Technology, Innovation & Society Delft

VOORBLAD SCHRIFTELIJKE TOETSEN

OPLEIDING	:	**MECHATRONICA**
TOETSCODE	:	**UITWERKINGEN MECH5-T1 (DYNAMISCH MODELEREN)**
GROEP	:	**MEH2**
TOETSDATUM	:	**25 APRIL 2014**
TIJD	:	**11.00 - 12.30**
AANTAL PAGINA'S (incl. voorblad)	:	**7**
DEZE TOETS BESTAAT UIT	:	**6 open vragen** **0 meerkeuzevragen**
GEBRUIK HULPMIDDELEN	:	**JA**
TOETSOPGAVE INLEVEREN	:	**NEE**
TOEGESTANE HULPMIDDELEN	:	**(grafische) rekenmachines**
OVERIGE OPMERKINGEN	:	**Beoordeling tentamen: bij elke vraag staat het maximaal aantal te behalen punten.** **In totaal zijn maximaal 90 punten te behalen.** **Eindcijfer = 1 + aantal behaalde punten / 10**
OPSTELLER VAN DEZE TOETS	:	**Rufus Fraanje**
TWEEDE LEZER VAN DEZE TOETS	:	**Theo Koreneef**

BELANGRIJKSTE PUNTEN UIT DE TOETSREGELING VAN DE ONDERWIJS- EN EXAMENREGELING:

- je dient je via Osiris ingeschreven te hebben voor deze toets
- schrijf je naam, je studentnummer, de toetscode en de naam van de docent meteen op het tentamenpapier
- leg je identiteitsbewijs op de hoek van de tafel
- zet alle elektronische communicatiemiddelen (mobiele telefoon, PDA, etc.) uit en stop deze in je tas; deze mogen niet als calculator of klok worden gebruikt
- je mag het lokaal het eerste halfuur en de laatste 15 minuten van een toets niet verlaten
- volg de instructies op het toetsvoorblad

Tabel 1: *Operaties in t- en s-domein*

Regel	t**-domein**	s**-domein**
lineariteit	$a \cdot f(t) + b \cdot g(t)$	$a \cdot F(s) + b \cdot G(s)$
demping	$e^{-at} \cdot f(t)$	$F(s+a)$
verschuiving in de tijd	$f(t-a)$	$e^{-as} \cdot F(s)$
afgeleiden (alle beginwaarden zijn nul)	$\frac{\mathrm{d}^n f(t)}{\mathrm{d}t^n}$	$s^n \cdot F(s)$
beginwaardetheorema	$f(0) = \lim_{t \to 0} f(t)$	$f(0) = \lim_{s \to \infty} s \cdot F(s)$
eindwaardetheorema	$f(\infty) = \lim_{t \to \infty} f(t)$	$f(\infty) = \lim_{s \to 0} s \cdot F(s)$

Tabel 2: *Signalen in t- en s-domein*

Signaaltype	t**-domein**	s**-domein**
eenheidsstapfunctie	$1(t)$	$\frac{1}{s}$
deltafunctie	$\delta(t)$	1
n^{e}-machts functie	$t^n \cdot 1(t)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
e-macht	$e^{-at} \cdot 1(t)$	$\frac{1}{s+a}$
sinus	$\sin(\omega t) \cdot 1(t)$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$
cosinus	$\cos(\omega t) \cdot 1(t)$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$
gedempte sinus	$e^{-at} \cdot \sin(\omega t) \cdot 1(t)$	$\frac{\omega}{(s+a)^2+\omega^2}$
gedempte cosinus	$e^{-at} \cdot \cos(\omega t) \cdot 1(t)$	$\frac{s+a}{(s+a)^2+\omega^2}$

Opgave 1 (10 pt)

a) Leg uit wanneer een systeem continue is.

> **Solution:** Een systeem is continue als alle signalen die het systeem in en uitgaan continue zijn. Een continue signaal is een signaal zonder sprongen.

b) Leg uit wanneer een systeem analoog is.

