2Η ΠΡΟΟΔΟΣ 1Ο ΘΕΜΑ – ΕΠΝΑΛΗΠΤΙΚΟ ΤΕΣΤ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 9 Φεβρουαρίου 2021

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

**Στο Αρχείο αυτό να συμπληρωθούν οι Πίνακες αποτελεσμάτων και να επικολληθούν οι φωτογραφίες από τις χειρόγραφες λύσεις. Το Αρχείο να σωθεί με όνομα 2Π\_1Θ\_Δυναμική\_Επώνυμο\_Όνομα και να ανεβεί στο e-class.**

Στο σύστημα, συνδέται αναλογική-ολοκληρωτική-διαφορική ρύθμιση, με συντελεστή ενίσχυσης Κc (mV/mV), διαφορικό χρόνο τD (min) και ολοκληρωτικό χρόνο τΙ (min). Ο συντελεστής ενίσχυσης του θεμοστοιχείου είναι Μ (mV/oC) και η απόκριση του θεωρείται ακαριαία. Μεταβολή της εξόδου του ρυθμιστή κατά C mV μεταβάλει την έξοδο του τελικού στοιχείου ρύθμισης κατά F mA. Μεταβολή κατά 1 mA στην έξοδο του τελικού στοιχείου ρύθμισης, μεταβάλει την παροχή θερμότητας κατά H (kcal/min). Να κατασκευαστεί το διάγραμμα βαθμίδων και να υπολογιστεί η θερμοκρασία στην έξοδο της δεξαμενής μετά από t (min), για βηματική μεταβολή S (oC) της θερμοκρασίας της παροχής εισόδου. Δίνεται, πυκνότητα νερού ρ = 1000 kg/m3 και θερμοχωρητικότητα νερού 1 kcal/kgoC. Να μην χρησιμοποιηθεί Heaviside.

**Δεδομένα**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ΑΜ** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |  |
| **V1** | 3 | 5 | 4 | 5 | 9 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | **m3** |
| **w** | 200 | 100 | 100 | 1000 | 250 | 200 | 500 | 200 | 50 | 100 | **lt/min** |
| **θοs** | 25 | 30 | 35 | 30 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | **oC** |
| **θ1s** | 80 | 85 | 65 | 60 | 90 | 60 | 55 | 75 | 45 | 50 | **oC** |
| **Kc** | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | **mV/mV** |
| **τD** | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | **min** |
| **τΙ** | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | **min** |
| **Μ** | 4 | 2 | 10 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | **mV/oC** |
| **C** | 200 | 4 | 200 | 200 | 200 | 200 | 100 | 100 | 25 | 50 | **mV** |
| **F** | 50 | 400 | 400 | 50 | 20 | 100 | 25 | 50 | 100 | 100 | **mA** |
| **H** | 100 | 10 | 40 | 20 | 50 | 500 | 25 | 10 | 100 | 50 | **kcal/min** |
| **S** | 5 | -20 | 10 | 2 | -1 | -10 | 0,5 | 1 | 10 | 15 | **oC** |
| **t** | 10 | 5 | 5 | 25 | 10 | 5 | 10 | 15 | 5 | 20 | **min** |

**AM: 9**

Μόν. κατ.: qs + ρ\*w\*Cp\*(θos – θ1s) = 0 ⬄ qs = 1000\*0,1\*1\*(50-25) = 2500 kcal/min

**δεξαμενή:** q + ρ\*w\*Cp\*(θο – θ1) = ρ\*V1\*Cp\*dθ1/dt

Μεταβλητές απόκλισης: Tο = θο – 25 oC Τ1 = θ1 – 50 oC Q = q – 2500 kca/min

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) + To(s)

τ1 = V1/w = 1/0,1 = 10 min

ρ\*w\*Cp = 1000\*0,1\*1 kcal/minoC ⬄ 1/(ρ\*w\*Cp) = 0,01 oCmin/kcal

**T1(s) = 0,01\*Q(s)/(10s + 1) + To(s)/(10s + 1)**

**Στοιχείο Μέτρησης:** Είσοδος: θερμοκρασία στη δεξαμενή: Τ1, oC

Έξοδος: μέτρηση θερμοκρασίας, mV: M = m1 – m1s

 Συνάρτηση Μεταφοράς: T1m(s)/M(s) = 2/(1 + τm\*s)

