1η Πρόοδος Δυναμική και Έλεγχος Διεργασιών 9 Φεβρουαρίου 2018

ΘΕΜΑ1 (10μονάδες)

Σε χρόνο 0 η θερμοκρασία της παροχής εισόδου αυξάνεται βηματικά κατά 10 oC. Να υπολογιστεί και να παρασταθεί γραφικά (σε χρόνο 0, 5, 10, 50, 100 min) η απόκριση της θερμοκρασίας στην έξοδο της 2ης δεξαμενής. Δίνεται, πυκνότητα νερού ρ = 1000 kg/m3 και θερμοχωρητικότητα νερού 1 kcal/kgoC.

@SS q,ss + ρ\*w\*Cp\*(θ0,ss – θ1,ss) = 0 ⬄ q,ss = 1000\*1\*1\*(60-25) = 35000 kcal/min

**Ισοζύγιο ενέργειας στην 1η δεξαμενή:** q + ρ\*w\*Cp\*(θο – θ1) = ρ\*V1\*Cp\*dθ1/dt

Μεταβλητές απόκλισης: Tο = θο – 25 Τ1 = θ1 – 60 Q = q – 35000

Q(t) + ρ\*w\*Cp\*(Tο(t) – T1(t)) = ρ\*V1\*Cp\*dT1(t)/dt ⬄ Q(s) + ρ\*w\*Cp\*Tο(s) – ρ\*w\*Cp\*T1(s) = ρ\*Cp\*V1\*s\*T1(s) ⬄

⬄ [(V1/w)\*s + 1]\*T1(s) = Q(s)/(ρ\*w\*Cp) + T0(s)

**τ1 = V1/w = 2/1 = 2 min** ρ\*w\*Cp = 1000 kcal/minoC ⬄ 1/(ρ\*w\*Cp) = 0,001 oCmin/kcal

**T1(s) = Q(s)\*0,001/(2s + 1) + To(s)/(2s + 1)**

**Ισοζύγιο ενέργειας στη 2η δεξαμενή: ρ\*w\*Cp\*(T2 – T1) = ρ\*Cp\*V\*dT2**

 @ss ρ\*w\*Cp\*(T2in,s – T2out,s) = 0

Μεταβλητές απόκλισης: Τ1 = θ1 – 60 Τ2 = θ2 – 60

Ρ\*w\*Cp\*(T1(t) – T2(t)) = ρ\*Cp\*V2\*dT2(t)/dt ⬄ ρ\*w\*Cp\*T1(s) – ρ\*w\*Cp\*T2(s) = ρ\*Cp\*V2\*s\*T2(s) ⬄

⬄ [(V2/w)\*s + 1]\*T2(s) = T1(s)

**τ2 = V2/w = 12,5/1 = 12,5 min**

**T2(s) = T1(s)/(12,5s + 1)** ⬄ T2(s) = 0,001\*Q(s)/(2s+1)(12,5s+1) + To(s)/(2s+1)(12,5s+1) ⬄

⬄ T2(s) = 0,001\*Q(s)/(25s2+14,5s+1) + To(s)/(25s2+14,5s+1)

**τ = 25^0,5 = 5**

**ζ = 14,5/2/5 = 1,45**

Για βηματική μεταβολή της Το: Το(s) = 10/s T2(s) = 10/s(25s2+14,5s+1)

T2(t) = 10\*(1-(exp(-1,45\*t/5))\*(cosh((t/5)\*(((1,45^2)-1)^0,5))+(1,45/(((1,45^2)-1)^0,5))\*sinh((t/5)\*(((1,45^2)-1)^0,5))



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t, min | T2(t) | θ2(t) |
| 0 | 0,000 | 60,000 |
| 5 | 2,176 | 62,176 |
| 10 | 4,664 | 64,664 |
| 50 | 9,782 | 69,782 |
| 100 | 9,996 | 69,996 |

ΘΕΜΑ 2 (10 μονάδες)

