



**Benodigdhede vir hierdie vraestel/Requirements for this paper:**

Multi-keusekaarte/  
Multi-choice cards:

☐

Nie-programmeerbare sakrekenaar/  
Non-programmable calculator:

☒

Grafiekpapier/  
Graphic paper:

☐

Draagbare Rekenaar/  
Laptop:

☐

Oopboek-eksamen/  
Open book examination?

☐ NEE/  
☐ NO

**EKSAMEN/TOETS**  
**EXAMINATION/TEST:**

**Eksamen (1e) /**  
**Examination (1st)**

**KWALIFIKASIE/**  
**QUALIFICATION:**

**B Ing / B Eng**

**MODULEKODE/**  
**MODULE CODE:**

**EERI 418**

**TYDSDUUR/ 3 ure/hours**  
**DURATION:**

**MODULEBESKRYWING/**  
**MODULE DESCRIPTION:**

**Beheerteorie II**  
**Control theory II**

**MAKS/ 100**  
**MAX:**

**EKSAMINATORE(E)/**  
**EXAMINER(S):**

**DR. KR UREN**  
**PROF. G VAN SCHOOR**

**DĀTUM/ 21/06/2013**  
**DATE:**

**TYD/TIME: 09:00**

**MODERATOR:**

**Mr. J NAUDE (WITS)**

**TOTAAL/TOTAL: 100**

**VRAAG 1/ QUESTION 1**

'n Aanleg het die volgende oordragsfunksie: /

*A plant has the following transfer function:*

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s(s+5)}$$

Bepaal die toestandveranderlike terugvoerwinste om 'n vestigingstyd van kleiner as 1 s en 'n verbyskiet van nie meer as 10 % vir 'n trapinset te verseker. Skets ook die seinvloedidiagram van die stelsel en selekteer 'n geskikte winskoefisiënt tussen die inset  $R(s)$  en die veranderlike  $U(s)$  om 'n bestendige toestand fout van nul vir 'n trapinset te bewerkstellig. Neem die fout as die verskil tussen die inset en die uitset van die gekompenseerde stelsel. /

*Determine the state variable feedback gains to achieve a settling time of less than 1 s and an overshoot of not more than 10 % for a step input. Also sketch the signal flow graph of the system and select an appropriate gain coefficient between the input  $R(s)$  and the variable  $U(s)$  in order to achieve a zero steady-state error for a step input. Take the error as the difference between the input and the output of the compensated system.*

[10]

Addisionele inligting / additional information:

$$PO = 100e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

## VRAAG 2 / QUESTION 2

2.1 'n Stelsel word deur die volgende verskilvergelyking gemodelleer: /

A system is modelled by the following difference equation:

$$y(k+2) + 6y(k+1) + 5y(k) = e(k+1) + 2e(k)$$

Bepaal die oordragsfunksie van die stelsel  $\frac{Y(z)}{E(z)}$ . /

Determine the transfer function of the system  $\frac{Y(z)}{E(z)}$ . (4)

2.2 Bepaal  $y(k)$  vir die stelsel in 2.1 vir 'n eenheidstrapinset deur van magreeksuitbreiding gebruik te maak. Aanvaar alle begintoestande as nul en bereken tot die vierde term ( $y(3)$ ). /

Determine  $y(k)$  for the system in 2.1 for a unit step input by using the power series method. Take all initial conditions as zero and determine up to the fourth term ( $y(3)$ ). (5)

2.3 Bepaal  $y(k)$  vir die stelsel in 2.1 in geslote vorm vir 'n eenheidstrapinset deur van partiële breuk uitbreiding gebruik te maak. /

Determine  $y(k)$  for the system in 2.1 in closed form for a unit step input using partial fraction expansion. (7)

2.4 Bepaal die z-transform in geslote vorm van die volgende sein: /

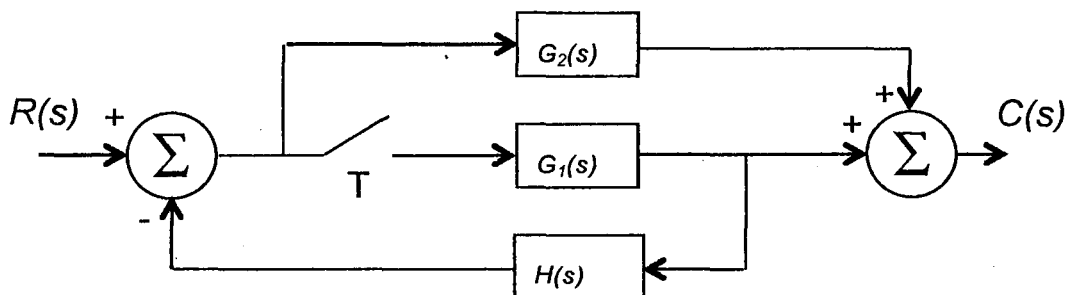
Determine the z-transform, in closed form, of the following signal:

$$E(s) = \frac{2(1 - e^{-0.5s})e^{-1.1s}}{s(s+1)}, \quad T = 0.5s$$

(6)

2.5 Bepaal vir die stelsel in Figuur 1 die uitset  $C(z)$  in terme van die inset en die oordragsfunksies. /

Determine for the system in Figure 1 the output  $C(z)$  in terms of the input and the transfer functions.



