

Regelungstechnik WS 15/16
 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 : _____

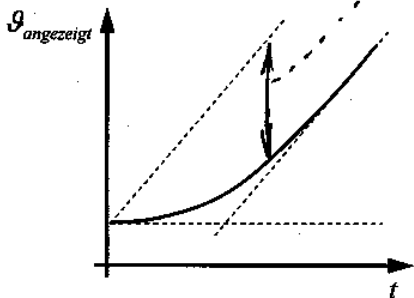
KURZFragen :

1. Wie lautet der Frequenzgang der angegebenen Struktur?
 (3P)

$-G_1$

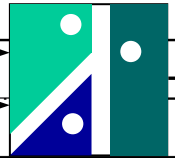
2. An dem Kurvenverlauf der Regelgröße lässt sich erkennen, dass es sich um eine Regelstrecke mit Ausgleich handelt. Wie müsste der Kurvenverlauf der Regelgröße aussehen, wenn es sich um eine Regelstrecke ohne Ausgleich handeln würde (in Skizze eintragen!)?
 (2P)

3. In einem Wasserbad wird zum Zeitpunkt $t=0$ die Heizung eingeschaltet (IT_1 -Regelstrecke). In der Skizze ist der angezeigte Temperaturverlauf eingetragen. Kennzeichnen Sie den Schleppfehler!
 (2P)

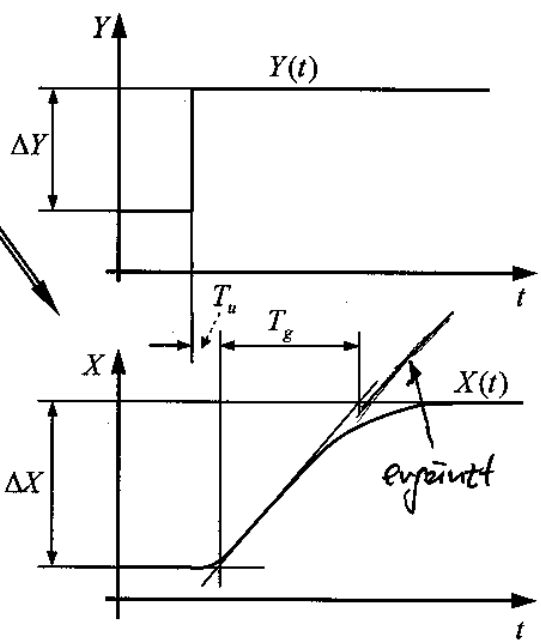
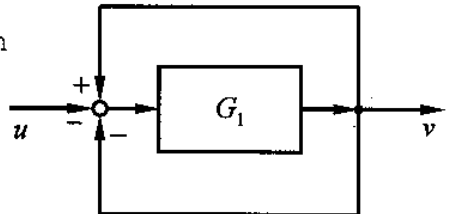


Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungsweg



HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 30.01.2016

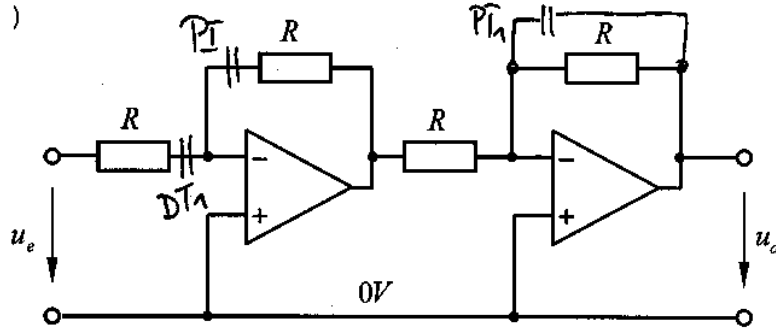


4. Aus welchen beiden Parametern ermittelt/berechnet man bei Ziegler/Nichols die Reglereinstellwerte?
 (2P)

K_{krit} , T_{krit}

5. Durch die Platzierung eines Kondensators kann man das Übertragungsverhalten der angegebenen Schaltung verändern.
- Platzieren Sie einen Kondensator so, dass sich PT_1 -Verhalten ergibt! (2P)
 - Platzieren Sie einen Kondensator so, dass sich DT_1 -Verhalten ergibt! (2P)
 - Platzieren Sie einen Kondensator so, dass sich PI-Verhalten ergibt! (2P)

