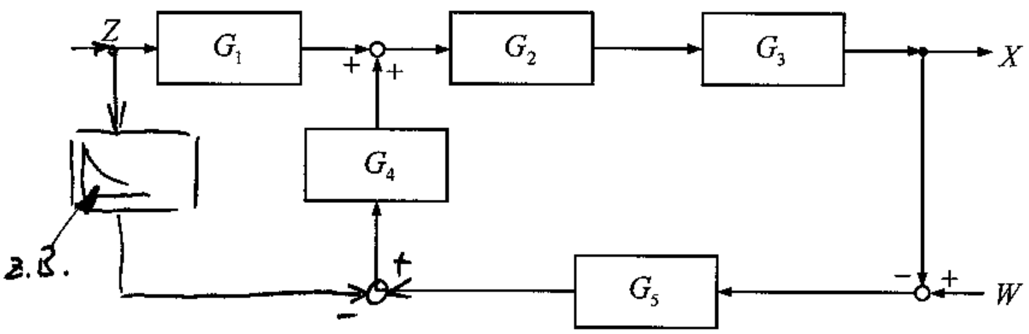


K U R Z F R A G E N :

1. Ein analoger Regler wird durch einen digitalen Regler ersetzt. Bedingt durch die Abtastzeit gibt der Regler 20 mal pro Sekunde eine neue Stellgröße heraus. Welche Totzeit [in Sekunden oder Millisekunden] muss bei der Stabilitätsuntersuchung dann zusätzlich berücksichtigt werden? (2P)

$\Delta t = \frac{1}{20} s = 50ms \rightarrow T_t \approx \frac{\Delta t}{2} \approx 25ms$

2. Wie lauten für den abgebildeten Regelkreis die Gleichungen zur Bestimmung des Führungsfrequenzganges und zur Bestimmung des Störungsfrequenzganges? (4P)



$$G_Z = \frac{\cdots}{\cdots} = \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}{1 + G_2 G_3 G_4 G_5} \qquad G_W = \frac{\cdots}{\cdots} = \frac{G_2 G_3 G_4 G_5}{1 + G_2 G_3 G_4 G_5}$$

3. Wie ist der obige Wirkungsplan zu ergänzen, damit eine Störgrößenaufschaltung entsteht? (3P) (oben eingetragen)

4. Mit welchem Signal (welche Signalform) werden in der pneumatischen Regelungstechnik die Signale übertragen? (2P)

0,2 ÷ 1,0 bar (Überdruck)

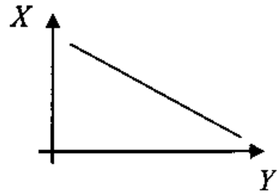
5. In einer Versuchsanleitung stehen beispielhaft als Einstellwerte für einen PID-Regler: $K_p=0,4$; $T_n=T_v=2s$. Was ist dazu zu bemerken? (2P)

$T_n = T_v$ ⇒ kann nicht sein ⇒ $T_n = 4 \ldots 5 \cdot T_v$

6. Bei einer Hebevorrichtung sei die Drehzahl der Winde die Stellgröße Y. Die Position der zu hebenden Last sei die Regelgröße X. Erläutern Sie, weshalb es sich dabei um eine Regelstrecke ohne Ausgleich handelt? (3P) Geschw. ~ Drehzahl also $\dot{X} \sim Y$ oder $X \sim \int Y dt$

auch: Drehzahl $\neq 0$ ⇒ Position ändert sich fortlaufend

7. Das statische Verhalten einer Regelstrecke wird durch die nebenstehende Skizze wiedergegeben. Dabei sinkt die Regelgröße mit wachsender Stellgröße. Wie wird dies im Regelkreis/Wirkungsplan berücksichtigt? (2P)



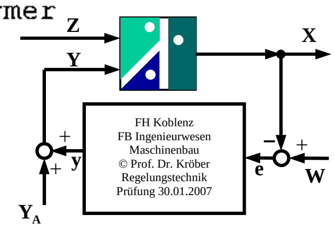
Minuszeichen $\xrightarrow{Y} \underset{-}{\circ} \xrightarrow{X}$

