

Förberedande videor:

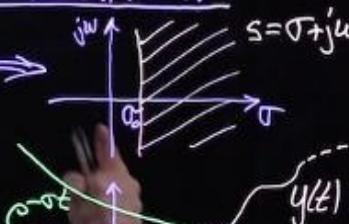
1. Laplacetransformen av en derivata (som inledning till Video 2)
2. Lösning av en differentialekvation med hjälp av laplacetransformen
3. Stabilitetsrelationer för LTI-system

Laplacetransformanalys av LTI-system:

- Räkneexempel – från PPT-bild 18: "Överlgrade pol-nollställediagram"
- Att erhålla $|H(\omega)|$ och $\arg H(\omega)$ från pol-nollställevektorer för $H(s)$
- Kretsberäkningar med hjälp av laplacetransformen
- Räkneexempel – jämförelse mellan fouriertransformanalys och laplacetransformanalys
- Stabilisering av instabila LTI-system genom återkoppling

(Samt några avslutande tips och råd för projektarbetet – genomgång i separat video)

ENKELSIDIG LAPLACE TRANSFORM AV EN DERIVATA

$\mathcal{Y}(s) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) e^{-st} dt ; \operatorname{Re}\{s\} = \sigma > \sigma_0 \quad (\text{där är } |Y(s)| < \infty)$ \Rightarrow 

$\mathcal{Y}(s) = \mathcal{R}\{y(t)e^{-st}\} \Rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} |y(t)e^{-st}| dt < \infty$

$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)e^{-st} = 0$

$\int_I \left\{ \frac{dy(t)}{dt} \right\} = \int_{0-}^{\infty} \frac{dy(t)}{dt} e^{-st} dt = \int \left[a(t) b'(t) dt \right] - \int \frac{d}{dt} e^{-st} \cdot y(t) dt$

$= \int y(t) e^{-st} \Big|_{0-}^{\infty} - \int y(t) \cdot (-s) e^{-st} dt = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t) e^{-st} - y(0-) \underset{=1}{=} + s \int y(t) e^{-st} dt$

$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) \cdot e^{-st} \cdot e^{j\omega t} \underset{|s|=1}{\rightarrow} 0 \quad = s \cdot \mathcal{Y}(s) - y(0-) \quad \boxed{\int_I \{y(t)\} = s \cdot \mathcal{Y}(s)}$

Video 1.1

ENKELSIDIG LAPLACETRANSFORM AV EN DERIVATA

$$Y(s) = \int_I \{y(t)\} = \int_0^\infty y(t) e^{-st} dt ; \quad \operatorname{Re}\{s\} = \sigma > \sigma_0 \quad (\text{där } \operatorname{arc}|Y(s)| < \infty) \Rightarrow$$

Video 1.2

$$Y(s) = \mathcal{F}\left\{ y(t) e^{-st} \right\} \Rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} |y(t) e^{-st}| dt < \infty$$

$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) e^{-st} = 0$

$\int_I \left\{ \frac{dy(t)}{dt} \right\} = s \cdot Y(s) - y(0-) = W(s)$

$\int_I \left\{ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \right\} = ?$

$\int_I \left\{ \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right\} = ?$

$$\int_I \left\{ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \right\} = \int_I \left\{ \frac{d}{dt} \left(\frac{dy(t)}{dt} \right) \right\} = s \cdot W(s) - w(0-) = s(sY(s) - y(0-)) - y'(0-)$$

$$= s^2 Y(s) - s \cdot y(0-) - y'(0-)$$

$\int_I \left\{ \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right\} = s^n Y(s) - s^{n-1} y(0-) - s^{n-2} y'(0-) - \dots - \frac{d^{n-1} y(0-)}{dt^{n-1}}$

Video 2.1

LÖSNING AV DIFFERENTIALEKVATION M.H.A. LAPLACETRANSFORMEN

Kausal LTI-system

$$x(t) \rightarrow h(t) \rightarrow y(t) = y_{zi}(t) + y_{zs}(t)$$

där $y_{zs}(t) = (x * h)(t)$

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 5 \frac{dy(t)}{dt} + 6y(t) = \frac{dx(t)}{dt} + x(t)$$

$$y(0-) = 2, \quad y'(0-) = 1, \quad x(t) = e^{-4t} u(t) \quad [y(t) = ?]$$

$$\int_I \{V_L\} = \int_I \{H_L\} \Rightarrow \int_I \left\{ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \right\} + 5 \int_I \left\{ \frac{dy(t)}{dt} \right\} + 6 \int_I \{y(t)\} = \int_I \left\{ \frac{dx(t)}{dt} \right\} + \int_I \{x(t)\}$$

$$\Rightarrow s^2 Y(s) - \underbrace{s \cdot y(0-)}_{=2} - \underbrace{y'(0-)}_{=1} + 5 \left(sY(s) - \underbrace{y(0-)}_{=2} \right) + 6Y(s) = sX(s) - \underbrace{\frac{x(0-)}{s}}_{=0} + X(s)$$

$$\Rightarrow (s^2 + 5s + 6)Y(s) - (2s + 1 + 25) = X(s)(s+1)$$

$$\Rightarrow Y(s) = \frac{25 + 11}{s^2 + 5s + 6} + X(s) \cdot \frac{s+1}{s^2 + 5s + 6} = H(s) := \frac{Y_{zs}(s)}{X(s)}$$

LÖSNING AV DIFFERENTIALEKvation M.H.AZ LAPLACETRANSFORMEN

Kausal LTI-system $y(t) = y_{ei}(t) + y_{es}(t)$

$$\text{där } y_{es}(t) = (x \cdot h)(t)$$

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 5 \frac{dy(t)}{dt} + 6y(t) = \frac{dx(t)}{dt} + x(t)$$

$$Y(s) = \frac{2s+11}{s^2+5s+6} + X(s) \cdot \frac{s+1}{s^2+5s+6} = \frac{2s+11}{(s+2)(s+3)} + \frac{1}{s+4} \cdot \frac{s+1}{(s+2)(s+3)}$$

