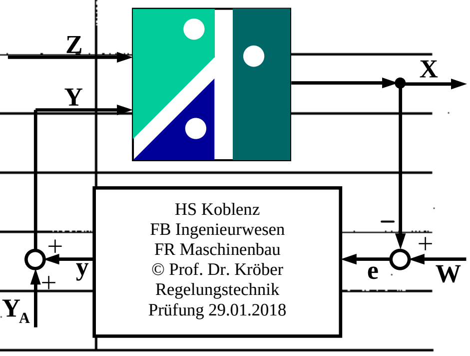
Hochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

Regelungstechnik WS 17/18
Prof. Dr. W. Kröber

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



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 : ______________________

K U R Z F R A G E N :

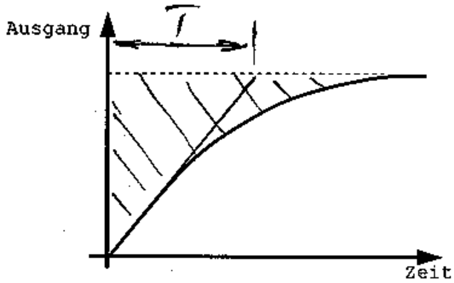
1. Ein digitaler Regler aktualisiert 100 mal pro Sekunde die Stellgröße. Wie groß ist die daraus resultierende Totzeit, die man bei der Stabilitätsuntersuchung berücksichtigen muss? (2P)

   5 ms

2. Der Frequenzgang des offenen Regelkreises hat bei der Phasenschnittkreisfrequenz einen Betrag von $|G_0|=0{,}25$. Wie groß ist die Amplitudenreserve? (2P)

   $A_R = 4$

3. Die Abbildung zeigt die Sprungantwort eines PT_1-Übertragungselementes. Wo ist die homogene Lösung ersichtlich (Schraffieren!)? Wie kann man die Zeitkonstante "abgreifen"? (4P)



4. Gegeben ist die angegebene Rekursionsgleichung. Um welches Übertragungselement handelt es sich? (2P)
   Rekursionsgleichung: $v_{i+1} = v_i + 0{,}1 \cdot u_i$

   I-Glied

5. Gegeben ist die Rekursionsgleichung für eine Totzeit. Der Zeitschritt beträgt Δt = 0,05 Sekunden. Wie groß ist die Totzeit? (2P)
   Rekursionsgleichung: $v_i = u_{i-10}$

   $T_t = 0{,}5\,s$

6. In einer Software finden Sie einen/den Regelalgorithmus. Die entsprechende Zeile lautet "Y = 3 + 0,4·(5-X)". (3P)

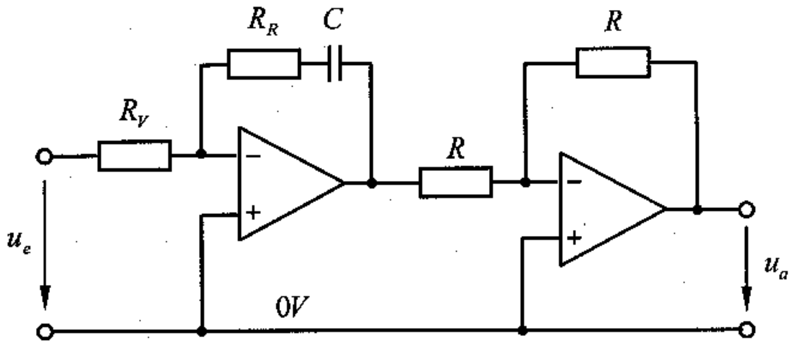
   Um welchen Regler handelt es sich? P-Regler mit Arbeitspunkt

   Welche Funktion hat der Parameter "3"? Arbeitspunkteinstellung

   Welche Funktion hat der Parameter "0,4"? Kp

7. Die abgebildete Schaltung besitzt PI-Verhalten. (4P)

Wie bestimmt man K_p und T_n (in Abhängigkeit von R, R_V, R_R und C)?



