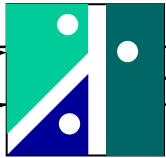


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsteil ersichtlich sein.

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

Note : _____

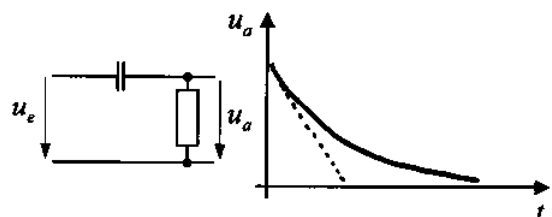
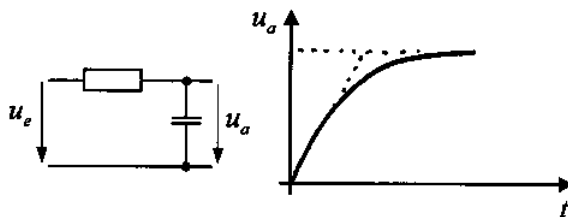
Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



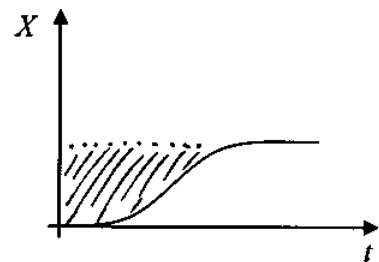
 FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 23.01.2006

K U R Z F R A G E N :

1. Auf die folgenden Systeme wird eine Sprungfunktion gegeben. Skizzieren Sie die dazugehörige Sprungantwort! (4P)



2. Die Abbildung zeigt den Verlauf der Regelgröße (geschlossener Regelkreis) beim plötzlichen Auftreten einer Störgröße. Welcher Regler wird eingesetzt? Schraffieren Sie den Bereich, der durch die homogene Lösung der Differentialgleichung beschrieben wird! (4P)



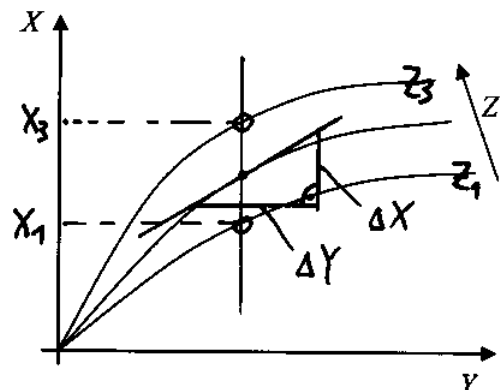
Regler: P- (oder PD-) Regler

3. Die Abbildung zeigt das statische Kennfeld einer Regelstrecke mit dem momentanen Arbeitspunkt.

Skizzieren/Beschreiben Sie die Ermittlung von K_y und K_z ! (4P)

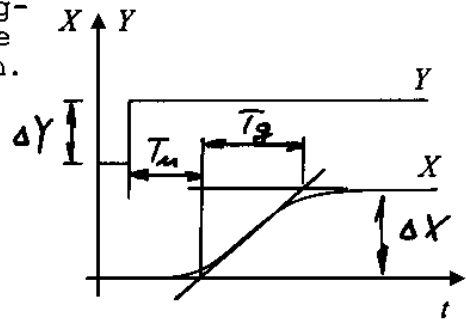
$$K_y = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$K_z = \frac{X_3 - X_1}{Z_3 - Z_1}$$

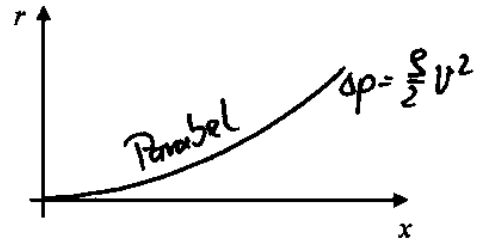


4. Von einer Regelstrecke wird die Sprungantwort aufgenommen. Daraus sollen die Parameter K_S , T_u und T_g bestimmt werden. Ergänzen Sie die dazu notwendigen Schritte! (6P)

$$K_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$



5. In einem Experiment soll zur Regelung der Geschwindigkeit eines Pkw's der Staudruck als Rückführgröße verwendet werden. Die Regelgröße x ist die Geschwindigkeit, die Rückführgröße r ist der Staudruck. Skizzieren Sie die zu erwartende statische Kennlinie! (3P)



