

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 : _____

K U R Z F R A G E N :

1. Von einer Regelstrecke wurde eine Sprungantwort aufgenommen. Daraus wurden bestimmt: $K_s = 1,6$; $T_u = 1$ s ; $T_g = 10$ s

Wie ändern sich die Parameter, wenn der Nullpunkt bei der Messwerterfassung nach oben verstellt wird? (2P)

alle Parameter bleiben unverändert

Wie ändern sich die Parameter, wenn der Verstärkungsfaktor des Messsignals verdoppelt wird? (2P)

$K_f = 3,2$; Rest unverändert

2. Die Tabelle zeigt die Zahlenwerte für die Dichte ρ von überhitztem Wasserdampf in Abhängigkeit der Temperatur ϑ und des Druckes p dar, also: $\rho = f(\vartheta, p)$

	300 bar	400 bar	500 bar
320 °C	713,7 kg/m ³	731,2 kg/m ³	745,9 kg/m ³
340 °C	669,4 kg/m ³	692,8 kg/m ³	711,5 kg/m ³
360 °C	614,1 kg/m ³	648,3 kg/m ³	672,9 kg/m ³

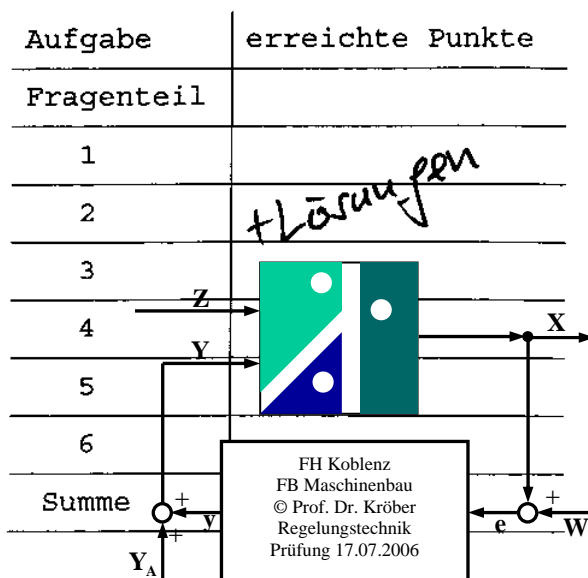
Bestimmen Sie als Grundlage für eine Linearisierung in dem

Arbeitspunkt $\vartheta = 340^\circ\text{C}$; $p = 400\text{bar}$ die Koeffizienten $K_\vartheta = \frac{\partial \rho}{\partial \vartheta}$ und $K_p = \frac{\partial \rho}{\partial p}$!

(4P)
$$K_\vartheta = \frac{648,3 - 731,2 \text{ kg/m}^3}{360 - 320 \text{ }^\circ\text{C}} = -2,073 \frac{\text{kg/m}^3}{^\circ\text{C}} ; K_p = \frac{711,5 - 669,4 \text{ kg/m}^3}{500 - 300 \text{ bar}} = 0,2105 \frac{\text{kg/m}^3}{\text{bar}}$$

3. Welche Übertragungselemente müssen beim Frequenzgang des offenen Regelkreises berücksichtigt werden? (2P)

$G_o = G_r \cdot G_p$ (Strecke + Referenz); alle Elemente im Regelkreis



4. Bei einem Regelkreis wird ein PI-Regler eingesetzt. Bei einem Sollwertsprung zeigt die Regelgröße ein leichtes Überschwingen. In welche Richtung müsste man K_p verstellen, um diese Schwingneigung zu reduzieren?

$K_p \downarrow$

In welche Richtung müsste man T_n verstellen, um diese Schwingneigung zu reduzieren?

(3 P)

$T_n \uparrow$

5. Bei der Frequenzganganalyse hat ein Übertragungselement einen Frequenzgang von $|G|=0,4$ und eine Phasenverschiebung von $\varphi=-40^\circ$. Um welches Übertragungselement kann es sich handeln (Zutreffendes kennzeichnen!)? (2 P)

~~D-Glied~~ / ~~P-Glied~~ / ~~I-Glied~~ / ~~DT-Glied~~ / (PT₁-Glied) / ~~IT₁-Glied~~

6. Bei einer Frequenzganganalyse einer Regelstrecke ergeben sich bei einer Kreisfrequenz von $\omega=0,3s^{-1}$ folgende Werte: $|G|=0,8$ und $\varphi=-180^\circ$. Wie groß ist dann $K_{p\text{Krit}}$? (2 P)