$K_p = R_R / R_V$ $\quad T_n = R_R \cdot C$

8. Welches Verhalten besitzt ein Regelkreis, wenn eine I-Regelstrecke mit einem I-Regler kombiniert wird? (2P)

PT2 ungedämpft ≙ Dauerschwingungen ≙ Stabilitätsgrenze

9. Die Eingangsgröße lautet $u = 1 \cdot cos(\omega t)$, die Ausgangsgröße $v = 2 \cdot sin(\omega t)$. Wie groß sind vom Frequenzgang $G = \underline{v}/\underline{u}$ der Betrag und der Phasenwinkel? (3P)

$|G| = 2 \quad \varphi = -90°$

R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (16P)

In der Abbildung ist die statische Kennlinie einer Regelstrecke eingetragen. Es handelt sich um einen degressiven Zusammenhang.

a Bestimmen Sie graphisch im Arbeitspunkt $Y = Y_A = 5$ den Parameter K_Y für den Linearansatz $x = K_Y \cdot y$!

b. Die Gleichung der Kennlinie sei gegeben durch:

$$\frac{X}{X_{max}} = \sqrt{\frac{Y}{Y_{max}}}$$

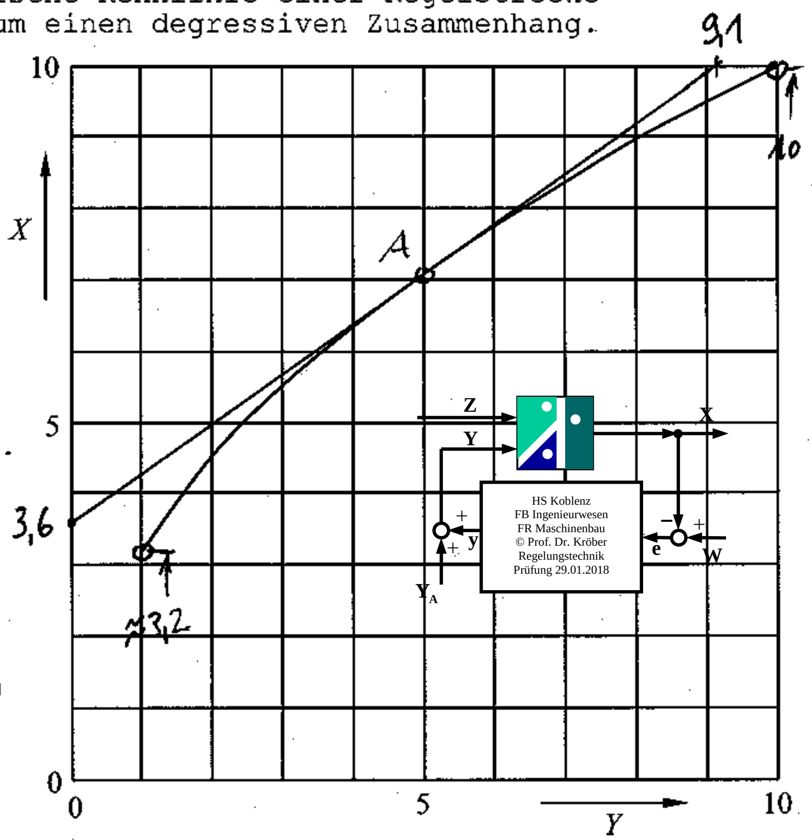
Dabei beträgt $X_{max} = Y_{max} = 10$.

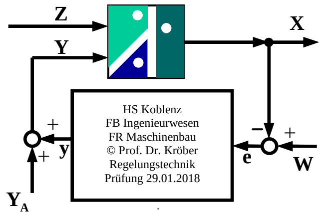
Bestimmen Sie auch hier im Arbeitspunkt $Y = Y_A$

$$K_Y = \frac{\partial X}{\partial Y}\Big|_A$$

(formelmäßig und numerisch)

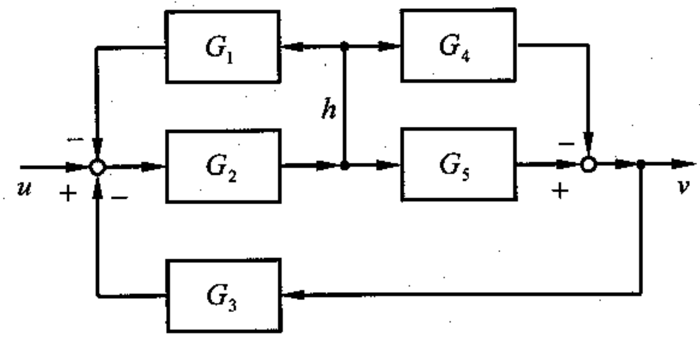
c. Prüfen Sie an 2 Punkten nach, ob die Graphik mit der angegebenen Formel übereinstimmt!





Aufgabe 2 (14P)

Der Ausgangspunkt ist der angegebene Wirkungsplan.



a. Für das angegebene System soll durch das Verwenden der eingetragenen Hilfsgröße h der Gesamtfrequenzgang bestimmt werden.