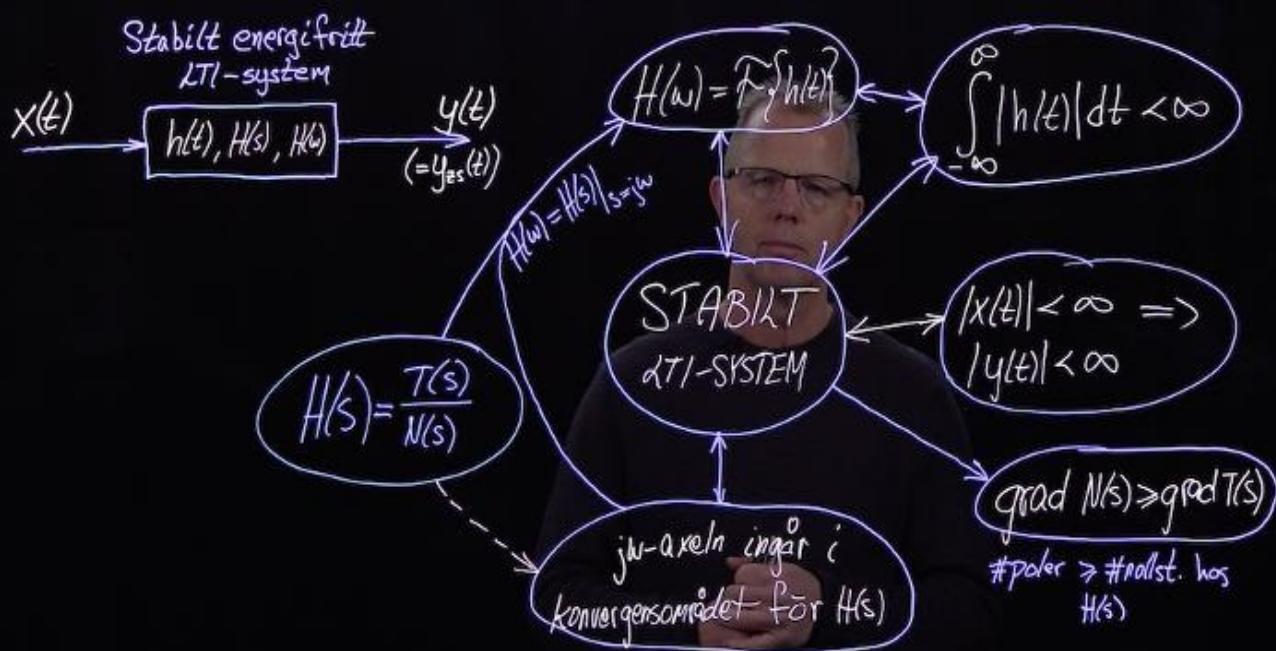
$$= 7 \underbrace{\frac{1}{s+2}}_{\text{Re}\{s\} > -2} - 5 \underbrace{\frac{1}{s+3}}_{\text{Re}\{s\} > -3} + \frac{1}{2} \left(-3 \underbrace{\frac{1}{s+4}}_{\text{Re}\{s\} > -4} - \underbrace{\frac{1}{s+2}}_{\text{Re}\{s\} > -2} + 4 \underbrace{\frac{1}{s+3}}_{\text{Re}\{s\} > -3} \right)$$

$$\boxed{e^{-at} u(t) \Leftrightarrow \frac{1}{s+a}; \text{Re}\{s\} > -a}$$

$$\Rightarrow y(t) = (7e^{-2t} - 5e^{-3t})u(t) + \frac{1}{2}(-3e^{-4t} - e^{-2t} + 4e^{-3t})u(t) = \underbrace{\left(\frac{13}{2}e^{-2t} - 3e^{-3t}\right)u(t)}_{=y_h(t)} - \underbrace{\frac{3}{2}e^{-4t}u(t)}_{=y_p(t)}$$

Video 2.2

STABILITETSRELATIONER



Video 3

Räkneexempel – fortsättning på PPT-bild 18 från förra föreläsningen:



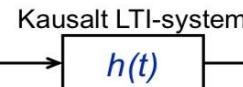
Fö 17-18 – Laplacetransformanalys av LTI-system

18

Överlagrade pol-nollställdiagram

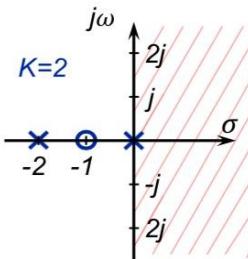
Exempel:

$$x(t) = (1 + e^{-2t}) u(t)$$

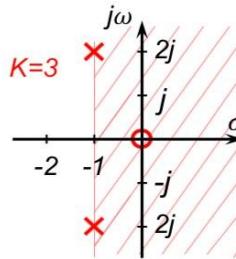


(Antag energifritt system
 $\Rightarrow y(t) = y_{zs}(t) = (x * h)(t)$)

$$\begin{aligned} X_1(s) &= \frac{1}{s} + \frac{1}{s+2} \\ &= \frac{2(s+1)}{s(s+2)} \end{aligned}$$