6. Ein digitaler Regler hat eine Abtastzeit von 0,1s. Wie groß ist die Totzeit, die dann bei der Stabilitätsuntersuchung mit berücksichtigt werden muss? (1P)

0,05s

7. Welcher Frequenzgang ist der Ausgangspunkt für das Nyquist-Kriterium? (2P)

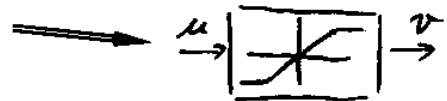
G_0

8. Welche Regler werden durch folgende Rekursionsgleichungen beschrieben? (4P)

$$y_i = y_{i-1} + \dots e_i \quad \underline{\text{I-Regler}}$$

$$y = y_A + \dots e_i \quad \underline{\text{P-Regler}}$$

9. Skizzieren Sie den Übertragungsblock für eine "Begrenzung der Stellgröße"! (2P)

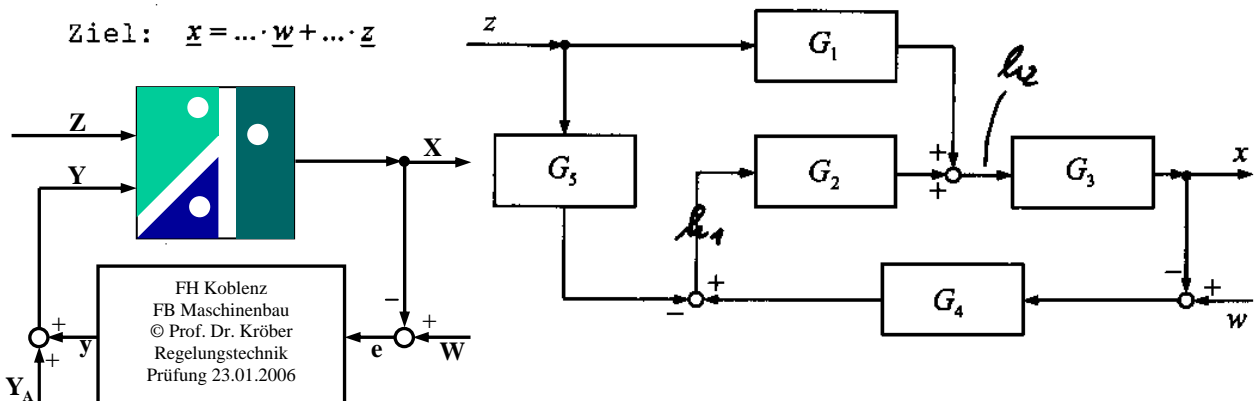


RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (18P)

Die Abbildung zeigt den Wirkungsplan einer Störgrößenaufschaltung. Bestimmen Sie durch das Einführen von Hilfsgrößen eine Gleichung zur Beschreibung des Störungs- und Führungsverhaltens!

Ziel: $\underline{x} = \dots \underline{w} + \dots \underline{z}$



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 23.01.2006

Aufgabe 2 (22P)

Eine im Regelungstechnik-Labor untersuchte Regelstrecke besteht aus zwei PT₁-Gliedern und einer Totzeit. Der Gesamtfrequenzgang kann angegeben werden durch:

$$G_s = \frac{K_s}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)} e^{-j\omega T_t}$$

Zahlenwerte: K_s=2; T₁=6s; T₂=12s, T_t=6s

- Bestimmen Sie (rechnerisch) |G_s| und φ_s für ω=0,1894s⁻¹!
- Verwenden Sie das Ergebnis von a. zur numerischen Bestimmung von T_{krit} und K_{p krit} !

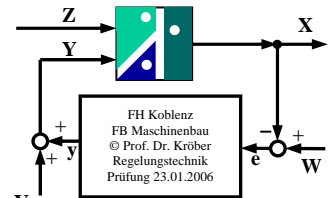
Hinweis zur Lösung: |G_{ges}| = |G₁| · |G₂| · |G₃| ; φ_{ges} = φ₁ + φ₂ + φ₃

Aufgabe 3 (16P)

Eine Regelstrecke besteht aus drei PT₁-Gliedern, jeweils mit der gleichen Zeitkonstante. Der Frequenzgang der Strecke kann angegeben werden durch:

$$G_s = \frac{K_s}{(1+j\omega T)^3}$$

Zur Regelung wird ein P-Regler verwendet.