Ziel: $G = \frac{\underline{v}}{\underline{u}} = f(G_1, G_2, G_3, G_4, G_5) = ?$

b. Wenn zwei bestimmte Frequenzgänge gleich sind, ergibt sich für v als Ergebnis stets Null. Wie lautet diese Bedingung?

Aufgabe 3 (14P)

Einem Wasserbad der Masse m wird eine Heizleistung zugeführt. Dadurch steigt die Temperatur an.

Formelmäßig: $m \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = P_{Heiz}$

In Abhängigkeit der Differenz der Temperatur zu einem Sollwert wird die Heizleistung proportional verändert.

Formelmäßig: $P_{Heiz} = K_P \cdot (\vartheta_{Soll} - \vartheta)$

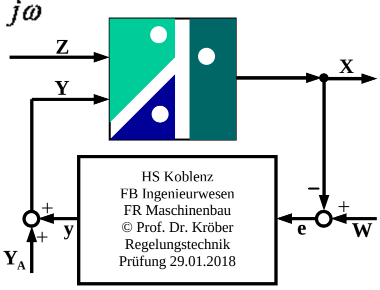
a. Bestimmen Sie in der Differentialgleichung $\vartheta + T \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = \vartheta_{Soll}$ die Zeitkonstante T (formelmäßige Lösung)!

b. Bestimmen Sie T zahlenmäßig!
Zahlenwerte für b: m = 1 kg; c = 4,183 kJ/(Kg·K); K_P = 100 W/K

Aufgabe 4 (14P)

Im Labor der Regelungstechnik wird eine Regelstrecke 2. Ordnung mit einem I-Regler geregelt. Bestimmen Sie mit dem Hurwitzverfahren eine Gleichung zur Reglereinstellung an der Stabilitätsgrenze!
Ziel: $K_I = K_{I\,krit} = ?$

Regelstrecke: $G_S = \dfrac{\omega_0{}^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0{}^2}$ Regler: $G_R = \dfrac{K_I}{j\omega}$



Hilfestellung zum Hurwitzverfahren: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

Aufgabe 5 (20P)

Der Frequenzgang eines offenen Regelkreises lautet:

$$G = \frac{K}{(1 + j\omega T_1)^2}(1 + \frac{1}{j\omega T_2}) \cdot e^{-j\omega T_t}$$

Gegebene Zahlenwerte: K=2,6418 T_1=4s T_2=5s T_t=2s

Zu bestimmen sind $|G| = |G|_{ges}$ und $\varphi = \varphi_{ges}$ für ω = 0,3562 s^{-1} !

Hilfestellungen:

PT_1-Glied $G_{PT1} = \dfrac{K}{1 + j\omega T}$ $|G|_{PT1} = \dfrac{K}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$ $\tan\varphi_{PT1} = -\omega T$

PI-Glied $G_{PI} = K_P \cdot (1 + \dfrac{1}{j\omega T_n})$ $|G|_{PI} = K_P \cdot \sqrt{1 + \dfrac{1}{(\omega T_n)^2}}$ $\tan\varphi_{PI} = -\dfrac{1}{\omega T_n}$