Kondensatoren zum Beispiel mit unterschiedlichen Farben eintragen



6. Ein Regelkreis arbeitet an der Stabilitätsgrenze und führt Dauerschwingungen aus.

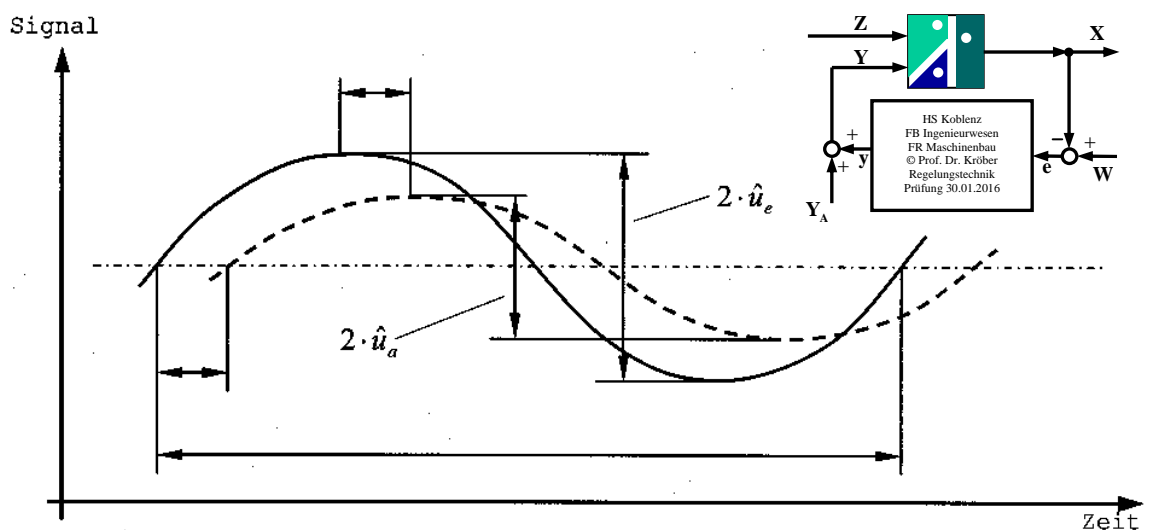
- a. Wie ändert sich diese Dauerschwingung, wenn die Verstärkung am Regler erhöht wird? (2P)

Schwingungsausläge werden größer

- b. Wie ändert sich diese Dauerschwingung, wenn der Regler in den Handbetrieb versetzt wird? (2P)

sofort keine Schwingung mehr (= Steuerung)

7. Bestimmen Sie für die abgebildeten Signalverläufe $|G|$ und φ ! (6P)



$$|G| = \frac{2}{3,2} = 0,625$$

$$\varphi = -\frac{10}{105} \cdot 360^\circ = -34,3^\circ$$

RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (18P)

In einer kürzlich eingegangenen Email wurde eine progressive Federkennlinie thematisiert.

$$F = 1000000 \cdot x^{1,3} = 10^6 \cdot x^{1,3}$$

In der angegebenen Formel werden der Weg x in [m] und die Kraft F in [N] eingesetzt. Die Einheiten sollen hier jedoch zur Vereinfachung nicht betrachtet werden.

- a. Bestimmen Sie im Arbeitspunkt $F_A = 300$ (bzw. $F_A = 300$ N) die Federsteifigkeit c !

Hilfestellung: $c = \frac{\partial F}{\partial x} \Big|_A$

- b. Bestimmen Sie im gleichen Arbeitspunkt die Federsteifigkeit c durch Verwendung des Differenzenquotienten! Verwenden Sie hierbei $F_1 = 250$ (bzw. $F_1 = 250$ N) und $F_2 = 350$ (bzw. $F_2 = 350$ N).

