



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

--	--	--	--	--	--	--	--

Opleiding	:	Elektrotechniek
Cursusnaam	:	Regeltechniek
Cursuscode	:	ELEREG10
Tentamenperiode	:	T1
Toetsdatum	:	7 november 2024
Begintijd	:	11:30
Duur (in minuten)	:	120 min
Docent	:	BoeEr
Collegiale review	:	BerEM
Cesuur	:	55 punten
Aantal pagina's	:	4 (exclusief voorblad)
Toetsen inleveren	:	Ja
Kladpapier inleveren	:	Ja

Toegestane hulpmiddelen:

- Normale rekenmachine, geodriehoek.
- Pen, kleurpotloden, markeerstiften.

**Overige
opmerkingen:**

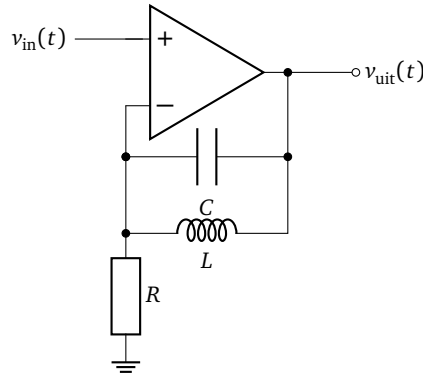
- Indien een antwoord niet wordt verklaard, worden geen punten toegekend.
- Laat bij alle opgaven duidelijk zien hoe je aan je antwoorden komt en geef dus waar nodig je berekeningen.
- Voor taalfouten worden geen punten afgetrokken.

1. Een systeem wordt beschreven door de volgende overdracht:

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

- a. [5 punten] (Leerdoel 2) Er wordt een impuls op de ingang $x(t)$ gezet. Bepaal $y(t)$.
 - b. [4 punten] (Leerdoel 3) Teken het PN-beeld van $H(s)$. Bepaal hierbij de K_{pn} , polen en nulpunten.
-

2. [10 punten] (Leerdoel 2) Gegeven is onderstaand circuit:



Je mag uitgaan van een ideale opamp.

Geef de overdrachtsfunctie $H(s) = \frac{V_{uit}(s)}{V_{in}(s)}$.

3. Gegeven het systeem:

$$H(s) = \frac{3}{s^2 + s + 4}$$

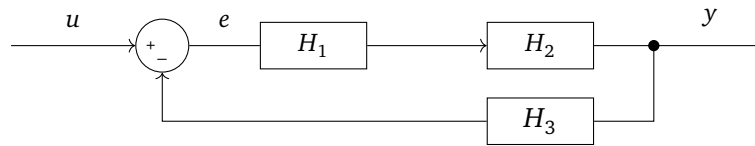
- a. [4 punten] (Leerdoel 3) Teken de eenheidsstapresponsie.
 - b. [3 punten] (Leerdoel 2) Bereken de eindwaarde van deze eenheidsstapresponsie.
 - c. [6 punten] (Leerdoel 2) Bereken het doorschot.
 - d. [6 punten] (Leerdoel 1) Geef een voorbeeld uit de praktijk van een systeem waarbij doorschot absoluut ongewenst is en een voorbeeld van een systeem waarbij doorschot niet erg is.
-

4. Gegeven het volgende systeem:

$$H(s) = \frac{K}{(s-1)^2}$$

- a. [7 punten] (Leerdoel 4) Teken de poolbaan van dit geregelde systeem voor $K \geq 0$.
 - 1. Bepaal de hoeken van de asymptoten.
 - 2. Bepaal de posities van de asymptoten.
 - 3. Je hoeft géén aankomst en/of uitbreekpunten te berekenen.
- b. [12 punten] (Leerdoel 4) Bovenstaand systeem is instabiel. Hoe zou je dit systeem stabiel kunnen maken? Onderbouw je antwoord met een poolbaanschets.

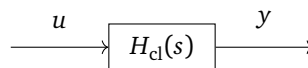
5. Gegeven de algemene opzet van een regelcircuit.



Gegeven de volgende overdrachten:

- $H_1 = K$
- $H_2 = \frac{1}{(s+1)(s+3)}$
- $H_3 = \frac{(s+6)}{(s+9)}$

- a. [4 punten] (Leerdoel 1) Geef twee redenen waarom je een systeem zou willen regelen.
- b. [12 punten] (Leerdoel 4) Teken de poolbaan van dit geregelde systeem voor $K \geq 0$.
 1. Bepaal de hoeken van de asymptoten.
 2. Bepaal de posities van de asymptoten.
 3. Je hoeft géén aankomst en/of uitbreekpunten te berekenen.
- c. [7 punten] (Leerdoel 3) Reduceer bovenstaand systeem tot één blok, zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Vereenvoudigd blokdiagram

