Ü 01 (II/5 min.):

An einem Lichtbogen gilt für den Zusammenhang zwischen Spannung und Strom näherungsweise die folgende Gleichung.

$$\mathbf{U(I) = \frac{500\ W}{I}}$$

a.) Skizzieren Sie den Verlauf der Kennlinie und linearisieren Sie diese (AP : $\mathbf{U_0 = 5\ V}$, $\mathbf{I_0 = 100\ A}$). Geben Sie die Ersatzverstärkung des linearisierten Modells (Eingang: $\mathbf{\Delta I}$, Ausgang: $\mathbf{\Delta U}$) an.

b.) Welcher Maximalstrom $\mathbf{I_{max}}$ ist zulässig, damit die relative Abweichung des linearisierten Modells gegenüber der U(I)- Kennlinie $\pm$ 1 % nicht übersteigt?

Ü 02 (II/5 min.):

Gegeben ist die nichtlineare Funktion $\mathbf{z = \sqrt{x^2 + y^2}}$.

a.) Zeichnen Sie zwei Varianten eines Wirkungsplans, der aus $\mathbf{x}$ und $\mathbf{y}$ direkt oder mit zwei Quadrierern und einem Radizierer die Größe $\mathbf{z}$ erzeugt.

b.) Geben Sie je ein linearisiertes Modell für den Arbeitspunkt $\mathbf{x_0 = 3}$; $\mathbf{y_0 = 4}$ an.

c.) Vergleichen Sie für den Betriebspunkt $\mathbf{x_1 = 3.1}$; $\mathbf{y_1 = 3.9}$ die Ausgangssignale der linearisierten Modelle mit dem der gegebenen, nichtlinearen Funktion.

Ü 03 (III/10 min.):

Zur Umwandlung einer Drehbewegung (Drehwinkel φ) in eine vom Drehwinkel abhängige Längsbewegung $\mathbf{x}(\varphi)$ eines Kolbens verwendet man zwei Stangen mit den Längen r und e, die sich in einer Ebene bewegen und durch ein Gelenk miteinander verbunden sind.
Die kürzere Stange (r < e) dreht sich mit der rotierenden Welle.

Für die Längsbewegung gilt die folgende Gleichung $\mathbf{x}(\varphi) = \mathbf{r} \cdot \cos\varphi + \mathbf{e} \cdot \sqrt{\mathbf{1} - \frac{\mathbf{r^2}}{\mathbf{e^2}} \cdot \sin^2\varphi}$.

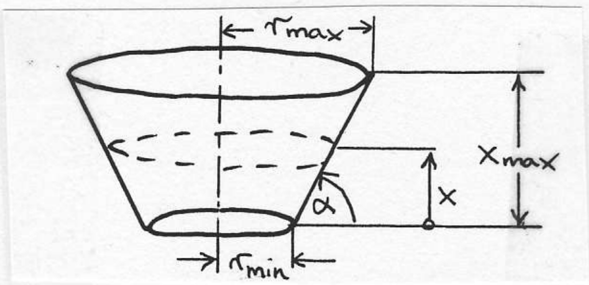
a.) Stellen Sie die nichtlineare Abhängigkeit $\mathbf{x}(\varphi)$ in einem Wirkungsplan dar.

b.) Berechnen Sie $\mathbf{x}(\varphi = \mathbf{45^o})$ für $\mathbf{r = 10\,cm}$ und $\mathbf{e = 20\,cm}$.
Tragen Sie alle bei der Rechnung auftretenden Zwischenergebnisse im Wirkungsplan ein.

Ü 04 (IV/15 min.):

Zu untersuchen ist ein Behälter, der die Form eines geraden Kreiskegelstumpfes hat.

Seine festen Abmessungen sind gegeben mit $\mathbf{r_{min} = 0.5\ m}$; $\mathbf{r_{max} = 3 \cdot r_{min}}$; $\mathbf{x_{max} = r_{max}}$.



a.) Berechnen Sie das Volumen V als Funktion der Füllhöhe x.

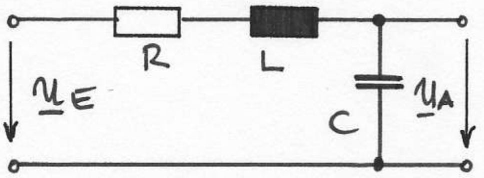
b.) Welches Volumen V_{max} lässt sich maximal in den Behälter einfüllen?

c.) Zeichnen Sie einen Wirkungsplan ohne Potenzfunktionen für die nichtlineare Beziehung V(x).

d.) Linearisieren Sie das Modell in der Umgebung des Arbeitpunktes $\mathbf{x_0 = 0.75\ m}$.

e.) Vergleichen Sie das exakte Volumen für $\mathbf{x_1 = 0.8\ m}$ mit dem des linearisierten Modells.

Ü 06 (I/10 min.): Gegebene Elementewerte: R = 10 $k\Omega$, L = 15.915 mH , C = 15.915 nF



a.) Stellen Sie erst allgemein und dann mit den gegebenen Elementewerten die Funktion $\underline{G}(s) = \frac{\underline{U}_A(s)}{\underline{U}_E(s)}$ auf.

b.) Normieren Sie diese Funktion, in dem Sie die Resonanzfrequenz als Bezugsfrequenz verwenden $\omega_B = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

c.) Normieren Sie die gegebenen Elementewerte mit den Bezugsgrößen $R_B = R$; $\omega_B = \omega_0$.

d.) Entnormieren Sie die bei c.) gefundenen Elementewerte nun mit $R_B = 50\ \Omega$; $\omega_B = 10^6\ \frac{1}{sec}$.

Ü 07 (I/5 min.): Entnormieren Sie die folgende, normierte Funktion mit $f_B = 31.831$ Hz.

$$\underline{G}(s) = \frac{3.162}{(1+0.01s)(1+0.5s)(1+s)}$$

Ü 08 (I/10 min.): $\underline{G}(s) = \frac{10}{(1+s\cdot 10\,sec)(1+s\cdot 4\,sec + s^2\cdot 100\,sec^2)}$

a.) Normieren Sie die Funktion mit $\omega_B = 0.1\ \frac{1}{sec}$.

b.) Entnormieren Sie nun die bei a.) berechnete Funktion mit $\omega_B = 0.3\ \frac{1}{sec}$.

Ü 09 (II/10 min.): a.) Normieren Sie mit den Bezugsgrößen $\omega_B = 0.5\ \frac{1}{sec}$ und $U_B = 10$ V. die Zeitfunktion $u(t) = 20\,V + 10\,V\cdot e^{-t/2\,sec} - 30\,V\cdot e^{-t/4\,sec}$

b.) Entnormieren Sie nun die bei a.) berechnete normierte Funktion mit den neuen Bezugsgrößen $\omega_B = 0.1\ \frac{1}{sec}$ und $U_B = 2$ V.

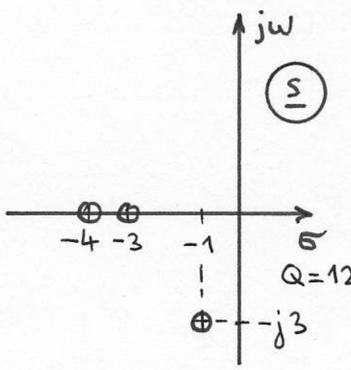
Ü 10 (II/5 min.): Entnormieren Sie mit den Bezugsgrößen $T_B = 6$ sec und $U_B = 5$ V die normierte Zeitfunktion $u(t) = 7 - 3\cdot e^{-t} - 4\cdot e^{-2t} + 5\cdot e^{-3t}\cdot \sin(0.5\cdot t)$

Ü 11 (I/10 min.): Berechnen Sie alle Nullstellen und die Konstanten Q der folgenden Polynome. Prüfen Sie, ob diese Hurwitz- Polynome sind und geben Sie jeweils die Produktform an.

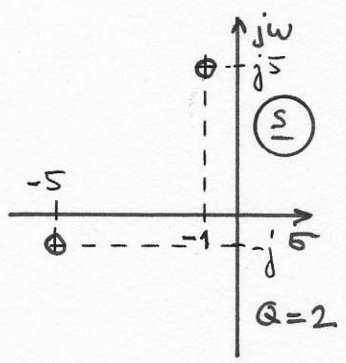
$\underline{P}_1(s) = 4s^2 + 16s + 16$; $\underline{P}_2(s) = 7s^2 + 28s + 21$; $\underline{P}_3(s) = 5s^2 - 10s + 25$

$\underline{P}_4(s) = 4s^3 + 8s^2 + 21s + 17$ Hinweis: $\underline{P}_4(s=-1) = 0$.

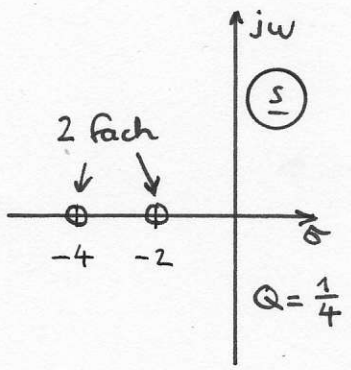
Ü 12 (I/10 min.): Ermitteln Sie aus den unvollständigen Nullstellen- Plänen und den Konstanten Q die zugehörigen Polynome in der Produkt- und in der Summenform mit reellen Koeffizienten.



