IE
19

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik
university of applied sciences   ***FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK***   ***UND INFORMATIK***
Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke   04.07.2011

Name:	Kempe
Vorname:	Sören
Immatrikulationsnummer:	1893154
Semester:	E4a
Notenpunkte:	7
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, Laplace-Tabelle, Regelalgorithmen, 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. Reklamationen der Bewertung können nur beim Rückgabetermin erhoben werden!
10. Ich wünsche Ihnen **viel Erfolg!**

Aufgabe	**Punkte**	**Erreichte Punkte**
1a,1b,1c,1d	6+6+6+6	15
2	6	2
3	6	2
4a,4b	6+6	9
5	6	3

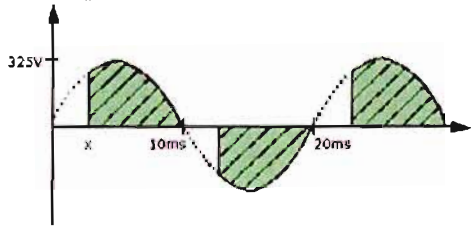
31

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Aufgabe 1: Systemeigenschaften Glühlampe mit Phasenanschnittssteuerung

Eine Glühlampe wird mittels Phasenanschnittsteuerung



in der Leistung verändert. Die Gleichungen lauten

$$P_{el} = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t)\, \hat{u}\, \hat{i}\, d(\omega t)$$

mit

$$P_0 = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$$

a) Berechnen Sie das Verhältnis $\frac{P_{el}}{P_0} = f(\alpha)$.

b) Handelt es sich um ein statisches oder dynamisches System?

c) Handelt es sich um ein lineares oder nichtlineares System?

d) Berechnen Sie die Verstärkung $K_3 = \frac{\partial \frac{P_{el}}{P_0}}{\partial \alpha}$ für $\alpha = 90^o$.

Hinweis: $\int \sin^2(a\,x)\, dx = \frac{1}{2}x - \frac{1}{4a}\sin 2ax$

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Lösung zu Aufgabe 1:

a) $P_{el} = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t)\, \hat{u}\cdot\hat{i}\, d\omega t \Rightarrow = \hat{u}\cdot\hat{i}\,\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi}\sin^2(\omega t)\, d(\omega t)$

$P_0 = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}\cdot\frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{u}\cdot\hat{i}}{2}$ ~~ges:~~ $\frac{P_{el}}{P_0}$

Integration:

$\cancel{\hat{u}\cdot\hat{i}\,\frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{4(\omega t)}\sin 2(\omega t)\right]_{\alpha}^{\pi}}$ $\hat{u}\cdot\hat{i}\,\frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2}(\omega t) - \frac{1}{4}\sin 2(\omega t)\right]_{\alpha}^{\pi}$

Integral auflösen:

$= \hat{u}\cdot\hat{i}\,\frac{1}{\pi}\left[\left(\frac{1}{2}\pi - \frac{1}{4}\sin(2\pi)\right) - \left(\frac{1}{2}\alpha - \frac{1}{4}\sin(2\alpha)\right)\right]$

$= \hat{u}\cdot\hat{i}\cdot\frac{1}{\pi}\left[\frac{\pi}{2} - \frac{1}{4}\sin(2\pi) - \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{4}\sin 2\alpha\right]$

$= \hat{u}\cdot\hat{i}\cdot\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\pi} + \sin(2\alpha)$

$\frac{P_{el}}{P_0} = \frac{\hat{u}\cdot\hat{i}\cdot 0{,}5 - \frac{\alpha}{2\pi} + \sin(2\alpha)}{0{,}5\cdot(\hat{u}\cdot\hat{i})} = -\frac{\alpha}{2\pi} + \sin(2\alpha)$

$\frac{P_{el}}{P_0} = f(\alpha) \Rightarrow f(\alpha) = -\frac{\alpha}{2\pi} + \sin(2\alpha)$

3

b) Dies ist ein statisches System da es ein sogenanntes "Gedächtnisloses" System ist, da die Ausgangsgröße nur von dem Wert der momentanen Eingangsgröße abhängt (zu einem bestimmten Zeitpunkt)

