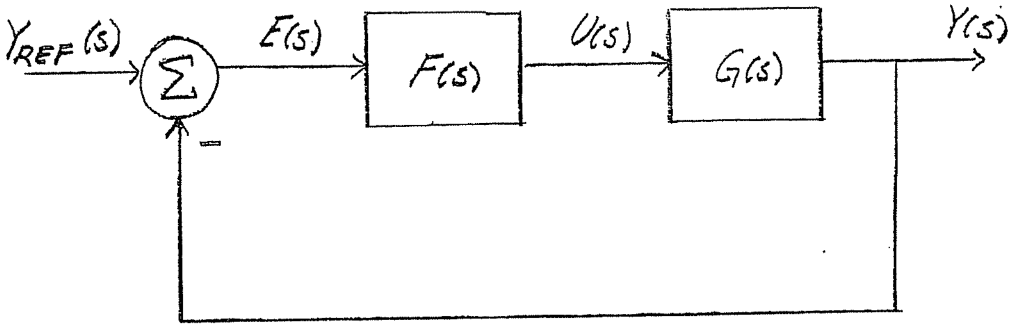
FÖRRA GÅNGEN

- ÅTERKOPPLADE SYSTEM:



REGLERFELET, $E(s)$: $E(s) = Y_{REF}(s) - Y(s)$

REGULATORN, $F(s)$: BASERAT PÅ $E(s)$ SÅ GER $F(s)$ EN LÄMPLIG INSIGNAL $U(s)$.

- ÖPPNA SYSTEMET (KRETSFÖRSTÄRKNING):

$G_0(s) = G(s)F(s)$

- SLUTNA SYSTEMET:

$$G_c(s) = \frac{G(s)F(s)}{1 + G(s)F(s)} = \frac{G_0(s)}{1 + G_0(s)}$$

- PID-REGULATOR:

$$F_{PID}(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + sK_D$$

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau)d\tau + K_D \frac{d}{dt} e(t)$$

RELATIV DÄMPNING (SIDA 37)

OBS! DETTA GÄLLER FÖR 2:A ORDNINGENS SYSTEM UTAN NOLLSTÄLLEN.

- **SYSTEM:** $G(s) = \frac{b}{s^2 + as + b}$. STABILT SYSTEM OM $b > 0$ OCH $a > 0$. (ROUTHS ALGORITM SIDA 45.)

  VARIABELBYTE: $\omega_0 = \sqrt{b}$ OCH $\zeta = \frac{a}{2\sqrt{b}}$

  $$\Rightarrow G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$$

- **POLER:** POLERNA ÄR DE s DÄR NÄMNAREN TILL $G(s)$ ÄR 0.

  $pq \rightarrow s = -\omega_0\zeta \pm \omega_0\sqrt{\zeta^2 - 1}$.

  OM $\zeta < 1$ SÅ HAR $G(s)$ KOMPLEXA POLER.

  LÄMPLIGARE FORM: $s = -\omega_0\zeta \pm i\omega_0\sqrt{1-\zeta^2}$.

- **ω_0:** ω_0 ÄR AVSTÅNDET FRÅN POLERNA TILL ORIGO.

  $$\text{AVSTÅNDET} = |s - \underbrace{0}_{\text{ORIGO}}| = |-\omega_0\zeta \pm i\omega_0\sqrt{1-\zeta^2}| =$$
  $$= \sqrt{(\omega_0\zeta)^2 + (\omega_0\sqrt{1-\zeta^2})^2} =$$
  $$= \sqrt{(\omega_0\zeta)^2 + \omega_0^2 - (\omega_0\zeta)^2} =$$
  $$= \sqrt{\omega_0^2} = |\omega_0| = \{\omega_0 > 0\} = \omega_0$$

  ω_0 ÄR REN TIDSSKALNING AV SYSTEMET:

  STÖRRE $\omega_0 \rightarrow$ STÖRRE AVSTÅND TILL 0 $\rightarrow$ SNABBARE SYS.
  MINDRE $\omega_0 \rightarrow$ MINDRE AVSTÅND TILL 0 $\rightarrow$ LÅNGSAMMARE SYS.

