

Föreläsning 9: Kapitel 10

Beräkning av egenskaper hos reglersystem

Sådana egenskaper är

Stabilitet

Statisk noggrannhet

Snabbhet

mm

Stabilitet

Kan avgöras med

- Nyqvistkriteriet
- Polbestämning
- Rouths metod

Nyqvistkriteriet – ett grafiskt stabilitetskriterium

Blockschemat för ett återkopplat reglersystem visas på sid 155. Överföringsfunktionen från R till Y, det slutna systemets överföringsfunktion blir $G_s = \frac{G_R G_P}{1 + G_R G_P G_G}$ När $G_s = \infty$ har vi **instabilitet**.

Då är kretsförstärkningen eller slingförstärkningen $G_K = G_R G_P G_G = -1$

Ibland är $G_G = 1$. Då är öppna systemets förstärkning $G_o = G_R G_P$ samma som slingförstärkningen G_K

Nyqvistkriteriet – ett grafiskt stabilitetskriterium

- Överföringsfunktionen från störningen V till Y , som blir $G_{SV} = \frac{G_P}{1 + G_R G_P G_V}$ får samma nämnare

och det är tillräckligt att rita Bodediagrammet för slingförstärkningen G_K för att avgöra det slutna systemets stabilitet

Nyqvistkriteriet; Amplitudmarginal

Bodediagrammet för G_K eller ofta G_o räcker för att avgöra om kritiska punkten, där dessa = -1, undviks. Kritiska punkten är där $|A| = 1$ och $\varphi = -180$ grader. Sid 157: Se vid självsvängningsfrekvensen ω_π

Övre fig: Amplituden $|A|$ kan förstärkas en del innan kritiska punkten uppnås. **Stabilt**
Amplitudmarginalen $|Am|$ är positiv

Undre figuren:

Amplituden $|A|$ överskrider 1. **Instabilitet**
Amplitudmarginalen $|Am|$ är negativ ⁵

Nyquistkriteriet; Fasmarginal

Bodediagrammet för slingförstärkningen G_K eller ibland öppna systemets förstärkning G_o

Sid 158: Se vid cross-over-frekvensen = överkorsningsfrekvensen ω_c

Det finns i faskurvan ett antal grader kvar ned till -180 grader. Det är fasmarginalen φ_m

Fasmarginalen är här positiv och systemet är **stabilt**.

Algebraiska stabilitetskriterier

kräver att man räknar fram uttrycket för hela det slutna systemet G_S , tex ur

$$G_S = \frac{G_R G_k}{1 + G_R G_k G_G}$$

Polbestämning – ett algebraiskt stabilitetskriterium

Karaktäristiska ekvationen för $G(s)$ är ju nämnaren = 0

Systemet är stabilt om alla rötter s till karaktäristiska ekvationen KE har negativ realdel, dvs om alla rötterna ligger i s -planets vänstra halvplan

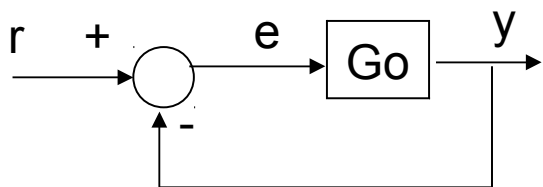
Rouths metod – ett algebraiskt stabilitetskriterium

Karaktäristiska ekvationer av högre grad är svåra att lösa. Då kan man använda Rouths metod, som man hittar i Formelsamlingen.

Statisk noggrannhet

Noggrannheten är ju bättre ju mindre fel totala systemet G_s har.

Praktiskt är därför ofta att räkna fram ett uttryck på e i blockschemat, därför att det är det mått på felet som regulatorn känner av.



$$\begin{cases} y = e \cdot G_o \\ e = r - y = r - e \cdot G_o \end{cases}$$

$$e(1 + G_o) = r$$

$$e = \frac{1}{1 + G_o} r$$

$$G_e = \frac{1}{1 + G_o}$$

Statisk noggrannhet

Feloperatorn

$$G_e = \frac{1}{1 + G_o}$$

Går man in med ett steg med höjd a multipliserar man med

$$\frac{a}{s}$$

Går man in med en ramp med lutningen b multipliserar man med

$$\frac{b}{s^2}$$

Noggrannheten blir svårare att uppnå ju flera s det är i nämnaren i ingångsblocken före (utanför slingan)

Statisk noggrannhet

Om systemet är stabilt kan slutvärdet bestämmas med

Slutvärdessatsen: $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot F(s)$

Steg in ger processvärdets y slutvärde:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s} G_s(s) = \lim_{s \rightarrow 0} G_s(s)$$

Ramp in ger processvärdets y slutvärde:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s^2} G_s(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} G_s(s)$$

Felets slutvärden får man med G_e istället för G

Vid steg in

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s} G_e(s) = \lim_{s \rightarrow 0} G_e(s)$$

Vid ramp in

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s^2} G_e(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} G_e(s)$$

Statisk noggrannhet

- Systemtyp = antalet integratorer hos slingförstärkningen $\mathbf{G_K}$ = antalet "ensamma" s i nämnaren
- Noggrannheten blir bättre ju högre systemtypen är
- Noggrannheten blir sämre ju fler s i nämnaren **insignalen** har.

Kvarstående fel med Bodediagram

- Systemtyp 0: G_K (ofta G_0) har inget "ensamt" s i nämnaren $\Rightarrow$ Förstärkningskurvan har ingen lutning vid låga frekvenser och förstärkningen $K_{LF} \Rightarrow$ kvarstående felet för börvärdesändringar av stegtyp $e_0 = 1/(1+K_{LF})$ och av ramptyp $e_1 = \infty$
Se sid 169

Kvarstående fel med Bodediagram

- Systemtyp 1: GK (ofta Go) har ett "ensamt" s i nämnaren $\Rightarrow$ Förstärkningskurvan har lutningen -1 dekad/dekad vid låga frekvenser och förstärkningen $\approx K1/s \Rightarrow$ kvarstående felet för börvärdesändringar av stegtyp $= 0$
- av ramptyp $= 1/K1$
- Se sid 169-170
- Ännu högre systemtyp $\Rightarrow$ ännu noggrannare

Snabbhet

- Stigtid t_r (ibland falltid t_f) (se fig sid 170 nedtill) = tiden det tar för utsignalen att gå från 10 % till 90 % av slutvärdet vid stegformad börvärdesändring
- Ur Bodediagrammet kan man använda cross-over-frekvensen ω_c (se sid 171) för ett approximativt värde på

$$t_r \approx \frac{1,4}{\omega_c}$$

Snabbheten kan påverkas av styrsignalabegränsningar

- Utstyrningsområdet från regulatorn är ofta begränsat (kallas ofta P-bandet). Detta begränsar då stigtiden.

Bodediagrammat för det öppna systemet G_o eller för slingförstärkningen G_K

- har vi sett att vi ofta behöver för att analysera hela systemets egenskaper.
- Det brukar vara tillräckligt och det är enkelt att hantera.

Bodediagrammet för det slutna systemet G_s

kräver lite mera beräkningar att ta fram men kan ge en del ytterligare information om systemet. Man kan se hur återkopplingen och regleringen har förbättrat systemet. Se sid 184-185.