Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik 21

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Name:	
Vorname:	
Immatrikulations Nr.:	
Semester:	E4a
Notenpunkte:	15
Bemerkungen:	

1. Als **Lösungsblätter** werden **nur die Freiräume** auf den ausgeteilten Aufgabenblättern akzeptiert. Zusätzliche Vorentwürfe etc. (auf Extraseiten) werden nicht bewertet!!
2. Damit Unklarheiten bereits zu Beginn der Klausur beseitigt werden können, lesen Sie sich **alle** Aufgaben durch, bevor Sie mit der Bearbeitung beginnen.
3. **Zugelassene Hilfsmittel**: Zwei Seiten **handschriftlich, Regelalgorithmen, Laplace Tabelle, Otto Tapete**
4. Die Kommunikation mit anderen Klausurteilnehmern ist **nicht erlaubt.**
5. Jeder **Betrugsversuch** führt zu einer **ungültigen Klausur**.
6. Schreiben Sie **leserlich**. Unleserliche Teile von Antworten werden **nicht bewertet**.
7. Die Aufgabenblätter sind **vollständig** abzugeben (Ohne zusätzliche Entwürfe auf Extraseiten!)
8. Einwände gegen die Klausurbewertung können nur am offiziellen Rückgabetermin erhoben werden!
9. Ergebnisse werden nur dann als richtig bewertet, wenn sie zweifelsfrei nachvollziehbar sind!
10. Ich wünsche Ihnen **viel Erfolg!**

Aufgabe	**Punkte**	**Erreichte Punkte**
1a,1b,1c,1d	6+6+6+6	24
2a,2b,2c	6+6+6	18
3a,3b,3c, 3d	6+6+6+6	24
4a,4b,4c,4d	6+6+6+6	22
	Summe :	88

Jahr	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSK - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Aufgabe 1: Reglersynthese

Gegeben sei der folgende Regelkreis in Bild 1.

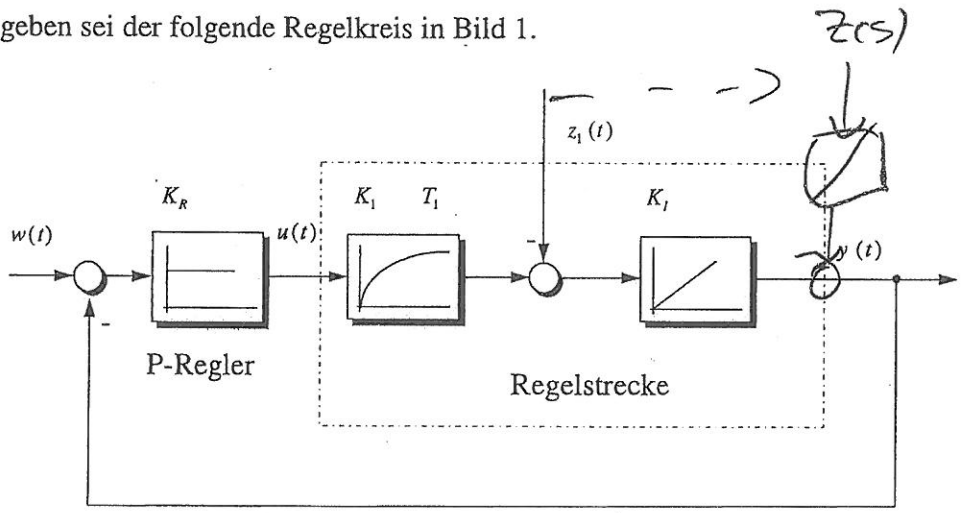


Bild 1: Wirkungsplan eines mechanischen Prozesses

a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G_0(s)$ des offenen Regelkreises.

b) Bestimmen Sie die Verstärkung des P-Reglers, so dass eine Dämpfung von $\vartheta = 1$ erreicht wird. Die Parameter lauten: $K_1 = 1$, $T_1 = 1/4\,\text{sec}$ und $K_I = 1\,\text{sec}^{-1}$.

c) Wird stationäre Genauigkeit bei einem Führungs- und Störgrößensprung erreicht? Begründen Sie Ihre Antwort.

d) Geben Sie den vollständigen Regelalgorithmus einschließlich Abtastzeit an!

BS - WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 1:

a) $G_R(s) = K_R$ $\quad G_S(s) = \frac{K_1 \cdot K_I}{s(1+T_1 s)}$

$$G_0(s) = G_R(s) \cdot G_S(s) = \frac{K_R K_1 K_I}{s(1+T_1 s)}$$

6

b)

$$G_W(s) = \frac{1}{1+\frac{1}{G_0(s)}} = \frac{1}{\frac{s}{K_R K_1 K_I} + \frac{T_1}{K_R K_1 K_I} s^2 + 1} = \frac{1}{T^2 s^2 + 2\vartheta T s + 1}$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{T_1}{K_R K_1 K_I} \qquad 2\vartheta T = \frac{1}{K_R K_1 K_I} \Rightarrow T^2 = \frac{1}{4\vartheta^2 K_R^2 K_1^2 K_I^2}$$

$$T^2 = \frac{T_1}{K_R K_1 K_I} = \frac{1}{4\vartheta^2 K_R^2 K_1^2 K_I^2}$$

$$\Rightarrow K_R = \frac{1}{4\vartheta^2 T_1 K_1 K_I} = \frac{1}{4 \cdot 1^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot 1 \frac{1}{sec}}$$

$$K_R = 1$$

6

c) stat. Gen: $e_\infty = \lim_{t \to \infty} e(t) = 0$

Da es nun 1 freien Integrator gibt (Wöhlkesche Methode des scharfen Hinsehen) folgt für Führungsgrößensprung stat. Genauigkeit (Regelfehler für $t \to \infty$ $= 0$)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 1:

Da die Störung vor dem Integrator wirkt muss sie aus Ende verlagert werden und wird damit zu einer Rampe.
Mittels Tabelle ergibt sich daraus ein Regelfehler von

$e_\infty = \frac{x_{e0}}{k_0}$ ⇒ nicht stat. genau für Störgrößensprung.

6

d) P-Regler:

Differenzengl.: Abtastzeit

$u_k = k_p \cdot e_k$ $T \leq 0{,}1 \cdot T_1$

⇒ $u_k = e_k$ (mit b)) $T \leq \frac{1}{40}$ sec

6

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Aufgabe 2: Schlingenregelung

Zur Regelung des Durchhangs von Papierbahnen werden in der Papierindustrie Schlingenregelungen eingesetzt. Der Durchhang

$$s(t) = \frac{1}{2}\int\left[v_2(\tau) - v_1(\tau)\right] d\tau$$

$$= \frac{1}{2} 2\pi\, r \int\left[n_2(\tau) - n_1(\tau)\right] d\tau$$

der Papierbahn ist dem Integral der Geschwindigkeitsdifferenz proportional, siehe Bild. Die Differentialgleichung für den Motor 2 lautet:

$$\dot{n}_2(t)\, T_1 + n_2(t) = C_1\, u_a(t)$$

Die Drehzahl des Motors 1 wirkt als Störgröße.

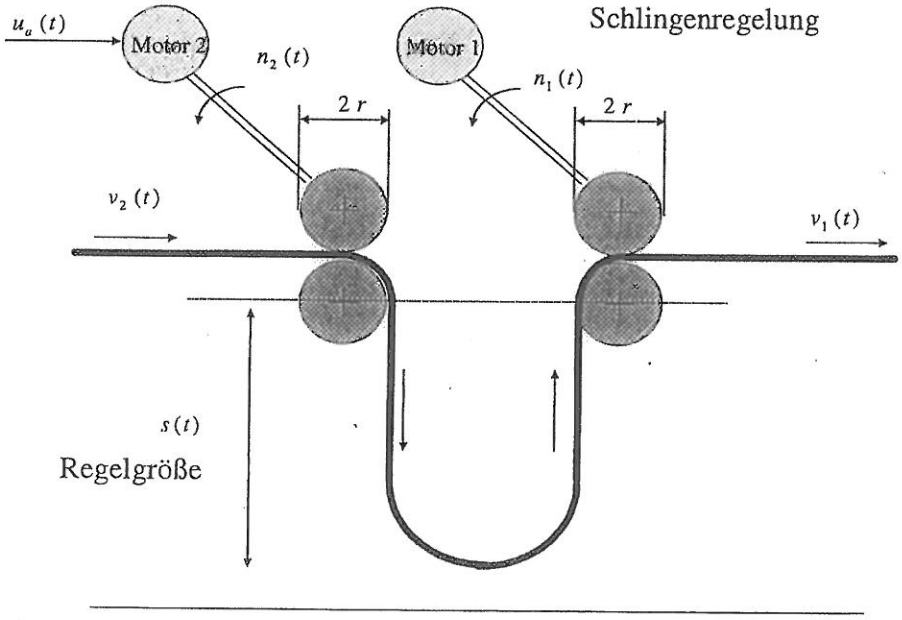


Bild 344 a: Schlingenregelung

a) Normieren Sie die Gleichungen mit den Konstanten n_{max}, s_{max} und u_{max}.

b) Zeichnen Sie den vollständigen Wirkungsplan der Regelstrecke mit einem P-Regler.

c) Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion $G_S(s) = \dfrac{S(s)}{W(s)}$.

