

Diese Prüfung/Klausur 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 : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	-----
Summe	

x Lösungen

K U R Z F R A G E N :

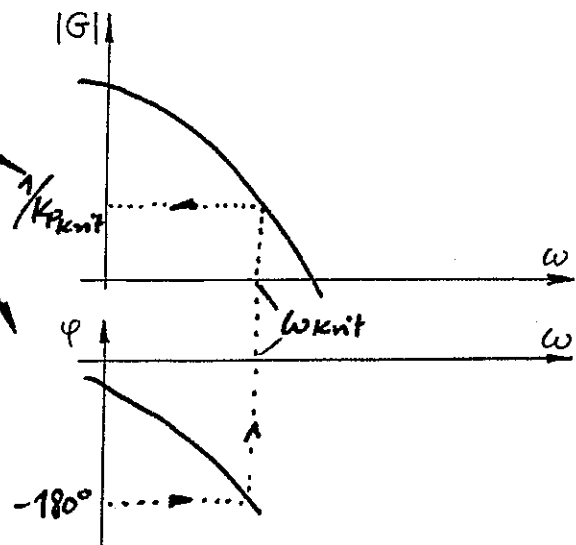
1. Ergänzen Sie den üblichen Verlauf des Frequenzganges einer Regelstrecke (Betrag und Phasenwinkel) und tragen Sie die Größen K_p krit und ω_{krit} ein! (3P)

2. In welche Richtung muss bei einem Regler die Nachstellzeit T_n verändert werden, damit der I-Anteil kleiner wird? (1P)

$T_n \uparrow$

3. Welcher Frequenzgang ist der Ausgangspunkt für das Nyquistkriterium? (1P)

offener Regelkreis



4. Eine Regelstrecke 1. Ordnung mit einem P-Regler kann nicht instabil werden. Ab der wievielten Ordnung kann eine Regelstrecke mit einem P-Regler instabil werden? (2P)

ab 3. Ordnung

5. Welche Übertragungsverhalten (im Sinne der Regelungstechnik) besitzen folgende Regelstreckenelemente? (6P)

Regelventil/Hydraulikzylinder I
 (zur Positionsregelung)

Tiefpassfilter: PT₁

Hochpassfilter: DT₁

6. Wie ist der Regelfaktor definiert? (1P)

$$R = \frac{\text{bleibende Regeldiff. (mit Regler)}}{\text{bleibende Regeldiff. (ohne Regler)}}$$

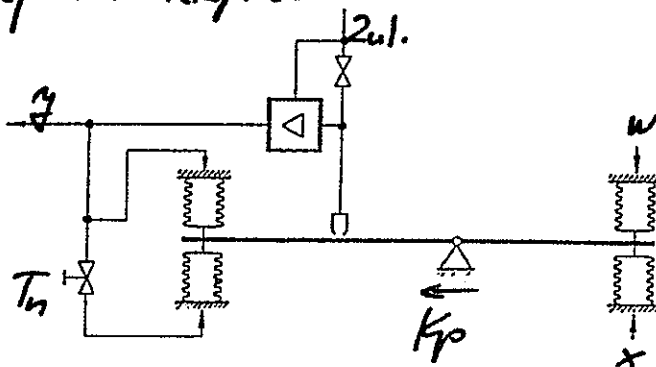
7. Wie entstehen die sogenannten "Druckspitzen" in der Ölhydraulik? Verwenden Sie zur Erläuterung die Begriffe "kinetische Energie" und "potentielle Energie"! (3P)

*Zyl. in Bewegung mit $E_{kin} = \frac{m}{2} v^2$
plötzliche Nullstellung Ventil; Abbremsen auf $v=0 \rightarrow E_{pot} = E_{kin} = \frac{1}{2} E_{öl} \Delta p^2$
 $\Delta p \rightarrow$ Druckspitzen*

8. Die Abbildung zeigt einen pneumatischen PI-Regler. Kennzeichnen Sie folgende Stellen/Eingabepunkte/... !

- Zuluft
- Regelgröße
- Führungsgröße
- Verstellung K_p
- Stellgröße
- Nachstellzeit

(6P)



9. Welches ist der grundlegende Unterschied zwischen einer Steuerung und einer Regelung? (2P)

*Steuerung $\rightarrow$ offene Wirkungskette
Regelung $\rightarrow$ geschlossener Kreis*