8. Bei einem Hydrauliksystem wird während des Ausfahrvorganges eines Zylinders das Wegeventil plötzlich in die Nullstellung geschaltet. Dabei zeigt sich im Druckverlauf eine Druckspitze und eine rasch abklingende Schwingung. Welche Größen gehen in die Eigenfrequenz bzw. Eigenkreisfrequenz dieser Schwingung ein? (3P)

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

9. Bei einer Kaskadenregelung werden benötigt (Stückzahl angeben):(3P)

1 Stellgeräte, 2 Regler und 2 Messumformer



R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (14P)

Das statische Verhalten einer Regelstrecke wird durch das abgebildete Kennfeld beschrieben. In einem beliebigen Arbeitspunkt kann das Verhalten durch die angegebene Gleichung beschrieben werden:

$$X - X_A = x = K_y \cdot y = K_y \cdot (Y - Y_A)$$

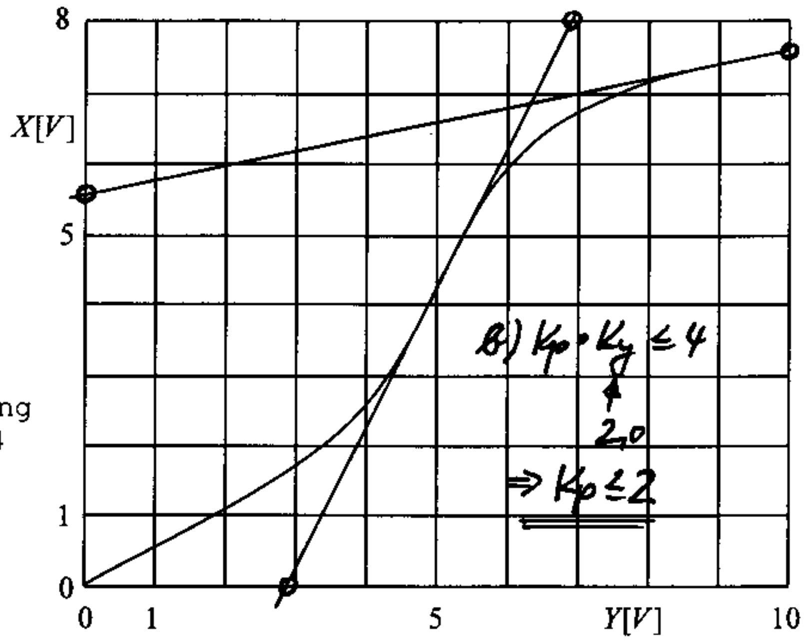
wobei: $K_y = \frac{\partial X}{\partial Y}\Big|_A$

a. Bestimmen Sie für das gesamte Kennfeld den Minimalwert und den Maximalwert für K_y!

b. Wie groß darf ein fest eingestelltes K_p sein, damit die Kreisverstärkung in jedem Arbeitspunkt ≤ 4 ist?

$K_{y\,min} = \frac{7{,}6 - 5{,}6}{10 - 0} = 0{,}20$

$K_{y\,max} = \frac{8 - 0}{6{,}9 - 2{,}9} = 2{,}0$



Aufgabe 2 (12P)

Die Füllstandsregelstrecke im Labor Regelungstechnik kann als eine Reihenschaltung eines I-Gliedes und eines PT_1-Gliedes aufgefasst werden.

$$G_s = \frac{x}{y} = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)}$$

Zur numerischen Untersuchung des dynamischen Verhaltens kann dieses Verhalten durch folgende Rekursionsformel beschrieben werden:

$$x_{i+1} = K_1 \cdot x_i + K_2 \cdot x_{i-1} + K_3 \cdot y_i$$

Hilfestellungen:

$$\frac{dx}{dt} \approx \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t} \qquad \frac{d^2x}{dt^2} \approx \frac{x_{i+1} + x_{i-1} - 2 \cdot x_i}{\Delta t^2}$$

Bestimmen Sie K_1, K_2 und K_3!

Aufgabe 3 (14P)

Eine Regelstrecke 3. Ordnung wird mit einem I-Regler geregelt. Bestimmen Sie mit dem Hurwitzverfahren K_I an der Stabilitätsgrenze!