SS WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 2:

a) $n^* = \frac{n(t)}{n_{max}}$ $\quad s^* = \frac{s(t)}{s_{max}}$ $\quad u_a^* = \frac{u_a(t)}{u_{amax}}$

$$s(t) = \pi r \int [n_2(\tau) - n_1(\tau)]\, d\tau$$

$$s^*(t) = \frac{\pi r}{s_{max}} \int [n_2^*(\tau) - n_1^*(\tau)]\, d\tau \cdot n_{max}$$

mit $K_s = \frac{\pi r \cdot n_{max}}{s_{max}}$

$$s^*(t) = K_s \int [n_2^*(\tau) - n_1^*(\tau)]\, d\tau$$

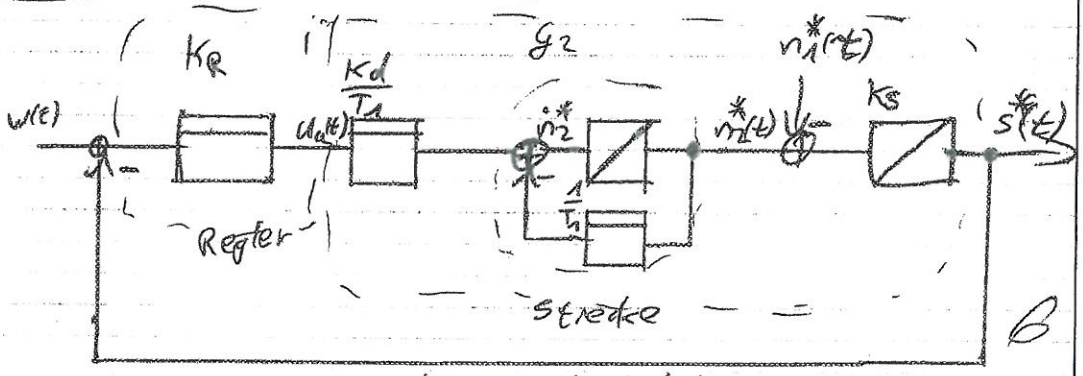
$$\dot{n}_2(t) \cdot T_1 + n_2(t) = C_1\, u_a(t)$$

$$\Rightarrow \dot{n}_2^*(t) \cdot T_1 \cdot n_{max} + n_2^*(t) \cdot n_{max} = C_1 \cdot u_a^*(t) \cdot u_{amax}$$

mit $K_d = \frac{C_1 \cdot u_{amax}}{n_{max}}$

$$\dot{n}_2^*(t)\, T_1 + n_2^*(t) = K_d\, u_a^*(t) \Rightarrow \dot{n}_2^* = \frac{K_d \cdot u_a(t)}{T_1} - \frac{n_2^*(t)}{T_1}$$

b)



c) $$g_0(s) = \frac{K_R K_d}{T_1} \cdot \frac{1}{T_1 s + 1} \cdot \frac{K_s}{s} = \frac{K_R \cdot K_d \cdot K_s}{T_1 s^2 + s}$$

$$g_2 = \frac{\frac{1}{s}}{1 + \frac{1}{T_1 s}} = \frac{T_1}{T_1 s + 1}$$

SS - WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 2:

$$G_0(s) = \frac{k_R k_d k_S}{T_1 s^2 + s}$$

$$\Rightarrow G_S(s) = \frac{G_0(s)}{1+G_0(s)} = \cancel{\frac{k_R k_d k_S}{\ldots}}$$

$$= \frac{\frac{k_R k_d k_S}{T_1 s^2 + s}}{1 + \frac{k_R k_d k_S}{T_1 s^2 + s}} = \frac{k_R k_d k_S}{T_1 s^2 + s + k_R k_d k_S}$$

$$\frac{1}{\frac{T_1}{k_d k_R k_S} s^2 + \frac{1}{k_d k_R k_S} s + 1}$$

6

Semester	Fach	Dozent
2014	EL4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Aufgabe 3: Stabilität

Gegeben seien die folgenden Systeme:

a) $G(s) = \dfrac{2}{s^2 + 7}$

b) $G_s(s) = \dfrac{1}{s^2 + 4s + 3}$

c) $G_s(s) = \dfrac{1}{s^3 - 6s^2 + 3s + 10}$ $p_1 = -1$ $p_2 = 5$ $p_3 = 2$

d) $G_s(s) = \dfrac{5}{s^3 + 2s^2 + 4s + 10}$ $p_1 = -2{,}22$ $p_2 = 0{,}11 + j2{,}11$

Was können Sie über die Stabilität aussagen?

Aufgabe	a	b	c	d
BIBO stabil / grenzstabil	X			
asymptotisch stabil		X		
instabil			X	X

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 4:

a) $s^2 + 7 = 0 \quad \pm\sqrt{-7}$

$s^2 + 0s + 7 \qquad p_1 = +j\sqrt{7}$

$p_2 = -j\sqrt{7}$

b) $s^2 + 4s + 3 = 0 \qquad -2 \pm \sqrt{4-3}$

$= -2 \pm 1$

$p_1 = -1 \quad p_2 = -3$

SS 2014	Semester E4a	Fach GR	Dozent WHL

FSR - Klausurensammlung

[redacted]

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 4:

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	Eha	GR	WAL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

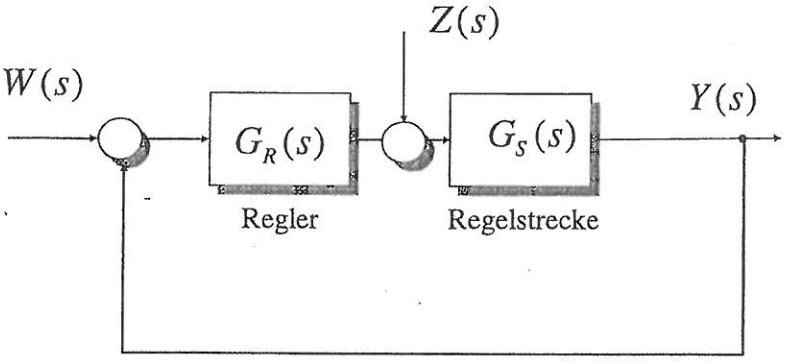
Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Aufgabe 4: Reglersynthese

Die folgenden Aussagen sollen den Reglersynthesefällen zugeordnet werden:

a) Stationäre Genauigkeit beim Führungsgrößensprung wird erreicht.
b) Stationäre Genauigkeit beim Störgrößensprung wird erreicht.
c) Regelstrecke ist instabil, Reglerentwurf nur mit Zustandrückführung möglich.
d) Polkompensation einer Polstelle $T_N = T_1$ durchführen.
e) Polkompensation einer Polstelle $T_N = T_2$ durchführen.
f) Dämpfung $\vartheta = 1$ oder $\vartheta = 0.707$ für das Gesamtübertragungsverhalten vorgeben
g) Totzeit durch PT1-Glied annähern.