10. Was versteht man unter Pulsweitenmodulation/Einschaltdauermodulation? (1P)

*$\square$ $\square$ $\square$ $\Rightarrow$ kleines Signal $\square$ $\square$ $\square$ $\Rightarrow$ großes Signal
rel. Einschaltdauer = Maß für Signalgröße*

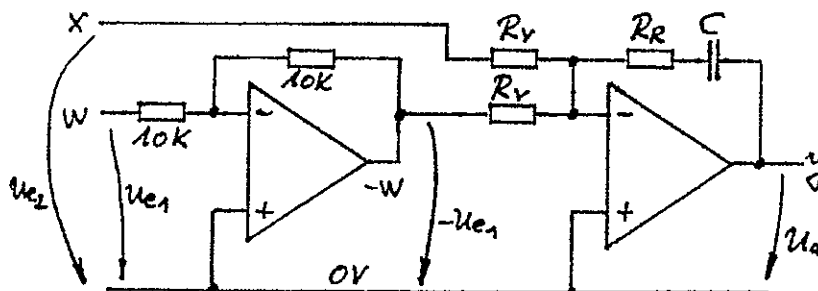
11. Einem Übertragungselement ($|G_1|=0,4$; $\varphi_1=-20^\circ$) wird ein zweites Übertragungselement ($|G_2|=2$; $\varphi_2=+10^\circ$) in Reihe geschaltet. Wie groß ist der Gesamtfrequenzgang (Betrag und Phasenwinkel)? (4P)

$$|G_{ges}| = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \quad ; \quad \varphi_{ges} = -20^\circ + 10^\circ = -10^\circ$$

A U F G A B E N T E I L :

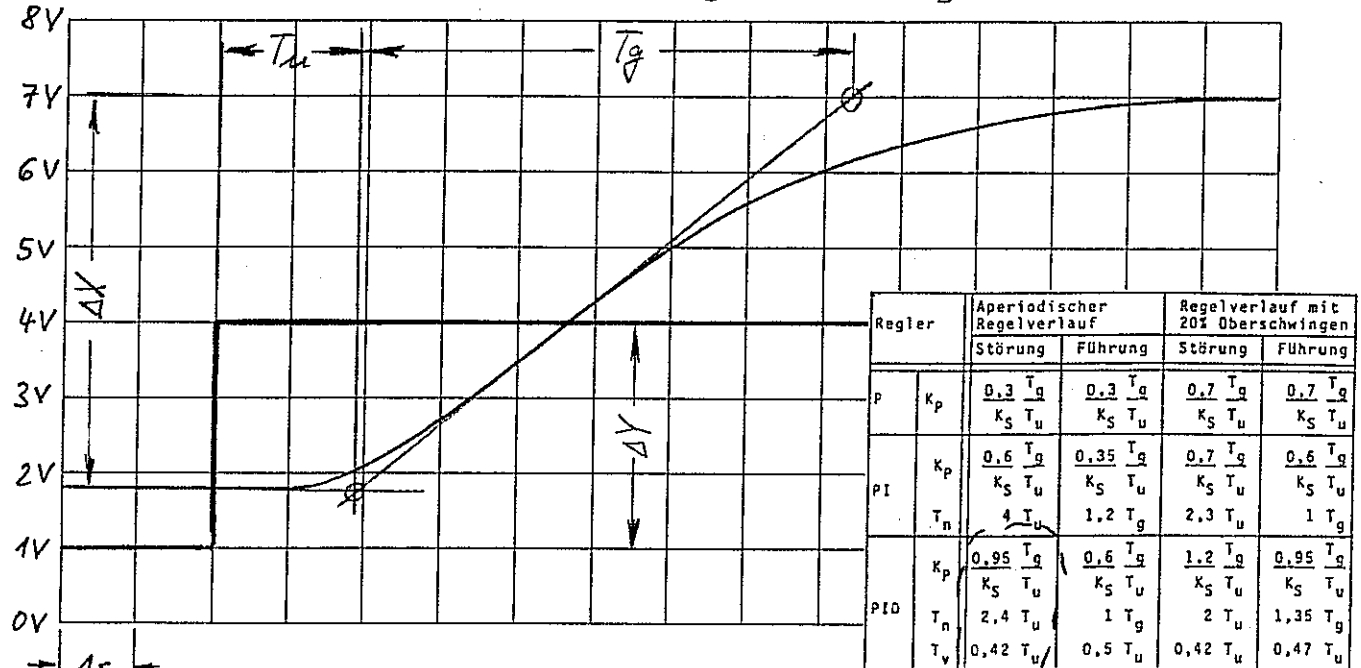
Aufgabe 1 (12 P)