Geg.:

$$G_S = \frac{K_S}{(1 + j\omega T)^3}$$

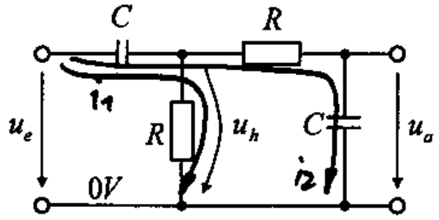
$$G_R = \frac{K_I}{j\omega}$$

Hilfestellungen: $(1+a)^3 = 1 + 3a + 3a^2 + a^3$

$$\begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} = a_2 a_1 - a_3 a_0 \qquad \begin{vmatrix} a_3 & a_1 & 0 \\ a_4 & a_2 & a_0 \\ 0 & a_3 & a_1 \end{vmatrix} = a_3(a_2 a_1 - a_3 a_0) - a_4 a_1^2$$

Aufgabe 4 (20P)

Bei der abgebildeten Schaltung handelt es sich um die einfachste Form eines passiven Bandpassfilters.



a. Weisen Sie nach, dass der Frequenzgang durch folgende Gleichung beschrieben werden kann:

$$G = \frac{\underline{u}_a}{\underline{u}_e} = \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC + (j\omega RC)^2}$$

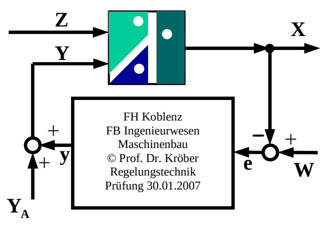
Hilfestellung: u_h verwenden

b. Behauptung: Im Sinne der Regelungstechnik kann die obige Gleichung durch eine Reihenschaltung von drei elementaren Übertragungselementen beschrieben werden.

$$G_1 = K_D j\omega \qquad G_2 = \frac{1}{1 + j\omega T_1} \qquad G_3 = \frac{1}{1 + j\omega T_2}$$

Dabei sind: $K_D = RC$; $T_1 = \frac{1}{2}(3 + \sqrt{5})RC$; $T_2 = \frac{1}{2}(3 - \sqrt{5})RC$

Weisen Sie diese Behauptung nach!



Aufgabe 5 (16P)

Tragen Sie den angegebenen Frequenzgang in das Bode-Diagramm ein!

$$G = \frac{K_D j\omega}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)}$$

Dabei seien:

$K_D = RC$

$T_1 = \frac{1}{2}(3 + \sqrt{5})RC$

$T_2 = \frac{1}{2}(3 - \sqrt{5})RC$

Zahlenwerte:
R = 100 kΩ
C = 5 µF

$K_D = 100 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-6}\,s$

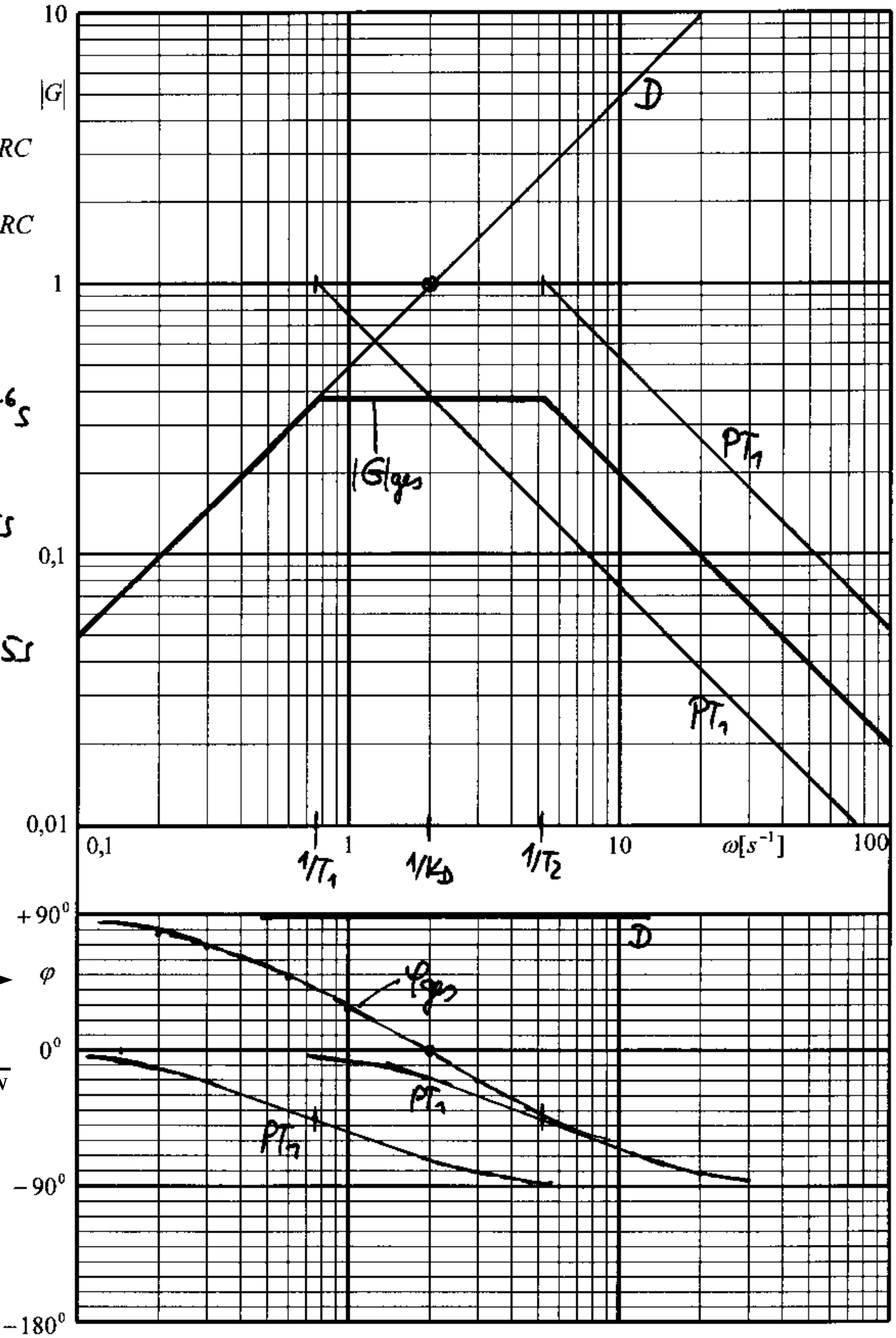
$= 0{,}5\,s$

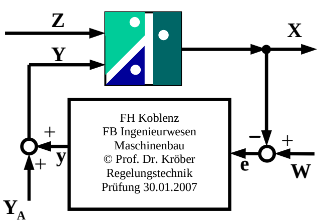
$T_1 = \frac{1}{2}(3+\sqrt{5}) \cdot 0{,}5\,s$

$= 1{,}309\,s$

$T_2 = \frac{1}{2}(3-\sqrt{5}) \cdot 0{,}5\,s$

$= 0{,}191\,s$





Aufgabe 6 (20P)

