

Regelungstechnik SS 12
 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. Welche Signalform bzw. welcher Signalbereich wird in der pneumatischen Regelungstechnik verwendet?
 (2 P)
0,2 bis 1,0 bar Überdruck

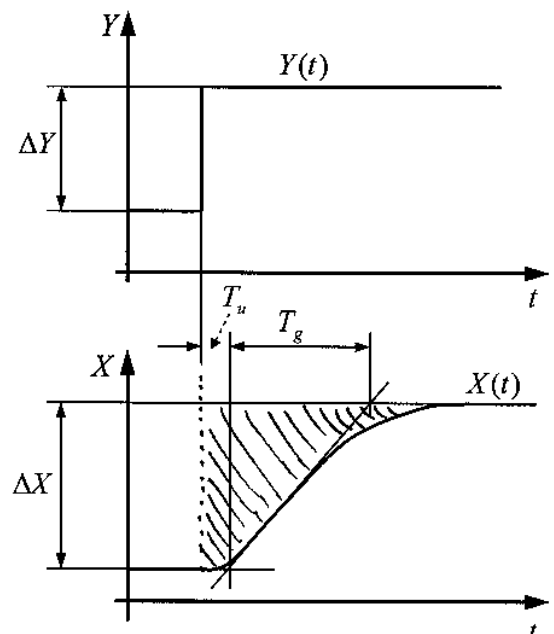
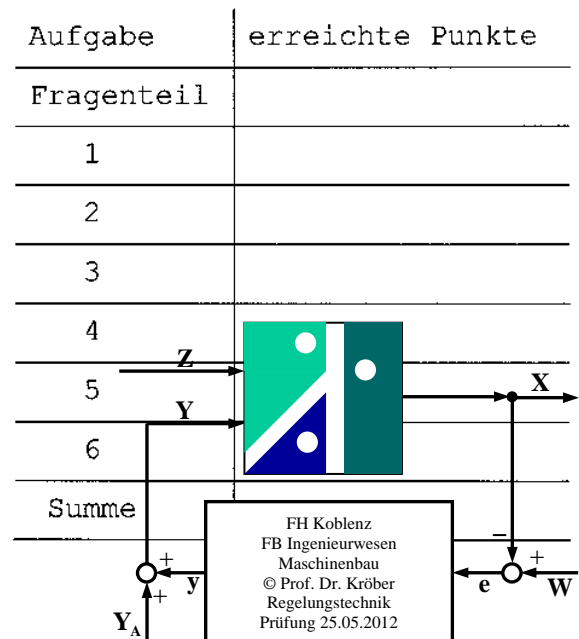
2. Bei einem digitalen Regler wird ein Abtastintervall von 0,2 Sekunden verwendet. Wie groß ist die Totzeit, die dann bei der Stabilitätsuntersuchung berücksichtigt werden muss?
 (2 P)
0,1 Sekunden

3. In der Messtechnik wird ein Hochpass oder auch mal ein Tiefpass verwendet. Wie lauten die dazugehörigen Bezeichnungen in der Regelungstechnik (Antwortbeispiel: P-Glied; IT₁-Glied)
 (2 P)
Hochpass => DT₁ Tiefpass => PT₁

4. Schraffieren Sie in der Skizze im Verlauf der Regelgröße den Bereich, der nach der Veränderung der Stellgröße durch die homogene Differentialgleichung beschrieben wird!
 (3 P)

5. Woran kann man im Verlauf der Regelgröße (nebenstehende Abbildung) erkennen, dass es sich um eine Regelstrecke mit Ausgleich handeln muss?
 (3 P)

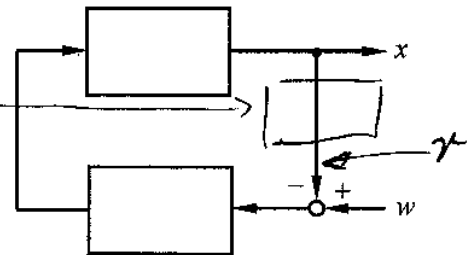
x(t) geht für t -> ∞ gegen einen festen Wert