Regelstrecke	Regler	Hinweis	Wahre Aussagen
$G_S(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}(1+T_N s)$	$T_1 >> T_2$	a) b) d) f) 6
$G_S(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}$		a) f) b) 6
$G_S(s) = \frac{K_I}{s(1+T_1 s)} e^{T_t s}$	$G_R(s) = K_R \frac{(1+T_N s)}{(1+T_v s)}$	$T_1 >> T_t$	a) d) ~~f)~~ g) 4
$G_S(s) = \frac{K_I}{s(s-3)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}$		c) 6

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	Elia	GR	WAL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 4:

$$\frac{K_I}{s(1+T_1 s)} e^{T_t s} \cdot K_R \frac{1+T_V s}{1+T_V s} \Rightarrow G_0(s) = \frac{K_I K_R (1+T_V s) e^{T_t s}}{s(1+T_1 s)(1+T_V s)}$$

1 x int ✓ kompl ✓

↳ Führ stäb

a) ✓ b) x
c) x d) ✓
e) x f) ✓

$$\frac{K_I}{(s-3)s} \cdot \frac{K_{IR}}{s} \Rightarrow G_0(s) = \frac{K_I K_{IR}}{s^3 - 3s^2}$$

↳ c)

$$\frac{K_I}{(1+T_1 s)} \cdot \frac{K_{IR}}{s} \Rightarrow G_0(s) = \frac{K_I K_{IR}}{s(1+T_1 s)}$$

1 x int
↳ stat gen Führ ✓
↳ a) ✓

G_w Form von $\frac{1}{T^2 s^2 + 2DTs + 1}$ ✓ → f) ✓

Regler 1 Integ → b) ✓

$$G_0(s) = \frac{K_I \cdot K_{IR} (1+T_V s)}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$$

$e_{ss} = 0$
↳ a) b) ✓

$T_1 >> T_2 \Rightarrow$ d) ✓

$G_w(s)$ Form von $\frac{1}{T^2 s^2 + 2DTs + 1} \Rightarrow$ f) ✓

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	FLa	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

[redacted]

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 28.05.2014

Lösung zu Aufgabe 4:

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4a	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

SS / WS 14 | Semester E4b | Fach GR | Dozent SHL
FSR - Klausurensammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fakultät Technik und Informatik **Hamburg**
university of applied sciences

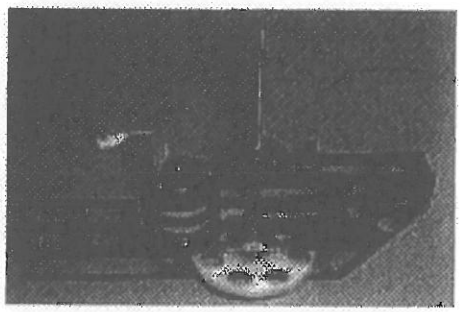
Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Aufgabe 3: Stabilität einer Taumelscheibe **PUNKTE (24)**

Gegeben ist das mechanisches Subsystem einer Taumelscheibe.



Es kann mit folgender Führungsübertragungsfunktion $G_W(s)$ angegeben werden:

$$G_W(s) = \frac{2\,K_{PR}\cdot(s+1)}{s^3+3s^2+5\,s+3+2\,K_{PR}}$$

10 **a)** Berechnen Sie unter der Zuhilfenahme des Hurwitz-Kriteriums den zulässigen Wertebereich der Reglerverstärkung K_{PR}, für den der geschlossene Regelkreis asymptotisch stabil ist.

5 **b)** Berechnen Sie den stationären Endwert der Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises $h(t \to \infty)$ bei einer Reglerverstärkung von $K_{PR} = 1$.

2 **c)** Berechnen Sie die bleibende Regeldifferenz bei einer Reglerverstärkung von $K_{PR} = 10$.

d) Begründen Sie, warum eine bleibende Regeldifferenz vorliegt. (KEINE RECHNUNG)

e) Beschreiben Sie, durch welche möglichen Veränderungen diese bleibende Regeldifferenz vermieden werden kann. (KEINE RECHNUNG)

17

SS / WS 14 | Semester E4b | Fach GR | Dozent SHL
FSR - Klausurensammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fakultät Technik und Informatik **Hamburg**
university of applied sciences

Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Für Nebenrechnungen Aufgabe 3

a) Hurwitzkriterium, kR Bereich berechnen

$$G_0(s) = \frac{2k_R \cdot (s+1)}{s^3 + 2s^2 + 5s + 2k_R}$$

$n = 3$

$a_0 \quad a_{n-1} \quad a_{n-2} \quad a_{n-3}$

$$H = \begin{pmatrix} 2 & 3+2k_R & 0 \\ 1 & 5 & 0 \\ 0 & 3 & 3+2k_R \end{pmatrix}$$

$D_1 = 3 > 0$

$$D_2 = \det\begin{pmatrix} 2 & 3+2k_R \\ 1 & 5 \end{pmatrix} > 0$$

$= 3 \cdot 5 - 1(3+2k_R) > 0$

$= 15 - 3 + 2k_R > 0$

$= 12 + 2k_R > 0 \quad /(-12)$

$= 2k_R > -12 \quad /:2$

$= k_R > -6$

$$D_3 = \det\begin{pmatrix} 2 & 3+2k_R & 0 \\ 1 & 5 & 0 \\ 0 & 3 & 3+2k_R \end{pmatrix} \begin{matrix} 3 & 3+2k_R \\ 1 & 5 \\ 0 & 3 \end{matrix} > 0$$

$= 2 \cdot 5 \cdot (3+2k_R) - (3+2k_R) \cdot 1 \cdot (3+2k_R) > 0$

$= 10 \cdot (3+2k_R) - (3+2k_R)^2 > 0$

$= 10 \cdot (3+2k_R) - (3+2k_R)(3+2k_R) > 0$

$= 30 + 20k_R - 9 - 12k_R - 12k_R - 4k_R^2 > 0$

$= 21 + 8k_R - 24k_R - 4k_R^2 > 0$

$= 21 - 16k_R - 4k_R^2 > 0$

$= 21 + 16k_R + 4k_R^2 < 0$

$= 21 + 4k_R(4 + k_R) < 0$

'88 / 14.
Semester E46 | Fach GR | Dozent SHL
FSR - Klausurensammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fakultät Technik und Informatik **Hamburg**
university of applied sciences

Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Für Nebenrechnungen Aufgabe 3

$$= \frac{2K_{PR}}{3+2K_{PR}}$$

14 | Semester E46 | Fach GR | Dozent SHL
FB - Klausursammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fakultät Technik und Informatik **Hamburg**
university of applied sciences

Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Für Nebenrechnungen Aufgabe 3

SS / WS 14 | Semester E46 | Fach GR | Dozent SHL
FSR - Klausurensammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fakultät Technik und Informatik **Hamburg**
university of applied sciences

Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Für Nebenrechnungen Aufgabe 3

Semester E46 | Pool GR | Dozent SHL
HAW - Klausursammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
university of applied sciences

Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Aufgabe 004: Verständnisfragen **PUNKTE (18)**

1. Kann die Inverse der Übertagungsfunktion $G(s) = \frac{s-1}{s+1}$ in der Praxis zur Messdatenauswertung verwendet werden?

   a) Ja, denn Zähler- und Nennerordnung sind gleich groß.
   b) Nein, denn Zähler- und Nennerordnung sind gleich.
   c) Nein, denn die resultierende Übertragungsfunktion wäre instabil.
   d) Nein, die Inverse muss, um realisiert werden zu können, um einen schnellen Pol ergänzt werden.

2. Welche Eigenschaften besitzt die Zustandsraummethode?
   a) Eine Differentialgleichung n. Ordnung wird auf ein System aus n Differentialgleichungen jeweils 1. Ordnung gebracht.
   b) Man benötigt kein Modell der Strecke, da die Regelung mit Hilfe von Zuständen entworfen wird.
   c) Eine Erweiterung der Zustandsraummethode auf Mehrgrößensysteme ist möglich.
   d) Das Verfahren kann nicht auf zeitvariante Systeme erweitert werden.

3. Was sind die Merkmale einer Steuerung?
   a) Es ist keine Rückkopplung vorhanden.
   b) Nicht messbare Störungen und Modellungenauigkeiten werden nicht kompensiert.
   c) Nicht messbare Störungen und Modellungenauigkeiten werden kompensiert.
   d) Instabile Systeme können stabilisiert werden.

4. Was bedeutet Rückkopplung?
   a) Aufschaltung einer messbaren Störgröße auf die Stellgröße.
   b) Rückwirkung der Regelgröße auf die Stellgröße.
   c) Rückkopplung ist die Grundvoraussetzung jeder Regelung.
   d) Gleichbedeutend mit Gegenkopplung.