Hilfestellung: $c \approx \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1}$

Aufgabe 2 (18P)

Von einem digitalen PID-Regler ist die folgende Rekursionsgleichung gegeben:

$$y_i = y_{i-1} + 4,82 \cdot e_i - 8,8 \cdot e_{i-1} + 4 \cdot e_{i-2}$$

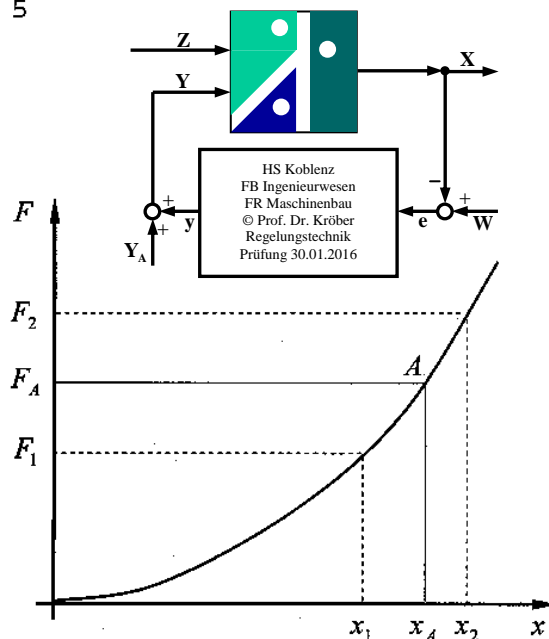
Ferner sind die folgenden Parameter bekannt: $T_v = 0,5$ s; $\Delta t = 0,1$ s

- a. Bestimmen Sie K_p und T_n !
 b. Der Algorithmus wurde für einige Werte bereits ausgeführt. Bestimmen Sie noch y_3 und y_4 !

i	0	1	2	3	4
e_i	0	0	2	2	2
y_i	0	0	9,64	1,68	1,72

Hilfestellung, Rekursionsgleichung eines PID-Reglers:

$$y_i = y_{i-1} + K_p \cdot \left[\left(1 + \frac{\Delta t}{T_n} + \frac{T_v}{\Delta t} \right) \cdot e_i - \left(1 + 2 \cdot \frac{T_v}{\Delta t} \right) \cdot e_{i-1} + \frac{T_v}{\Delta t} \cdot e_{i-2} \right]$$



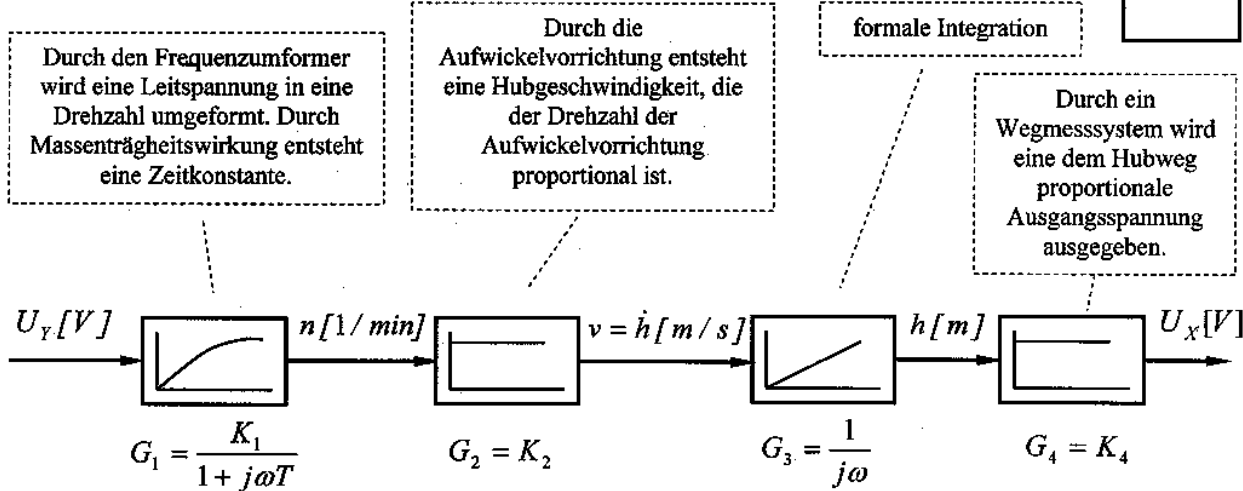
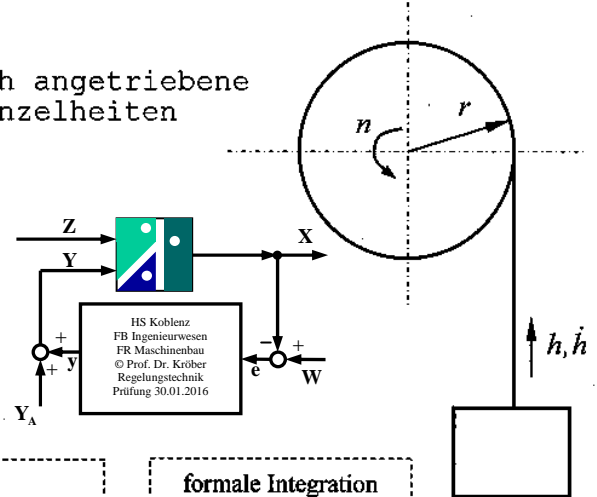
Aufgabe 3 (14P)