$\underline{P}_1(s)$



$\underline{P}_2(s)$



$\underline{P}_3(s)$

Ü 13 (III/15 min.): Verbessern Sie iterativ durch vier Schritte mit dem Newtonverfahren je eine der Nullstellen der Polynome $\underline{\mathbf{P}}_1(s)$ (Reelle Rechnung mit Startwert $s_0 = 0$, da reelle Nullstellen)

$$\underline{\mathbf{P}}_1(s) = 3s^3 + 27s^2 + 69s + 45 \quad ; \quad \underline{\mathbf{P}}_2(s) = 5s^3 + 5s + 50$$

und $\underline{\mathbf{P}}_2(s)$ (Komplexe Rechnung mit Startwert $s_0 = 1 + j$, da auch komplexe Nullstellen).

Die Rechenvorschrift des Newtonverfahrens lautet: $s_{\mu+1} = s_\mu - \frac{\underline{\mathbf{P}}(s)}{\underline{\mathbf{P}}'(s)}|_{s=s_\mu}$ mit $\underline{\mathbf{P}}'(s) = \frac{d\underline{\mathbf{P}}(s)}{ds}$.

Ü 14 (III/je 5-15 min.):

Ermitteln Sie zu den Übertragungs-Funktionen $\underline{\mathbf{G}}_1(s) \ldots \underline{\mathbf{G}}_9(s)$ die jeweils fehlenden Darstellungen:

- Summenform mit Grad des Zähler- und Nennerpolynoms sowie dem Grad der Funktion
- Produktform in der Darstellung (s+ω); Konstante Q (Taschenrechner oder LINRK verwenden)
- Produktform in der Darstellung (1+sT), wenn nur reelle Pol- und Nullstellen vorhanden sind
- Plan mit allen Pol- und Nullstellen sowie der Konstante Q
- Verstärkung $\underline{G}$(s=0) als Zahl und in dB
- (Bauform der) Partialbruchzerlegung PBZ
- (Bauform der) Einheits-Impuls-Antwort EIA (Laplace- Rücktrafo)
- (Bauform der) Einheits-Sprung-Antwort ESA (Laplace- Rücktrafo)

Beantworten Sie bei allen Funktionen die Fragen und begründen Sie Ihre Antworten.

- Beschreibt die Funktion ein stabiles System?
- Ist das durch $\underline{G}$(s) beschriebene System schwingungsfähig?
- Kann die Funktion mit realen Bauelementen breitbandig realisiert werden?
- Besitzt die Funktion nur einfache oder auch mehrfache Polstellen?
- Besitzt die Funktion nur reelle oder auch konjugiert komplexe Polstellen?
- Ist die Charakteristische Gleichung $\underline{C}$(s) der Übertragungs-Funktion ein Hurwitz-Polynom?

$$\underline{\mathbf{G}}_1(s) = \frac{10s^2 + 62.5}{(s + 3.5)(s^2 + 4s + 5)(s^2 + 2s + 5)}$$

Hier nur die Bauform der PBZ (ohne Residuen) und damit die Bauformen der EIA und der ESA ermitteln.

$$\underline{\mathbf{G}}_2(s) = \frac{3s + 12}{s^2 + 5s + 6}\ ; \quad \underline{\mathbf{G}}_3(s) = \frac{100(s + 2)}{(s + 1)^2(s + 3)}\ ; \quad \underline{\mathbf{G}}_4(s) = \frac{2.5}{s(1 + 2s)(1 + 3s)}$$

$$\underline{\mathbf{G}}_5(s) = \frac{1.234s}{s^2 + 0.2s + 0.26}\ ; \quad \underline{\mathbf{G}}_6(s) = \frac{1.234}{s^2 + 0.2s + 0.26}\ ; \quad \underline{\mathbf{G}}_7(s) = \frac{1.234}{s(s^2 + 0.2s + 0.26)}$$

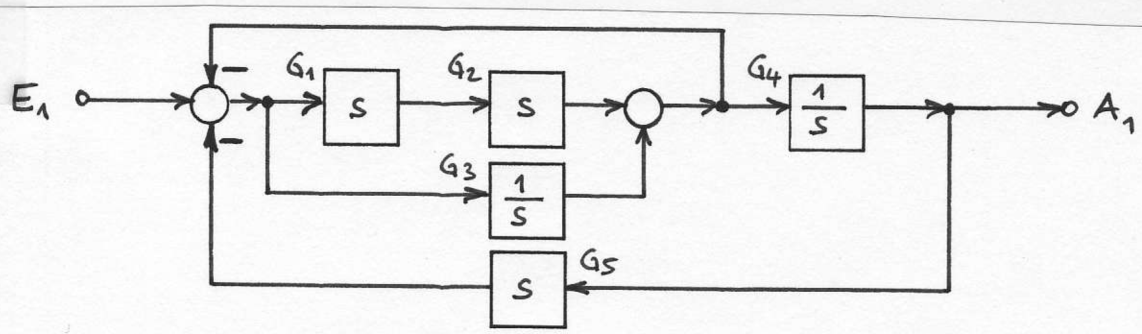
Die Einheits-Impuls-Antwort zur Übertragungs-Funktion $\underline{\mathbf{G}}_8(s)$ lautet:

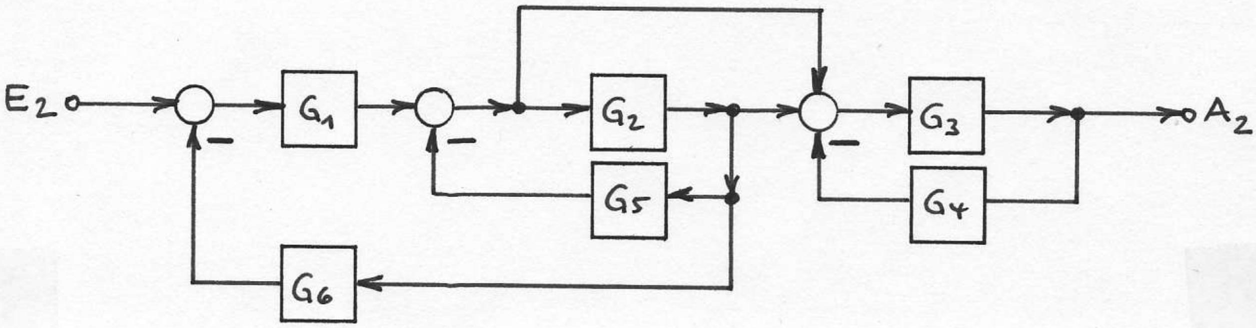
$$\mathbf{EIA}_8(t) = [\ e^{-t}(1 + 2t - t^2) + 2e^{-2t} - 3e^{-3t}\ ] \cdot \sigma(t)$$

Die Einheits-Sprung-Antwort zur Übertragungs-Funktion $\underline{\mathbf{G}}_9(s)$ lautet:

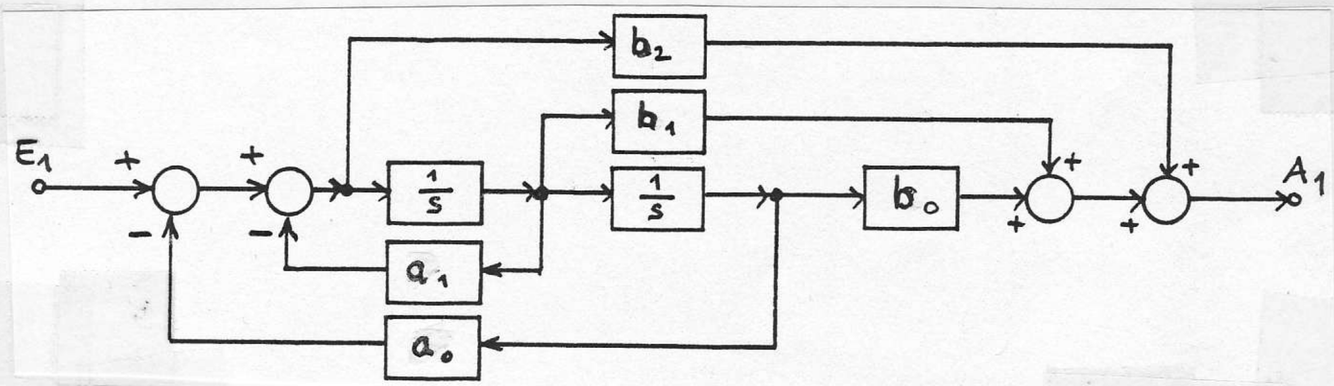
$$\mathbf{ESA}_9(t) = [\ 2 + 5e^{-2t} - 3e^{-t} - 4e^{-0.5t}\ ] \cdot \sigma(t)$$

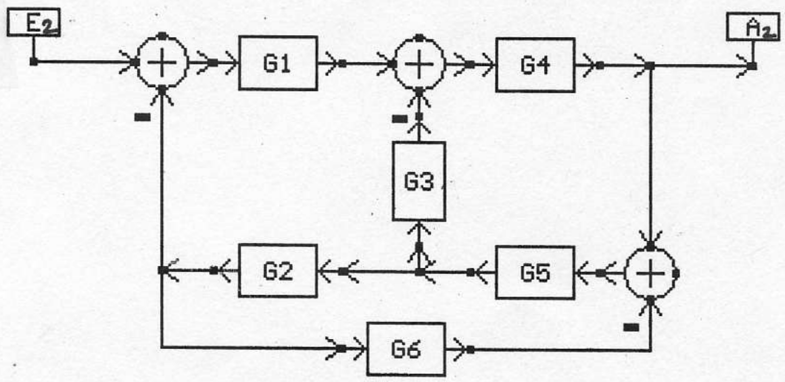
Ü 15: Vereinfachen Sie die beiden dargestellten Wirkungspläne und ermitteln Sie die Funktionen $G_{ges\,1} = \frac{A_1}{E_1}$ (II/10 min.) und $G_{ges\,2} = \frac{A_2}{E_2}$ (III/15 min.).