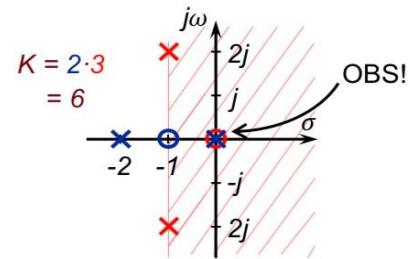


$$H_1(s) = \frac{3s}{(s+1)^2 + 2^2}$$



$$Y_1(s) = X_1(s) \cdot H_1(s)$$

$$= \frac{2(s+1)}{s(s+2)} \cdot \frac{3s}{(s+1)^2 + 2^2}$$



Copyright © Lasse Alfredsson, LiTH

a) Beräkna impulssvaret $h(t)$

b) Beräkna utsignalen $y(t)$

$$\begin{aligned} a) \quad H(s) &= \frac{3s}{(s+1)^2 + 2^2} = \frac{3(s+1) - 3}{(s+1)^2 + 2^2} = 3 \frac{s+1}{(s+1)^2 + 2^2} - \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{(s+1)^2 + 2^2} \\ &\quad (\text{Re}\{s\} > -1) \\ \text{Tab. 19:25 \& 19:23} \quad \Rightarrow \quad h(t) &= 3e^{-t} \cos(2t)u(t) - \frac{3}{2} e^{-t} \sin(2t)u(t) \\ &= A \cdot e^{-t} \cos(2t + \varphi)u(t) \end{aligned}$$

$$b) \quad y(t) = \mathcal{L}^{-1}\{Y(s)\}; \quad Y(s) = X(s)H(s) = \frac{2(s+1)}{s(s+2)} \cdot \frac{3s}{(s+1)^2 + 2^2} = PBu$$

$$= \frac{B}{s+2} + \frac{Cs+D}{(s+1)^2 + 2^2} = \dots \quad B = \frac{-6}{5}, \quad C = \frac{6}{5}, \quad D = 6 \quad =$$

$$\frac{6}{5}s + 6 = \frac{6}{5}(s+1) - \frac{6}{5} + 6 = \frac{24}{5} \cdot \frac{2}{2} = \frac{24}{10} \cdot 2 = \frac{12}{5} \cdot 2$$

$$= -\frac{6}{5} \cdot \frac{1}{s+2} + \frac{6}{5} \frac{s+1}{(s+1)^2 + 2^2} + \frac{12}{5} \cdot \frac{2}{(s+1)^2 + 2^2}$$

$\text{Re}\{s\} > -2$ $\nwarrow \text{Re}\{s\} > -1 \nwarrow$

$$\Rightarrow y(t) = \underbrace{-\frac{6}{5}e^{-2t}u(t)}_{x\text{-term}} + \underbrace{\frac{6}{5}e^{-2t}\cos(2t)u(t)}_{h\text{-term}} + \underbrace{\frac{12}{5}e^{-2t}\sin(2t)u(t)}_{h\text{-term}}$$

$|H(\omega)|$ & $\arg H(\omega)$ från $H(s)$

$|H(s)|$ är $\begin{cases} = 0 & i \text{nollställen} \\ \text{Liten nära nollställen} & \& \text{värmer linjärt m. avståndet} \end{cases}$

$$H(s) = \frac{s-a}{\dots} \quad \begin{array}{c} \diagup \\ a \end{array} \quad \begin{array}{c} \diagdown \\ a \end{array}$$

$|H(s)|$ är $\begin{cases} = \infty & i \text{poler} \\ \text{Stor nära poler} & \& \text{värmer som } \frac{1}{|s|} \text{ med avståndet} \end{cases}$

$$H(s) = \frac{\dots}{s-b} \quad \begin{array}{c} \diagup \\ b \end{array} \quad \begin{array}{c} \diagdown \\ b \end{array}$$

\Rightarrow Nollställenes & polernas "samverkan" ger $|H(s)|$ & $\arg H(s)$ i varje punkt i s -planet, bl.a. längs $j\omega$ -axeln.

$|H(\omega)|$ & $\arg H(\omega)$ från $H(s)$

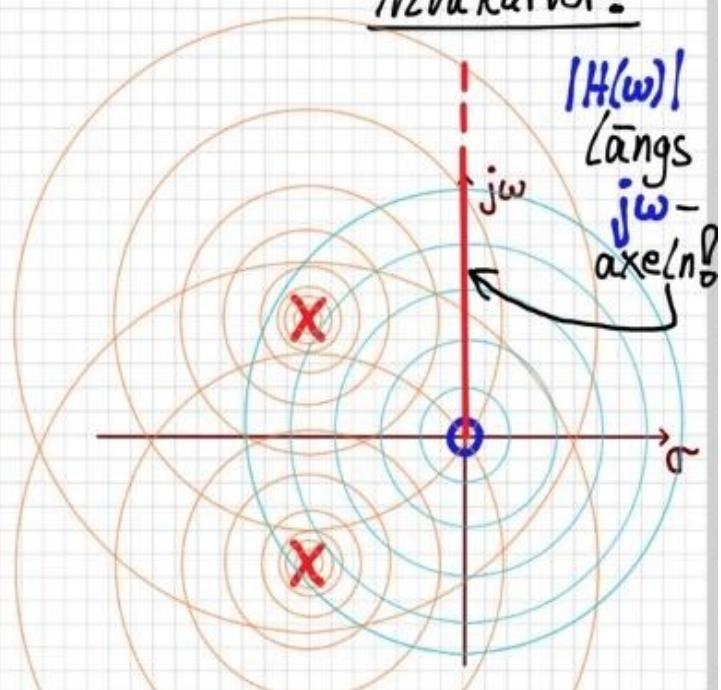
Nivåkurvor:

Poler:

$$H(s) = \frac{\dots}{s-b} \quad \begin{array}{c} \diagup \\ b \end{array}$$

Nollställen:

$$H(s) = \frac{s-a}{\dots} \quad \begin{array}{c} \diagup \\ a \end{array}$$



$|H(\omega)|$ & $\arg H(\omega)$ från pol-nollställevektorer

Stabilt LTI-system
 \Downarrow

$$H(\omega) = H(s) \Big|_{s=j\omega} = K \cdot \frac{(j\omega - n_1)(j\omega - n_2) \cdots (j\omega - n_M)}{(j\omega - p_1)(j\omega - p_2) \cdots (j\omega - p_N)} = K \cdot \frac{r_1 e^{j\phi_1} \cdot r_2 e^{j\phi_2} \cdots r_M e^{j\phi_M}}{d_1 e^{j\theta_1} \cdot d_2 e^{j\theta_2} \cdots d_N e^{j\theta_N}}$$

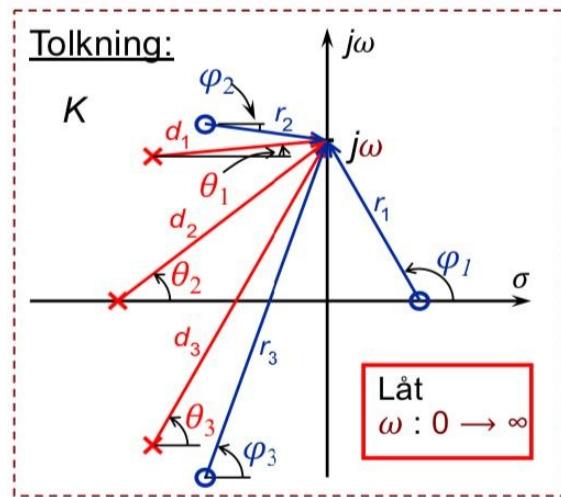
$$\underline{|H(\omega)| e^{j\arg H(\omega)}}$$

Amplitudkarakteristiken:

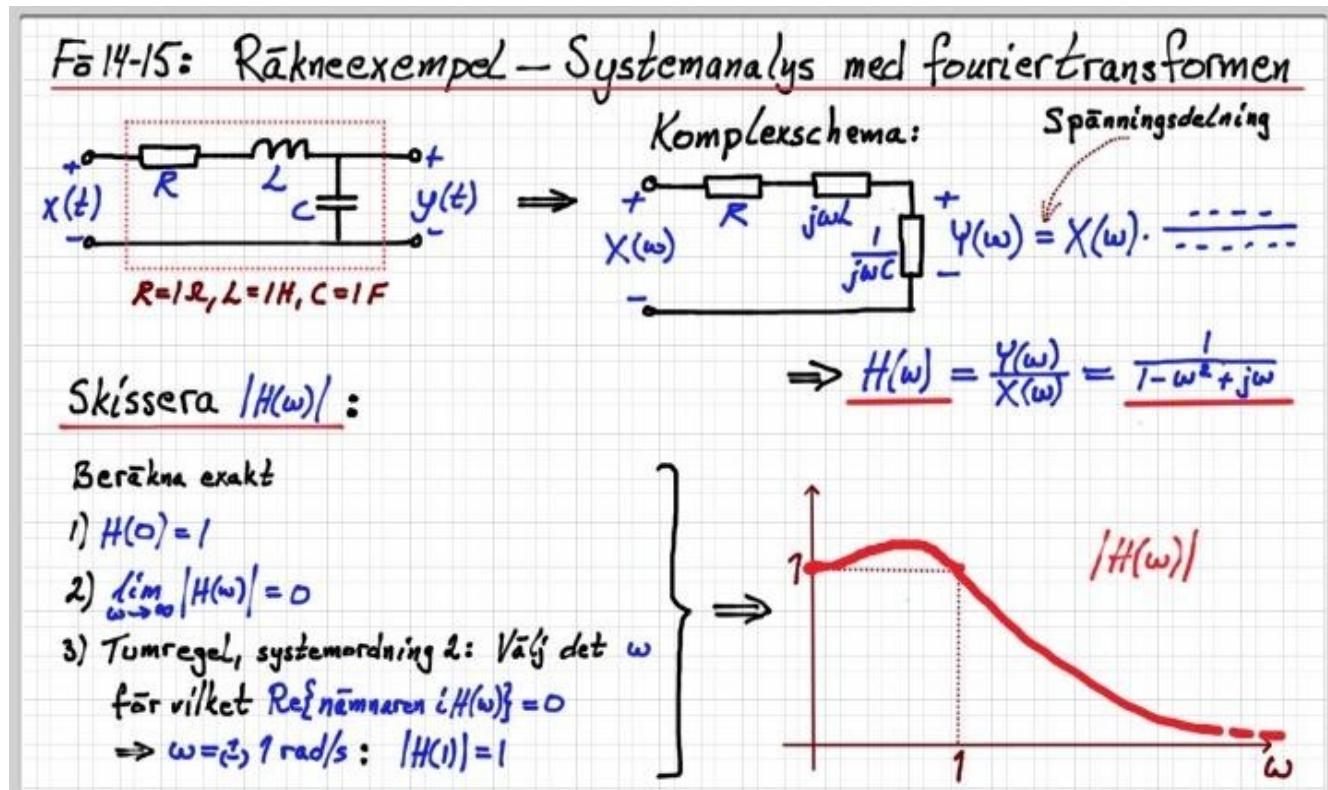
$$|H(\omega)| = |K| \cdot \frac{r_1 \cdot r_2 \cdots r_M}{d_1 \cdot d_2 \cdots d_N}$$

Faskarakteristiken:

$$\arg H(\omega) = \arg K + (\phi_1 + \phi_2 + \cdots + \phi_M) - (\theta_1 + \theta_2 + \cdots + \theta_N)$$



En större demonstration / animering i Matlab av hur $|H(\omega)|$ och $\arg H(\omega)$ kan erhållas från pol-nollställevektorer för $H(s)$



Kretsberäkningar, linjära RLMC-nät

(passiva kretselement, laplacetransformerbara källor)

METODIK, beräkna godtycklig nätspänning / -ström:



Om nätförändringar sker vid $t = t_0$ (här antas $t_0 = 0$) \Rightarrow Betrakta alla källor som inkopplade vid $t = t_0 \Rightarrow \mathcal{L}\{x(t-t_0)u(t-t_0)\} = X(s)e^{-st_0}$

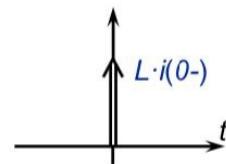


3) Ersätt passiva nätelement med **operatorscheman**:

$$\begin{array}{ccc} \text{Circuit diagram: } & v(t) = R \cdot i(t) & \Leftrightarrow V(s) = R \cdot I(s) \\ \begin{array}{c} i(t) \\ + \\ v(t) \\ - \end{array} & & \begin{array}{c} I(s) \\ + \\ V(s) \\ - \end{array} \end{array}$$

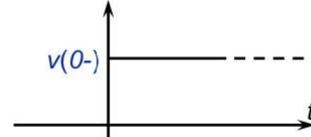
$$\begin{array}{ccc} \text{Circuit diagram: } & v(t) = L \frac{di(t)}{dt} & \Leftrightarrow V(s) = sL \cdot I(s) - L \cdot i(0-) \\ \begin{array}{c} i(t) \\ + \\ v(t) \\ - \end{array} & & \begin{array}{c} I(s) \\ + \\ sL \\ - \end{array} \quad \begin{array}{c} L \cdot i(0-) \\ + \\ V(s) \\ - \end{array} \end{array}$$

$L \cdot i(0-)$ motsvarar en impulsformad spänning med styrkan $L \cdot i(0-)$ i tidsplanet ($\mathcal{L}^{-1}\{K\} = K \cdot \delta(t)$):



$$\begin{array}{ccc} \text{Circuit diagram: } & i(t) = C \frac{dv(t)}{dt} & \Leftrightarrow V(s) = \frac{1}{sC} \cdot I(s) + \frac{v(0-)}{s} \\ \begin{array}{c} i(t) \\ + \\ v(t) \\ - \end{array} & & \begin{array}{c} I(s) \\ + \\ \frac{1}{sC} \\ - \end{array} \quad \begin{array}{c} \frac{v(0-)}{s} \\ + \\ V(s) \\ - \end{array} \end{array}$$

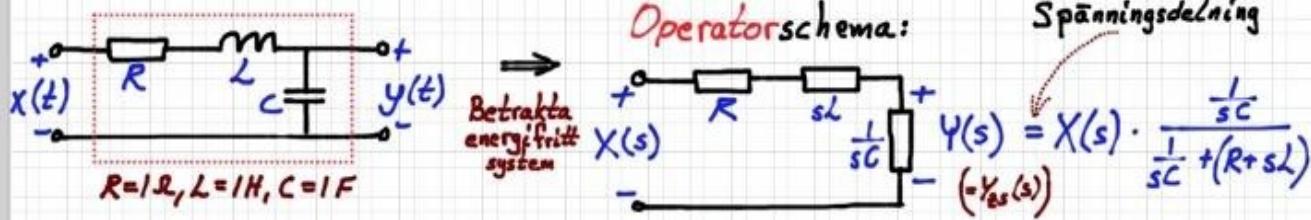
$v(0-)/s$ motsvarar en stegformad spänning med höden $v(0-)$ i tidsplanet ($\mathcal{L}^{-1}\{K/s\} = K \cdot u(t)$):



4) Likströmsteori \Rightarrow Sökt storhets laplacetransform ($Y(s)$)

5) Inverstransformera \Rightarrow Sökt storhets tidsuttryck ($y(t) = \mathcal{L}^{-1}\{Y(s)\}$)

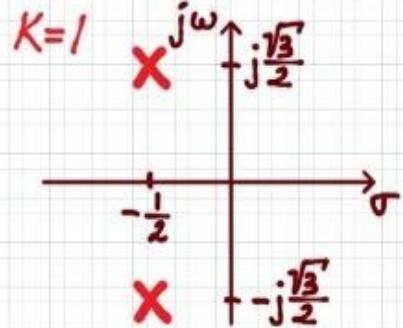
Räkneexempel - Systemanalys med Laplace transformen



$$\Rightarrow H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{s^2 + s + 1} = \frac{1}{(s + \frac{1}{2})^2 + (\frac{\sqrt{3}}{2})^2} \Rightarrow \text{Polar i } s = -\frac{1}{2} \pm j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

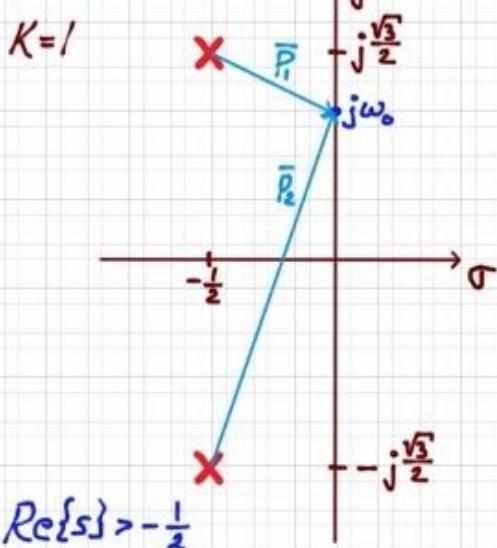
Pol-nollställediagram för $H(s)$:

- Kausal system (ty fysiskt)
 $\Rightarrow \text{Konv. omr. } \text{Re}\{s\} > -\frac{1}{2}$
- $j\omega$ -axeln ligger i konv. området för $H(s)$
 \Rightarrow systemet är stabilt



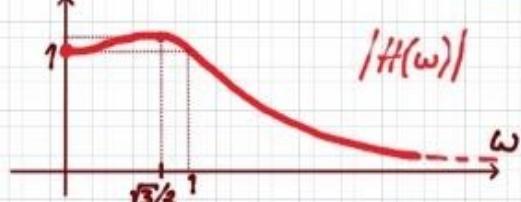
Skissa $|H(\omega)|$ utgående från pol- och nollställevektorer i pol-nollställediagrammet för $H(s)$

$$H(s) =$$



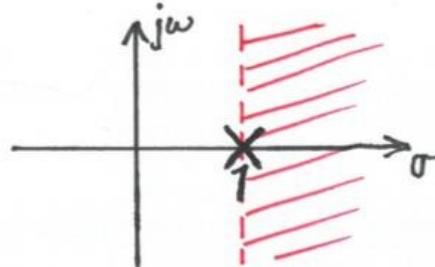
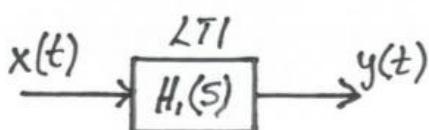
$$|H(\omega_0)| = |K| \cdot \frac{1}{|\bar{P}_1| \cdot |\bar{P}_2|}$$

- $\omega_0 = 0 \Rightarrow |\bar{P}_1| = |\bar{P}_2| = \sqrt{(\frac{1}{2})^2 + (\frac{\sqrt{3}}{2})^2} = 1 \Rightarrow |H(0)| = 1$
- $\omega_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow |\bar{P}_1| = \frac{1}{2}, |\bar{P}_2| = \sqrt{(\frac{1}{2})^2 + (2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2} = \frac{\sqrt{13}}{2}$
 $\Rightarrow |H(\frac{\sqrt{3}}{2})| = \frac{1}{\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{13}}{2}} = \frac{4}{\sqrt{13}} \approx 1.1$
- $\omega_0 \rightarrow \infty \Rightarrow |\bar{P}_1| \rightarrow \infty, |\bar{P}_2| \rightarrow \infty \Rightarrow |H(\omega_0)| \rightarrow 0$



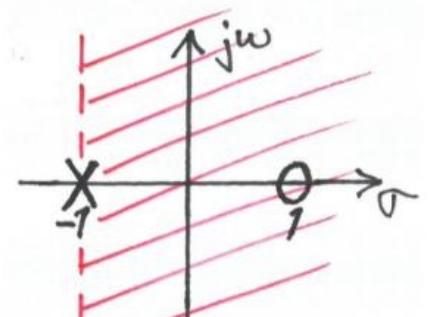
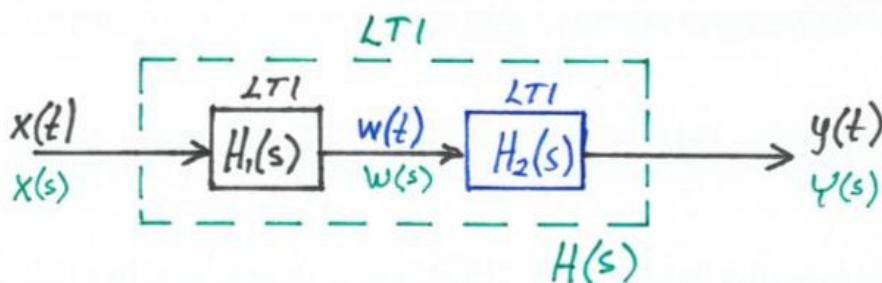
Stabilisering av instabila system (LTI-system!)

Givet: Ett **kausalt & instabilt** fysikaliskt system med systemfunktion $H_1(s) = \frac{1}{s-1}$; $\text{Re}\{s\} > 1$.



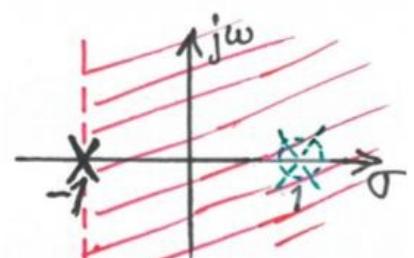
1. Stabilisering genom kaskadkoppling

$$H_2(s) = \frac{s-1}{s+1}; \quad \text{Re}\{s\} > -1$$



$$Y(s) = W(s)H_2(s) = (X(s)H_1(s)) \cdot H_2(s) = X(s) \underbrace{H_1(s)H_2(s)}_{=H(s)}$$

$$\Rightarrow H(s) = H_1(s)H_2(s) = \frac{1}{s-1} \cdot \frac{s-1}{s+1} = \frac{1}{s+1}; \quad \text{Re}\{s\} > -1 \quad \Rightarrow$$



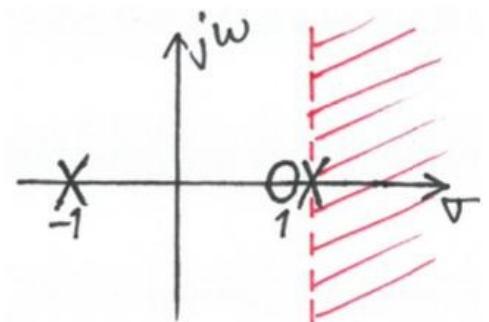
Imaginära axeln ligger i konvergensområdet för $H(s) \Rightarrow$ Det totala (kausala) systemet är **stabil**!

Dock: Vid minsta förändring av polen i $H_1(s)$ (dvs. en förändring i någon systemparameter hos det fysikaliska systemet) så blir det kaskadkopplade systemet också **instabilt**.

Exempel: Om polen i $s = 1$ hos $H_1(s)$ ändras +10% till $s = 1.1$

$$\Rightarrow H_1(s) = \frac{1}{s-1.1}$$

$$\Rightarrow H(s) = \frac{s-1}{(s-1.1)(s+1)}; \quad \text{Re}\{s\} > 1.1$$

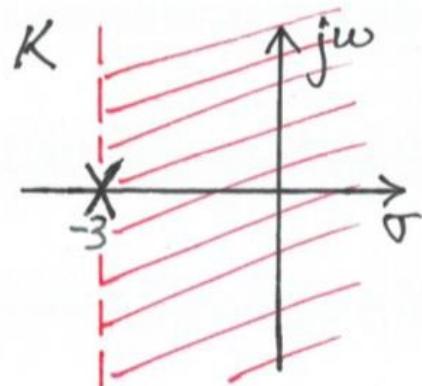
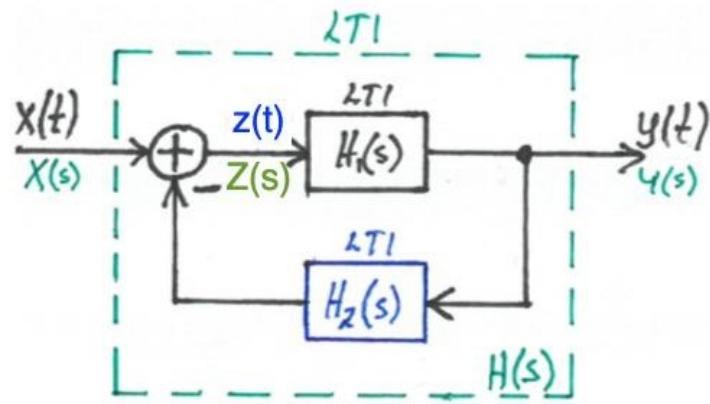


Stabilisering genom **kaskadkoppling** är därför, i praktiken, **inte lämpligt/bara**!

2. Stabilisering genom återkoppling

Det kausala instabila systemet $H_1(s)$, med systemfunktion $H_1(s)$, återkopplas enligt nedan

med ett kausalt stabilt system $H_2(s)$, med systemfunktion $H_2(s) = \frac{K}{s+3}$; $\operatorname{Re}\{s\} > -3$:



$$\begin{cases} Y(s) = Z(s)H_1(s) \\ Z(s) = X(s) - Y(s)H_2(s) \end{cases} \Rightarrow H(s) = \frac{H_1(s)}{1 + H_1(s)H_2(s)} = \frac{s+3}{(s+3)(s-1)+K}$$

H_1 och H_2 är kausala \Rightarrow totala systemet är kausalt \Rightarrow

Stabilt system om alla poler hos $H(s)$ ligger i vänster halvplan

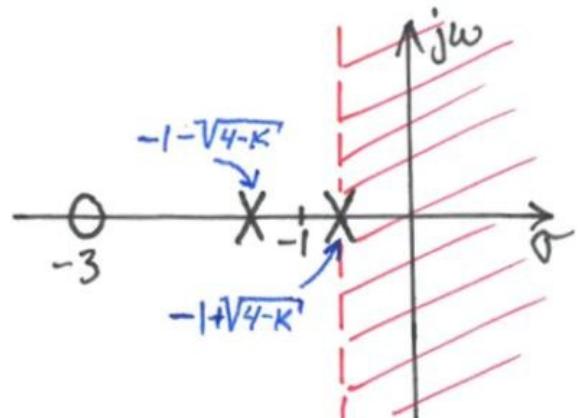
(för då ligger den imaginära axeln i konvergensområdet för $H(s)$)!

Polerna finns där $(s+3)(s-1)+K=0 \Rightarrow$

- **Reellvärda poler** $s = -1 \pm \sqrt{4-K}$ då $K \leq 4$

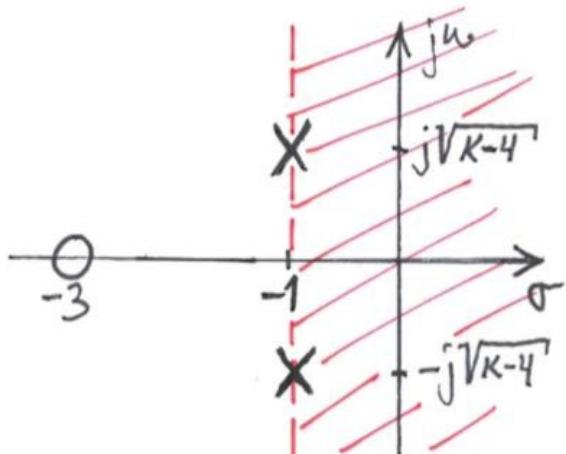
\Rightarrow Stabilt system om $K > 3$
(då ligger båda polerna i vänster halvplan)

(Marginellt stabilt system då $K = 3$.
 \Rightarrow poler i $s = -2$ & $s = 0$)



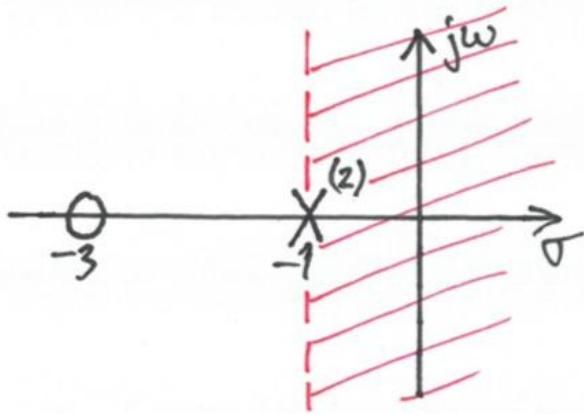
- **Komplexvärda poler** $s = -1 \pm j\sqrt{K-4}$ då $K > 4$

\Rightarrow Stabilt system för alla $K > 4$.
(båda polernas realdel = -1 för alla $K > 4$)



Det återkopplade systemet är alltså stabilt för alla $K > 3$.