- **ζ:** ζ KALLAS RELATIV DÄMPNING

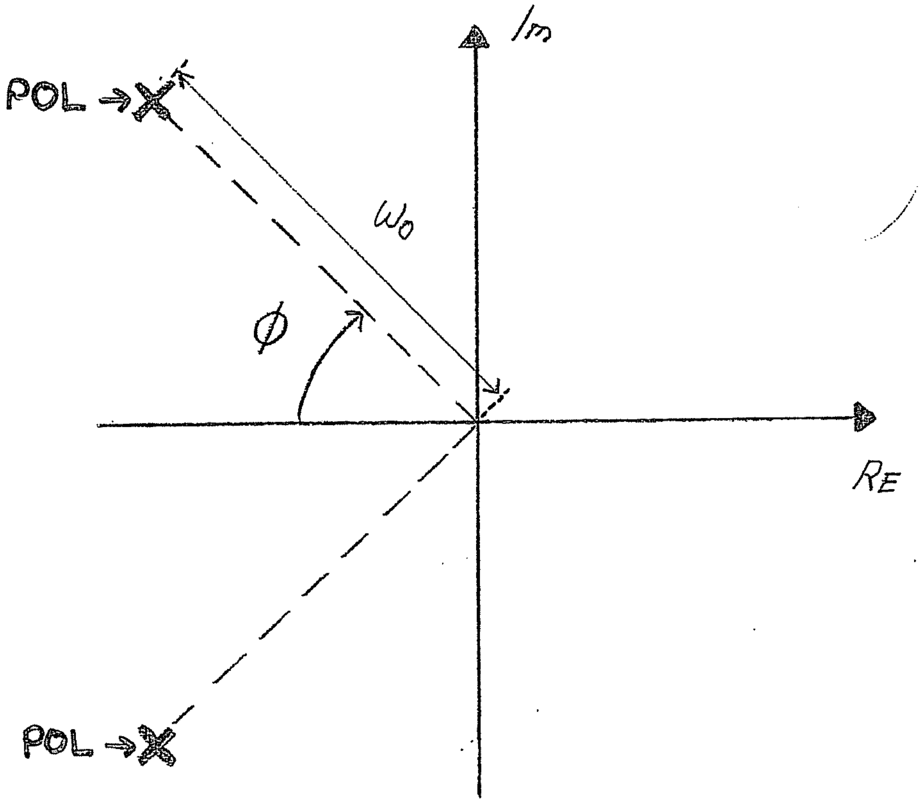
  $\zeta = \cos(\phi)$, FÅS FRÅN STEGSVARET.

  ζ GER STEGSVARETS KVALITATIVA DÄMPNING:

  STÖRRE $\zeta \rightarrow$ MINDRE $\phi \rightarrow$ MINDRE $\frac{|\text{IM-DEL}|}{|\text{RE-DEL}|} \rightarrow$ BÄTTRE DÄMPAT

  MINDRE $\zeta \rightarrow$ STÖRRE $\phi \rightarrow$ STÖRRE $\frac{|\text{IM-DEL}|}{|\text{RE-DEL}|} \rightarrow$ SÄMRE DÄMPAT

RELATIV DÄMPNING (SIDA 37)



ROTORT

PLOTT AV POLERNAS LÄGEN SOM FUNKTION AV EN PARAMETER, HÄR KALLAD K.

OBS! TITTAR PÅ SLUTNA SYSTEMET, $G_C(s)$.

HUR MAN RITAR ROTORT.

1 TA FRAM $G_C(s)$.

2 IDENTIFIERA $P(s)$ OCH $Q(s)$.

→ SKRIV NÄMNAREN TILL $G_C(s)$ PÅ FORMEN $P(s) + KQ(s)$.

OBS! GRADEN PÅ $P(s)$, n, SKA VARA STÖRRE ELLER LIKA MED GRADEN PÅ $Q(s)$, m, $n \geq m$.

3 HITTA STARTPUNKTER.

→ $K=0 \Leftrightarrow P(s)=0$. DE s DÄR $P(s)=0$ ÄR STARTPUNKTER. DET FINNS n STARTPUNKTER.

4 HITTA ÄNDPUNKTER.

→ $K \to \infty \Leftrightarrow Q(s) \to 0$. DE s DÄR $Q(s)=0$ ÄR ÄNDPUNKTER. DET FINNS m ÄNDPUNKTER.

5 HITTA ANTAL ASYMPTOTER.

→ ANTALET $= n-m$

6 HITTA SKÄRNINGSPUNKT.

→ SKÄRNINGSPUNKT $= \frac{1}{n-m}(\Sigma \text{ STARTPUNKTER} - \Sigma \text{ ÄNDPUNKTER})$

7 HITTA RIKTNINGAR.

→ RIKTNINGAR $= \frac{\pi}{n-m} + 2k\frac{\pi}{n-m}$, $k = 0, 1, 2, \ldots, (n-m-1)$

8 HITTA EVENTUELL SKÄRNING MED IM-AXELN.

→ SÄTT IN $s = i\omega$ I $P(s) + KQ(s) = 0$. LÖS EKVATIONEN FÖR REELLA VÄRDEN PÅ ω OCH $K \geq 0$.

9 HITTA DE DELAR AV RE-AXELN SOM TILLHÖR ROTORTEN.

→ DE DELAR AV RE-AXELN, SOM HAR ETT UDDA ANTAL START- OCH ÄNDPUNKTER TILL HÖGER, TILLHÖR ROTORTEN.

10 RITA ROTORT

(3.2a) VILKA POLER FÅR SYSTEMET MED P-REGULATOR, $K_P = 1$?

- ÖVERFÖRINGSFUNKTION FÖR SLUTNA SYSTEMET (FRÅN 3.1):

$$H(s) = \frac{G_T(s)\,G_V(s)\,F(s)}{1+G_T(s)\,G_V(s)\,F(s)} H_{REF}(s) - \frac{G_T(s)}{1+G_T(s)\,G_V(s)\,F(s)} V(s) =$$

$$= \frac{2F(s)}{s(1+5s)+2F(s)} H_{REF}(s) - \frac{1+5s}{s(1+5s)+2F(s)} V(s)$$

- POLERNA GES AV NÄMNAREN:

$s(1+5s)+2F(s) = 0$ (SAMMA NÄMNARE I BÅDA)

$F(s)$ ÄR P-REGULATOR MED $K_P = 1 \rightarrow F(s) = K_P = 1$

$\rightarrow s(1+5s)+2 = 0 \rightarrow 5s^2+s+2 = 0$

pq $\rightarrow s = -0.1 \pm 6.245i$

- VISA STEGSVAR:

GER INTE EN P-REGULATOR STATISKT FEL?