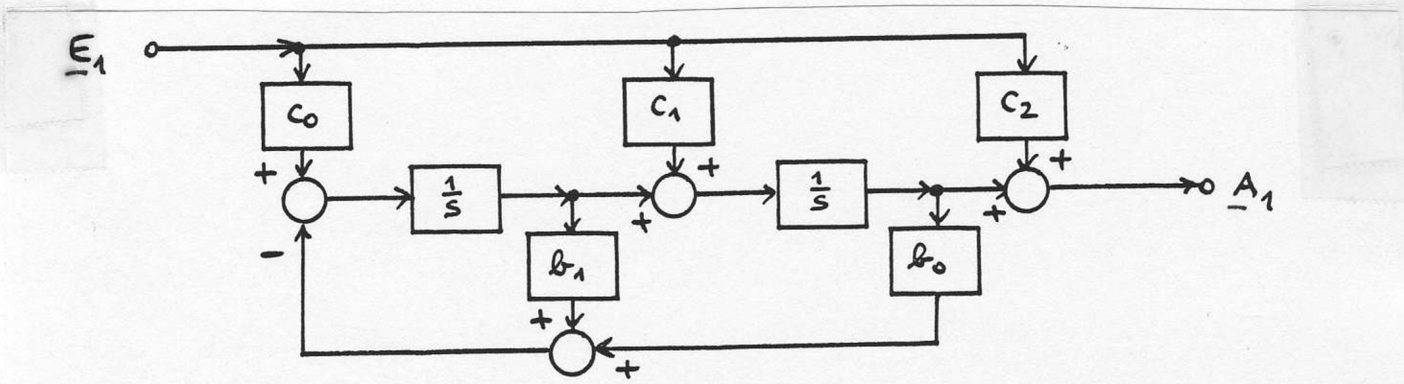


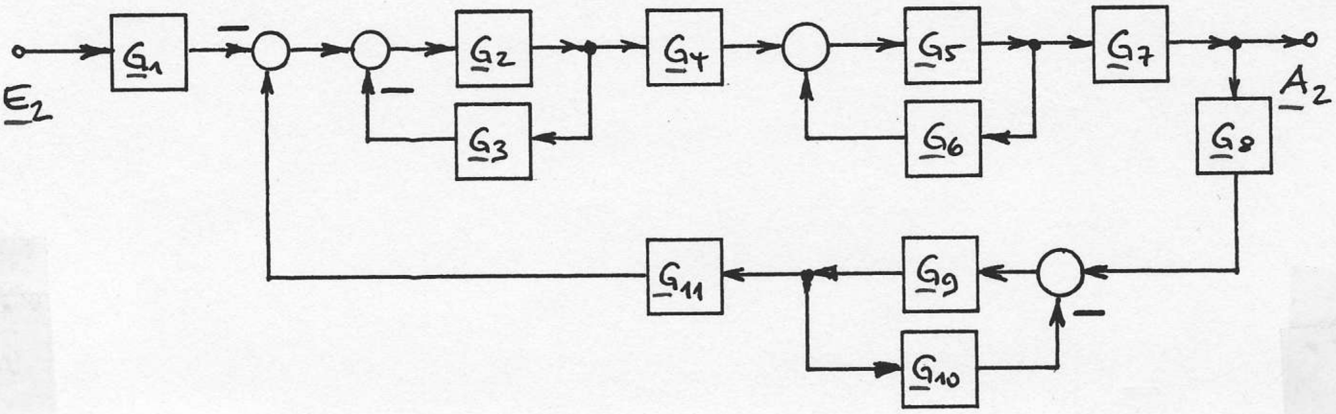
Ü 16: Berechnen Sie nach Mason die Gesamt-Übertragungs- Funktionen der dargestellten Anordnungen $G_{ges\,1} = \frac{A_1}{E_1}$ (I/5 min.) und $G_{ges\,2} = \frac{A_2}{E_2}$ (II/10 min.).





Ü 17: Berechnen Sie nach Mason die Gesamt-Übertragungs- Funktionen der dargestellten Anordnungen $\underline{G}_{ges\,1} = \frac{\underline{A}_1}{\underline{E}_1}$ (III/10 min.) und $\underline{G}_{ges\,2} = \frac{\underline{A}_2}{\underline{E}_2}$ (IV/10 min.).





Ü 18 (III/5 min.) : Berechnen Sie die Asymptote für $\omega \to 0$ der $\underline{G}(j\omega)$- Ortskurve eines IT1- Gliedes mit der Übertragungs- Funktion $\underline{G}(s) = \frac{K_i}{s(1+sT_1)}$.
Siehe dazu auch das Bild auf Seite 63 unten im Skriptum.

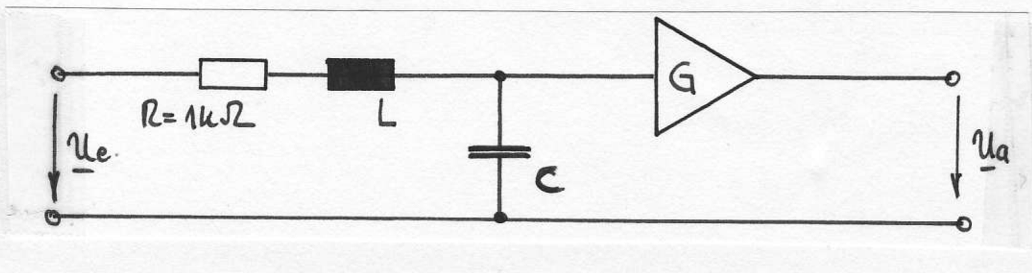
Ü 19 (II/5 min.) : Berechnen Sie aus der ESA $h(t) = K_i[t - T_1(1 - e^{-t/T_1})]$; $t \geq 0$ eines IT1- Gliedes den Schnittpunkt der Asymptote für $t \to \infty$ mit der Zeitachse.
Siehe dazu auch das Bild auf Seite 63 unten im Skriptum.

Ü 20 (II/15 min.) :

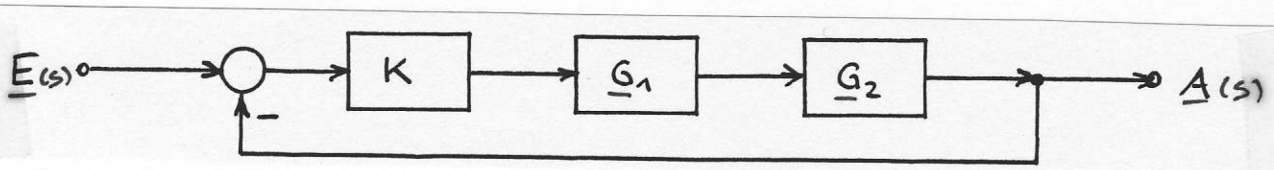
a.) Legen Sie die Kennwerte K_p, D, ω_0 eines PT2c- Gliedes fest, das folgende Forderungen einhält

- Endwert der ESA $h(\infty) = 2$
- Optimales Einstellen innerhalb eines $\pm\,1\%$- Toleranzbandes
- Zeit bis zum endgültigen Eintreten in das Toleranzband $t_{\pm 1\%} = 5$ msec

b.) Berechnen Sie den Wert G für die Verstärkung sowie die Elementewerte für L und C, damit das im Bild dargestellte elektrische Netzwerk das oben beschriebene Verhalten besitzt.



Ü 21 (III / 15 min.) : Geg.: $K > 0$; $\underline{G}_1(s) = \frac{1}{1+2s} = \frac{\underline{Z}_1(s)}{\underline{N}_1(s)}$; $\underline{G}_2(s) = \frac{1}{1+4s} = \frac{\underline{Z}_2(s)}{\underline{N}_2(s)}$



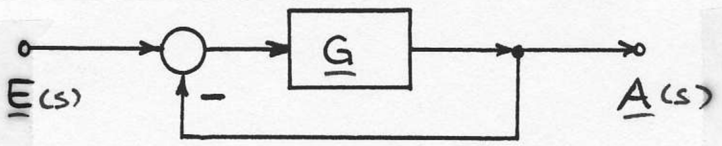
a.) Berechnen Sie $\underline{G}_{ges} = \frac{\underline{A}(s)}{\underline{E}(s)}$ allgemein als Funktion von $K, \underline{G}_1, \underline{G}_2$.

b.) Setzen Sie nun $K = 1$ und für $\underline{G}_1$ und $\underline{G}_2$ die gegebenen Funktionen ein.
Berechnen Sie $\underline{G}_{ges}$ und geben Sie den Typ der Funktion an.

c.) Mit welchem Wert $K > 0$ läßt sich der aperiodische Grenzfall einstellen? Welche Verstärkung tritt dann bei $\omega \to 0$ auf? Welche Grenzfrequenz tritt im Frequenzgang auf?

