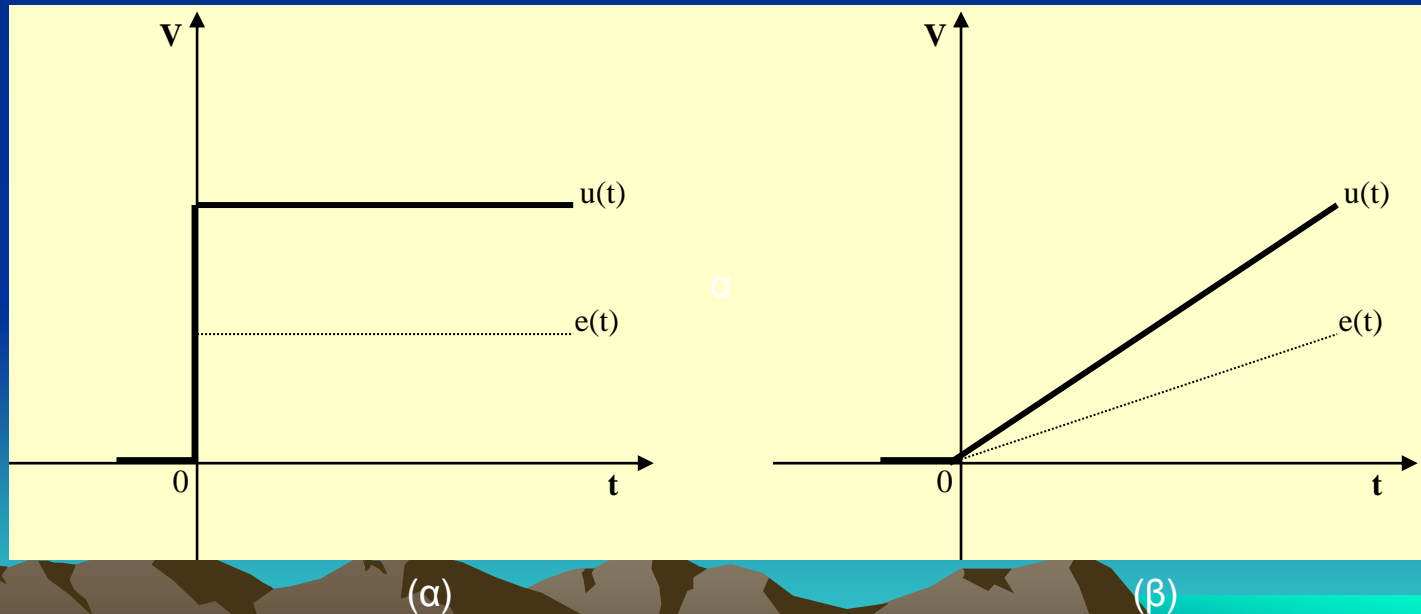


Αναλογικός ελεγκτής P (Proportional controller)

Είναι ο ελεγκτής ο οποίος δίνει στην έξοδο του, σήμα ανάλογο του σφάλματος που δέχεται στην είσοδο. Η σχέση που προσδιορίζει την συμπεριφορά του ελεγκτή είναι η εξής: $u(t)=K_p e(t)$ όπου K_p είναι το αναλογικό κέρδος (gain) του ελεγκτή.

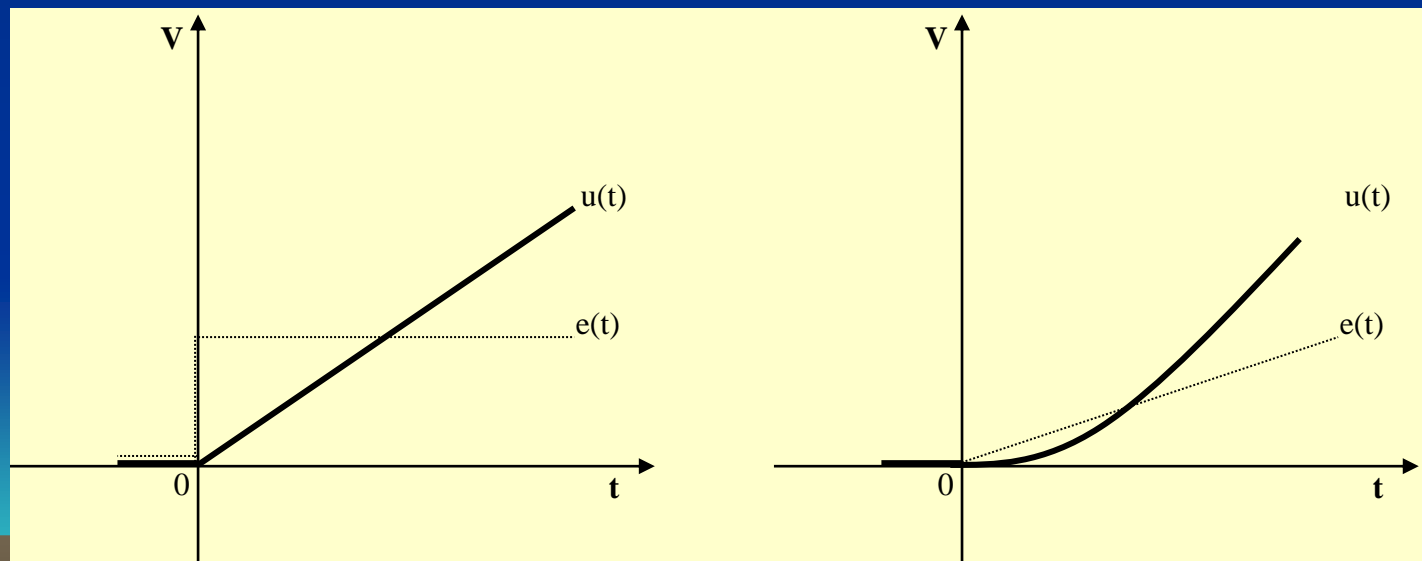
Οι αποκρίσεις (responses), (α) βηματική (step) και (β) αναρρίχησης (ramp) του αναλογικού ελεγκτή P φαίνονται παρακάτω.



