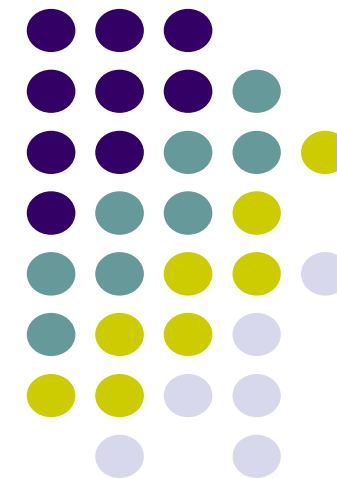


Δυναμική & Ρύθμιση Διεργασιών

Διάλεξη 18:

Η επίδραση των παραμέτρων ρυθμιστών σε διεργασίες 2^{ης} τάξης ή 1^{ης} τάξης με υστέρηση

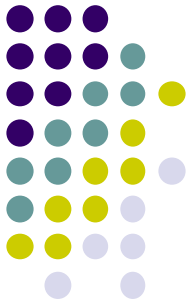


Βήματα της Ρύθμισης Διεργασιών, μέρος Β



1. Καθορίστε τη διεργασία που εξετάζεται
2. Ανάλυση Διεργασίας
3. **Σύνθεση δομής ελέγχου**
 - a. Διατύπωση της ερώτησης ελέγχου
 - b. Προσθήκη ενεργοποιητών/αισθητήρων στην περιγραφή
 - c. **Κατασκευή των ρυθμιστών**
 - d. Κατασκευή των παρατηρητών
 - e. **Ανάλυση κλειστού βρόχου**
 - f. Βαθμονόμηση ρυθμιστών
 - g. Βαθμονόμηση παρατηρητών
 - h. Αναδιατύπωση του ερωτήματος ελέγχου και επιστροφή στο [e]
 - i. Διασφάλιση ασφαλούς λειτουργίας και πρόσθεση συναγερμών
4. Έκδοση μελέτης και εγχειριδίου λειτουργίας
 - a. Περιγραφή συστήματος ρύθμισης
 - b. Συστάσεις και σημεία προσοχής

Οι στόχοι της Ρύθμισης Διεργασιών

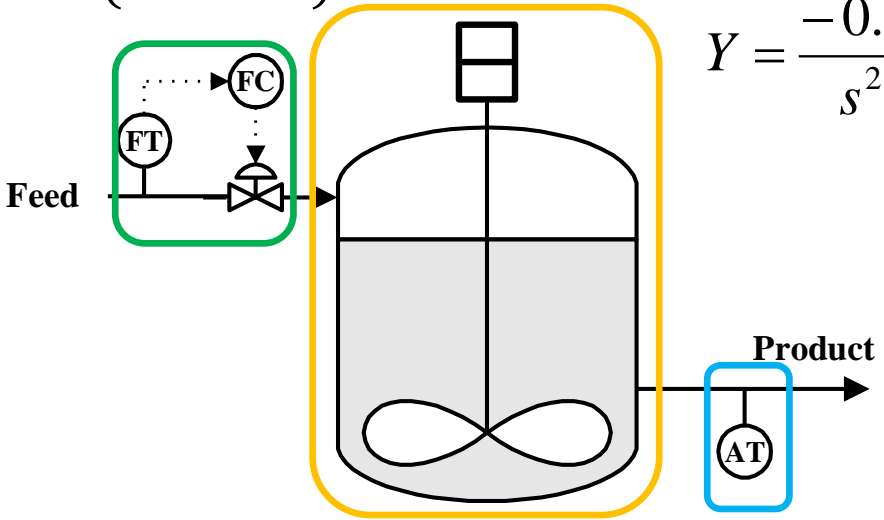


- Ασφάλεια διεργασίας
 - Διεργασία ευαίσθητη ή ασταθής: Ενεργή **σταθεροποίηση** διεργασίας
 - Πρόβλημα ρύθμισης → **regulation**
- Παρακολούθηση σημείου λειτουργίας της διεργασίας
 - Στενή **παρακολούθηση** σημείου ρύθμισης (αναφοράς)
 - Πρόβλημα εξυπηρέτησεως → **tracking** aka servo
- Ελαχιστοποίηση της επίδρασης των εξωτερικών μεταβολών
 - Ενεργή **απόρριψη** διαταραχών στην έξοδο
 - Πρόβλημα απόρριψης φορτίου → **rejection** aka load

Διάγραμμα βαθμίδων: ΑΣΑ και εξοπλισμός

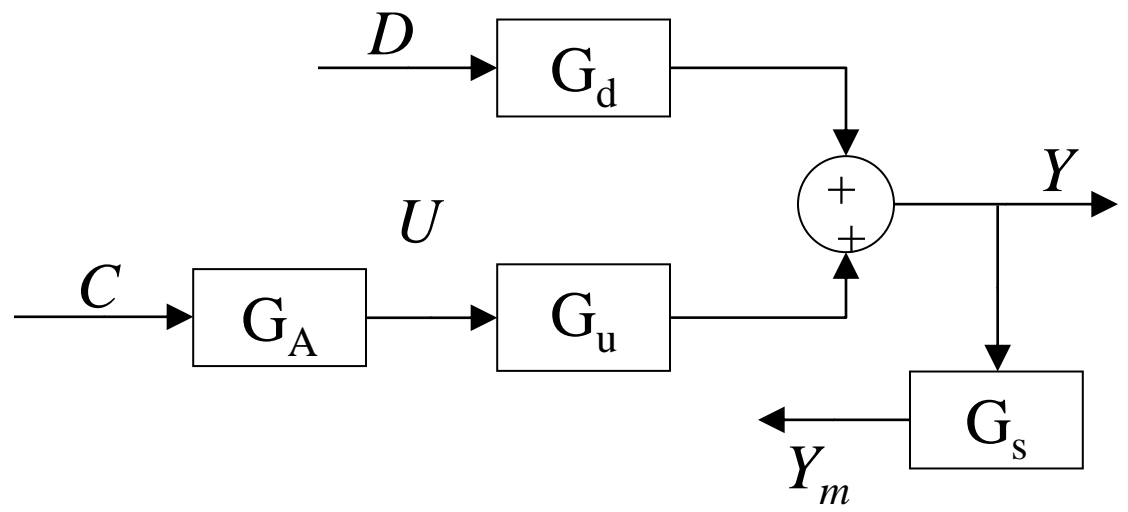


$$U(s) = \frac{1}{(0.5s + 1)} C(s)$$



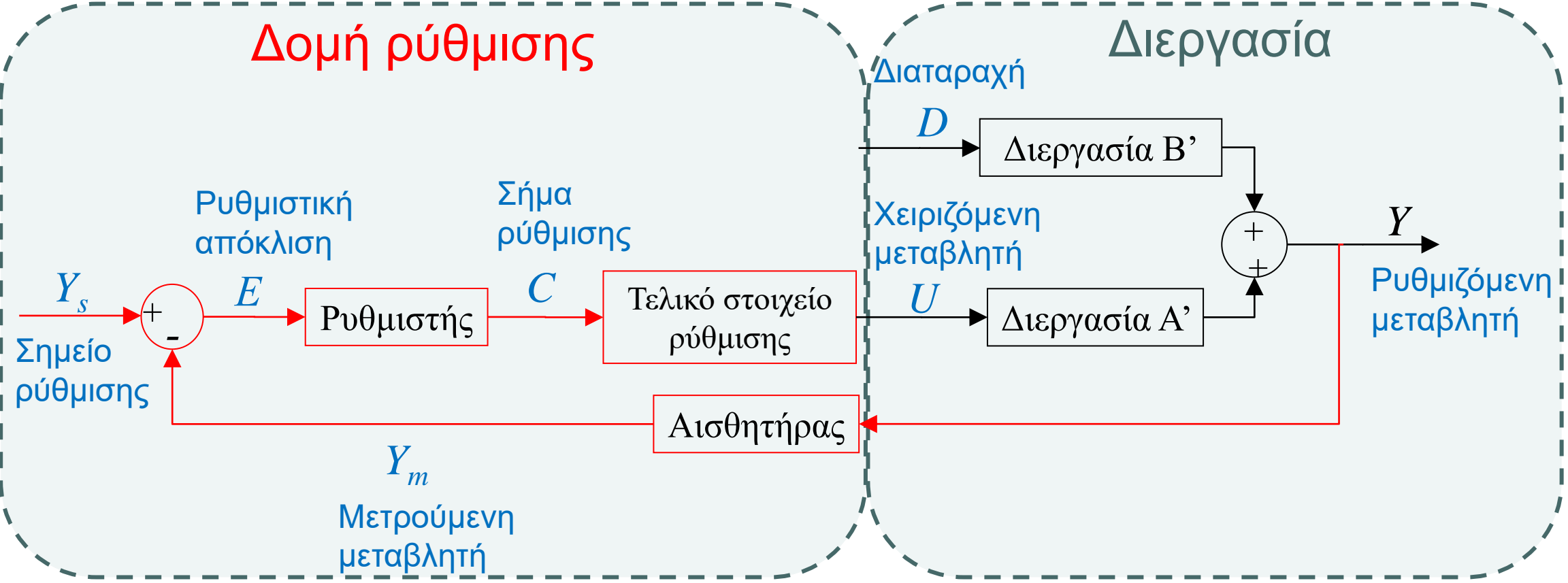
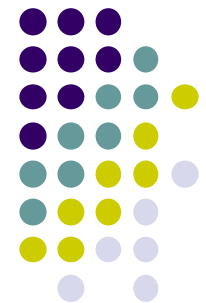
$$Y = \frac{-0.0011s + 0.001842}{s^2 + 4.006s + 3.502} U + \frac{0.4101}{s^2 + 4.006s + 3.502} D$$

$$Y_m(s) = \frac{1}{(0.33s + 1)} Y(s)$$

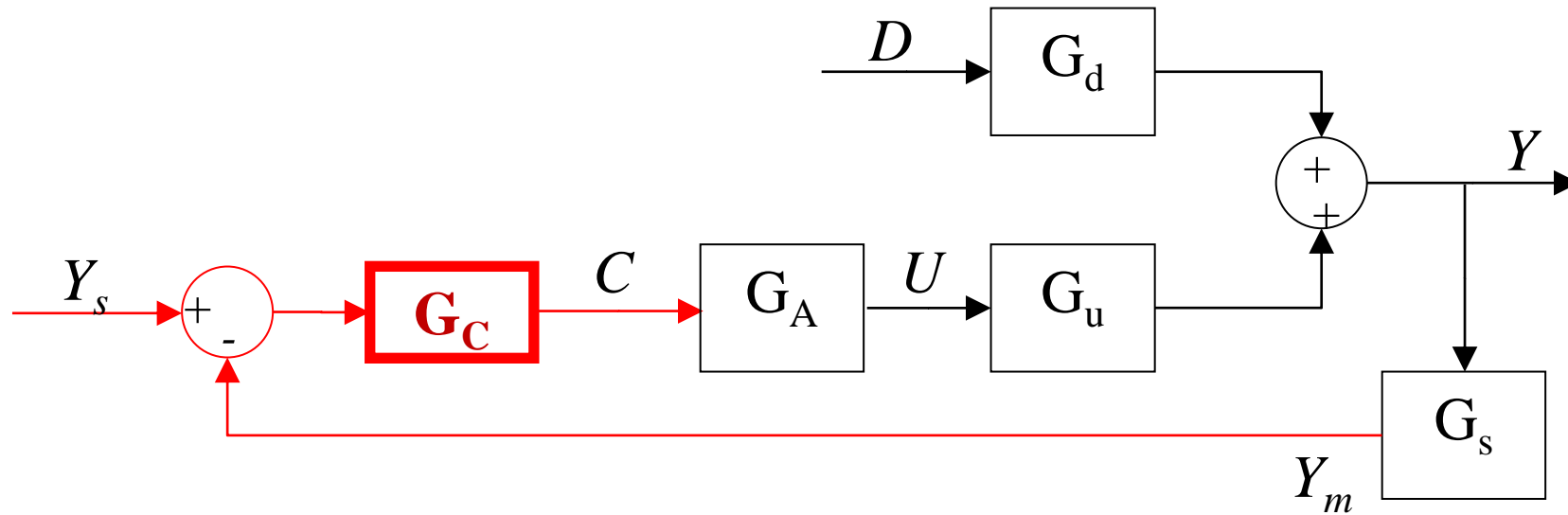
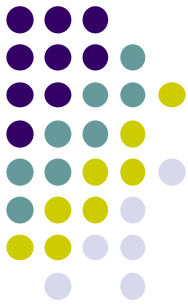


$$Y_m = \frac{1}{(0.33s + 1)} \frac{-0.0011s + 0.001842}{s^2 + 4.006s + 3.502} \frac{1}{(0.5s + 1)} C(s) + \frac{1}{(0.33s + 1)} \frac{0.4101}{s^2 + 4.006s + 3.502} D$$

Διάγραμμα βαθμίδων με ανάδραση



Κατασκευή ρυθμιστή ανάδρασης



$$\frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{G_d(s)}{G_u(s)G_a(s)G_c(s)G_s(s) + 1}$$

$$\frac{Y(s)}{Y_s(s)} = \frac{G_u(s)G_a(s)G_c(s)}{G_u(s)G_a(s)G_c(s)G_s(s) + 1}$$

- Πρόβλημα εξυπηρέτησας
- Στόχος: Η συνάρτηση μεταφοράς Y/Y_s έχει επιθυμητά χαρακτηριστικά
- Χρήση τυπικού ρυθμιστή
 - Τιμές παραμέτρων ρυθμιστή;

Μοντέλο Ρυθμιστή PID με φίλτρο



Για ένα ρυθμιστή τύπου PID,

$$c(t) = c_0 + K_c \left[e_f(t) + \frac{1}{\tau_I} \int_0^t e_f(t) dt + \tau_D \frac{de_f}{dt}(t) \right]$$

$$\tau_f \frac{de_f}{dt} = e - e_f$$

$$C(s) = \frac{K_c}{\tau_f s + 1} \left[1 + \frac{1}{\tau_I s} + \tau_D s \right] E(s)$$

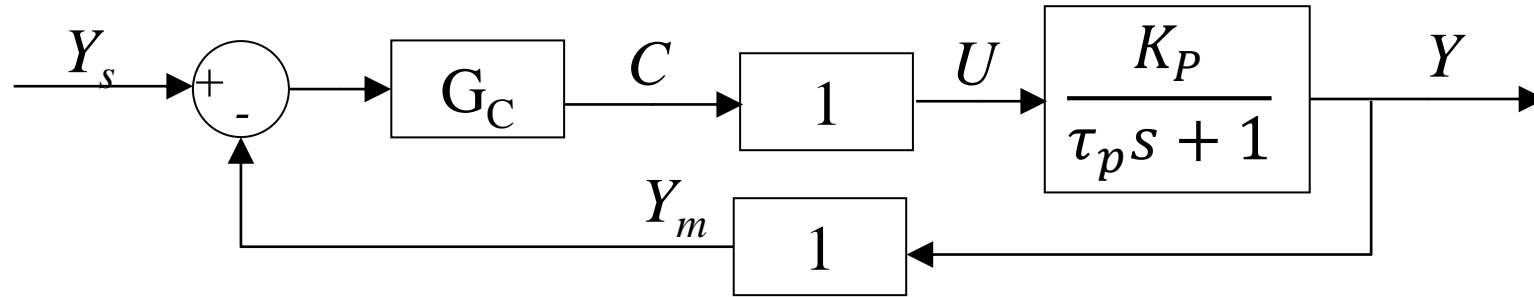
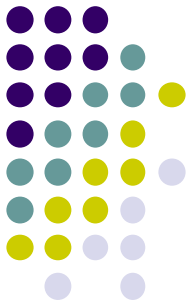
$$= K_c \frac{\tau_I \tau_D s^2 + \tau_I s + 1}{\tau_f \tau_I s^2 + \tau_I s} E(s)$$

- όπου:
- K_c = Ενίσχυση ρυθμιστή
 - e = Το σφάλμα (set point **μείον** μετρούμενη τιμή)
 - τ_i = Χρονική σταθερά ολοκληρωτικού όρου
 - τ_d = Χρονική σταθερά διαφορικού όρου
 - τ_f = Χρονική σταθερά φίλτρου

Η έξοδος του ρυθμιστή είναι ανάλογη με την ρυθμιστική απόκλιση, το ολοκλήρωμα στο χρόνο της απόκλισης και τον ρυθμό μεταβολής της απόκλισης.