Στο σύστημα του θέματος 1, συνδέται σύστημα αναλογικής-διαφορικής ρύθμισης, με σταθερά ενίσχυσης 0,1 mV/oC και διαφορικό χρόνο 0,1 min. Μεταβολή της εξόδου του ρυθμι-στή κατά 1 mV μεταβάλει την παροχή θερμότητας κατά 1000 kcal/min. Να εξαχθούν οι συναρτήσεις μεταφοράς και το διάγραμμα βαθμίδων και να υπολογιστεί και να παρασταθεί γραφικά (σε χρόνο 0, 5, 10, 50, 100 min) η απόκριση της θερμοκρασίας στην έξοδο της 2ης δεξαμενής, για βηματική μεταβολή 10 oC της θερμοκρασίας της παροχής εισόδου.

**1η δεξαμενή:** T1(s) = Q(s)\*0,001/(2s + 1) + To(s)/(2s + 1)

**2η δεξαμενή:** T2(s) = T1(s)/(12,5s + 1)

**Στοιχείο Μέτρησης:** Είσοδος: θερμοκρασία στο 2ο δοχείο: Τ2 = θ2 – θ2,ss

Έξοδος: μέτρηση θερμοκρασίας: Τ2m = θ2m – θ2m,ss

 Συνάρτηση Μεταφοράς: T2m(s)/T2(s) = 1/(1 + τm\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα χρόνου απόκρισης, οπότε θεωρείται 0: **T2m(s)/T2(s) = 1**

**Ρυθμιστής PD:** Είσοδος: το ρυθμιστικό σφάλμα: ε = θ2R – θ2m

 Έξοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – v,ss

 Συνάρτηση Μεταφοράς: V(s)/ε(s) = Kc\*(1 + τD\*s)

 Kc = 0,1 mV/oC τD = 0,1 min

 **V(s)/ε(s) = 0,1\*(1 + 0,1\*s)**

**Τελικό Στοιχείο:** Είσοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – v,ss

 Έξοδος: διαφορά παροχής θερμότητας: Q = q – q,ss

 Συνάρτηση Μεταφοράς: Q(s)/V(s) = Kv\*(1 + τv\*s)

 Kv = 1000 (kcal/min)/mV τv = 0 min

 **Q(s)/V(s) = 1000**



**Διάγραμμα βαθμίδων.**

0,1 + 0,01s

Συνάρτηση μεταφοράς μεταξύ θερμοκρασίας εισόδου και μετρούμενης μεταβλητής.

$\frac{T2(s)}{T0(s)}=\frac{\frac{1}{(2s+1)(12,5s+1)}}{1+\frac{0,01s+0,1}{(2s+1)(12,5s+1)}}=\frac{\frac{1}{(2s+1)(12,5s+1)}}{\frac{(2s+1)(12,5s+1)}{(2s+1)(12,5s+1)}+\frac{0,01s+0,1}{(2s+1)(12,5s+1)}}=\frac{1}{0,01s+0,1+(2s+1)(12,5s+1)}=\frac{1}{25s^{2}+14,51s+2,1}=\frac{0,4762}{11,905s^{2}+6,910s+1}$

τ = 11,905^0,5 = 3,45 6,910 = 2ζτ ⬄ ζ = 1,00 T2(t) = 1-(1+t/3,45)\*exp(-t/3,45)



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t | T2(t) | θ2(t) |
| 0 | 0,000 | 60,000 |
| 5 | 0,425 | 60,425 |
| 10 | 0,785 | 60,785 |
| 50 | 1,000 | 61,000 |
| 100 | 1,000 | 61,000 |

ΘΕΜΑ 3 (10 μονάδες)