6. Woran erkennt man bei einer ausgeführten Regelung, dass der Regelkreis an der Stabilitätsgrenze arbeitet?
(2P)

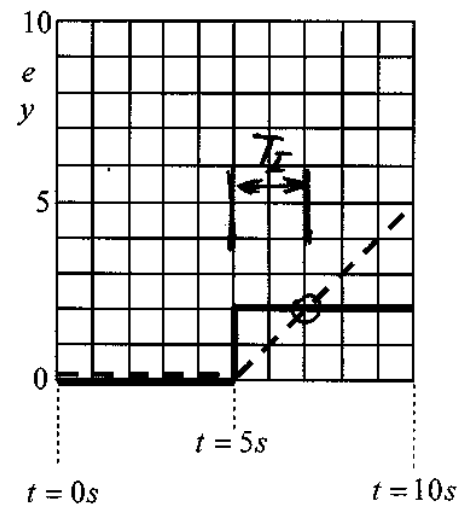
einmal angestoßen → führt Dauerschwingungen aus

7. In dem abgebildeten Regelkreis soll der Messumformer und die Rückführgröße eingetragen werden. Bitte ergänzen!
(4P)



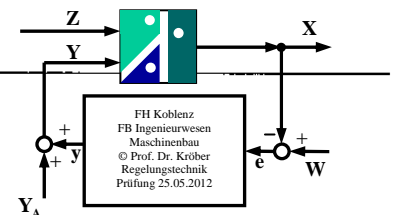
8. Die Abbildung zeigt die Sprungantwort eines Reglers. Wie groß sind die Parameter K_p , K_I und K_D ? (4P)

$K_p = 0$; $K_D = 0$
 $T_T = 2s \Rightarrow K_I = \frac{1}{T_T} = 0,5s^{-1}$



9. Welche Werte muss man für T_n und T_v bei einem Regler eingeben, wenn man einen P-Regler verwenden möchte? (2P)

$T_n \rightarrow \infty$; $T_v = 0$



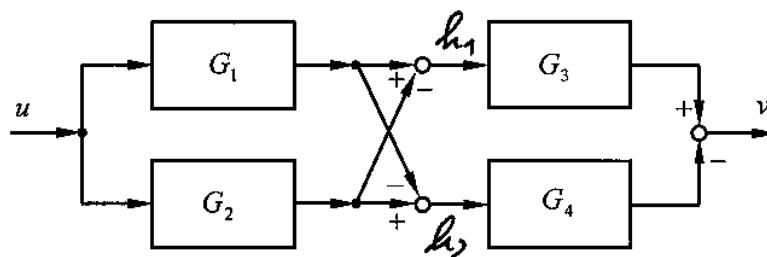
RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (14P)

Bestimmen Sie durch das Einführen von Hilfsgrößen den Frequenzgang für das angegebene System!