5. Was versteht man unter einem zeitvarianten System?
   a) Die Eigenschaften des Systems bleiben über der Zeit unverändert.
   b) Die Systemeigenschaften ändern sich mit der Zeit, z.B. durch Verschleiß.
   c) Zeitvariant bedeutet, dass das System dynamisch ist, d.h. es wird durch eine Differenzialgleichung bzw. durch eine Übertragungsfunktion beschrieben.
   d) Die Ausgangsgröße $y(t)$ läuft für $t \to \infty$ immer gegen Null.

14. | Semester E46 | Fach GR | Dozent SHL
FSR - Klausurensammlung

Hochschule für angewandte Wissenschaften
Fakultät Technik und Informatik **Hamburg**
university of applied sciences

Klausur

Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr. A. Suhl
Datum: 08.07.2014

Aufgabe 004: Lösung Verständnisfragen

Die richtigen Antworten sind **deutlich** zu kennzeichnen. Jede Frage hat entweder eine oder mehrere richtige Antworten! Eine falsche Antwort innerhalb einer Frage hebt eine richtige auf, es können aber nicht weniger als Null Punkte pro Aufgabe erzielt werden.
Sollte die Eindeutigkeit nicht gewährleistet sein, wird die Antwort als falsch gewertet!!

Aufgabe	Richtige Lösung /en ankreuzen		
1	a	○	
	b	○	
	c	○ ✓	2
	d	○	
Aufgabe	Richtige Lösung /en ankreuzen		
2	a	○ ✓	
	b	○ f)	2
	c	○ ✓)	
	d	○	
Aufgabe	Richtige Lösung /en ankreuzen		
3	a	○ ✓	
	b	○ ✓	4
	c	○	
	d	○	
Aufgabe	Richtige Lösung /en ankreuzen		
4	a	○ f	
	b	○	—
	c	○ ✓	
	d	○	
Aufgabe	Richtige Lösung /en ankreuzen		
5	a	○	
	b	○	
	c	○ f	
	d	○	

8

31

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	W/L

FSR - Klausurensammlung 1/10

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Name:	[redacted]
Vorname:	[redacted]
Immatrikulations Nr.:	[redacted]
Semester:	E4A
Notenpunkte:	
Bemerkungen:	12

1. Als **Lösungsblätter** werden **nur die Freiräume** auf den ausgeteilten Aufgabenblättern akzeptiert. Zusätzliche Vorentwürfe etc. (auf Extraseiten) werden nicht bewertet!!
2. Damit Unklarheiten bereits zu Beginn der Klausur beseitigt werden können, lesen Sie sich **alle** Aufgaben durch, bevor Sie mit der Bearbeitung beginnen.
3. **Zugelassene Hilfsmittel**: Zwei Seiten **handschriftlich, Regelalgorihmen, Laplace Tabelle, Otto Tapete**
4. Die Kommunikation mit anderen Klausurteilnehmern ist **nicht erlaubt.**
5. Jeder **Betrugsversuch** führt zu einer **ungültigen Klausur**.
6. Schreiben Sie **leserlich**. Unleserliche Teile von Antworten werden **nicht bewertet**.
7. Die Aufgabenblätter sind **vollständig** abzugeben (Ohne zusätzliche Entwürfe auf Extraseiten!)
8. Ergebnisse werden nur dann als richtig bewertet, wenn sie zweifelsfrei nachvollziehbar sind!
9. Ich wünsche Ihnen **viel Erfolg!**

Aufgabe	**Punkte**	**Erreichte Punkte**
1a,1b,2c,1d	4+4+4+4	16
2a,2b,2c	4+4+4	11
3a,3b,3c,3d	4+4+4+4	16
4a,4b,4c,4d	4+4+4+4	10

53

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 2/13

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 1: Reglersynthese

Gegeben sei der folgende Regelkreis in Bild 1.

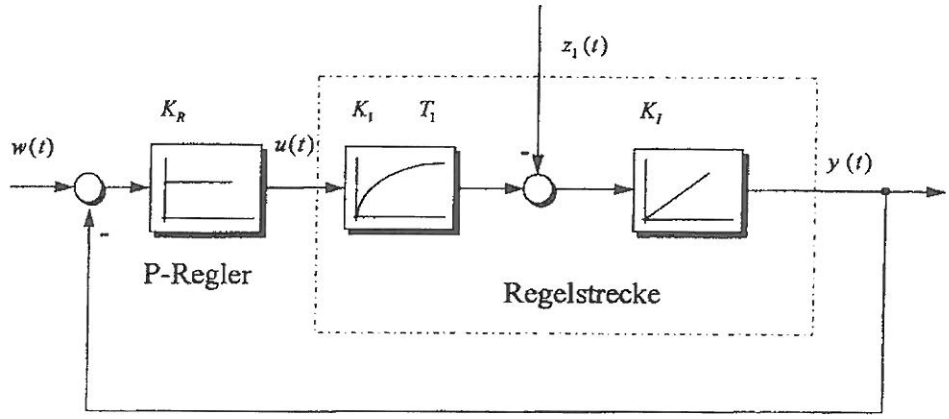


Bild 1: Wirkungsplan eines mechanischen Prozesses

a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G_0(s)$ des offenen Regelkreises.

b) Bestimmen Sie die Verstärkung des P-Reglers, so dass eine Dämpfung von $\vartheta = 1$ erreicht wird. Die Parameter lauten: $K_1 = 1$, $T_1 = 1/4\,\text{sec}$ und $K_I = 1\,\text{sec}^{-1}$.

c) Wird stationäre Genauigkeit bei einem Führungs- und Störgrößensprung erreicht? Begründen Sie Ihre Antwort.

d) Geben Sie den vollständigen Regelalgorithmus an!

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 3/14

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 1:

a.) $G_0(s) = \frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s(1+T_1 s)} = \frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s^2 \cdot T_1 + s} = \frac{\frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{T_1}}{s^2 + \frac{1}{T_1} \cdot s}$ 4

b.) $G_w(s) = \frac{G_0(s)}{1+G_0(s)} = \frac{\frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s(1+T_1 s)}}{1 + \frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s \cdot (1+T_1 s)}} = \frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s(1+T_1 \cdot s) + K_R \cdot K_1 \cdot K_I}$

$G_w(s) = \frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s^2 \cdot T_1 + s + K_R \cdot K_1 \cdot K_I} = \frac{1}{s^2 \cdot \frac{T_1}{K_R K_1 K_I} + s \cdot \frac{1}{K_R \cdot K_1 \cdot K_I} + 1}$ 4

Aus Koeffizientenvergleich mit der Schwingungsnormalform folgt:

$T^2 = \frac{T_1}{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}$ $\quad 2 \cdot \vartheta \cdot T = \frac{1}{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}$

$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{T_1}{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}}$ $\quad \Rightarrow \vartheta = \frac{1}{2 \cdot T \cdot K_R K_1 \cdot K_I}$

$= \frac{1}{2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{K_R K_I K_1}} \cdot K_R \cdot K_1 \cdot K_I}$

$= \frac{1}{2 \cdot \sqrt{T_1 \cdot K_R \cdot K_1 \cdot K_I}} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{T_1 \cdot K_{ges}}}$

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 1:

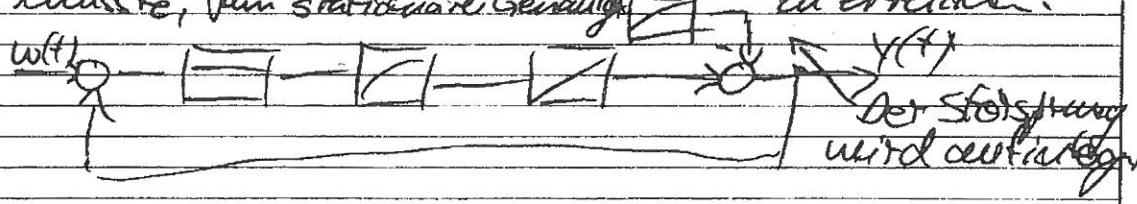
$$K_R = \frac{1}{2 \cdot T \cdot \vartheta \cdot K_1 \cdot K_I} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{K_R \cdot K_I \cdot K_1}} \cdot K_1 \cdot K_I}$$

$$K_R^2 = \frac{1}{4 \cdot \frac{T_1}{K_R K_I K_1} \cdot K_I^2 \cdot K_1^2} = \frac{K_R}{4 \cdot T_1 \cdot K_I \cdot K_1}$$

$$\Rightarrow K_R = \frac{1}{4 \cdot T_1 \cdot K_I \cdot K_1} = \frac{1}{4 \cdot \frac{1}{4} sec \cdot 1 sec^{-1} \cdot 1} = 1$$ ✓ 4

c.) Bei einem Führungssprung wird stationäre Genauigkeit erreicht, da der offene Regelkreis I-Verhalten aufweist. ✓