K_c , τ_i , τ_d και τ_f είναι οι παράμετροι του ρυθμιστή που καθορίζει ο χειριστής.

ΔΒΔ συστήματος 1^{ης} τάξης (FOS) με P



$$c(t) = c_0 + K_c e(t)$$

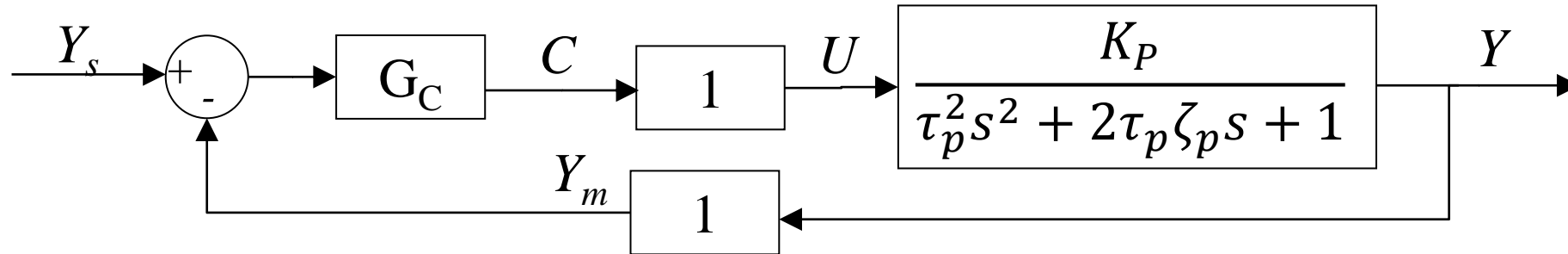
$$G_c(s) = K_c$$

$$\frac{Y(s)}{Y_s(s)} = \frac{\frac{K_c K_p}{K_c K_p + 1}}{\frac{\tau_p}{K_c K_p + 1} s + 1}$$

Παρατηρήσεις:

- Χωρίς νεκρό χρόνο, το FOS δεν θα γίνει ποτέ ασταθές ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλο είναι το K_c .
- Το μοντέλο FOS δεν εξετάζει το συνδυασμό δυναμικής ενεργοποιητή/διεργασία/σύστημα αισθητήρων.
- Ως εκ τούτου, **ένα μοντέλο FOS αφού δεν έχει νεκρό χρόνο δεν είναι ρεαλιστικό μοντέλο μιας διεργασίας υπό έλεγχο ανάδρασης.**

ΔΒΔ συστήματος 2^{ης} τάξης (SOS) με P



$$c(t) = c_0 + K_c e(t)$$

$$G_c(s) = K_c$$

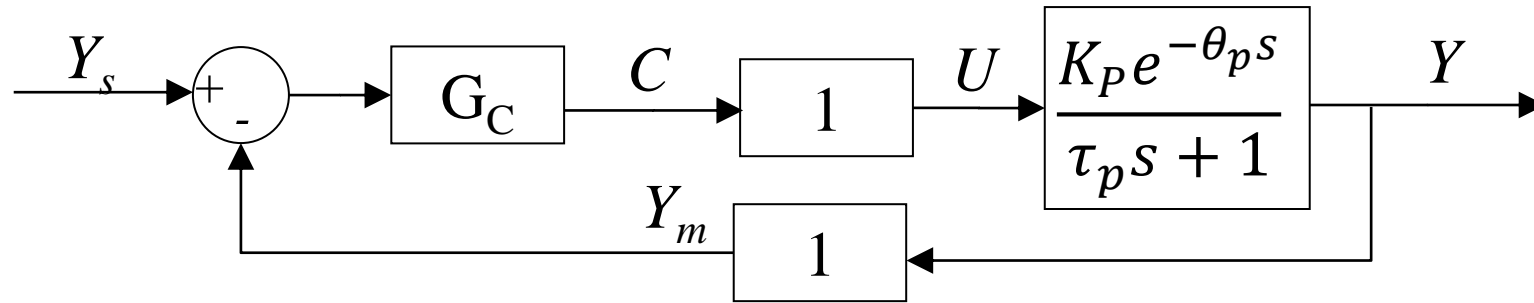
$$\frac{Y(s)}{Y_s(s)} = \frac{\frac{K_c K_p}{K_c K_p + 1}}{\frac{\tau_p^2}{K_c K_p + 1} s^2 + \frac{2\tau_p \zeta_p}{K_c K_p + 1} s + 1}$$

$$K' = \frac{K_c K_p}{K_c K_p + 1}, \tau' = \frac{\tau_p}{\sqrt{K_c K_p + 1}}, \zeta' = \frac{\zeta_p}{\sqrt{K_c K_p + 1}}$$

Παρατηρήσεις:

- Το SOS δεν θα γίνει ποτέ ασταθές ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλο είναι το K_c .
- Το SOS θα παρουσιάσει διατηρούμενη ταλαντωτική απόκριση για μεγάλο K_c .
- Το μοντέλο SOS εξετάζει συνδυασμό δυναμικής διεργασίας και γρήγορου ενεργοποιητή/αισθητήρα.
- **Το μοντέλο SOS είναι το απλούστερο ρεαλιστικό μοντέλο μιας διεργασίας υπό έλεγχο ανάδρασης.**

ΔΒΔ συστήματος 1^{ης} τάξης (FODS) με P



$$c(t) = c_0 + K_c e(t)$$

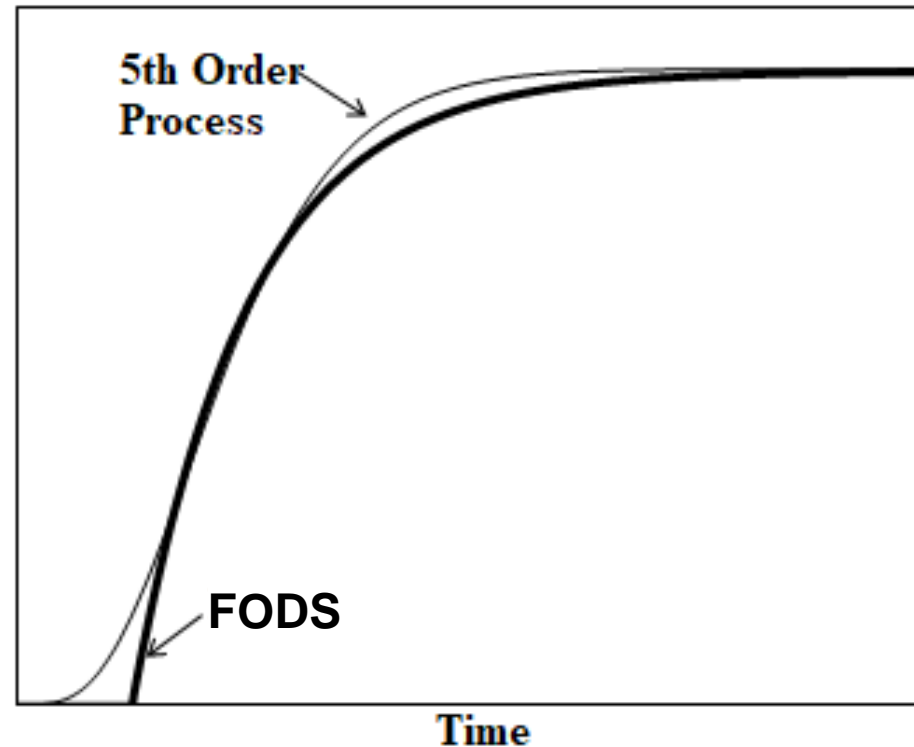
$$G_c(s) = K_c$$

$$\frac{Y(s)}{Y_s(s)} = \frac{K_c K_p}{K_c K_p + (\tau_p s + 1) e^{\theta_p s}}$$

Παρατηρήσεις:

- Με νεκρό χρόνο, το FODS μπορεί γίνει ασταθές αν γίνει μεγάλο είναι το K_c .
- Το μοντέλο FODS μπορεί να εξετάζει το συνδυασμό δυναμικής διεργασίας με υστέρηση λόγω αισθητήρων/ενεργοποιητών.
- **Το FODS είναι το άλλο απλούστερο ρεαλιστικό μοντέλο μιας διεργασίας υπό έλεγχο ανάδρασης.**
- **Η ΣΜ του προβλήματος παρακολούθησης δεν είναι ρητή!**

Σύστημα 1^{ης} τάξης με καθυστέρηση (FODS)

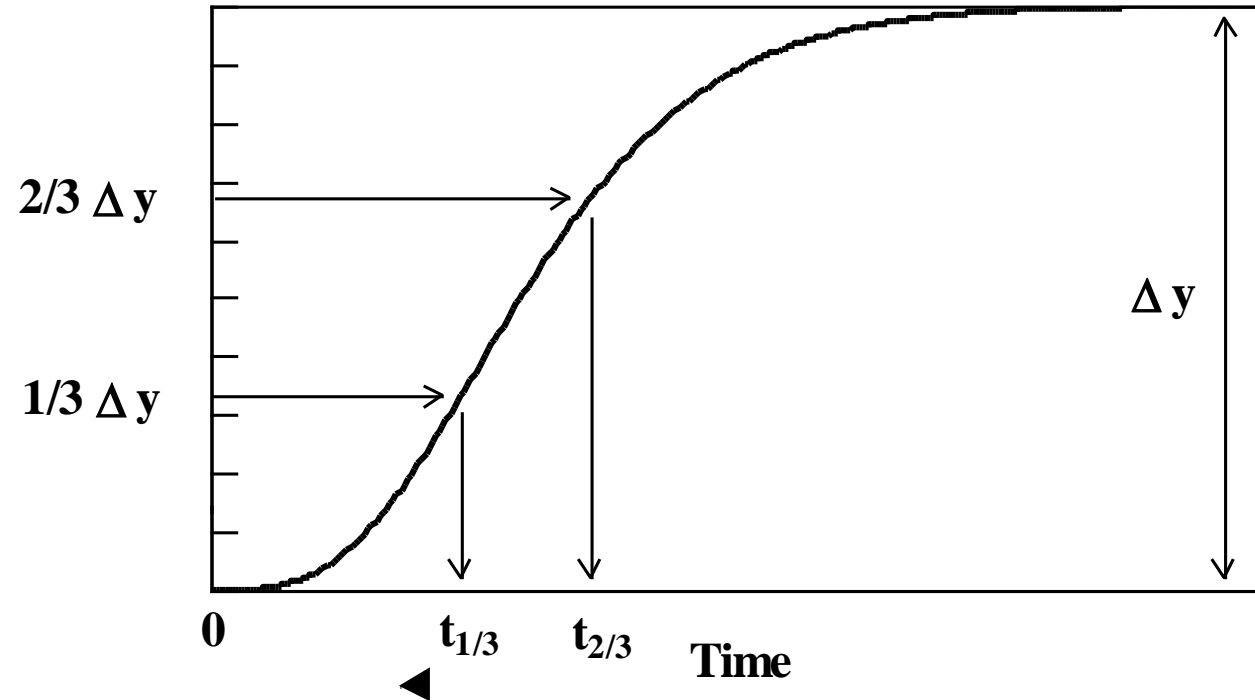


- Συστήματα υψηλής τάξης αντιπροσωπεύονται καλά από τα μοντέλα FODS. Ως αποτέλεσμα, τα μοντέλα FODS κάνουν καλύτερη δουλειά στην προσέγγιση των βιομηχανικών διεργασιών από άλλα εξιδανικευμένα δυναμικά μοντέλα.
- **Οι διεργασίες δεν παρουσιάζουν σημαντικές ταλαντώσεις ή σημαντικές αντίστροφες αποκρίσεις.**

Αναγνώριση παραμέτρων FODS



$$Y(s) = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s + 1} U(s)$$



- Προσδιορίστε το χρόνο έως το ένα τρίτο της συνολικής αλλαγής και το χρόνο έως τα δύο τρίτα της συνολικής αλλαγής μετά από μια αλλαγή εισόδου

- Παράμετροι FODS: $\tau_p = \frac{t_{2/3} - t_{1/3}}{0.7}$ $\theta_p = t_{1/3} - 0.4 \tau_p$ $K_p = \frac{\Delta y}{\Delta u}$