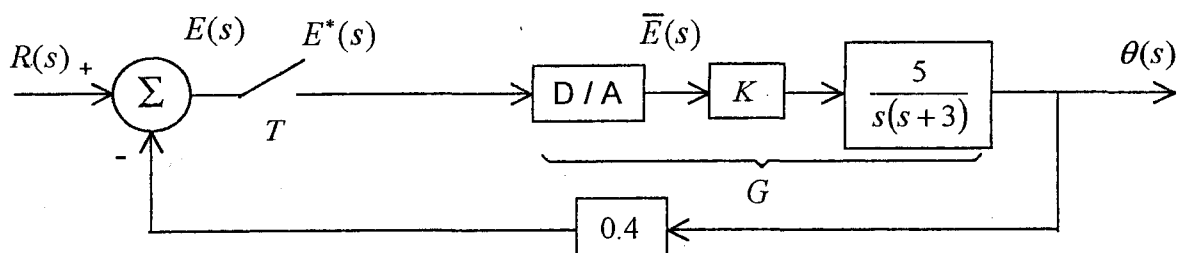
Figuur / Figure 1

(8)

[30]

## VRAAG 3 / QUESTION 3

Beskou die stelsel in Figuur 2. / Consider the system in Figure 2.



Figuur / Figure 2

- 3.1 Bepaal die stelseloordragsfunksie  $\left(\frac{\theta(z)}{R(z)}\right)$  in terme van  $G(z)$ . / Determine the system transfer function  $\left(\frac{\theta(z)}{R(z)}\right)$  in terms of  $G(z)$ . (1)
- 3.2 Bepaal die oordragsfunksie vir  $K = 10$  en  $T = 0.2$  s. Wat is die tipe van die stelsel? / Determine the transfer function for  $K = 10$  and  $T = 0.2$  s. Find the system type. (5)
- 3.3 Bepaal die bestendige toestand fout van die diskrete stelsel vir 'n eenheidshellingsinset. / Determine the steady state error of the discrete system for a unit ramp input. (4)
- 3.4 Bepaal die demping asook die natuurlike frekwensie van die diskrete stelsel. / Determine the damping as well as the natural frequency of the discrete system. (5)
- 3.5 Spreek jou uit oor die sinvolheid van die keuse van die monstertempo. Wat is die effek van die keuse van monstertempo op die respons van die gediskretiseerde stelsel? Maak 'n aanbeveling oor die monstertempo wat die diskretiseringsfout sal minimeer, maar nie die modelleringstyd onnodig sal verleng nie. / Discuss the meaningfulness of the choice of the sampling rate. What is the effect of the choice of sampling rate on the response of the system? Make a recommendation on the sampling rate that would minimise the discretisation error without unnecessarily increasing the modelling time. (5)

[20]

Addisionele inligting / additional information:

$$\zeta = \frac{-\ln r}{\sqrt{\ln^2 r + \theta^2}}$$

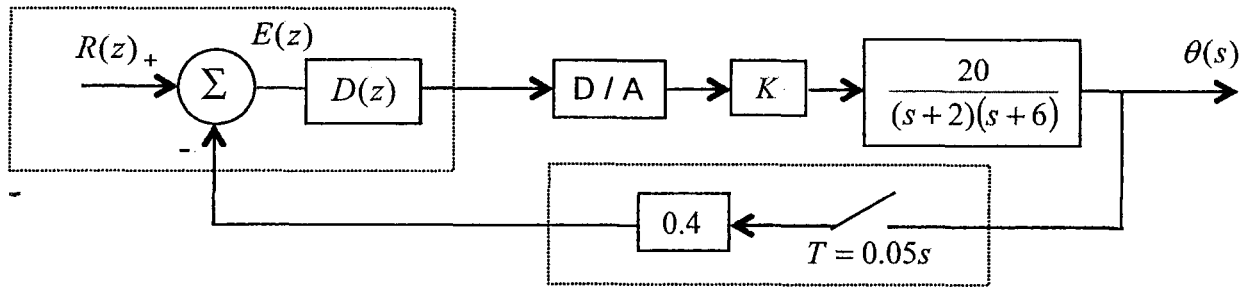
$$\omega_n = \frac{1}{T} \sqrt{\ln^2 r + \theta^2}$$

$$\tau = \frac{1}{\zeta \omega_n}$$

## VRAAG 4 / QUESTION 4

Beskou die stelsel in Figuur 3. /

Consider the system in Figure 3.