Ü 22 (III/20 min.) : Das Gesamtverhalten der dargestellten Anordnung ist vom Typ PT2c.
Es wird durch die folgende normierte Funktion beschrieben:

$$\underline{G}_{ges}(s) = \frac{\underline{A}(s)}{\underline{E}(s)} = \frac{5}{0.11111 \cdot (s + 1.5 - j\,7.1937) \cdot (s + 1.5 + j\,7.1937)}$$



a.) Berechnen Sie aus $\underline{G}_{ges}(s)$ die Übertragungs- Funktion $\underline{G}(s)$ des Blockes.

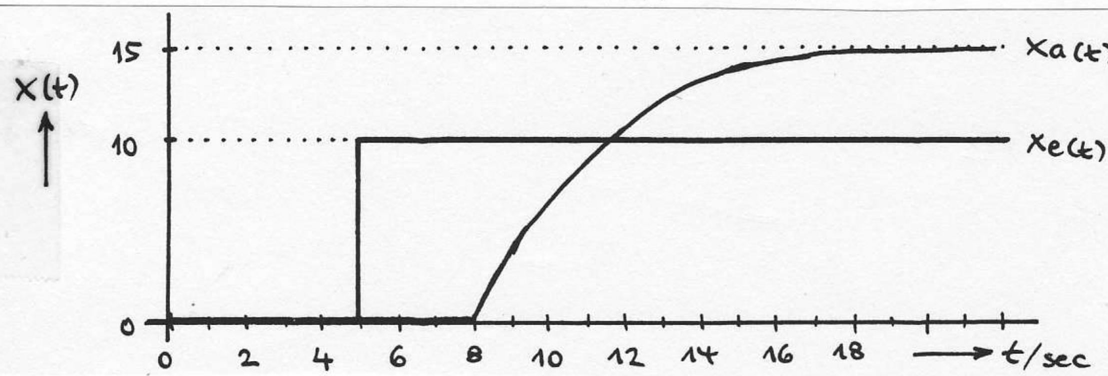
b.) Berechnen Sie folgende Kennwerte der Funktionen $\underline{G}_{ges}(s)$ und $\underline{G}(s)$:

- Alle Pol- und Nullstellen, Konstante Q der Produktform.
- Verstärkung bei $\omega \to 0$.
- Ungedämpfte Eigenkreisfrequenz ω_0 , Dämpfungsgrad D.

c.) Vergleichen Sie die Einheits- Sprung- Antworten von $\underline{G}_{ges}(s)$ und $\underline{G}(s)$ bezüglich

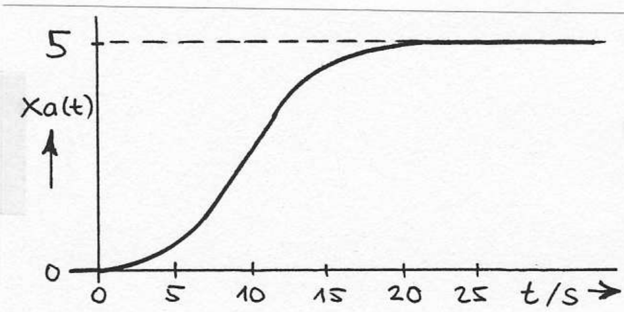
- des stationären Endwertes $h(\infty)$,
- der Abklingzeitkonstante T_{ab},
- der Kreisfrequenz der auftretenden gedämpften Schwingung ω_d,
- des maximalen Überschwingens ü,
- des Maximalwertes h_{max}.

Ü 23 (II/5 min.) : Das Bild zeigt das Eingangs- und das Ausgangssignal einer Regelstrecke.
Ermitteln Sie daraus die Übertragungs- Funktion $\underline{G}_S(s)$ der Regelstrecke mit allen Kennwerten.



Ü 24 (I / 5 min.) :

Als Folge eines Sprunges der Höhe 2.5 am Eingang einer PTn- Regelstrecke höherer Ordnung entsteht das im Bild dargestellte Ausgangssignal $x_a(t)$.



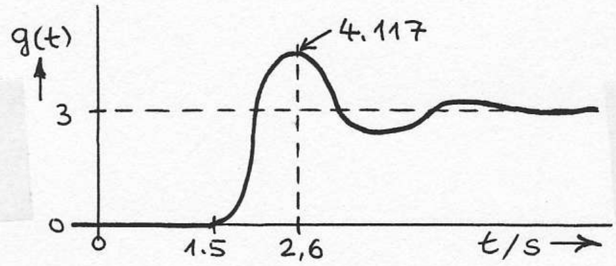
a.) Ermitteln Sie die Kenngrößen der Ersatz-Übertragungs- Funktion und tragen Sie deren Verlauf $x_a(t)$ im Bild ein.

b.) Begründen Sie Ihre Wahl:

Strecke mit / ohne Ausgleich   Strecke minimalphasig ja / nein   Strecke mit / ohne Totzeit
Strecke schwingungsfähig ja / nein   Strecke mit / ohne Allpass   Strecke enthält I- Anteil ja / nein

Ü 25 (III/10 min.) :

Eine Regelstrecke vom Grad n=3 besitzt die im Bild dargestellte Einheits- Impuls- Antwort g(t).



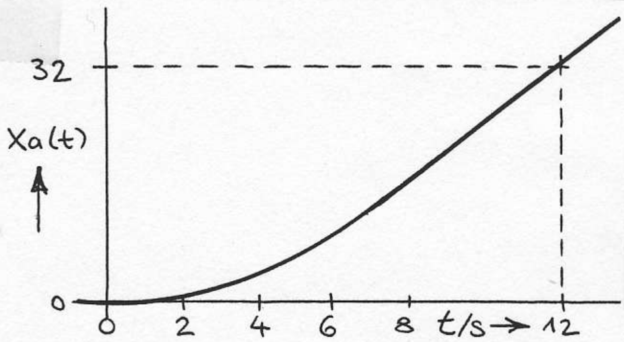
a.) Ermitteln Sie alle Kenngrößen und den Typ der Modell- Übertragungs- Funktion.

b.) Begründen Sie Ihre Wahl:

Strecke mit / ohne Ausgleich   Strecke minimalphasig ja / nein   Strecke mit / ohne Totzeit
Strecke schwingungsfähig ja / nein   Strecke mit / ohne Allpass   Strecke enthält I- Anteil ja / nein

Ü 26 (II/5 min.) :

Als Folge eines Sprunges der Höhe 2 am Eingang einer Regelstrecke vom Grad n=2 entsteht das im Bild dargestellte Ausgangssignal $x_a(t)$.



a) Ermitteln Sie die den Typ und die Kenngrößen der Übertragungs- Funktion $G_S(s)$.

b.) Ermitteln Sie mit der Laplace- Tabelle aus $X_a(s)$ die Zeitfunktion $x_a(t)$.

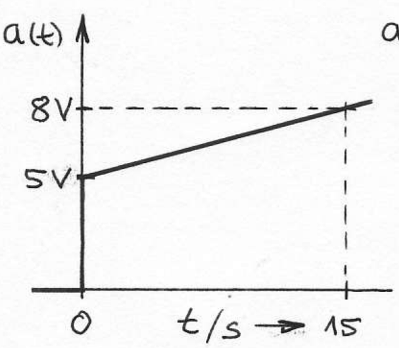
c.) Begründen Sie Ihre Wahl:

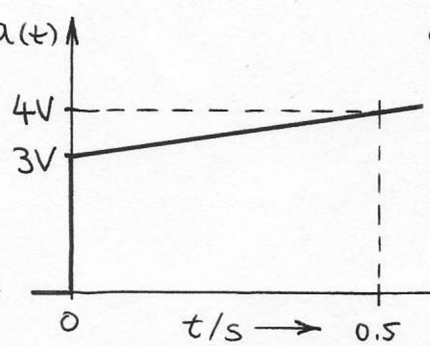
Strecke mit / ohne Ausgleich   Strecke minimalphasig ja / nein   Strecke mit / ohne Totzeit
Strecke schwingungsfähig ja / nein   Strecke mit / ohne Allpass   Strecke enthält I- Anteil ja / nein

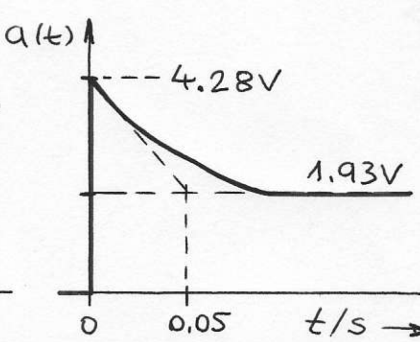
Ü 27 (II/15 min.) :

Ermitteln Sie aus den dargestellten Ausgangssignalen $\mathbf{a(t)}$ und den angegebenen Eingangssignalen $\mathbf{e(t)}$; $\mathbf{t > 0}$ über den Bildbereich die zugehörigen Übertragungs- Funktionen $\mathbf{G(s) = A(s)/E(s)}$. Geben Sie alle Kennwerte der Funktionen mit ihren Einheiten und die Funktionstypen an.