6

c) Es handelt sich hier um ein nicht lineares System, da hier nicht das Überlagerungsprinzip angewendet werden kann (Superposition)

6

d) 0

Lösung zu Aufgabe 1:

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

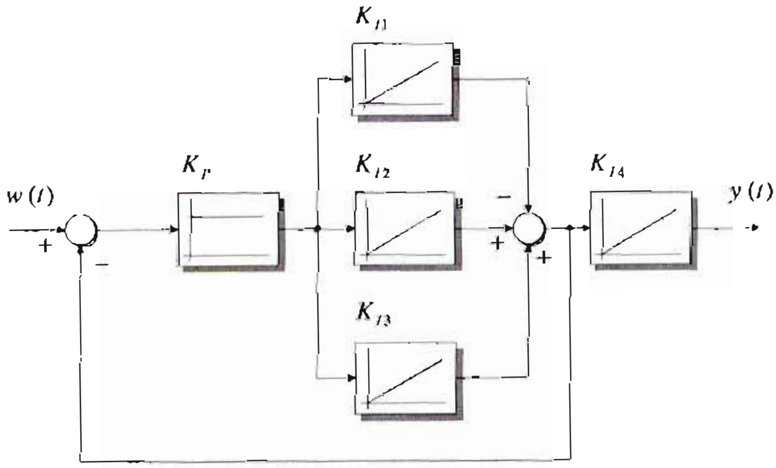
university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK
UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Aufgabe 2: Analyse eines mechanischen Subsystems

Gegeben ist das mechanisches Subsystem eines U-Bootes.

Es kann mit folgendem Wirkschaltplan angegeben werden:



Mit den Parametern K_P , K_{I1} , K_{I2} , K_{I3} und K_{I4} .

a) Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion $G_W(s) = \dfrac{Y(s)}{W(s)}$ mit **minimalster Ordnung** in normierter Form ($a_n \cdot s^n$ mit $a_n = 1$).

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Lösung zu Aufgabe 2:

ges.: $G_w(s) = \frac{Y(s)}{W(s)}$

$$K_p \cdot \left(\frac{K_{I2}}{s} + \frac{K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1}}{s}\right) = G_0(s)$$

$$G_w(s) = \frac{G_0(s)}{1+G_0(s)} \cdot \frac{K_{I4}}{s}$$

$$G_w(s) = \frac{K_p\left(\frac{K_{I2}+K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1}}{s}\right)}{1+K_p\left(\frac{K_{I2}+K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1}}{s}\right)} \cdot \frac{K_{I4}}{s}$$

$$= \frac{K_p\left(\frac{K_{I2}+K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1}}{s}\right) \cdot K_{I4}}{1+K_p\left(\frac{K_{I2}+K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1}}{s}\right) \cdot s}$$

$$= \frac{\frac{K_p \cdot K_{I4} + K_{I2} + K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1} \cdot K_{I4} \cdot K_p}{s}}{1 + K_p\left(\frac{K_{I2}+K_{I3}\cancel{s}}{\cancel{s}} - \frac{K_{I1}\cancel{s}}{\cancel{s}}\right)}$$

$$= \frac{\frac{K_p \cdot K_{I4} + K_{I2} + K_{I3}}{s} - \frac{K_{I1} \cdot K_{I4} \cdot K_p}{s}}{1 + K_p \cdot K_{I2} + K_{I3} - K_{I1} \cdot K_p} \Big/ \cdot s$$

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Aufgabe 3: Zustandsform

Gegeben sei die Zustandsform der folgenden Regelstrecke:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -7 & -12 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{c}^T = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Berechnen Sie die Übertragungsfunktion!