Ολοκληρωτικός ελεγκτής I (Integral controller)

Ο ελεγκτής δίνει στην έξοδο του σήμα ανάλογο του ολοκληρώματος του σφάλματος συναρτήσει του χρόνου. Η σχέση που προσδιορίζει την συμπεριφορά του ελεγκτή είναι: $u(t) = K_I \int e(t) dt$ όπου K_I είναι το ολοκληρωτικό κέρδος (gain) του ελεγκτή.

Οι αποκρίσεις, βηματική (α) και αναρρίχησης (β) του ολοκληρωτικού ελεγκτή I φαίνονται παρακάτω.



(α)

(β)

Αναλογικός – Ολοκληρωτικός ελεγκτής PI (Proportional-Integral controller)

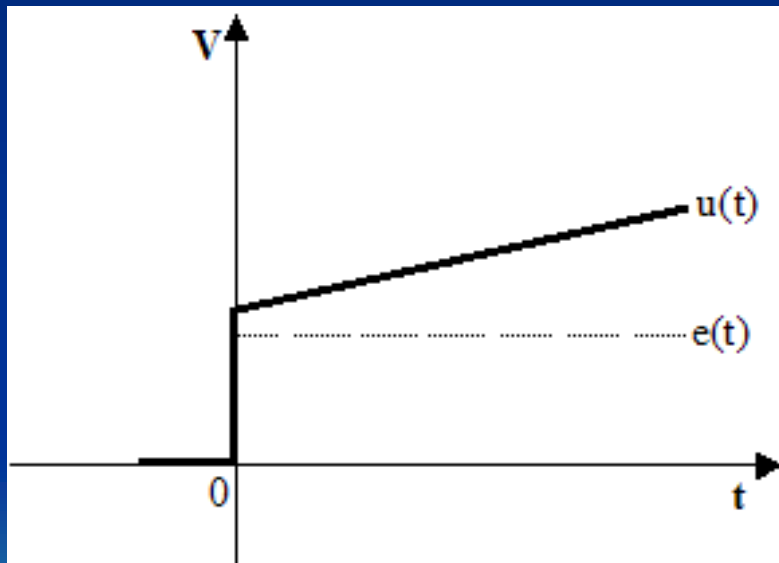
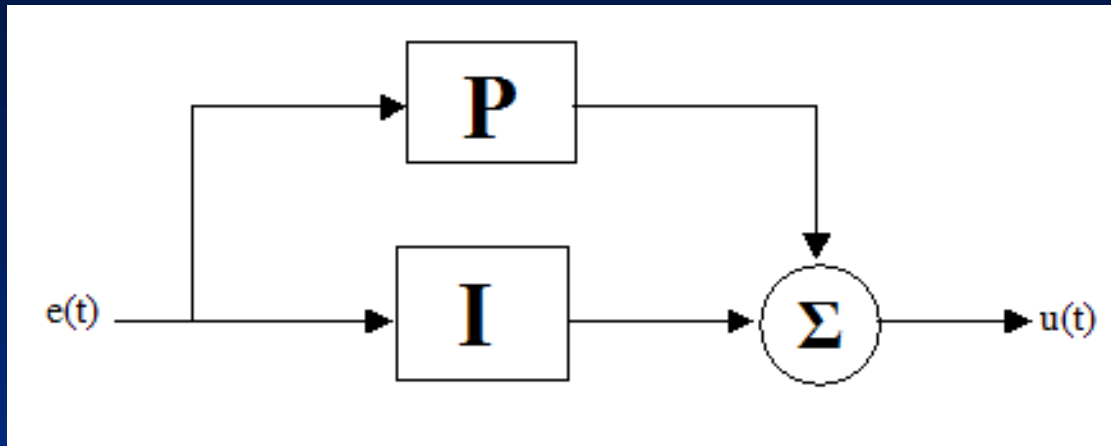
Ο ελεγκτής δύο όρων, Αναλογικός – Ολοκληρωτικός ελεγκτής PI, είναι ο πιο διαδεδομένος ελεγκτής στη βιομηχανία αφού εφαρμόζεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% των πρακτικών εφαρμογών.

Η σχέση που προσδιορίζει τη συμπεριφορά του ελεγκτή είναι η ακόλουθη:

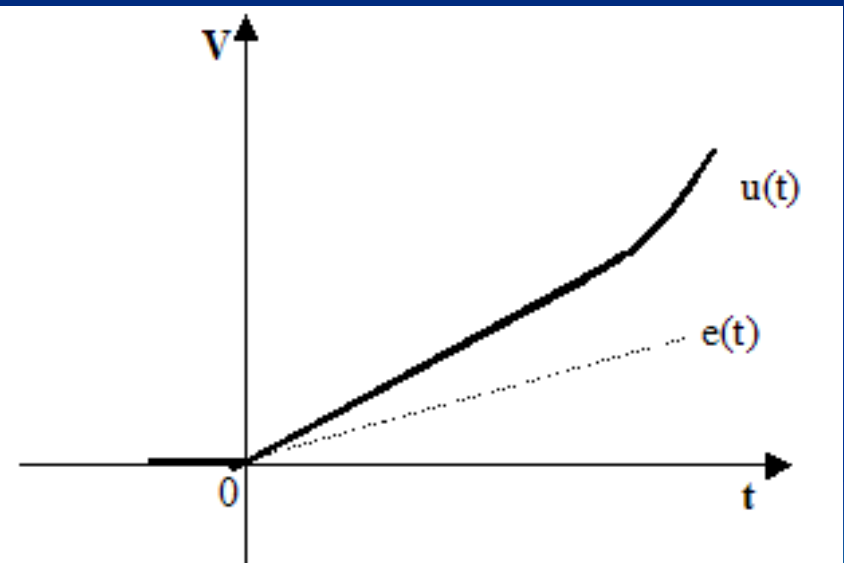
$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) dt$$

όπου K_p είναι το αναλογικό κέρδος του ελεγκτή P και K_I είναι το ολοκληρωτικό κέρδος του ελεγκτή I.

Οι αποκρίσεις, βηματική (α) και αναρρίχησης (β) του αναλογικού – ολοκληρωτικού ελεγκτή PI φαίνονται παρακάτω.



(α)



(β)

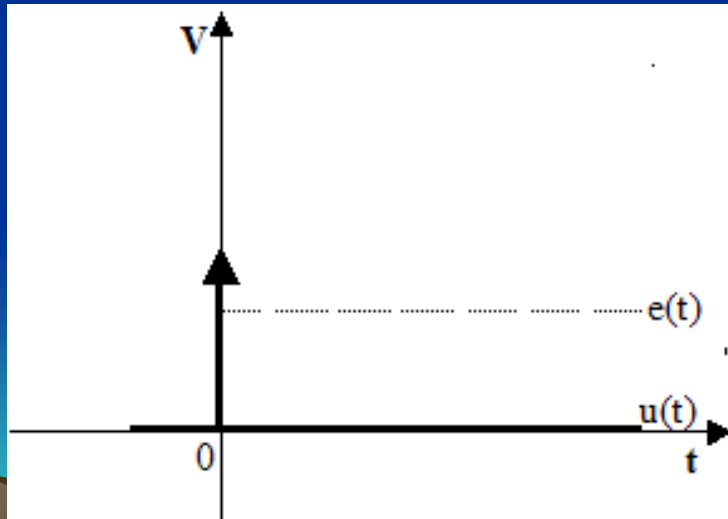
Διαφορικός ελεγκτής D (Derivative controller)

Ο Διαφορικός ελεγκτής D δίνει στην έξοδο του σήμα ανάλογο της μεταβολής του σφάλματος συναρτήσει του χρόνου. Η σχέση που προσδιορίζει τη συμπεριφορά του ελεγκτή είναι:

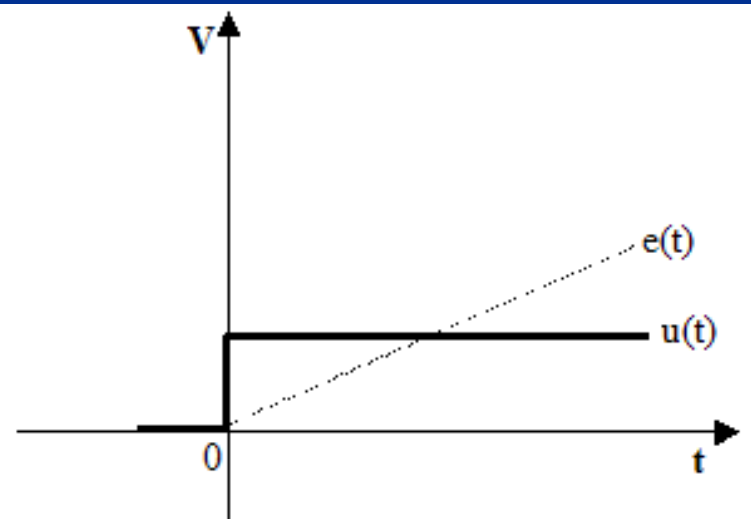
$$u(t) = K_D \frac{d(e(t))}{dt}$$

όπου K_D είναι διαφορικό κέρδος (gain) του ελεγκτή.

Οι αποκρίσεις, βηματική (α) και αναρρίχησης (β) του διαφορικού ελεγκτή D φαίνονται παρακάτω.



(α)



(β)

Αναλογικός – Διαφορικός ελεγκτής PD (Proportional-Derivative controller)

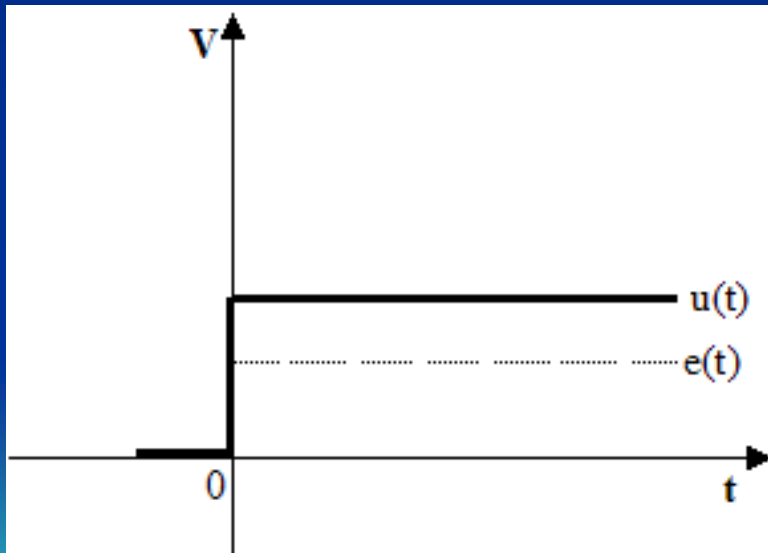
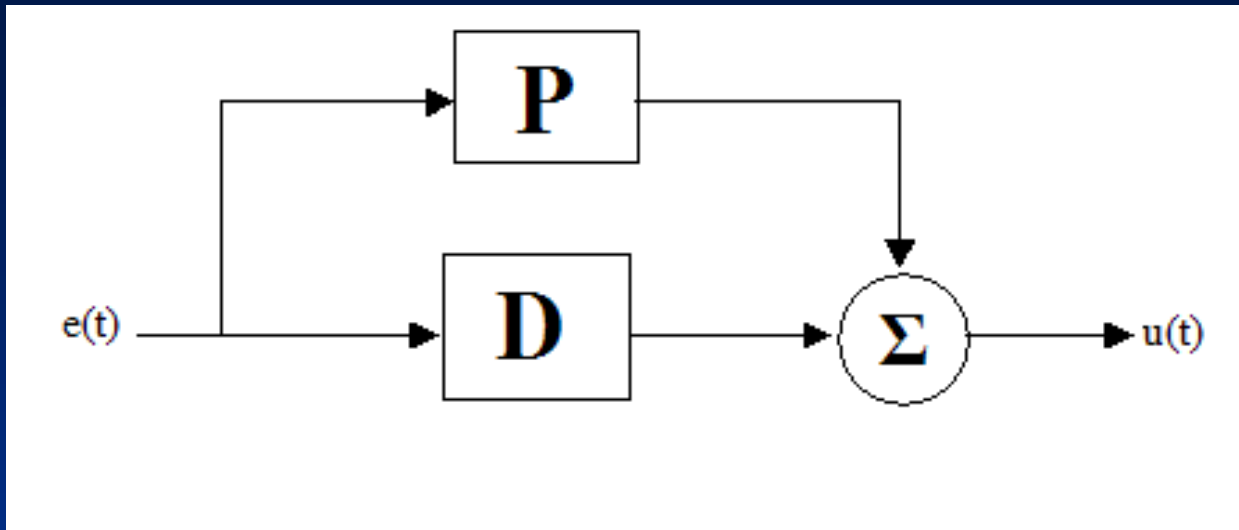
Ο ελεγκτής δύο όρων, Αναλογικός – Διαφορικός ελεγκτής PD, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που εμπειρεύουν κάποια καθυστέρηση ή αδράνεια και απαιτούν μία πρόβλεψη της εξόδου ώστε να δοθεί χρόνος στο σύστημα να αντιδράσει έγκαιρα στα όποια σφάλματα παρουσιαστούν.

Η σχέση που προσδιορίζει τη συμπεριφορά του ελεγκτή είναι η ακόλουθη:

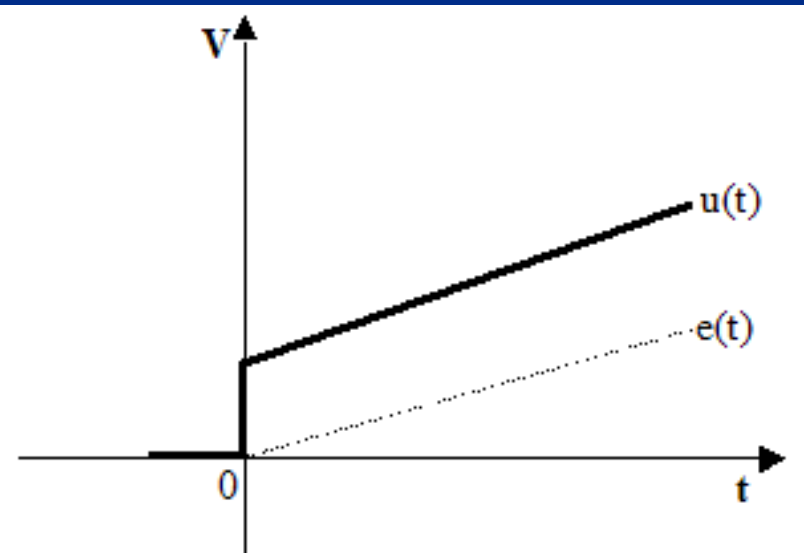
$$u(t) = K_p e(t) + K_D \frac{d(e(t))}{dt}$$

όπου K_p είναι το αναλογικό κέρδος του ελεγκτή P και K_D είναι διαφορικό κέρδος του ελεγκτή D.

Οι αποκρίσεις, βηματική (α) και αναρρίχησης (β) του αναλογικού – διαφορικού ελεγκτή PD φαίνονται παρακάτω.



(α)



(β)

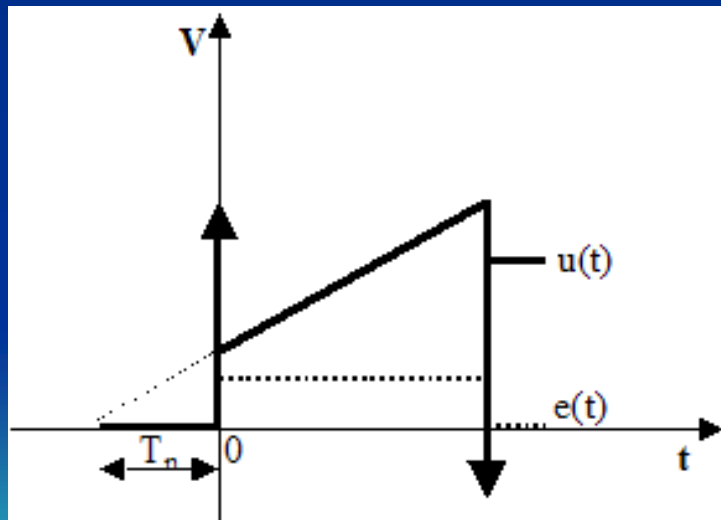
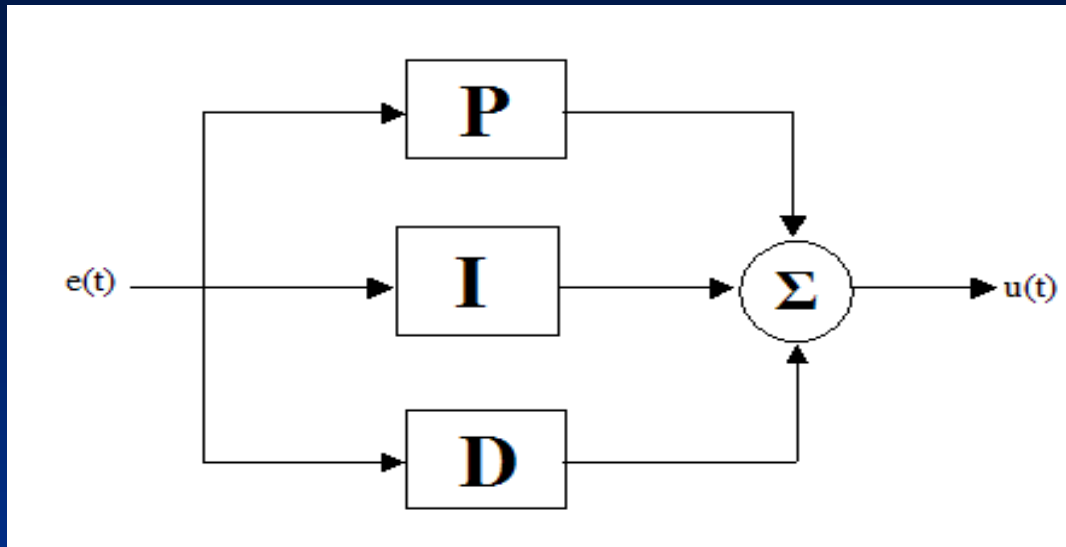
Αναλογικός – Ολοκληρωτικός - Διαφορικός ελεγκτής – PID (Proportional-Integral-Derivative controller)

