ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 19 Ιανουαρίου 2021

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ΕΠΩΝΥΜΟ: |  | ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: |  |
| ΟΝΟΜΑ: |  | ΛΗΓΟΝΤΑΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΜΗΤΡΩΟΥ: |  |

 **(Στο Αρχείο αυτό να συμπληρωθούν οι Πίνακες με τα αποτελέσματα και να επικοληθούν οι φωτογραφίες από τα χειρόγραφα της λύσης. Το Αρχείο να σωθεί με όνομα Α13\_Δυναμική\_Επώνυμο\_Όνομα και να ανεβεί στο e-class)**

 Στον αντιδραστήρα πλήρους ανάδευσης συμβαίνει η αντίδραση: Α → Β με ρυθμό rA = **k**\*c1 mol/ltmin. Αρχικά, η παροχή m καθαρού Α είναι ms = 0 mol/min, και σε χρόνο 0, η συγκέντρωση cos του Α στην τροφοδοσία μεταβάλλεται βηματικά σε **Β** mol/lt. Στο αντιδραστήρα εφαρμόζεται αναλογική-ολοκληρωτική-διαφορική ρύθμιση με σταθερά ενίσχυσης **Κc** V/V, διαφορικό χρόνο **τD** min και ολοκληρωτικό χρόνο **τI** min, ενώ η ρυθμιστική βαλβίδα επιτρέπει παροχές καθαρού Α από 0 έως **P** mol/min για ηλεκτρικό σήμα στην είσοδο της 0 – **D** V. Η ένδειξη του φασματοφωτομέτρου μέτρησης της συγκέντρωσης μεταβάλλεται από 0 σε **L** V με μεταβολή της συγκέντρωσης από 0 σε **Cf** mol/lt και η ένδειξη του παρουσιάζει χρονική καθυστέριση **τf** min. Να κατασκευαστεί το διάγραμμα βαθμίδων, να εξαχθεί η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος ρύθμισης και να βρεθεί αν το σύστημα είναι ευσταθές. Η ογκομετρική παροχή καθαρού αντιδρώντος Α θεωρείται αμελητέα. Να μην χρησιμοποιηθεί Heaviside.

**Δεδομένα**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ΑΜ** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |  |
| **V** | 20 | 25 | 30 | 30 | 20 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | **lt** |
| **Fo** | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | **lt/min** |
| **cos** | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | **mol/lt** |
| **k** | -0,5 | -0,2 | -0,1 | -0,5 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,05 | -0,1 | -0,2 | **mol/ltmin** |
| **B** | 20 | 15 | 10 | 15 | 10 | 15 | 15 | 10 | 8 | 10 | **mol/lt** |
| **Kc** | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | **V/V** |
| **τD** | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | **min** |
| **τI** | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | **min** |
| **P** | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | **mol/min** |
| **D** | 0,5 | 2 | 4 | 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 2 | 1 | **V** |
| **L** | 2 | 4 | 2 | 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | **V** |
| **Cf** | 2 | 5 | 4 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | **mol/lt** |
| **τf** | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | **min** |

**AM 0**

**Αντιδραστήρας:** F\*co(t) + m(t) – F1\*c1(t) + k\*V\*c1(t) = V\*dc1/dt ⬄ 5\*co(t) + m(t) – 5\*c1(t) – 0,5\*20\*c1 = 20\*dc1/dt

@ss 5\*cos + ms – 5\*c1s – 0,5\*20\*c1s = 0 ⬄ 50 – 15\*c1s = 0 ⬄ c1s = 3,333 mol/lt

Μεταβλητές απόκλισης Co = co – 10 C1 = c1 – 3,333 M = m – 0

5\*Co(t) + M(t) – 5\*C1(t) – 0,5\*20\*C1(t) = 20\*dC1(t)/dt ⬄ [mol/min]

⬄ Co(s) + 0,2\*M(s) – 3\*C1(s) = 4\*s\*C1(s) ⬄ [mol/lt]

⬄ (4s + 3)\*C1(s) = Co(s) + 0,2\*M(s) ⬄ **C1 = Co/(4s + 3) + 0,2\*M/(4s + 3)**

**Φασματοφωτόμετρο:** **Km = (μεταβολή εξόδου)/(μεταβολή εισόδου) = 2V/2(mol/lt) = 1 V/(mol/lit)**

**Μ = Km/(tf\*s+1) = 1/(2s + 1)**

**Ρυθμιστής:** **Vc/ε = kc\*(1 + τD\*s + 1/(τI\*s)) = 1\*(1 + 1\*s + 1/(2\*s)) = 1 + s + 0,5/s**

**Βαλβίδα:** **Kv = (μεταβολή εξόδου)/(μεταβολή εισόδου) =**

**= (10 – 0)/(0,5 – 0) = 20 (mol/min)/V**

**V = Kv/(tv\*s+1) = 20/(0\*s + 1) = 20**

Διάγραμμα βαθμίδων:



Χαρακτηριστική εξίσωση:

$$1+\frac{1\*20\*0,2\*(1+1s+\frac{0,5}{s})}{\left(2s+1\right)\*(4s+3)}=\frac{\left(2s+1\right)\*\left(4s+3\right)+4+4s+\frac{2}{s}}{\left(2s+1\right)\*(4s+3)}=0 \leftrightarrow $$

$$\leftrightarrow s\*\left(2s+1\right)\*\left(4s+3\right)+4\*s+4\*s^{2}+2=0 \leftrightarrow 8s^{3}+ 14s^{2}+7s+2=0 $$

Πίνακας Routh

1η γραμμή 8 7

2η γραμμή 14 2

3η γραμμή $\frac{14\*7-8\*2}{14}=5,857$

4η γραμμή $\frac{5,857\*2-14\*0}{5,857}=2$

Το σύστημα είναι ευσταθές.

**AM 2**

**Αντιδραστήρας:** F\*co(t) + m(t) – F1\*c1(t) + k\*V\*c1(t) = V\*dc1/dt ⬄ 5\*co(t) + m(t) – 5\*c1(t) – 0,1\*30\*c1 = 30\*dc1/dt

@ss 5\*cos + ms – 5\*c1s – 0,1\*30\*c1s = 0 ⬄ 25 – 8\*c1s = 0 ⬄ c1s = 3,125 mol/lt

Μεταβλητές απόκλισης Co = co – 10 C1 = c1 – 3,125 M = m – 0

5\*Co(t) + M(t) – 5\*C1(t) – 0,1\*30\*C1(t) = 30\*dC1(t)/dt ⬄ [mol/min]

⬄ Co(s) + 0,2\*M(s) – 1,6\*C1(s) = 6\*s\*C1(s) ⬄ [mol/lt]

⬄ (6s + 1,6)\*C1(s) = Co(s) + 0,2\*M(s) ⬄ **C1 = Co/(6s + 1,6) + 0,2\*M/(6s + 1,6)**

**Φασματοφωτόμετρο:** **Km = 2V/4(mol/lt) = 0,5 V/(mol/lit)** **Μ = 0,5/(2s + 1)**

**Ρυθμιστής:** **Vc/ε = kc\*(1 + τD\*s + 1/(τI\*s)) = 2\*(1 + 1\*s + 1/(2\*s)) = 2 + 2s + 1/s**

**Βαλβίδα:** **Kv = (15 – 0)/(4 – 0) = 3,75 (mol/min)/V**

Διάγραμμα βαθμίδων:



Χαρακτηριστική εξίσωση:

$$1+\frac{0,5\*3,75\*0,2\*(2+2s+\frac{1}{s})}{\left(2s+1\right)\*(6s+1,6)}=\frac{\left(2s+1\right)\*\left(6s+1,6\right)+0,75+0,75\*s+\frac{0,375}{s}}{\left(2s+1\right)\*(6s+1,6)}=0 \leftrightarrow $$

$$\leftrightarrow s\*\left(2s+1\right)\*\left(6s+1,6\right)+0,75\*s+0,75\*s^{2}+0,375=0 \leftrightarrow 12s^{3}+ 9,95s^{2}+2,35s+0,375=0 $$

Πίνακας Routh

1η γραμμή 12 2,35

2η γραμμή 9,95 0,375

3η γραμμή $\frac{9,95\*2,35-12\*0,375}{9,95}=1,898$

4η γραμμή $\frac{1,898\*0,375-9,95\*0}{1,898}=0,375$

Το σύστημα είναι ευσταθές.

**AM 9**

**Αντιδραστήρας:** F\*co(t) + m(t) – F1\*c1(t) + k\*V\*c1(t) = V\*dc1/dt ⬄ 2\*co(t) + m(t) – 2\*c1(t) – 0,2\*10\*c1 = 10\*dc1/dt

@ss 2\*cos + ms – 2\*c1s – 0,2\*10\*c1s = 0 ⬄ 10 – 4\*c1s = 0 ⬄ c1s = 2,5 mol/lt

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

2\*Co(t) + M(t) – 2\*C1(t) – 0,2\*10\*C1(t) = 10\*dC1(t)/dt ⬄ [mol/min]