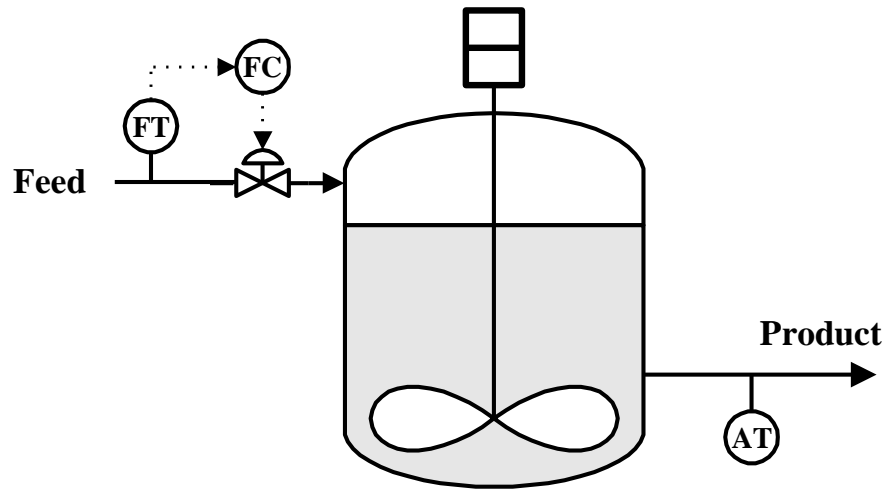
Προσέγγιση απλού ΑΣΑ με εξοπλισμό



Δίνεται διεργασία με εγκατεστημένο εξοπλισμό

- μετρούμενη μεταβλητή τη συγκέντρωση προϊόντος, C_B ,
- χειριζόμενη μεταβλητή την παροχή τροφοδοσίας, F

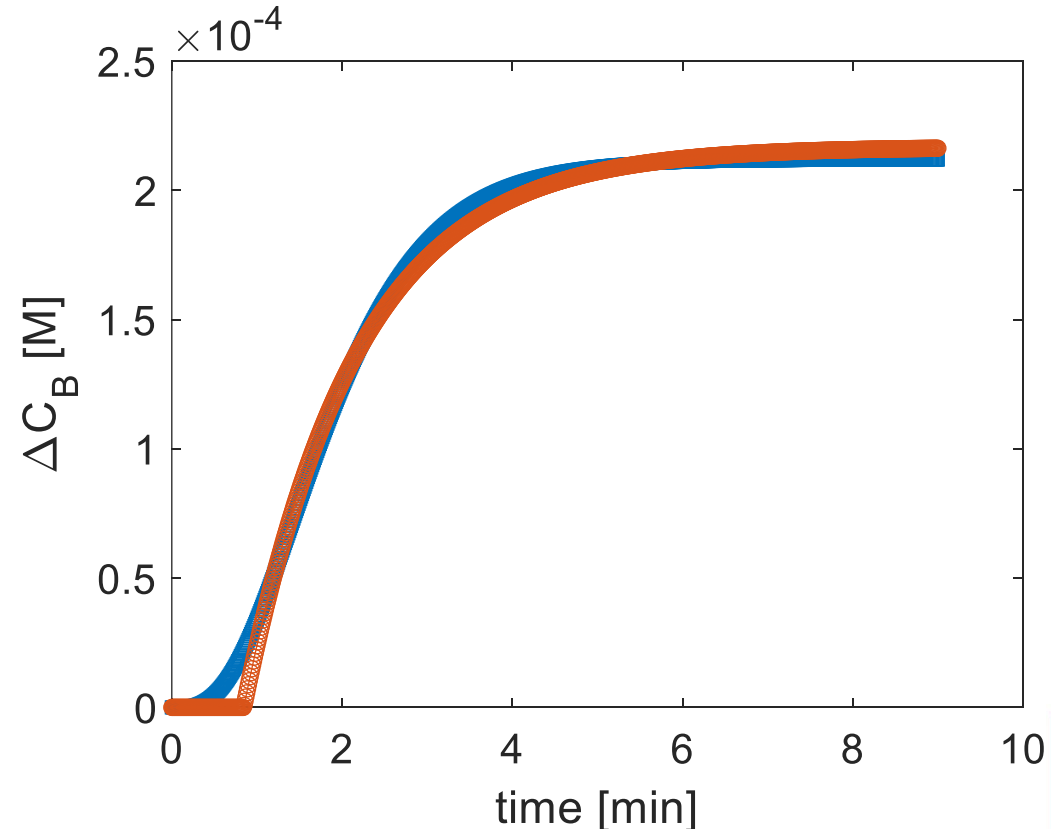
Σχεδιάστε ένα ρυθμιστή για την διεργασία



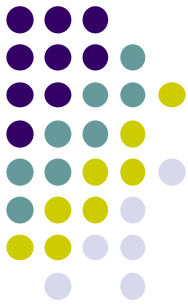
Από βελτιστοποίηση:

$$Y = 2.15 \times 10^{-4} \frac{\exp(-0.836s)}{1.27s + 1}$$

Βήμα 1°: Αναγνώριση μέσω καμπύλης απόκρισης



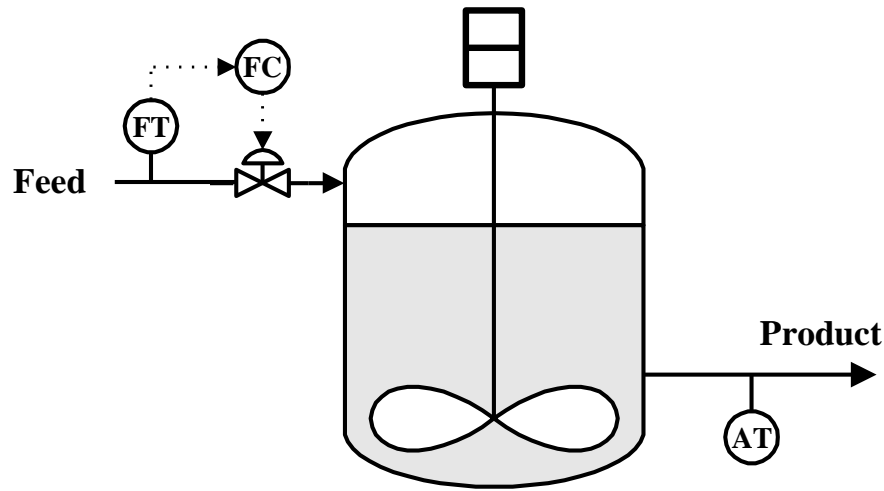
Προσεγγιστικό μοντέλο ΑΣΑ με εξοπλισμό



Δίνεται διεργασία με εγκατεστημένο εξοπλισμό

- μετρούμενη μεταβλητή τη συγκέντρωση προϊόντος, C_B ,
- χειριζόμενη μεταβλητή την παροχή τροφοδοσίας, F

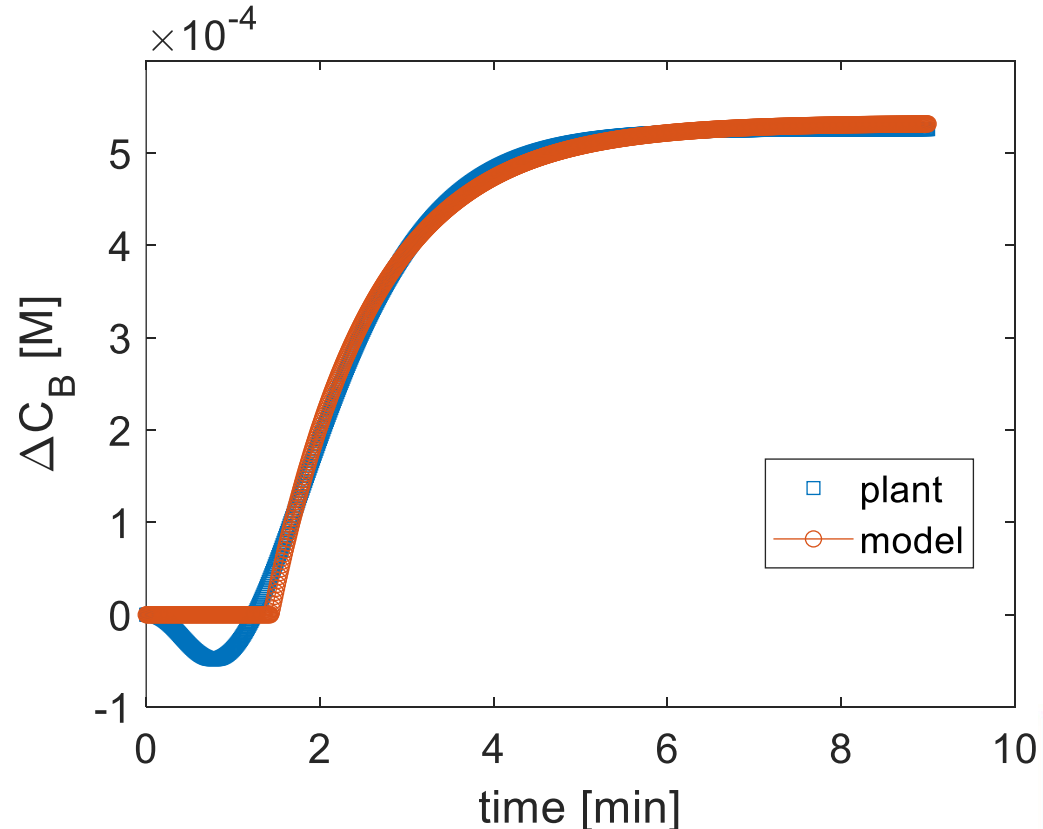
Σχεδιάστε ένα ρυθμιστή για την διεργασία



Από βελτιστοποίηση:

$$Y = 5.33 \times 10^{-4} \frac{\exp(-1.44s)}{1.16s + 1}$$

Βήμα 1^ο: Αναγνώριση μέσω καμπύλης απόκρισης



Πόλοι FODS και καθυστέρηση



- Ο εκθετικός όρος είναι πηγή προβλημάτων για την ανάλυση.
- Χρήσιμη η επέκταση Taylor: **Πόσους όρους διατηρείτε;** $n = 10\theta/\tau$

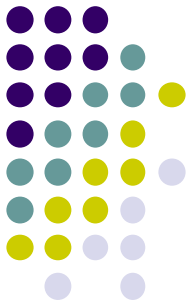
$$\exp(-\theta s) = \frac{1}{\exp(\theta s)} = \frac{1}{1 + \theta s + \frac{\theta^2 s^2}{2} + \frac{\theta^3 s^3}{6} + \dots}$$

- Και η επέκταση Padé: **Πόσους όρους διατηρείτε;** $n = 5\theta/\tau$

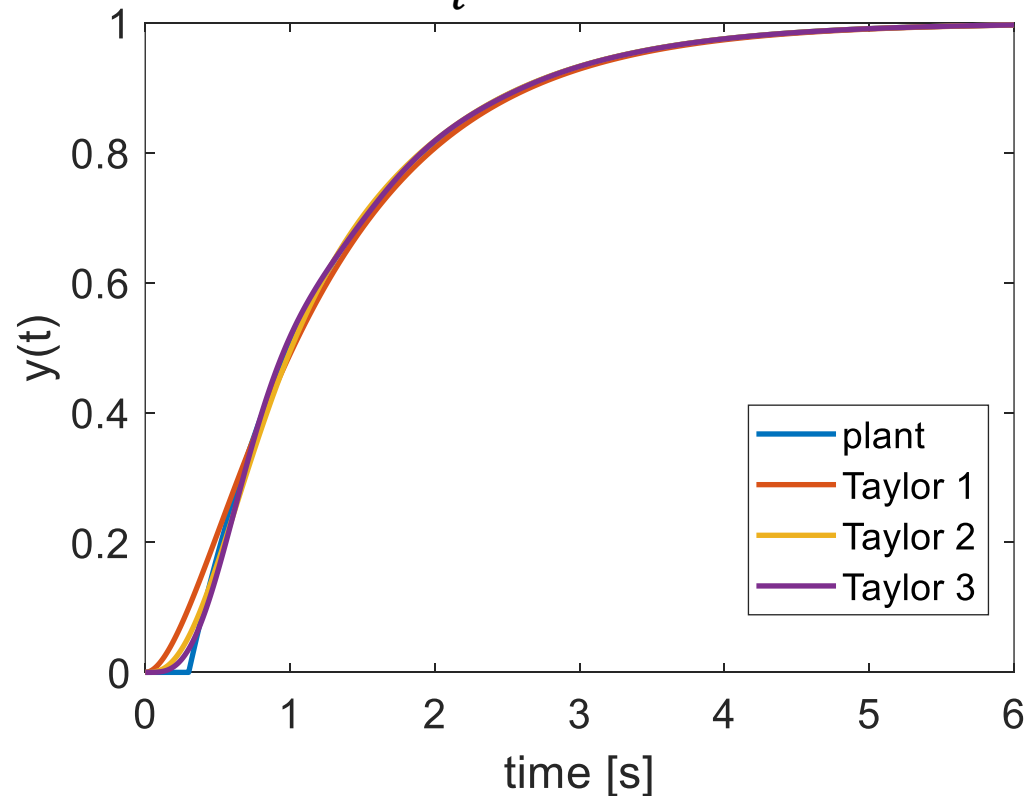
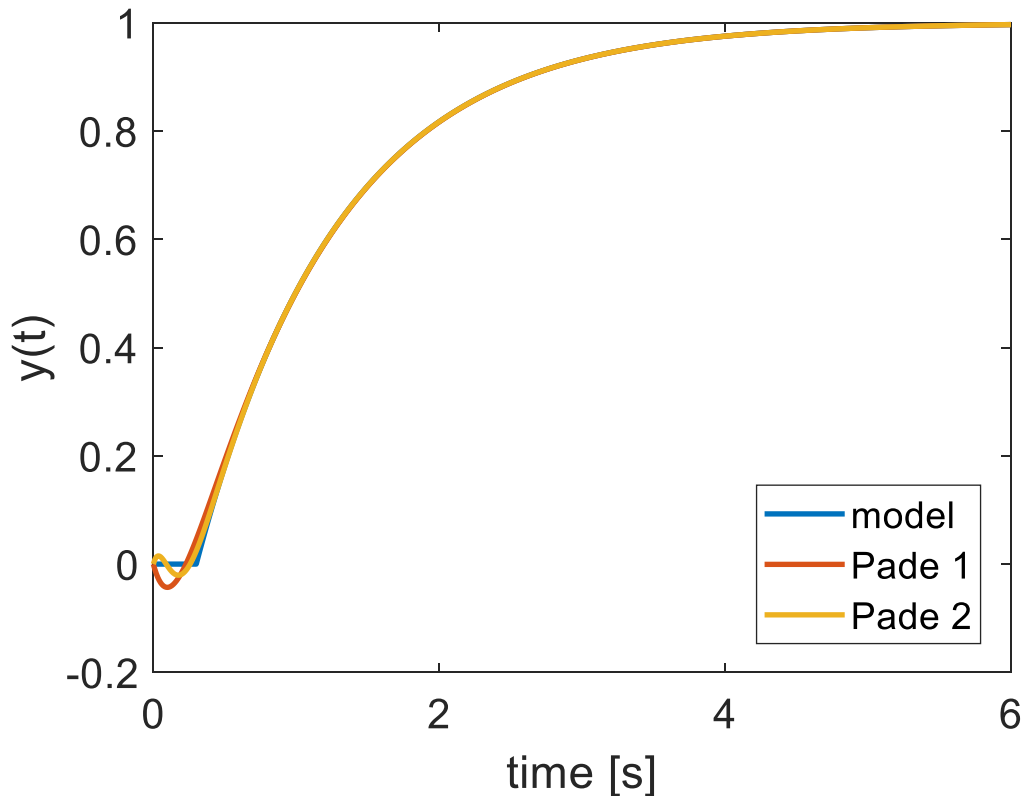
$$\exp(-\theta s) = \frac{1 - \frac{\theta s}{2} + \frac{\theta^2 s^2}{12} - \frac{\theta^3 s^3}{120}}{1 + \frac{\theta s}{2} + \frac{\theta^2 s^2}{12} + \frac{\theta^3 s^3}{120}}$$

- Έτσι δημιουργείται μια ρητή ΠΣΜ.
 - Για το παράδειγμα εδώ κρατείται μόνο ο πρώτος της Taylor.

Πόλοι FODS και καθυστέρηση



- Για την διεργασία $G = \frac{1}{\tau s + 1} \exp(-\theta s)$ με $\tau = 1$ και $\theta = 0.3$
- Επέκταση Taylor: **Πόσους όρους διατηρείτε;** $n = 10\theta/\tau = 3$
- Επέκταση Padé: **Πόσους όρους διατηρείτε;** $n = \frac{5\theta}{\tau} = 1.5 \Rightarrow n = 2$



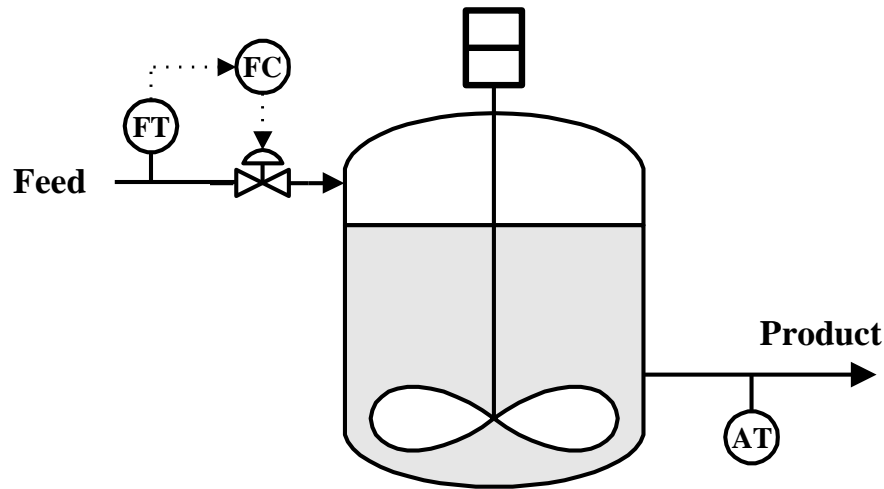
Προσέγγιση απλού ΑΣΑ με εξοπλισμό



Δίνεται διεργασία με εγκατεστημένο εξοπλισμό

- μετρούμενη μεταβλητή τη συγκέντρωση προϊόντος, C_B ,
- χειριζόμενη μεταβλητή την παροχή τροφοδοσίας, F

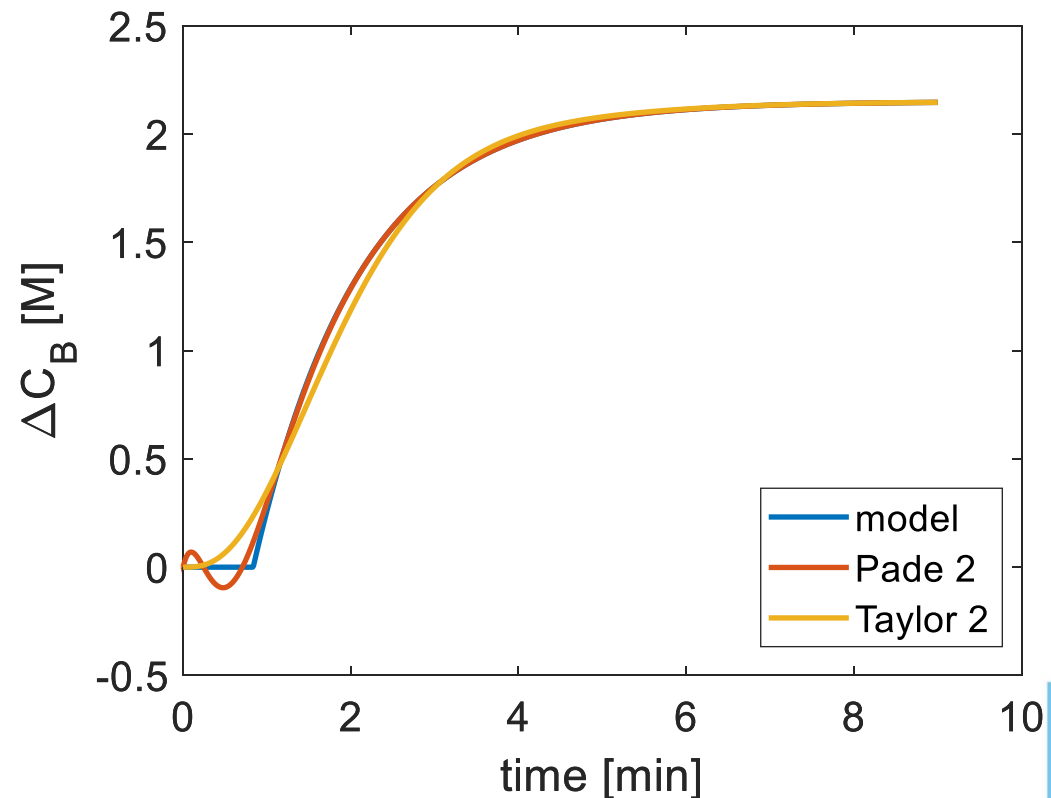
Σχεδιάστε ένα ρυθμιστή για την διεργασία



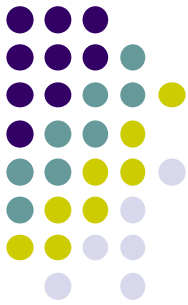
Από προσέγγιση 1^{ου} και 2^{ου} βαθμού:

$$Y = 2.15 \times 10^{-4} \frac{\exp(-0.836s)}{1.27s + 1}$$

Βήμα 1^ο: Αναγνώριση μέσω καμπύλης απόκρισης



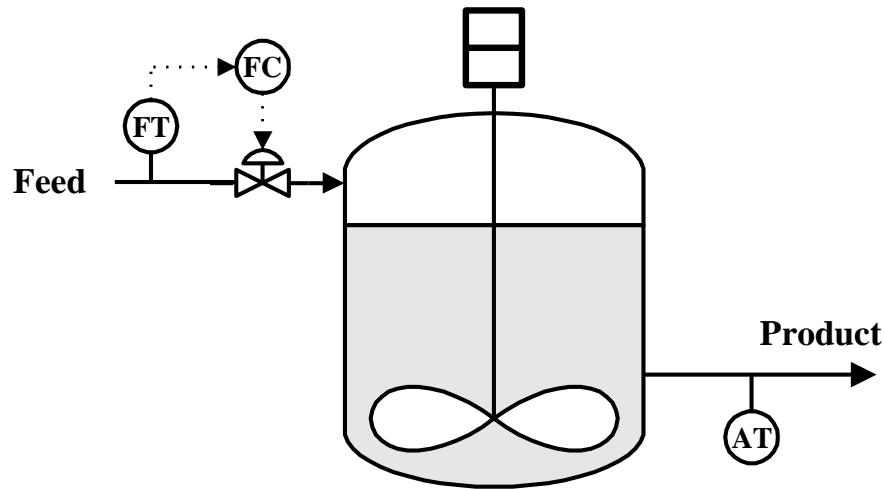
Προσεγγιστικό μοντέλο ΑΣΑ με εξοπλισμό



Δίνεται διεργασία με εγκατεστημένο εξοπλισμό

- μετρούμενη μεταβλητή τη συγκέντρωση προϊόντος, C_B ,
- χειριζόμενη μεταβλητή την παροχή τροφοδοσίας, F

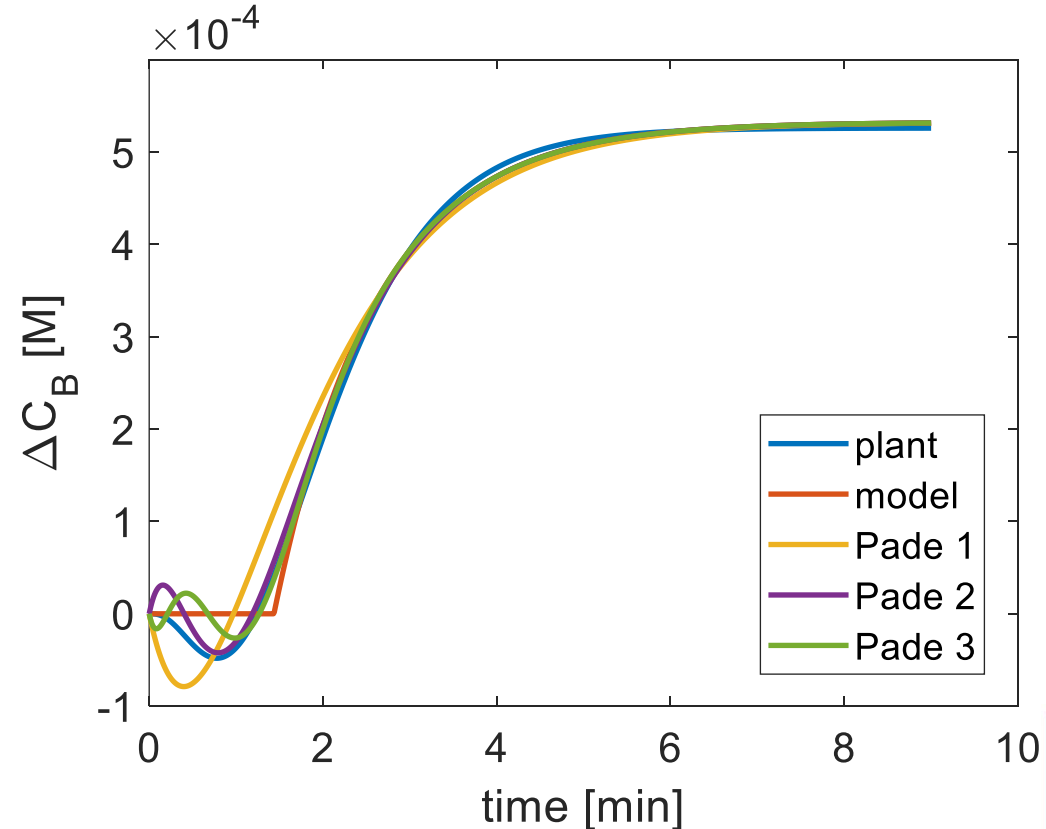
Σχεδιάστε ένα ρυθμιστή για την διεργασία



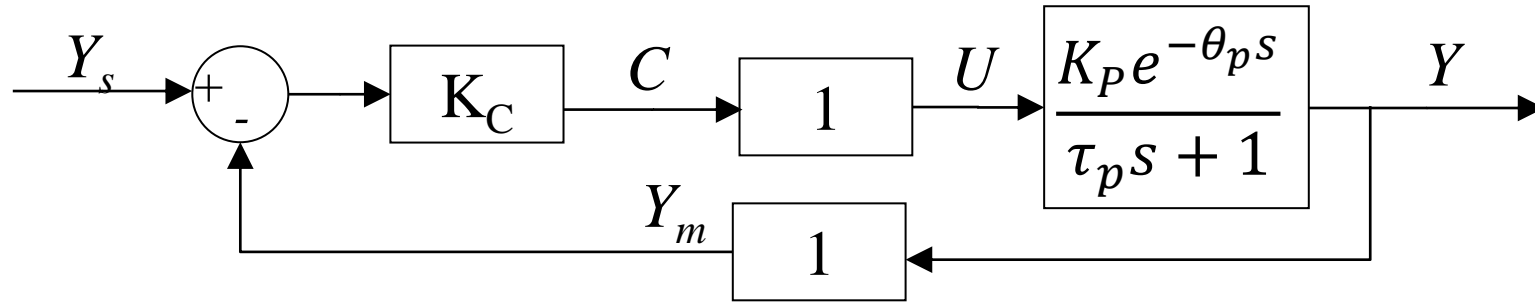
Από προσέγγιση Padé 1^{ου} βαθμού:

$$Y = \frac{5.33 \times 10^{-4} - 0.718s + 1}{1.16s + 1} \frac{1}{0.718s + 1}$$

Βήμα 1^ο: Αναγνώριση μέσω καμπύλης απόκρισης



Προσέγγιση FODS με SOS για την ανάλυση



- Ο εκθετικός όρος αντικαθίσταται στην περιγραφή

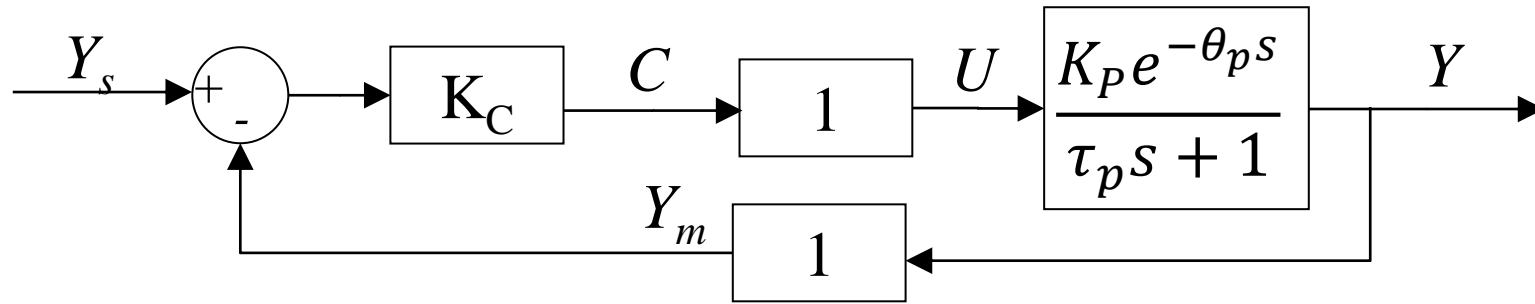
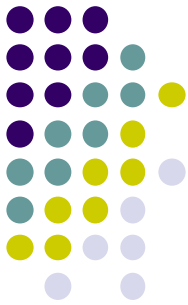
$$\frac{Y(s)}{Y_{sp}(s)} = \frac{G_c G_p}{G_c G_p + 1}$$

- $G_p = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s + 1} \cong \frac{K_p}{(\tau_p s + 1)(\theta_p s + 1)} = \frac{K_p}{\tau_p \theta_p s^2 + (\tau_p + \theta_p)s + 1}$

- Η συμπεριφορά της διεργασίας κλειστού βρόχου είναι πιο περίπλοκη

- $G_{CL} = \frac{\frac{K_p K_c}{1 + K_p K_c}}{\frac{\tau_p \theta_p}{1 + K_p K_c} s^2 + \frac{(\tau_p + \theta_p)}{1 + K_p K_c} s + 1} \Rightarrow K' = \frac{K_p K_c}{1 + K_p K_c}, \tau' = \sqrt{\frac{\tau_p \theta_p}{1 + K_p K_c}}, \zeta' = \frac{\tau_p + \theta_p}{2\sqrt{\tau_p \theta_p} \sqrt{1 + K_p K_c}}$

Προσέγγιση FODS με SOZS για ανάλυση



- Ο εκθετικός όρος αντικαθίσταται στην περιγραφή

$$G_p = \frac{K_p e^{-\theta_p s}}{\tau_p s + 1} \cong \frac{K_p \left(-\frac{\theta_p}{2}s + 1\right)}{(\tau_p s + 1) \left(\frac{\theta_p}{2}s + 1\right)} = \frac{K_p \left(-\frac{\theta_p}{2}s + 1\right)}{\tau_p \frac{\theta_p}{2} s^2 + \left(\tau_p + \frac{\theta_p}{2}\right) s + 1}$$

- Η συμπεριφορά της διεργασίας κλειστού βρόχου είναι πιο περίπλοκη

$$G_{CL} = \frac{\frac{K_p K_c}{1 + K_p K_c} \left(-\frac{\theta_p}{2}s + 1\right)}{\frac{\tau_p \theta_p}{1 + K_p K_c} s^2 + \frac{\tau_p + \frac{\theta_p}{2}(1 - K_p K_c)}{1 + K_p K_c} s + 1} \Rightarrow K' = \frac{K_p K_c}{1 + K_p K_c}, \tau' = \sqrt{\frac{\tau_p \theta_p}{2 + 2K_p K_c}}, \zeta' = \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{2\tau_p + (1 - K_p K_c)}{\sqrt{\tau_p \theta_p} \sqrt{1 + K_p K_c}}$$

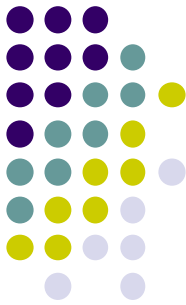
$$\xi = -\frac{K_p K_c}{1 + K_p K_c} \frac{\theta_p}{2}$$

SOS κάτω από P ρυθμιστή



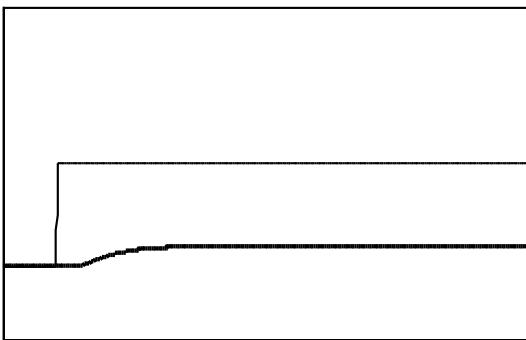
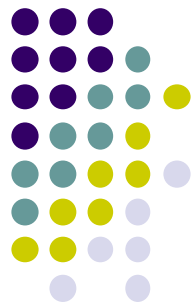
- Για μια υπερκρίσιμη διεργασία ανοιχτού βρόχου καθώς αυξάνεται το K_C , η δυναμική απόκριση έχει την ακόλουθια συμπεριφοράς
 - Υπερκρίσιμη overdamped
 - Κρίσιμη critically damped
 - Αποσβενόμενες ταλαντώσεις oscillatory
 - Κουδούνισμα ringing
 - Διατηρούμενες ταλαντώσεις sustained oscillations

FODS κάτω από P ρυθμιστή

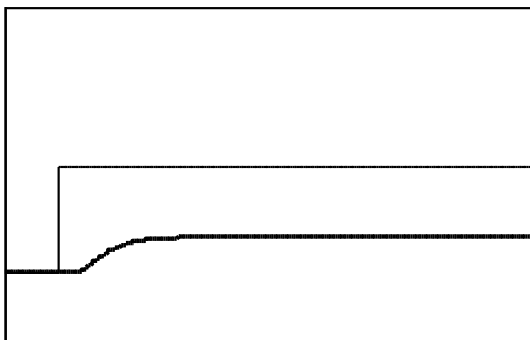


- Για μια υπερκρίσιμη διεργασία ανοιχτού βρόχου καθώς αυξάνεται το K_C , η δυναμική απόκριση έχει την ακόλουθια συμπεριφοράς
 - Υπερκρίσιμη overdamped
 - Κρίσιμη critically damped
 - Αποσβενόμενες ταλαντώσεις oscillatory
 - Κουδούνισμα ringing
 - Διατηρούμενες ταλαντώσεις sustained oscillations
 - Αυξανόμενες ταλαντώσεις unstable oscillations

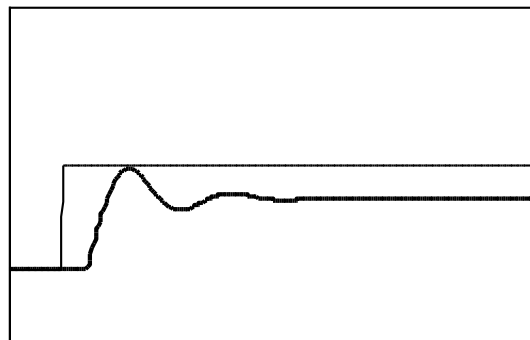
Απόκριση FODS/SOS για αυξανόμενο K_C



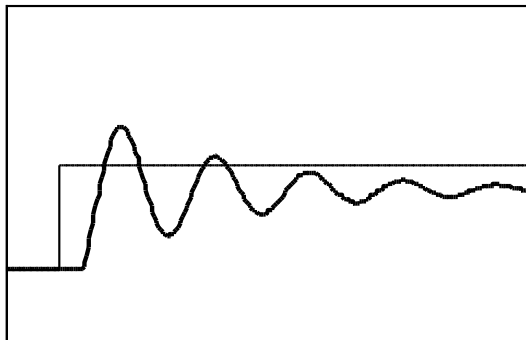
Time



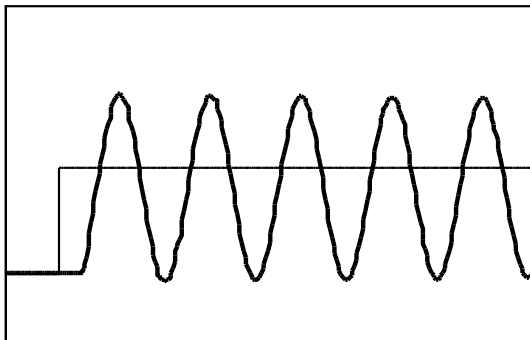
Time



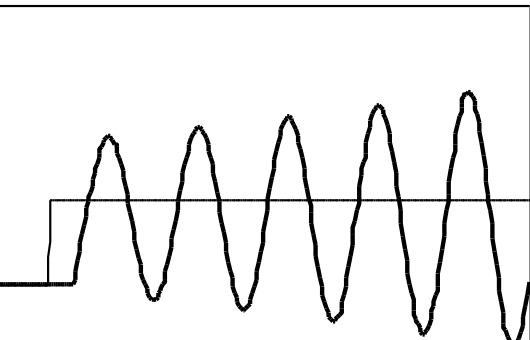
Time



Time

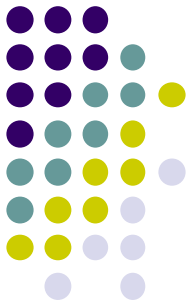


Time

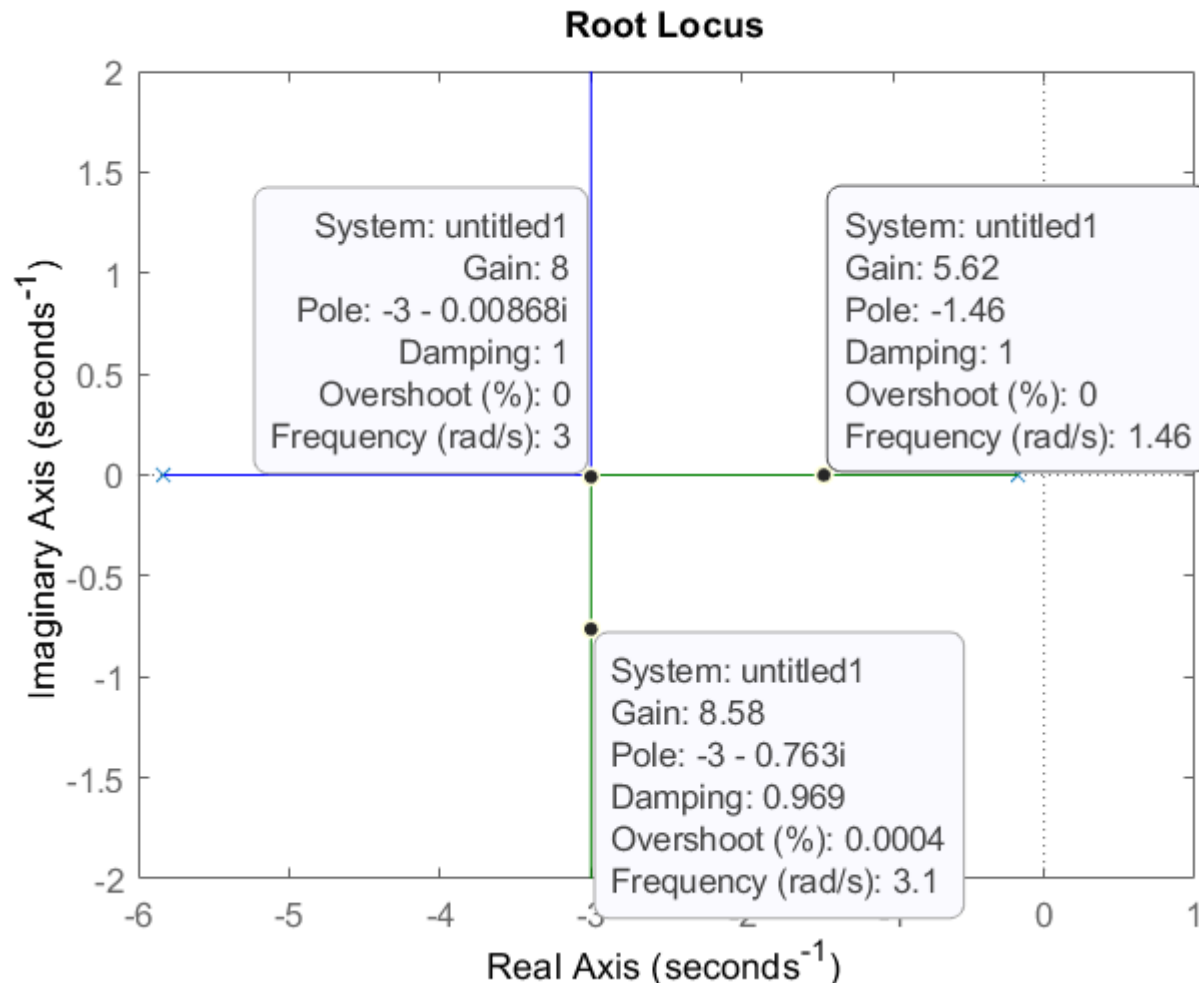


Time

Οι πόλοι του SOS για αυξανόμενο K_C



- Διάγραμμα θέσης ριζών



- Χαρακτηριστική εξίσωση

$$G_p G_c + 1 = \frac{K_p K_c}{\tau_p^2 s^2 + 2\tau_p \zeta_p s + 1} + 1 = 0$$

$$\tau_p^2 s^2 + 2\tau_p \zeta_p s + 1 + K_p K_c = 0$$

$$\frac{\tau_p^2}{1 + K_p K_c} s^2 + \frac{2\tau_p \zeta_p}{1 + K_p K_c} s + 1 = 0$$

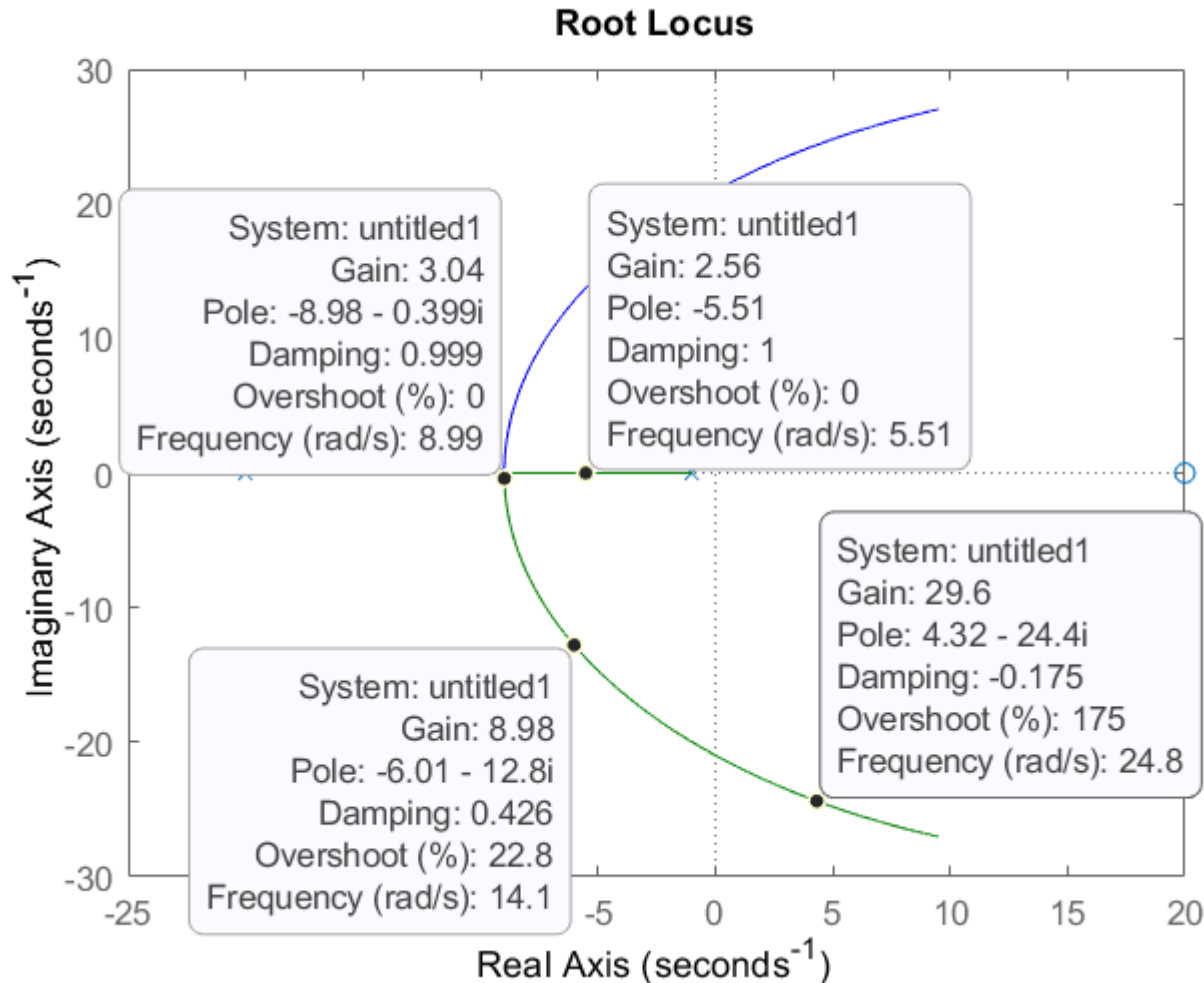
- ρίζες

$$p_{1,2} = \frac{-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - \tau_p \zeta_p (1 + K_p K_c)}}{\tau_p}$$

Οι πόλοι του FDOS για αυξανόμενο K_C



- Διάγραμμα θέσης ριζών



- Χαρακτηριστική εξίσωση

$$G_p G_C + 1 = \frac{K_p K_C \left(-\frac{\theta_p}{2}s + 1\right)}{(\tau_p s + 1) \left(\frac{\theta_p}{2}s + 1\right)} + 1 = 0$$

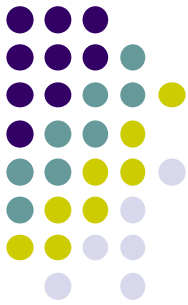
$$\frac{\tau_p \theta_p / 2}{1 + K_p K_C} s^2 + \frac{\tau_p + \theta_p / 2 (1 - K_p K_C)}{1 + K_p K_C} s + 1 = 0$$

- ρίζες

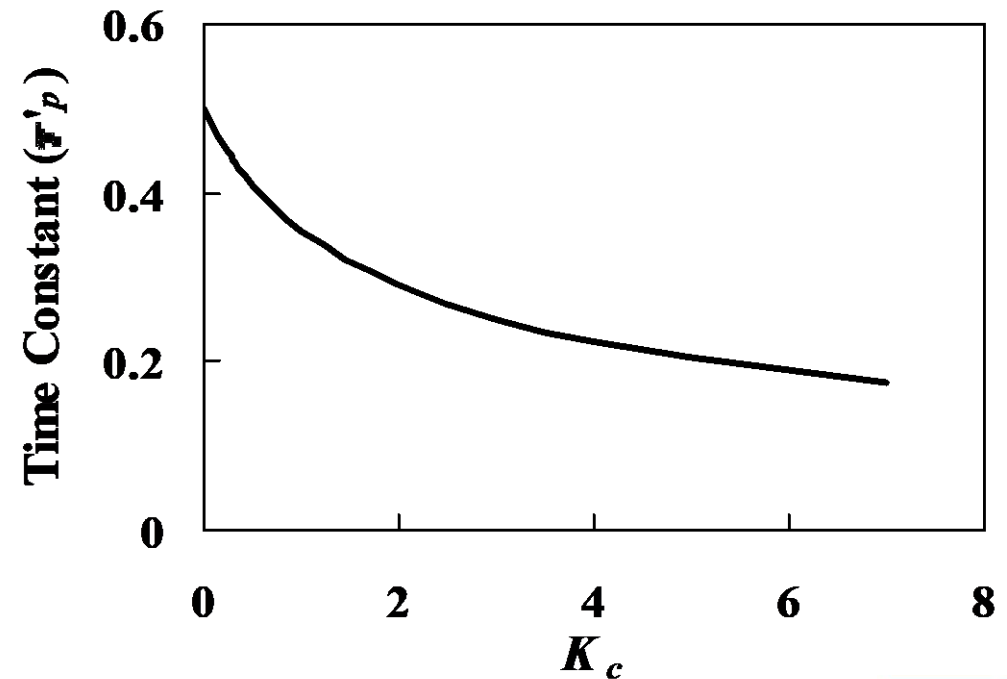
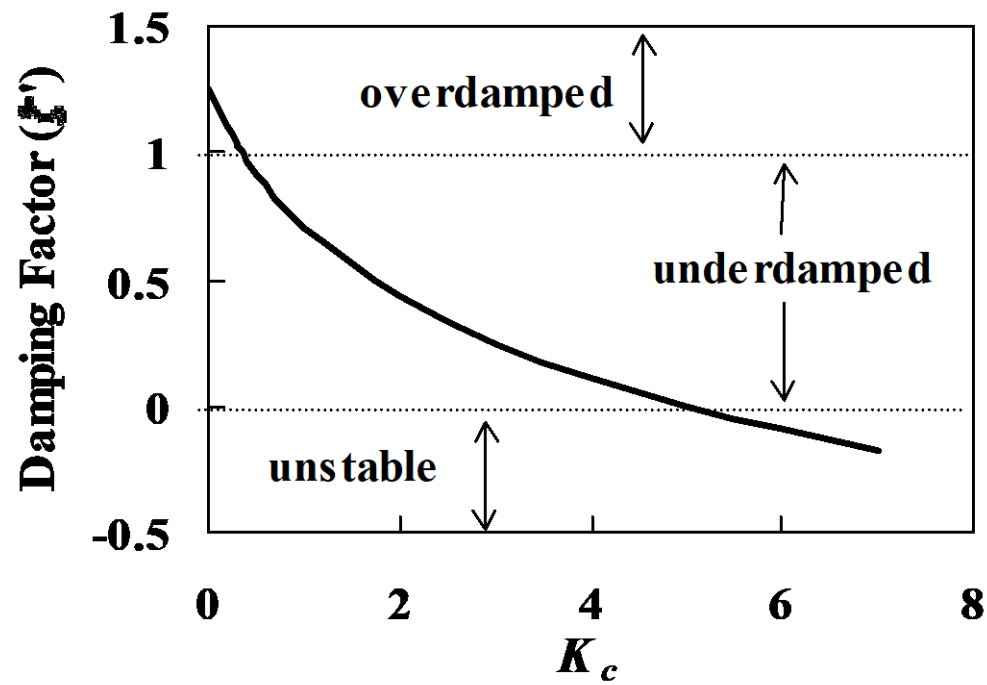
$$p_{1,2} =$$

$$\frac{\frac{\theta_p}{2}(K_p K_C - 1) - \tau_p \pm \sqrt{\tau_p^2 + \frac{\theta_p^2}{4}(1 - K_p K_C)^2 + \tau_p \theta_p (1 - 3K_p K_C)}}{2\tau_p \theta_p}$$

Η επίδραση του K_c στο ζ και τ κλειστού βρόχου



$$\tau' = \sqrt{\frac{\tau_p \theta_p}{2 + 2K_p K_c}}, \quad \zeta' = \frac{\sqrt{2} 2\tau_p + (1 - K_p K_c)}{4 \sqrt{\tau_p \theta_p} \sqrt{1 + K_p K_c}}$$

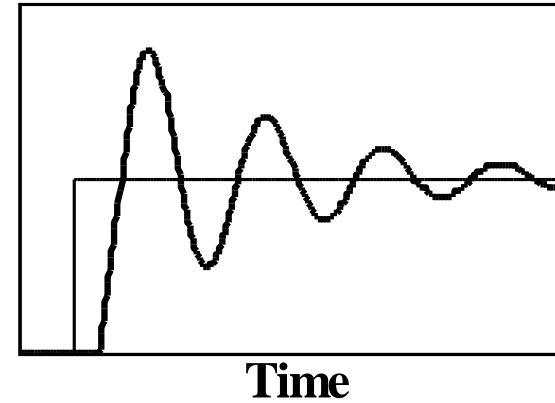
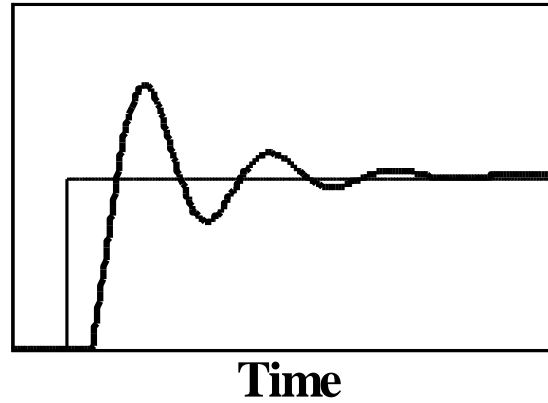
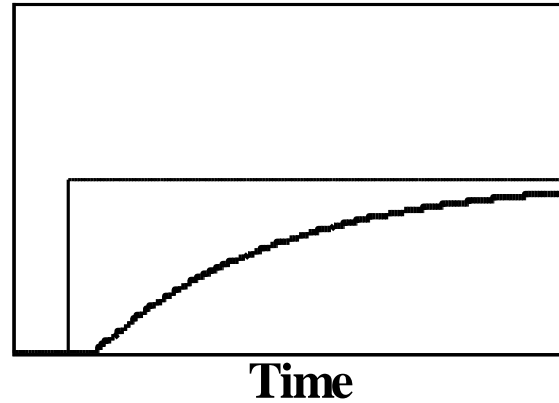


FODS/SOS κάτω από PI ρυθμιστή

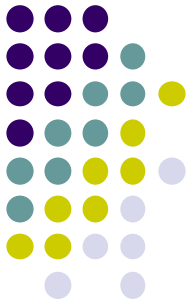
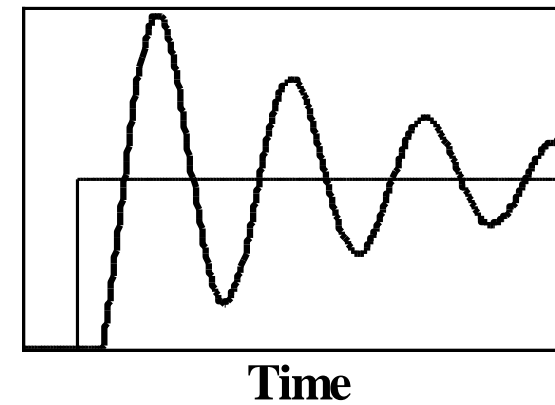
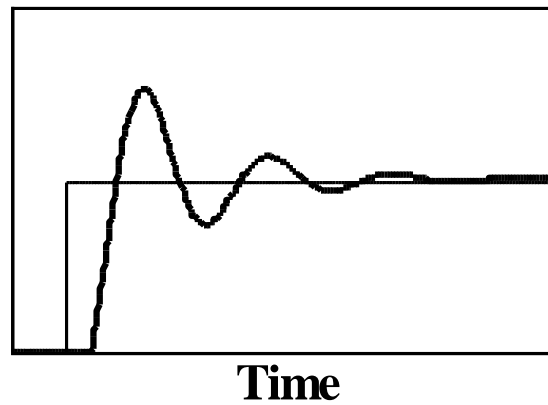
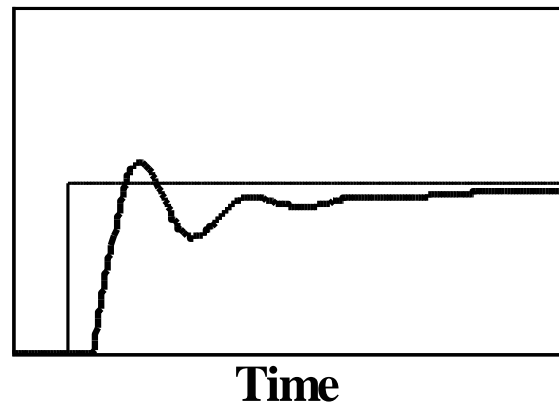


- Καθώς το K_c αυξάνεται ή το τ_i μειώνεται
 - Πιο επιθετική ρύθμιση
 - Η απόκριση του κλειστού βρόχου σε βηματική αλλαγή στο σημείο ρύθμισης έχει την ίδια ακολουθία αλλαγών στην συμπεριφορά όπως στο P ρυθμιστή: overdamped, critically damped, oscillatory, ringing, sustained oscillations (and unstable oscillations for the FODS).

Επίδραση αύξησης K_c



Επίδραση μείωσης τ_I

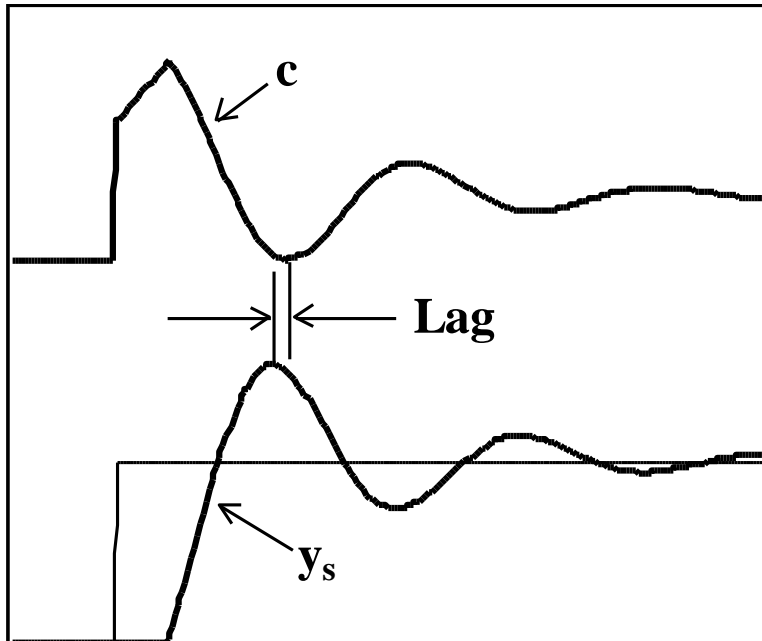




Ανάλυση της επίδρασης των K_c και τ_i

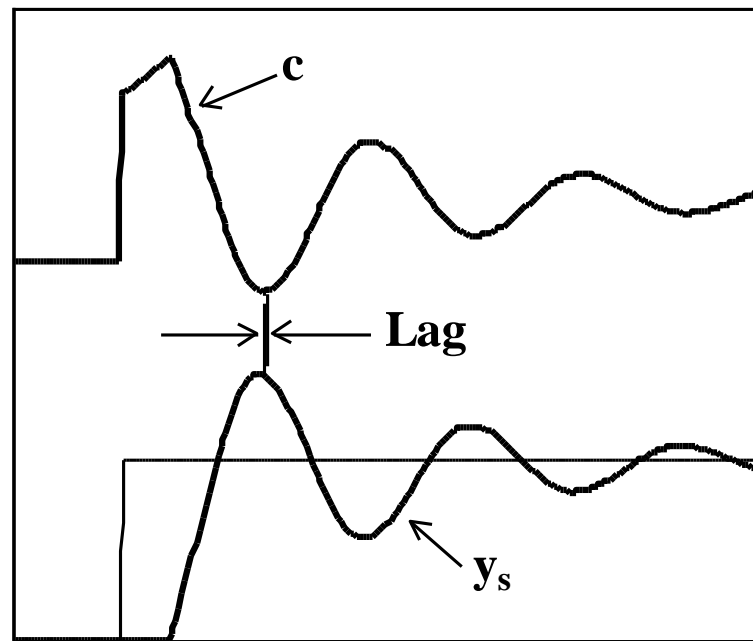
- Είναι εύκολο να εντοπιστεί όταν είναι πολύ μικρή αναλογική δράση ή πολύ μικρή ολοκληρωτική δράση.
- Είναι δύσκολο να γίνει διάκριση μεταξύ υπερβολικής αναλογικής δράσης και υπερβολικής ολοκληρωτικής δράσης, διότι και τα δύο οδηγούν σε 'κουδούνισμα'.

σωστά ρυθμισμένες παράμετροι



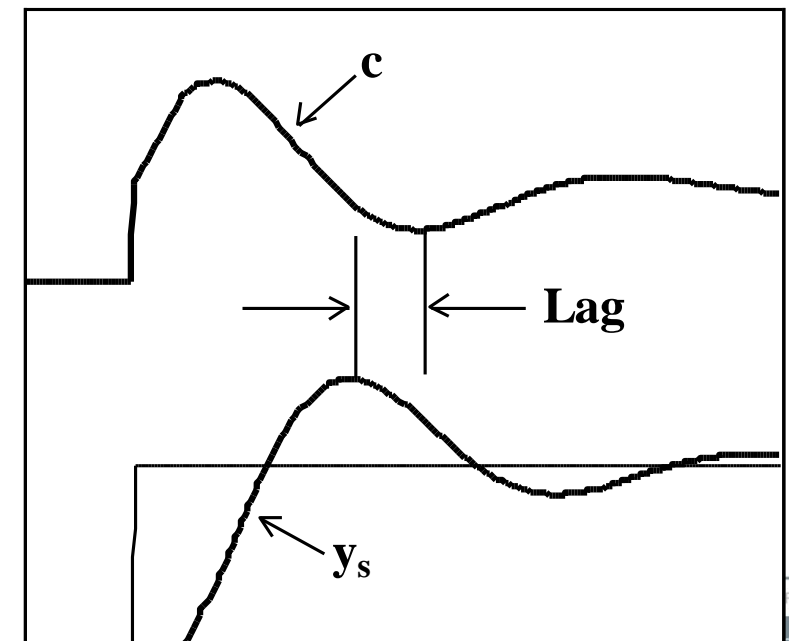
Time

πολύ αναλογική δράση



Time

πολύ ολοκληρωτική δράση



Time

FODS/SOS κάτω από PID ρυθμιστή



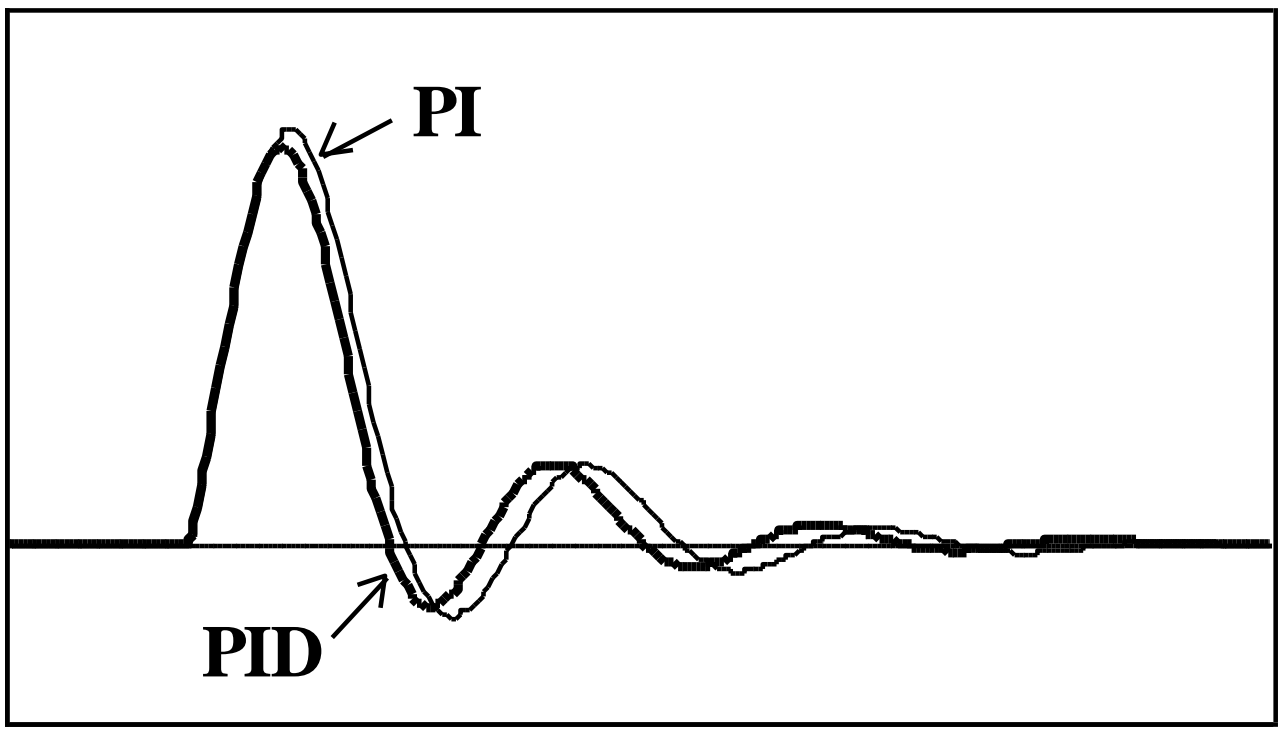
- K_C και τ_I έχουν την ίδια επίδραση γενικά όπως το PI.
- Η διαφορική δράση
 - τείνει να μειώσει τον ταλαντωτικό χαρακτήρα της απόκρισης
 - έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη απόσβεση της απόκλισης
 - Ιδιαίτερα για συστήματα με μεγαλύτερες αναλογίες νεκρού χρόνου προς χαρακτηριστικό χρόνο.

Σύγκριση FODS υπό PI και PID ρυθμιστή

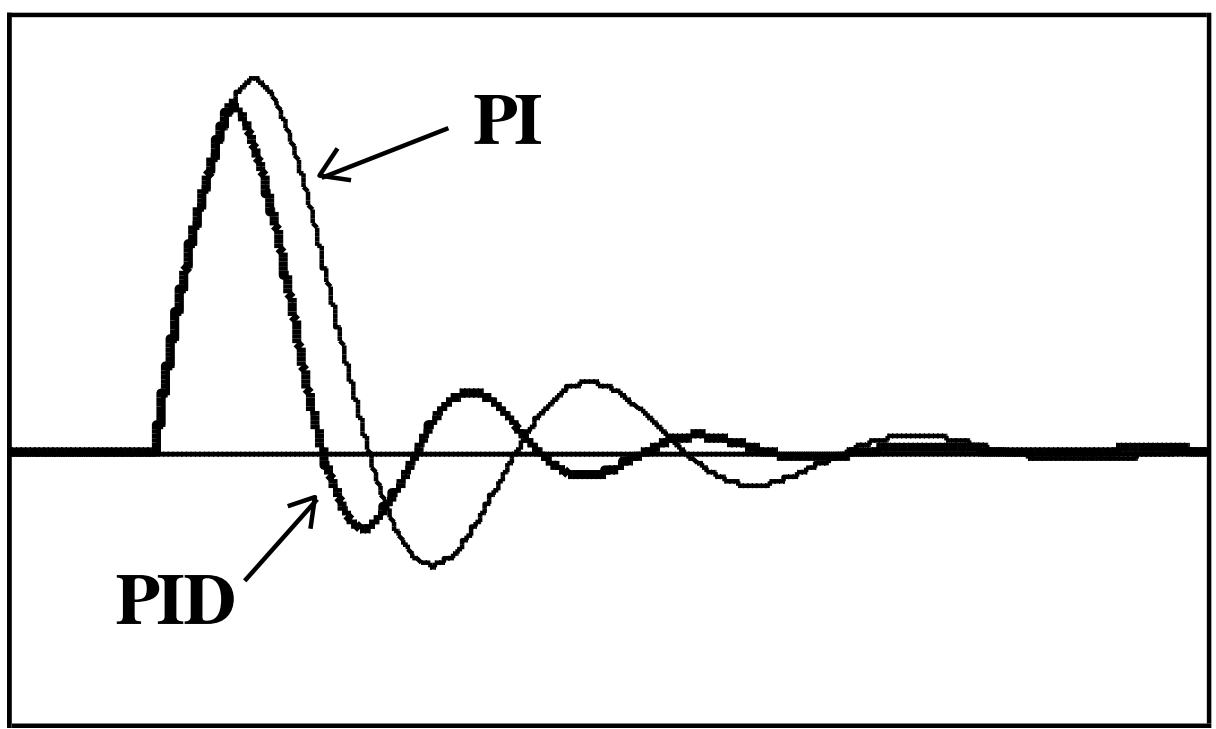


μικρό θ_p/τ_p

μεγάλο θ_p/τ_p

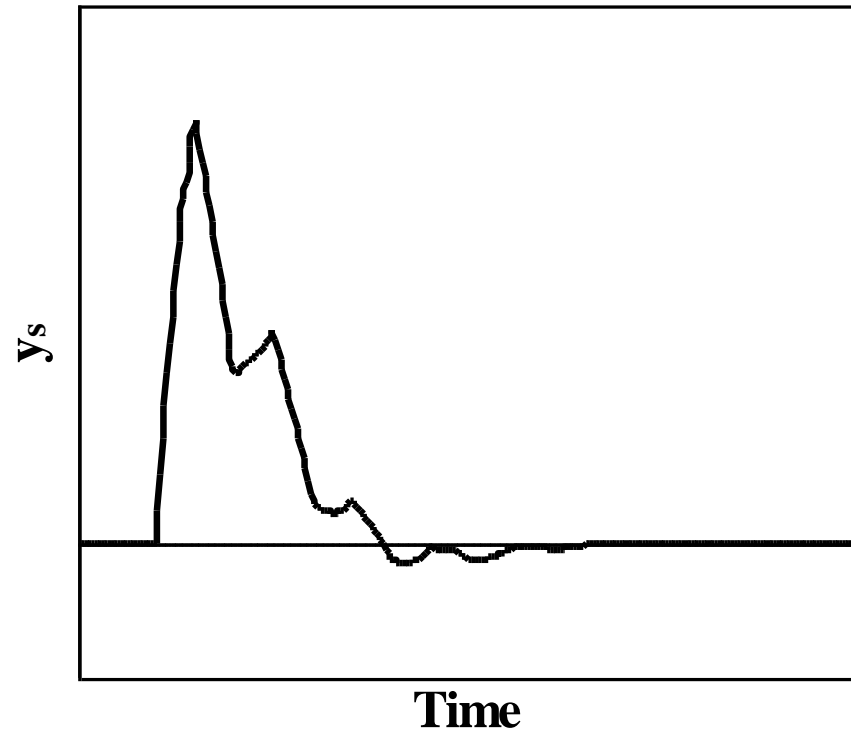


Time

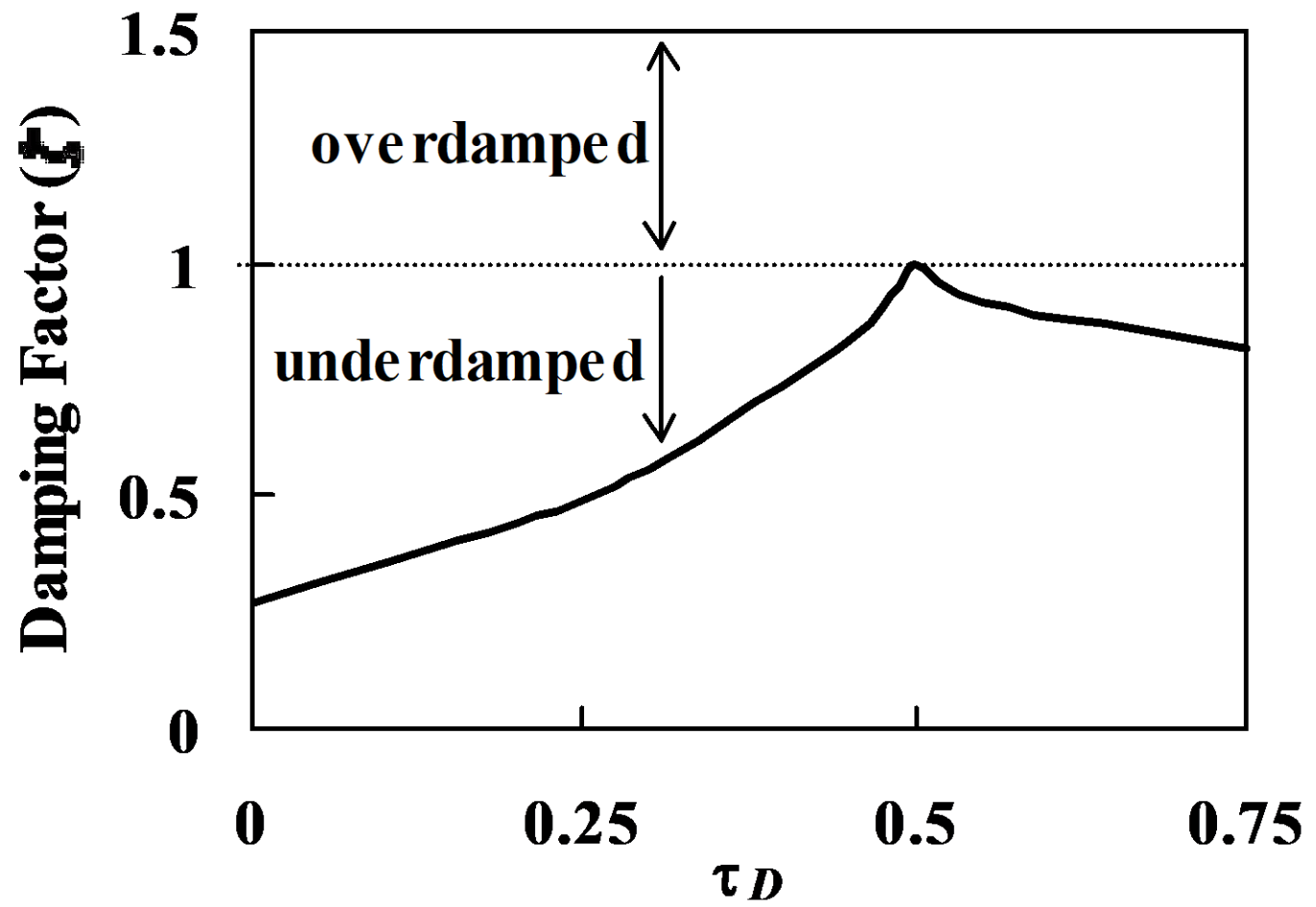
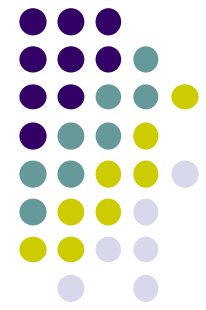


Time

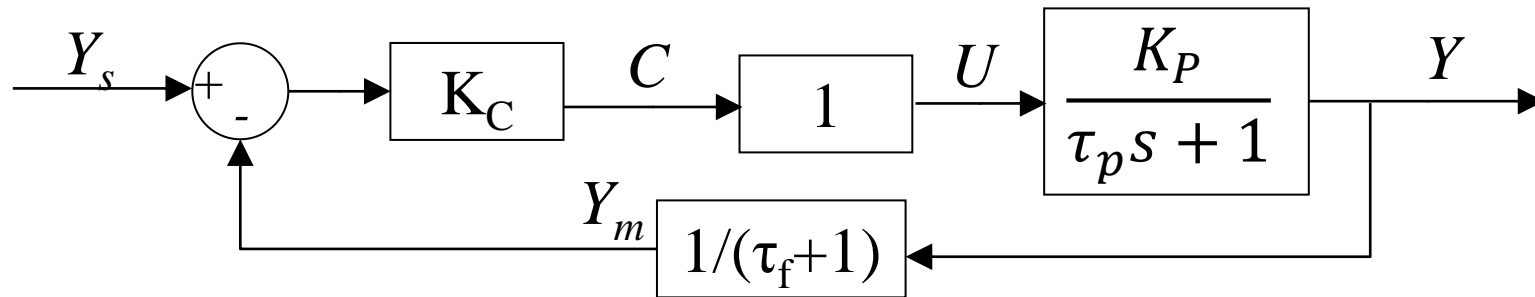
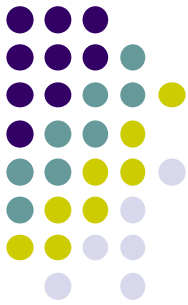
Επίδραση μεγάλης διαφορικής δράσης τ_d



Η επίδραση του τ_d στο ζ κλειστού βρόχου



Επίδραση του φίλτρου στη δυναμική κλειστού βρόχου συστήματος χωρίς θ_p



- Η χαρακτηριστική εξίσωση για FOS είναι:

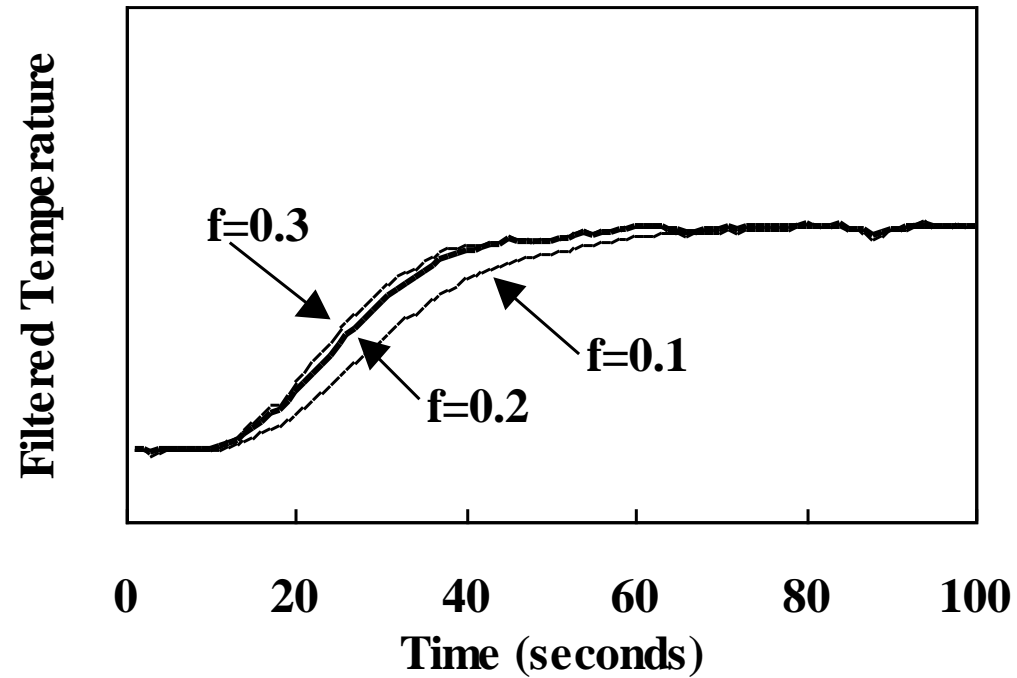
- $$\frac{Y(s)}{Y_{sp}(s)} = \frac{G_c G_p}{G_c G_p G_f + 1} \rightarrow G_p G_c G_f + 1 = \frac{K_p K_c}{(\tau_p s + 1)(\tau_f s + 1)} + 1 = 0$$

- $$\frac{\tau_p \tau_f}{1 + K_p K_c} s^2 + \frac{\tau_p + \tau_f}{1 + K_p K_c} s + 1 = 0$$

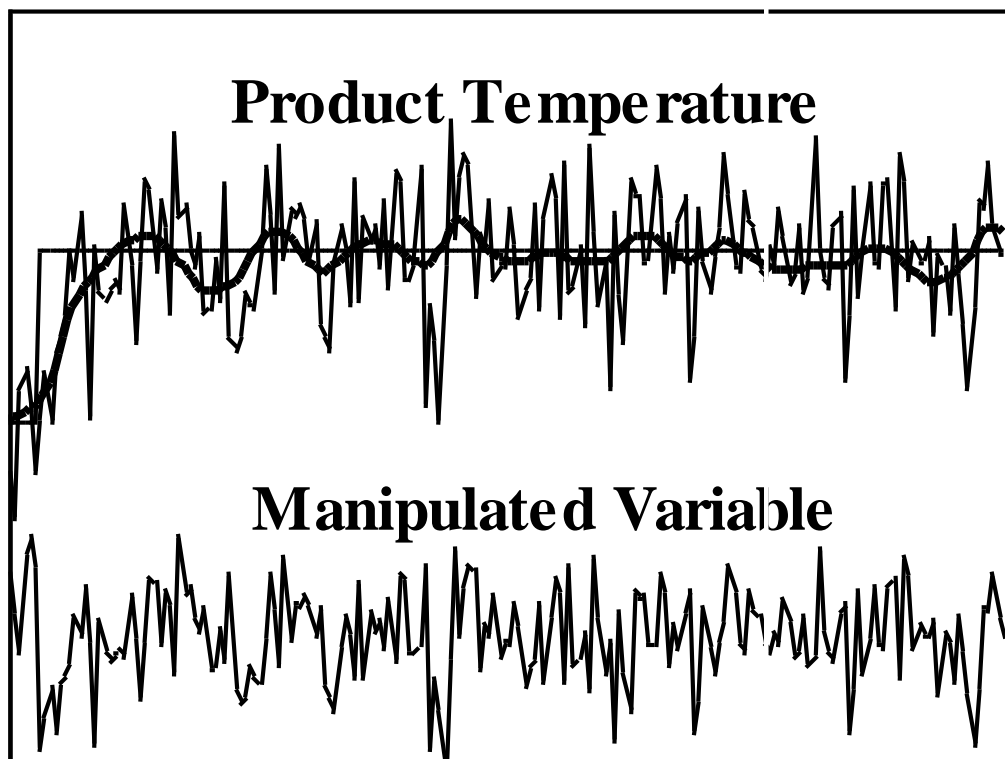
$$\tau_p' = \sqrt{\frac{\tau_p \tau_f}{K_c K_p + 1}}, \quad \zeta = \frac{\tau_p + \tau_f}{2\sqrt{\tau_p \tau_f (K_c K_p + 1)}}$$

- Η συμπεριφορά της διεργασίας κλειστού βρόχου γίνεται περίπλοκη
 - Καθώς το τ_f αυξάνει, το τ_p' αυξάνει.
 - Κρίσιμο σημείο η σχέση τ_f / τ_p .

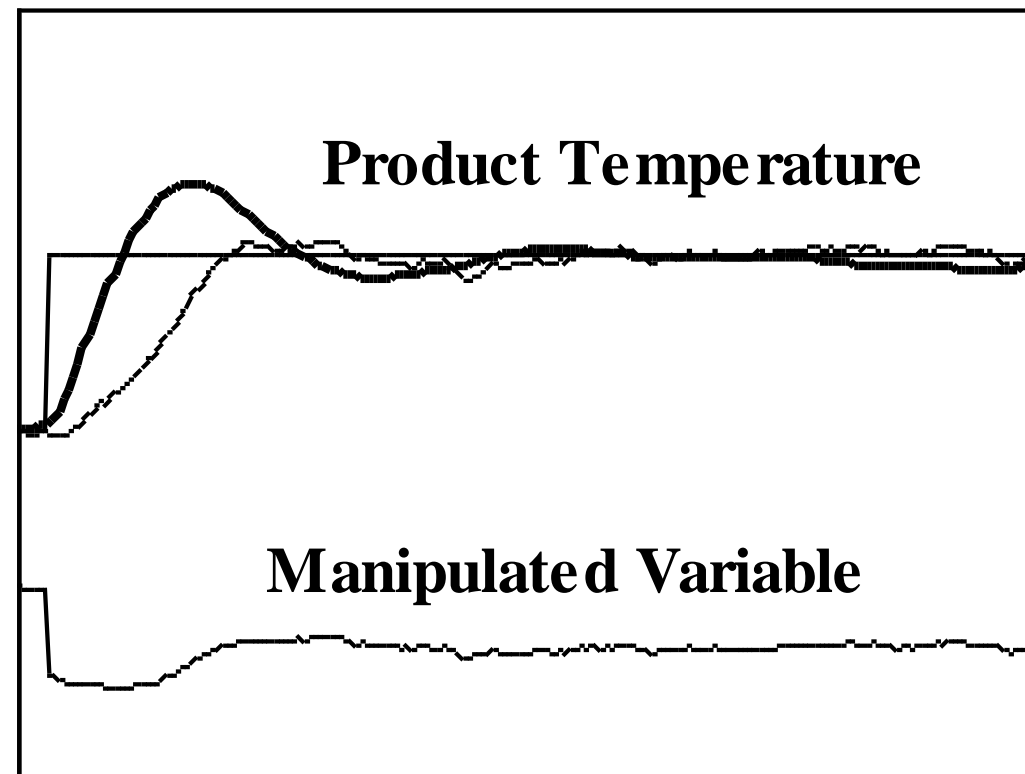
Επίδραση φίλτρου στην απόκριση ανοικτού βρόχου



Επίδραση θορύβου στην απόκριση κλειστού βρόχου χωρίς και με φίλτρο



Time



Time

Επίδραση τ_f φίλτρου στην απόκριση κλειστού βρόχου σε διαταραχή