- Bestimmen Sie mit dem Hurwitzverfahren K_p an der Stabilitätsgrenze (formelmäßige und numerische Lösung)!
Zahlenwerte für die numerische Lösung: K_s=2 (T=6s)
Hilfestellungen: a₁ · a₂ > a₀ · a₃ ; (1+a)³ = 1+3a+3a²+a³
- Durch "Ausprobieren" wurde eine Proportionalverstärkung von K_p=0,8 ermittelt. Wie groß ist dann die Amplitudenreserve?

Aufgabe 4 (26P)

Eine Regelstrecke besteht aus 3 Teilsystemen:

Teilsystem 1:

Die Stellgröße U_y eines Reglers wird durch eine Thyristorschaltung in eine proportionale Heizleistung P_{el} umgeformt.

$$G_1 = \frac{P_{el}}{U_y} = K_1 \quad (0V \leq U_y \leq 10V) \quad (0W \leq P_{el} \leq 3kW)$$

Teilsystem 2:

Zu beheizen ist ein Wasserbad mit m=1kg und c=4183J/(kg·°C). Dieser Sachverhalt wird beschrieben durch:

$$m \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = P_{el}$$

Teilsystem 3:

Zur Messwerterfassung werden ϑ=0 bis 100°C in U_x=0 bis 10V abgebildet. Die Zeitkonstante des Temperaturfühlers sei T = 10s.

Wie groß ist im Gesamtfrequenzgang der Parameter K_I bzw. die Integrierzeit T_I?

$$G_{ges} = \frac{U_x}{U_y} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1+j\omega T)} = \frac{1}{j\omega T_I \cdot (1+j\omega T)}$$

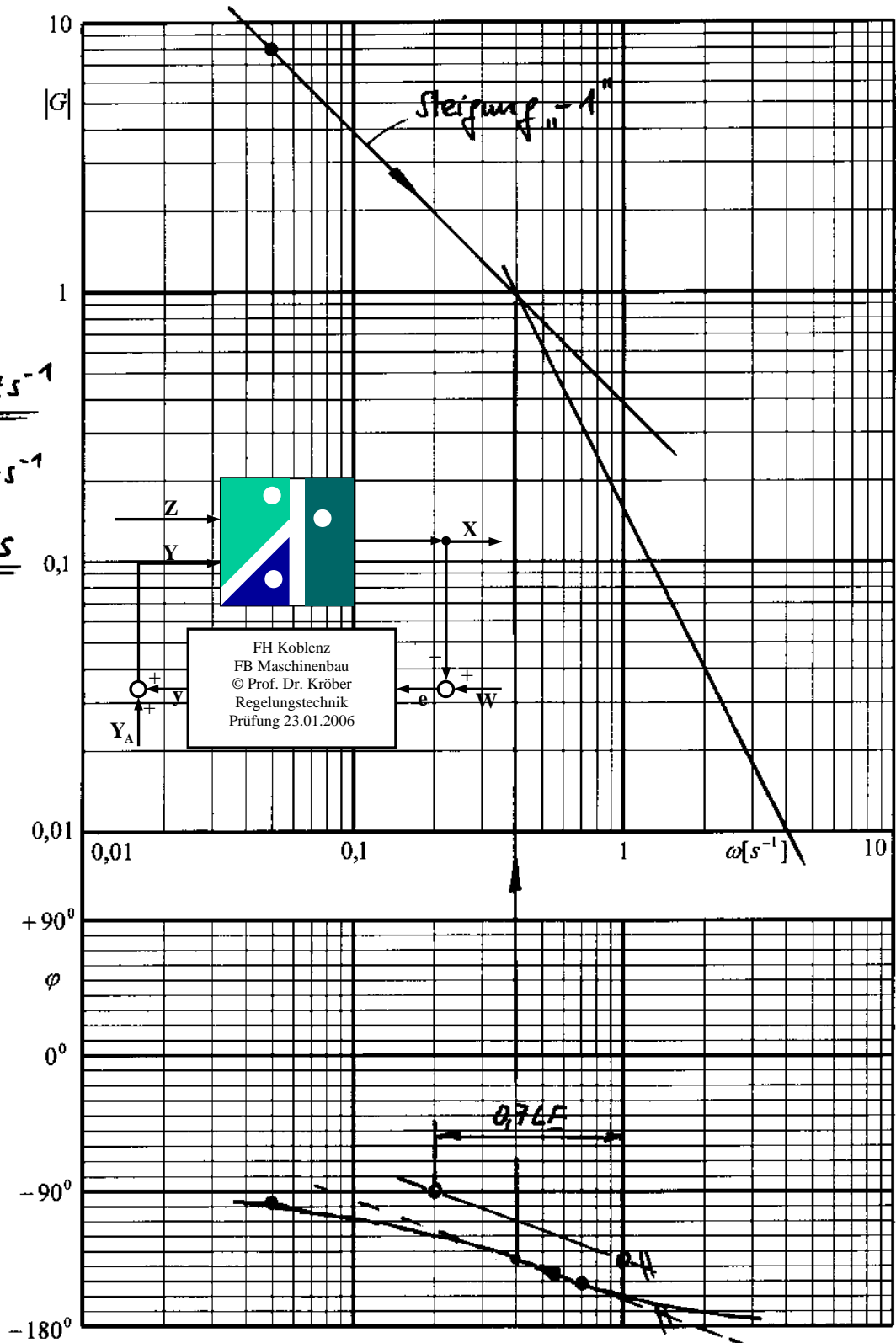
Aufgabe 5 (12P)