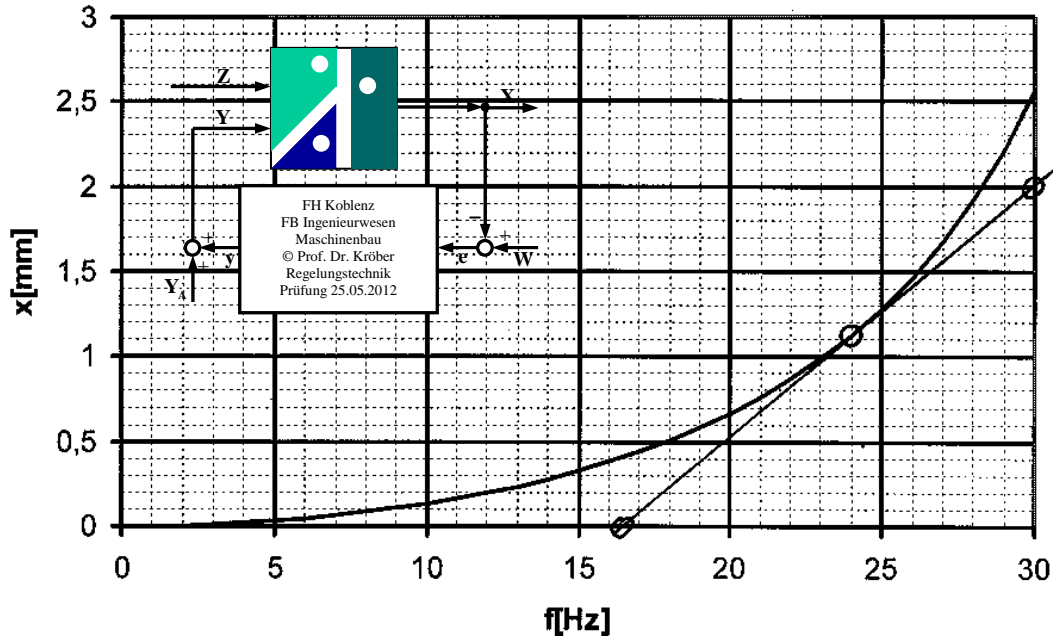
Ges.: $G_{ges} = f(G_1, G_2, G_3, G_4) = ?$

Das Ergebnis soll möglichst weit vereinfacht werden, also z.B. auf folgende Form: $G_{ges} = (G_1 - G_2) \cdot (...)$



Aufgabe 2 (24P)

Die Abbildung zeigt den Verlauf der Schwingamplitude eines unwuchterregten Schwingungssystems in Abhängigkeit der Frequenz (unterkritischer Bereich).



Die Kurve soll in dem Punkt $f = f_A = 24$ Hz linearisiert werden. Die Gleichung der Kurve lautet:

$$x = \frac{f^2}{f_0^2 - f^2} \cdot x_\infty \quad \text{wobei: } f_0 = 40 \text{ Hz; } x_\infty = 2 \text{ mm}$$

a. Bestimmen Sie auf graphischen Wege $\frac{\partial x}{\partial f} \Big|_{f=f_A}$ in [mm/Hz]!

b. Bestimmen Sie durch Einsetzen in die angegebene Gleichung die Amplitude bei $f = 23$ Hz und $f = 25$ Hz und daraus auf numerischen Wege einen Näherungswert für die Steigung!

Hilfestellung:

$$\frac{\partial x}{\partial f} \Big|_{f=f_A} \approx \frac{\Delta x}{\Delta f} = \frac{x(f = 25 \text{ Hz}) - x(f = 23 \text{ Hz})}{\Delta f}$$

c. Bestimmen Sie den Ausdruck $\frac{\partial x}{\partial f} \Big|_{f=f_A}$ durch Ermittlung der ersten

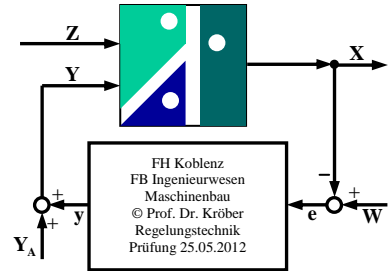
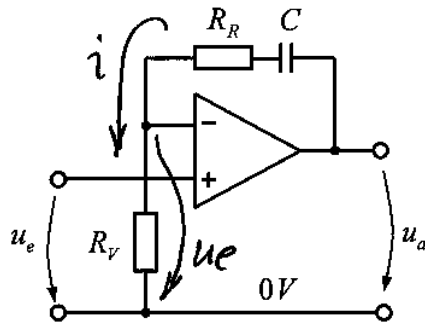
Ableitung an der betreffenden Stelle!