In dieser Aufgabe wird eine elektrisch angetriebene Hubvorrichtung untersucht. Weitere Einzelheiten sind unten angegeben.

Gegeben: $K_1 = \frac{2}{1V} \frac{1}{min}$; $K_4 = \frac{2,5V}{1m}$; $r = 0,25m$

$$G_{ges} = \frac{U_x}{U_y} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_4}{(1 + j\omega T) \cdot j\omega} = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)}$$

Bestimmen Sie K_2 und K_I !



Aufgabe 4 (16P)

Ein Regelkreis besteht aus $G_S = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)}$ sowie $G_R = K_P \cdot (1 + j\omega T_V)$.

- Bestimmen Sie zunächst den Führungsfrequenzgang!
- Ermitteln Sie aus dem Nenner eine Gleichung zur Bestimmung des Dämpfungsgrades!

Ziel: $\mathcal{D} = \frac{\delta}{\omega_0} = f(K_I \cdot K_P \cdot T_V, K_I \cdot K_P \cdot T)$

Aufgabe 5 (14P)

Bestimmen Sie von dem angegebenen Frequenzgang $|G|$ und φ (weitgehend formelmäßige und numerische Lösung)!

Zahlenwerte: $K_I = 2s^{-1}$; $\omega = 2s^{-1}$; $T = 0,5s$

$$G = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)}$$

Verschiedene mögliche Hilfestellungen:

$$G = Re(G) + j \cdot Im(G) = Re + j \cdot Im$$

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

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

$$G = \frac{Z}{N}$$

$$|G| = \frac{|Z|}{|N|}$$

$$\varphi = \varphi_Z - \varphi_N$$

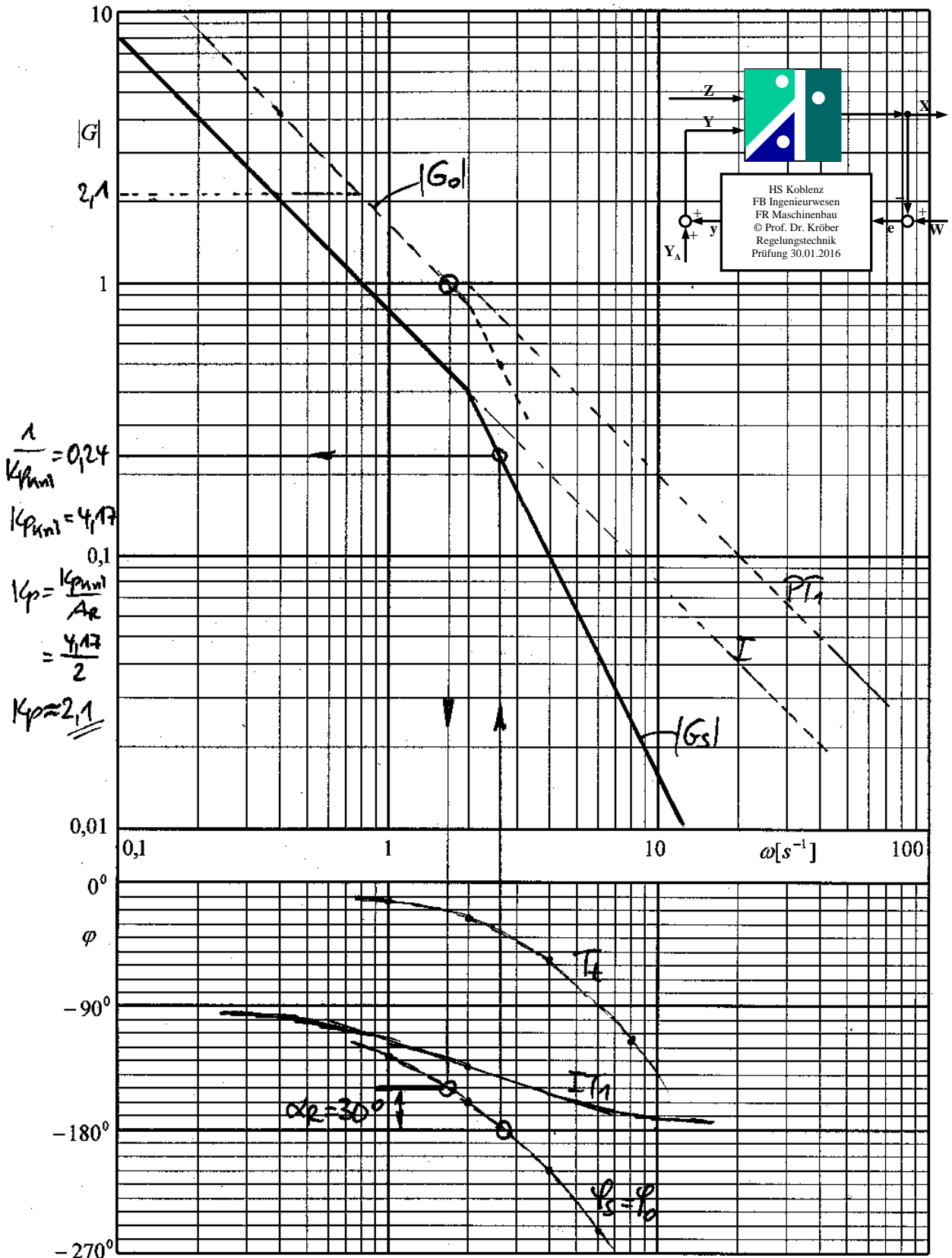
$$G = G_1 \cdot G_2$$

Aufgabe 6 (20P)

Im Bode-Diagramm ist zunächst der folgende Frequenzgang darzustellen.

$$G_S = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)} \cdot e^{-j\omega T_t} \quad \text{Zahlenwerte: } K_I = 0,8 \text{ s}^{-1}; T = 0,5 \text{ s}; T_t = 0,25 \text{ s}$$

Es wird ein P-Regler eingesetzt. Wie groß muss K_p sein, damit sich eine Amplitudenreserve von 2 ergibt? Wie groß ist dann die Phasenreserve?



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 25.01.16

211, a) $C = \frac{\partial F}{\partial x} \Big|_A = 10^6 \cdot 1,3 \cdot x^{0,3} \Big|_A$

$$x_A = \left(\frac{F_A}{10^6} \right)^{\frac{1}{0,3}} = \left(\frac{300}{10^6} \right)^{\frac{1}{0,3}} = 0,0019503 \text{ (m)}$$

$$\underline{\underline{C = 10^6 \cdot 1,3 \cdot 0,0019503^{0,3} \left(\frac{N}{m} \right) = 199973 \left(\frac{N}{m} \right)}}$$

b) $x_1 = \left(\frac{F_1}{10^6} \right)^{\frac{1}{0,3}} = \left(\frac{250}{10^6} \right)^{\frac{1}{0,3}} = 0,0016951 \text{ (m)}$

$$x_2 = \left(\frac{F_2}{10^6} \right)^{\frac{1}{0,3}} = \left(\frac{350}{10^6} \right)^{\frac{1}{0,3}} = 0,0021958 \text{ (m)}$$

$$\underline{\underline{C = \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1} = \frac{350 - 250}{0,0021958 - 0,0016951} \left(\frac{N}{m} \right) = 199708 \left(\frac{N}{m} \right)}}$$