Von einer Regelstrecke IT_1 wurde experimentell für eine Kreisfrequenz der Betrag und der Phasenwinkel ermittelt. Für eine weitere Kreisfrequenz wurde nur der Phasengang ermittelt. Zeichnen Sie die gesamten Frequenzgangskennlinien (Betrag und Phase) und ermitteln Sie K_T und T !

$$\underline{K_T = 0,4 s^{-1}}$$

$$\frac{1}{T} = 0,4 s^{-1}$$

$$\Rightarrow \underline{T = 2,5 s}$$



Aufgabe 6 (26P)

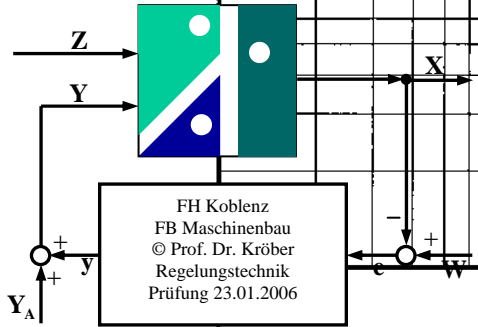
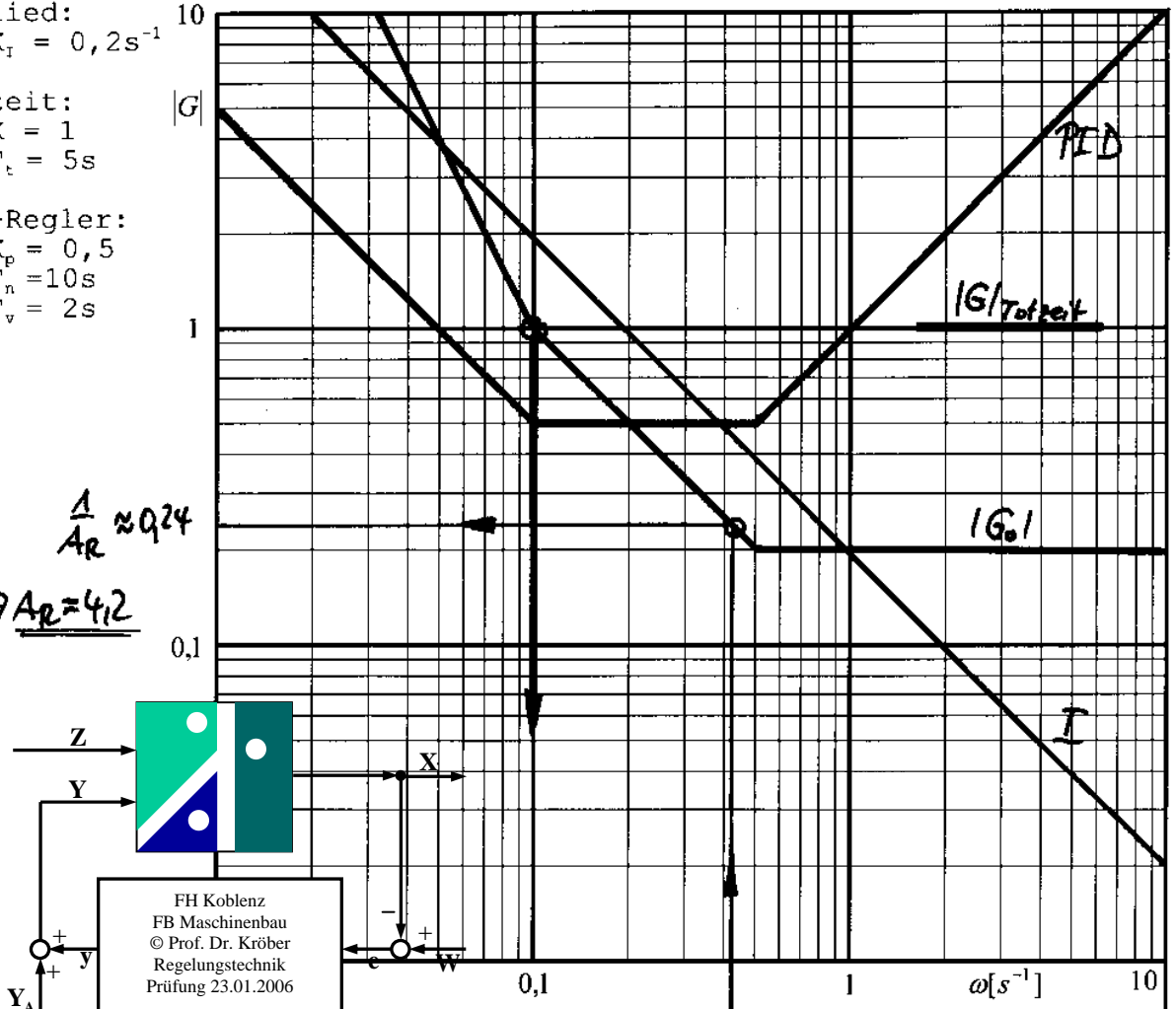
Tragen Sie die 3 Elemente eines Regelkreises in das Bode-Diagramm ein und bestimmen Sie die Amplitudenreserve und die Phasenreserve!

