

Regelungstechnik WS 14/15  
 Prof. Dr. W. Kröber

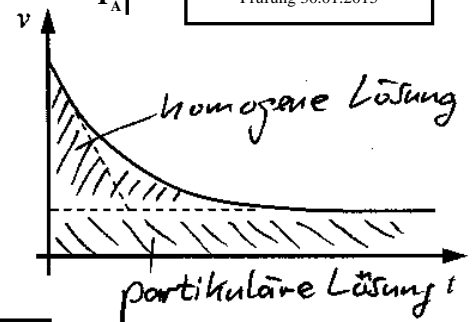
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

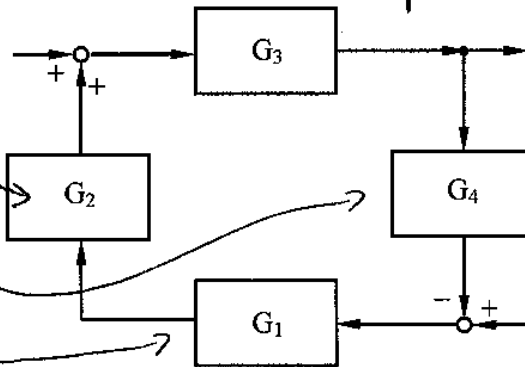
Note : \_\_\_\_\_

**KURZFRAGEN :**

1. In der nebenstehenden Abbildung ist die Sprungantwort eines Übertragungselementes abgebildet. Kennzeichnen Sie in der Abbildung die Bereiche, die durch die homogene und partikuläre Differentialgleichung beschrieben werden! ( 4P )



2. Die Abbildung zeigt einen Regelkreis. Markieren Sie das Stellgerät, den Messumformer und den Regler! ( 3P )



3. Wie lauten für den Wirkungsplan aus der vorigen Fragestellung die Formeln für:

Frequenzgang des offenen Regelkreises:  $G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot G_4$

Führungsfrequenzgang:  $\frac{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}{1 + G_1 G_2 G_3 G_4}$

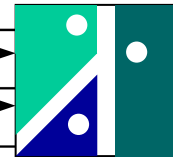
Störungsfrequenzgang:  $\frac{G_3}{1 + G_1 G_2 G_3 G_4}$   
 ( 6P )

4. In jedem Regelkreis müssen 1 bis 2, höchstens 3 Vorzeichenumkehrungen sein. Was muss an diesem Satz geändert werden? ( 2P )

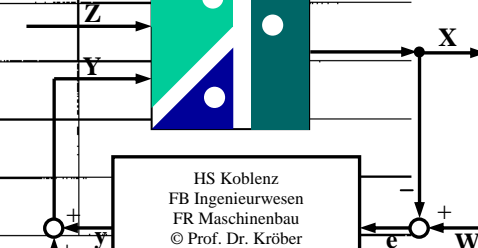
1, 3, 5, ... → stets ungerade Zahl

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

*x Lösungen*



HS Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 FR Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Regelungstechnik  
 Prüfung 30.01.2015



5. Bei einer Regelstrecke mit Ausgleich entsteht im Regelbetrieb für große Zeiten eine bleibende Regeldifferenz. Welcher Einstellwert muss dann am Regler (und in welche Richtung?) verändert werden? ( 3P )

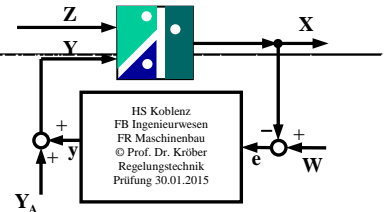
Zuvor  $T_n \rightarrow \infty$  , dann  $T_n \downarrow$

6. Bei einem Versuch im Labor Regelungstechnik wird das Verfahren nach "Ziegler/Nichols" experimentell durchgeführt. Wie erhält man die Parameter  $K_{p \text{ krit}}$  und  $T_{\text{krit}}$ ? ( 4P )

Betrieb Regelkreis am/um Arbeitspunkt mit P-Regler ; Erhöhung  $K_p$  bis stab.-freie Dauer=Schwingungen; Einstellwert  $K_p = K_{p \text{ krit}}$ ; Periodendauer Schwingung =  $T_{\text{krit}}$