Entwickeln Sie eine Gleichung für die untenstehende Schaltung! Ermitteln Sie die Gleichungen zur Festlegung der üblichen Einstellparameter!



Aufgabe 2 (20P)

Bei der Reglereinstellung aus der Sprungantwort wird bei einem Stellgrößensprung der abgebildete Signalverlauf gemessen.



- Bestimmen Sie die Reglereinstellung für einen PID-Regler, falls der Regler im Wesentlichen auftretende Störungen ausregeln soll! Dabei soll ein Überschwingen der Regelgröße vermieden werden.
- Wie ändern sich alle Ergebnisse von Fragestellung a., falls der Regelstrecke eine zusätzliche Totzeit von 2 Sekunden hinzugefügt wird?

Aufgabe 3 (16P)

Für eine Positionsregelung soll ein Phototransistor verwendet werden. Dargestellt ist der Kollektorstrom I_c in Abhängigkeit der Spannung U_{CE} sowie der Beleuchtungsstärke E [lx].

In der linearisierten Form

$$i_c = K_1 \cdot U_{CE} + K_2 \cdot E$$

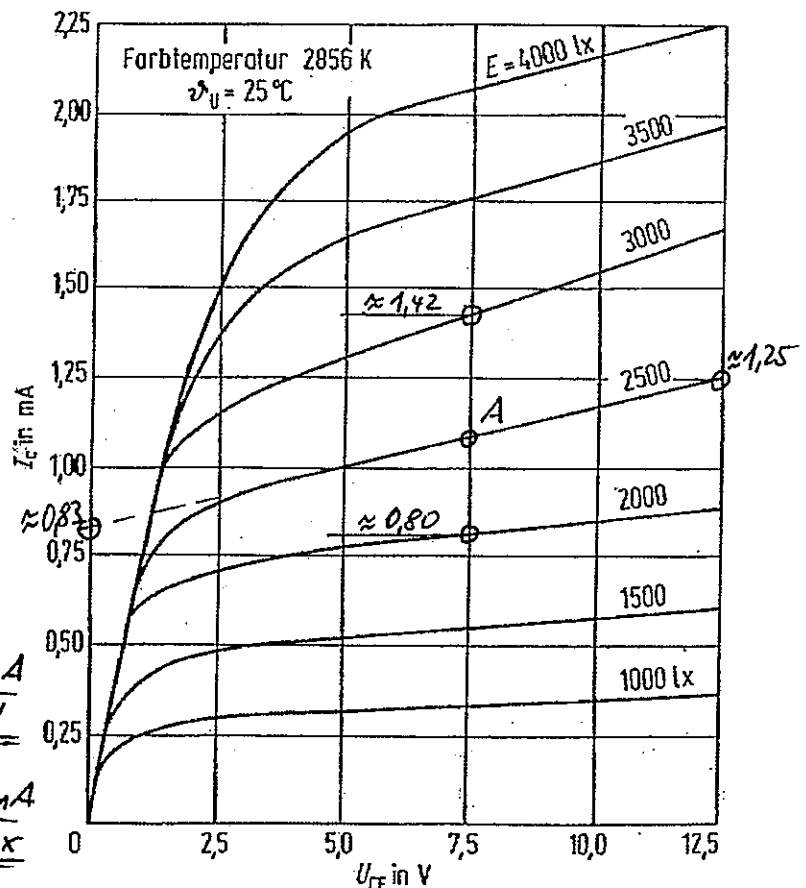
sind die Parameter K_1 und K_2 zu bestimmen!