* JO, DET GÖR DEN.
  MEN EN I-REGULATOR, $\frac{K_I}{s}$, ELIMINERAR DET STATISKA FELET.

* STÄNGDA SYSTEMET: $G_c(s) = \dfrac{F(s)\,G(s)}{1+F(s)\,G(s)}$

* LÅT $F(s) = \frac{K}{s}$ OCH $G(s) = G_1(s)$

  $\rightarrow \quad G_c(s) = \dfrac{\frac{K}{s}G_1(s)}{1+\frac{K}{s}G_1(s)}$ $\Rightarrow$ INGET STATISKT FEL I.O.M. I-REGLERING.

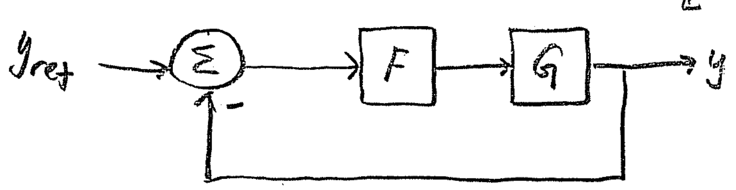
* LÅT ISTÄLLET $F(s) = K$ OCH $G(s) = \frac{1}{s}G_1(s)$

  $\rightarrow \quad G_c(s) = \dfrac{\frac{K}{s}G_1(s)}{1+\frac{K}{s}G_1(s)}$

  EJ MÖJLIGT ATT SKILJA PÅ OM INTEGRATORN, $\frac{1}{s}$, TILLHÖR $F(s)$ ELLER $G(s)$.

  $\Rightarrow$ INGET STATISKT FEL I.O.M. INTEGRATOR I SYSTEMET $\Leftrightarrow$ SAMMA BETEENDE SOM VID I-REGLERING.

RITA FÖRST



OBS! GÄLLER VID DENNA TYP AV BLOCKSCHEMA, EJ OM STÖRNING KOMMER IN EFTER F.

(3.2b) ANVÄND ISTÄLLET EN PD-REGULATOR. VÄLJ K_D SÅ ATT DEN RELATIVA DÄMPNINGEN, ζ, BLIR STÖRRE ÄN $1/\sqrt{2}$.

GIVEN REGULATOR:

$$u(t) = K_P e(t) + K_D \frac{d}{dt} e(t) =$$

$$= K_P (h_{ref}(t) - h(t)) + K_D \frac{d}{dt} (h_{ref}(t) - h(t)) = \begin{Bmatrix} K_P = 1 \\ K_D = 0 \end{Bmatrix} =$$

$$= -h(t) - K_D \frac{d}{dt} h(t)$$

$$\mathcal{L} \rightarrow U(s) = - H(s) - K_D s H(s)$$

$$F(s) = -1 - K_D s$$

BESTÄM w_0 OCH ζ:

FRÅN TIDIGARE: NÄMNAREN: $s(1+5s) + 2F(s) = 0$

SÄTT IN $F(s)$: $s(1+5s) + 2(-1-K_D s) = 0$

SKRIV NÄMNAREN PÅ SAMMA FORM SOM I BOKEN, s^2+as+b, SEDAN KAN VI BARA IDENTIFIERA a OCH b.

$$s^2 + \frac{2K_D+1}{5} s + \frac{2}{5} = 0 \rightarrow a = \frac{2K_D+1}{5}, \quad b = \frac{2}{5}$$

$$w_0 = \sqrt{b} = \sqrt{\frac{2}{5}}, \quad \zeta = \frac{a}{2\sqrt{b}} = \frac{2K_D+1}{5} \frac{1}{2\sqrt{\frac{2}{5}}} =$$

$$= \frac{2K_D+1}{\sqrt{5} \cdot 2\sqrt{2}} = \frac{2K_D+1}{2\sqrt{10}}$$

VILL ATT $\zeta > 1/\sqrt{2}$.

$$\zeta = \frac{2K_D+1}{2\sqrt{10}} > \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow 2K_D + 1 > \frac{2\sqrt{10}}{\sqrt{2}} \rightarrow 2K_D + 1 > \sqrt{2}\sqrt{10}$$

$$\rightarrow 2K_D + 1 > \sqrt{20} \rightarrow K_D > \frac{\sqrt{20}-1}{2} \rightarrow K_D > \sqrt{5} - \frac{1}{2} \approx 1{,}7$$

VISA STEGSVAR.

3.6a $G_0(s) = \frac{K(s+2)}{s(s+1)(s+3)}$

RITA ROTORT:

1 HITTA $G_c(s)$. "GÅ" I BLOCKSCHEMAT: $Y(s) = G_0(s)U(s)$
$U(s) = Y_{REF}(s) - Y(s)$

$\Rightarrow Y(s) = G_0(s)(Y_{REF}(s) - Y(s))$

BRYT UT $Y(s) \Rightarrow Y(s) = \underbrace{\frac{G_0(s)}{1+G_0(s)}}_{G_c(s)} Y_{REF}(s)$

$G_0(s) = \frac{K(s+2)}{s(s+1)(s+3)} \Rightarrow G_c(s) = \frac{\frac{K(s+2)}{s(s+1)(s+3)}}{1+\frac{K(s+2)}{s(s+1)(s+3)}}$

2 IDENTIFIERA $P(s)$ OCH $Q(s)$.

$G_c(s) = \{\text{FÖRENKLING}\} = \frac{K(s+2)}{s(s+1)(s+3)+K(s+2)}$

$\Rightarrow P(s) = s(s+1)(s+3) = s(s^2+4s+3) = s^3+4s^2+3s, \quad n=3$

$\Rightarrow Q(s) = s+2, \quad m=1$

KONTROLL: ÄR $n \geq m$? $3 \geq 1$ OK!