Bei einem Störsprung wird keine stationäre Genauigkeit erreicht, weil ein Störsprung als Rampe zurückgekoppelt wird, und der offene Regelkreis nicht I-Verhalten aufweisen müsste, um stationäre Genauigkeit zu erreichen. ✓ 4



d.) Regelalgorithmus für den P-Regler nach der Trapezregel: $U(s) = K_P \cdot E(s)$ ✓ 4

$$u_k = K_P \cdot e_k$$

~~Mit Strecke.~~

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 2: Aufgabe 344: Schlingenregelung

Zur Regelung des Durchhangs von Papierbahnen werden in der Papierindustrie Schlingenregelungen eingesetzt. Der Durchhang der Papierbahn ist dem Integral der Geschwindigkeitsdifferenz

$$s(t) = \frac{1}{2}\int\left[v_2(\tau) - v_1(\tau)\right] d\tau$$

$$= \frac{1}{2} 2\pi\, r \int\left[n_2(\tau) - n_1(\tau)\right] d\tau$$

proportional, siehe Bild. Die Differentialgleichung für den Motor 2 lautet:

$$\dot{n}_2(t)\, T_1 + n_2(t) = C_1\, u_a(t)$$

Die Drehzahl des Motors 1 wirkt als Störgröße.

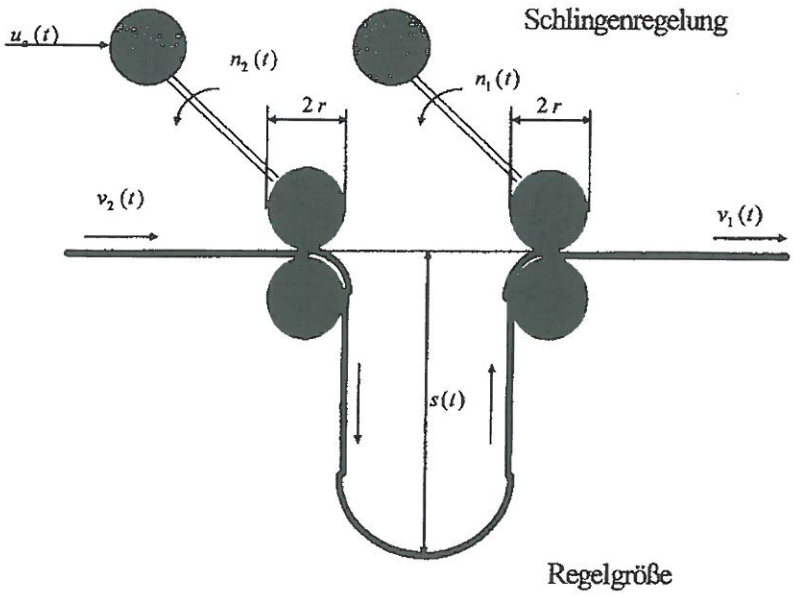


Bild 344 a: Schlingenregelung

a) Normieren Sie die Gleichungen mit den Konstanten n_{max}, s_{max} und u_{max}.

b) Zeichnen Sie den vollständigen Wirkungsplan der Regelstrecke mit einem P-Regler.

c) Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion $G_S(s) = \dfrac{S(s)}{W(s)}$.

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 4/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 2:

a.) Es gilt: $\hat{s}(t) = \frac{s(t)}{s_{max}} \Rightarrow s(t) = \hat{s}(t) \cdot s_{max}$

$\hat{u}_1(t) = \frac{u_1(t)}{u_{max}} \Rightarrow u_1(t) = \hat{u}_1(t) \cdot u_{max}$

$\dot{u}_1(t) = \dot{\hat{u}}_1(t) \cdot u_{max}$

$\hat{u}(t) = \frac{u(t)}{u_{max}} \Rightarrow u(t) = \hat{u}(t) \cdot u_{max}$

$\Rightarrow \hat{s}(t) \cdot s_{max} = \frac{1}{\tau} \cdot \int [u_2(\tau) - u_1(\tau)] \cdot d\tau$

$\Rightarrow \hat{s}(t) = \frac{1}{\tau \cdot s_{max}} \cdot \int [u_2(\tau) - u_1(\tau)] \cdot d\tau$

$= \frac{1}{s_{max}} \cdot \pi \cdot r \int [(\hat{u}_2(t) \cdot u_{max} - \hat{u}_1(t) u_{max})] \cdot d\tau$

$= \frac{u_{max}}{s_{max}} \cdot \pi \cdot r \int [\hat{u}_2(\tau) - \hat{u}_1(\tau)] \cdot d\tau$

Mit $\frac{u_{max}}{s_{max}} = K_1$ folgt: $\hat{s}(t) = K_1 \pi \cdot r \cdot \int [\hat{u}_2(\tau) - \hat{u}_1(\tau)] \cdot d\tau$ ✓

$\Rightarrow \dot{\hat{u}}_2(t) \cdot u_{max} \cdot T_1 + \hat{u}_2(t) u_{max} = G_1 \cdot \hat{u}_1 \cdot u_{max}$

$\dot{\hat{u}}_2(t) \cdot T_1 + \hat{u}_2(t) = G_1 \cdot \hat{u}_1 \cdot \frac{u_{max}}{u_{max}}$

Mit $\frac{u_{max}}{u_{max}} = K_2$ folgt: $\dot{\hat{u}}_2(t) \cdot T_1 + \hat{u}_2(t) = G_1 \cdot K_2 \cdot \hat{u}_1$ ✓

4–

SS ~~/ WS~~ 08	Semester 4	Fach GR	Dozent WHL

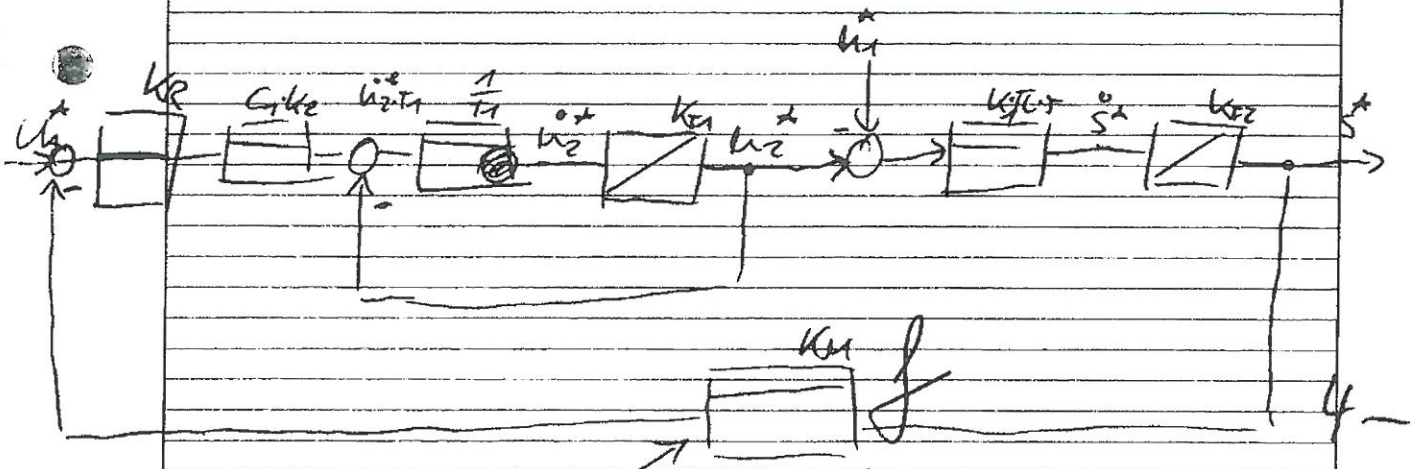
FSR - Klausurensammlung 5/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 2:



Brauche Messumformer um von s auf eine Spannung zu schließen.