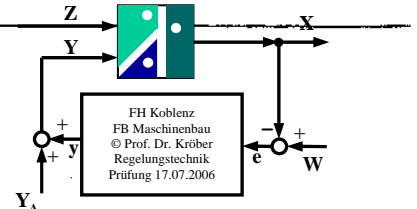
$$K_{p\text{Krit}} = \frac{1}{0,8} = 1,25$$

7. Welcher Anteil der Lösung der Differentialgleichung beschreibt das Einschwingverhalten eines Regelkreises? (2 P)

homogener Anteil

8. Bei einer hydraulischen Positionsregelung soll die Steifigkeit erhöht werden. Nennen Sie zwei mögliche/sinnvolle Maßnahmen! (2 P)

A_k erhöhen ; V_{01} reduzieren



R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (16 P)

Der Frequenzgang eines realen PD-Reglers (ohne Arbeitspunkteinstellung) lautet:

$$G = \frac{y}{e} = K_p \cdot \left(1 + \frac{j\omega T_v}{1 + j\omega T} \right)$$

Mögliche Hilfestellung:

$$|G| = \sqrt{Re^2 + Im^2}$$

$$\tan \varphi = \frac{Im}{Re}$$

- a. Bestimmen Sie den Betrag und den Phasenwinkel des Frequenzganges für $\omega = 2s^{-1}$!

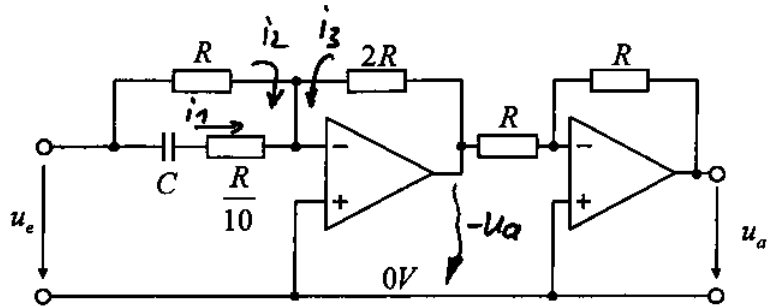
Zahlenwerte zu a: $K_p = 2$; $T_v = 1s$; $T = 0,1s$
(Bem.: Zahlenwerte nur für a.)

- b. Formen Sie den Frequenzgang so um, dass die dazugehörige Differentialgleichung im Zeitbereich entsteht (formelmäßige Lösung)! Ziel (oder so ähnlich):

$$\dots \frac{dy}{dt} + \dots \cdot y = \dots \cdot e + \dots \frac{de}{dt}$$

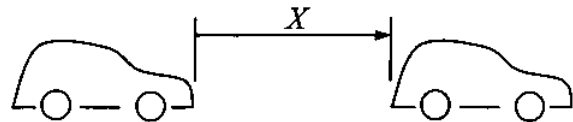
Aufgabe 2 (12P)

Die Schaltung zeigt einen realen PD-Regler (ohne Arbeitspunkteinstellung). Welche Werte/Gleichungen ergeben sich für die Proportionalverstärkung, die Vorhaltezeit und die Zeitkonstante des PT_1 -Gliedes?



Aufgabe 3 (12P)

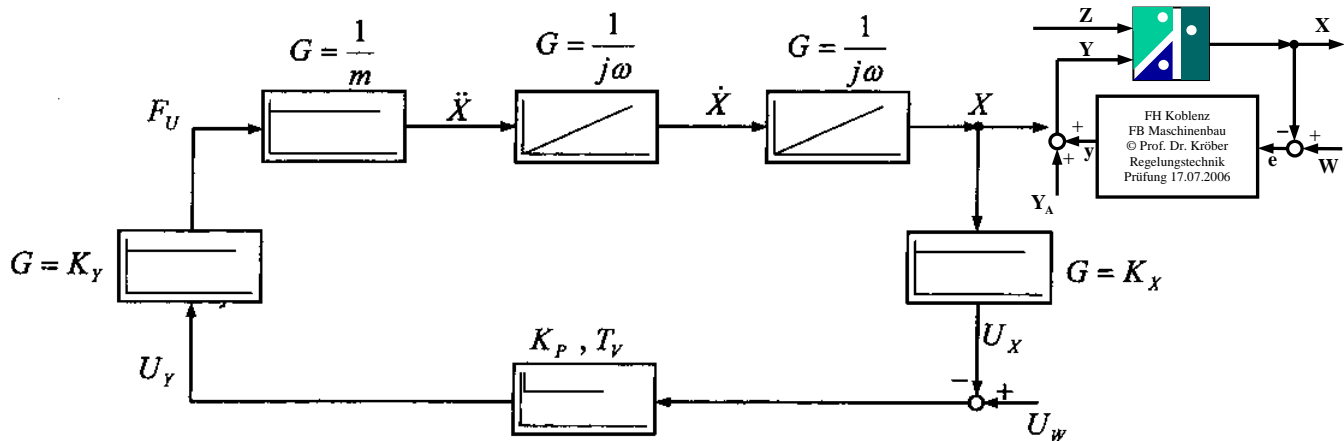
Durch die nachfolgende Regelung soll der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug auf einem möglichst konstanten Wert gehalten werden.



Der Abstand X wird mit einem Lasermesssystem gemessen und dem Regler als proportionale Spannung U_x zur Verfügung gestellt. Als Regler wird ein idealer PD-Regler verwendet. Proportional der Stellgröße U_y ergibt sich eine Umfangskraft F_y am Reifen. Aufgrund der Umfangskraft ergibt sich eine Beschleunigung \ddot{X} des Fahrzeugs.

Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz und den Dämpfungsgrad für das geregelte System!

Gesucht sind: $\omega_0 = f_1(K_P, T_V, K_Y, m, K_X) = \dots$; $\frac{\delta}{\omega_0} = f_1(K_P, T_V, K_Y, m, K_X) = \dots$



Aufgabe 4 (12P)

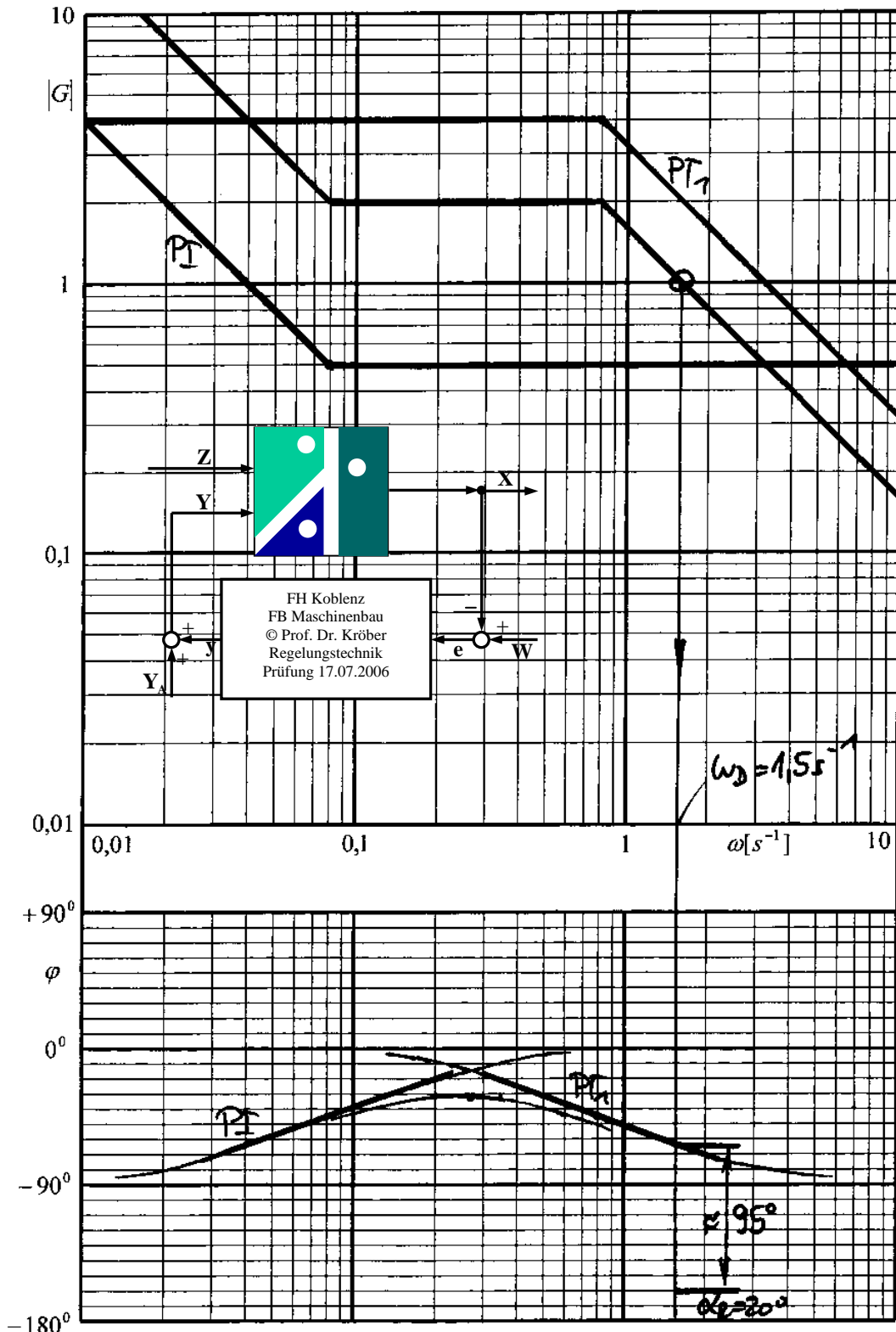
Das statische Verhalten einer Regelstrecke und eines Reglers wird durch die folgenden beiden Gleichungen angegeben (linearisierte Form).