Arbeitspunkt:

$$U_{CE} = 7,5V ; E = 2500 \text{ lx}$$

$$K_1 = \frac{\partial I_c}{\partial U_{CE}} \bigg|_A = \frac{(1,25 - 0,83) \text{ mA}}{12,5 \text{ V}} = 0,034 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$K_2 = \frac{\partial I_c}{\partial E} \bigg|_A = \frac{(1,42 - 0,80) \text{ mA}}{1000 \text{ lx}} = 6,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mA}}{\text{lx}}$$

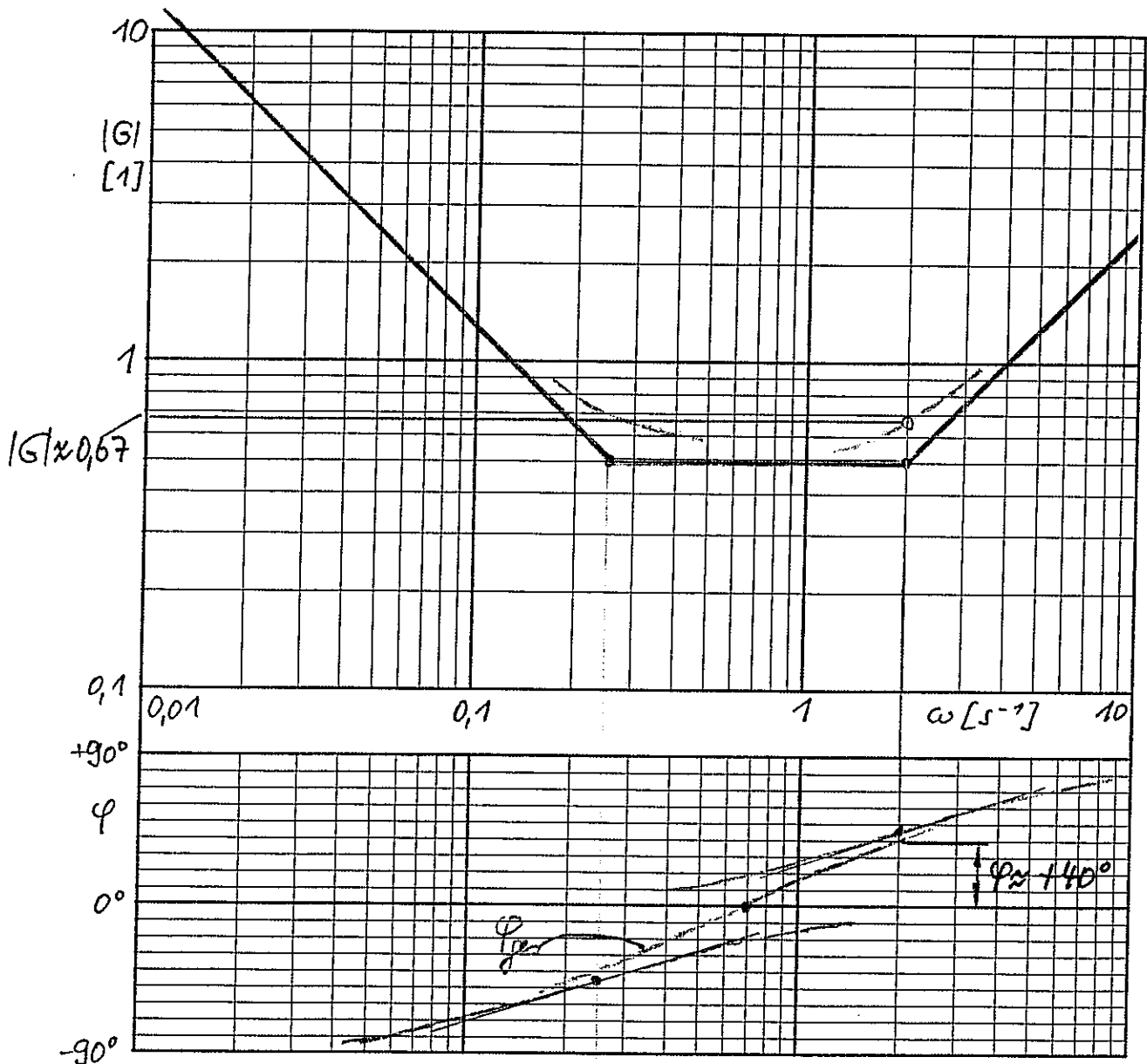


Aufgabe 4 (28 P)

In dem unten abgebildeten Bode-Diagramm ist der Frequenzgang eines PID-Reglers einzutragen (Sei: $K_p = 0,5$; $T_n = 4$ s ; $T_v = 0,5$ s). Ermitteln Sie aus der Graphik den Betrag und Phasenwinkel des Frequenzganges für $\omega = 2 \text{ s}^{-1}$! Überprüfen Sie das Ergebnis rechnerisch!