Låt t.ex. $K = 4 \Rightarrow H(s) = \frac{s+3}{(s+1)^2}$; $\operatorname{Re}\{s\} > -1$:



Låt återigen polen i $s = 1$ hos $H_1(s)$ ändras +10% till $s = 1.1$ (dvs. $H_1(s) = \frac{1}{s-1.1}$)

$\Rightarrow H(s) = \frac{s+3}{(s+1.4)(s+0.45)}$; $\operatorname{Re}\{s\} > -0.45$, dvs. polerna hos $H(s)$ hamnar i $s = -1.4$ & $s = -0.45$.

Om polen i $s = 1$ hos $H_1(s)$ i stället ändras -10% till $s = 0.9$ (dvs. $H_1(s) = \frac{1}{s-0.9}$)

$\Rightarrow H(s) = \frac{s+3}{(s+1.05)^2 + 0.44^2}$; $\operatorname{Re}\{s\} > -1.05$, dvs. polerna hos $H(s)$ hamnar i $s = -1.05 \pm j0.44$.

Slutsats:

Stabilisering m.h.a. återkoppling är mycket "störtålig" mot polvariationer hos $H_1(s)$ (dvs. parametervariationer hos H_1 .)

Återkoppling är mycket centralt inom reglerteknik!

Lite förtydligande hjälp/råd för ert projektarbete, när ni

- **Väljer** massan m
- **Beräknar** fjäderkonstanten k
- **Väljer eller beräknar** dämpningskonstanten c

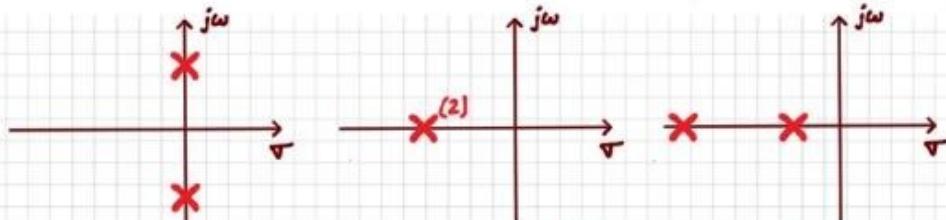
för att erhålla ert huvudsystem/referenssystem H_A , som är en linjär modell av ert fysikaliska system. samt de två alternativa systemen H_B och H_C .

(Baserat på texten på projektwebbsidan – där finns all nödvändig info!)

Bilderna nedan är skärmdumpar från filmen "Tips och råd för projektarbetet.mp4", som du hittar under "Kursdokument" i kursrummet i Lisam!

Bestäm först lämpligt värde på m , k respektive c som resulterar i ett **referenssystem/huvudsystem** med önskvärda svängnings- och dämpningsegenskaper (fall 1, 2 eller 3 i föregående stycke). Här nedan kallas detta system för H_A . Genom att ändra på systemparametrarna (en i taget) ska ni sedan ta fram två alternativa system H_B respektive H_C , som är ekvivalenta med de två andra systemtyperna.

$$\text{Diff.ekr.} \xrightarrow{d} \\ H(s) = \frac{\dots}{ms^2 + cs + k}$$



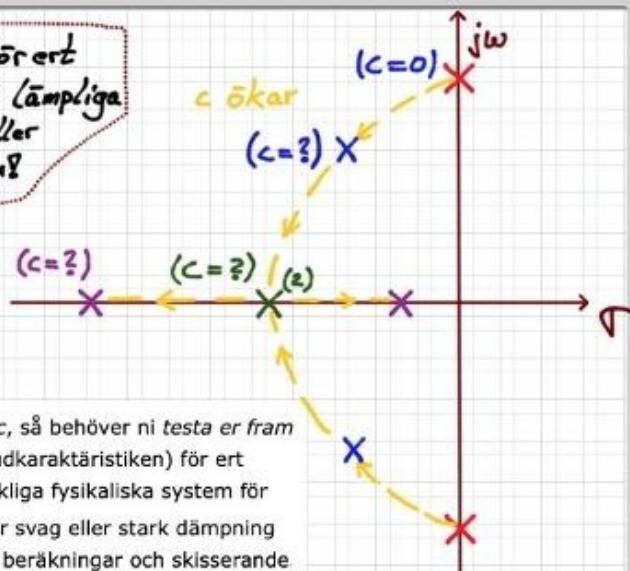
*Pol-nollställediagram
för $H_A(s)$, $H_B(s)$ & $H_C(s)$,
där projektgrupperna har
olika $H(s)$*

Instruktion för val av systemparametrarna m , k och c :

- For ert system väljer ni först en, för ert system, lämplig massa m .
- Utgående från något lämpligt statiskt läge för ert system (ofta viloläget) kan ni sedan enkelt erhålla fjäderkonstanten k .

ROTORT
för systemfunk-
tionens poler,
 $ms^2 + cs + k = 0$

Välj lämpligt c för ert
huvudsystem samt lämpliga
 c -värden så ni erhåller
de andra två systemen!



- För att bestämma ett lämpligt värde på dämpningskonstanten c , så behöver ni testa er fram till önskat systemuppförande (t.ex. hos stegsvaret eller amplitudkarakteristiken) för ert önskade huvudsystem H_A . Studera gärna (om möjligt) ert verkliga fysikaliska system för att se vilken dämpningsegenskap det har, eller bestäm själv hur svag eller stark dämpning ni önskar ha för ert huvudsystem. Testa olika värden på c i era beräkningar och skisserande av t.ex stegsvaret och/eller amplitudkarakteristiken tills ni erhåller ett önskat uppförande för huvudsystemet.

Tips vid val av c : Ni kan lätt beräkna för vilket värde på c som systemfunktionen får en dubbelpol samt när polerna blir helt imaginära.