$$x = K_z \cdot z + K_y \cdot y \quad ; \quad y = K_p \cdot (w - x)$$

- Skizzieren Sie den dazugehörigen Wirkungsplan!
- Ermitteln Sie eine Gleichung zur Bestimmung des Regelfaktors!
- Wie groß ist die Kreisverstärkung?
- Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz beim Auftreten einer Sollwertveränderung?

Aufgabe 5 (16P)

Ein Regelkreis besteht aus einem PT_1 -Glieder ($K=4$; $T=1,25s$) und einem PI-Regler ($K_p=0,5$; $T_n=12,5s$). Überlagern Sie die beiden Elemente im Bode-Diagramm! Wie groß darf eine zusätzliche Totzeit sein, wenn die Phasenreserve 20 Grad betragen soll?



Aufgabe 6 (16P)

Der Frequenzgang einer Regelstrecke lautet: $G_S = \frac{K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)}$

Zahlenwerte:

- $K_S = 4$
- $T_1 = 1,25s$
- $T_2 = 5,0 s$
- $T_3 = 20,0 s$

Wie groß muss K_p (P-Regler) gewählt werden, damit die Amplitudenreserve gerade $A_R = 3$ beträgt?

$$\frac{1}{K_{krit}} = 0,21$$

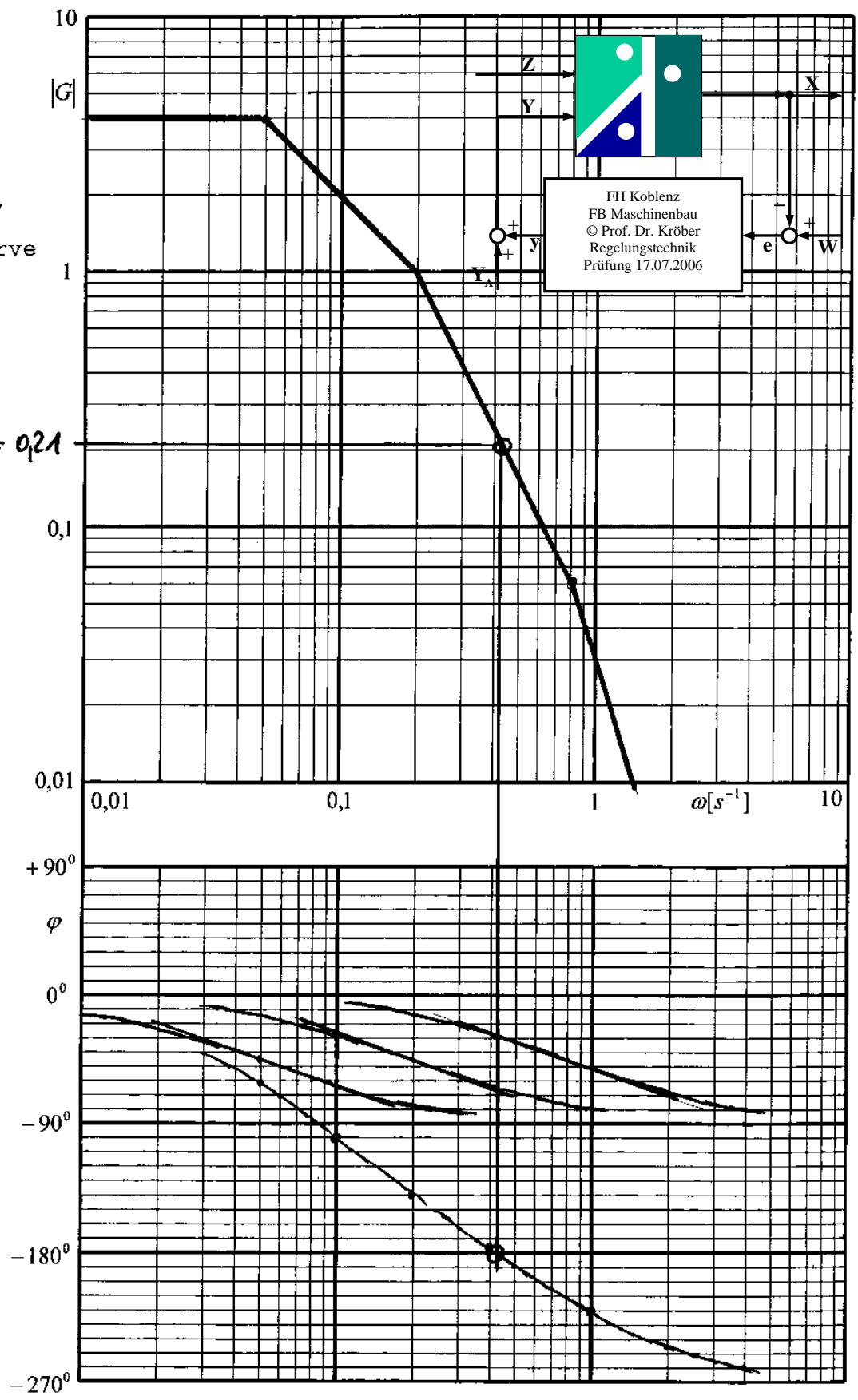
$$K_{krit} = \frac{1}{0,21}$$

$$= 4,76$$

$$K_p = \frac{K_{krit}}{A_R}$$

$$= \frac{4,76}{3}$$

$$\underline{K_p \approx 1,6}$$