In folgenden sind alle Größen die normierten Größe.

$$\frac{S(s)}{W(s)} = \frac{S(s)}{U(s)} = \frac{\left(K_R \cdot G_1 \cdot K_2 \cdot \frac{\frac{K_{I1}}{T_1 \cdot s}}{1 + \frac{K_{I1}}{T_1 s}} - \cancel{K_1}\right) \cdot K_1 \cdot T \cdot \tau \cdot \frac{K_{I2}}{s}}{1 + \left(K_R \cdot G_1 \cdot K_2 \cdot \frac{\frac{K_{I1}}{T_1 \cdot s}}{1 + \frac{K_{I1}}{T_1 s}} - \cancel{K_1}\right) \cdot K_1 \cdot T \cdot \tau \cdot \frac{K_{I2}}{s}}$$

$$= \frac{\left(K_R \cdot G_1 \cdot K_2 \cdot \frac{K_{I1}}{T_1 s + K_{I1}} - \cancel{K_1}\right) \cdot K_1 \cdot T \cdot \tau \cdot K_{I2}}{s + \left(K_R \cdot G_1 \cdot K_2 \cdot \frac{K_{I1}}{T_1 s + K_{I1}} - \cancel{K_1}\right) K_1 \cdot T \cdot \tau \cdot K_{I2}}$$

Kein w_1, da Führungsübertr.-fkt.

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 6/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 2:

$$\frac{S(s)}{U(s)} = \frac{\frac{K_R \cdot C_M \cdot K_2 \cdot K_{I1} \cdot K_1 \cdot \pi \cdot r \cdot K_{I2}}{T_1 \cdot s + K_{I1}}}{s + \frac{K_R \cdot C_M \cdot K_2 \cdot K_{I1} \cdot K_1 \cdot \pi \cdot r \cdot K_{I2}}{T_1 \cdot s + K_{I1}}}$$

Definiere

$$K_R \cdot C_M \cdot K_2 \cdot K_{I1} \cdot K_1 \cdot \pi \cdot r \cdot K_{I2} = K$$

$$\frac{S(s)}{U(s)} = \frac{K}{s(T_1 s + K_{I1}) + K} = \frac{K}{T_1 \cdot s^2 + K_{I1} \cdot s + K}$$

$$= \frac{1}{\frac{T_1}{K} \cdot s^2 + \frac{K_{I1}}{K} \cdot s + 1}$$

Konstanten definieren

$$= \frac{1}{\frac{T_1}{K_R C_1 \cdot \frac{U_{max}}{n_{max}}}}$$

~~2~~

3

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 7/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 3: Stabilität

Gegeben seien die folgenden Systeme mit den Parametern: $K_S, T, T_1, T_t > 0$:

a) $G(s) = \dfrac{K_S}{(s+3s+4s)}$ → ~~Grenzstabil~~ instabil
Pol im Ursprung

b) $G_s(s) = \dfrac{K_S}{T^2 s^2 + 2\,Ts + 1}$ → ~~instabil~~ asymptotisch stabil
~~doppelter~~ Pol bei -1

c) $G_s(s) = \dfrac{K_S\,(s+3)}{(s+1)(s+1)}$ → asymptotisch stabil
alle Pole in d. linken Halbebene

d) $G_s(s) = \dfrac{K_S}{(1+T_1 s)} e^{-T_t s}$

Was können Sie über die Stabilität aussagen?

Aufgabe	a	b	c	d
BIBO stabil / grenzstabil	X			
asymptotisch stabil		[redacted]		
instabil	[redacted]	X	X	

✓ /16

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 8/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

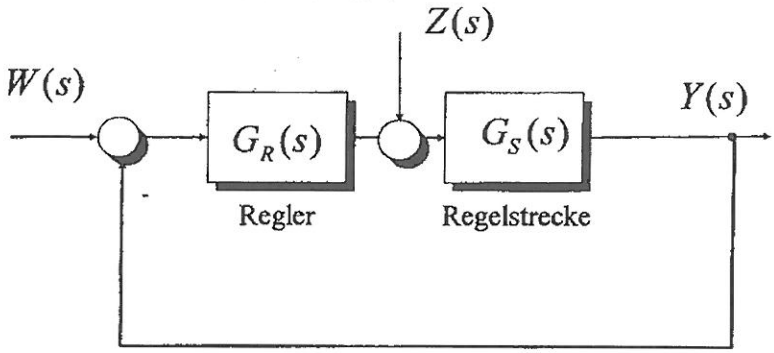
Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 4: Reglersynthese

Die folgenden Aussagen sollen den Reglersynthesefällen zugeordnet werden:

a) Stationäre Genauigkeit beim Führungsgrößensprung wird erreicht.
b) Stationäre Genauigkeit beim Störgrößensprung wird erreicht.
c) Regelstrecke ist instabil, Reglerentwurf nur mit Zustandrückführung möglich.
d) Polkompensation einer Polstelle $T_N = T_1$ durchführen.
e) Polkompensation einer Polstelle $T_N = T_2$ durchführen.
f) Dämpfung $\vartheta = 1$ oder $\vartheta = 0.707$ für das Gesamtübertragungsverhalten vorgeben
g) Totzeit durch PT1-Glied annähern.



Regelstrecke	Regler	Hinweis	Wahre Aussagen
$G_S(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}(1+T_N s)$	$T_1 >> T_2$	~~d)~~ a) b) 2
$G_S(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)}$	$G_R(s) = \frac{K_I}{s}$		a) f) b) 4
$G_S(s) = \frac{K_I}{s(1+T_1 s)} e^{-T_t s}$	$G_R(s) = K_R \frac{(1+T_N s)}{(1+T_v s)}$	$T_1 >> T_t$	a) c) g) [e)] 2
$G_S(s) = \frac{K_I}{s(s-3)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}$		a) b) c): 2

Für $T_2 = T_t$

Jedoch auch nicht mit Zustandsrückführung zu stabilisieren.

51

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 3/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Name: Schmidt	
Vorname: Johann	
Immatrikulations Nr.: 1868631	
Semester: E4a	
Notenpunkte:	13
Bemerkungen:	

1. Als **Lösungsblätter** werden **nur die Freiräume** auf den ausgeteilten Aufgabenblättern akzeptiert. Zusätzliche Vorentwürfe etc. (auf Extraseiten) werden nicht bewertet!!
2. Damit Unklarheiten bereits zu Beginn der Klausur beseitigt werden können, lesen Sie sich **alle** Aufgaben durch, bevor Sie mit der Bearbeitung beginnen.
3. **Zugelassene Hilfsmittel**: Zwei Seiten **handschriftlich, Regelalgorihmen, Laplace Tabelle, Otto Tapete**
4. Die Kommunikation mit anderen Klausurteilnehmern ist **nicht erlaubt.**
5. Jeder **Betrugsversuch** führt zu einer **ungültigen Klausur**.
6. Schreiben Sie **leserlich**. Unleserliche Teile von Antworten werden **nicht bewertet**.
7. Die Aufgabenblätter sind **vollständig** abzugeben (Ohne zusätzliche Entwürfe auf Extraseiten!)
8. Ergebnisse werden nur dann als richtig bewertet, wenn sie zweifelsfrei nachvollziehbar sind!
9. Ich wünsche Ihnen **viel Erfolg!**

Aufgabe	**Punkte**	**Erreichte Punkte**
1a,1b,2c,1d	4+4+4+4	15
2a,2b,2c	4+4+4	11
3a,3b,3c,3d	4+4+4+4	16
4a,4b,4c,4d	4+4+4+4	15
		57

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 1: Reglersynthese

Gegeben sei der folgende Regelkreis in Bild 1.

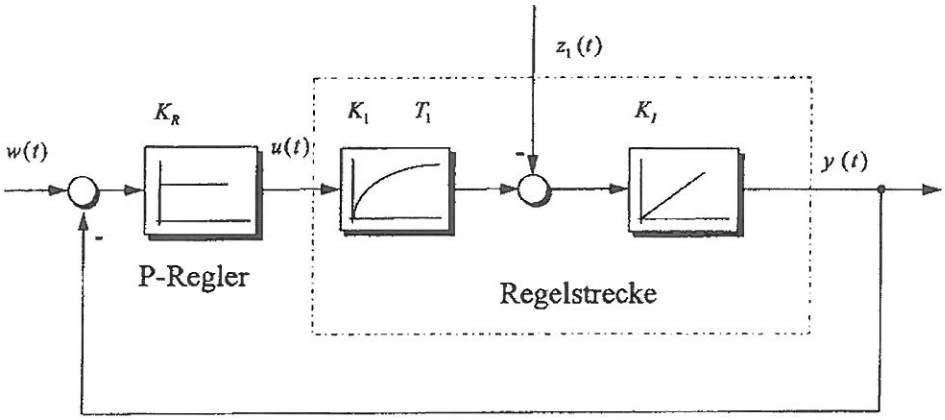


Bild 1: Wirkungsplan eines mechanischen Prozesses

a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G_0(s)$ des offenen Regelkreises.

b) Bestimmen Sie die Verstärkung des P-Reglers, so dass eine Dämpfung von $\vartheta = 1$ erreicht wird. Die Parameter lauten: $K_1 = 1$, $T_1 = 1/4\,\text{sec}$ und $K_I = 1\,\text{sec}^{-1}$.

c) Wird stationäre Genauigkeit bei einem Führungs- und Störgrößensprung erreicht? Begründen Sie Ihre Antwort.

d) Geben Sie den vollständigen Regelalgorithmus an!