a.) $\mathbf{e(t) = 2\,V}$ b.) $\mathbf{e(t) = \frac{0.5\,V}{sec} \cdot t}$ c.) $\mathbf{e(t) = 1\,V}$







Ü 28 (II / 10 min.) : Von einer Regelstrecke zweiter Ordnung sind die Verstärkungen bei zwei Frequenzen nach Betrag und Winkel genau bekannt:

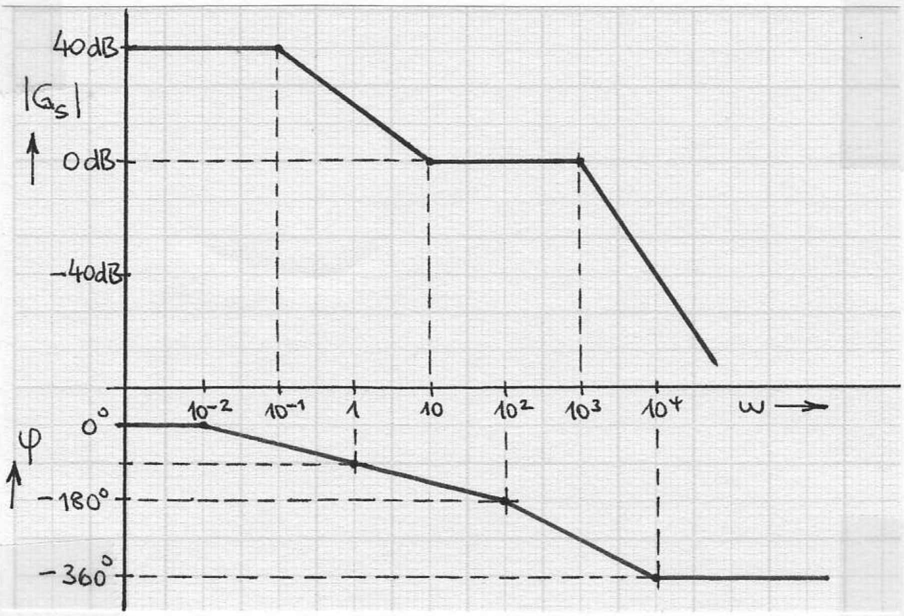
$|\mathbf{G_S}(\omega = 0)| \widehat{=} \mathbf{12.041\ dB}$; $\varphi(\omega = 0) = \mathbf{0°}$ $\qquad |\mathbf{G_S}(\omega = 11)| \widehat{=} \mathbf{16.478\ dB}$; $\varphi(\omega = 11) = \mathbf{-90°}$

a.) Ermitteln Sie daraus die Übertragungs- Funktion $\mathbf{G_S(s)}$ mit den Kennwerten $\mathbf{K_P}$, ω_0 und $\mathbf{D}$.

b.) Ist die Regelstrecke schwingungsfähig? Geben Sie mindestens zwei Begründungen an.

c.) Berechnen Sie die Kenwerte $\mathbf{ü}$, $\mathbf{h_{max}}$, $\mathbf{h(\infty)}$ und $\mathbf{t_{max}}$ der ESA dieser Regelstrecke.

Ü 29 (III/15 min.) :

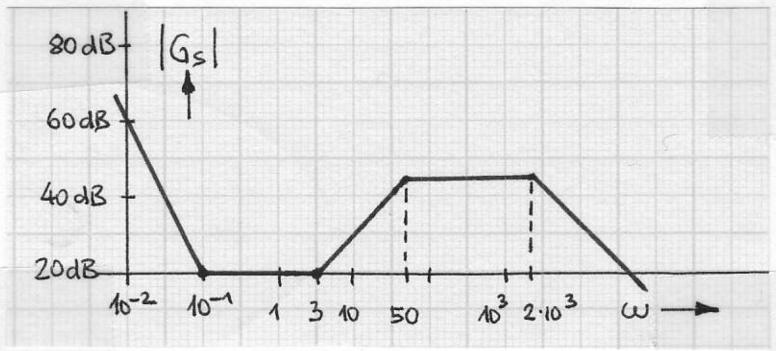


a.) Ermitteln Sie aus dem Bode- Diagramm die Übertragungs- Funktion $\mathbf{G_S(s)}$.

b.) Begründen Sie Ihre Wahl:

Strecke mit / ohne Ausgleich
Strecke minimalphasig ja / nein
Strecke mit / ohne Totzeit
Strecke schwingungsfähig ja / nein
Strecke mit / ohne Allpass
Strecke enthält I- Anteil ja / nein

Ü 30 (IV/15 min.) : Die zu betrachtende Regelstrecke ist minimalphasig und totzeitfrei.



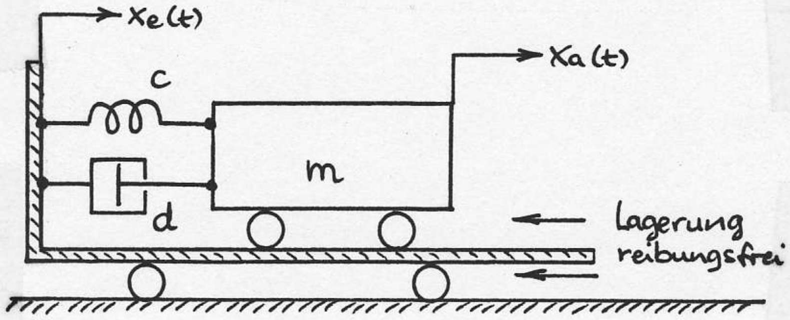
a.) Ermitteln Sie aus dem Betragsfrequenzgang die Übertragungs- Funktion $\mathbf{G_S(s)}$.

b.) Zeichnen Sie den Frequenzgang des Phasenwinkels als Polygonzug (Diagrammformulare können Sie mit dem Programm BODE in wählbarer Größe ausdrucken).

c.) Begründen Sie Ihre Wahl:

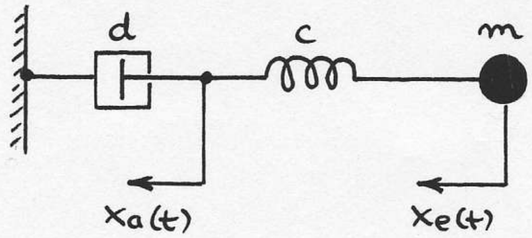
Strecke mit / ohne Ausgleich
Strecke schwingungsfähig ja / nein
Strecke mit / ohne Allpass
Strecke enthält I- Anteil(e) ja / nein

Ü 31 (III / 10 min.) :



Stellen Sie die Übertragungs-Funktion $\underline{G}_S(s) = \frac{\underline{X}_a(s)}{\underline{X}_e(s)}$ der mechanischen Regelstrecke über die DGL mit der Beziehung $\sum \mathbf{F}_\mu(t) = 0$ auf.

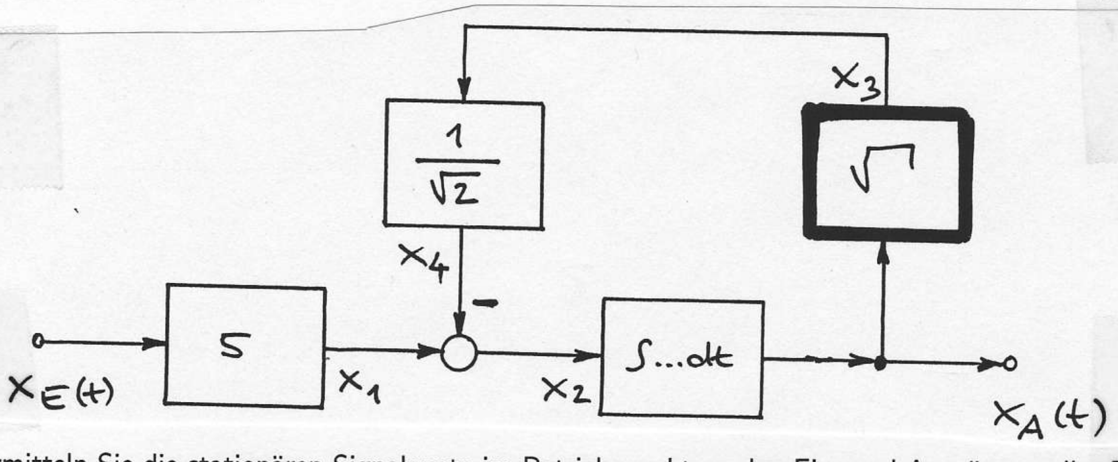
Ü 32 (II / 5 min.) :



a.) Stellen Sie die Übertragungs-Funktion $\underline{G}_S(s) = \frac{\underline{X}_a(s)}{\underline{X}_e(s)}$ der mechanischen Regelstrecke über die DGL mit der Beziehung $\sum \mathbf{F}_\mu(t) = 0$ auf.

b.) Berechnen Sie allgemein die auftretende mechanische Zeitkonstante.