Στον αντιδραστήρα πλήρους ανάδευσης συμβαίνει η αντίδραση: Α → Β με ρυθμό rA = - 0,3\*cA mol/ltmin. Σε χρόνο 0, η αρχική συγκέντρωση co του Α στην τροφοδοσία μεταβάλλεται βηματικά από 2 σε 1 mol/lt. Αρχικά, η συμπληρωματική παροχή καθαρού Α είναι 0 mol/min. Στο αντιδραστήρα εφαρμόζεται αναλογική ρύθμιση με σταθερά ενίσχυσης 1,6 mV/mV, ενώ η ρυθμιστική βαλβίδα επιτρέπει παροχές καθαρού Α από 0 έως 5 mol/min για ηλεκτρικό σήμα στην είσοδο της 0 – 500 mV. Η ένδειξη του φασματοφωτομέτρου μέτρησης της συγκέντρωσης μεταβάλλεται από 0 σε 400 mV με μεταβολή της συγκέντρωσης από 0 σε 4 mol/lt. Να κατασκευαστεί το διάγραμμα βαθμίδων, να εξαχθούν οι συναρτήσεις μεταφοράς και υπολογιστεί και να παρασταθεί γραφικά (σε χρόνο 0, 1, 5, 10, 15 min) η μεταβολή της συγκέντρωσης του Α στην έξοδο του αντιδραστήρα με και χωρίς ρύθμιση. Η ογκομετρική παροχή καθαρού αντιδρώντος Α θεωρείται αμελητέα.

**Αντιδραστήρας:** F\*co + m – F\*c1 – V\*0,3\*c1 = V\*dc1/dt

@ss 1000\*2 + 0 – 1000\*c1s – 10000\*0,3\*c1s = 0 ⬄ 4000\*c1 = 2000 ⬄ c1s = 0,5 mol/lt

Μεταβλητές απόκλισης Co = co – 2 C1 = c1 – 0,5 M = m – 0

 1000\*Co(t) + M(t) – 1000\*C1(t) – 3000\*C1(t) = 10000\*dC1(t)/dt ⬄

 Co(s) + M(s)/1000 – 4\*C1(s) = 10\*s\*C1(s) ⬄ (10s + 4)\*C1(s) = Co(s) + M(s)/1000 ⬄

 **C1 = 0,25Co/(2,5s+1) + (M/4000)/(2,5s+1)**

**Φασματοφωτόμετρο:** Km = 400mV/4(mol/lt) = 100 V/(mol/lit)

**Ρυθμιστής:** Vc/ε = 1,6

**Βαλβίδα:** Kv = 1/100 = 0,01

**Βηματική μεταβολή:** Co = -1/s

**Χωρίς Ρύθμιση**

C1 = -0,25/s(2,5s+1) = A/s + B/(2,5s+1) A = -0,25 B = -0,25/0,4 = -0,625

C1 = -0,25/s – 0,625/(2,5s+1) = -0,25/s – 0,25/(s+0,4) ⬄ **C1(t) = -0,25-0,25\*exp(-0,4\*t)**



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t, min | C1(t) | c1(t) |
| 0 | -0,5000 | 0,0000 |
| 1 | -0,4176 | 0,0824 |
| 5 | -0,2838 | 0,2162 |
| 10 | -0,2546 | 0,2454 |
| 15 | -0,2506 | 0,2494 |

**Με Ρύθμιση**

Διάγραμμα βαθμίδων:

0,01

$$C1=\frac{\frac{0,25Co}{2,5s+1}}{1+\frac{0,000004}{2,5s+1}}=\frac{\frac{0,25Co}{2,5s+1}}{\frac{2,5s+1}{2,5s+1}+\frac{0,000004}{2,5s+1}}=\frac{0,25Co}{2,5s+1}$$

C1 = 0,25/s(2,5s+5) = A/s + B/(2,5s+5) A = 0,05 B = -0,125

C1 = 0,05/s - 0,125/(2,5s+5) = 0,05/s - 0,05/(s+2) ⬄ **C1(t) = 0,05-0,05\*exp(-2\*t)**



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t, min | C1(t) | c1(t) |
| 0 | 0,0000 | 0,5000 |
| 1 | 0,0432 | 0,5432 |
| 5 | 0,0500 | 0,5500 |
| 10 | 0,0500 | 0,5500 |
| 15 | 0,0500 | 0,5500 |