I-Glied:
 $K_I = 0,2s^{-1}$

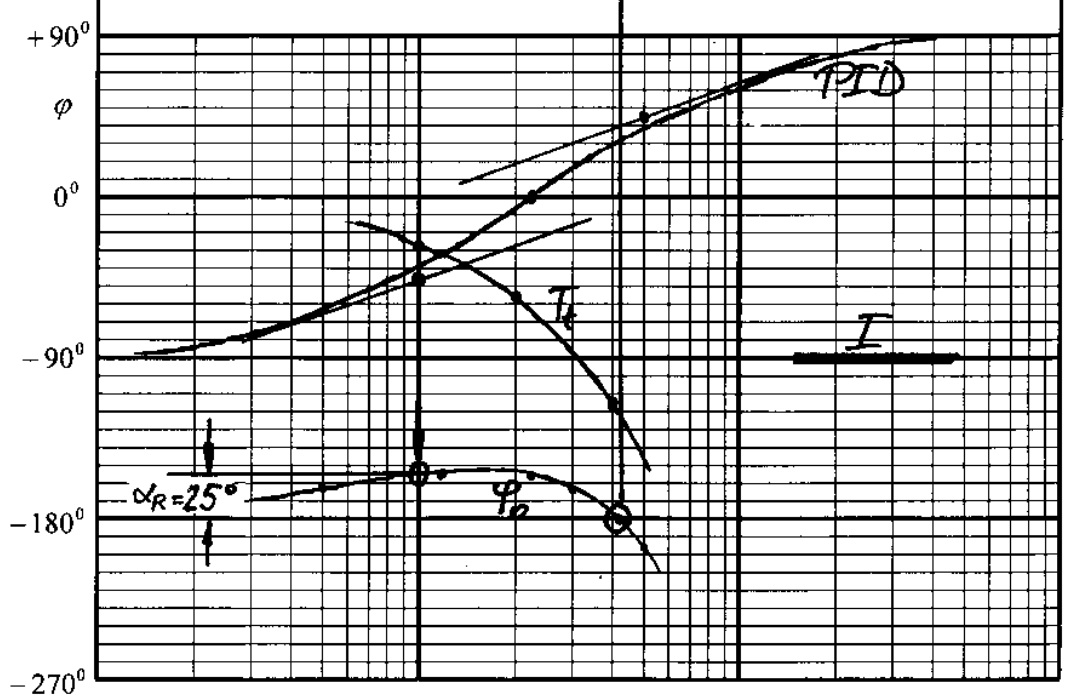
Totzeit:
 $K = 1$
 $T_t = 5s$

PID-Regler:
 $K_p = 0,5$
 $T_n = 10s$
 $T_v = 2s$

$\frac{\Delta}{A_R} \approx 0,24$
 $\Rightarrow \underline{A_R = 4,2}$



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 23.01.2006



Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 23.01.06

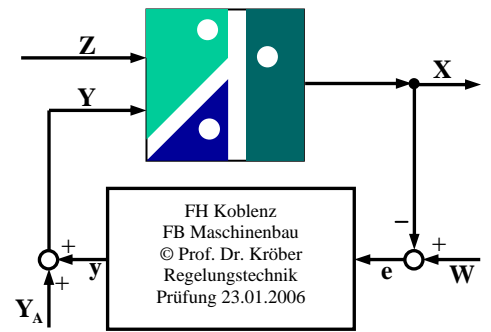
zu 1) $h_2 = G_1 \cdot z + G_2 \cdot h_1$
 $x = G_3 \cdot h_2$
 $h_1 = G_4 (w - x) - G_5 z$

Einsetzen liefert zunächst:

$$x = G_3 (G_1 z + G_2 (G_4 (w - x) - G_5 z))$$

Auflösen nach x ergibt dann:

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



zu 2, a) $|G_3| = \frac{K_3}{\sqrt{1+(\omega T_1)^2} \cdot \sqrt{1+(\omega T_2)^2}} \cdot 1 = \frac{2}{\sqrt{1+(0,1894 \cdot 6)^2} \cdot \sqrt{1+(0,1894 \cdot 12)^2}} = 0,5321$

$\tan \varphi_1 = -\omega T_1 = -0,1894 \cdot 6 \Rightarrow \varphi_1 = -48,653^\circ$

$\tan \varphi_2 = -\omega T_2 = -0,1894 \cdot 12 \Rightarrow \varphi_2 = -66,251^\circ$

$\varphi_3 = -\omega T_t = -0,1894 \cdot 6 \Rightarrow \varphi_3 = -\frac{180}{\pi} \cdot 0,1894 \cdot 6 = -65,111^\circ$

$\varphi_{ges} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = \dots = -180,02^\circ \approx -180^\circ$