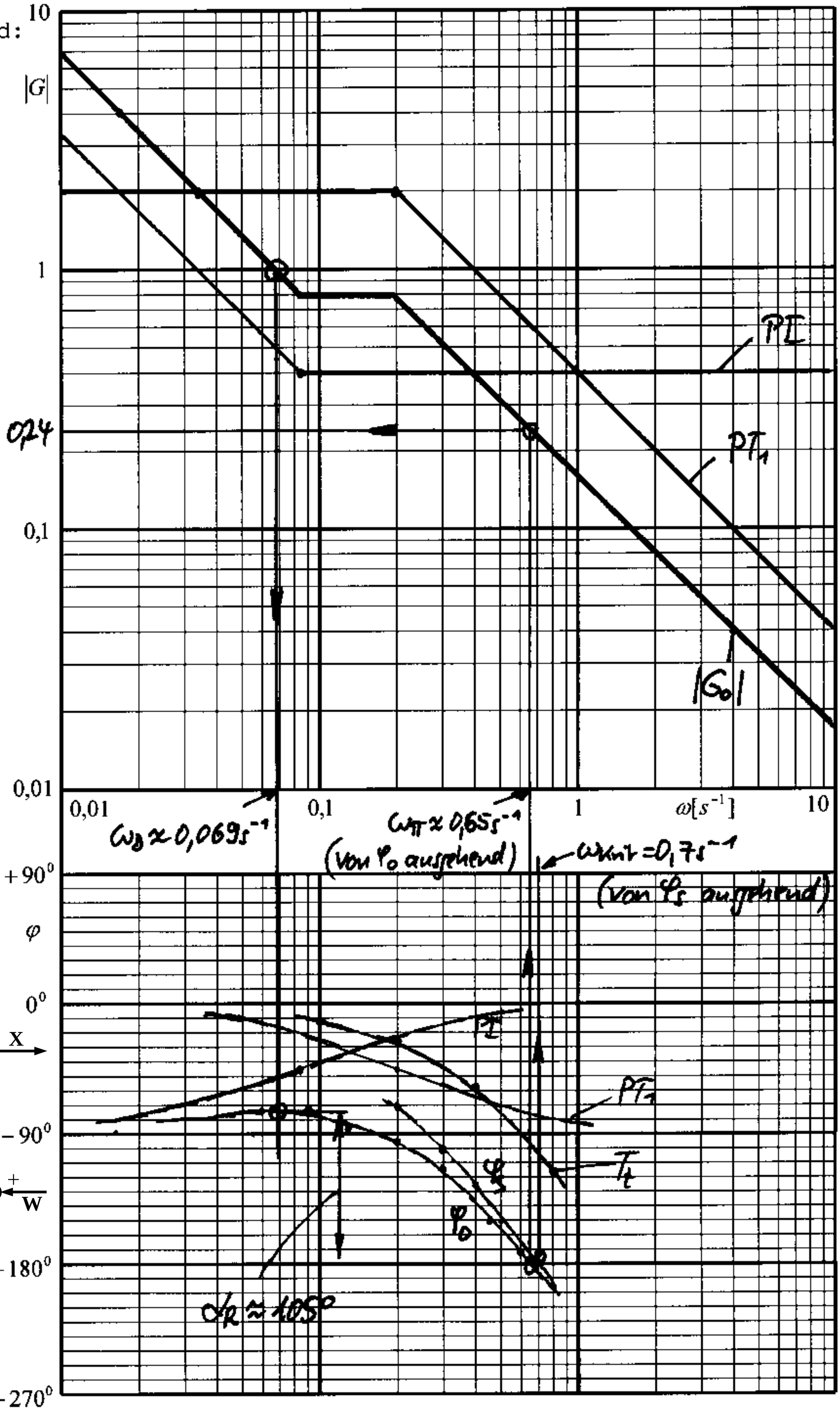
Eine Regelstrecke besteht aus einem PT_1-Glied (K=2; T=5s) und einer Totzeit (K=1; T_t=2,5s). Als Regler wird ein PI-Regler verwendet (K_p=0,4; T_n=12s). Überlagern Sie die Elemente im Bode-Diagramm!

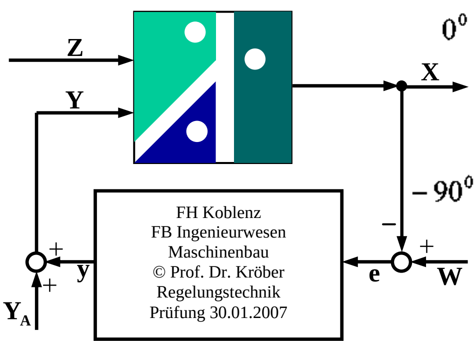
Zu bestimmen sind:

- Amplitudenreserve A_R
- Phasenreserve α_R
- Durchtrittskreisfrequenz ω_D
- Phasenschnittkreisfrequenz ω_π
- ω_{krit} (Ziegler/Nichols)