7. Eine Eingangsgröße hat den zeitlichen Verlauf  $u(t) = 2 \cdot \cos(\omega t)$ , die Ausgangsgröße  $v(t) = 2 \cdot \sin(\omega t)$ . Wie groß sind dann  $|G|$  und  $\varphi$ ? ( 3P )

$|G| = 1$  ;  $\varphi = -90^\circ$



RECHENTEIL :

Aufgabe 1 ( 14P )

Für die Abhängigkeit eines NTC-Widerstandes von der Temperatur gilt folgende Gleichung:

$$R = R_0 \cdot e^{B \cdot \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Werden kleine Temperaturänderungen um einen Arbeitspunkt untersucht, dann kann man die Abhängigkeit in linearisierter Form schreiben als:

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial T} \Big|_{T=T_0} \cdot \Delta T = K_T \cdot \Delta T$$

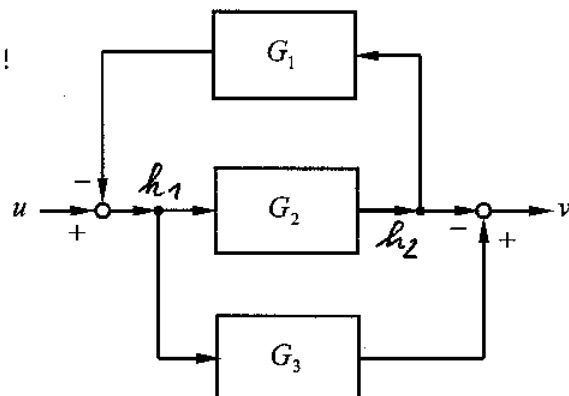
- Bestimmen Sie  $K_T$  (formelmäßige und numerische Lösung)!
- Gibt es im Hinblick auf das Vorzeichen von  $K_T$  in der Regelungstechnik eine besondere Vereinbarung bzw. was ist die Konsequenz?

Zahlenwerte:  $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $B = 4000 \text{ K}$ ;  $T_0 = (273,15 + 25) \text{ K} = 298,15 \text{ K}$

Aufgabe 2 ( 16P )

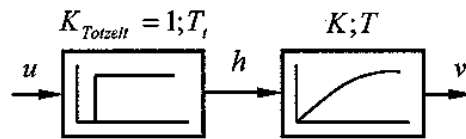
Bestimmen Sie durch Einführen von Hilfsgrößen den Gesamtfrequenzgang!

Ziel:  $G_{\text{ges}} = \frac{v}{u} = f(G_1, G_2, G_3) = \dots$



Aufgabe 3 ( 18P )

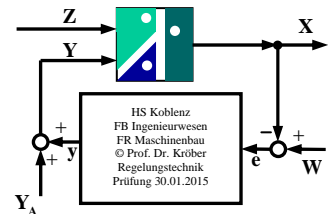
Von den beiden in Reihe geschalteten Übertragungselementen ist die numerische Lösung bekannt. Der Zeitschritt beträgt  $\Delta t = 0,1s$ .



i	0	1	2	3	4	5
u <sub>i</sub>	0	2	2	2	2	2
h <sub>i</sub>	0	0	0	2	2	2
v <sub>i</sub>	0	0	0	0	0,2	0,39

Bestimmen Sie T<sub>t</sub>, K und T!

Hilfestellungen:  $h_i = u_{i-n}$   $v_i + T \cdot \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} = K \cdot h_i$

