

ECS les 6 **Antwoorden/Solutions**



Docent : [ir drs E.J Boks](#)

Opdrachten om zelfstandig uit te voeren tijdens het derde lesuur

Assignments for independent execution during the third course hour

Voer de onderstaande opdrachten zelfstandig uit tijdens het derde lesuur ECS. De opdrachten zijn een test om in te schatten hoe de student de theoriestof van het vak ECS beheerst.

De uitwerkingen en antwoorden worden gepresenteerd in de volgende lesweek.

Complete the assignments below independently during the third ECS class. The assignments are a test to estimate how the student has mastered the theory of ECS.

Elaborations and answers are presented in the following lesson week.

1. Een voorwerp valt van uit een vliegtuig en valt met verticale snelheid $v_h(t)$. De wrijvingskracht is gelijk aan $K_w \cdot v_h(t)$. Beschrijf op welke manier het vallende voorwerp als teruggekoppeld systeem kan worden beschouwd. / *An object falls from an aircraft with vertical velocity $v_h(t)$. The frictional force is equal to $K_w \cdot v_h(t)$. Describe how the falling object can be considered as a feedback system.*

antwoord/solution : De terugkoppeling bestaat uit de kracht die afhankelijk is van de snelheid en welke wordt afgetrokken (= negatief teruggekoppeld) van de zwaartekracht. Op en gegeven moment is de wrijvingskracht gelijk aan de zwaartekracht, en wordt het proces gevoed met een kracht die gelijk is aan 0N, en daarmee ondergaat het voorwerp een versnelling van 0 ms^{-2} / *The feedback consists of the force that is dependent on the speed which is subtracted (= negative feedback) from gravity. At a given moment the frictional force is equal to gravity, and the process is fed with a force equal to 0N, and with this the object undergoes an acceleration of 0 ms^{-2} .*

2. Teken een blokdiagram van de situatie beschreven in vraag 1/ *Draw a block diagram of the situation described in question 1.*

antwoord/solution : Exact hetzelfde als WC watertank, waarbij de tankvariabele in dit geval de hoogte beschrijft en de vlotter door de konstante K_w wordt bepaald / *Exactly the same as the toilet water tank where the tank variable in this case describes the height and the float is determined by the constant K_w .*

3. Een thermostaat wordt gebruikt om met behulp van een CV ketel en radiatoren een ruimte naar een temperatuur te regelen. Teken een blokdiagram van het systeem dat de deze drie elementen in zich heeft. Geef ook aan op welke manier het ontwerp statisch en dynamisch kan worden veranderd en noem deze manieren als variabelen in het systeem / *A thermostat is used to control a room to a temperature with the aid of a central heating boiler and radiators. Draw a block diagram of the system that contains these three elements. Also indicate how the design can be changed statically and dynamically and name these ways as variables in the system.*

antwoord/solution : CV ketel = Furnace . Radiatoren bevinden zich in het huis. Gas Valve = omzetting van temperatuurverschil naar warmtefunctie.

Statisch veranderen : Pas ketel en radiatoren aan.

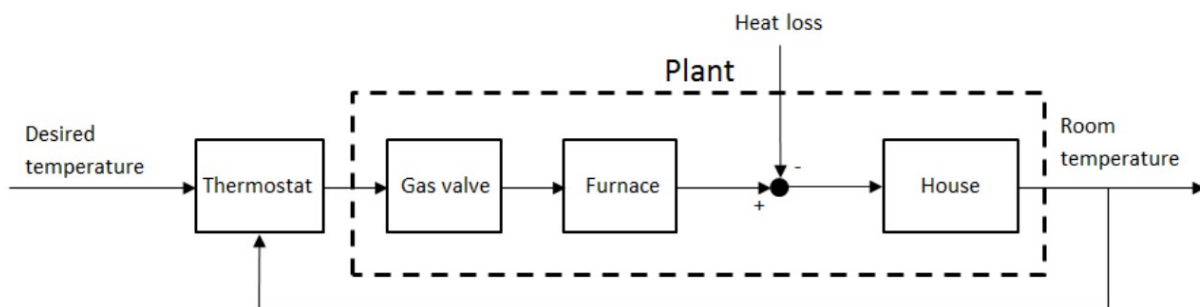
Dynamisch veranderen : Gas valve verandering van de keteltemperatuur => koppeling van foutsignaal naar proces.

/

Radiators are located in the house. Gas Valve = conversion of temperature difference to heat function.

Static change: Adjust boiler and radiators.

Dynamic change: Gas valve change of the boiler temperature => coupling of error signal to process.



4. Bedenk een scenario voor de situatie van vraag 3 waarin de geregelde temperatuur gaat oscilleren rond het instelpunt. Geef aan welke instelvariabele hier voor verantwoordelijk is. / *Think of a scenario for the situation of question 3 in which the regulated temperature starts to oscillate around the set point. Indicate which setting variable is responsible for this.*

antwoord/solution : Zet de keteltemperatuur erg hoog en plaats (zeer) grote radiatoren ==> elke foutwaarde wordt sterk vergroot als procesinput genomen en blijft langdurig het proces voeden==> ondergedempt 2e orde systeem ontstaat met schommelingen rond het instelpunt. / *Set the boiler temperature very high and place (very) large radiators ==> each error value is greatly increased as process input and continues to feed the process for a long time ==> sub-damped 2nd-order system arises with fluctuations around the set point.*

5. Geef de reden waarom terugkoppelsystemen vaak een integrerende actie in zich hebben / *Give the reason why feedback systems often have an integrating action built-in.* **antwoord/solution** : Zie/See §7.3 blz/page 186.