Ü 33 (III / 15 min.) : Die nichtlineare Regelstrecke arbeitet im Betriebspunkt $x_A = x_{A0} = 8$.



a.) Ermitteln Sie die stationären Signalwerte im Betriebspunkt an den Ein- und Ausgängen aller Blöcke.

b.) Linearisieren Sie die nichtlineare Regelstrecke für den Betriebspunkt und stellen Sie die Übertragungs-Funktion des linearisiertn Systems $\underline{G}_{lin}(s) = \frac{\Delta\underline{X}_A(s)}{\Delta\underline{X}_E(s)}$ auf.
Geben Sie die auftretende(n) normierte(n) Zeitkonstante(n) an.

Ü 34 (III / 15 min.) :

Auf einer Verladebrücke bewegt eine 'Laufkatze' die Last mit der Masse m. Diese ist über eine starre, masselos angenommenen Stange im wirksamen Abstand (zwischen Drehpunkt und Schwerpunkt) l reibungsfrei drehbar mit dem in x - Richtung beweglichen Wagen verbunden.
Es gelten dabei die folgenden Gleichungen und Bezeichnungen ($g \widehat{=}$ Erdbeschleunigung, $x_w \widehat{=}$ Sollposition der Last, $x_{ist} \widehat{=}$ Istposition der Last, $\varphi(t) \widehat{=}$ Winkel der Last gegen das Lot) :

$$x_{ist}(t) = x_w(t) - l \cdot \sin\varphi(t) \qquad (1)$$

$$\ddot{x}_{ist}(t) = g \cdot \tan\varphi(t) \qquad (2)$$

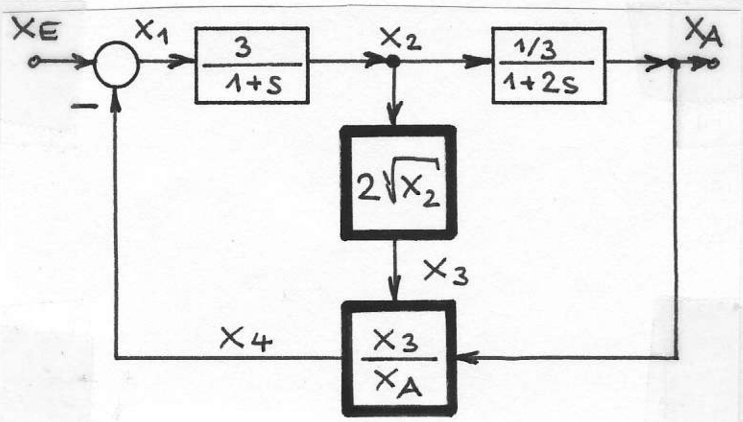
a.) Zeichnen Sie das nichtlineare Blockschaltbild der Anordnung, indem Sie zunächst $\sin\varphi(t)$ aus Gl.(1) ermitteln. Betrachten Sie als Eingangsgröße $v_w(t) = \dot{x}_w$ und als Ausgangsgröße $x_{ist}(t)$.

b.) Linearisieren Sie das Blockschaltbild für den Betriebspunkt $\varphi_0 = 0$; $x_{w0} = 3$.

c.) Stellen Sie die beiden Übertragungs-Funktionen $\underline{G}_1(s) = \frac{\Delta\Phi(s)}{\Delta V_w(s)}$ und $\underline{G}_2(s) = \frac{\Delta X_{ist}(s)}{\Delta V_w(s)}$ für die linearisierte Anordnung auf, die für (kleine) Änderungen um den Betriebspunkt gelten.

Ü 35 (IV / 20 min.) :

Die dargestellte nichtlineare Regelstrecke wird stationär im Betriebspunkt $x_A = x_{A0} = 3$ betrieben.



a.) Berechnen Sie die stationären Werte der Signale x_1, x_2, x_3, x_4, x_E.

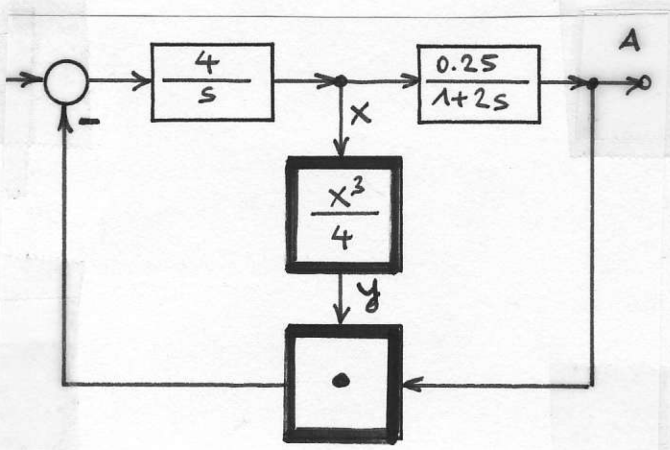
b.) Linearisieren Sie die nichtlinearen Blöcke um ihre Betriebspunkte und zeichnen Sie das lineare Blockschaltbild.

c.) Berechnen Sie die zugehörige Übertragungs-Funktion $\underline{G}_{lin}(s) = \frac{\Delta X_A(s)}{\Delta X_E(s)}$.

d.) Ist die linearisierte Regelstrecke schwingungsfähig?

Ü 36 (IV / 20 min.) :

Eine nichtlineare Regelstrecke ist durch das folgende Blockschaltbild beschrieben.



a.) Linearisieren Sie die Anordnung im Arbeitspunkt $x = x_0 = 2$ und zeichnen Sie das lineare Blockschaltbild.

b.) Berechnen Sie die Übertragungs- Funktion $\underline{G}_{lin}(s) = \frac{\Delta A(s)}{\Delta E(s)}$. Geben Sie den Typ und alle Kennwerte an.

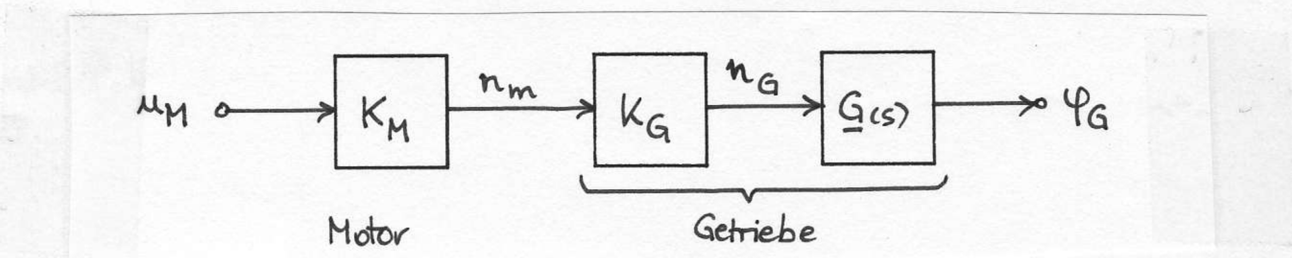
c.) Welche Zeitkonstanten treten in der ESA der linearisierten Strecke auf?

d.) Nach welcher Zeit sind alle Einschwingvorgänge der ESA bis auf 1 % abgeklungen?

Ü 38 (III / 10 min.) : $\mathbf{n_M(u_M) = 10^4 \frac{1}{min} \cdot \frac{u_M}{12\,V}}$

Ein Gleichstrommotor mit Permanentmagnet besitzt im zulässigen Arbeitsbereich $\mathbf{0\,V \le u_M \le 12\,V}$ die oben angegebene Abhängigkeit der Motordrehzahl $\mathbf{n_M}$ von der Motorspannung $\mathbf{u_M}$.
Dieser Motor arbeitet auf ein Getriebe mit der Untersetzung $\mathbf{\frac{n_G}{n_M} = \frac{1}{3600}}$.

a.) Berechnen Sie die Motorkonstante $\mathbf{K_M}$, die Getriebekonstante $\mathbf{K_G}$ und die Übertragungs-Funktion $\underline{G}(s)$ des Getriebe-Teilblockes, der aus der Getriebedrehzahl $\mathbf{n_G}$ den Drehwinkel der Getriebeachse φ_G im Bogenmaß erzeugt.

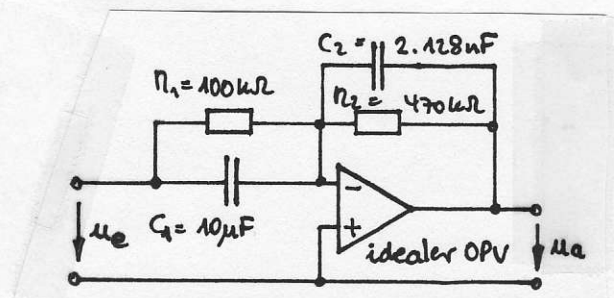


b.) Ermitteln Sie die Gesamtübertragungs-Funktion $\underline{\mathbf{G}}_{\mathbf{ges}}(s) = \frac{\mathbf{\Phi_G(s)}}{\mathbf{\underline{U}_M(s)}}$ und deren Typ.

c.) Um welchen Winkel (in °) dreht sich die Getriebeachse, wenn an dem Motor für 20 Sekunden eine Spannung von 10 V anliegt?

d.) Nach welcher Minimalzeit kann ein Drehwinkel $\varphi_G = \mathbf{360°}$ erreicht werden?
Welche Motorspannung ist dazu erforderlich?