Hinweis:

$$|G| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2} \quad ; \quad \tan(\varphi) = \frac{\text{Im}}{\text{Re}}$$



Aufgabe 5 (14 P)

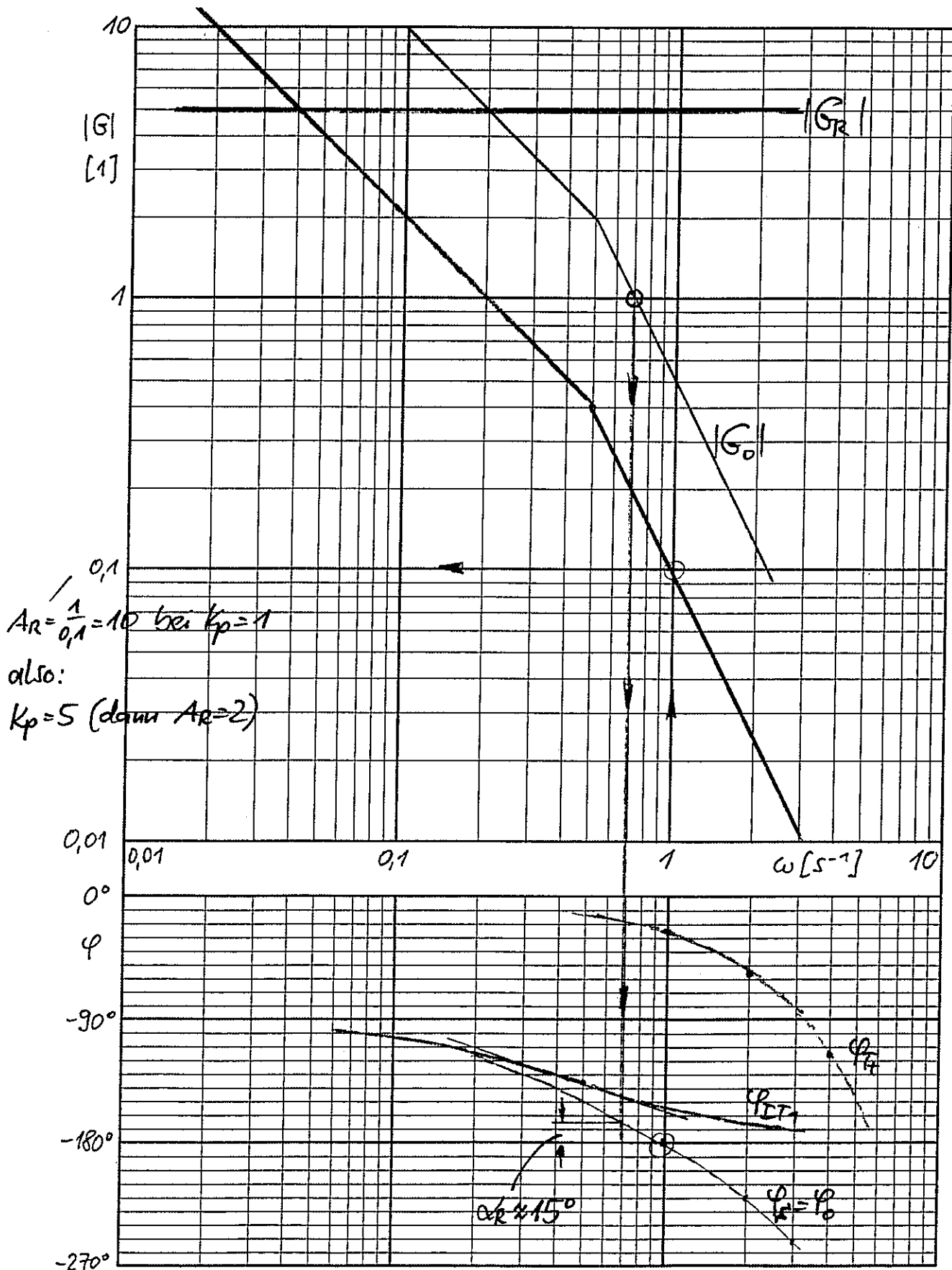
Eine Regelstrecke vom Typ PT_2 wird mit einem I-Regler geregelt. Bestimmen Sie den zulässigen Bereich der Einstellwerte für K_I !