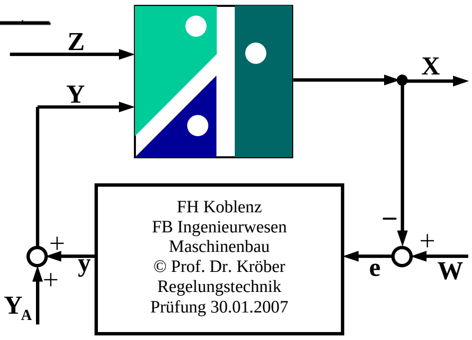
$A_R = \frac{1}{0{,}24}$

$\Rightarrow \underline{\underline{A_R = 4{,}2}}$





Prüfung Regelungstechnik vom 30.01.07



zu 2) $x(j\omega + (j\omega)^2 T) = y K_I$

$$\dot{x} + T\ddot{x} = K_I y$$

$$\frac{x_{i+1}-x_i}{\Delta t} + T\,\frac{x_{i+1}+x_{i-1}-2x_i}{\Delta t^2} = K_I y_i$$

Auflösen nach x_{i+1} ergibt:

$$x_{i+1} = \underbrace{\frac{\Delta t+2T}{\Delta t+T}}_{K_1} x_i + \underbrace{\left(-\frac{T}{\Delta t+T}\right)}_{K_2} x_{i-1} + \underbrace{\left(\frac{K_I\,\Delta t^2}{\Delta t+T}\right)}_{K_3} y_i$$

zu 3) $G_w = \frac{G_S\cdot G_R}{1+G_S G_R} = \frac{\frac{K_S}{(1+j\omega T)^3}\cdot\frac{K_I}{j\omega}}{1+\frac{K_S}{(1+j\omega T)^3}\cdot\frac{K_I}{j\omega}}\cdot\frac{(1+j\omega T)^3 j\omega}{(1+j\omega T)^3 j\omega} = \frac{K_S K_I}{(1+j\omega T)^3 j\omega + K_S K_I}$

$$= \frac{K_S K_I}{K_S K_I + j\omega + (j\omega)^2 3T + (j\omega)^3 3T^2 + (j\omega)^3 T^3}$$

$a_0 = K_S K_I$; $a_1 = 1$; $a_2 = 3T$

$a_3 = 3T^2$; $a_4 = T^3$

1. Bed.: $a_i > 0$ erfüllt

$a_2 a_1 > a_3 a_0$

$\cancel{3}T\cdot 1 > \cancel{3}T^{\cancel{2}} K_S K_I \Rightarrow K_S K_I < \frac{1}{T}$

$a_3(a_2 a_1 - a_3 a_0) - a_4 a_1^2 > 0$

$3T^2(3T\cdot 1 - 3T^2 K_S K_I) - T^3\cdot 1^2 > 0$

$8\cancel{T^3} - 9T^{\cancel{4}} K_S K_I > 0$

$K_S K_I < \frac{8}{9T}$

schärfere Bedingung

also: $K_{I_{krit}} = \frac{8}{9\cdot T\cdot K_S}$

zu 4a) $i_1 + i_2 = \frac{u_e - u_a}{\frac{1}{j\omega C}}$

$i_1 = \frac{u_a}{R}$; $i_2 = \frac{u_a - u_a}{R}$

$i_2 = \frac{u_a}{\frac{1}{j\omega C}}$

Die 3 Unbekannten i_1, i_2 und u_a im Einsetzverfahren eliminieren.

Ergibt: $\frac{u_a}{u_e} = \frac{j\omega RC}{1+3j\omega RC+(j\omega RC)^2}$

zu 4b) $G_{ges} = G_1\cdot G_2\cdot G_3 = K_D j\omega\,\frac{1}{1+j\omega T_1}\cdot\frac{1}{1+j\omega T_2}$

$$= RCj\omega\,\frac{1}{1+j\omega\frac{1}{2}(3+\sqrt{5})RC}\cdot\frac{1}{1+j\omega\frac{1}{2}(3-\sqrt{5})RC}$$

$$= \frac{RCj\omega}{1+j\omega\left[\frac{1}{2}(3+\cancel{\sqrt{5}})RC+\frac{1}{2}(3-\cancel{\sqrt{5}})RC\right]+(j\omega)^2\underbrace{\frac{1}{4}(3^2-\sqrt{5}^2)}_{1}}$$

$$= \frac{j\omega RC}{1+3j\omega RC+(j\omega RC)^2}$$