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 11/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 1:

a)

$$\cancel{G_0(s) = \frac{k_R \cdot k_1}{(1+T_1 \cdot s)} \cdot \frac{k_I}{s}}$$

$$G_0(s) = \frac{k_R \cdot k_1 \cdot k_I}{s \cdot (1 + T_1 \cdot s)}$$

4

b)

$$G_w(s) = \frac{G_0}{1 + G_0} = \frac{\frac{k_R \cdot k_1 \cdot k_I}{s(1+T_1 \cdot s)}}{1 + \frac{k_R \cdot k_1 \cdot k_I}{s(1+T_1 \cdot s)}}$$

$$G_w(s) = \frac{k_R \cdot k_1 \cdot k_I}{s(1+T_1 \cdot s) + k_R k_1 k_I}$$

$$= \frac{k_R k_1 k_I}{T_1 s^2 + s + k_R k_1 k_I} \quad \Bigg| \; \frac{\frac{1}{k_R k_1 k_I}}{\frac{1}{k_R k_1 k_I}}$$

$$= \frac{1}{\frac{T_1}{k_R k_1 k_I} \cdot s^2 + \frac{1}{k_R k_1 k_I} \cdot s + 1}$$

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	6R	WHL

FSR - Klausurensammlung 12/13

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 1: zu b)

PT_2 - Übertragungsfunktion lautet:

$$G(s) = \frac{K_D}{T^2 s^2 + 2\vartheta T \cdot s + 1}$$

mit Koefitientenvergleich folgt:

I $T^2 = \frac{T_1}{k_1 k_I k_R}$ II $2\vartheta T = \frac{1}{k_1 k_I k_R}$ $\vartheta = 1$

$k_1 = 1$

II $T = \frac{1}{2\vartheta k_1 k_I \cdot k_R}$ in I $T_1 = \frac{1}{4}\,sec$

$k_I = 1\,sec^{-1}$

$$\Rightarrow \frac{1}{4\vartheta^2 k_1^2 k_I^2 k_R^2} = \frac{T_1}{k_1 k_I k_R}$$

$$\frac{1}{4\vartheta^2 k_1 k_I k_R} = T_1 \Rightarrow k_R = \frac{1}{4\vartheta^2 k_1 k_I T_1}$$

$$k_R = \frac{1}{4 \cdot 1^2 \cdot 1 \cdot 1\,sec^{-1} \cdot 0{,}25\,sec} = 1$$

4

c) Stationäre Genauigkeit: Führungssprung:

$$\lim_{t \to \infty} = \lim_{s \to 0} s \cdot G_w(s) \frac{1}{s} = \lim_{s \to 0} \frac{k_R k_1 k_I}{s(1 + T_1 s) + k_R k_1 k_I}$$

$\to 0$

Stationäre Genauigkeit $= 1$

beim Führungssprung wird erreicht!

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 15/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 1: zu c)

Stationäre Genauigkeit beim Störsprung:

$\lim_{t\to\infty} = \lim_{s\to 0} s \cdot Z(s) \cdot \frac{1}{s^2}$ da $Z(s)$ integriert wird, wird aus einem Störsprung eine Rampe

$= \lim_{s\to 0} \frac{1}{1+G_0} \cdot \frac{1}{s}$

$= \frac{1}{1+\frac{K_R \cdot K_1 \cdot K_I}{s(1+T_1 \cdot s)}} \cdot \frac{1}{s} = \frac{s(1+T_1 \cdot s)}{s(1+T_1 \cdot s) + K_R K_1 K_I} \cdot \frac{1}{s} = 1$

3.

Stationäre Genauigkeit beim ~~Führungs~~ Störsprung wird nicht erreicht, da der Ausdruck nicht 0 wird.

d) Regelalgorythmus: für einen P-Regler

mit $u_k = K_p \cdot e_k = 1 \cdot e_k$

4

SS / ~~WS~~ 08	Semester 4	Fach GR	Dozent WHL

FSR - Klausurensammlung 14/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 2: Aufgabe 344: Schlingenregelung

Zur Regelung des Durchhangs von Papierbahnen werden in der Papierindustrie Schlingenregelungen eingesetzt. Der Durchhang der Papierbahn ist dem Integral der Geschwindigkeitsdifferenz

$$s(t) = \frac{1}{2}\int\left[v_2(\tau) - v_1(\tau)\right] d\tau$$

$$= \frac{1}{2} 2\pi\, r \int\left[n_2(\tau) - n_1(\tau)\right] d\tau$$

proportional, siehe Bild. Die Differentialgleichung für den Motor 2 lautet:

$$\dot{n}_2(t)\, T_1 + n_2(t) = C_1\, u_a(t)$$

Die Drehzahl des Motors 1 wirkt als Störgröße.

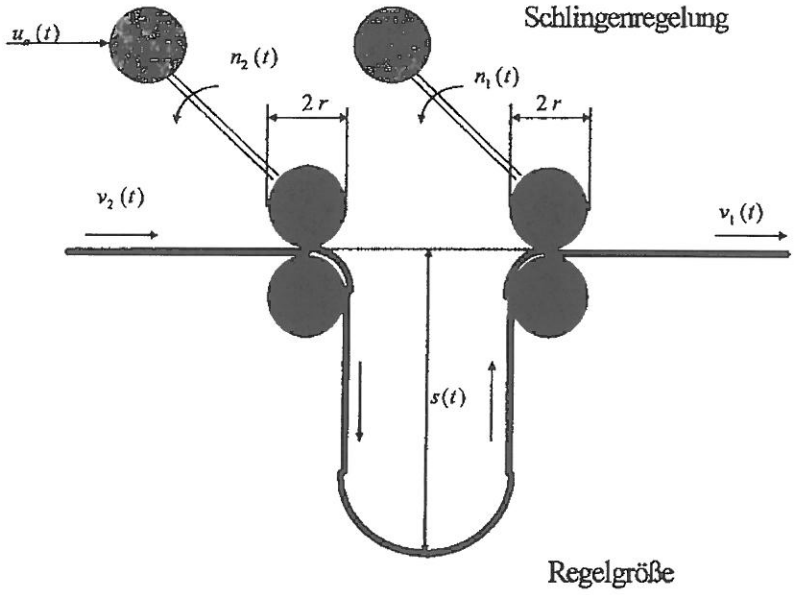


Bild 344 a: Schlingenregelung

a) Normieren Sie die Gleichungen mit den Konstanten n_{max}, s_{max} und u_{max}.

b) Zeichnen Sie den vollständigen Wirkungsplan der Regelstrecke mit einem P-Regler.

c) Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion $G_S(s) = \dfrac{S(s)}{W(s)}$.