Ü 39 (III/10 min.) :



a.) Ermitteln Sie aus der Schaltung die Übertragungs-Funktion $\underline{\mathbf{G}}_{\mathbf{R}}(s) = \frac{\mathbf{\underline{U}_a(s)}}{\mathbf{\underline{U}_e(s)}}$ und ihren Typ.

b.) Berechnen Sie die Zeitfunktion $\mathbf{u_a(t)}$ wenn am Eingang die Einheits-Rampen-Funktion anliegt.

Ü 40 (IV/20 min.) : Gegeben ist die Ü.- Funktion eines Reglers $\underline{\mathbf{G}}_{\mathbf{R}}(s) = \frac{\mathbf{0.25s^2 + 0.55s + 0.1}}{\mathbf{0.05s^2 + s}}$.

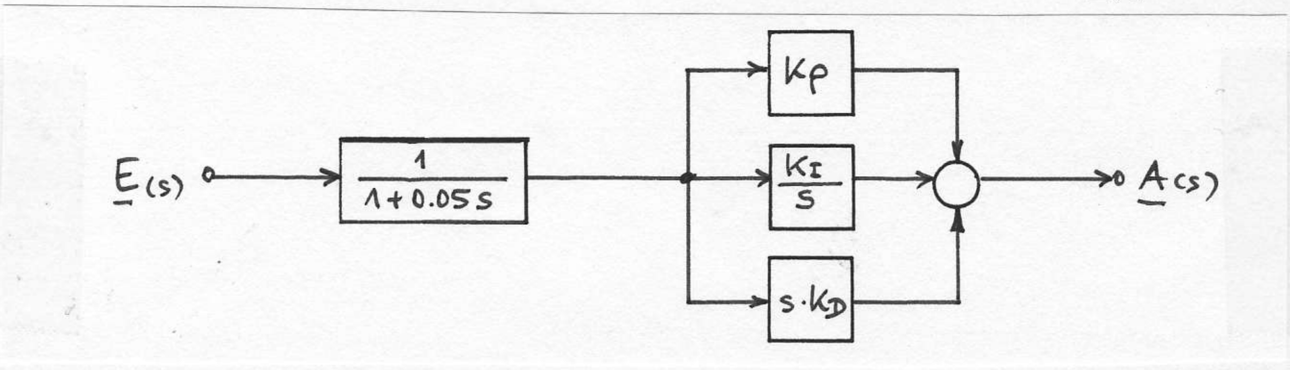
a.) Ermitteln Sie alle Pol- und Nullstellen, die Konstante Q und die Produktform von $\underline{\mathbf{G}}_{\mathbf{R}}(s)$.

b.) Geben Sie die Eckfrequenzen und den Typ des Reglers an.

c.) Zeichnen Sie das Bode-Diagramm als Polygonzug ($0.01 \le \omega \le 1000$). Betrachten Sie zwei Varianten.
c1.) Beginnen Sie bei $\omega \to \infty$: Welche Verstärkung tritt dort auf?
c2.) Beginnen Sie bei $\omega \to 0$: Welche Konstante wirkt bei tiefen Frequenzen?

d.) Berechnen Sie den exakten Wert der Reglerverstärkung (nach Betrag und Winkel) bei $\omega = 20$.

e.) Ermitteln Sie die Kennwerte $\mathbf{K_P}$, $\mathbf{K_I}$, $\mathbf{K_D}$ der Blöcke, so dass gilt $\underline{\mathbf{G}}_{\mathbf{R}}(s) = \frac{\mathbf{\underline{A}(s)}}{\mathbf{\underline{E}(s)}}$.



Ü 41 (III / 15 min.) : Gegeben ist die normierte Übertragungs- Funktion eines Reglers.

$\underline{G}_R(s) = K_R \cdot (K_P + \frac{K_I}{s} + s \cdot K_D)$ mit $K_R = 5$; $K_P = 1.2$; $K_I = 1$; $K_D = 0.2$

a.) Ermitteln Sie alle Pol- und Nullstellen der Übertragungs- Funktion sowie die Eckfrequenzen und zeichnen Sie das Bode- Diagramm als Polygonzug.

b.) Dimensionieren Sie die normierten Elementewerte einer PID a- Reglerschaltung mit Differenzverstärker unter Verwendung der normierten Werte $r_0 = r_1 = 1$.

c.) Berechnen Sie den exakten Wert der Reglerverstärkung (nach Betrag und Winkel) bei $s = j\,\sqrt{5}$.

d.) Ermitteln Sie die Zeitfunktion $y(t)$ wenn die Signale $x_r(t) = 0$ und $w(t) = t$ anliegen.

Ü 42 (III/15 min.) : Eine Regelstrecke besteht aus drei PT1- Gliedern.

$$\underline{G}_{S1}(s) = \frac{2}{1+s} ; \quad \underline{G}_{S2}(s) = \frac{0.4}{1+2s} ; \quad \underline{G}_{S3}(s) = \frac{1.25}{1+5s}$$

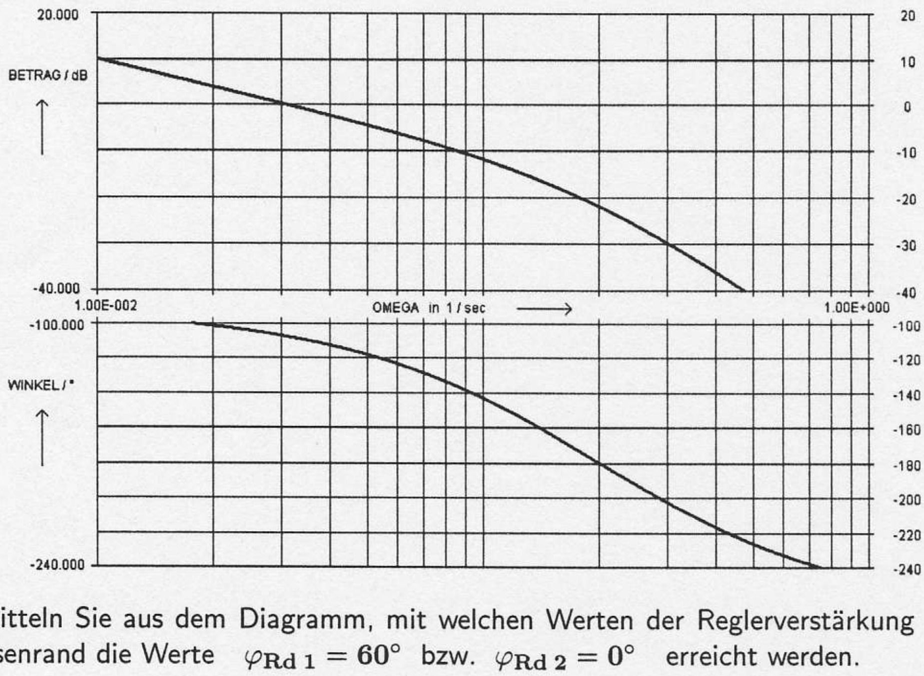
a.) Welcher Wertebereich $K_{Pmin} \le K_P \le K_{Pmax}$ ergibt bei Regelung mit einem P- Regler stabiles Verhalten des geschlossenen Regelkreises? Berechnen Sie die Hauptabschnittsdeterminaten nach Hurwitz.

b.) Nun soll ein PI- Regler mit $K_P = \frac{K_{Pmin} + K_{Pmax}}{2}$ verwendet werden.
In welchen Grenzen muss die Nachstellzeit T_n gewählt werden, um stabiles Verhalten des geschlossenen Regelkreises zu sichern? Berechnen Sie dazu die Routh- Koeffizienten.

Ü 43 (IV/10 min.) : In welchem Wertebereich $K_{min} \le K \le K_{max}$ muss der Parameter K bleiben, damit stabiles Verhalten vorliegt [Rechnung nach Hurwitz] ?

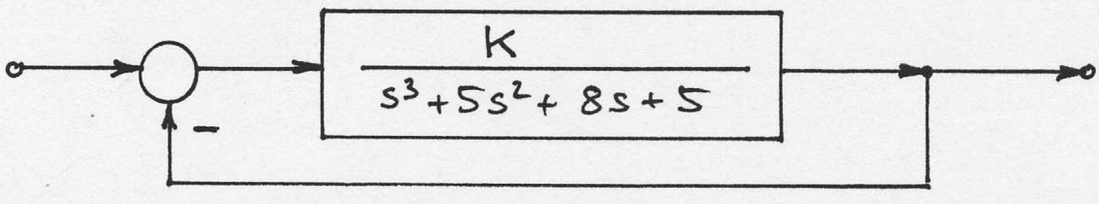
$$\underline{G}(s) = \frac{2}{Ks^3 + (2-K)s^2 + (4+K)s + 1 + K}$$

Ü 44 (III/5 min.) : a.) Ermitteln Sie aus dem Bode- Diagramm des offenen Regelkreises (dargestellt ist der Verlauf für $K_R = 10$) die Kennwerte Amplitudenrand A_{Rd} und Phasenrand φ_{Rd}.



b.) Ermitteln Sie aus dem Diagramm, mit welchen Werten der Reglerverstärkung K_{R1} bzw. K_{R2} als Phasenrand die Werte $\varphi_{Rd\,1} = 60°$ bzw. $\varphi_{Rd\,2} = 0°$ erreicht werden.