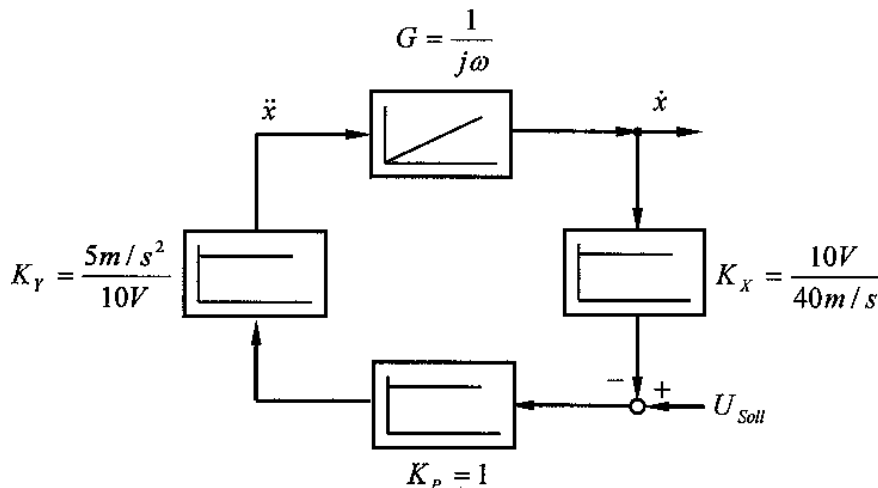


Aufgabe 4 ( 14P )

Die Abbildung zeigt eine vereinfachte Form der Geschwindigkeitsregelung eines Kraftfahrzeuges.

Hintergründe

- Regler: Die Verstärkung des Reglers ist fest auf den Wert von Eins eingestellt. So kommt es nie zum Übersteuern.
- Stellglied: Bei 100% Stellgröße (10V) beschleunigt das Fahrzeug mit  $5 \text{ m/s}^2$ , d.h. die Räder drehen nicht durch.
- Regelstrecke: Formale Integration der Beschleunigung zur Geschwindigkeit.
- Messeinrichtung: Die Geschwindigkeit von  $40 \text{ m/s}$  ergibt 100% Rückführgröße (10V).



- Bestimmen Sie den Führungsfrequenzgang  $G_w = \frac{\dot{x}}{U_{Soll}} = f(K_Y, K_X, \dots)$ !
- Bei sprungförmiger Veränderung des Sollwertes nähert sich die Geschwindigkeit mit einer E-Funktion dem neuen Endwert. Wie groß ist diese Zeitkonstante [in sec]?

Aufgabe 5 ( 16P )

In der Akustik wird bei lauten Geräuschen das frequenzabhängige Hörvermögen eines Menschen mit der C-Bewertung angenähert. Im Sinne der Messtechnik sind es Hochpassfilter und Tiefpassfilter. Im Sinne der Regelungstechnik handelt es sich dabei um die Reihenschaltung eines P-Gliedes und zwei gleichen  $DT_1$ -Gliedern und zwei gleichen  $PT_1$ -Gliedern.

Der Frequenzgang lautet:

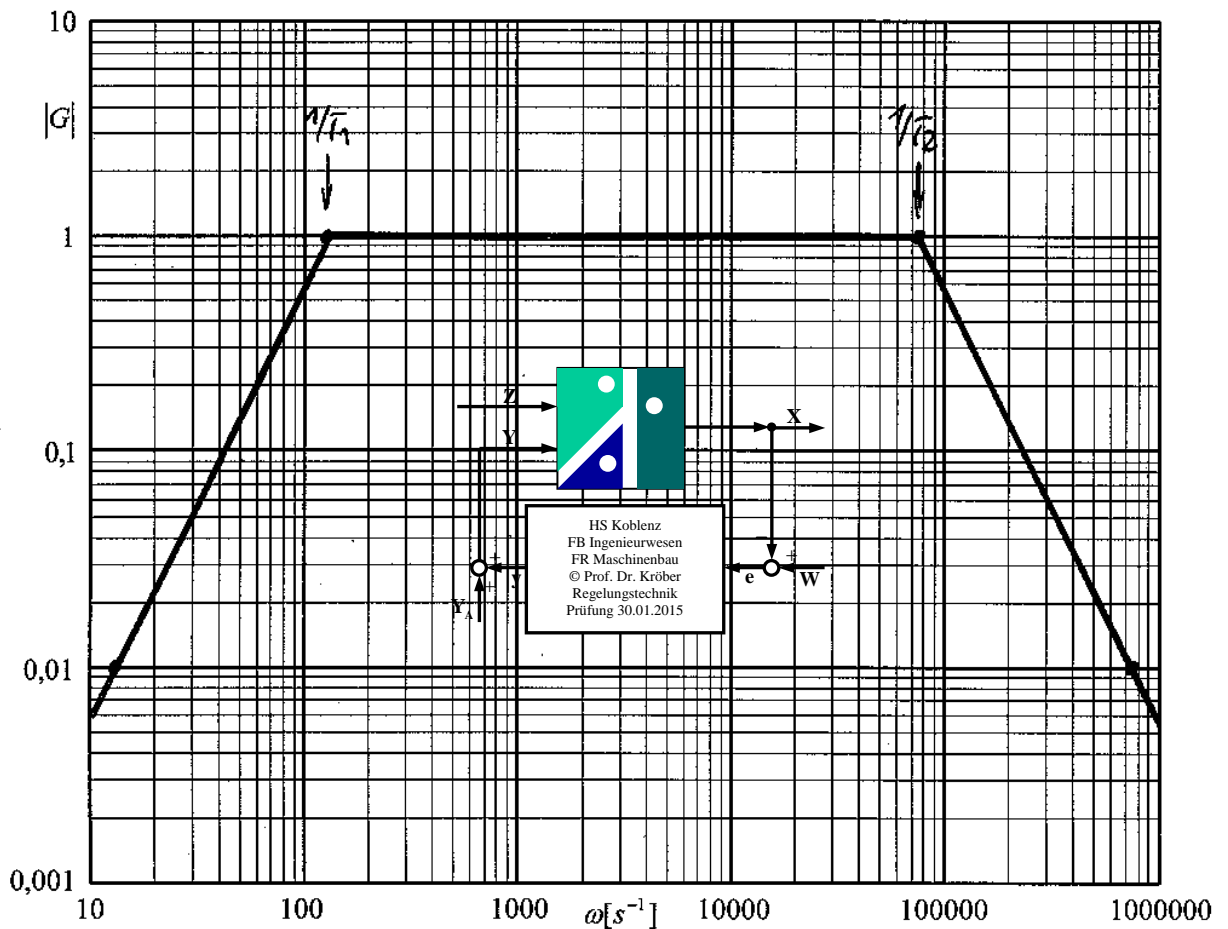
$$G_{ges} = K \cdot G_{DT_1} \cdot G_{DT_1} \cdot G_{PT_1} \cdot G_{PT_1} = K \cdot (G_{DT_1})^2 \cdot (G_{PT_1})^2$$

Im Einzelnen ist  $K = 1,00715$ . In der Lösung der Aufgabe wird  $K = 1$  verwendet.

Ferner:  $G_{DT_1} = \frac{K_D \cdot j\omega}{1 + j\omega \cdot T_1}$  mit  $K_D = T_1 = 7726,3 \mu s = 7,7263 \cdot 10^{-3} s$   $\frac{1}{T_1} = 129,4 s^{-1}$

$G_{PT_1} = \frac{1}{1 + j\omega \cdot T_2}$  mit  $T_2 = 13,052 \mu s = 1,3052 \cdot 10^{-5} s$   $\frac{1}{T_2} = 76617 s^{-1}$

Konstruieren Sie in dem Bode-Diagramm den Betrag des Gesamtfrequenzganges (nur Asymptoten sind einzutragen)!