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 17.07.2006

Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 17.07.06 (Blatt 1)

$$2u1, a) G = K_p \left(1 + \frac{j\omega T_v}{1+j\omega T}\right) = K_p \frac{1+j\omega T + j\omega T_v}{1+j\omega T} = K_p \frac{1+j\omega(T+T_v)}{1+j\omega T}$$

$$\underline{|G|} = K_p \frac{\sqrt{1+(\omega(T+T_v))^2}}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} = 2 \frac{\sqrt{1+(2 \cdot 0,1 \cdot 1)^2}}{\sqrt{1+(2 \cdot 0,1)^2}} = \underline{\underline{4,739}}$$

$$G = K_p \frac{1+j\omega(T+T_v)}{1+j\omega T} \cdot \frac{1-j\omega T}{1-j\omega T} = K_p \frac{1-j\omega T + j\omega(T+T_v) + \omega^2(T+T_v)T}{1+(\omega T)^2}$$

$$= K_p \underbrace{\frac{1+\omega^2(T+T_v)T}{1+(\omega T)^2}}_{Re} + j K_p \underbrace{\frac{\omega T_v}{1+(\omega T)^2}}_{Im}$$

$$\tan \varphi = \frac{Im}{Re} = \frac{K_p \frac{\omega T_v}{1+(\omega T)^2}}{K_p \frac{1+\omega^2(T+T_v)T}{1+(\omega T)^2}} = \frac{\omega T_v}{1+\omega^2(T+T_v)T} = \frac{2 \cdot 1}{1+2^2(0,1+1) \cdot 0,1} = 1,38 \dots \Rightarrow \underline{\underline{\varphi = +54,25^\circ}}$$