Ακαριαία απόκριση, τm= 0: **T1m(s)/T1(s) = 2**

**Ρυθμιστής PΙD:** Είσοδος: ρυθμιστικό σφάλμα, mV: ε = MR – M

 Έξοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – vs

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

Kc = 1 mV/oC τD = 1 min τI = 2 min

 **V(s)/ε(s) = 1\*(1 + s + 0,5/s)**

**Τελικό Στοιχείο:** Είσοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – vs

 Έξοδος: ηλεκτρικό ρεύμα: Ι = i – is

 Συνάρτηση Μεταφοράς: I(s)/V(s) = Kf/(1 + τf\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα για το

χρόνο απόκρισης: τf = 0 min

Συντελεστής ενίσχυσης: Kf = 100/50 = 2 mA/mV  **I(s)/V(s) = 2**

**Παροχή Θερμότητα:** Είσοδος: ηλεκτρικό ρεύμα: I = i – is

 Έξοδος: Θερμότητα: Q = q – qs

 Συνάρτηση Μεταφοράς: Q(s)/I(s) = Kh/(1 + τh\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα για το

χρόνο απόκρισης: τh = 0 min

Συντελεστής ενίσχυσης: Kh = 50/1 = 50 (kcal/min)/mA  **Q(s)/I(s) = 50**

**Διάγραμμα βαθμίδων:**

****

Συνάρτηση μεταφοράς μεταξύ θερμοκρασίας εισόδου και μετρούμενης μεταβλητής.

τ = 12^0,5 = 3,464 2\*ζ\*τ = 3 ⬄ ζ = 3/(2\*3,464) = 0,433

**Βηματική Μεταβολή:** θο(t) = 15 + θοs ⬄ To(t) = 15 ⬄ To(s) = 15/s

Λόγω του s στον αριθμητή της συνάρτησης μεταφοράς του συστήματος ρύθμισης, η απόκριση στη βηματική 15/s θα ισοδυναμεί με απόκριση σε κρουστική μεγέθους 15\*1 = 1 και την Εξίσωση 7.32 για κρουστική απόκριση με ζ < 1:

 = -0,348 oC

t1(20) = 50 – 0,348 = 49,652 oC

**AM: 7**

Μόν. κατ.: qs + ρ\*w\*Cp\*(θos – θ1s) = 0 ⬄ qs = 1000\*0,2\*1\*(75-25) = 10.000 kcal/min

**δεξαμενή:** q + ρ\*w\*Cp\*(θο – θ1) = ρ\*V1\*Cp\*dθ1/dt

Μεταβλητές απόκλισης: Tο = θο – 25 oC Τ1 = θ1 – 75 oC Q = q – 2500 kca/min

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) + To(s)

τ1 = V1/w = 1/0,2 = 5 min

ρ\*w\*Cp = 1000\*0,2\*1 kcal/minoC ⬄ 1/(ρ\*w\*Cp) = 0,005 oCmin/kcal

**T1(s) = 0,005\*Q(s)/(5s + 1) + To(s)/(5s + 1)**

**Στοιχείο Μέτρησης:** Είσοδος: θερμοκρασία στη δεξαμενή: Τ1, oC

Έξοδος: μέτρηση θερμοκρασίας, mV: M = m1 – m1s

 Συνάρτηση Μεταφοράς: T1m(s)/M(s) = 4/(1 + τm\*s)

Ακαριαία απόκριση, τm= 0: **T1m(s)/T1(s) = 4**

**Ρυθμιστής PΙD:** Είσοδος: ρυθμιστικό σφάλμα, mV: ε = MR – M

 Έξοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – vs

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

Kc = 1 mV/oC τD = 2 min τI = 1 min

 **V(s)/ε(s) = 1\*(1 + 2s + 1/s)**

**Τελικό Στοιχείο:** Είσοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – vs

 Έξοδος: ηλεκτρικό ρεύμα: Ι = i – is

 Συνάρτηση Μεταφοράς: I(s)/V(s) = Kf/(1 + τf\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα για το

χρόνο απόκρισης: τf = 0 min

Συντελεστής ενίσχυσης: Kf = 50/100 = 0,5 mA/mV  **I(s)/V(s) = 0,5**

**Παροχή Θερμότητα:** Είσοδος: ηλεκτρικό ρεύμα: I = i – is

 Έξοδος: Θερμότητα: Q = q – qs

 Συνάρτηση Μεταφοράς: Q(s)/I(s) = Kh/(1 + τh\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα για το

χρόνο απόκρισης: τh = 0 min

Συντελεστής ενίσχυσης: Kh = 10/1 = 10 (kcal/min)/mA  **Q(s)/I(s) = 10**

**Διάγραμμα βαθμίδων:**

****

Συνάρτηση μεταφοράς μεταξύ θερμοκρασίας εισόδου και μετρούμενης μεταβλητής.

τ = 52^0,5 = 7,211 2\*ζ\*τ = 11 ⬄ ζ = 11/(2\*7,211) = 0,763

**Βηματική Μεταβολή:** θο(t) = 1 + θοs ⬄ To(t) = 1 ⬄ To(s) = 1/s

Λόγω του s στον αριθμητή της συνάρτησης μεταφοράς του συστήματος ρύθμισης, η απόκριση στη βηματική 1/s θα ισοδυναμεί με απόκριση σε κρουστική μεγέθους 1\*10 = 10 και την Εξίσωση 7.32 για κρουστική απόκριση με ζ < 1:

 = 0,428 oC

t1(15) = 75 + 0,428 = 75,428 oC

**AM: 3**

Μόν. κατ.: qs + ρ\*w\*Cp\*(θos – θ1s) = 0 ⬄ qs = 1000\*1\*1\*(60-30) = 30.000 kcal/min

**δεξαμενή:** q + ρ\*w\*Cp\*(θο – θ1) = ρ\*V1\*Cp\*dθ1/dt

Μεταβλητές απόκλισης: Tο = θο – 30 oC Τ1 = θ1 – 60 oC Q = q – 1500 kca/min

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) + To(s)

τ1 = V1/w = 5/1 = 5 min

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

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

**Στοιχείο Μέτρησης:** Είσοδος: θερμοκρασία στη δεξαμενή: Τ1, oC

Έξοδος: μέτρηση θερμοκρασίας, mV: M = m1 – m1s

 Συνάρτηση Μεταφοράς: T1m(s)/M(s) = 4/(1 + τm\*s)

Ακαριαία απόκριση, τm= 0: **T1m(s)/T1(s) = 4**

**Ρυθμιστής PΙD:** Είσοδος: ρυθμιστικό σφάλμα, mV: ε = MR – M

 Έξοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – vs

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

Kc = 1 mV/oC τD = 2 min τI = 1 min

 **V(s)/ε(s) = 2\*(1 + s + 1/s)**

**Τελικό Στοιχείο:** Είσοδος: διαφορά δυναμικού: V = v – vs

 Έξοδος: ηλεκτρικό ρεύμα: Ι = i – is

 Συνάρτηση Μεταφοράς: I(s)/V(s) = Kf/(1 + τf\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα για το

χρόνο απόκρισης: τf = 0 min

Συντελεστής ενίσχυσης: Kf = 50/200 = 0,25 mA/mV  **I(s)/V(s) = 0,25**

**Παροχή Θερμότητα:** Είσοδος: ηλεκτρικό ρεύμα: I = i – is

 Έξοδος: Θερμότητα: Q = q – qs

 Συνάρτηση Μεταφοράς: Q(s)/I(s) = Kh/(1 + τh\*s)

Δεν δίνονται δεδομένα για το

χρόνο απόκρισης: τh = 0 min

Συντελεστής ενίσχυσης: Kh = 20/1 = 20 (kcal/min)/mA  **Q(s)/I(s) = 20**

**Διάγραμμα βαθμίδων:**

****

Συνάρτηση μεταφοράς μεταξύ θερμοκρασίας εισόδου και μετρούμενης μεταβλητής.