Ü 45 (II/5 min.) : Berechnen Sie nach Hurwitz, für welchen Wertebereich $K_{min} \le K \le K_{max}$ der dargestellte Regelkreis stabiles Verhalten besitzt.

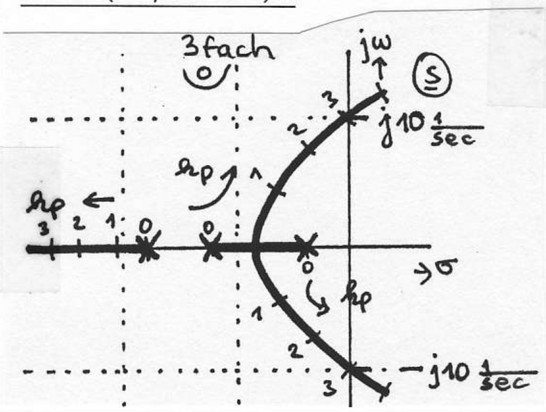


Ü 46 (IV / 10 min.) : Berechnen Sie für den offenen Regelkreis

$$\underline{G}_o(s) = \underline{G}_R(s) \cdot \underline{G}_S(s) = \frac{0.1}{s^3 + 2.5s^2 + s}$$

die Kreisfrequenz $\omega_{-180°}$ und den Amplitudenrand A_{Rd} als Zahl und in dB.

Ü 47 (II/5 min.) :



Gegeben ist die WOK einer Regelstrecke mit P- Regler.

Dimensionieren Sie einen PID a- Regler nach Ziegler - Nichols.

Ü 48 (II/10 min.) : Gegeben ist die Übertragungs- Funktion einer Regelstrecke.

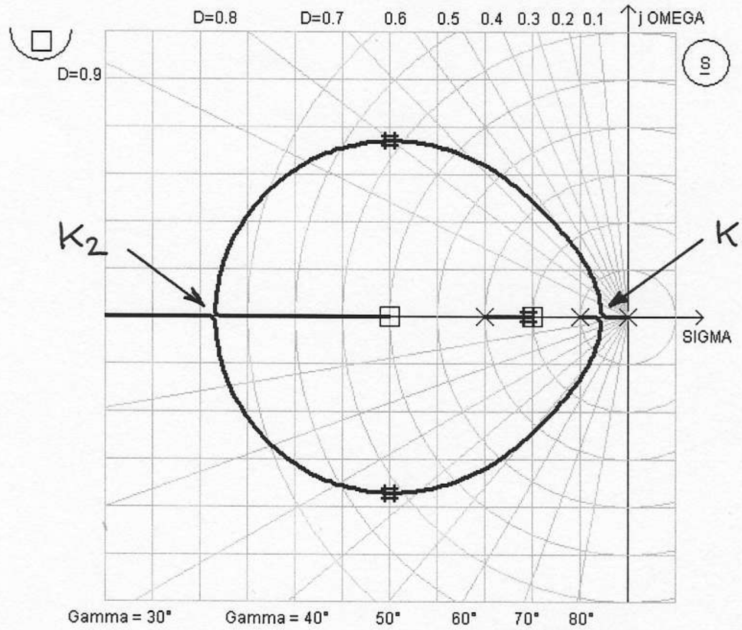
$$\underline{G}_S(s) = \frac{0.25}{(1+4s)(1+3s)(1+2s)(1+s)}$$

Dimensionieren Sie einen PID a- Regler nach der dynamischen Kompensation für $\varphi_{Rd} = 60°$.

Ü 49 (IV/15 min.) : Gegeben ist die Wurzelortskurve eines Regelkreises.

Konstante Q = 0.300

Gitterraster: 0.200



a.) Kann der geschlossene Regelkreis instabil werden? Geben Sie eine schlüssige Begründung an.

b.) Stellen Sie die Übertragungs- Funktion des offenen Regelkreises $\underline{G}_o(s)$ auf.

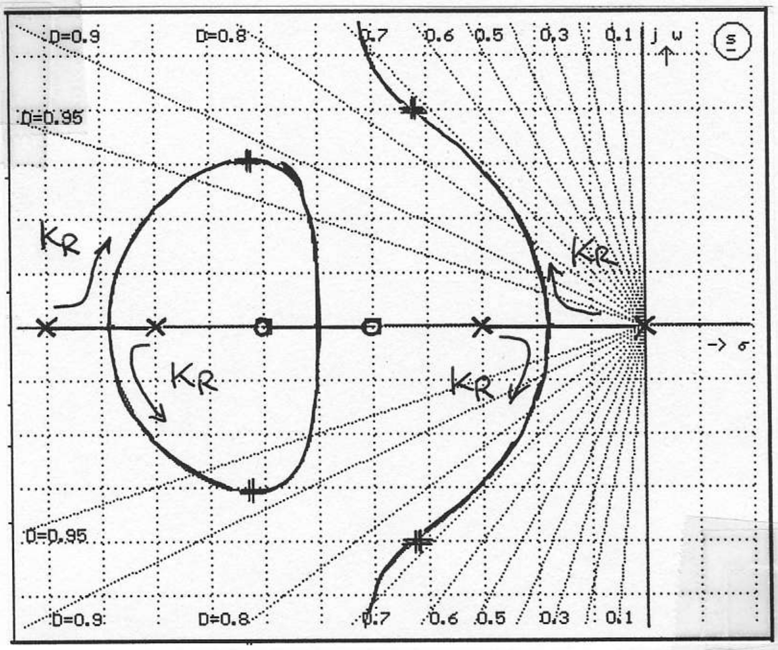
c.) Welche sinnvollen Reglertypen könnten in diesem Regelkreis enthalten sein?

d.) Welcher minimale Dämpfungsgrad D lässt sich durch Variation der Reglerverstärkung K erreichen?

e.) Geben Sie die Bauform der ESA für die mit dem Symbol ⌗ markierte Reglereinstellung [für den Wert K = 5.4] an, soweit dies mit der Wurzelortskurve möglich ist.

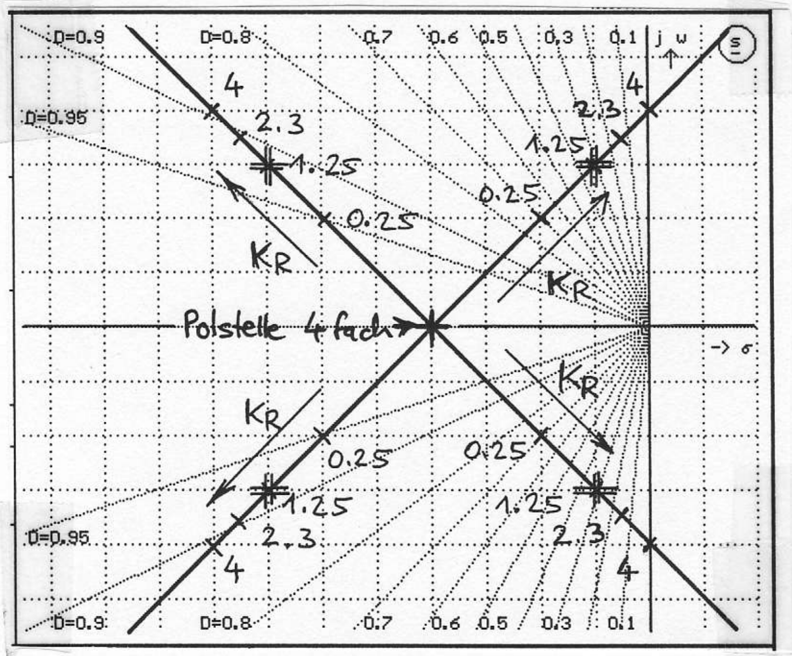
f.) Welcher wesentliche Unterschied im Verhalten zeigt sich im Vergleich beim Betrieb mit den beiden Reglerverstärkungen $K_R = K_1$ oder $K_R = K_2$, bei denen jeweils ein Doppelpol entsteht?

Ü 50 (V / 15 min.) : Gegeben ist die Wurzelortskurve eines Regelkreises. Gitterraster: 1.000



$Q = 0.1178$

Ü 51 (V / 15 min.) : Gegeben ist die Wurzelortskurve eines Regelkreises. Gitterraster: 0.200



$Q = 0.4096$

Die folgenden Aufgaben sind für Ü 50 und für Ü 51 zu bearbeiten.

a.) Stellen Sie die Übertragungs- Funktion des offenen Regelkreises $G_o(s)$ auf.

b.) Welche sinnvollen Reglertypen könnten hier vorliegen?
Anmerkung: In dem PN- Plan tritt keine Kompensation von Polen und Nullstellen auf!

Die weiteren Betrachtungen beziehen sich auf die mit ╪ markierte Reglereinstellung.

c.) Geben Sie die Bauform der Führungs- ESA an, soweit dies mit der Wurzelortskurve möglich ist.
Welche Frequenzen und welche (Abkling-) Zeitkonstanten treten auf?

d.) Gibt es in der Zeitfunktion von c.) einen dominierenden Anteil? Falls ja welchen und warum?

e.) Welches maximales Überschwingen ü wird etwa auftreten? Geben Sie einen Näherungswert, die Richtung der Abweichung und eine Begründung für die Abweichung an.