> **Solution:** Een systeem is analoog als alle signalen die het systeem in en uitgaan analoog zijn. Een analoog signaal is een signaal waarvan de signaalwaardes elke waarde in een interval kunnen aannemen.

c) Geef een voorbeeld van een continue en analoog systeem.

> **Solution:** Een RC netwerk, massa-veer-demper systeem, etc.

Opgave 2 (20 pt)

a) Leg uit hoe kinetische energie vast gehouden kan worden in het roterende mechanische domein.

> **Solution:** Een roterende massa heeft een traagheidsmoment groter dan nul, en zal constant blijven roteren als er geen momenten op de massa worden uitgeoefend. De roterende beweging heeft bewegingsenergie.

b) Leg uit hoe kinetische energie vast gehouden kan worden in het elektrische domein.

> **Solution:** In een spoel met een inductie groter dan nul, zal de stroom constant blijven lopen als er geen spanning over spoel wordt gezet. De stroom van lading slaat bewegingsenergie op.

c) Leg uit hoe potentiele energie vast gehouden kan worden in het elektrische domein.

> **Solution:** De lading op de platen van een condensator blijft in de condensator opgehoopt, als er geen stroom kan lopen. In de opslag van lading bevindt zich potentiele energie.

d) Leg uit hoe potentiele energie vast gehouden kan worden in het hydraulische domein.

> **Solution:** Vloeistof die 'opgehoopt' is in een tank/vat bevat potentiele energie.

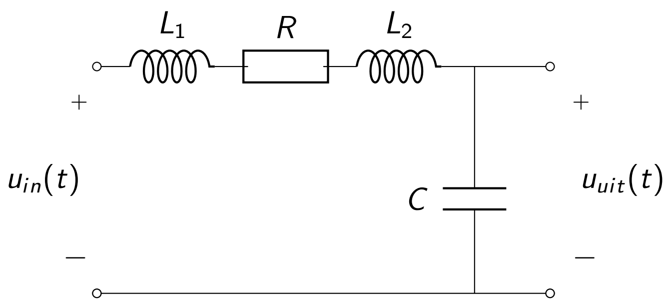
e) Leg uit hoe energie omgezet kan worden in warmte in het lineair mechanische domein.

Solution: Door middel van wrijving, zoals bijvoorbeeld in een demper.

f) Leg uit hoe energie omgezet kan worden in warmte in het elektrische domein.

Solution: Door middel van een elektrische weerstand.

Opgave 3 (30 pt)
Figuur 1 toont een elektrische circuit, waarvan we de relatie tussen de ingang $u_{in}(t)$ en de uitgang $u_{uit}(t)$ willen modeleren. Het circuit bestaat uit twee spoelen met zelfinductie $L_1 = 10\text{mH}$ en $L_2 = 20\text{mH}$, de weerstand $R = 100\Omega$ en de condensator is $C = 10\mu\text{F}$.
Merk op dat de spanning over een spoel met inductie L gegeven wordt door $u_L(t) = L\frac{di(t)}{dt}$ en de stroom door een condensator met capaciteit C wordt gegeven door $i(t) = C\frac{du_C(t)}{dt}$ waarbij $u_C(t)$ de spanning over de condensator.



Figuur 1: *Elektrische circuit behorend bij vraag 3.*

a) Leidt met de wet van Kirchhof de differentiaal vergelijking af die de relatie tussen $u_{in}(t)$ en $u_{uit}(t)$ bepaald.