6. Bepaal de overdrachtfunctie van het systeem afgebeeld in afbeelding 7.5 uit §7.4.2 / *Determine the transfer function of the system shown in Figure 7.5 from §7.4.2.*

antwoord/solution : $H_1(s) = \text{integrator in voorwaartse pad} / \text{integrator in forward path.}$

$$H_1(s) = \frac{\frac{1}{s}}{1 + fbg \frac{1}{s}} = \frac{1}{s + fbg}$$

dus, het totale systeem is / *Thus, the total system is:*

$$H(s) = \frac{\left(\frac{1}{s + fbg}\right)^3}{1 + \left(\frac{1}{s + fbg}\right)^3} = \frac{1}{(s + fbg)^3 + 1} = \frac{1}{s^3 + 3s^2 * fbg + 3sfbg^2 + fbg^3 + 1}$$

fbg zeer klein ==> polen liggen op $s^3 + 1 = 0$ ==> $p_1 = -1$ en $p_{2,3} = 0,5 \pm 0,866j$ ==> Instabiel !

fbg very small ==> poles are at $s^3 + 1 = 0$ ==> $p_1 = -1$ and $p_{2,3} = 0.5 \pm 0.866j$ ==> Unstable!

7. Noem drie voordelen die terugkoppeling van open lus systemen oplevert / *Name three benefits of applying feedback to open loop systems.*

antwoord/solution : Zie/See §7.7

- Verbeterde robuustheid
- Verbeterde gevoeligheid
- Instabiel systeem ==> stabiel systeem
- *Improved robustness*
- *Improved sensitivity*
- *Unstable system ==> stable system*

8. Noem drie nadelen die terugkoppeling van open lus systemen oplevert / *Name three drawbacks of applying feedback to open loop systems.*

antwoord/solution :

- Verslechterde overdrachtgrootte
- Invloed van meetfouten leidt tot oscillaties en verstoringen
- Stabiel systeem ==> instabiel systeem
- *Deteriorated transfer size*
- *Influence of measurement errors leads to oscillations and disturbances*
- *Stable system ==> unstable system*

9. Bepaal de polen van $H(s) = \frac{10}{RCs+4}$, en bereken de statische eindwaarde van de uitvoer die

een stapinvoer in dit systeem veroorzaakt / *determine the poles of $H(s) = \frac{10}{RCs+4}$, and calculate the static end value of the output that a step input causes in this system.*

antwoord/solution : De pool ligt op $-4/RC$. Bij een stapinput kan de statische eindwaarde worden berekend door voor s de waarde 0 te substitueren. De eindwaarde is dus $10 / (RC \cdot 0 + 4) = 10/4$. / *The pole lies at $-4/RC$. The static end value of a system response on step input value can be found by substitution of 0 for s . The end value therefore is equal to $10 / (RC \cdot 0 + 4) = 10/4$.*

10. Koppel het systeem uit vraag 9 terug met een terugkoppelfactor K , en bereken de nieuwe overdrachtfunctie / *Feedback the system from question 9 with a feedback factor K , and calculate the new transfer function.*

antwoord/solution : $H_{tk}(s) = \frac{10}{RCs+4+10K}$

11. Bereken de nieuwe tijdconstante τ van het teruggekoppelde systeem. Evalueer deze voor $K=25$. Vergelijk deze met de originele τ . What is het verschil? / *Calculate the new time constant τ of the feedback system. Evaluate this for $K = 25$. Compare this with the original τ . What is the difference?*

antwoord/solution : $\tau = -1/\text{pool}$. De pool ligt op $-(4+10K)/RC$, dus τ is gelijk aan $RC/(4+10K)$ / $\tau = -1 / \text{pole}$. The pole is on $-(4 + 10K) / RC$, so τ is equal to $RC / (4 + 10K)$.

De tijdconstante wordt dus $10K$ kleiner met oplopende K . $K = 25 \implies \tau$ is $RC/(4+10 \cdot 25) = 1/254 \cdot RC$ / *The time constant thus becomes $10K$ smaller with increasing K . $K = 25 \implies \tau$ is $RC / (4 + 10 \cdot 25) = 1/254 \cdot RC$.*

12. Het nieuwe teruggekoppelde systeem heeft ook nog een ander belangrijk verschil in zijn respons in vergelijking met het originele systeem. Wat is dit? / *The new fed-back system also has another ∞ important difference in its response compared to the original system. What is this?*

antwoord/solution : De statische stapresponsie eindwaarde verandert van $(10/4)$ naar $10/(4+10K)$. Bij grote K zal de respons daarom naar nul tenderen / *The static step response end value changes from $(10/4)$ to $10 / (4 + 10K)$. With a large K , the response will therefore tend to zero.*