Figuur / Figure 3

Gegee / Given:

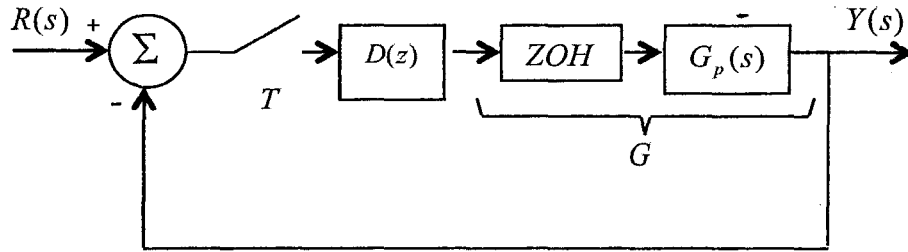
$$z \left[ \frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{20}{(s+2)(s+6)} \right] = \frac{0.02192z + 0.01919}{(z - 0.905)(z - 0.7408)}$$

Teken die benaderde wortellokus van die stelsel en toon al die belangrike snypunte aan. Maak van die Jury stabiliteitstoets gebruik om die punt van marginale stabiliteit te bepaal. Bepaal die waarde van  $K$  asook die frekwensie van ossillasie vir hierdie punt. /

Draw the estimated root locus of the system and determine all the important points of intersection. Use the Jury stability test to determine the point of marginal stability. Determine the value of  $K$  and the frequency of oscillation for this point.

[10]

## VRAAG 5 / QUESTION 5



Figuur / Figure 4

Die stelsel in Figuur 4 het die volgende aanlegoordragsfunksie: /

The system in Figure 4 has the following transfer function:

$$G_p(s) = \frac{100}{(s+1)(0.2s+1)}$$

Die diskrete oordragsfunksie van die stelsel is soos volg: /

The discrete transfer function of the system is as follows:

$$G(z) = \frac{0.5663(z+0.905)}{(z-0.9512)(z-0.7788)}, \quad T = 0.05 \text{ s}$$

Figuur 5 toon die bodediagram van  $G(j\omega)$ . /

Figure 5 shows the bode diagram of  $G(j\omega)$ .

Ontwerp 'n diskrete PID beheerder  $D(z)$  om die volgende stelselspesifikasies te bevredig:

Fasegrens van  $50^\circ$ ;

Bestendige toestand fout van 0.1 vir 'n eenheidshellingsinset.

Wenk: Gebruik die Integrale konstante om die bestendige toestand foutvereiste te haal./

Design a discrete PID controller  $D(z)$  to satisfy the following system specifications:

Phase margin of  $50^\circ$ ;