τ = 126^0,5 = 11,225 2\*ζ\*τ = 26 ⬄ ζ = 26/(2\*11,225) = 1,158

**Βηματική Μεταβολή:** θο(t) = 2 + θοs ⬄ To(t) = 2 ⬄ To(s) = 2/s

Λόγω του s στον αριθμητή της συνάρτησης μεταφοράς του συστήματος ρύθμισης, η απόκριση στη βηματική 2/s θα ισοδυναμεί με απόκριση σε κρουστική μεγέθους 2\*25 = 50 και την Εξίσωση 7.36 για κρουστική απόκριση με ζ > 1:

 = 0,983 oC

θ1(25) = 60 + 0,983 = 60,983 oC

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ΑΜ** | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |  |
| **qs** | 11000 | 5500 | 3000 | 30000 | 16250 | 7000 | 15000 | 10000 | 1000 | 2500 |   |
| **Συνάρτηση μεταφοράς διεργασίας** |
| **τ1** | 15 | 50 | 40 | 5 | 36 | 10 | 4 | 5 | 60 | 10 |   |
| **pwCp** | 200 | 100 | 100 | 1000 | 250 | 200 | 500 | 200 | 50 | 100 |   |
| **Qnom1** | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,001 | 0,004 | 0,005 | 0,002 | 0,005 | 0,02 | 0,01 |   |
| **s coef2** | 15 | 50 | 40 | 5 | 36 | 10 | 4 | 5 | 60 | 10 |   |
| **Const3** | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |   |
| **Συναρτήσεις μεταφοράς στοιχείων του συστήματος ρύθμισης** |
| **thermocouple** | 4 | 2 | 10 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 |   |
| **Τελικό Στοιχείο** | 0,25 | 100 | 2 | 0,25 | 0,1 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 4 | 2 |   |
| **Παροχή θερμότητας** | 100 | 10 | 40 | 20 | 50 | 500 | 25 | 10 | 100 | 50 |   |
| **Numerator4** | 4 | 0,1 | 0,125 | 25 | 12,5 | 0,2 | 40 | 10 | 0,125 | 1 |  |
| **τ 2** | 76 | 9 | 9 | 126 | 454 | 4 | 162 | 52 | 11,5 | 12 |   |
| **2ζτ** | 8 | 4,1 | 2,125 | 26 | 14,5 | 2,2 | 41 | 11 | 2,125 | 3 |   |
| **τ**  | 8,718 | 3,000 | 3,000 | 11,225 | 21,307 | 2,000 | 12,728 | 7,211 | 3,391 | 3,464 |   |
| **ζ** | 0,459 | 0,683 | 0,354 | 1,158 | 0,340 | 0,550 | 1,611 | 0,763 | 0,313 | 0,433 |   |
| **Ισοδύναμη παλμική** | 20,000 | -2,000 | 1,250 | 50,000 | -12,500 | -2,000 | 20,000 | 10,000 | 1,250 | 15,000 |   |
| **T1(t)** | **1,299** | **-0,274** | **0,247** | **0,983** | **-0,227** | **-0,263** | **0,408** | **0,428** | **0,241** | **-0,348** |  |
| **t1(t)** | **81,299** | **84,726** | **65,247** | **60,983** | **89,773** | **59,737** | **55,408** | **75,428** | **45,241** | **49,652** |  |

**1 Αριθμιτής του όρου της παρεχόμενης θερμότητας (μετατροπέας μονάδων) 2 Συντελεστής του s 3 Σταθερός όρος παρονομαστή**

**4 Συντελεστής του s στον αριθμητή της συνάρτησης μεταφοράς του συστήματος ρύθμισης.**

**ΛΥΣΗ**

**Επικόλληση φωτογραφιών χειρόγραφης λύσης**

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