⬄ Co(s) + 0,5\*M(s) – 2\*C1(s) = 5\*s\*C1(s) ⬄ [mol/lt]

⬄ (5s + 2)\*C1(s) = Co(s) + 0,5\*M(s) ⬄ **C1 = Co/(5s + 2) + 0,5\*M/(5s + 2)**

**Φασματοφωτόμετρο:** **Km = 1V/10(mol/lt) = 0,1 V/(mol/lit)** **Μ = 0,1/(s + 1)**

**Ρυθμιστής:** **Vc/ε = 1 + s + 1/s**

**Βαλβίδα:** **Kv = (10 – 0)/(1 – 0) = 10 (mol/min)/V**

Διάγραμμα βαθμίδων:



Χαρακτηριστική εξίσωση:

$$1+\frac{0,1\*10\*0,5\*(1+1s+\frac{1}{s})}{\left(s+1\right)\*(5s+2)}=\frac{\left(s+1\right)\*\left(5s+2\right)+0,5+0,5s+\frac{0,5}{s}}{\left(s+1\right)\*(5s+2)}=0 \leftrightarrow $$

$$\leftrightarrow s\*\left(s+1\right)\*\left(5s+2\right)+0,5\*s+0,5\*s^{2}+0,5=0 \leftrightarrow 5s^{3}+ 7,5s^{2}+2,5s+0,5=0 $$

Πίνακας Routh

1η γραμμή 5 2,5

2η γραμμή 7,5 0,5

3η γραμμή $\frac{7,5\*2,5-5\*0,5}{7,5}=2,167$

4η γραμμή $\frac{2,167\*0,5-7,5\*0}{2,167}=0,5$

Το σύστημα είναι ευσταθές.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ΑΜ** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **c1s** | 3,333 | 2,500 | 3,125 | 0,833 | 2,500 | 8,333 | 3,846 | 4,167 | 3,333 | 2,500 |
| **C1/Co transfer function** |
| **num** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **τ** | 4 | 5 | 6 | 10 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| **const** | 3,0 | 2,0 | 1,6 | 6,0 | 2,0 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2,0 |
| **C1/M transfer function** |
| **num** | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,333 | 0,250 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,333 | 0,500 |
| **τ** | 4 | 5 | 6 | 10 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| **const** | 3,0 | 2,0 | 1,6 | 6,0 | 2,0 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2,0 |
| **Photometer** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| **num** | 1 | 0,8 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| **τ**  | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| **const** | 1 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Valve** | 20,00 | 5,00 | 3,75 | 2,00 | 10,00 | 3,00 | 5,00 | 10,00 | 7,50 | 10,00 |
| **Characteristic equation** |
| **s3** | 8,000 | 5,000 | 12,000 | 10,000 | 10,000 | 2,000 | 6,000 | 12,000 | 10,000 | 5,000 |
| **s2** | 14 | 10,2 | 9,95 | 18,667 | 9,5 | 3,8 | 5,8 | 7,8 | 9 | 7,5 |
| **s** | 7 | 3,6 | 2,35 | 7,3333 | 2,25 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 2,5 | 2,5 |
| **const** | 2,000 | 1,600 | 0,375 | 0,667 | 0,125 | 0,300 | 0,100 | 0,200 | 1,000 | 0,500 |
| **Routh matrix** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| **ao** | 8,000 | 5,000 | 12,000 | 10,000 | 10,000 | 2,000 | 6,000 | 12,000 | 10,000 | 5,000 |
| **a2** | 7,000 | 3,600 | 2,350 | 7,333 | 2,250 | 1,500 | 1,500 | 1,400 | 2,500 | 2,500 |
| **a1** | 14,000 | 10,200 | 9,950 | 18,667 | 9,500 | 3,800 | 5,800 | 7,800 | 9,000 | 7,500 |
| **a3** | 2,000 | 1,600 | 0,375 | 0,667 | 0,125 | 0,300 | 0,100 | 0,200 | 1,000 | 0,500 |
| **b1** | 5,857 | 2,816 | 1,898 | 6,976 | 2,118 | 1,342 | 1,397 | 1,092 | 1,389 | 2,167 |
| **b2** | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| **c1** | 2,000 | 1,600 | 0,375 | 0,667 | 0,125 | 0,300 | 0,100 | 0,200 | 1,000 | 0,500 |
|  | stable | stable | stable | stable | stable | stable | stable | stable | stable | stable |

**ΛΥΣΗ**

**Επικόλληση φωτογραφιών χειρόγραφης λύσης**

**(αν δεν επικολληθούν τα χειρόγραφα λύσης, η άσκηση δεν θα βαθμολογηθεί)**