Lösung zu Aufgabe 3:

Hier ist gefordert die Übertragungsfunktion aus der Zustandsform zu generieren mit der Form:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = c^T [s \cdot I - A]^{-1} \cdot b$$

$$= \frac{c^T \operatorname{adj} (s \cdot \underline{I} - A)^{-1} \cdot b}{\det(s \cdot \underline{I} - A)}$$

① $[1 \;\; 2] \left(\begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -7 & -12 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \right)^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

Determinante : $7 \cdot 0 - (-1 \cdot -12)$
$D = -12$

$$\Rightarrow \frac{1}{(S+12)} \cdot [1 \;\; 2] \begin{pmatrix} S+12 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{(S+12)} \cdot [12 \;\; 0] \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{S+12} \cdot 12 \Rightarrow \frac{12}{S+12}$$

$$G(s) = \frac{12}{S+12}$$

Lösung zu Aufgabe 3:

Lösung zu Aufgabe 3:

Aufgabe 4: Reglerdimensionierung

Zu einer Regelstrecke

$$G_s(s) = \frac{K_S}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$$

mit $K_S = 4$, $T_1 = 0.5\,\text{sec}$ und $T_2 = 2\,\text{sec}$ ist ein PI-Regler

$$G_R(s) = \frac{K_I}{s}(1+T_n s) \rightarrow \text{PI-Regler}$$

auszulegen. Die dominierende Zeitkonstante ist zu kompensieren und es ist ein schnelles Einschwingen ohne Überschwinger zu realisieren.

a) Wie lauten die Parameter des Reglers?

b) Der Regelalgorithmus nach der Trapezregel sowie die Abtastzeit sind anzugeben.

Lösung zu Aufgabe 4:

b) Es handelt sich hier laut Tabelle um einen PI-Regler
Damit ergibt sich für die Differenzengleichung

$$u_K = \left(K_P + \frac{K_I \cdot T}{2}\right) e_K + \left(\frac{K_I T}{2} - K_P\right) e_{K-1} + u_{K-1}$$ ✓

Wahl der Abtastzeit?

geg: $T_1 = 0{,}5\,\text{sec}$

für u.a. PI-Regler $T \leq 0{,}1 \cdot T_1$

ergibt sich $T = 0{,}1 \cdot 0{,}5\,\text{sec}$

$T = 0{,}05\,\text{sec} = 50\,\text{msec}$ ✓

6

Lösung zu Aufgabe 4:

a) Pol-Kompensation durchführen: $T_1 = 0{,}5\,sec$, $T_2 = 2\,sec$

Strecke: $\dfrac{K_s}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$ Regler: $\dfrac{K_I}{s}\cdot(1+T_N s)$

Übertragungsfunktion nach Pol-Komp. T_2 = dominante Z.K. dan $2 > 0{,}5$

$$G_{0(s)} = \frac{K_S \cdot K_I}{(1+T_1 s)s}$$

Gesamt übertragungsfunkt. aufstellen

$$G_{W(s)} = \frac{G_{0(s)}}{1+G_{0(s)}} = \frac{\dfrac{K_S\cdot K_I}{(1+T_1 s)s}}{1+\dfrac{K_S\cdot K_I}{(1+T_1 s)s}} \quad /\cdot(1+T_1\cdot s)s$$

$$= \frac{K_S\cdot K_I}{(1+T_1\cdot s)s + K_S\cdot K_I} \Rightarrow \frac{K_S\cdot K_I}{T_1 s^2 + s + K_S\cdot K_I} \quad /\cdot\left(\frac{1}{K_S\cdot K_I}\right)$$

$$= \frac{1}{\underbrace{\frac{T_1}{K_S\cdot K_I}}_{T^2} s^2 + \underbrace{\frac{1}{K_S\cdot K_I}}_{2\vartheta T} s^2} \qquad T^2 = \frac{T_1}{K_S\cdot K_I} \qquad 2\vartheta T = \frac{1}{K_S\cdot K_I}$$

$$2\vartheta T = \frac{1}{K_S\cdot K_I} \quad / \text{Nach } T \text{ umstellen}$$

$$T = \frac{1}{2\vartheta K_S\cdot K_I} \quad /(\ldots)^2 \Rightarrow T^2 = \frac{1}{4\vartheta^2\cdot K_S^2\cdot K_I^2}$$

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK
UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Lösung zu Aufgabe 4:

~~Fortsetzung~~

a) Koeffizientenvergleich vornehmen

~~2 ϑ T =~~

$$\frac{T_1}{K_S \cdot K_I} = \frac{1}{4\vartheta^2 \cdot K_S^2 \cdot K_I^2} \quad / \cdot 4\vartheta^2 \cdot K_S^2$$

$$\frac{T_1 \cdot 4\vartheta^2 K_S^2}{K_S \cdot K_I} = \frac{1}{K_I^2} \quad / \cdot K_I$$

$$\frac{T_1 \cdot 4\vartheta^2 \cdot K_S^{\cancel{2}}}{\cancel{K_S}} = \frac{\cancel{K_I}}{K_I^{\cancel{2}}} \Rightarrow K_I = \frac{T_1 \cdot 4\vartheta^2 \cdot K_S}{1}$$

$$K_I = T_1 \cdot 4\vartheta^2 \cdot K_S$$

Vorgabe: schnelles Einschwingen ohne Überschwingen bedeutet $\vartheta = 1$

$$K_I = 0{,}5\,\text{sec} \cdot 4 \cdot 1^2 \cdot 4$$

$$K_I = \underline{8\,\text{sec}} = T_N$$

3

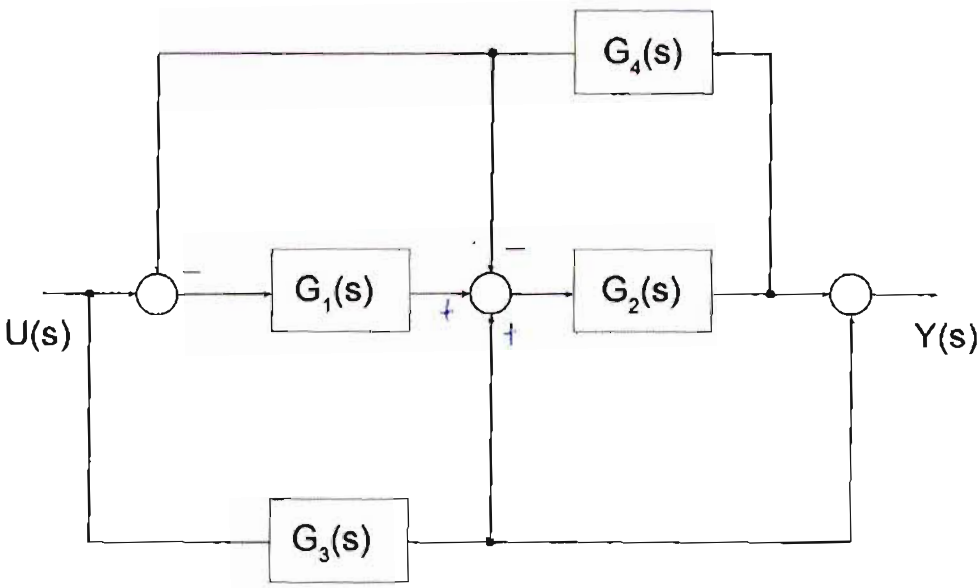
Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Aufgabe 5: Übertragungsfunktion

Gegeben sei die Regelstrecke:



Berechnen Sie die Übertragungsfunktion: $G_W(s) = \dfrac{Y(s)}{U(s)}$

Lösung zu Aufgabe 5:

$G_{14}^* = G_{13}^*(S) \cdot G_{24}^*(S)$

$\dfrac{G_1(s)}{1+G_3(s)} = G_{13}^*$

$\dfrac{G_2(s)}{1+G_4(s)} = G_{24}^*$

$G = \dfrac{G_{14}^*}{1+G_3(s)} + \dfrac{G_{14}^*}{1+G_4(s)}$

Lösung zu Aufgabe 5 :

$$G_{w(s)} = \frac{G_{13}^* \cdot G_{24}^*}{1 + G_3(s)} + \frac{G_{13}^*(s) \cdot G_{24}^*}{1 + G_4(s)}$$

$$= \frac{\frac{G_1(s)}{1+G_3(s)} \cdot \frac{G_2(s)}{1+G_4(s)}}{1 + G_3(s)} + \frac{\frac{G_1(s)}{1+G_3(s)} \cdot \frac{G_2(s)}{1+G_4(s)}}{1+G_4(s)}$$

3

Klausur : Grundlagen Regelungstechnik

university of applied sciences
FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

Prof. Dr.-Ing. W. Wöhlke
04.07.2011

Lösung zu Aufgabe 5 :

Lösung zu Aufgabe 5: