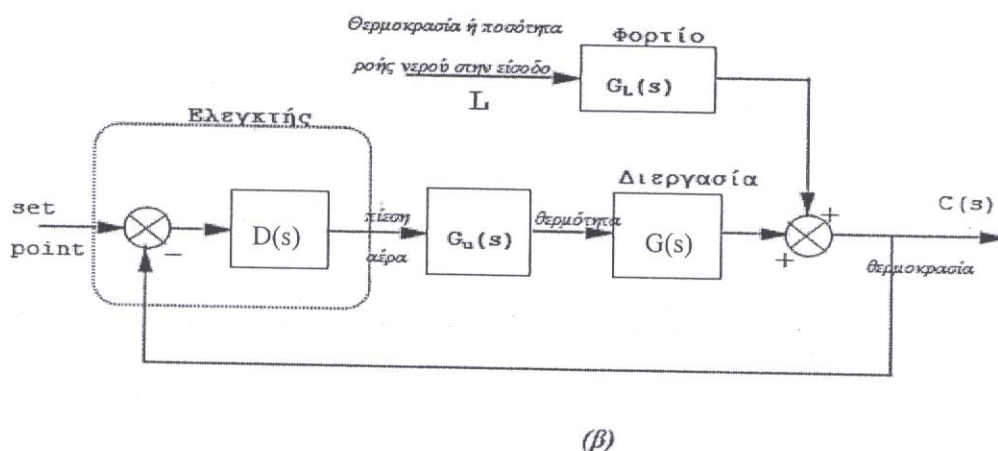
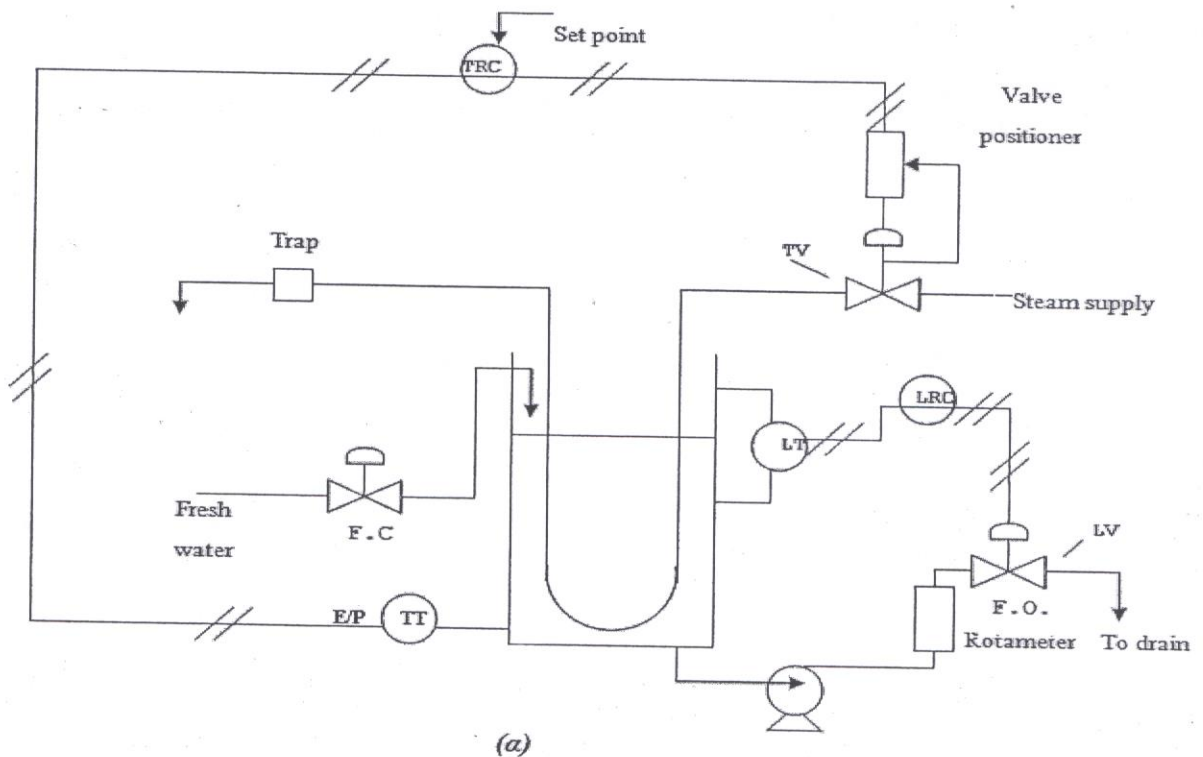


Ο προσωτροφοδοτικός (feedforward) έλεγχος είναι ο πιο εύχρηστος τρόπος ελέγχου στην βιομηχανία και υλοποιείται με αναλογικό hardware. Στόχος του είναι η ασφάλεια του συστήματος από ζημιογόνες επιδράσεις των διαταραχών που συνήθως προκαλούνται από μεταβολές φορτίου. Με σωστό σχεδιασμό και συντονισμό ο προσωτροφοδοτικός έλεγχος επιτυγχάνει την εξουδετέρωση των διαταραχών στο σύστημα.

Στο Σχ.3.8 φαίνεται μια απλή διεργασία που αποτελείται από την συνεχή θέρμανση του νερού σε ένα βυτίο (δοχείο) και το αντίστοιχο μπλοκ διάγραμμα. Στην περίπτωση αυτή τα φορτία της διεργασίας (διαταραχές) είναι η ποσότητα ροής και η θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας. Συνήθως η εισερχόμενη ποσότητα νερού, προέρχεται από άλλο σημείο του εργοστασίου και δεν είναι αντικείμενο ελέγχου. Αν η θερμοκρασία του εισερχόμενου νερού στο δοχείο, μεταβληθεί, η εξερχόμενη μεταβλητή εξόδου (δηλαδή η θερμοκρασία του νερού στο δοχείο) θα μεταβληθεί αντίστοιχα. Το σύστημα θα βρίσκεται σε διαταραχή, μέχρις ότου ο αναδραστικός έλεγχος επαναφέρει την μεταβλητή εξόδου στην επιθυμητή τιμή (set point). Ο αναδραστικός έλεγχος μπορεί να βελτιώσει την απόκριση του συστήματος.

Οι άγνωστες διαταραχές (μεταβολή φορτίου) ανιχνεύονται, στη συνέχεια προσαρμόζεται το σήμα στην έξοδο του στοιχείου ελέγχου $G_U(s)$ προκειμένου να εξουδετερωθούν οι διαταραχές και να διατηρηθεί σταθερή η τιμή της μεταβλητής στην έξοδο.



Σχ.3.8 (α) Σύστημα Ελέγχου Θερμοκρασίας, (β) block διάγραμμα

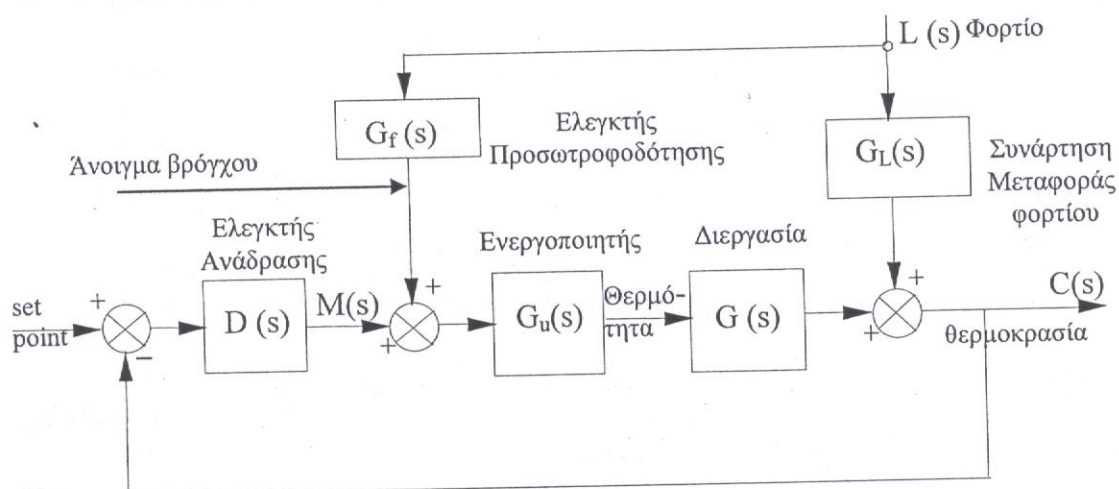
Από το Σχ.3.8 βρίσκεται η εξίσωση σχεδιασμού του προσωτροφοδότη ελεγκτή:

$$C(s) = \frac{G_L(s)}{1 + D(s)G_u(s)G(s)} L(s)$$

Υπό ιδανικές συνθήκες η απόκλιση της μεταβλητής $C(s)$ πρέπει να είναι μηδενική για κάθε διαταραχή $L(s)$. Η απόκλιση της $C(s)$ μειώνεται από μεγάλο $D(s)$ (υψηλό κέρδος ελεγκτή) αλλά το μέγεθος της $D(s)$ περιορίζεται από φυσικές παραμέτρους και από την ευστάθεια του συστήματος.

Στο σύστημα με ανάδραση, το σφάλμα στέλνεται στον ελεγκτή $D(s)$ ο οποίος προσαρμόζει αντίστοιχα το σήμα στην έξοδό του προκειμένου να εξαλειφθεί η επίδραση της

διαταραχής στην έξοδο της διεργασίας $C(s)$. Αλλά ας υποθέσουμε πως είναι δυνατό να ανιχνευθεί (μετρηθεί) το σήμα της διαταραχής $L(s)$, δηλαδή η μεταβολή φορτίου που προκαλεί διαταραχή στην έξοδο της διεργασίας $C(s)$ και να αποσταλεί απευθείας στον ελεγκτή $G_f(s)$. Ο ελεγκτής, με βάση το σήμα αυτό, θα υπολογίσει τη νέα τιμή της μεταβλητής προσαρμογής και να προωθήσει το αντίστοιχο σήμα στο τελικό στοιχείο ελέγχου $G_u(s)$ (βαλβίδα). Κατ' αυτόν τον τρόπο δεν θα προκληθεί μεταβολή της εξόδου $C(s)$ της διεργασίας από τη μεταβολή φορτίου $L(s)$. Το νέο διάγραμμα του συστήματος, που περιλαμβάνει τα παραπάνω δίνεται στο Σχ.3.9.



Σχ.3.9 Σύστημα με προσωτροφοδοτικό έλεγχο.

Παρατηρούμε ότι το σήμα διαταραχής $L(s)$ μετρείται πριν εισέλθει στην διεργασία και στέλνεται στον προσωτροφοδότη ελεγκτή $G_f(s)$. Ο ελεγκτής στέλνει σήμα στον ενεργοποιητή $G_u(s)$ προκειμένου το σήμα στην έξοδό του να προσαρμοστεί για την εξουδετέρωση της διαταραχής $L(s)$. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα προσαρμόζεται ταυτόχρονα με την επίδραση της διαταραχής στο σύστημα.

Για κλειστό βρόγχο από το διάγραμμα (Σχ.3.9):

$$C(s) = \frac{G_L(s) + G(s)G_u(s)G_f(s)}{1 + D(s)G_u(s)G(s)} L(s)$$

Για ανοιχτό βρόγχο χωρίς ανάδραση: $C(s) = L(s) [G_L(s) + G(s)G_u(s)G_f(s)]$

Όπου $G_f(s)$ είναι η συνάρτηση μεταφοράς του προσωτροφοδότη ελεγκτή. Τα $G_L(s)$, $G_u(s)$ και $G(s)$ είναι γνωστά.

Για να γίνει η $C(s) = 0$, πρέπει η συνάρτηση που βρίσκεται στην αγκύλη να γίνει 0.

$$G_f(s) = -\frac{G_L(s)}{G_u(s)G(s)}$$

οπότε, από την παραπάνω εξίσωση, η $C(s)$ είναι πάντα μηδέν για οποιαδήποτε τιμή της $L(s)$.

Η εξίσωση, λοιπόν, αποτελεί τη βάση για σχεδιασμό του προσωτροφοδότη ελεγκτή. Ο προσωτροφοδοτικός έλεγχος, πριν ελαχίστων εξαιρέσεων, χρησιμοποιείται πάντα σε συνδυασμό με τον αναδραστικό έλεγχο. Έτσι αποφεύγονται αποκλίσεις στη μεταβλητή της εξόδου που οφείλονται στα μοντέλα των G_L , G_u , G , δηλαδή έχουμε μεγάλη ακρίβεια.

Στο διάγραμμα υπάρχουν δύο ελεγκτές, ο προσωτροφοδότης που εξουδετερώνει τις επιδράσεις φορτίου και ο αναδραστικός που εξουδετερώνει ανακρίβειες του μοντέλου και άλλες μη μετρούμενες διαταραχές. Επομένως χρειάζεται η γνώση των $G(s)$, $G_u(s)$, $G_L(s)$ που είναι συναρτήσεις μεταφοράς ανοικτού βρόγchu και μπορούν να υπολογισθούν από το μαθηματικό μοντέλο ή από εμπειρικό τρόπο ελέγχου σε επίδραση παλμού ή βηματική είσοδο.

Η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των $G_u(s)$, $G(s)$ δίνεται παρακάτω :

1. Ο αναδραστικός ελεγκτής τοποθετείται στη θέση “χειροκίνητο” και αποσυνδέεται ο προσωτροφοδοτικός ελεγκτής δηλαδή, ανοίγεται το κύκλωμα στη θέση που φαίνεται στο Σχ.3.9.
2. Έναρξη διεργασίας και ταυτόχρονα γίνεται προσαρμογή της εξόδου του αναδραστικού ελεγκτή μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή απόκριση στην αποκατάσταση (steady state).
3. Εισάγεται παλμός στην έξοδο του αναδραστικού ελεγκτή $M(s)$ και καταγράφεται η χρονική απόκριση της μεταβλητής εξόδου $C(s)$ (μεταβατική απόκριση).
4. Γίνεται ανάλυση του παλμού κατά Fourier και βρίσκουμε το διάγραμμα απόκρισης συχνότητας του συστήματος ανοικτού βρόγchu.
5. Βρίσκεται εμπειρικά η συνάρτηση μεταφοράς από το διάγραμμα BODE. Αυτή η συνάρτηση μεταφοράς αντιπροσωπεύει το γινόμενο $G_u(s)G(s)$.
6. Με τη διεργασία σε λειτουργία στην αποκατάσταση (steady state) και τον ελεγκτή στη θέση “χειροκίνητο”, εισάγεται κατάλληλος παλμός στο φορτίο $L(s)$ και καταγράφεται η μεταβολή εξόδου $C(s)$.
7. Μετά από ανάλυση του παλμού δοκιμής (test data) όπως προηγουμένως υπολογίζεται η $G_L(s)$.