3 HITTA STARTPUNKTER.

$K=0 \Leftrightarrow P(s)=0$.

$P(s)$ ÄR 3:E GRAD. → GISSA EN ROT, ANVÄND PQ FÖR ATT HITTA RESTERANDE TVÅ RÖTTER.

$s_1 = 0$

$s^2+4s+3=0 \rightarrow s = -2 \pm \sqrt{4-3} = -2 \pm \sqrt{1} = -2 \pm 1 \rightarrow s_2 = -1, \; s_3 = -3$

4 HITTA ÄNDPUNKTER.

$K \to \infty \Leftrightarrow Q(s) = 0$. $Q(s) = s+2 = 0 \rightarrow s = -2$

5 HITTA ANTAL ASYMPTOTER.

$\# = n-m = 3-1 = 2$

6 HITTA SKÄRNINGSPUNKT.

SKÄR. PUNKT $= \frac{1}{n-m}(\Sigma \text{ STARTA} - \Sigma \text{ ÄNDA}) = \frac{1}{3-1}(0+(-1)+(-3)-(-2)) =$

$= \frac{1}{2}(-4+2) = \frac{-2}{2} = -1$

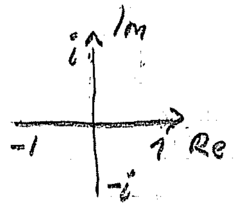
7 HITTA RIKTNINGAR.

$$\text{RIKT.} = \frac{\pi}{n-m} + 2k\frac{\pi}{n-m}, \quad k = 0, 1, 2, \ldots, (n-m-1)$$

$n-m-1 = 3-1-1 = 1 \rightarrow k$ ÄR ENDAST 0 OCH 1

$$\text{RIKT.} = \frac{\pi}{3-1} = \frac{\pi}{2} \quad \text{OCH} \quad \text{RIKT.} = \frac{\pi}{3-1} + \frac{2\pi}{3-1} = \frac{\pi}{2} + \pi = \frac{3\pi}{2}$$

8 HITTA EV. SKÄRNING MED Im-AXELN.



$P(s) + KQ(s) = 0 \rightarrow s^3 + 4s^2 + 3s + Ks + 2K = 0$

$s = i\omega \rightarrow -i\omega^3 + 4(-1)\omega^2 + 3i\omega + Ki\omega + 2K = 0$

DELA UPP I Im-DEL OCH Re-DEL:

Im-DEL: $-\omega^3 + 3\omega + K\omega = 0$

Re-DEL: $-4\omega^2 + 2K = 0$

Im-DEL $\rightarrow \omega(-\omega^2 + 3 + K) = 0$ ALT. $\omega = 0$, $\omega = \sqrt{3+K}$, $\omega = -\sqrt{3+K}$

Re-DEL $\rightarrow \omega^2 = \frac{K}{2}$ ALT. $\omega = \sqrt{K/2}$, $\omega = -\sqrt{K/2}$

- $\omega = 0 \rightarrow K = 0$ OK, $K \geq 0$.
- $\omega = \sqrt{3+K} \rightarrow \sqrt{3+K} = \sqrt{K/2} \rightarrow 3 + K = K/2 \rightarrow 6 + 3K = K$

  $\rightarrow 6 = -2K \rightarrow K = \frac{6}{-2} = -3$ EJ OK, $K \geq 0$.
- SAMMA SAK FÖR $-$.

$\Rightarrow$ SKÄRNINGSPUNKT I ORIGO ($\omega = 0$).

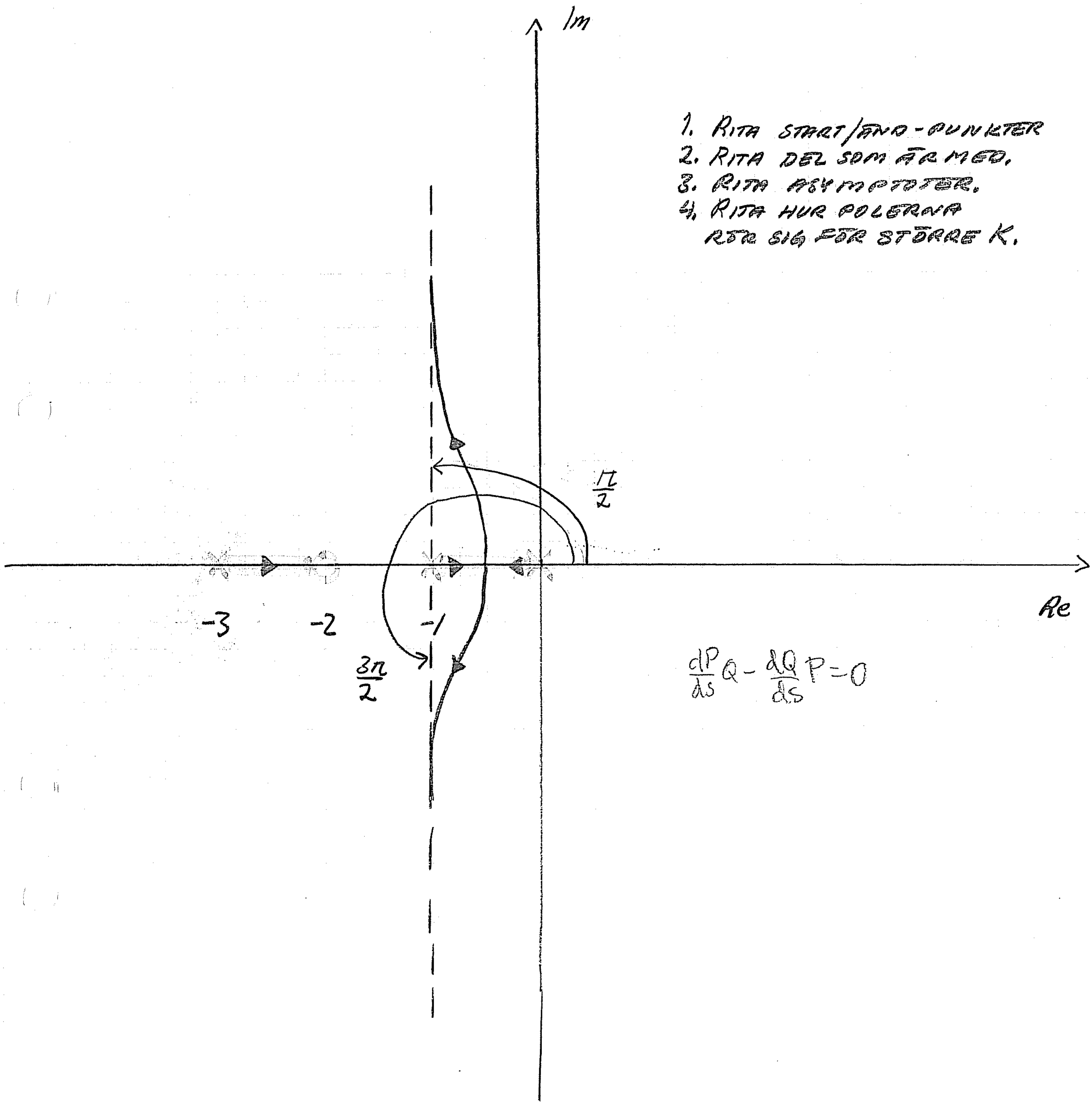
9 HITTA DEL AV ROTORT.

RITA PLANET OCH START/ÄND-PUNKTER. IDENTIFIERA SEDAN VILKEN DEL SOM SKA VARA MED.

10 RITA ROTORTEN.

SVAR: POLERNA LIGGER STRIKT I VHP FÖR $K>0 \rightarrow$ SYSTEMET STABILT FÖR $K>0$.

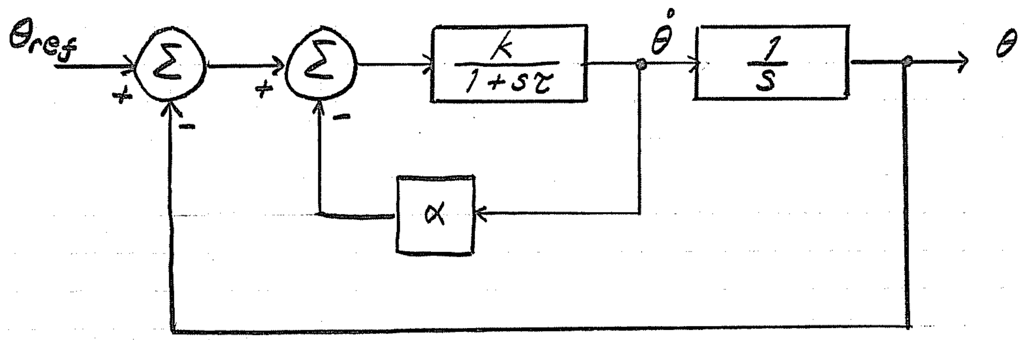
FÖR SMÅ K HAR VI INGA KOMPLEXA POLER $\rightarrow$ INGA SVÄNG.
FÖR ÖKANDE K SÅ ÖKAR SNABBHETEN.
EFTER ETT VISST K SÅ KOMMER SYSTEMET OSCILLERA MER OCH MER.



1. RITA START/ÄND-PUNKTER
2. RITA DEL SOM ÄR MED.
3. RITA ASYMPTOTER.
4. RITA HUR POLERNA RÖR SIG FÖR STÖRRE K.

$$\frac{dP}{ds}Q - \frac{dQ}{ds}P = 0$$

3.7



a) RITA ROTORT M.A.P. K OCH MED $\alpha = 0$.

d) RITA ROTORT M.A.P. α OCH MED $K = 1$.

(3.7) TAR FÖRST FRAM G_c FÖR ALLA K OCH α. $(\Theta_{ref} \to \Theta)$

"GÅR" I BLOCKSCHEMAT:

$$\Theta(s) = \frac{1}{s}\dot{\Theta}(s)$$

$$\dot{\Theta}(s) = \frac{2K}{1+0{,}5s} U(s)$$

$$U(s) = E(s) - \alpha\dot{\Theta}(s)$$

$$E(s) = \Theta_{ref}(s) - \Theta(s)$$

BRYT UT $\dot{\Theta}$

$$\dot{\Theta}(s) = \frac{2K}{1+0{,}5s}\left[\Theta_{ref}(s) - \Theta(s) - \alpha\dot{\Theta}(s)\right]$$

BRYT UT $\dot{\Theta}(s)$: $$\dot{\Theta}(s) = \frac{\frac{2K}{1+0{,}5s}}{1+\frac{\alpha 2K}{1+0{,}5s}}\Theta_{ref}(s) - \frac{\frac{2K}{1+0{,}5s}}{1+\frac{\alpha 2K}{1+0{,}5s}}\Theta(s) =$$

$$= \frac{2K}{1+2K\alpha+0{,}5s}\Theta_{ref}(s) - \frac{2K}{1+2K\alpha+0{,}5s}\Theta(s)$$

SÄTT IN I $\Theta(s) = \frac{1}{s}\dot{\Theta}(s)$:

$$\Theta(s) = \frac{2K}{s(1+2K\alpha+0{,}5s)}\Theta_{ref}(s) - \frac{2K}{s(1+2K\alpha+0{,}5s)}\Theta(s)$$

BRYT UT $\Theta(s)$: $$\Theta(s) = \frac{\frac{2K}{s(1+2K\alpha+0{,}5s)}}{1+\frac{2K}{s(1+2K\alpha+0{,}5s)}}\Theta_{ref}(s) =$$

$$= \underbrace{\frac{2K}{2K+s(1+2K\alpha)+0{,}5s^2}}_{G_c(s)}\Theta_{ref}(s)$$

BÖRJA MED a. $K \geq 0$ OCH $\alpha = 0$.

1. HITTA G_c. $$G_c(s) = \frac{2K}{2K+s+0{,}5s^2}$$

2. HITTA $P(s)$ & $Q(s)$.

NÄMNAREN: $2K+s+0{,}5s^2 = P(s) + KQ(s) \to P(s) = s+0{,}5s^2$, $Q(s) = 2$

KOLL: grad$(P(s)) = n = 2$, grad$(Q(s)) = m = 0$; $n \geq m$, $2 \geq 0$ OK!

3 HITTA STARTPUNKTER.

$K=0 \Leftrightarrow P(s)=0.\quad P(s)= s+0{,}5s^2=0 \rightarrow s(1+0{,}5s)=0$

$\rightarrow s_1=0\ ,\ s_2=-2$

4 HITTA ÄNDPUNKTER.

$K\rightarrow\infty \leftrightarrow Q(s)\rightarrow 0.\quad Q(s)=2\neq 0 \rightarrow$ SAKNAR ÄNDPUNKTER.

5 HITTA ANTAL ASYMPTOTER.

$\# = n-m = 2-0=2$

6 HITTA SKÄRNINGSPUNKT.

$S.\text{PUNKT} = \frac{1}{n-m}\left(\Sigma\,\text{STARTP.} - \Sigma\,\text{ÄNDP.}\right) = \frac{1}{2}(0-2) = -1$

7 HITTA RIKTNINGAR.

$\text{RIKT.} = \frac{\pi}{n-m} + \frac{2k\pi}{n-m}\ ,\ k=0,1,2,\ldots,n-m-1$

$n-m-1 = 2-0-1=1 \rightarrow k=0,1$

$\text{RIKT.} = \frac{\pi}{2-0} = \frac{\pi}{2}$ OCH $\text{RIKT.} = \frac{\pi}{2-0} + \frac{2\pi}{2-0} = \frac{\pi}{2}+\pi = \frac{3\pi}{2}$

8 HITTA EV. SKÄRNING MED Im-AXELN.

$P(s)+KQ(s)=0 \rightarrow 2K+s+0{,}5s^2=0$

$s=i\omega \rightarrow 2K+i\omega-0.5\omega^2=0$

Im-DEL: $\omega=0$
RE-DEL: $2K-0.5\omega^2=0 \rightarrow \omega=\pm\sqrt{4K} = \pm 2\sqrt{K}$

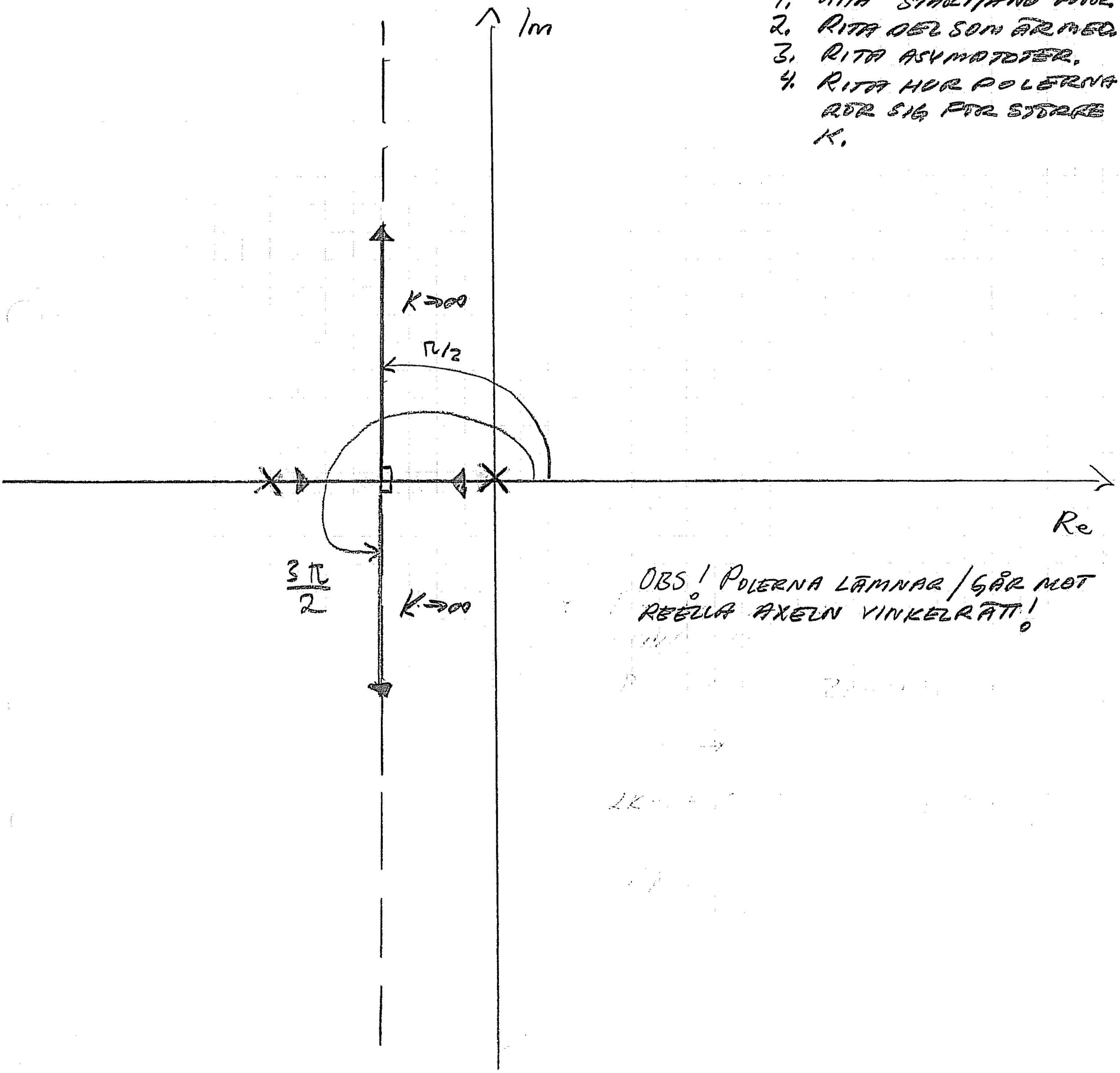
$\omega=0\rightarrow K=0$ OK, $K\geq 0$, ω REELLT

$\Rightarrow$ SKÄR.PUNKT I ORIGO. $(\omega=0)$

9 HITTA DEL AV ROTORT.

RITA PLANET OCH START/ÄND-PUNKTER. IDENTIFIERA SEDAN VILKEN DEL SOM SKA VARA MED.

10 RITA ROTORTEN.



1. RITA START/ÄND-PUNK.
2. RITA DEL SOM ÄR MED.
3. RITA ASYMPTOTER.
4. RITA HUR POLERNA RÖR SIG FÖR STÖRRE K.

OBS! POLERNA LÄMNAR / GÅR MOT REELLA AXELN VINKELRÄTT!

b. $K=1$, $\alpha \geq 0$.

1. HITTA G_c. $G_c(s) = \dfrac{2}{2+s(1+2\alpha)+0{,}5s^2}$

2. HITTA $P(s)$ & $Q(s)$.

NÄMNAREN: $2+s(1+2\alpha)+0{,}5s^2 = 2+s+2\alpha s+0{,}5s^2 = P(s)+KQ(s)$

$K=\alpha \rightarrow$

$P(s) = 2+s+0{,}5s^2$, $Q(s) = 2s$

Koll: $\text{grad}(P(s)) = n = 2$ $\quad n \geq m,\ 2 \geq 1$ OK!
$\text{grad}(Q(s)) = m = 1$

3. HITTA STARTPUNKTER.

$K=0 \Leftrightarrow P(s)=0$. $P(s) = 2+s+0{,}5s^2 = 0$ $\quad s^2+2s+4$

$pq = -1 \pm \sqrt{1-4} = -1 \pm i\sqrt{3}$

$s_1 = -1+i\sqrt{3}$, $s_2 = -1-i\sqrt{3}$

4. HITTA ÄNDPUNKTER.

$K \rightarrow \infty \Leftrightarrow Q(s) \rightarrow 0$. $Q(s) = 2s = 0 \rightarrow s_1 = 0$

5. HITTA ANTAL ASYMPTOTER.

$\# = n-m = 2-1 = 1$

6. HITTA SKÄRNINGSPUNKT.

$S.\text{PUNKT} = \dfrac{1}{n-m}(\Sigma\ \text{STARTP.} - \Sigma\ \text{ÄNDP.}) = \dfrac{1}{2-1}(-1+i\sqrt{3}-1-i\sqrt{3}-0) =$

$= -2$

[BEHÖVER EJ RÄKNAS I O.M. RIKT. I STEG 7 ÄR π, SÅLEDES KOMMER ASYMPTOTEN LIGGA PÅ REELLA AXELN & INTE HA NGN SKÄRNINGSPUNKT MED REELLA AXELN.

7. HITTA RIKTNINGAR.

$\text{RIKT.} = \dfrac{\pi}{n-m} + \dfrac{2k\pi}{n-m}$, $k = 0,1,2,\ldots,n-m-1$

$n-m-1 = 2-1-1 = 0 \rightarrow k=0$

$\text{RIKT.} = \dfrac{\pi}{2-1} = \pi$

8. HITTA EV. SKÄRNING MED Im-AXELN.

$P(s) + \alpha Q(s) = 0 \rightarrow 2+s+2\alpha s+0{,}5s^2 = 0$

$s = i\omega \rightarrow 2+i\omega+2\alpha i\omega - 0{,}5\omega^2 = 0$

IM-DEL: $\omega + 2\alpha\omega = 0 \rightarrow \omega = 0$ ELLER $\alpha = -0{,}5$

RE-DEL: $2 - 0{,}5\omega^2 = 0 \rightarrow \omega = \pm\sqrt{4} = \pm 2$

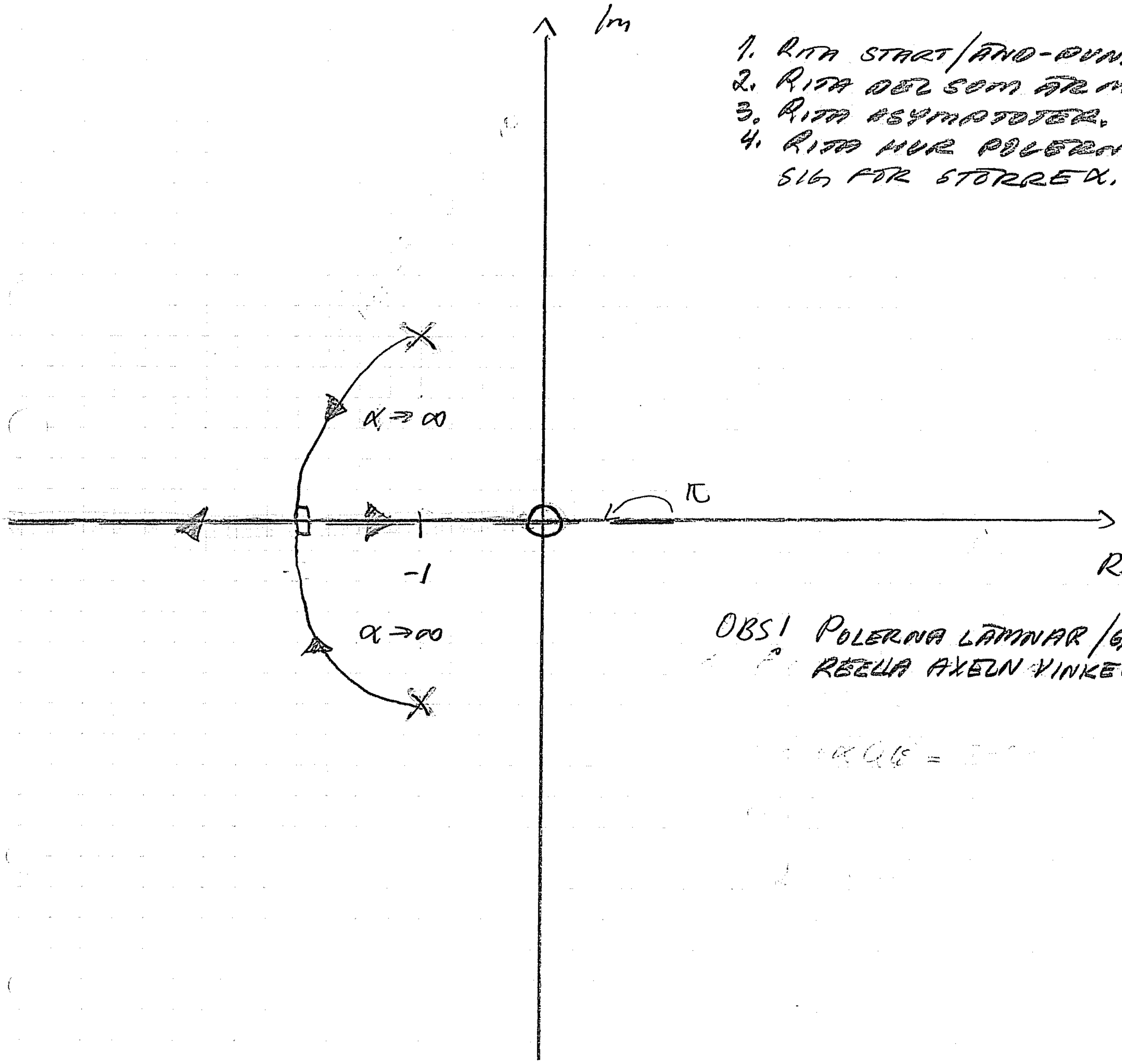
$\Rightarrow \alpha = -0{,}5$ NOT OK! SINCE $\alpha < 0$.

INGEN SKÄRNING MED IM-AXELN.

9. HITTA DELAV ROTORT.
9

RITA PLANET OCH START / ÄND-PUNKTER. IDENTIFIERA SEDAN VILKEN DEL SOM SKA VARA MED.

10. RITA ROTORT.



1. RITA START/ÄND-PUNKTER.
2. RITA DEL SOM ÄR MED.
3. RITA ASYMPTOTER.
4. RITA HUR POLERNA RÖR SIG FÖR STÖRRE α.

OBS! POLERNA LÄMNAR/GÅR MOT REELLA AXELN VINKELRÄTT!