212, a)
$$y_i = y_{i-1} + \underbrace{k_p \left(1 + \frac{0,15}{T_n} + \frac{0,55}{5} \right)}_{4,82} e_i - \underbrace{k_p \left(1 + 2 \frac{0,55}{5} \right)}_{8,8} e_{i-1} + \underbrace{k_p \frac{0,55}{5}}_4 e_{i-2}$$

$$0,8 \left(1 + \frac{0,15}{T_n} + 5 \right) = 4,82$$

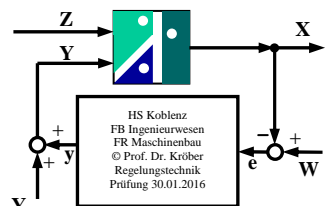
$$\Rightarrow \underline{\underline{T_n = 45}}$$

$$k_p = 0,8 \rightarrow \text{ditto} \leftarrow \underline{\underline{k_p = 0,8}}$$

b) $y_3 = y_2 + 4,82 \cdot e_3 - 8,8 \cdot e_2 + 4 \cdot e_1$

$$\underline{\underline{= 9,64 + 4,82 \cdot 2 - 8,8 \cdot 2 + 4 \cdot 0 = 1,68}}$$

$$\underline{\underline{y_4 = 1,68 + (4,82 - 8,8 + 4) \cdot 2 = 1,72}}$$



213) $v = \omega \cdot r; \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ eingegeben $l_2 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r = \frac{\pi \cdot r}{30} \cdot n$

$$\underline{\underline{k_2 = \frac{\pi \cdot r}{30} = \frac{\pi \cdot 0,125}{30} \frac{m/s}{1/min} = 0,02618 \frac{m/s}{1/min}}}$$

Lösungen Prüfung Regelungstechnik 25.01.16

auch zu 3) $\underline{k_I} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 = \frac{2 \frac{1}{\text{min}}}{1 \text{V}} \cdot 0,02618 \frac{\text{m/s}}{1/\text{min}} \cdot 2,5 \frac{\text{V}}{1\text{m}} = \underline{\underline{0,1309 \text{ s}^{-1}}}$

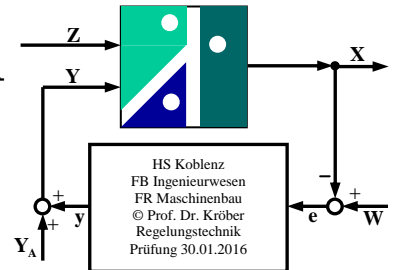
zu 4, a) $G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{k_p(1+j\omega T_v)}{1 + k_p(1+j\omega T_v)} \cdot \frac{k_I}{j\omega(1+j\omega T)} \cdot \frac{j\omega(1+j\omega T)}{j\omega(1+j\omega T)}$

$$\underline{\underline{G_w = \frac{k_p k_I (1+j\omega T_v)}{j\omega(1+j\omega T) + k_p k_I (1+j\omega T_v)}}}$$

5) $G_w = \frac{000}{j\omega + (j\omega)^2 T + k_p k_I + (j\omega) k_p k_I T_v} \cdot \frac{1/T}{1/T}$

$$= \frac{000}{(j\omega)^2 + (j\omega) \frac{1+k_p k_I T_v}{T} + \frac{k_p k_I}{\omega^2}}$$

$$\underline{\underline{nl = \frac{d}{\omega_0} = \frac{1+k_p k_I T_v}{2T} = \frac{1+k_p k_I T_v}{2\sqrt{k_p k_I \cdot T}}}}$$



zu 5) $G = \frac{k_I}{j\omega(1+j\omega T)} = \frac{k_I}{j\omega} \cdot \frac{1}{1+j\omega T} = G_1 \cdot G_2$

$$\underline{\underline{|G|_{\text{ges}} = |G_1| \cdot |G_2| = \frac{k_I}{\omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} = \frac{2}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(2 \cdot 95)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707}}$$

$\varphi_1 = -90^\circ$ (I-Glied)

$\tan \varphi_2 = -\omega T = -2 \cdot 95 = -1 \Rightarrow \varphi_2 = -45^\circ$

$\underline{\underline{\varphi = \varphi_{\text{ges}} = \varphi_1 + \varphi_2 = -90^\circ - 45^\circ = -135^\circ}}$