Hilfestellung Quotientenregel:

$$\frac{u}{v} \rightarrow \frac{v \cdot u' - u \cdot v'}{v^2}$$

Aufgabe 3 (10P)

Die Schaltung zeigt die Realisierung eines elektronischen PI-Reglers. Weisen Sie diese Aussage nach! Wie groß sind die Parameter K_p , T_n in Abhängigkeit von R_v , R_R und C ?

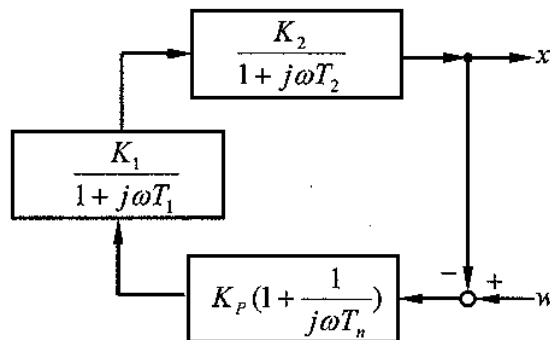


Aufgabe 4 (16P)

Ein Regelkreis besteht aus einem Stellglied (PT_1) und einer Regelstrecke (ebenfalls PT_1). Zur Regelung wird ein PI-Regler eingesetzt. Weisen Sie mit dem Hurwitzverfahren nach, für welche Reglereinstellung das System stabil ist!

Ziel der Rechnung ist eine Aussage: $T_n > \dots$

Hinweis (Hurwitz): $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$



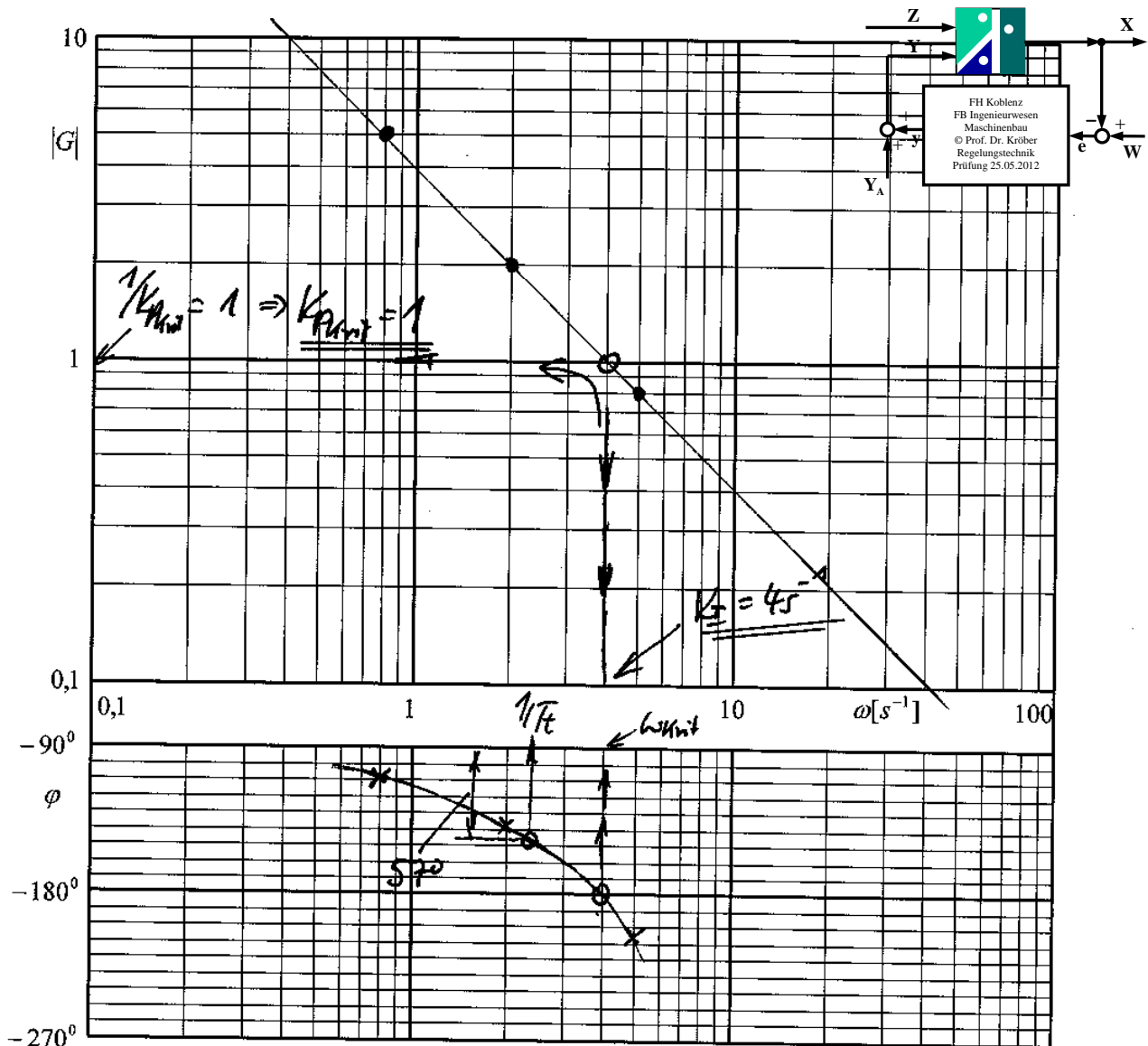
Aufgabe 5 (16P)