Bem.: $|G| = \sqrt{Re^2 + Im^2}$ auch möglich

$$b) \frac{y}{e} = K_p \frac{1+j\omega(T+T_v)}{1+j\omega T}$$

$$y(1+j\omega T) = e K_p (1+j\omega(T+T_v))$$

$$\underline{y + T \frac{dy}{dt} = K_p e + K_p(T+T_v) \frac{de}{dt}}$$

$$2u2) i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

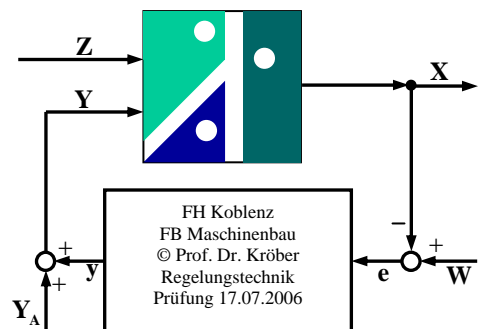
$$\frac{u_e}{\frac{1}{j\omega C} + \frac{R}{10}} + \frac{u_e}{R} + \frac{-u_a}{2R} = 0$$

$$u_e \left[\frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + \frac{R}{10}} + \frac{1}{R} \right] = \frac{u_a}{2R}$$

$$\frac{u_a}{u_e} = 2R \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + \frac{R}{10}} \cdot \frac{j\omega C}{j\omega C} \right] = 2 \left(1 + \frac{j\omega RC}{1+j\omega \frac{RC}{10}} \right)$$

$$\text{Koeff.-vergleich: } \underline{K_p = 2}; \quad \underline{T_v = RC}; \quad \underline{T_{PH} = \frac{1}{10} RC}$$

Bem.:
siehe auch
Aufgabe 1



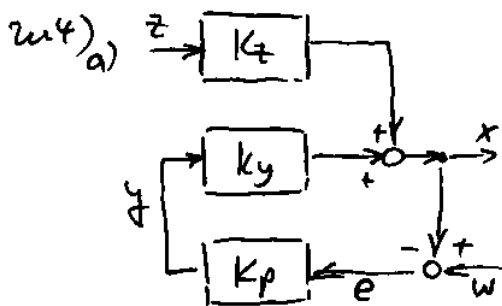
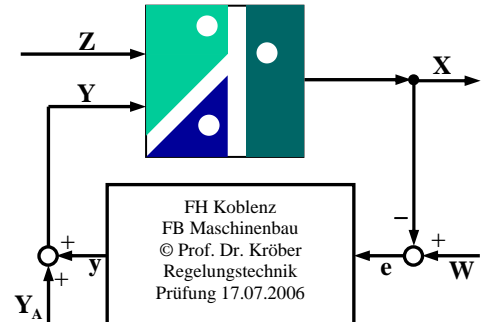
Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 17.07.06 | Blatt 2

$$u3) G_w = \frac{K_p(1+j\omega T_r) K_y \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{1}{j\omega}}{1 + K_p(1+j\omega T_r) K_y \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{1}{j\omega} \cdot K_x} \cdot \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2}$$

$$= \frac{\frac{K_p \cdot K_y}{m} (1+j\omega T_r)}{(j\omega)^2 + \frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x}{m} (1+j\omega T_r)}$$

$$= \frac{\frac{K_p \cdot K_y}{m} (1+j\omega T_r)}{(j\omega)^2 + (j\omega) \underbrace{\frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x \cdot T_r}{m}}_{2\delta} + \underbrace{\frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x}{m}}_{\omega_0^2}}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x}{m}} ; \zeta = \frac{\frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x \cdot T_r}{2m}}{\sqrt{\frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x}{m}}} = \frac{T_r}{2} \sqrt{\frac{K_p \cdot K_y \cdot K_x}{m}}$$



$$b) x = K_z \cdot z + K_y [K_p (w - x)]$$

$$x = K_z \cdot z + K_y \cdot K_p \cdot w - K_y \cdot K_p \cdot x$$

$$x(1 + K_y K_p) = K_z \cdot z + K_y K_p w$$

$$x = \frac{K_z}{1 + K_y K_p} z + \frac{K_y \cdot K_p}{1 + K_y K_p} w$$

Regelfaktor $R = \frac{\Delta x_{\text{max}}}{\Delta x_{\text{OR}}}$ wobei $w=0$:

$$R = \frac{\frac{K_z}{1 + K_y \cdot K_p} \cdot z}{\frac{K_z}{1 + K_y \cdot 0} \cdot z} = \frac{1}{1 + K_y \cdot K_p}$$

c) Kreisverstärkung = $K_y \cdot K_p$

d) hier: $z=0$ also $x = \frac{K_y \cdot K_p}{1 + K_y \cdot K_p} w$

$$e = w - x = w - \frac{K_y \cdot K_p}{1 + K_y \cdot K_p} w = \frac{1 + K_y \cdot K_p - K_y \cdot K_p}{1 + K_y \cdot K_p} w = \frac{1}{1 + K_y \cdot K_p} w$$