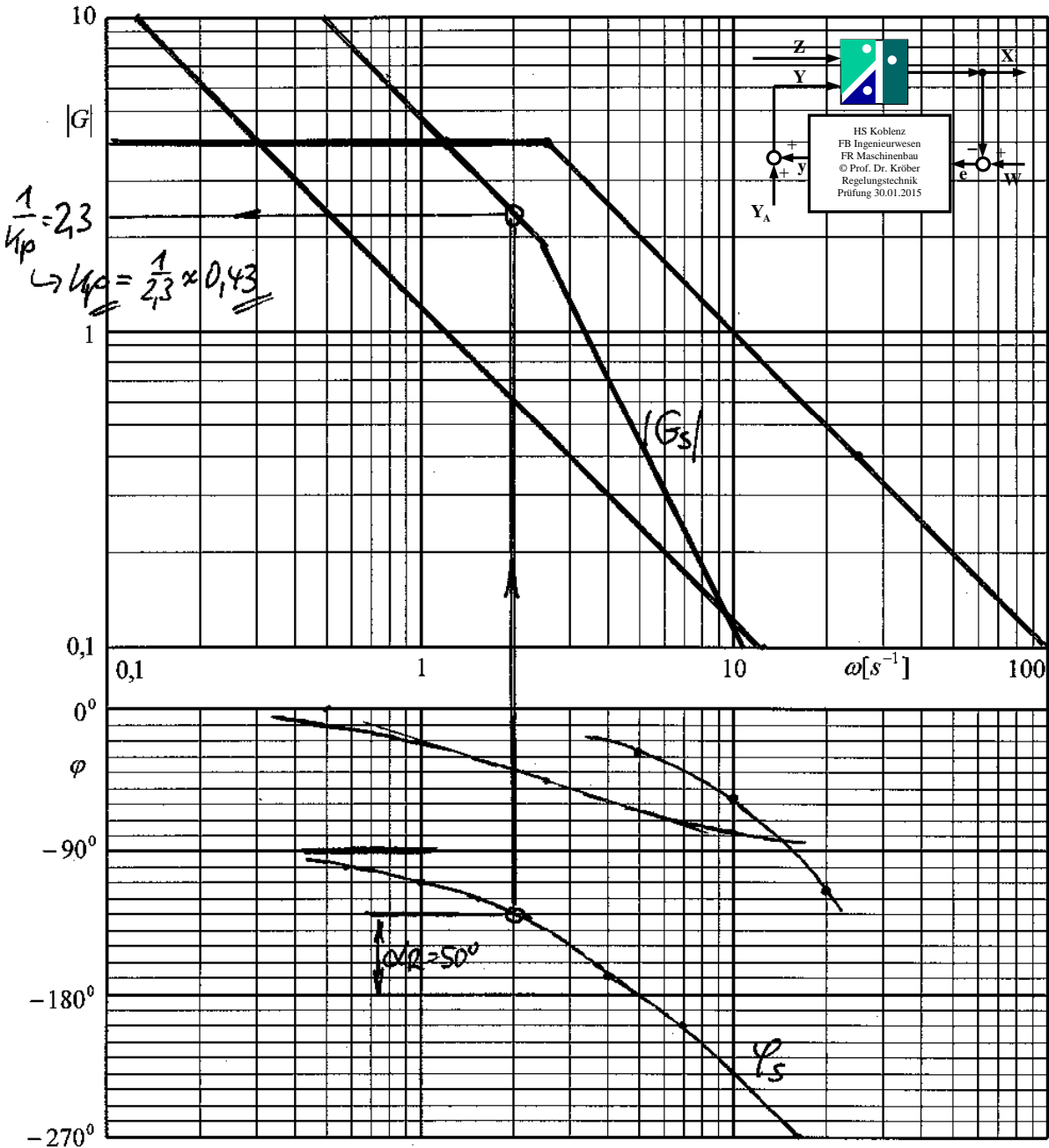


Bemerkungen: In der "Nicht-Regelungstechnik" wird normalerweise über der Frequenz und nicht über der Kreisfrequenz aufgetragen.  
Durch den Wert  $K = 1,00715$  wird  $|G|$  bei 1000 Hz auf  $|G| = 1$  normiert.

Aufgabe 6 ( 22P )

Eine Regelstrecke ( $PT_1$  mit  $K = 4$  ;  $T = 0,4$  s / Totzeit mit  $K = 1$  ;  $T_t = 0,1$  s / I-Glied mit  $K_I = 1,25$  s $^{-1}$ ) soll mit einem P-Regler geregelt werden.

- Tragen Sie zunächst die Regelstrecke in das Bode-Diagramm ein!
- Bestimmen Sie  $K_p$  so, dass die Phasenreserve 50 Grad beträgt!



# Lösungen Prüfung Regelungstechnik 30.01.2015

$$zu1) \quad \left. \frac{\partial R}{\partial T} \right|_{T=T_0} = R_0 \cdot e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \cdot B \left(-\frac{1}{T^2}\right) \Big|_{T=T_0} = R_0 \cdot B \left(-\frac{1}{T_0^2}\right)$$

$$\underline{K_T} = \left. \frac{\partial R}{\partial T} \right|_{T=T_0} = -\frac{R_0 \cdot B}{T_0^2} = -\frac{100000 \cdot 4000 \text{K}}{298,15^2 \text{K}^2} = \underline{\underline{-449,98 \frac{\text{R}}{\text{K}} \approx -450 \frac{\text{R}}{\text{K}}}}$$