Ο ελεγκτής τριών όρων, Αναλογικός – Ολοκληρωτικός – Διαφορικός ελεγκτής PID, χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια αφού αυξάνει την ταχύτητα απόκρισης του συστήματος, εξαλείφει τα σφάλματα μόνιμης κατάστασης και το κάνει περισσότερο ευσταθές. Η σχέση που προσδιορίζει τη συμπεριφορά του ελεγκτή είναι η ακόλουθη:

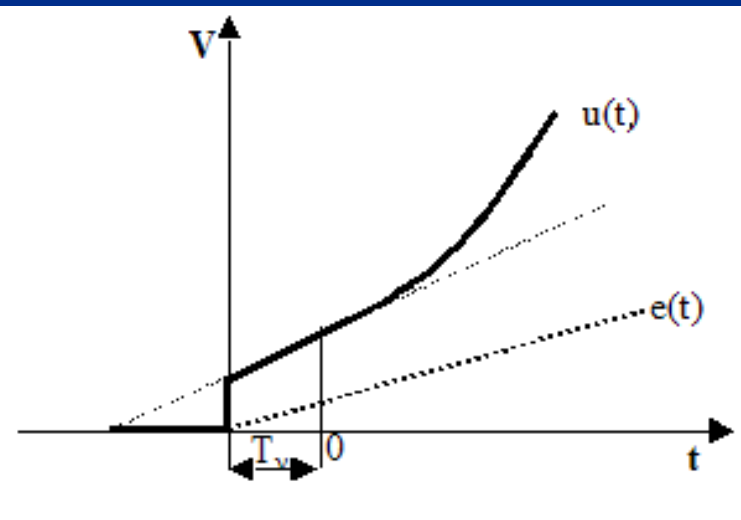
$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{d(e(t))}{dt}$$

όπου K_p είναι το αναλογικό κέρδος του ελεγκτή P, K_I είναι το ολοκληρωτικό κέρδος του ελεγκτή I και K_D είναι το διαφορικό κέρδος του ελεγκτή D.

Οι αποκρίσεις, βηματική (α) και αναρρίχησης (β) του αναλογικού – ολοκληρωτικού -διαφορικού ελεγκτή (PID) φαίνονται παρακάτω.

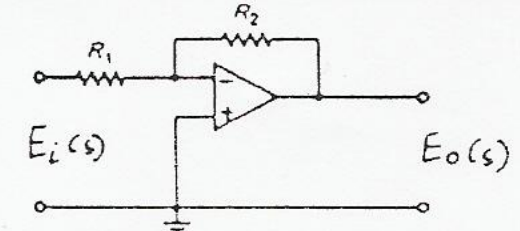
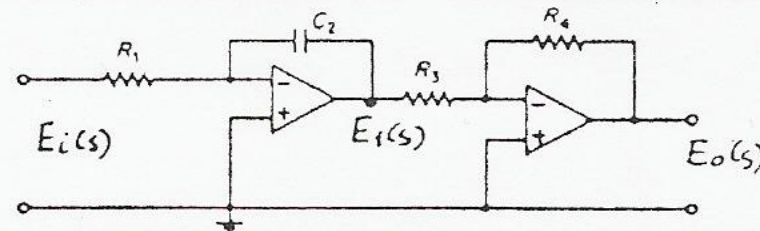
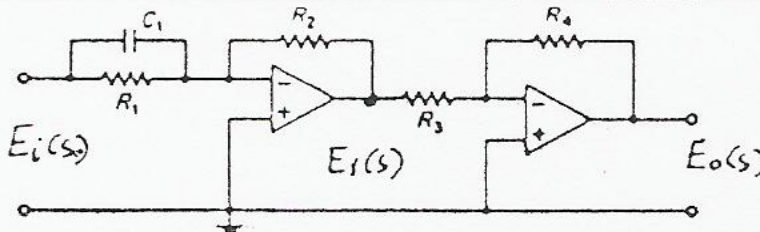
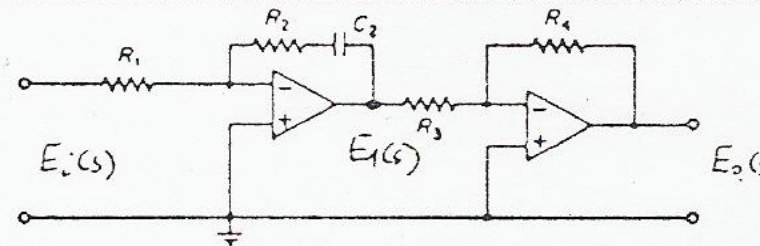


(α)



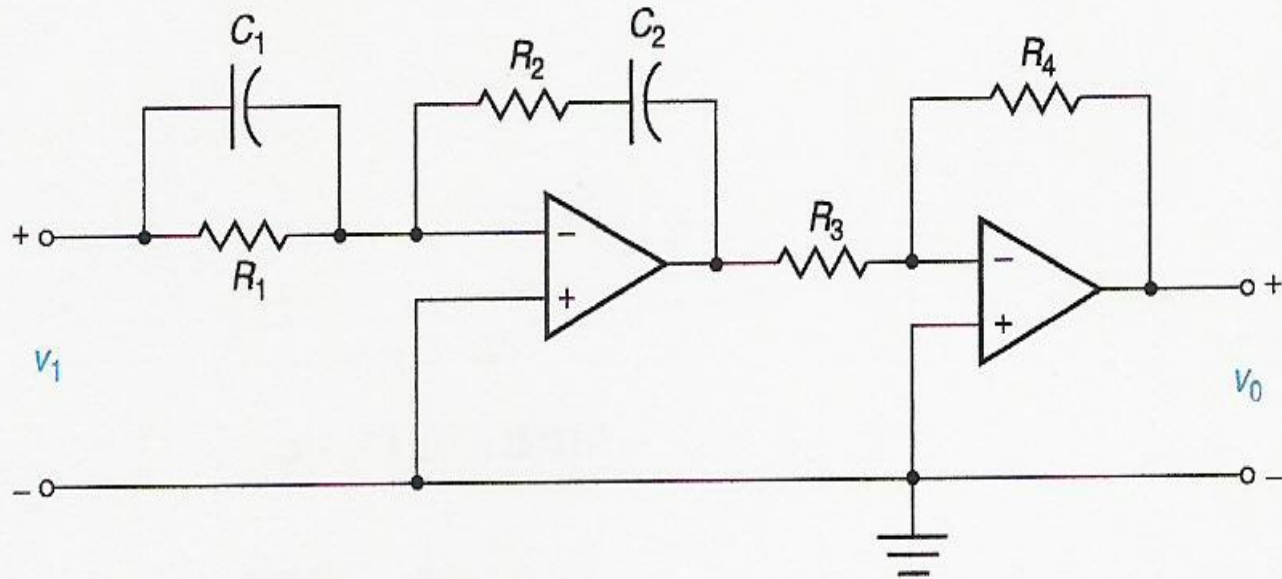
(β)

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ (PID circuits)

| | Είδος Ρυθμιστή | Συνάρτηση Μεταφοράς $G(s) = \frac{E_o(s)}{E_i(s)}$ | Κύκλωμα τελεστικού ενισχυτή |
|---|----------------|--|---|
| 1 | P | $K_p = -\frac{R_2}{R_1}$ |  |
| 2 | I | $K_p \frac{1}{T_i s}$ $K_p = \frac{R_4}{R_3}$, $T_i = R_1 C_2$ |  |
| 3 | PD | $K_p (1 + T_d s)$ $K_p = \frac{R_4 R_2}{R_3 R_1}$, $T_d = R_1 C_1$ |  |
| 4 | PI | $K_p (1 + \frac{1}{T_i s})$ $K_p = \frac{R_4 R_2}{R_3 R_1}$, $T_i = R_2 C_2$ |  |

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ (PID circuits)

$$G_d(s) = \frac{V_0(s)}{V_1(s)} = \frac{R_4 R_2 (R_1 C_1 s + 1)(R_2 C_2 s + 1)}{R_3 R_1 (R_2 C_2 s)}$$



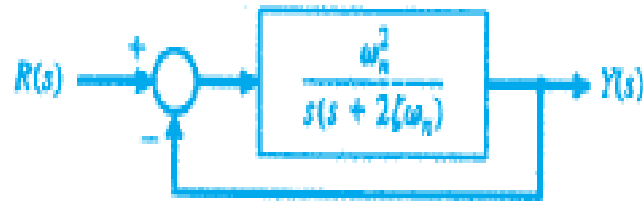
Σχήμα 12.39 Μια διάταξη τελεστικών ενισχυτών η οποία χρησιμοποιείται για την υλοποίηση ενός ελεγκτή PID.

ΑΠΟΚΡΙΣΗ Σ.Κ.Β.

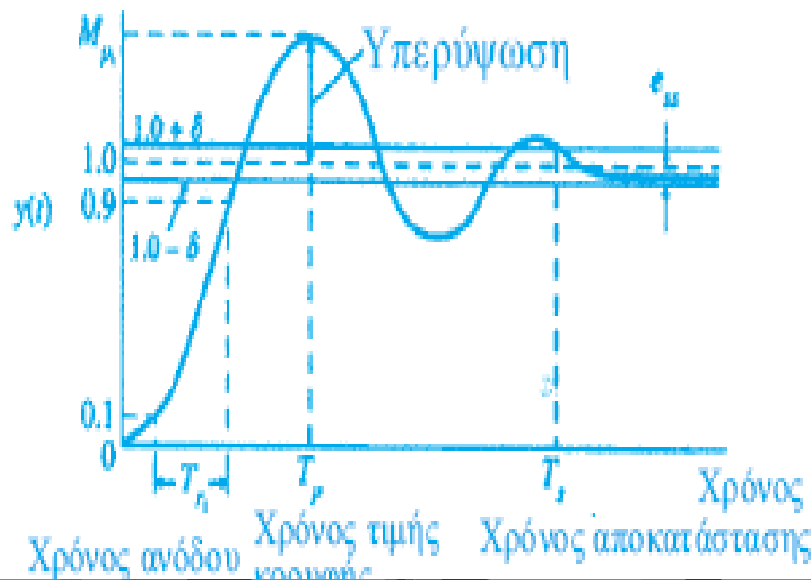
| | ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΔΟΥ | ΥΠΕΡΥ- ΨΩΣΗ | ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑ- ΣΤΑΣΗΣ | ΣΦΑΛΜΑ ΜΟΝ. ΚΑΤ. |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Kp | Μείωση | Αύξηση | Μικρή αλλαγή | Μείωση |
| Ki | Μείωση | Αύξηση | Αύξηση | Εξαφάνιση |
| Kd | Μικρή αλλαγή | Μείωση | Μείωση | Μικρή αλλαγή |