SS / ~~WS~~	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	WHL

FSR - Klausurensammlung 15/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 2:

a) $\dot{n}_2(t)T_1 + n_2(t) = C_1 \cdot u_a(t)$

$$\frac{n_{max}}{n_{max}}\left(\dot{n}_2(t)T_1 + n_2(t)\right) = C_1 \cdot \frac{u_{amax}}{u_{amax}} \cdot u_a(t)$$

$$\dot{n}_2^*(t)T_1 + n_2^*(t) = C_1 \cdot \frac{u_{amax}}{n_{max}} \cdot u_a^*(t)$$

$$C \overset{def}{=} C_1 \cdot \frac{u_{amax}}{n_{max}}$$

$\dot{n}_2 = (C u_a - n_2)\frac{1}{T}$

$$\Rightarrow \boxed{\dot{n}_2^*(t) \cdot T_1 + n_2^*(t) = C \cdot u_a^*(t)}$$

$$s(t) = \frac{1}{2} 2\pi r \int [n_2(\tau) - n_1(\tau)]\, d\tau$$

$$\frac{s_{max}}{s_{max}} s(t) = \pi r \int \left[\frac{n_{max}}{n_{max}}(n_2(\tau) - n_1(\tau)\right] d\tau$$

$$\Rightarrow s^*(t) = \frac{\pi \cdot r \cdot n_{max}}{s_{max}} \int [n_2^*(\tau) - n_1^*(\tau)]\, d\tau$$

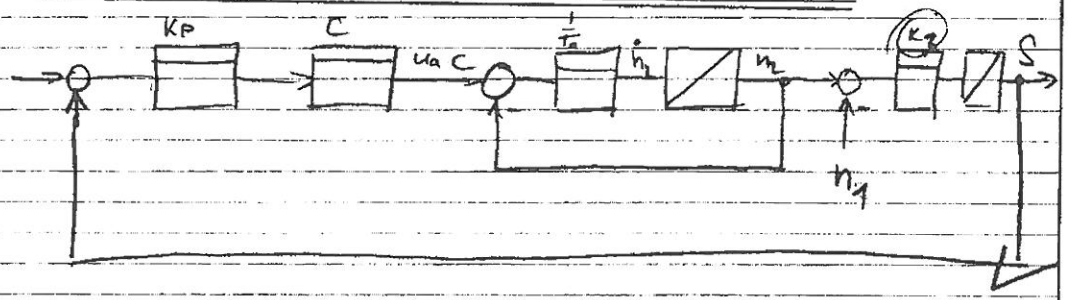
$$k_I \overset{def}{=} \frac{\pi r \cdot n_{max}}{s_{max}}$$

$\dot{s} = k(n_2 - n_1)$

$$\Rightarrow s^*(t) = k_I \int [n_2^*(\tau) - n_1^*(\tau)]\, d\tau$$

4

b)



SS / ~~WS~~ 08	Semester 4	Fach GR	Dozent WHL

FSR - Klausurensammlung 16/19

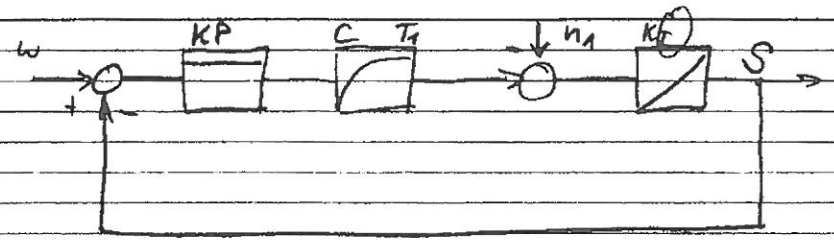
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 2: zu b)



4

c) ges: $G_w(s) = \dfrac{\dfrac{k_P \cdot C \cdot k_I}{(1+T_1 s)\cdot s}}{1 + \dfrac{k_P \cdot C \cdot k_I}{(1+T_1 \cdot s)\cdot s}}$

$$G_w(s) = \frac{k_P \cdot C \cdot k_I}{(1+T_1 \cdot s)\cdot s + k_P \cdot C \cdot k_I}$$

3

SS / ~~WS~~ 08	Semester 4	Fach GR	Dozent WHL

FSR - Klausurensammlung 17/13

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 3: Stabilität

Gegeben seien die folgenden Systeme mit den Parametern: $K_S, T, T_1, T_t > 0$:

a) $$G(s) = \frac{K_S}{(s + 3s + 4s)}$$

b) $$G_s(s) = \frac{K_S}{T^2 s^2 + 2\,Ts + 1}$$

$s^2 + \frac{2}{T} s + \frac{1}{T^2}$ $\quad s_{12} = -\frac{1}{T} \pm \sqrt{\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T^2}}$

$s_{1,2} = -\frac{1}{T}$

c) $$G_s(s) = \frac{K_S\,(s+3)}{(s+1)(s+1)}$$

d) $$G_s(s) = \frac{K_S}{(1 + T_1 s)} e^{-T_t s}$$

Was können Sie über die Stabilität aussagen?

Aufgabe	a	b	c	d
BIBO stabil / grenzstabil				
asymptotisch stabil		X	X	X
instabil	X			

SS / ~~WS~~ 08	Semester 4	Fach GR	Dozent WHL

FSR - Klausurensammlung 18/19

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

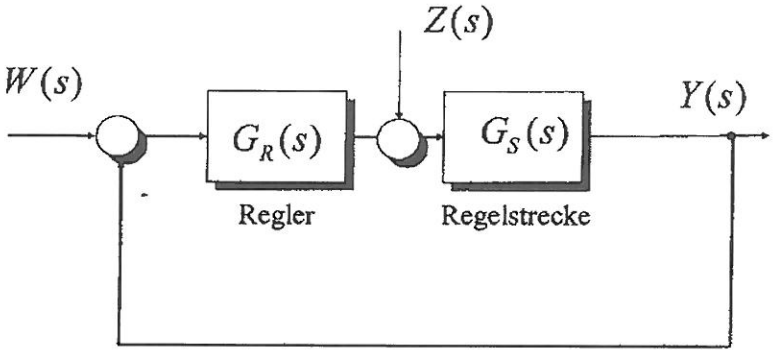
Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Aufgabe 4: Reglersynthese

Die folgenden Aussagen sollen den Reglersynthesefällen zugeordnet werden:

a) Stationäre Genauigkeit beim Führungsgrößensprung wird erreicht.
b) Stationäre Genauigkeit beim Störgrößensprung wird erreicht.
c) Regelstrecke ist instabil, Reglerentwurf nur mit Zustandrückführung möglich.
d) Polkompensation einer Polstelle $T_N = T_1$ durchführen.
e) Polkompensation einer Polstelle $T_N = T_2$ durchführen.
f) Dämpfung $\vartheta = 1$ oder $\vartheta = 0.707$ für das Gesamtübertragungsverhalten vorgeben
g) Totzeit durch PT1-Glied annähern.



Regelstrecke	Regler	Hinweis	Wahre Aussagen
$G_S(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}(1+T_N s)$	$T_1 >> T_2$	d) a) f) 3
$G_S(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)}$	$G_R(s) = \frac{K_I}{s}$		a) f) b) 4
$G_S(s) = \frac{K_I}{s(1+T_1 s)} e^{T_t s}$	$G_R(s) = K_R \frac{(1+T_N s)}{(1+T_v s)}$	$T_1 >> T_t$	d) a) g) 4
$G_S(s) = \frac{K_I}{s(s-3)}$	$G_R(s) = \frac{K_{I_R}}{s}$		c) 4

Pol ~~auf~~ im rechten Quadranten, instabil!

	Semester	Fach	Dozent
08	4	GR	VHL

FSR - Klausurensammlung 13/13

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke 09.07.2008

Lösung zu Aufgabe 4

1) $G_0(s) = \frac{K_I}{\cancel{(1+T_1 s)}(1+T_2 s)} \cdot \frac{K_I R}{s}\cancel{(1+T_v s)}$

$G_0(s) = \frac{K_I K_I R}{s(1+T_2 s)} \Rightarrow G_w(s) = \frac{K_I K_I R}{s(1+T_2 s) + K_I K_I R}$

2) $G_0(s) = \frac{K_1}{(1+T_1 s)} \cdot \frac{K_I}{s} = \frac{K_1 K_I}{(1+T_1 s)s}$

$G_w(s) = \frac{K_1 \cdot K_I}{(1+T_1 s)s + K_1 K_I}$ | $z(s) = \frac{1}{1+G_S \cdot G_S \cdot G_R}$

$\lim_{s\to 0} s\, z(s) \frac{1}{s} = \lim_{s\to 0} \frac{1}{1+\frac{K_1 K_I K_1}{(1+T_1 s)^2 \cdot s}} = 0$

3) $\cancel{G_0(s) = \frac{K_I}{(1+T_1 s)} \cdot \frac{K_I R}{s}}$ $G_0(s) = \frac{K_I}{s\cancel{(1+T_1 s)}} e^{-T_t s} \cdot K_R \frac{\cancel{(1+T_v s)}}{(1+T_v s)}$

$G_0(s) = \frac{K_I \cdot e^{-T_t s}}{s(1+T_v s)}$

$G_w(s) = \frac{K_I \cdot e^{-T_t s}}{s(1+T_v s) + K_I \cdot e^{-T_t s}} \Rightarrow \lim_{s\to 0} s\, G_w(s) \frac{1}{s}$

1