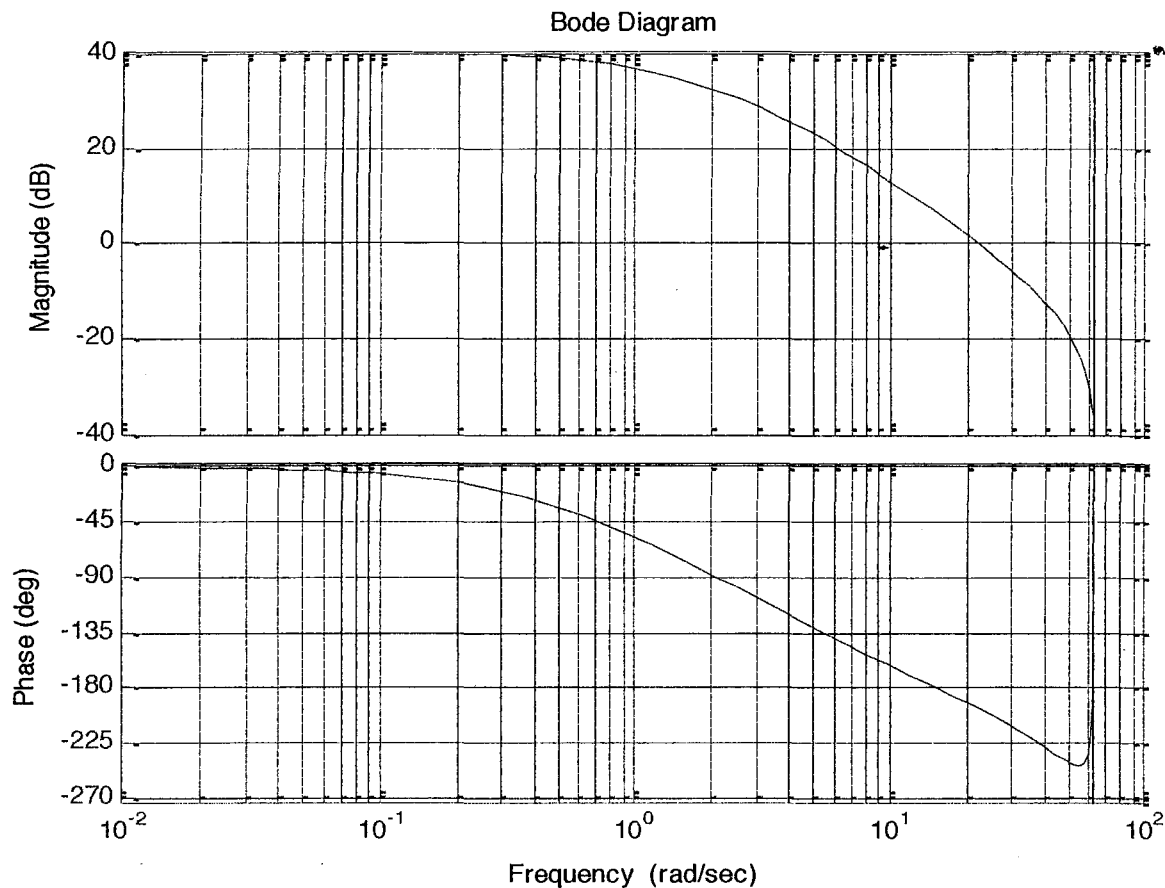
Steady state error of 0.1 for a unit ramp input.

Hint: Use the Integral constant to meet the steady state error requirement.

Addisionele inligting / additional information:

$$D(z) = K_p + K_I \frac{T}{2} \left[ \frac{z+1}{z-1} \right] + K_D \left[ \frac{z-1}{z} \right]$$

$$\theta = 180^\circ + \phi_m - \text{angle}(G(j\omega_{w1})), \quad K_p = \frac{\cos \theta}{|G(j\omega_{w1})|}, \quad K_D \omega_{w1} - \frac{K_I}{\omega_{w1}} = \frac{\sin \theta}{|G(j\omega_{w1})|} \quad [15]$$



Figuur / Figure 5

**VRAAG 6 / QUESTION 6**

Sê of die volgende stellings **WAAR** of **VALS** is. **EEN** punt sal afgetrek word vir elke verkeerde antwoord. Moet dus nie raai nie; los liever oop as jy nie weet nie. / State whether the following statements are **TRUE** or **FALSE**, keeping in mind that **ONE** mark will be deducted for each wrong answer. Therefore do not guess; rather leave blank if you do not know the answer.

- 6.1 Met diskrete PID beheerders is dit nie nodig om die beheerder oor te ontwerp as die monstrefrekwensie verander nie, mits akkurate differensiasie en integrasie steeds plaasvind. /  
*With discrete PID controllers it is not necessary to redesign the controller if the sampling frequency changes, given accurate differentiation and integration still takes place.* (1)
- 6.2 -Met Wasige Logiese Stelsels is die reëls ondeursigtig en dra geen direkte betekenis in terme van die funksionaliteit van die voorstelling nie. /  
*With Fuzzy Logic Systems the rules are non-transparent and bear no direct meaning in terms of the functionality of the representation.* (1)
- 6.3 Die effek van die nul-orde houbaan is om die tipe van die stelsel met een te verhoog. /  
*The effect of the zero order hold circuit is to increase the type of the system by 1.* (1)
- 6.4 As die inset na 'n diskrete tyd stelsel nie gemonster word voordat dit op 'n analoë deel van die stelsel inwerk nie, kan daar nie 'n oordragsfunksie vir die stelsel bepaal word nie. / If the input to a discrete time system is not sampled before being applied to an analog part of the system, no transfer function can be derived. (1)
- 6.5 Met die gebruik van die fase voorloopkompensator het die fasevoorloop 'n stabiliserende effek. /  
*The phase lead of the phase lead compensator has a stabilising effect.* (1)

[5]

011015

**VRAAG 7 / QUESTION 7**

Bespreek Wasige Logiese Stelsels aan die hand van hul oorsprong, struktuur, funksionaliteit en opleiding. Klassifiseer ook die gebruik daarvan in terme van toepassings. /

*Discuss fuzzy logic systems in terms of their origin, structure, functionality and training. Classify their use in terms-of applications.*

[10]