Von einer Regelstrecke wurden für drei Kreisfrequenzen der Frequenzgang messtechnisch ermittelt.

$\omega [s^{-1}]$	0,8	2	5
$ G [1]$	5	2	0,8
$\varphi [grad]$	-108	-136	-205

Die Gleichung der Strecke lautet: $G_S = \frac{K_I}{j\omega} \cdot e^{-j\omega T_t}$

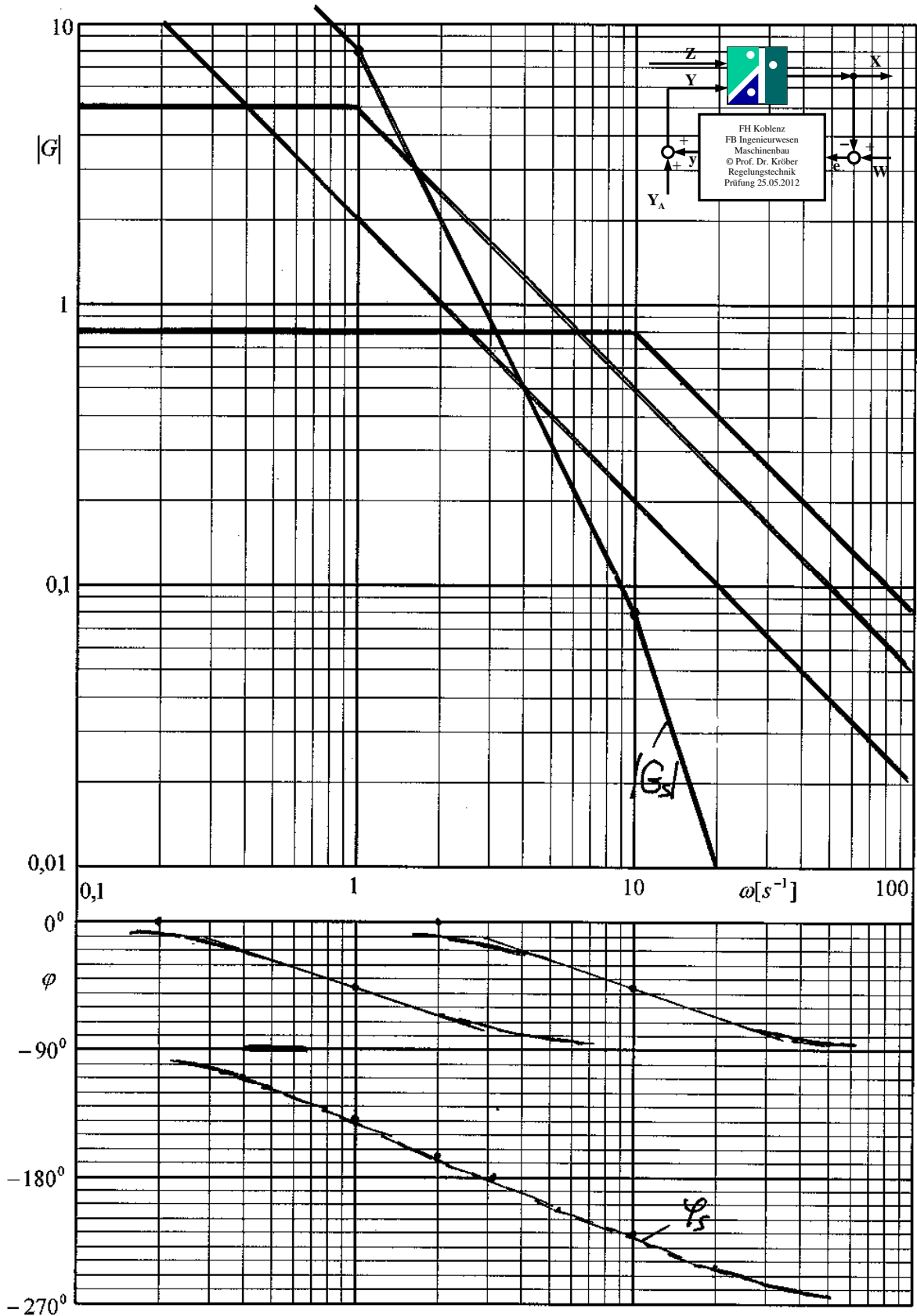
Tragen Sie die Messpunkte in das Bode-Diagramm ein und bestimmen Sie die Größen K_I , T_t , $K_{P \text{ krit}}$ und T_{krit} !



$1/T_t = 235 \text{ s}^{-1} \Rightarrow T_t = 0,435$ $\omega_{\text{krit}} = 45 \text{ s}^{-1} = \frac{2\pi}{T_{\text{krit}}} \Rightarrow T_{\text{krit}} = \frac{2\pi}{45} = 1,575$

Aufgabe 6 (16P)

Eine Regelstrecke besteht aus zwei PT_1 -Gliedern ($K_1 = 5$; $T_1 = 1s$; $K_2 = 0,8$; $T_2=0,1s$) und einem I-Glied ($K_I = 2 s^{-1}$). Konstruieren Sie den Verlauf der Regelstrecke!



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 25.05.12

zu 1) $\underline{h}_1 = \underline{u} \cdot G_1 - \underline{u} \cdot G_2 = (G_1 - G_2) \underline{u}$

$\underline{h}_2 = \underline{u} \cdot G_2 - \underline{u} \cdot G_1 = (G_2 - G_1) \underline{u}$

$\underline{v} = G_3 \underline{h}_1 - G_4 \underline{h}_2$

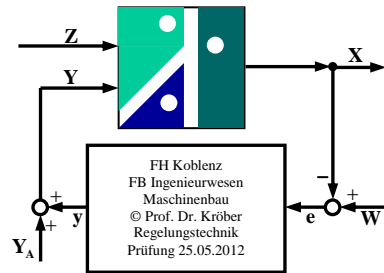
eingesetzt:

$\underline{v} = G_3 (G_1 - G_2) \underline{u} - G_4 (G_2 - G_1) \underline{u}$

$= G_3 (G_1 - G_2) \underline{u} + G_4 (G_1 - G_2) \underline{u}$

$\underline{v} = (G_1 - G_2) \cdot (G_3 + G_4) \cdot \underline{u}$

$\underline{G} = \frac{\underline{v}}{\underline{u}} = \underline{(G_1 - G_2)(G_3 + G_4)}$



zu 2, a) $\underline{\frac{\partial x}{\partial f}} \Big|_A \approx \frac{2 \text{ mm}}{(30 - 16,5) \text{ Hz}} = 0,148 \frac{\text{mm}}{\text{Hz}} \approx \underline{\underline{0,15 \frac{\text{mm}}{\text{Hz}}}}$

b) $x(f=25 \text{ Hz}) = \frac{25^2}{40^2 - 25^2} \cdot 2 \text{ mm} = 1,2821 \text{ mm}$

$x(f=23 \text{ Hz}) = \frac{23^2}{40^2 - 23^2} \cdot 2 \text{ mm} = 0,9879 \text{ mm}$

$\underline{\frac{\partial x}{\partial f}} \Big|_A = \frac{\Delta x}{\Delta f} = \frac{(1,2821 - 0,9879) \text{ mm}}{2 \text{ Hz}} = \underline{\underline{0,147 \frac{\text{mm}}{\text{Hz}}}}$

c) $\underline{\frac{\partial x}{\partial f}} \Big|_A = \frac{(f_0^2 - f^2) \cdot 2f - f^2 \cdot (-2f)}{(f_0^2 - f^2)^2} x_0 = \frac{2 \cdot f \cdot f_0^2}{(f_0^2 - f^2)^2} x_0$

$= \frac{2 \cdot 24 \cdot 40^2}{(40^2 - 24^2)^2} \cdot 2 \text{ mm/Hz} = 0,14648 \frac{\text{mm}}{\text{Hz}} \approx \underline{\underline{0,146 \frac{\text{mm}}{\text{Hz}}}}$

Lösungen Prüfung Regelungstechnik 25.05.12

$$zu3) \quad \underline{i} = \frac{u_e}{R_v} = \frac{u_a}{R_v + R_{p2} + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{R_v + R_{p2} + \frac{1}{j\omega C}}{R_v} = \underbrace{\frac{R_v + R_{p2}}{R_v}}_{K_p} \left(1 + \frac{1}{j\omega C (R_v + R_{p2})} \right) \underbrace{\tau_{in}}$$

$$\begin{aligned} zu4) \quad G_w &= \frac{K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right) \frac{K_1}{1+j\omega T_1} \frac{K_2}{1+j\omega T_2}}{1 + K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right) \frac{K_1}{1+j\omega T_1} \frac{K_2}{1+j\omega T_2}} \cdot \frac{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)j\omega T_n}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)j\omega T_n} \\ &= \frac{K_p (T_n j\omega + 1) K_1 K_2}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)j\omega T_n + K_p (T_n j\omega + 1) K_1 K_2} \\ &= \frac{K_p (1+j\omega T_n) K_1 K_2}{j\omega T_n + (j\omega)^2 (T_1 + T_2) T_n + (j\omega)^3 T_1 T_2 T_n + K_p K_1 K_2 + (j\omega) K_p T_n K_1 K_2} \end{aligned}$$

$$a_0 = K_p \cdot K_1 \cdot K_2$$

$$a_1 = T_n (1 + K_p K_1 K_2)$$

$$a_2 = T_n (T_1 + T_2)$$

$$a_3 = T_1 T_2 T_n$$

1. Bed. $a_1 > 0 \Rightarrow$ erfüllt

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

$$(1 + K_p K_1 K_2) T_n (T_1 + T_2) > K_p K_1 K_2 \cdot T_1 T_2 T_n$$

$$\underline{\underline{T_n > \frac{K_p K_1 K_2}{1 + K_p K_1 K_2} \cdot \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}}}$$