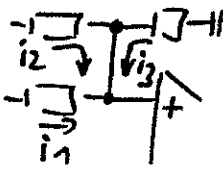
$$G_s = \frac{K_s}{(1+j\omega T)^2} \quad ; \quad G_R = \frac{K_I}{j\omega}$$

Hinweis: $a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3 > 0$

Aufgabe 6 (30 P)

In einem Regelkreis befindet sich eine IT_1 -Strecke ($K_I = 0,2 \text{ s}^{-1}$; $T = 2 \text{ s}$) und eine Totzeit ($T_t = 0,5 \text{ s}$). Bestimmen Sie K_p so, dass sich eine Amplitudenreserve von $A_R = 2$ ergibt! Wie groß ist dann die Phasenreserve?



zu 1)  $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

$$\frac{-u_{e1}}{R_v} + \frac{u_{e2}}{R_v} + \frac{u_a}{R_R + \frac{1}{j\omega C}} = 0$$

$$\frac{u_a}{u_{e1} - u_{e2}} = \underbrace{\frac{R_R}{R_v}}_{K_p} \left[1 + \frac{1}{j\omega \underbrace{R_R C}_{T_n}} \right] \quad (1)$$

zu 2) aus Abbildung: $T_n = 1,9s$; $T_p = 6,5s$; $\Delta Y = 3V$; $\Delta X = 5,2V$

$$K_S = \Delta X / \Delta Y = 5,2 / 3 = 1,73$$

$$\underline{K_p} = \frac{0,95}{1,73} \cdot \frac{6,5}{1,9} = \underline{1,88}; \quad \underline{T_n} = 2,4 \cdot 1,9s = \underline{4,6s}; \quad \underline{T_v} = 0,42 \cdot 1,9s = \underline{0,80s}$$

$$T_{\text{neue}} = 1,9s + 2,0s = 3,9s \quad (\text{Rest gleich})$$

$$\text{Somit: } \underline{K_p} = \underline{0,92}; \quad \underline{T_n} = \underline{9,4s}; \quad \underline{T_v} = \underline{1,6s}$$

$$\begin{aligned} \text{zu 4) } G &= K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega} + T_v j\omega \right) = K_p \left(1 + \frac{j}{-T_n \omega} + T_v j\omega \right) \\ &= K_p \left(1 + j \left(T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega} \right) \right) \end{aligned}$$

$$\underline{|G|} = K_p \sqrt{1 + \left(T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega} \right)^2} = 0,5 \sqrt{1 + \left(0,5 \cdot 2 - \frac{1}{4 \cdot 2} \right)^2} = \underline{0,664}$$

$$\tan \varphi = \frac{T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega}}{1} = T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega} = 0,5 \cdot 2 - \frac{1}{4 \cdot 2} = 0,875 \Rightarrow \underline{\varphi = +41,2^\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{zu 5) } G_w &= \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{\frac{K_I}{j\omega} \cdot \frac{K_S}{(1+j\omega T)^2}}{1 + \frac{K_I}{j\omega} \cdot \frac{K_S}{(1+j\omega T)^2}} = \frac{K_I K_S}{j\omega (1+j\omega T)^2 + K_I K_S} \\ &= \frac{K_I K_S}{j\omega + 2(j\omega)^2 T + (j\omega)^3 T^2 + K_I K_S} \end{aligned}$$

$$a_0 = K_I K_S; \quad a_1 = 1; \quad a_2 = 2T; \quad a_3 = T^2$$

1. Bed.: $a_i > 0 \rightarrow$ erfüllt

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

$$1 \cdot 2T > K_I K_S T^2$$

$$\vdots$$

$$\underline{K_I} < \underline{\frac{2}{K_S T}}$$

ferner: $K_I > 0$ (wegen 1. Bed.; $a_0 > 0$)