Solution: (Zonder afleiding, op de toets moet de afleiding ook worden gegeven!)

$$(L_1 + L_2)C\ddot{u}_{uit}(t) + RC\dot{u}_{uit}(t) + u_{uit}(t) \;=\; u_{in}(t)$$

b) Bereken de overbrengingsfunctie van het systeem. Als je geen antwoord gevonden hebt bij a., mag je uitgaan van de differentiaalvergelijking:

$$10^{-3}\ddot{u}_{uit}(t) + u_{uit}(t) \;=\; 0.2\dot{u}_{in}(t) + u_{in}(t)$$

Solution:

$$H(s) \;=\; \frac{1}{(L_1 + L_2)Cs^2 + RCs + 1}$$

c) Leg in woorden kwalitatief uit hoe de $u_{uit}(t)$ zich zal gedragen als op $u_{in}(t)$ een stapsignaal van 1V gezet wordt (dus $u_{in}(t) = 1(t)$).

Solution: Je kunt aantonen dat de polen van het systeem complex zijn met een reëel deel dat negatief is. Er zal dus bij de stap een trilling ontstaan die uiteindelijk uitdempt.

Opgave 4 (10 pt)
Gegeven een systeem met de overbrengingsfunctie:

$$H(s) = \frac{2s+1}{s^2+5s+6}$$

Bereken de impulseresponsie van dit systeem.

Solution:

$$h_{impulse}(t) = (5e^{-3t} - 3e^{-2t})1(t)$$

Opgave 5 (10 pt)
Gegeven een systeem met de overbrengingsfunctie:

$$H(s) = \frac{3(s^2-s)}{s^2+2s+5}$$

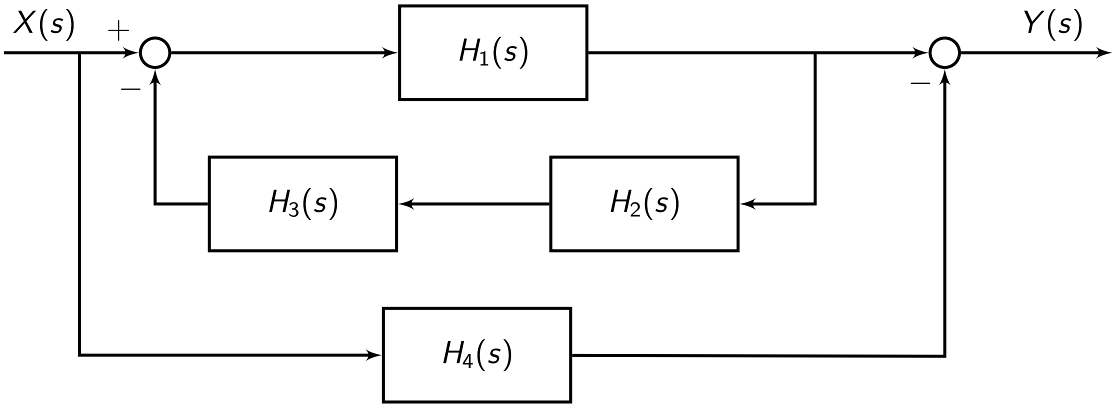
Teken het polen- en nulpuntenbeeld van dit systeem, en leg uit of het systeem stabiel is of niet.

Solution: De pool-nulpuntenversterkingsfactor $K_{pn} = 3$, het systeem heeft 2 nulpunten, en wel in $s = 0$ en in $s = 1$ en 2 polen: in $s = -1+2i$ en $s = -1-2i$. Deze moeten worden getekend in het complexe vlak, en dit vormt dan het polen- en nulpuntenbeeld van dit systeem.

Opgave 6 (10 pt)
Figuur 2 toont het blokschema van een systeem met $X(s)$ als ingang en $Y(s)$ als uitgang. Geef de overbrengingsfunctie van dit systeem in termen van $H_1(s), \ldots, H_4(s)$.

Solution: De overbrengingsfunctie wordt gegeven door:

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{H_1}{1+H_1H_2H_3} - H_4$$



Figuur 2: *Blokschema van het systeem uit vraag 6.*

∗ − ∗ − ∗ − ∗ − ∗ − ∗ − ∗ einde toets ∗ − ∗ − ∗ − ∗ − ∗ − ∗ − ∗

Uitwerking opgaven

De antwoorden van de gesloten vragen op een rij: