



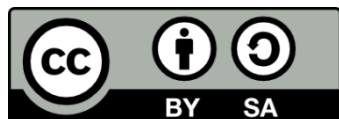
Αυτόματος Έλεγχος

Ενότητα 8^η: Βελτίωση απόδοσης βρόχου
ανάδρασης – Α. Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Παναγιώτης Σεφερλής



Εργαστήριο Δυναμικής Μηχανών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Στόχοι της ενότητας

- Προσδιορισμός περιπτώσεων που ο έλεγχος διαδοχικών βρόχων είναι ωφέλιμος.
- Σχεδιασμός συστημάτων ελέγχου διαδοχικών βρόχων.
- Προσδιορισμός των παραμέτρων των ελεγκτών.



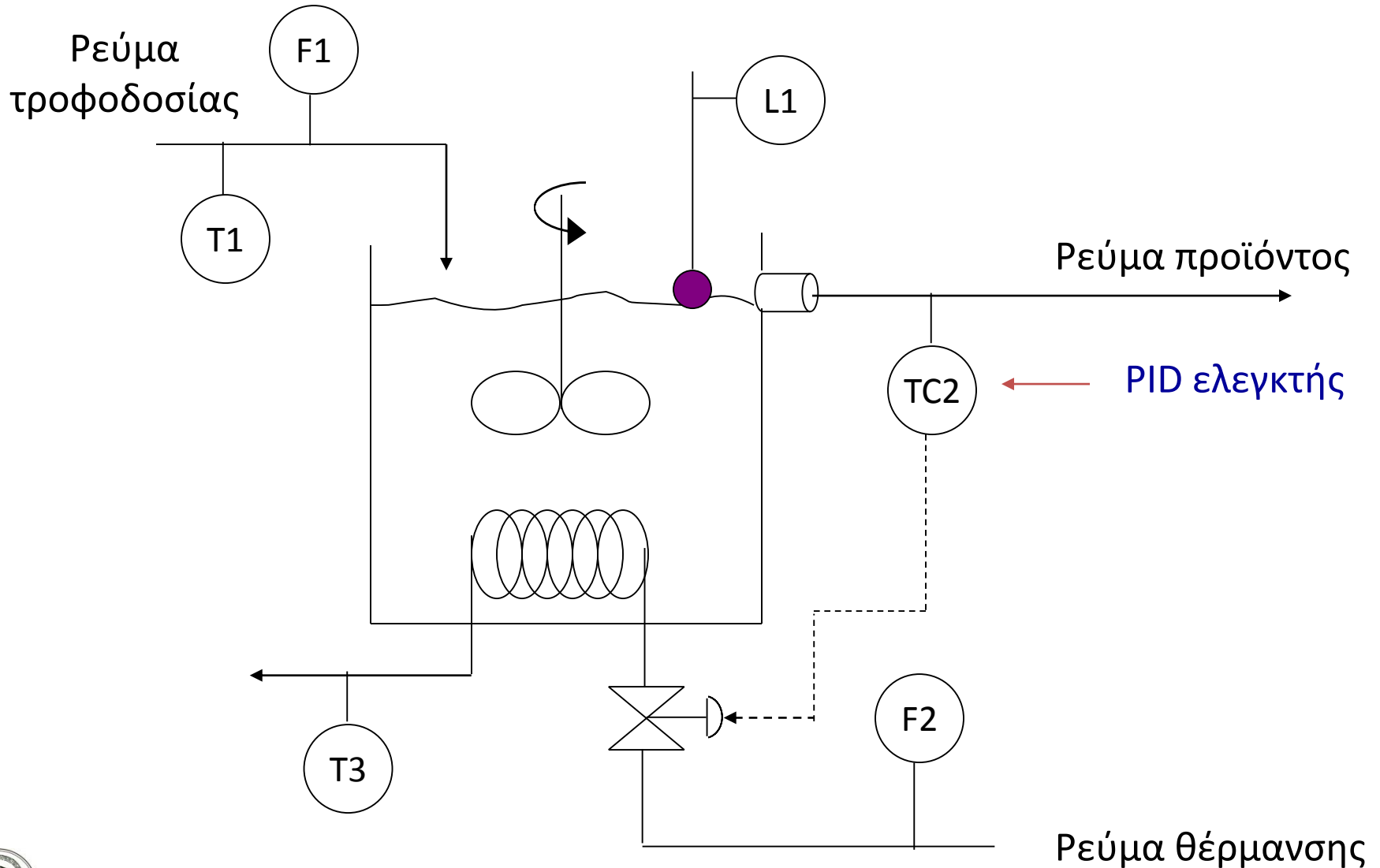
Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Περίληψη της ενότητας (Μέρος Α)

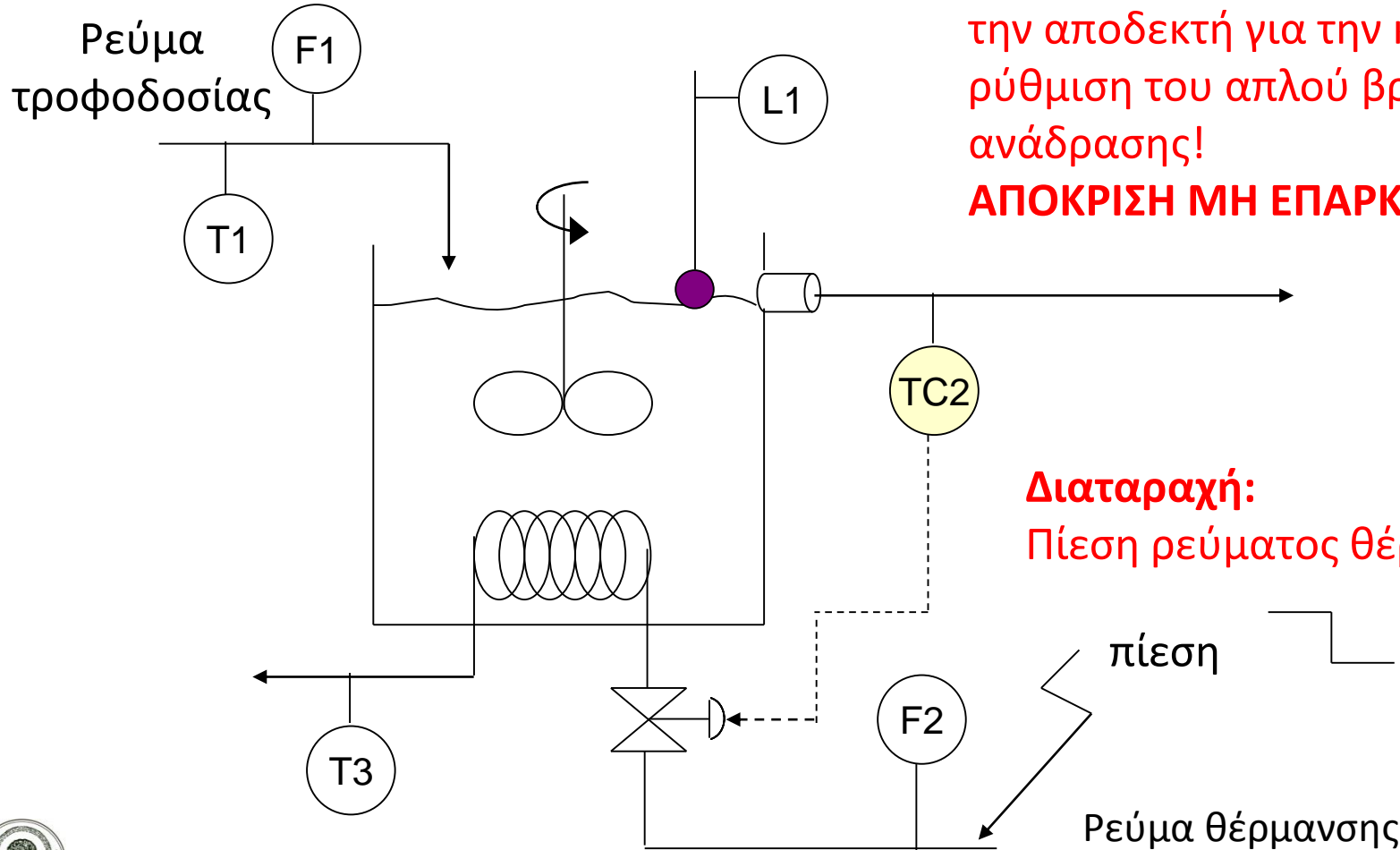
- Παράδειγμα βελτίωσης απόδοσης βρόχου ανάδρασης.
- Προσδιορισμός συνθηκών που επιτρέπουν τη χρήση ελέγχου διαδοχικών βρόχων.
- Βήματα σχεδιασμού ελέγχου διαδοχικών βρόχων.
- Παραδείγματα ελέγχου διαδοχικών βρόχων.
- Επιλογή παραμέτρων για ελεγκτές σε διαδοχικούς βρόχους.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



Η απόκλιση της θερμοκρασίας εξόδου είναι μεγαλύτερη από την αποδεκτή για την καλύτερη ρύθμιση του απλού βρόχου ανάδρασης!
ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΗ ΕΠΑΡΚΗΣ!

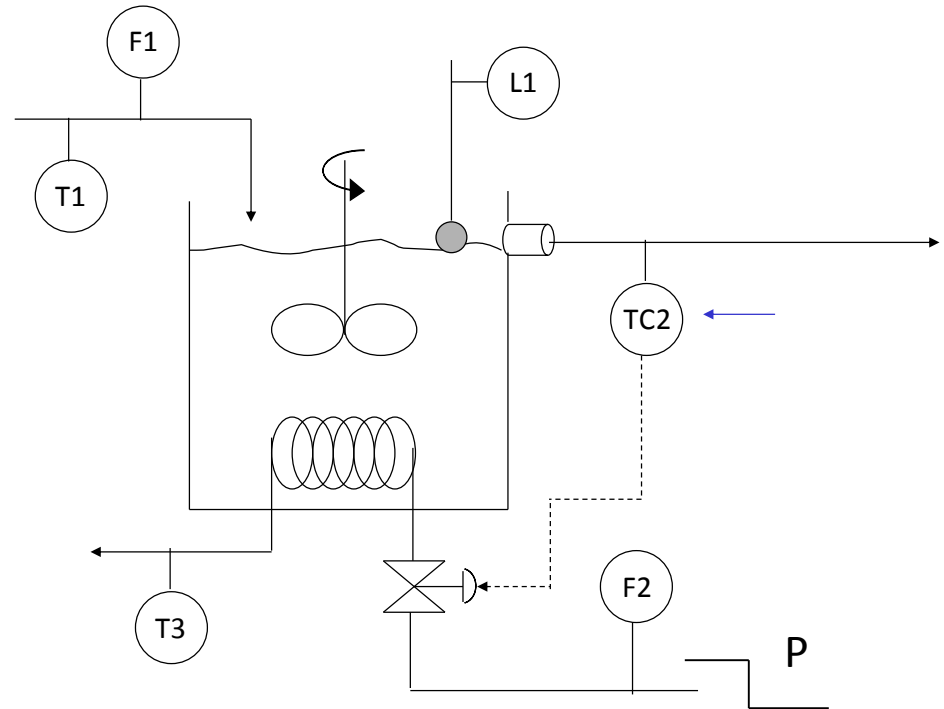
Διαταραχή:
Πίεση ρεύματος θέρμανσης.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Παρατηρήσεις - Ερωτήσεις

- Υπάρχει σχέση αιτίας-αποτελέσματος ανάμεσα στη διαταραχή στην πίεση και τη θερμοκρασία (χωρίς έλεγχο);
- Ποιο είναι το μετρήσιμο μέγεθος που επηρεάζεται όταν έχουμε μεταβολή στην πίεση;

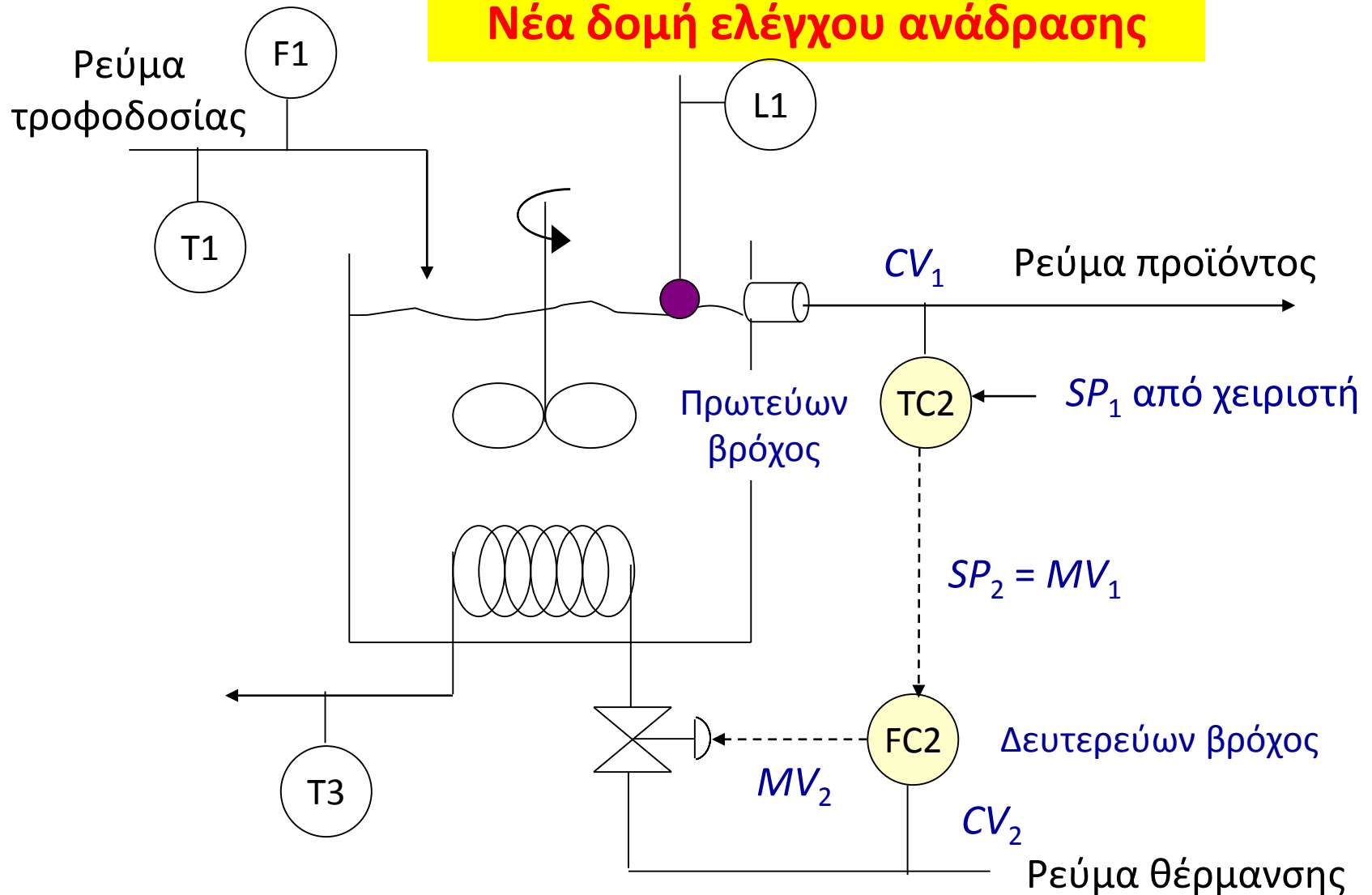


Αν διατηρήσουμε την παροχή σταθερή, μπορούμε να περιορίσουμε την επίδραση της διαταραχής;

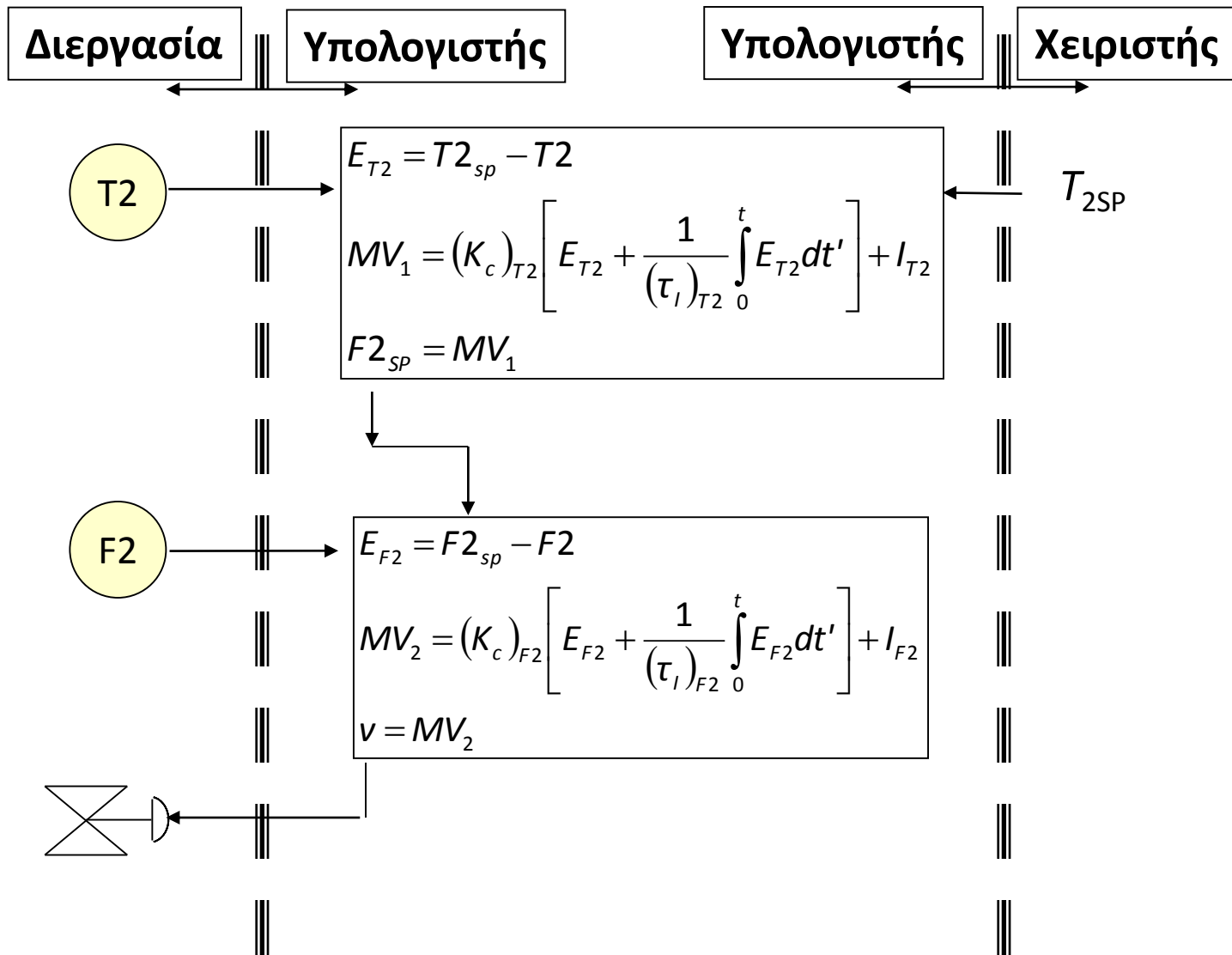


Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Νέα δομή ελέγχου ανάδρασης

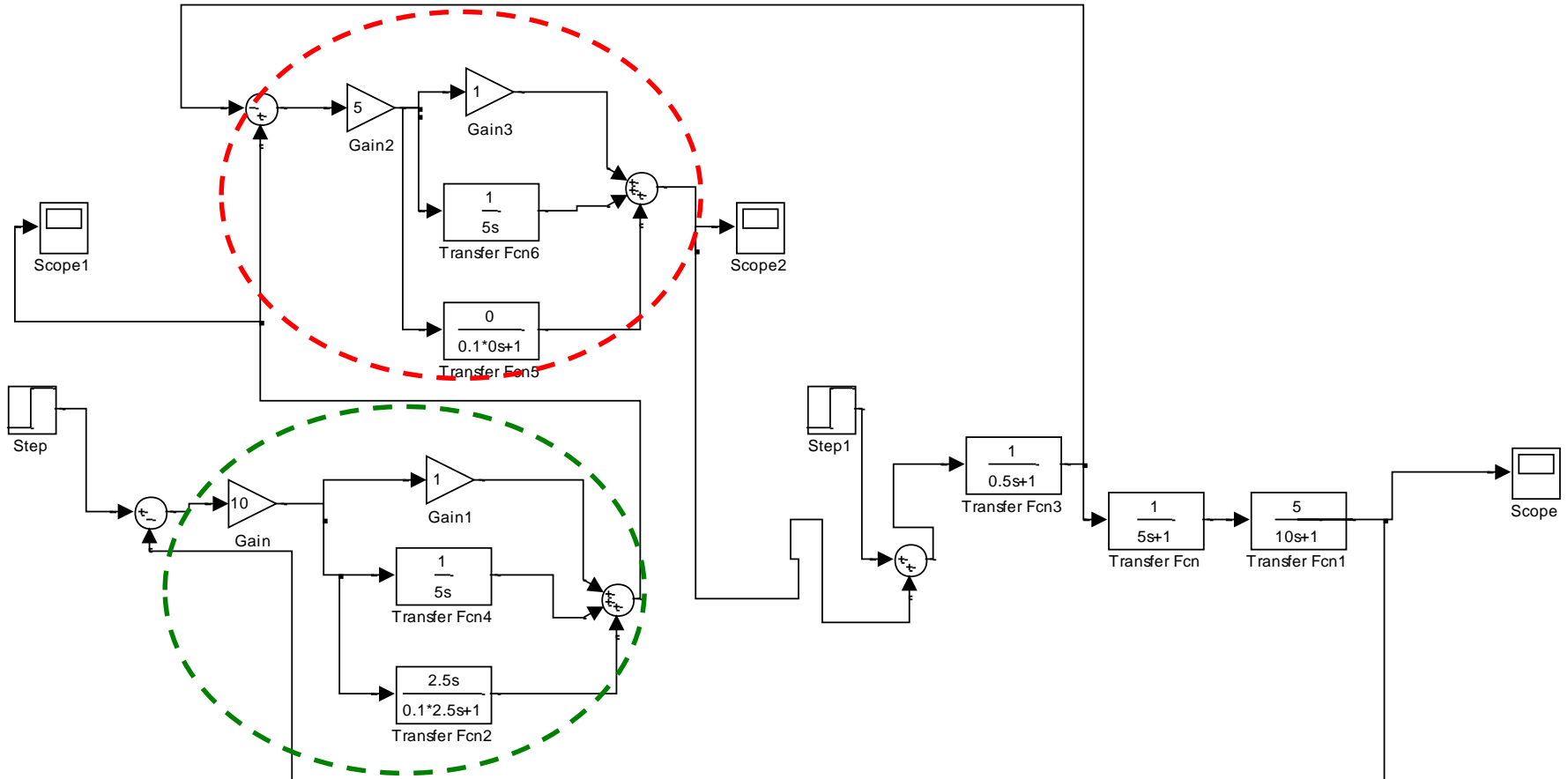


Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων στο SIMULINK

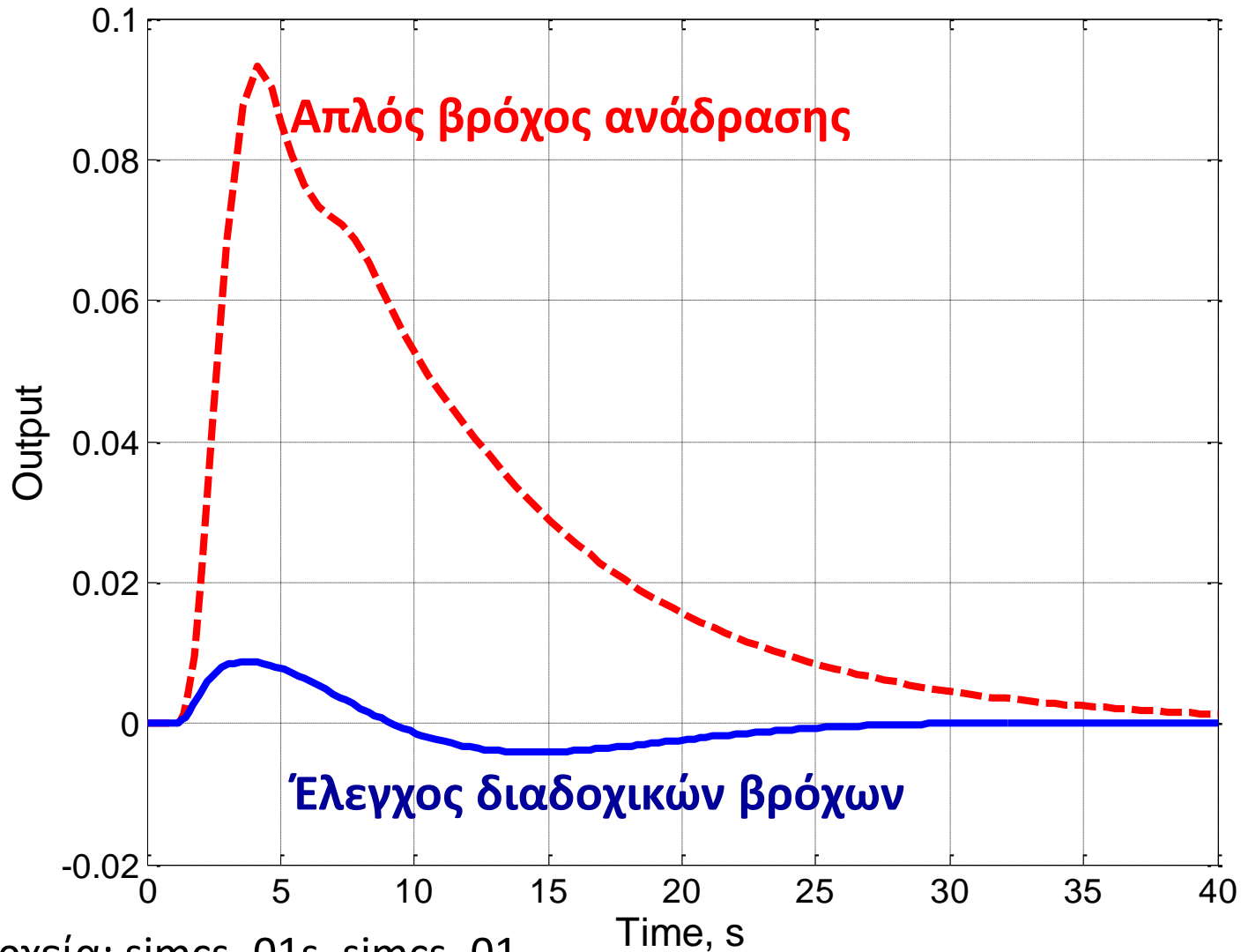
Δευτερέων ελεγκτής PID



Πρωτεύων ελεγκτής PID



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων στο SIMULINK



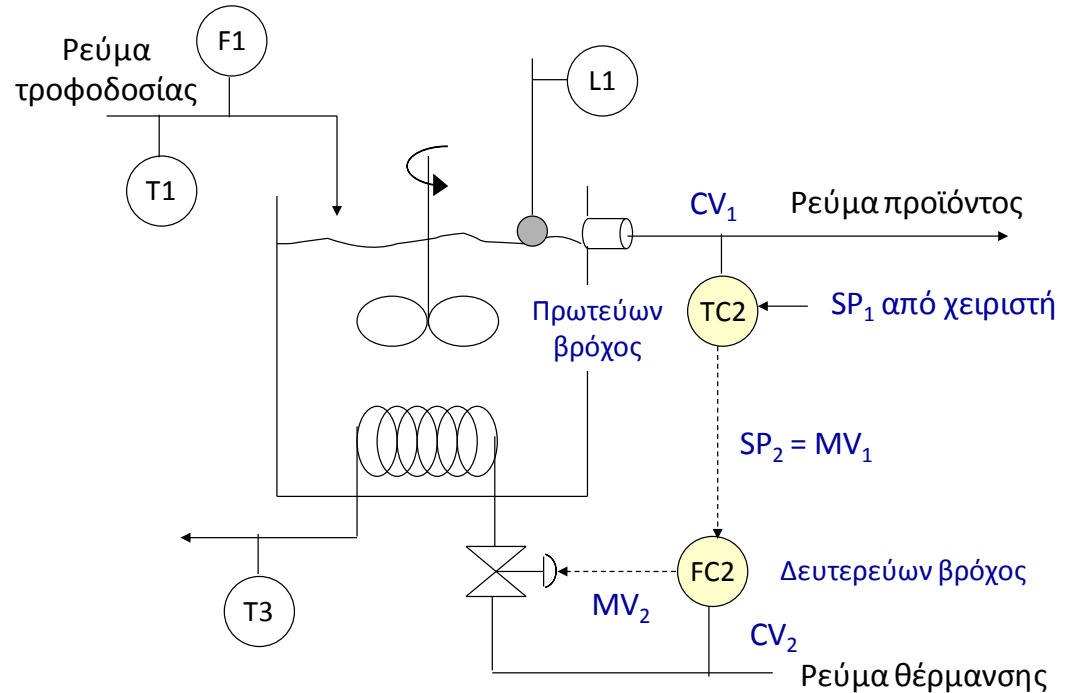
Αρχεία: simcs_01s, simcs_01



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Ποια τα οφέλη και ποιο το κόστος του ελέγχου διαδοχικών βρόχων;

Πώς αποκρίνεται το σύστημα διαδοχικών βρόχων στα ακόλουθα σενάρια;



- Διαταραχή στην πίεση του θερμαντικού ελαίου.
- Διαταραχή στη θερμοκρασία του θερμαντικού ελαίου.
- Διαταραχή στην παροχή τροφοδοσίας.
- Μεταβολή στο σημείο αναφοράς της θερμοκρασίας του λουτρού.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Κριτήρια σχεδίασης ελέγχου διαδοχικών βρόχων.
(Marlin T.E. Process Control, McGraw-Hill, 1995)

Σκοπιμότητα – Ο έλεγχος διαδοχικών βρόχων είναι επιθυμητός όταν:

1. Η δυναμική απόδοση του απλού βρόχου είναι **μη αποδεκτή**.
2. Μια **μετρήσιμη μεταβλητή** ενδεικτική μιας σημαντικής διαταραχής είναι διαθέσιμη.

Προϋποθέσεις – Ο δευτερεύων βρόχος πρέπει να:

3. Υποδεικνύει την **επίδραση μιας σημαντικής διαταραχής**.
4. Υποδεικνύει την υπάρχουσα **σχέση αιτίας-αποτελέσματος** ανάμεσα στη χειραγωγούμενη και τη ρυθμιζόμενη μεταβλητή του δευτερεύοντος βρόχου.
5. Έχει **ταχύτερη** απόκριση από τον πρωτεύοντα βρόχο.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη βελτίωση στην απόδοση όταν ο δευτερεύων βρόχος είναι ταχύτερος από τον πρωτεύοντα βρόχο.
- Χρήσιμος στην αντιμετώπιση μη γραμμικών χαρακτηριστικών των διεργασιών.
- Απλή τεχνολογία με τη χρήση ελεγκτών PID.
- Χρήση ανάδρασης σε όλα τα επίπεδα. Ο πρωτεύων βρόχος διαθέτει μηδενικό σφάλμα σε βηματικές διαταραχές.
- Εύκολη χρήση για τους χειριστές. Με το άνοιγμα του βρόχου σε ένα επίπεδο, οι ελεγκτές στα ανώτερα επίπεδα γίνονται ανενεργοί.
- Έλεγχος σε συστήματα με ανεπαρκή αριθμό χειραγωγούμενων μεταβλητών.



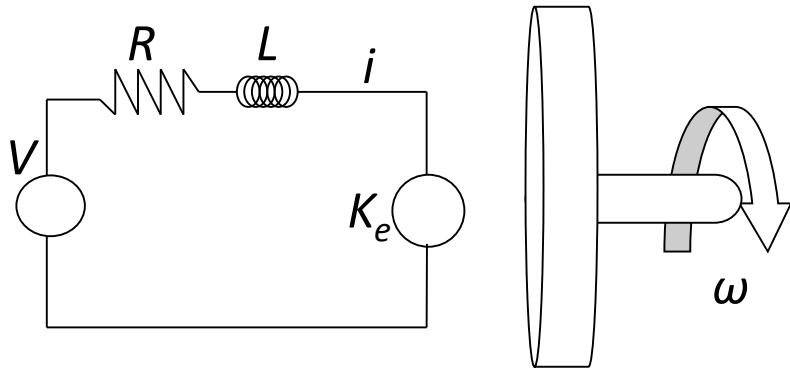
Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Ερωτήσεις για τον έλεγχο διαδοχικών βρόχων.

- Γιατί διατηρούμε τον πρωτεύοντα βρόχο;
- Ποιές δράσεις ελεγκτή απαιτούνται για μηδενικό σφάλμα σε μόνιμη κατάσταση;
- Ποιές δράσεις ελεγκτή προτείνετε;
- Ποιό είναι το κόστος του ελέγχου διαδοχικών βρόχων;
- Συνήθως κάθε ελεγκτής PID αντιπροσωπεύει μια ανεξάρτητη ρυθμιζόμενη μεταβλητή. Ποια η διαφορά στον έλεγχο διαδοχικών βρόχων;
- Ποια τακτική είναι σκόπιμη για τον προσδιορισμό των παραμέτρων των ελεγκτών στον έλεγχο διαδοχικών βρόχων;

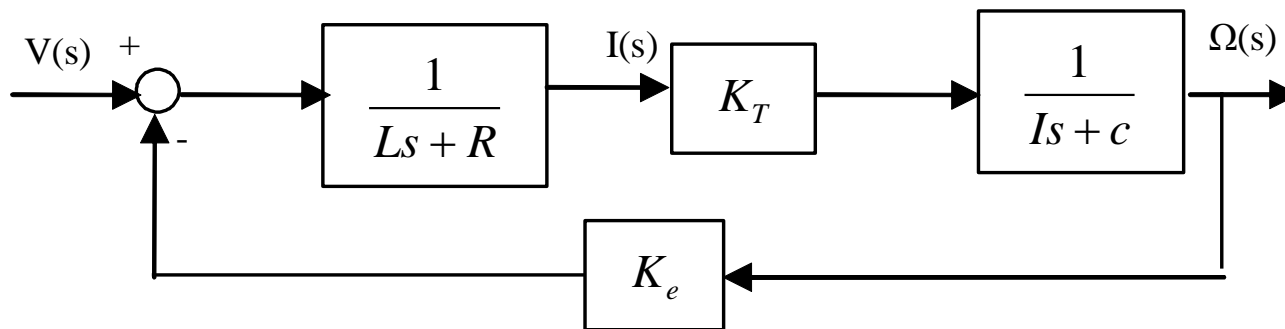


Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

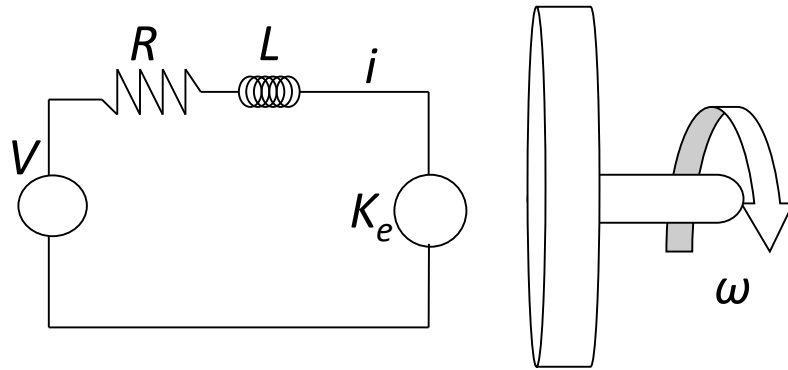


Σε κινητήρα συνεχούς ρεύματος με μανδύα σπλισμού η κίνηση του ρότορα προκαλεί αντι-ηλεκτρεγερτική δύναμη αντίθετη στη φορά του ρεύματος του σπλισμού.

Διάγραμμα βαθμίδων κινητήρα DC.

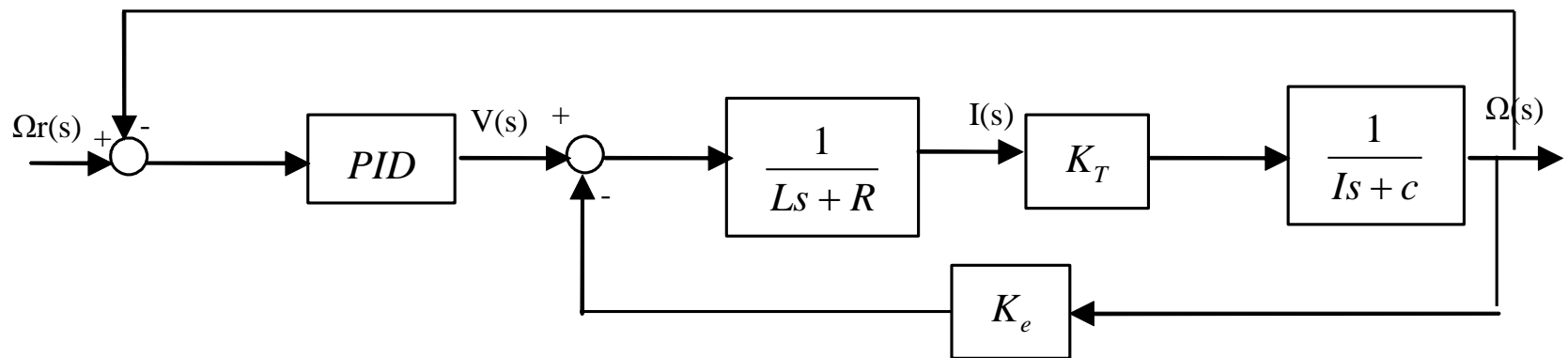


Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

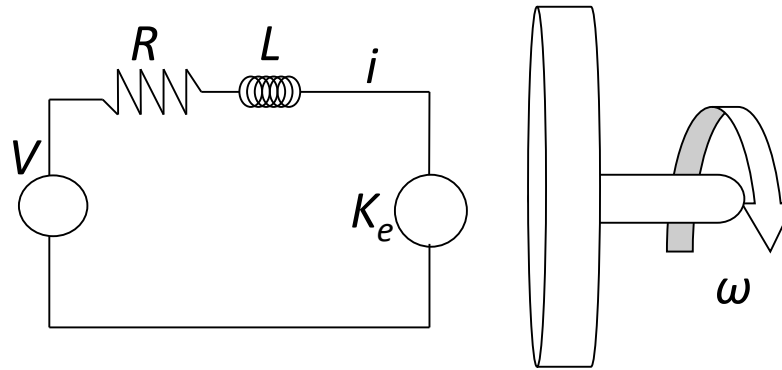


Ο έλεγχος των στροφών του κινητήρα επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση της τάσης της πηγής στον οπλισμό.

Έλεγχος ανάδρασης στροφών κινητήρα DC.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



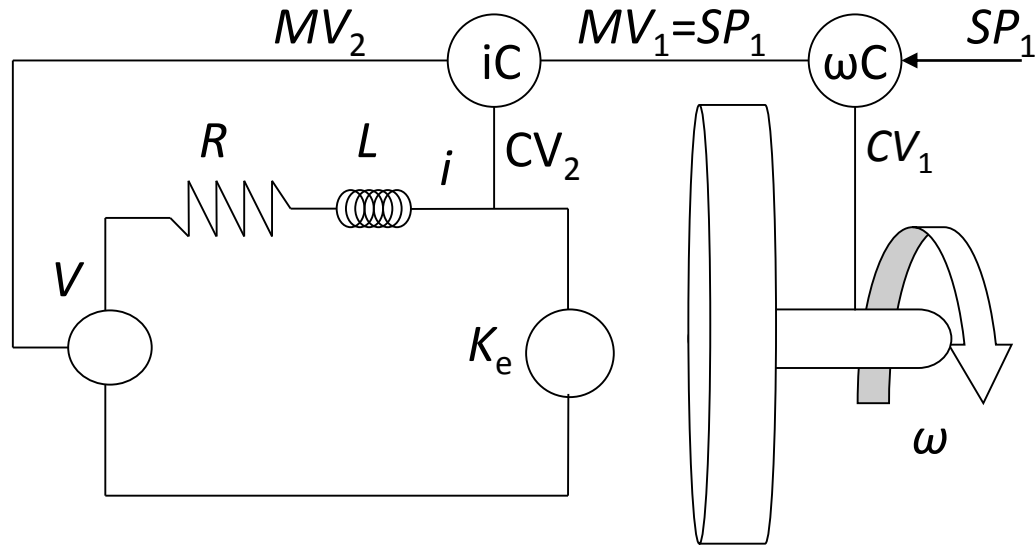
Ωστόσο η ένταση του ρεύματος του οπλισμού υπόκειται σε μεταβολές λόγω διαταραχών στο μαγνητικό πεδίο του στάτορα και της έντασης της αντι-ηλεκτρεγερτικής δύναμης. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση της επίδοσης του κλειστού βρόχου!

Η επίδοση του ελέγχου βελτιώνεται με την λειτουργία ενός δευτερεύοντος βρόχου για τον έλεγχο της έντασης του ρεύματος.

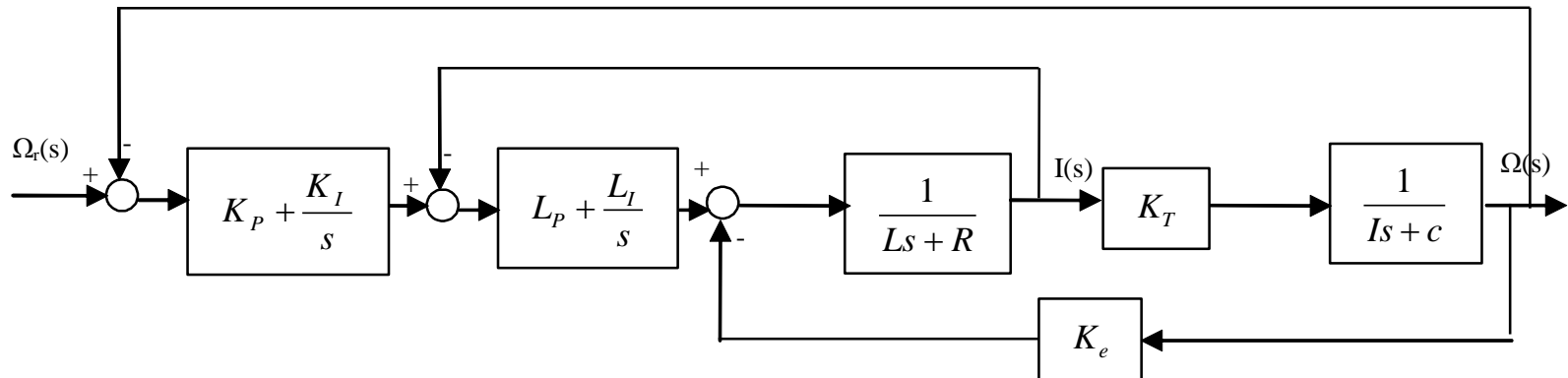
Σχεδιάστε τον δευτερεύοντα βρόχο ανάδρασης σε διάταξη διαδοχικών βρόχων.



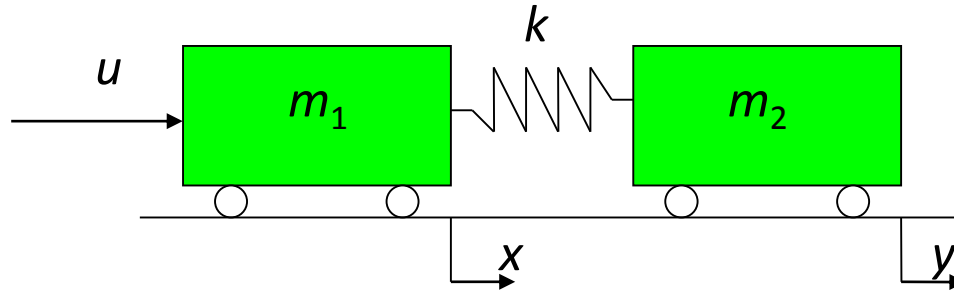
Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



Διάγραμμα βαθμίδων διαδοχικών βρόχων.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



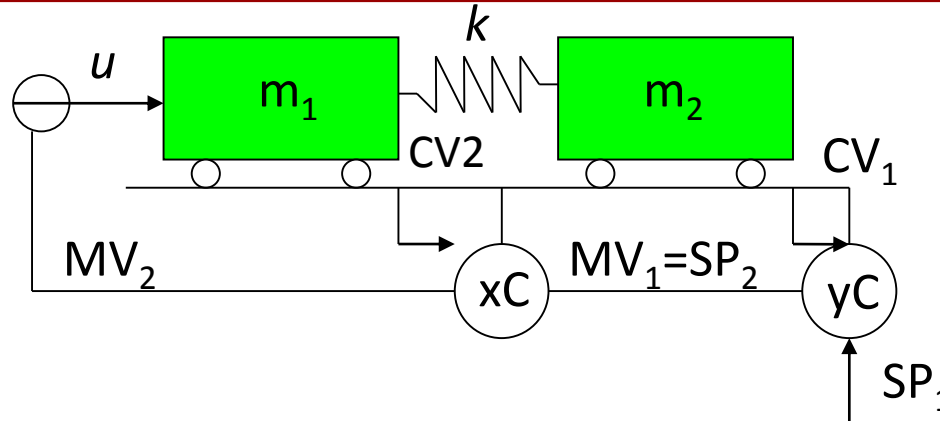
Στόχος: Ο έλεγχος της μετατόπισης του οχήματος m_2 , y .

Ωστόσο τριβές στο όχημα m_1 , πιθανά μη γραμμικά φαινόμενα στη συμπεριφορά του ελατηρίου προκαλούν αποκλίσεις στη μετατόπιση x και κατ' επέκταση στη μετατόπιση y .

Ο έλεγχος απλού βρόχου είναι ανεπαρκής!



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων



Μετρώντας τη μετατόπιση του πρώτου οχήματος m_1 , x , μπορούμε να ρυθμίσουμε τη δύναμη u ώστε να διορθώσει για τις διαταραχές ταχύτερα προτού επιδράσουν στη ρυθμιζόμενη μεταβλητή, y .

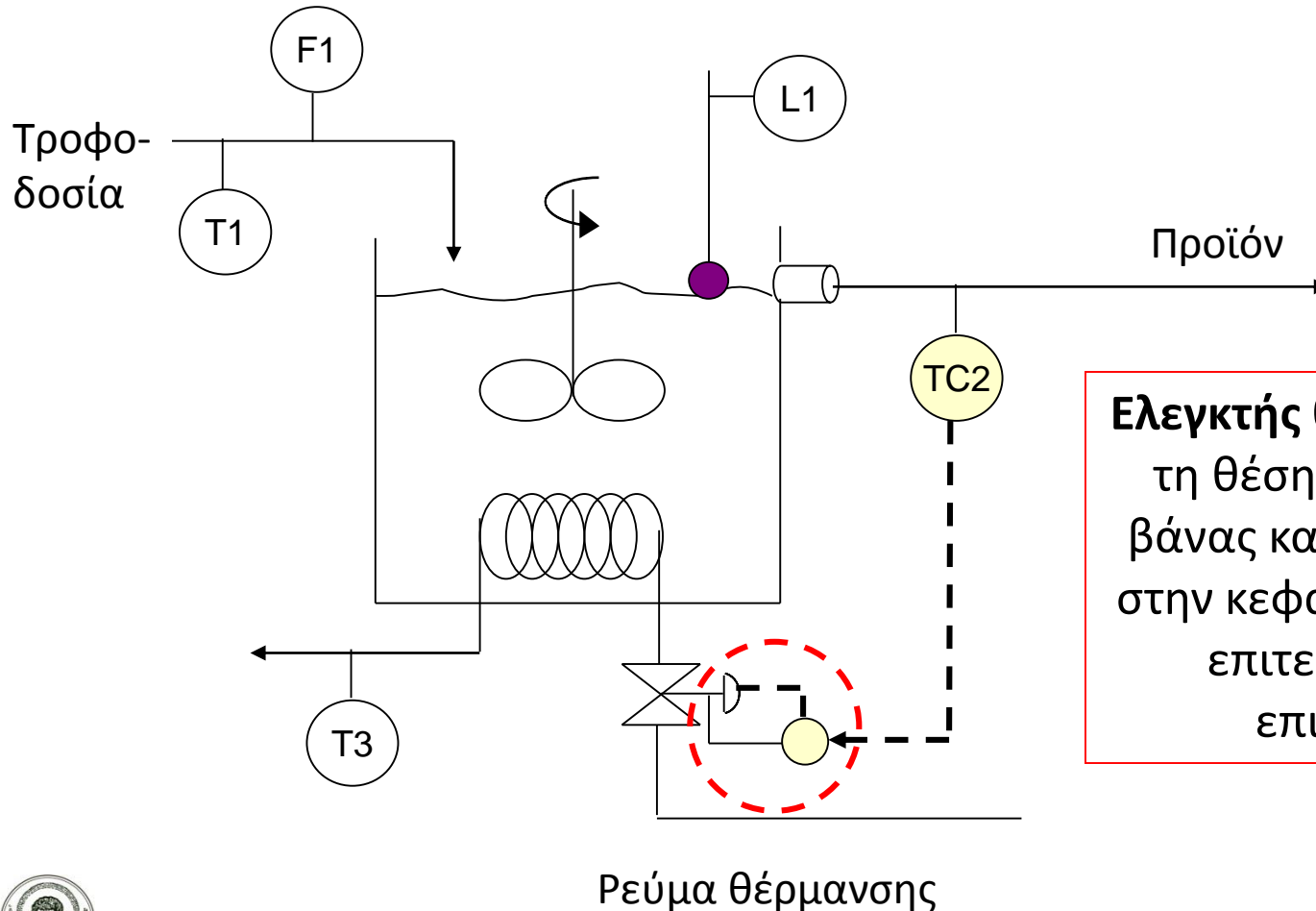
Υπάρχει σχέση αιτίας-αποτελέσματος ανάμεσα στη μετατόπιση, x , και τη δύναμη u .

Ο δευτερεύων βρόχος δέχεται το σημείο αναφοράς του από τον πρωτεύοντα βρόχο.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Ο ελεγκτής θέσης βάνας είναι ο δευτερεύων βρόχος για την εξάλειψη της επίδρασης της τριβής των μηχανολογικών στοιχείων της βάνας

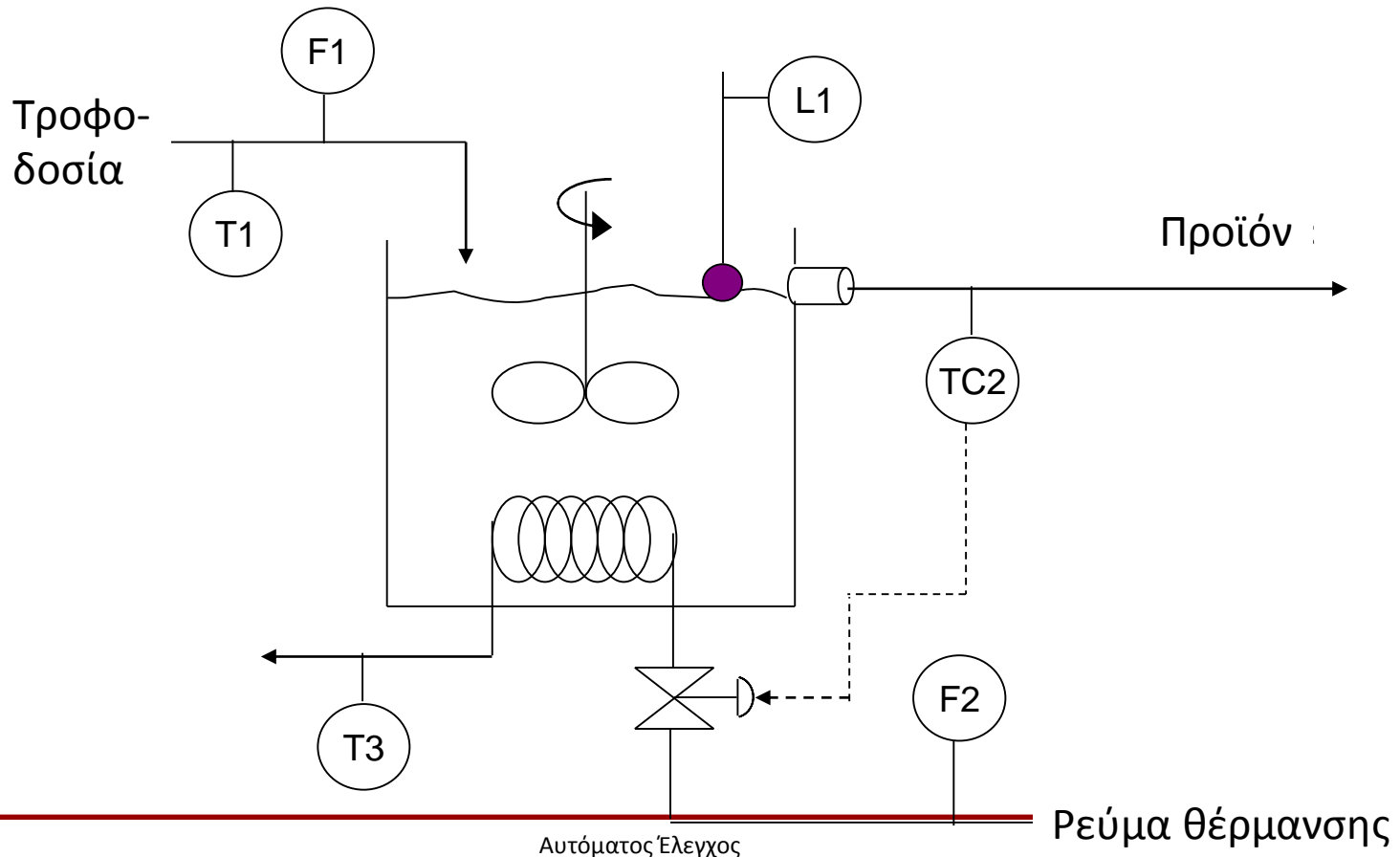


Ελεγκτής θέσης βάνας: Μετρά τη θέση του στελέχους της βάνας και ρυθμίζει την πίεση στην κεφαλή της βάνας για να επιτευχθεί ακριβώς η επιθυμητή θέση.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

Μπορεί να σχεδιαστεί ένα σύστημα ελέγχου διαδοχικών βρόχων για να αντιμετωπίσει διαταραχές στη θερμοκρασία εισόδου του θερμαντικού μέσου; Επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί μόνο ένας επιπλέον αισθητήρας.



Έλεγχος διαδοχικών βρόχων

1. Αποδείξτε ότι η ολοκληρωτική δράση απαιτείται για μηδενικό σφάλμα του πρωτεύοντα βρόχου σε μόνιμη κατάσταση.

Επιτυγχάνεται μηδενικό σφάλμα μόνιμης κατάστασης για το δευτερεύοντα βρόχο και γιατί;

Υπάρχει κάποιο πλεονέκτημα με την επίτευξη μηδενικού σφάλματος μόνιμης κατάστασης για το δευτερεύοντα βρόχο;

2. Προσδιορίστε ένα κανόνα για το πόσο ταχύτερος πρέπει να είναι ο δευτερεύων βρόχος από τον πρωτεύοντα βρόχο για καλή δυναμική απόκριση.
3. Χρησιμοποιήστε την άλγεβρα διαγραμμάτων βαθμίδων για τον υπολογισμό των συναρτήσεων μεταφοράς ανάμεσα στο σημείο αναφοράς και την ρυθμιζόμενη μεταβλητή.





Αυτόματος Έλεγχος

Ενότητα 8^η: Βελτίωση απόδοσης βρόχου
ανάδρασης – Β. Έλεγχος πρόδρασης

Παναγιώτης Σεφερλής



Εργαστήριο Δυναμικής Μηχανών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Έλεγχος πρόδρασης

Στόχοι της ενότητας (Μέρος Β)

- Προσδιορισμός περιπτώσεων που ο έλεγχος πρόδρασης είναι ωφέλιμος.
- Σχεδιασμός συστημάτων ελέγχου πρόδρασης.



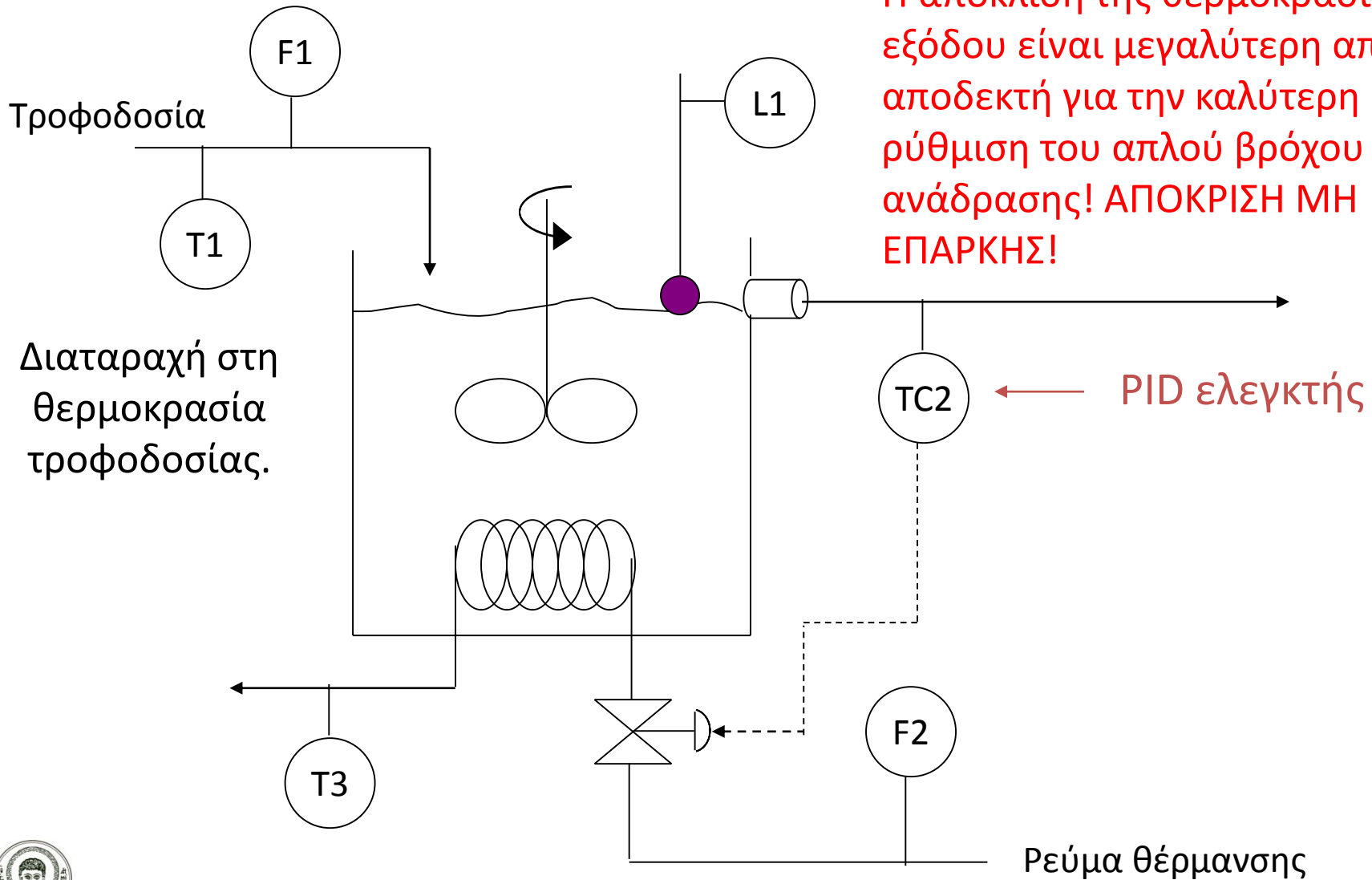
Έλεγχος πρόδρασης

Περίληψη της ενότητας (Μέρος Β)

- Παράδειγμα βελτίωσης απόδοσης βρόχου ανάδρασης.
- Προσδιορισμός συνθηκών που επιτρέπουν τη χρήση ελέγχου πρόδρασης.
- Βήματα σχεδιασμού ελέγχου πρόδρασης.
- Παραδείγματα ελέγχου πρόδρασης.



Έλεγχος πρόδρασης



Η απόκλιση της θερμοκρασίας εξόδου είναι μεγαλύτερη από την αποδεκτή για την καλύτερη ρύθμιση του απλού βρόχου ανάδρασης! ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΗ ΕΠΑΡΚΗΣ!

← PID ελεγκτής

Ρεύμα θέρμανσης

Έλεγχος πρόδρασης

Κριτήρια σχεδίασης ελέγχου διαδοχικών βρόχων.

Σκοπιμότητα – Ο έλεγχος συστοιχίας είναι επιθυμητός όταν:

1. Η δυναμική απόδοση του απλού βρόχου είναι **μη αποδεκτή**.
2. Μια **μετρήσιμη μεταβλητή** ενδεικτική μιας σημαντικής διαταραχής είναι διαθέσιμη.

ΙΣΧΥΕΙ

ΙΣΧΥΕΙ

Προϋποθέσεις – Ο δευτερεύων βρόχος πρέπει να:

3. Υποδεικνύει την **επίδραση μιας σημαντικής διαταραχής**.
4. Υπάρχει **σχέση αιτίας-αποτελέσματος** ανάμεσα στη βάνα ελέγχου και τη ρυθμιζόμενη μεταβλητή του δευτερεύοντος βρόχου.
5. Έχει **ταχύτερη** απόκριση από τον πρωτεύοντα βρόχο.

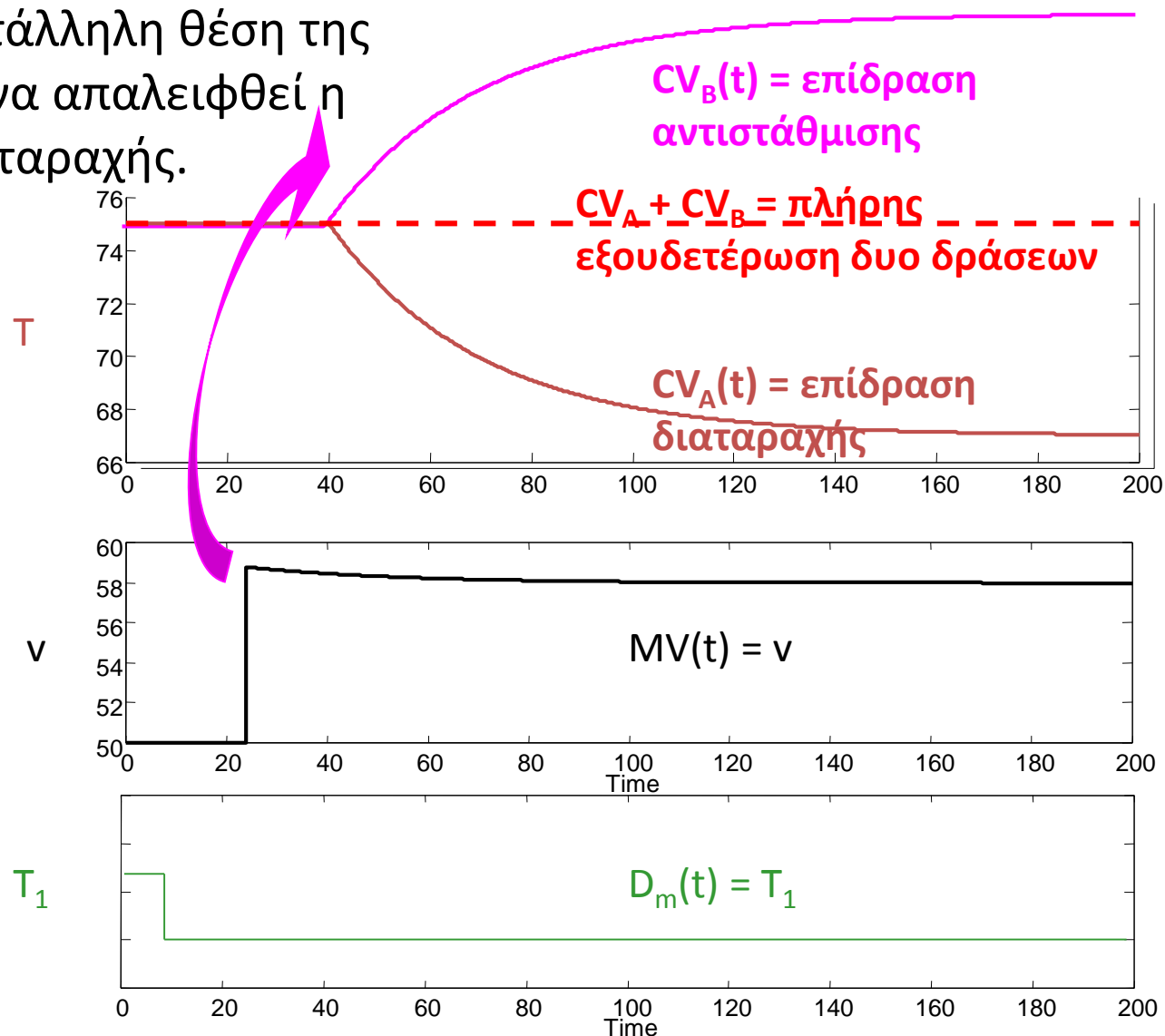
ΙΣΧΥΕΙ

ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ



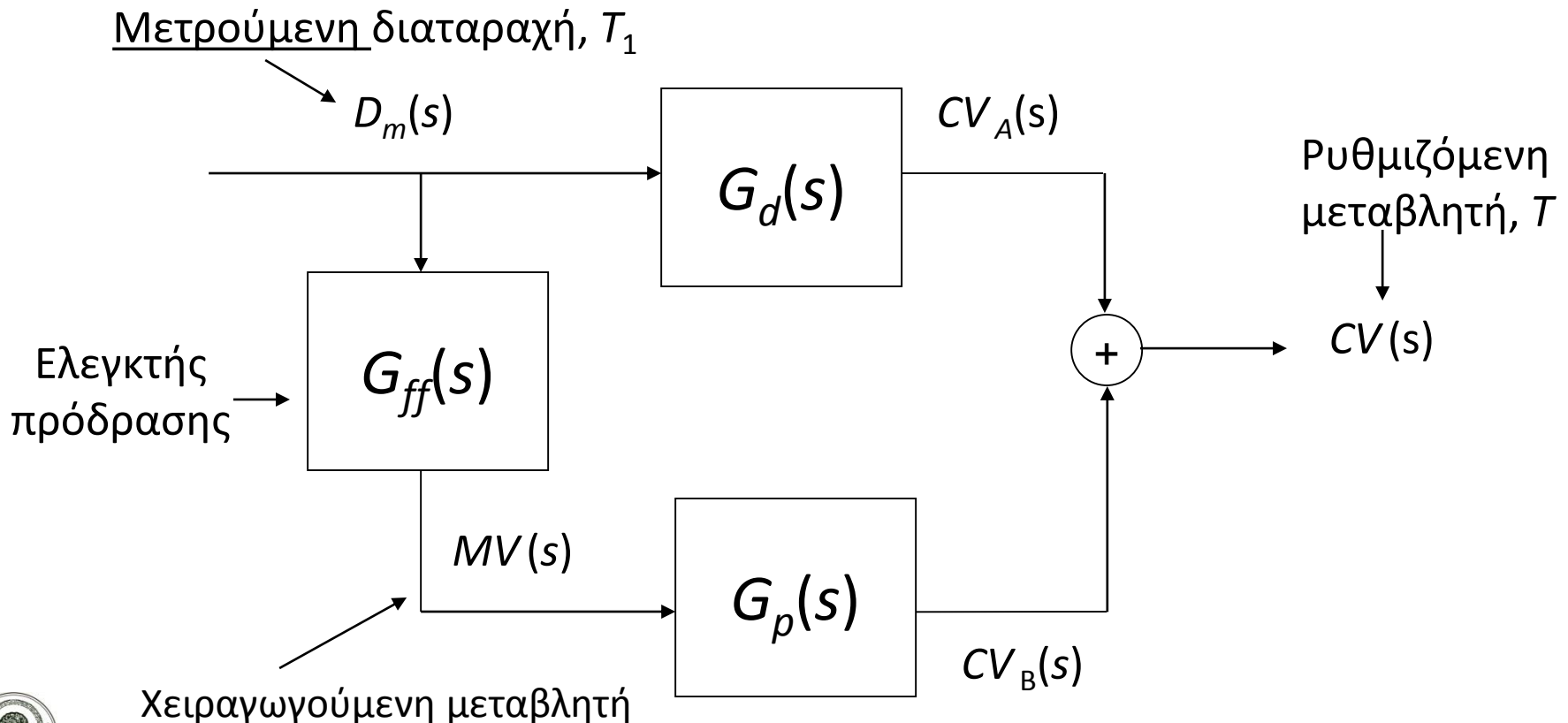
Έλεγχος πρόδρασης

Επιδιώκεται η κατάλληλη θέση της βάνας έτσι ώστε να απαλειφθεί η επίδραση της διαταραχής.



Έλεγχος πρόδρασης

Χρησιμοποιώντας άλγεβρα διαγραμμάτων βαθμίδων προσδιορίζουμε τη συνάρτηση μεταφοράς $[G_{ff}(s)]$ για να επιτύχουμε την επιθυμητή δυναμική συμπεριφορά.



Έλεγχος πρόδρασης

Για τέλεια αντιστάθμιση.

$$\begin{aligned} CV(s) &= CV_A(s) + CV_B(s) = 0 \\ &= [G_d(s) + G_{ff}(s)G_p(s)]D_m(s) = 0 \end{aligned}$$

Συνάρτηση μεταφοράς ελεγκτή πρόδρασης.

$$G_{ff}(s) = \frac{MV(s)}{D_m(s)} = -\frac{G_d(s)}{G_p(s)}$$



Έλεγχος πρόδρασης

$$G_{ff}(s) = \frac{MV(s)}{D_m(s)} = -\frac{G_d(s)}{G_p(s)}$$

Όταν οι $G_p(s)$ και $G_d(s)$ είναι πρώτης τάξης με νεκρό χρόνο.

$$G_{ff}(s) = \frac{MV(s)}{D_m(s)} = K_{ff} \frac{\tau_{ld}s + 1}{\tau_{lg}s + 1} e^{-\vartheta_{ff}s}$$

Κέρδος

Στοιχείο προήγησης-
καθυστέρησης φάσης

Καθυστέρηση
χρόνου



Έλεγχος πρόδρασης

$$G_{ff}(s) = K_{ff} \frac{\tau_{ld}s + 1}{\tau_{lg}s + 1} e^{-\vartheta_{ff}s}$$

Στοιχείο προήγησης – καθυστέρησης φάσης: $(\tau_{ld}s+1)/(\tau_{lg}s+1)$

Κέρδος ελεγκτή πρόδρασης: $K_{ff} = -K_d/K_p$

Καθυστέρηση χρόνου ελεγκτή: $\vartheta_{ff} = \vartheta_d - \vartheta_p \geq 0$

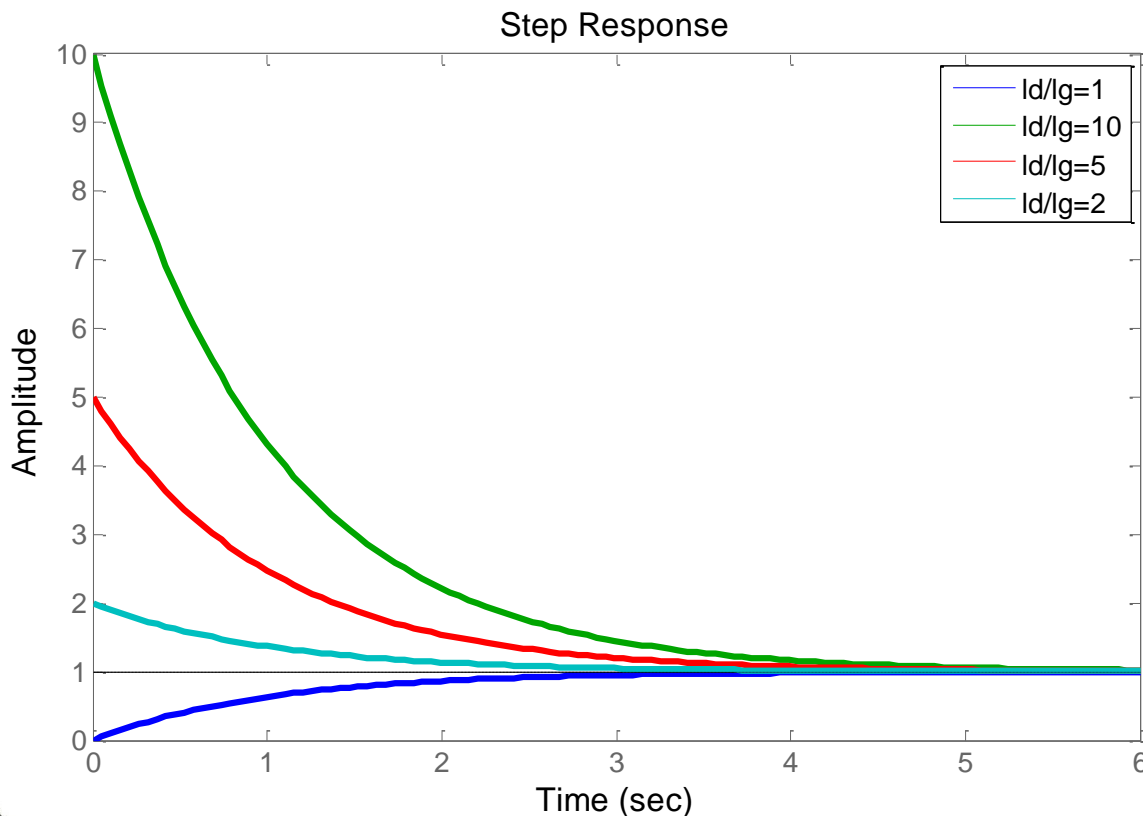
Σταθερά χρόνου προήγησης: $\tau_{ld} = \tau_p$

Σταθερά χρόνου καθυστέρησης: $\tau_{lg} = \tau_d$



Έλεγχος πρόδρασης

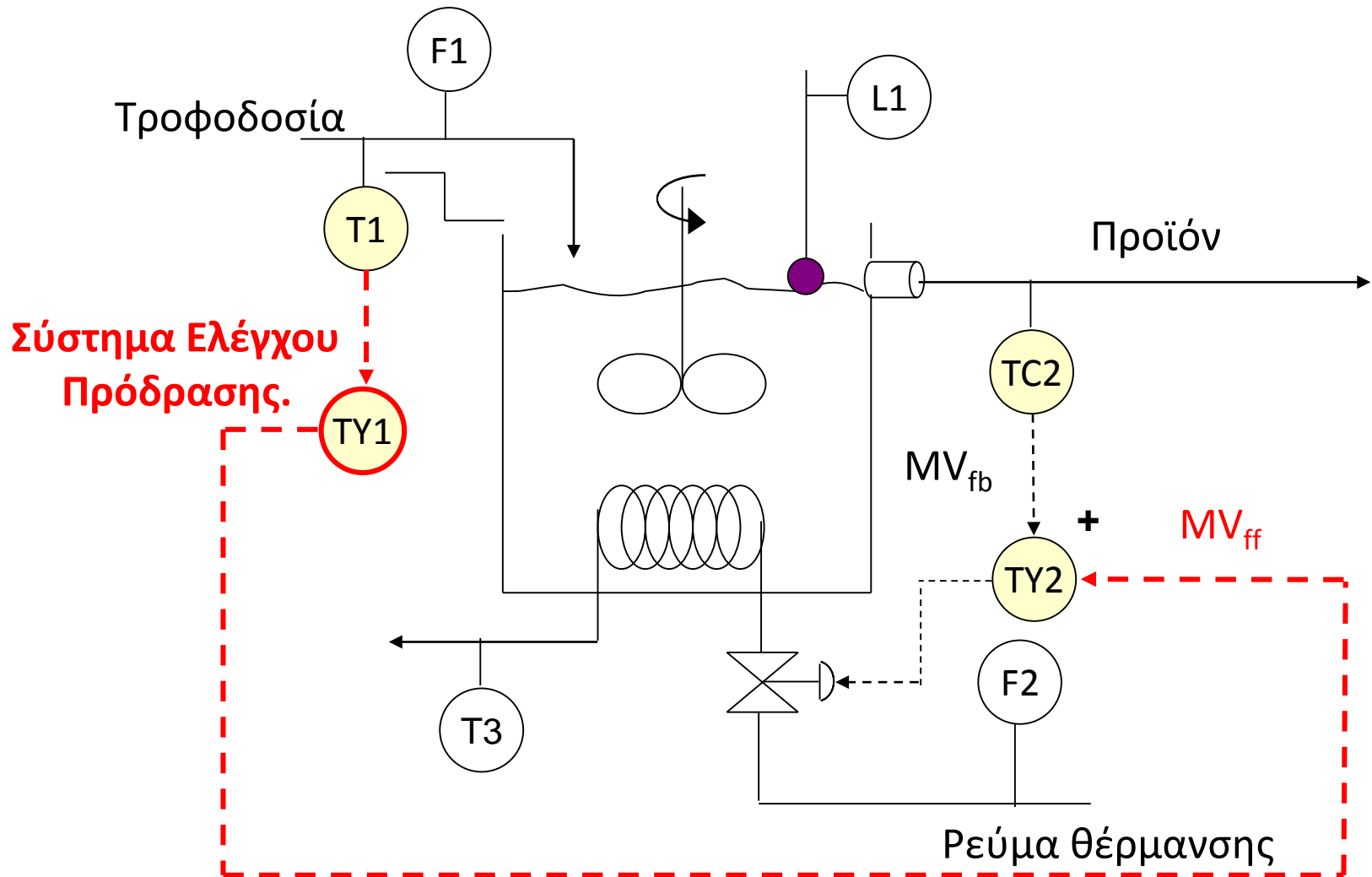
Τυπική δυναμική συμπεριφορά στοιχείων προήγησης-καθυστέρησης φάσης σε ελεγκτές πρόδρασης. Συγχρονίζει τις επιπτώσεις της αντιστάθμισης με αυτές τις διαταραχής.



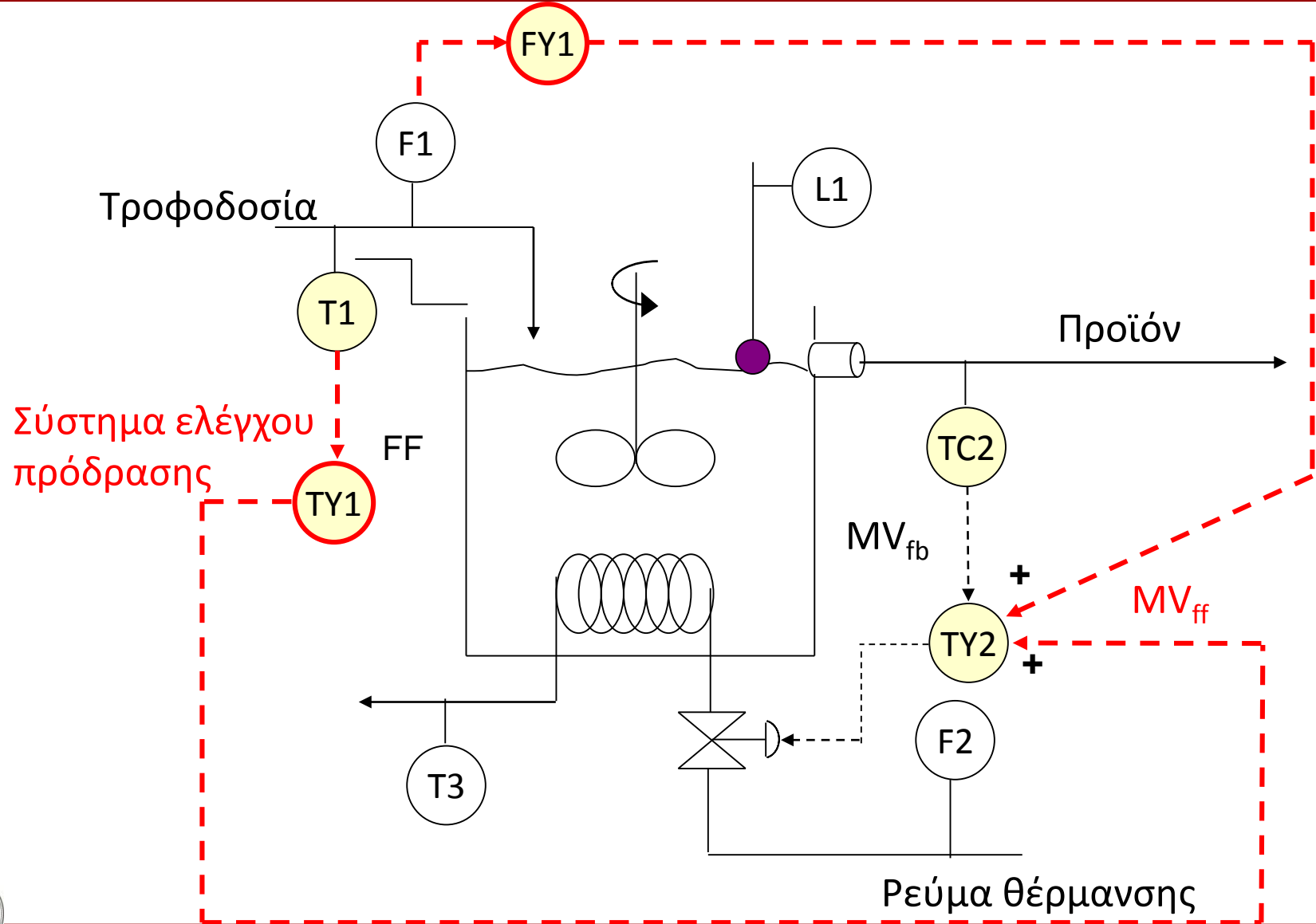
Λόγος τ_{lead}/τ_{lag}



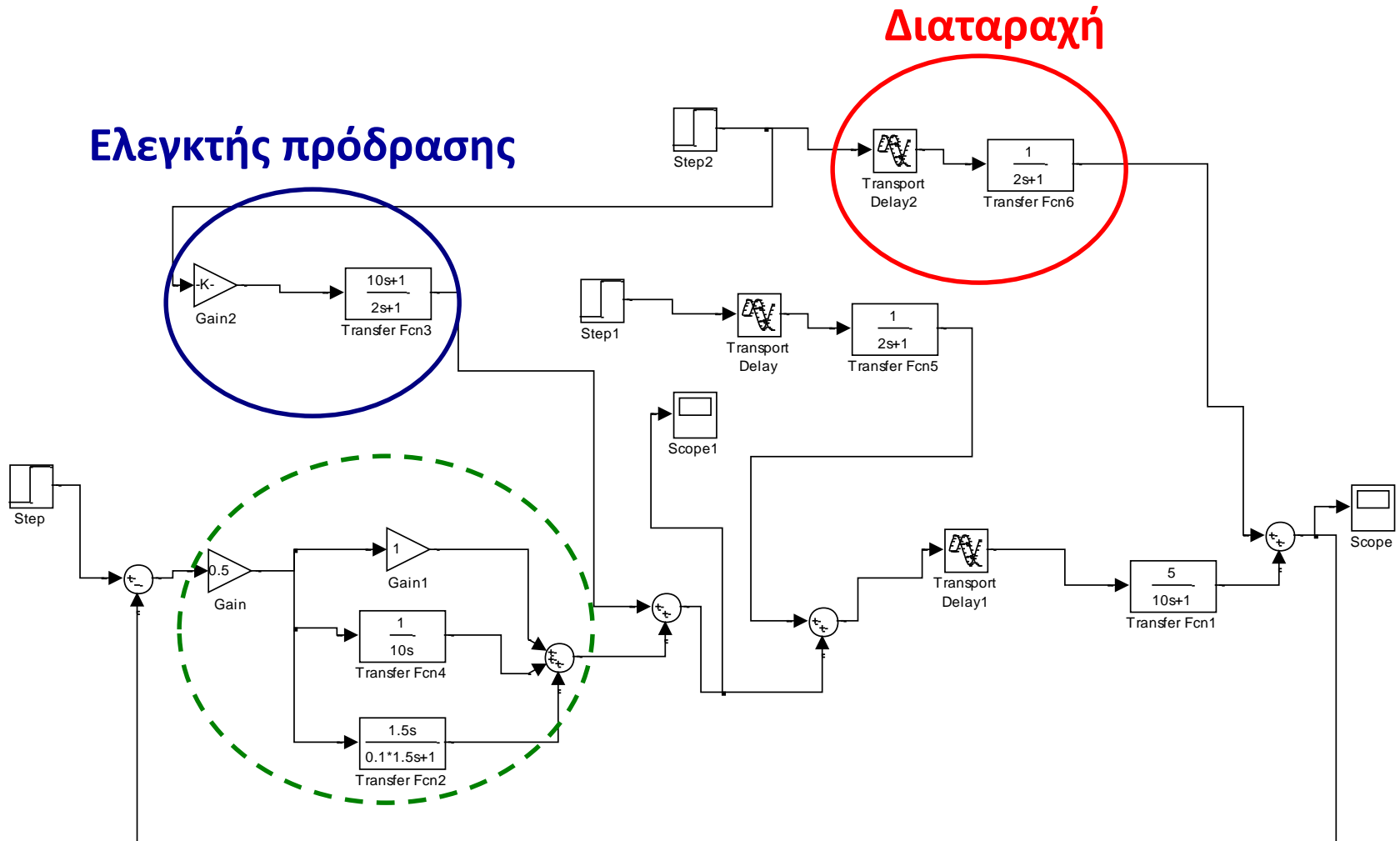
Έλεγχος πρόδρασης



Έλεγχος πρόδρασης



Έλεγχος πρόδρασης στο SIMULINK



Ελεγκτής πρόδρασης

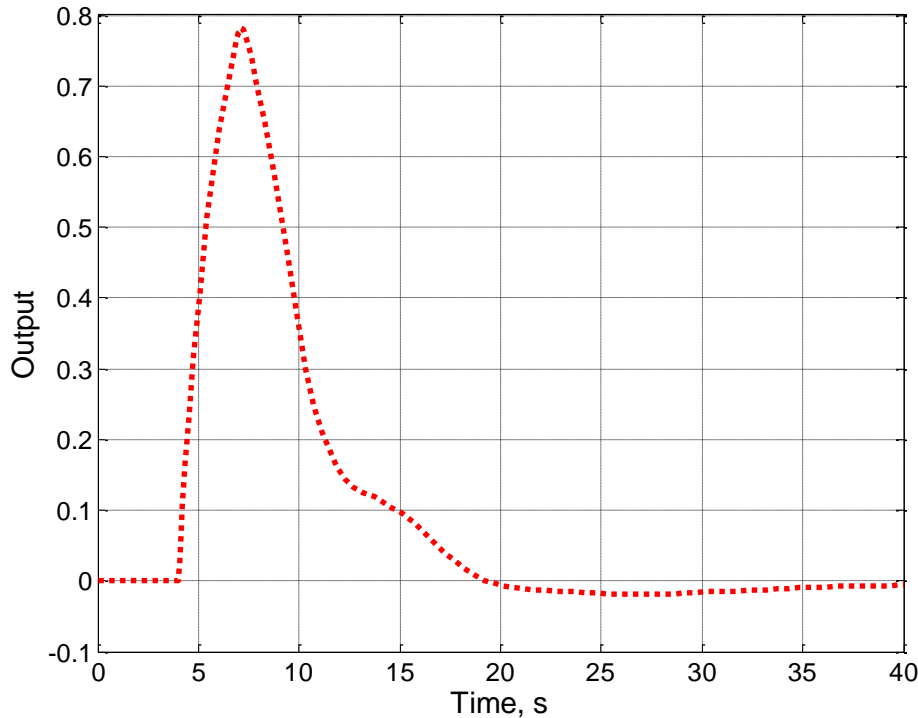
Διαταραχή

Ελεγκτής PID

κύριου βρόχου ανάδρασης



Έλεγχος πρόδρασης στο SIMULINK

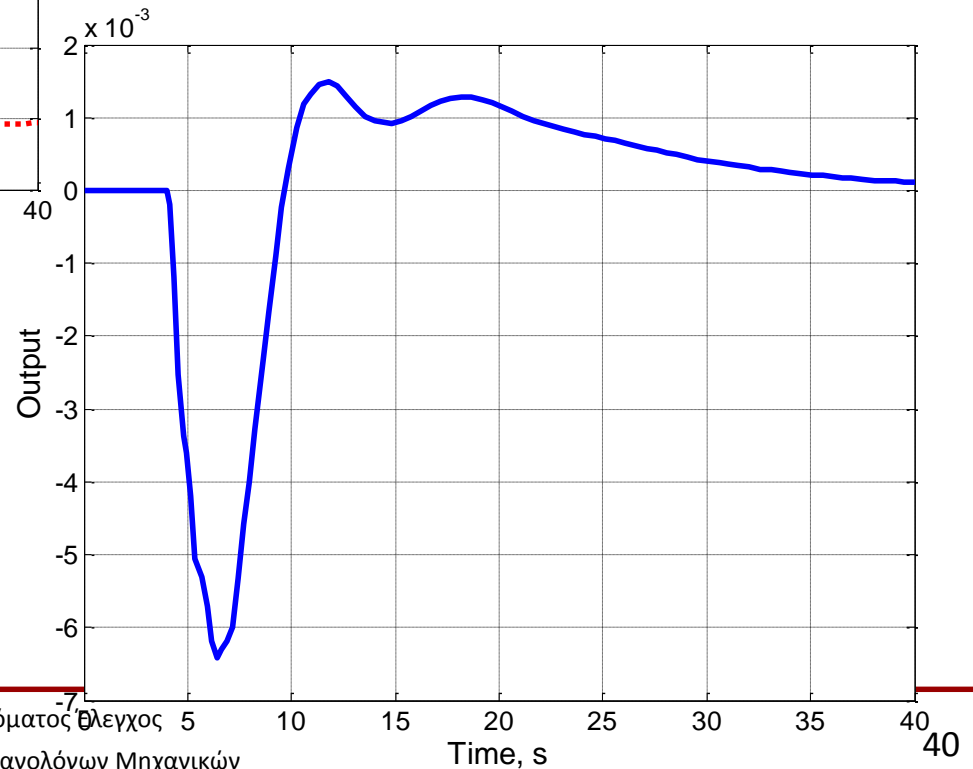


Με ελεγκτή ανάδρασης.

αρχεία: simff_01s, simff_01

Απόκριση σε βηματική μεταβολή της διαταραχής.

Με ελεγκτή πρόδρασης-ανάδρασης.



Αυτόματος Έλεγχος

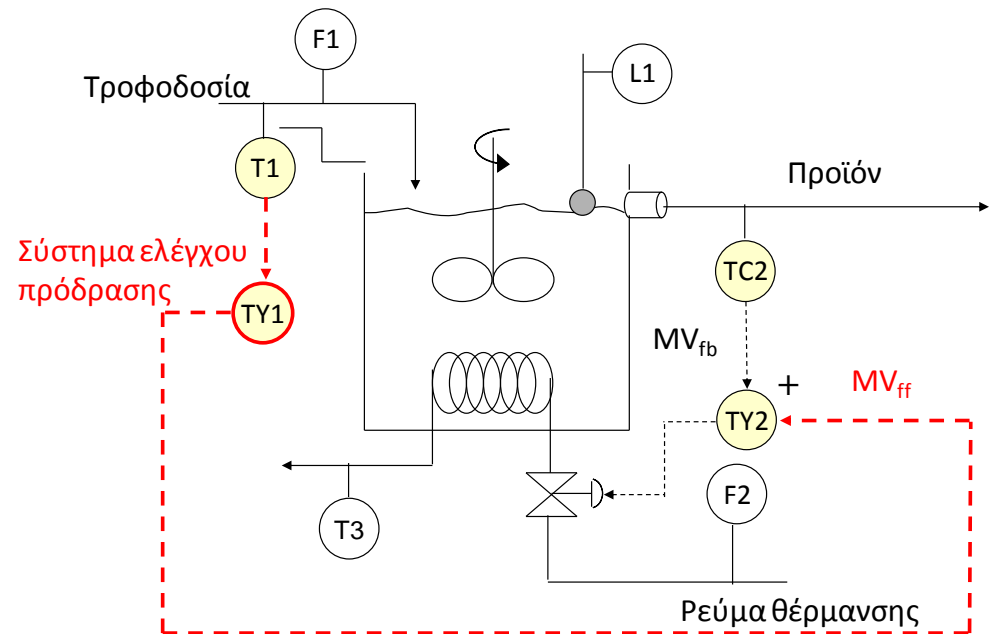
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Έλεγχος πρόδρασης

Ποια τα κέρδη και οι απώλειες από τη χρήση ελέγχου πρόδρασης και ανάδρασης;

Πώς αποκρίνεται το σύστημα στις ακόλουθες περιπτώσεις;



- Διαταραχή στη θερμοκρασία τροφοδοσίας.
- Διαταραχή στη πίεση εισόδου του θερμαντικού μέσου.
- Διαταραχή στην παροχή της τροφοδοσίας.
- Μεταβολή στο σημείο αναφοράς του TC.



Έλεγχος πρόδρασης

Κριτήρια σχεδίασης ελέγχου πρόδρασης
(Marlin T.E. Process Control, McGraw-Hill, 1995)

Σκοπιμότητα – Η πρόδραση συνίσταται όταν:

1. Η απόδοση του απλού βρόχου είναι **μη αποδεκτή**.
2. Μια **μετρήσιμη** μεταβλητή είναι διαθέσιμη.

Προϋποθέσεις – Η μετρήσιμη μεταβλητή πρέπει να:

3. Είναι ενδεικτική της παρουσίας μιας **σημαντικής διαταραχής**.
4. **ΜΗΝ** υπάρχει σχέση **αιτίας-αποτελέσματος** ανάμεσα στη χειραγωγούμενη και τη μετρήσιμη διαταραχή.
5. **ΜΗΝ** έχει **ταχύτερη** επίδραση στη ρυθμιζόμενη μεταβλητή από τη χειραγωγούμενη μεταβλητή (όταν συνδυάζεται με ανάδραση).



Έλεγχος πρόδρασης

Η πρόδραση και η ανάδραση είναι συμπληρωματικές δράσεις.

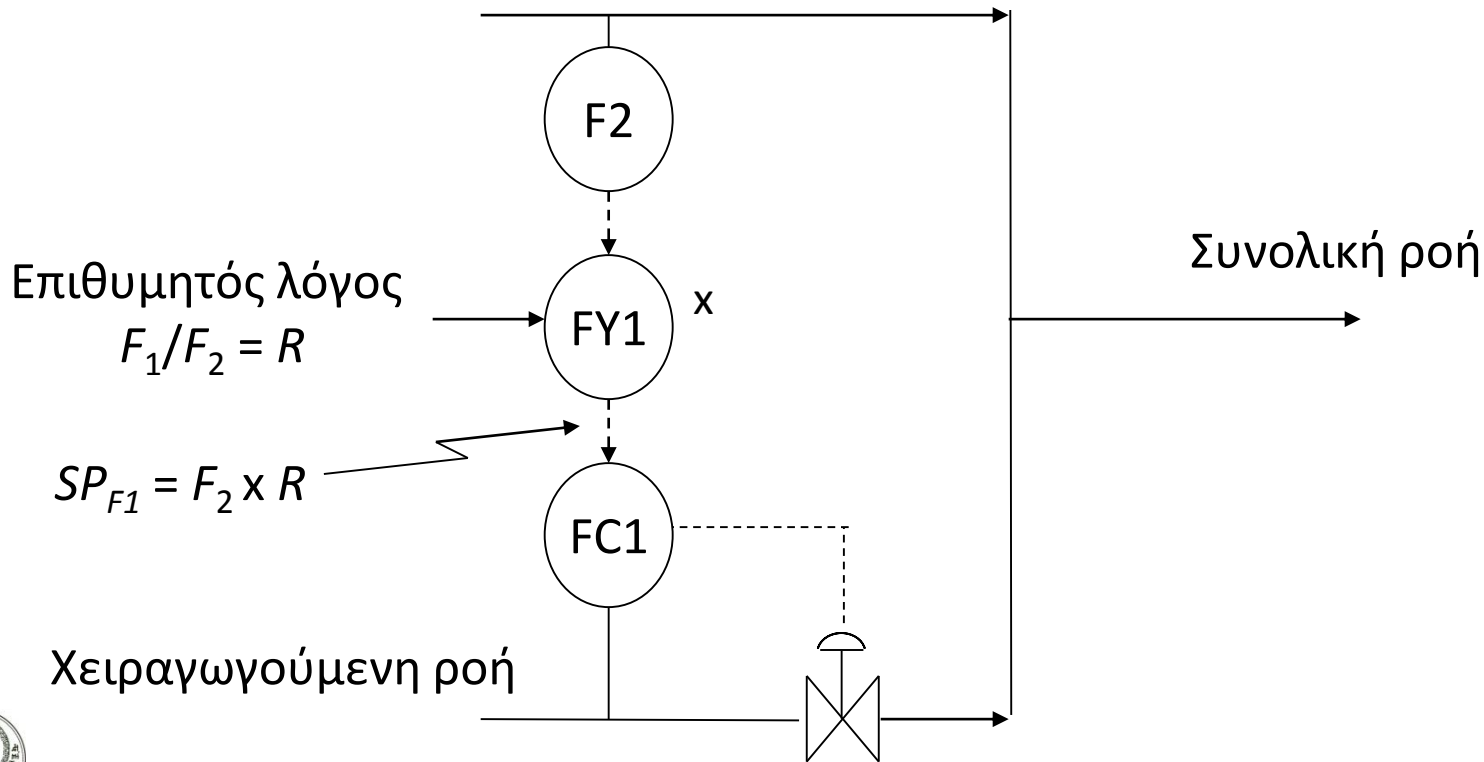
?	Πρόδραση?	Ανάδραση?
Πλεονεκτήματα?	<ul style="list-style-type: none"> Αντισταθμίζει τις διαταραχές προτού επηρεάσει τη P.M. Δεν επιδρά στην ευστάθεια του συστήματος (αν η $G_{ff}(s)$ είναι ευσταθής). 	<ul style="list-style-type: none"> Εξασφαλίζει μηδενικό σφάλμα σε μόνιμη κατάσταση. Αποτελεσματική για όλες τις διαταραχές.
Μειονεκτήματα?	<ul style="list-style-type: none"> Δεν εξασφαλίζει μηδενικό σφάλμα σε μόνιμη κατάσταση. Απαιτεί ένα αισθητήρα και μοντέλο για κάθε διαταραχή. 	<ul style="list-style-type: none"> Δεν δρα προτού η P.M. αποκλίνει από το σημείο αναφοράς. Επιδρά στην ευστάθεια του συστήματος ελέγχου.



Έλεγχος πρόδρασης

Ο έλεγχος του λόγου των ροών δυο ρευμάτων είναι μία απλή και συχνά χρησιμοποιούμενη εφαρμογή πρόδρασης. Στον έλεγχου λόγου ροών ρευμάτων τα δυναμικά χαρακτηριστικά θεωρούνται αμελητέα.

Μη ελεγχόμενη ροή



Αυτόματος Έλεγχος

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Έλεγχος πρόδρασης

Ερωτήσεις για τον έλεγχο πρόδρασης

- Γιατί διατηρούμε τον ελεγκτή ανάδρασης;
- Πότε ο ελεγκτής πρόδρασης θα δώσει μηδενικό σφάλμα σε μόνιμη κατάσταση;
- Γιατί ο ελεγκτής πρόδρασης καθυστερεί την αντιστάθμιση σε μερικές περιπτώσεις; Δεν θέλουμε πάντα ταχεία δράση;
- Ποιο είναι το πρόσθετο κόστος για έλεγχο πρόδρασης;
- Πώς μπορούμε να σχεδιάσουμε μια στρατηγική ελέγχου που να χρησιμοποιεί δυο ελεγκτές που ρυθμίζουν την ίδια βάρνα;
- Ποια διαδικασία χρησιμοποιείται για την επιλογή των παραμέτρων του ελεγκτή πρόδρασης;





Αυτόματος Έλεγχος

Ενότητα 8^η: Βελτίωση απόδοσης βρόχου
ανάδρασης – Γ. Αντιστάθμιση καθυστέρησης
χρόνου

Παναγιώτης Σεφερλής



Εργαστήριο Δυναμικής Μηχανών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Έλεγχος πρόδρασης

Στόχοι της ενότητας (Μέρος Γ)

- Μελέτη και ανάλυση δυναμικών συστημάτων με καθυστέρηση χρόνου.
- Σχεδιασμός συστημάτων ελέγχου με αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου.



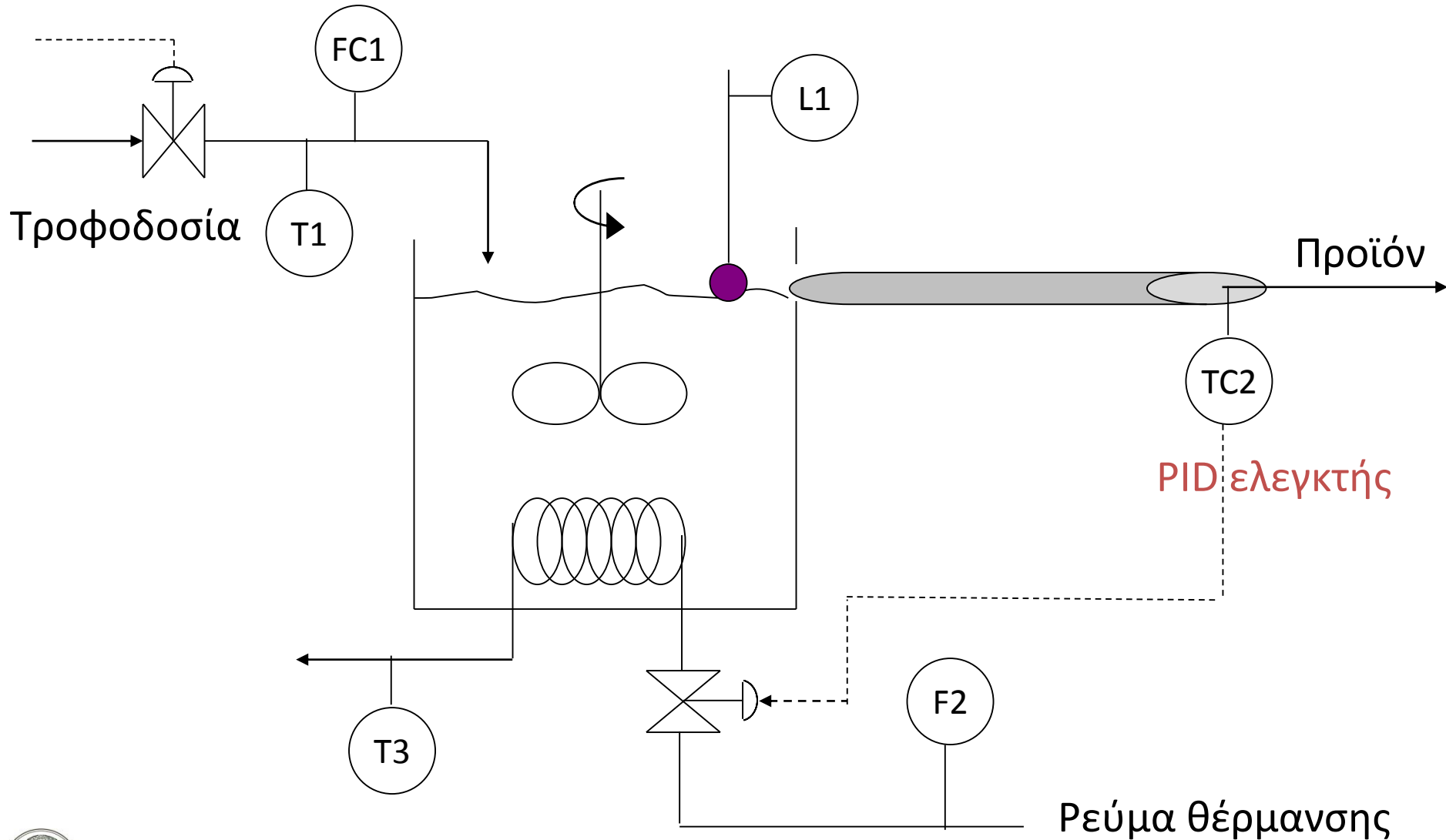
Έλεγχος πρόδρασης

Περίληψη της ενότητας (Μέρος Γ)

- Χαρακτηριστικά δυναμικών συστημάτων με καθυστέρηση χρόνου.
- Επίπτωση καθυστέρησης χρόνου στην ποιότητα του ελέγχου.
- Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου.



Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου

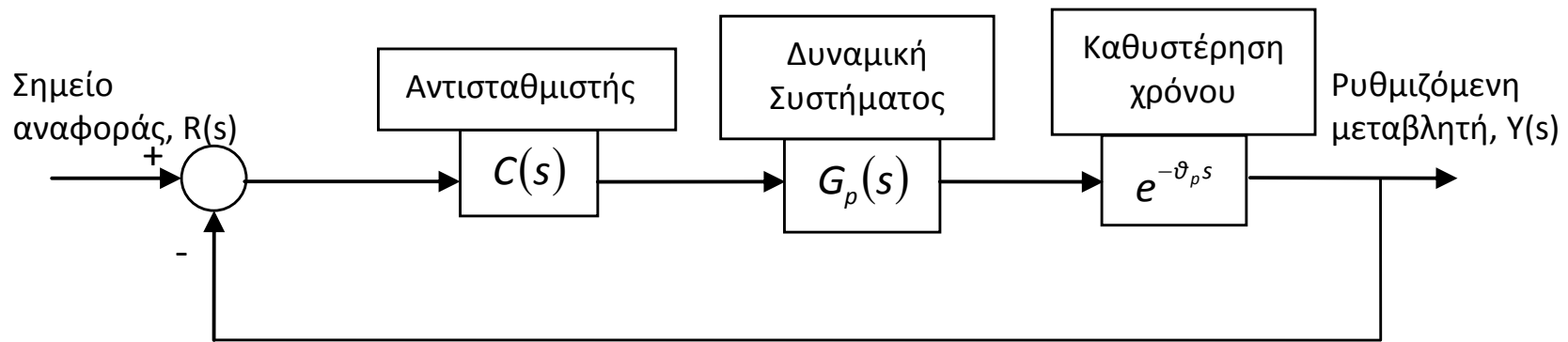


Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου

- Καθυστέρηση χρόνου στη μετάδοση σήματος (π.χ. μετάδοση ανάμεσα σε επίγειο και ένα διαστημικό σταθμό).
- Καθυστέρηση χρόνου λόγω μεταφοράς ρευστών.
- Χρόνος παραγωγής και μεταφοράς προϊόντων σε σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Πολλαπλά δυναμικά συστήματα 1^{ης} τάξης σε σειρά.



Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου



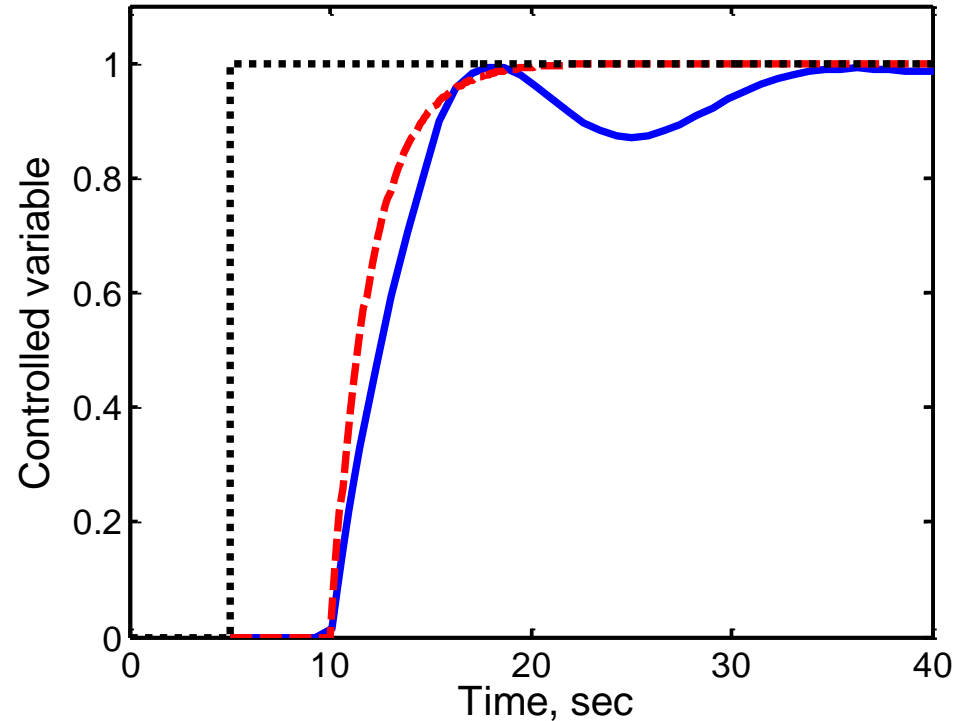
Σύστημα 1^{ης} τάξης με νεκρό χρόνο.

Σταθερά χρόνου 2 s – νεκρός χρόνος 5 s

Ανοικτός βρόχος

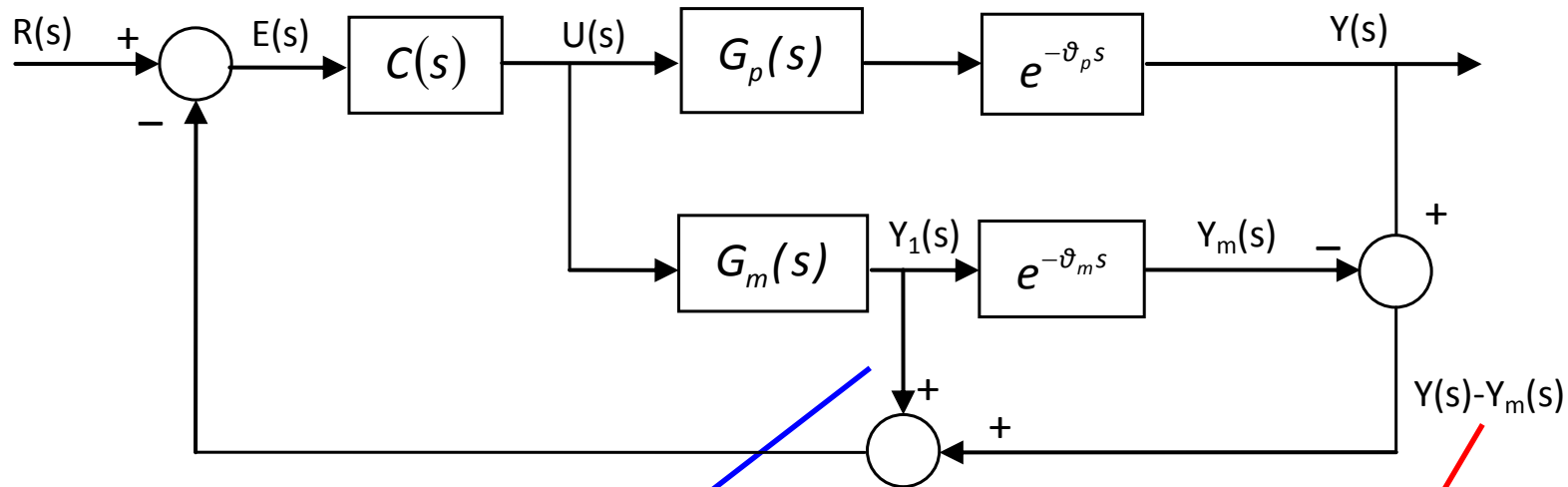
Κλειστός βρόχος (PI)

Ο κλειστός βρόχος απορυθμίζεται (αργή απόκριση) για να αντιμετωπιστεί ο μεγάλος σε σχέση με τη σταθερά χρόνου νεκρός χρόνος.



Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου

- Επιθυμείται η απομάκρυνση της καθυστέρησης χρόνου από το βρόχο για καλύτερη επίδοση του ελεγκτή.
- Χρήση μοντέλου διεργασίας $G_m(s)e^{-\vartheta_m s}$ παράλληλα με τη διεργασία.



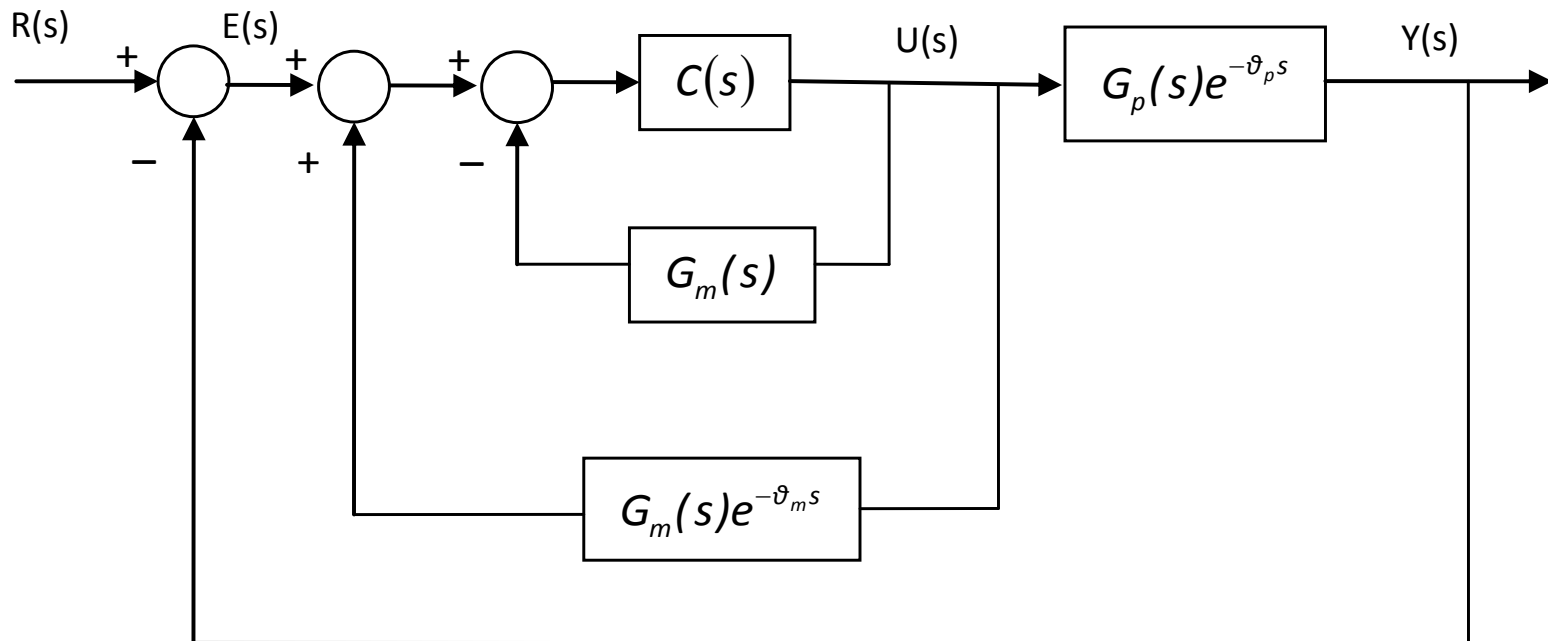
Απόκριση μοντέλου
απαλλαγμένη από
καθυστέρηση χρόνου.

Διαφορά (σφάλμα)
διεργασίας-μοντέλου.



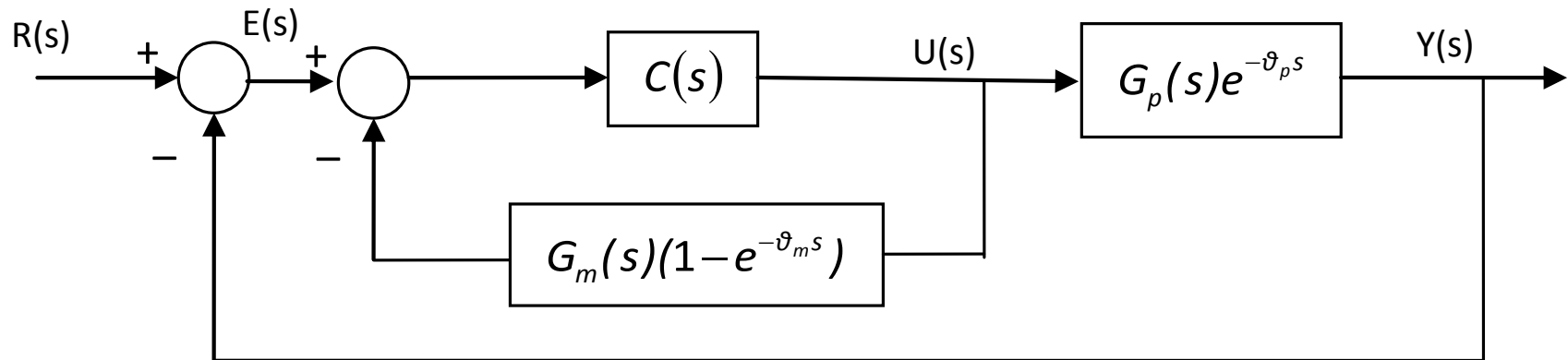
Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου

Αντισταθμιστής Smith



Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου

Αντισταθμιστής Smith



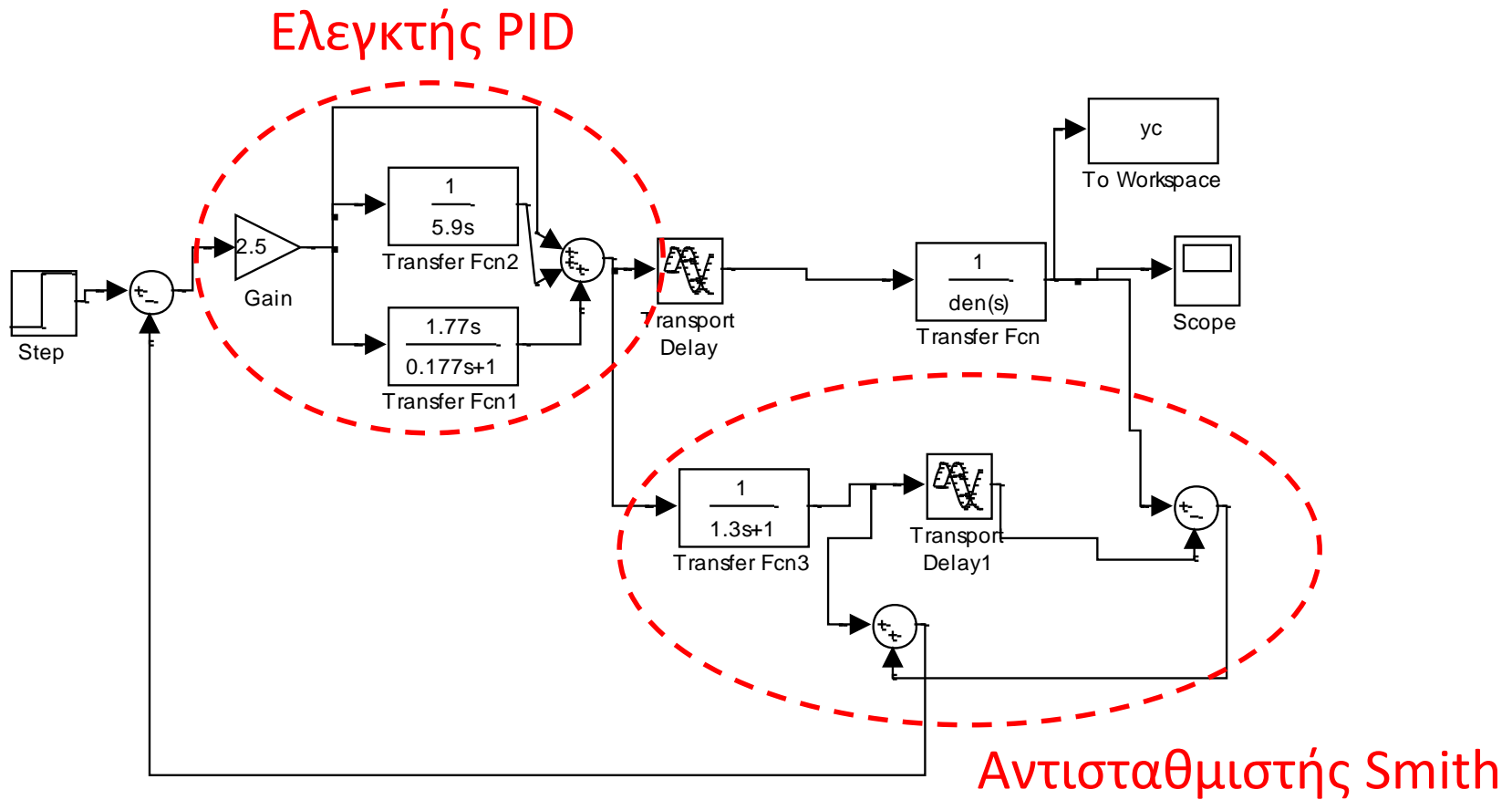
Συνάρτηση μεταφοράς κλειστού βρόχου.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{C(s)G_p(s)e^{-\vartheta_p s}}{1 + C(s)G_m(s) + C(s)\left\{G_p(s)e^{-\vartheta_p s} - G_m(s)e^{-\vartheta_m s}\right\}}$$

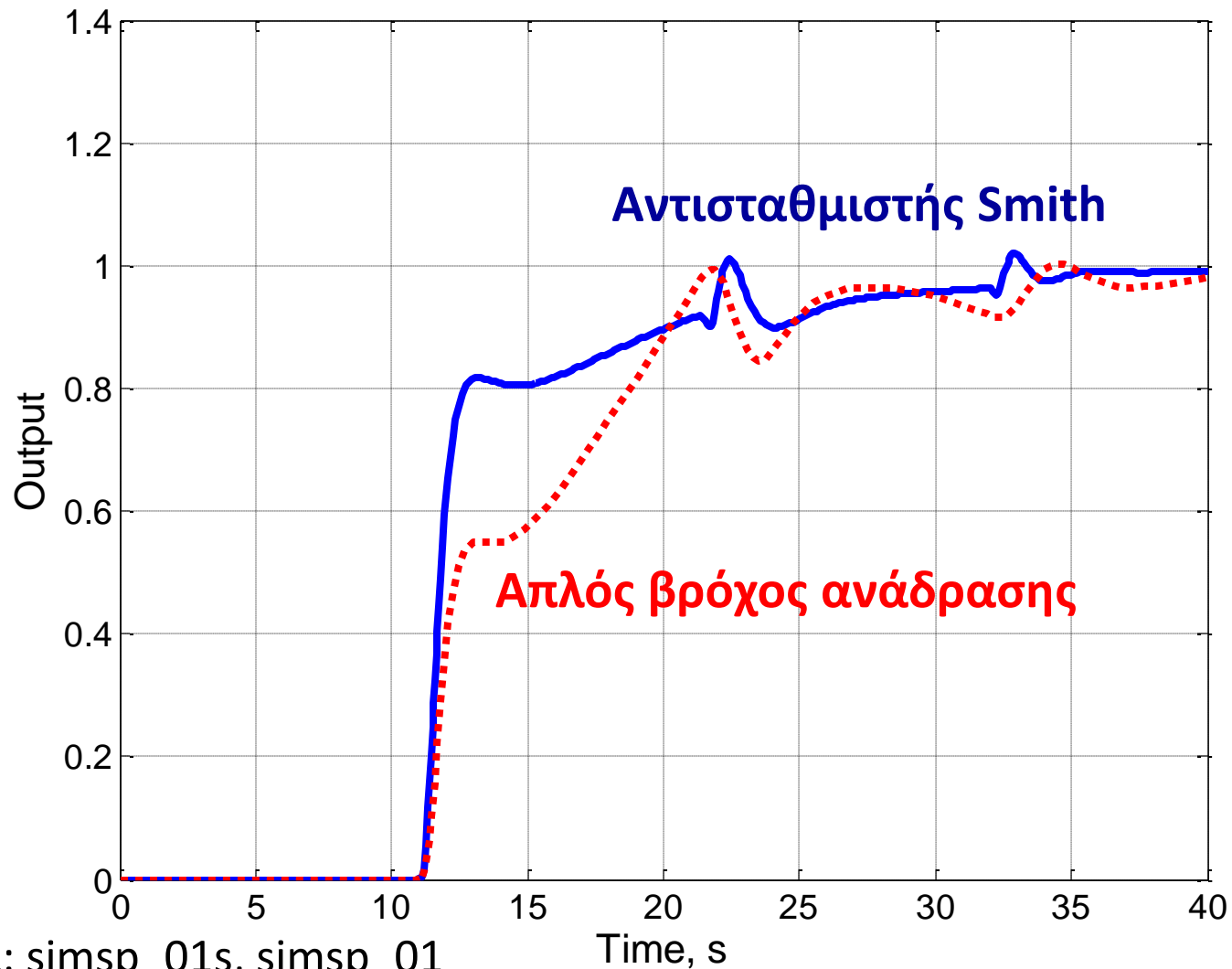
Διαφορά (σφάλμα)
διεργασίας-μοντέλου.



Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου SIMULINK



Αντιστάθμιση καθυστέρησης χρόνου SIMULINK



αρχεία: simsp_01s, simsp_01



Επίτευξη μαθησιακών στόχων

Στο τέλος αυτής της ενότητας ο/η εκπαιδευόμενος/η θα πρέπει να μπορεί να:

- Αποφασίζει εάν ο έλεγχος διαδοχικών βρόχων είναι ενδεδειγμένος σε ένα σύστημα ελέγχου απλής ανάδρασης.
- Σχεδιάζει ένα σύστημα διαδοχικών βρόχων.
- Αποφασίζει εάν ο έλεγχος πρόδρασης είναι ενδεδειγμένος σε ένα σύστημα ελέγχου απλής ανάδρασης.



Επίτευξη μαθησιακών στόχων

Στο τέλος αυτής της ενότητας ο/η εκπαιδευόμενος/η θα πρέπει να μπορεί να:

- Σχεδιάζει ένα σύστημα με έλεγχο πρόδρασης και ανάδρασης.
- Σχεδιάζει ένα αντισταθμιστή καθυστέρησης χρόνου σε βρόχο ελέγχου ανάδρασης.





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Δρ Παπαδόπουλος Αθανάσιος
Δρ Αγγελική Μονέδα
Θεσσαλονίκη, Μάιος 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