b)  $K_{..}$  stets positiv, also  $K_T \approx 450 \frac{\text{R}}{\text{K}}$

jedoch Ansatz modifizieren, also  $\Delta R = -K_T \cdot \Delta T$

$$zu2) \quad h_1 = \mu - h_2 \cdot G_1 \quad | \quad h_1 = \mu - G_2 \cdot h_1 \cdot G_1 \quad (1)$$

$$h_2 = G_2 \cdot h_1$$

$$v = h_1 \cdot G_3 - h_2 \quad | \quad v = h_1 \cdot G_3 - G_2 \cdot h_1 = (G_3 - G_2) h_1 \Rightarrow h_1 = \frac{v}{G_3 - G_2}$$

in (1):

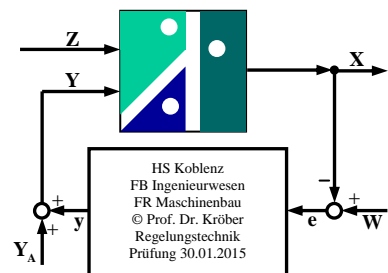
$$\frac{v}{G_3 - G_2} = \mu - G_2 \frac{v}{G_3 - G_2} G_1 \quad | \quad (G_3 - G_2)$$

$$v = \mu (G_3 - G_2) - G_1 G_2 v$$

$$v(1 + G_1 G_2) = \mu (G_3 - G_2)$$

mit Zeigerstrichen:

$$\underline{\underline{G = \frac{v}{\mu} = \frac{G_3 - G_2}{1 + G_1 G_2}}}$$



zu3) 2 Zeitschritte bei Totzeit  $\rightarrow \underline{\underline{T_f = 2 \cdot \Delta t = 0,2 \text{ s}}}$

$$PT_1: i=3 \quad v_{i+T} \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} = K u_i$$

$$0 + T \frac{0,2 - 0}{\Delta t} = K \cdot 2 \Rightarrow 0,2 \frac{\text{I}}{\Delta t} = 2 \cdot K \quad (1)$$

$$i=4 \quad 0,2 + T \frac{0,29 - 0,2}{\Delta t} = K \cdot 2 \Rightarrow 0,2 + 0,19 \frac{\text{I}}{\Delta t} = 2 \cdot K \quad (2)$$

# Lösungen Prüfung Regelungstechnik 30.01.2015

andere zu 3)

$$\textcircled{1} - \textcircled{2}: 0,2 \frac{I}{dt} - 0,2 - 0,19 \frac{I}{dt} = 0$$

$$0,01 \frac{I}{dt} = 0,2$$

$$\underline{\underline{T}} = \frac{0,2}{0,01} \cdot dt = \frac{0,2}{0,01} \cdot 0,15 = \underline{\underline{2,5}}$$

$$\text{zu 1): } 0,2 \frac{2,5}{0,15} = 2 \cdot K$$

$$\frac{1}{4} \Rightarrow \underline{\underline{K}} = \frac{4}{2} = \underline{\underline{2}}$$

$$\text{zu 4) } \underline{\underline{G_w}} = \frac{K_p \cdot K_y \cdot G}{1 + K_p \cdot K_y \cdot G \cdot K_x} = \frac{K_p \cdot K_y \cdot \frac{1}{j\omega}}{1 + K_p \cdot K_y \cdot \frac{1}{j\omega} \cdot K_x} \cdot j\omega = \underline{\underline{\frac{K_p \cdot K_y}{j\omega + K_p \cdot K_y \cdot K_x}}}$$

$$\text{b) } \underline{\underline{G_w}} = \frac{K_p \cdot K_y}{j\omega + K_p \cdot K_y \cdot K_x} \cdot \frac{\frac{1}{K_p \cdot K_y \cdot K_x}}{\frac{1}{K_p \cdot K_y \cdot K_x}} = \frac{1/K_x}{1 + j\omega \cdot \frac{1}{K_p \cdot K_y \cdot K_x}} = T$$

$$\underline{\underline{T}} = \frac{1}{K_p \cdot K_y \cdot K_x} = \frac{1}{1 \cdot \frac{5 \text{ m/s}^2}{10 \text{ V}} \cdot \frac{10 \text{ V}}{40 \text{ m/s}}} = \underline{\underline{8 \text{ s}}}$$