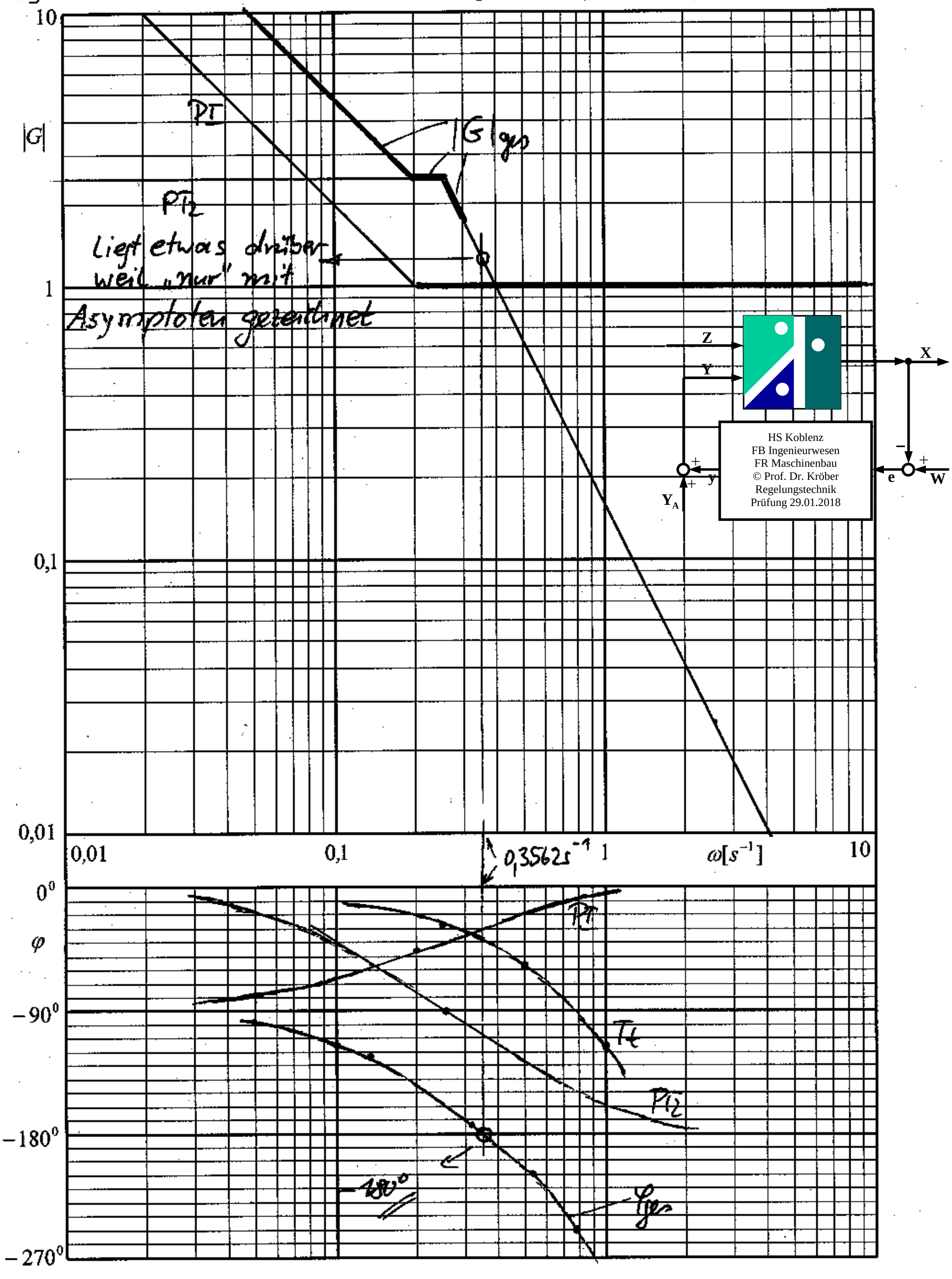
Totzeit-Glied $\varphi_{Tt} = -\omega \cdot T_t$

Aufgabe 6 (18P)

Tragen Sie den angegebenen Frequenzgang ins Bode-Diagramm ein!
Vergleichen Sie das Ergebnis von Aufgabe 5 mit der graphischen Lösung!

$$G = \frac{K}{(1+j\omega T_1)^2}\left(1+\frac{1}{j\omega T_2}\right)\cdot e^{-j\omega T_t}$$

Gegebene Zahlenwerte: K=2,6418 T_1=4s T_2=5s T_t=2s



Prüfung Regelungstechnik 29.01.18

zu 1, a) $K_y = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{10-3,6}{9,1-0} = 0,703$

b) $X = X_{max}\sqrt{\frac{Y}{Y_{max}}}$ $\qquad \left.\frac{\partial X}{\partial Y}\right|_A = \frac{X_{max}}{\sqrt{Y_{max}}}\cdot\left.\frac{1}{2\sqrt{Y}}\right|_A = \frac{X_{max}}{\sqrt{Y_{max}}}\cdot\frac{1}{2\sqrt{Y_A}}$

$$= \frac{10}{\sqrt{10}}\cdot\frac{1}{2}\,\frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$$

c) $\left.\begin{array}{l} Y=1:\; X = 10\sqrt{\frac{1}{10}} = 3,162 \\ Y=10:\; X = 10\sqrt{\frac{10}{10}} = 10 \end{array}\right\}$ siehe Eintrag in Skizze

zu 2) $\underline{h} = G_2(\underline{u} - G_3\cdot\underline{v} - G_1\cdot\underline{h})$; $\underline{v} = (G_5 - G_4)\cdot\underline{h} \Rightarrow \underline{h} = \frac{\underline{v}}{G_5 - G_4}$