b) $\omega = \omega_{krit} = \frac{2\pi}{T_{krit}} \Rightarrow T_{krit} = \frac{2\pi}{0,1894} s = 33,17 s$; $\frac{1}{K_{min}} = 0,5321 \Rightarrow K_{min} = 1,879$

zu 3, a) $G_w = \frac{G_2 \cdot G_5}{1 + G_2 \cdot G_5} = \frac{K_p \cdot \frac{K_s}{(1+j\omega T)^3}}{1 + K_p \cdot \frac{K_s}{(1+j\omega T)^3}} = \dots = \frac{K_p \cdot K_s}{\underbrace{1}_{a_0} + \underbrace{K_p K_s}_{a_1} (j\omega) T + \underbrace{(j\omega)^2 T^2}_{a_2} + \underbrace{(j\omega)^3 T^3}_{a_3}}$

$a_i > 0$; $a_1 a_2 > a_0 a_3$ liefert nach Einsetzen und ... : $K_p < \frac{8}{K_s} = \frac{8}{2} = 4 = K_{krit}$

b) $A_p = \frac{K_p K_s}{K_p} = \frac{4}{0,8} = 5$

zu 4) $G_1 = K_1$; $K_1 = \frac{3000 W}{10 V} = 300 \frac{W}{V}$

$m \cdot c(j\omega) \cdot \underline{u} = P_{ref} \Rightarrow G_2 = \frac{\underline{u}}{P_{ref}} = \frac{1}{m c j\omega}$

$G_3 = \frac{K_3}{1+j\omega T}$; $K_3 = \frac{10 V}{100^\circ} = 0,1 \frac{V}{^\circ}$; $T = 10 s$

zusammen:

$G_{ges} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 = K_1 \frac{1}{m c j\omega} \cdot \frac{K_3}{1+j\omega T} = \frac{K_2}{j\omega (1+j\omega T)}$

Koeffizientenvergleich:
 $K_2 = \frac{K_1 \cdot K_3}{m c} = \frac{300 \frac{W}{V} \cdot 0,1 \frac{V}{^\circ}}{1 \cdot 4 p \cdot 4183 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}} = 7,172 \cdot 10^{-3} s^{-1}$

$T_I = \frac{1}{K_2} = \dots = 139,4 s$