6. Gegeven onderstaand systeem $H(j\omega)$:

$$H(j\omega) = 80 \frac{\frac{j\omega}{10} + 1}{j\omega(j\omega + 20)\left(\frac{j\omega}{20} + 2\right)}$$

- a. [4 punten] (Leerdoel 2) Zet de overdracht van het systeem $H(j\omega)$ in de Bodevorm.
- b. [10 punten] (Leerdoel 3) Teken de Bodeplot van $H(j\omega)$. Geef zowel de magnitudeplot als de faseplot.
- c. [3 punten] (Leerdoel 2) Wat is de statische versterking K_{stat} van dit systeem?
- d. [3 punten] (Leerdoel 1) Leg uit hoe we van een Bodeplot een Nyquistplot kunnen verkrijgen.

Einde van dit tentamen.

Vraag:	1	2	3	4	5	6	Totaal
Punten:	9	10	19	19	23	20	100

Tabel 1: Eigenschappen van de Laplacetransformatie

Eigenschap of operatie	Signaal	Laplacetransformatie
Transformatie	$f(t)$	$F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-st} dt$
Inverse transformatie	$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \lim_{\omega \rightarrow \infty} \int_{\sigma-j\omega}^{\sigma+j\omega} F(s)e^{st} ds$	$F(s)$
Lineariteit	$c_1 \cdot f_1(t) + c_2 \cdot f_2(t)$	$c_1 \cdot F_1(s) + c_2 \cdot F_2(s)$
Verschuiving in s -domein	$e^{-at} f(t)$	$F(s+a)$
Verschuiving in t -domein	$f(t-a)$	$F(s)e^{-as}$
Afgeleiden	$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$	$s^n F(s) - f(0)$
Primitieven	$\int_0^t f(t) dt$	$\frac{1}{s} F(s)$
Beginwaardestelling	$f(0) = \lim_{t \rightarrow 0} f(t)$	$f(0) = \lim_{t \rightarrow \infty} s \cdot F(s)$
Eindwaardestelling	$f(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$	$f(\infty) = \lim_{t \rightarrow 0} s \cdot F(s)$

Tabel 2: Standaard Laplacetransformaties

functie in tijd	Laplace getrans.
$\delta(t)$	1
$u(t)$	$\frac{1}{s}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
$\sin(\omega t)$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos(\omega t)$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
at^n	$a \frac{n!}{s^{n+1}}$

Bode Diagram regels:

1. Zet de overdracht om in de Bode vorm.
2. Sorteert (complexe paren) nulpunten en polen op hun (kantel)frequentie.
3. Bepaal magnitude/fase van $K_o(j\omega)^n$ term.
4. Ga de nulpunten en polen in oplopende frequentie af om te zien hoe magnitude/fase veranderen.

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

$$i_l = \frac{1}{L} \int v_l dt$$

Eerste orde systeem:

$$H(s) = \frac{K_{\text{stat}}}{\tau s + 1}$$

Tweede orde systeem:

$$H(s) = \frac{K_{\text{pn}}}{s^2 + 2\beta\omega_o s + \omega_o^2} = \frac{K_{\text{stat}}}{\frac{s^2}{\omega_o^2} + \frac{2\beta s}{\omega_o} + 1} = \frac{K_{\text{stat}}\omega_o^2}{s^2 + 2\beta\omega_o s + \omega_o^2}$$

$$\omega_g = \omega_o \sqrt{1 - \beta^2}$$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_g}$$

$$D_{\%} = e^{-\pi \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}} \cdot 100\% = e^{-\pi |\frac{\lambda}{\omega_g}|} \cdot 100\%$$

$$t_{s(2\%)} \approx \frac{4}{\beta\omega_o}$$

$$t_{s(5\%)} \approx \frac{3}{\beta\omega_o}$$

Integrator:

$$H(s) = \frac{1}{\tau_i s}$$

Differentiator:

$$H(s) = \tau_d s$$

Poolbanen

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i - \sum_{i=1}^m z_i}{n - m}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ + k \cdot 360^\circ}{n - m} \quad (k = 0, 1, \dots, n - m - 1)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{s - p_i} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{s - z_i}$$

Overdrachtsfuncties**Evans vorm:**

$$H(s) = K_{\text{pn}} \frac{\prod_{i=1}^m (s - z_i)}{\prod_{i=1}^n (s - p_i)}$$

Bode vorm:

$$H(j\omega) = K_o(j\omega)^n \frac{\left(\frac{j\omega}{\omega_0} + 1\right)\left(\frac{j\omega}{\omega_1} + 1\right)\dots}{\left(\frac{j\omega}{\omega_a} + 1\right)\left(\frac{j\omega}{\omega_b} + 1\right)\dots}$$