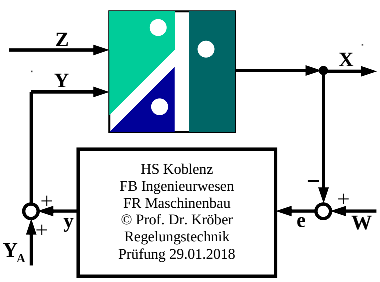
eingesetzt:

$$\frac{\underline{v}}{G_5-G_4} = G_2\left(\underline{u} - G_3\cdot\underline{v} - G_1\frac{\underline{v}}{G_5-G_4}\right) \Big| \cdot (G_5-G_4)$$

$$\underline{v} = G_2(G_5-G_4)\cdot\underline{u} - G_2G_3(G_5-G_4)\cdot\underline{v} - G_1\cdot G_2\cdot\underline{v}$$

$$\underline{v}\left[1 + G_1G_2 + G_2G_3(G_5-G_4)\right] = G_2(G_5-G_4)\,\underline{u}$$

$$G = \frac{\underline{v}}{\underline{u}} = \frac{G_2(G_5-G_4)}{1+G_2(G_1+G_3(G_5-G_4))}$$



b) $G_4 = G_5$

zu 3, a) $m\cdot c\cdot\frac{d\vartheta}{dt} = K_p(\vartheta_{soll} - \vartheta) \Big| \cdot\frac{1}{K_p}$

$$\vartheta + \underbrace{\frac{m\cdot c}{K_p}}_{T}\frac{d\vartheta}{dt} = \vartheta_{soll}$$

b) $T = \frac{m\cdot c}{K_p} = \frac{1\,kg\cdot 4183\,\frac{J}{kg\,K}}{100\,\frac{J}{s\,K}} = 41,83\,s$

W

Prüfung Regelungstechnik 29.01.18

zu 4)

$$G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{\frac{K_I}{j\omega} \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}}{1 + \frac{K_I}{j\omega} \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}} \cdot \frac{j\omega}{j\omega} \cdot \frac{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}$$

$$= \frac{K_I \omega_0^2}{j\omega\left[(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2\right] + K_I \omega_0^2} = \frac{K_I \omega_0^2}{K_I \omega_0^2 + (j\omega)\omega_0^2 + (j\omega)^2 2\delta + (j\omega)^3}$$

$a_0 = K_I \omega_0^2$ 1. Bed. $a_i > 0 \Rightarrow$ erfüllt

$a_1 = \omega_0^2$ 2. Bed. $a_1 a_2 > a_0 a_3$

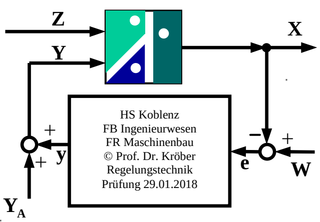
$a_2 = 2\delta$ $\cancel{\omega_0^2}\, 2\delta > K_I \cancel{\omega_0^2} \cdot 1$

$a_3 = 1$

$K_I < 2\delta$ bzw. $K_{I_{krit}} = 2\delta$

zu 5)

$$G = \underbrace{\frac{K}{(1 + j\omega T_1)^2}}_{G_1} \underbrace{\left(1 + \frac{1}{j\omega T_2}\right)}_{G_2} \underbrace{e^{-j\omega T_t}}_{G_3}$$



$$|G| = |G_1| \cdot |G_2| \cdot |G_3| = \frac{K}{1 + (\omega T_1)^2} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{(\omega T_2)^2}} \cdot 1$$

$$= \frac{2{,}6418}{1 + (0{,}3562 \cdot 4)^2} \sqrt{1 + \frac{1}{(0{,}3562 \cdot 5)^2}} = 0{,}8719 \cdot 1{,}147 = 0{,}9999 \approx 1{,}0$$

$$\tan\varphi_1 = -\omega T_1 = -0{,}3562 \cdot 4 \Rightarrow \varphi_1 = -54{,}937^\circ$$

$$\tan\varphi_2 = -\frac{1}{\omega T_2} = -\frac{1}{0{,}3562 \cdot 5} \Rightarrow \varphi_2 = -29{,}313^\circ$$

$$\varphi_3 = -\frac{180^\circ}{\pi} \cdot 0{,}3562 \cdot 2 = -40{,}818^\circ$$

$$\varphi_{ges} = 2 \cdot \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 2(-54{,}937^\circ) - 29{,}313^\circ - 40{,}818^\circ = -180{,}0^\circ$$