Επιλεγμένοι Τύποι Σχεδίασης

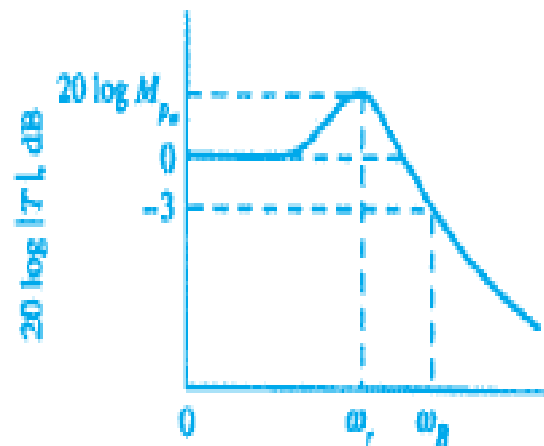
Ένα σύστημα κλειστού βρόχου δεύτερης τάξης



ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΛΑΤΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ



Επιλεγμένοι Τύποι Σχεδίασης

- Χρόνος Αποκατάστασης (μέχρι την εμφάνιση διαφοράς το πολύ 2% από την τελική τιμή)

$$T_s = \frac{4}{\zeta\omega_n}$$

- Μέγιστη τιμή Πλάτους ($\zeta \leq 0.7$)

$$M_{p\omega} = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$$

- Εκατοστιαίο ποσοστό υπερύψωσης

$$M_{p_t} = 1 + e^{-\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2}}$$

και

$$P.O. = 100e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}}$$

- Χρόνος τιμής κορυφής

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$$

- Συχνότητα συντονισμού ($\zeta \leq 0.7$)

$$\omega_r = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2}$$

- Χρόνος Ανόδου (ο χρόνος που απαιτείται μέχρι η έξοδος του συστήματος να μεταβεί από το 10% στο 90% της τελικής της τιμής)

$$T_{r_1} = \frac{2.16\zeta + 0.60}{\omega_n} \quad (0.3 \leq \zeta \leq 0.8)$$

- Εύρος Ζώνης ($0.3 \leq \zeta \leq 0.8$)

$$\omega_B = (-1.196\zeta + 1.85)\omega_n$$

Ελεγκτής PID:

$$G_c(s) = K_p + K_D s + \frac{K_I}{s} = \frac{(s + z_1)(s + z_2)}{s}$$

ΑΝΑΘΕΣΗ 1^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δίνεται Σύστημα RRC με $R_1=100\text{k}\Omega$, $R_2=100\text{k}\Omega$ και $C=1\mu\text{F}$.
Να υπολογιστεί και να υλοποιηθεί κατάλληλος ελεγκτής PI,
έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι παρακάτω προδιαγραφές:

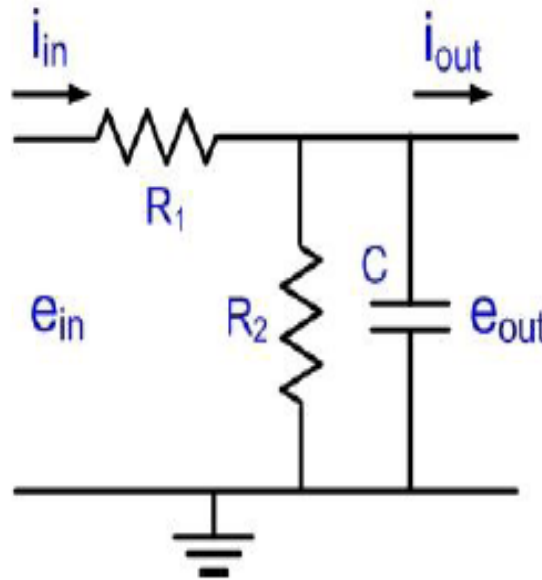
$$t_{r_{10\%-90\%}} \leq 0.015 \text{ sec}$$

$$M_p \leq 25\%$$

$$t_{s_{1\%}} \leq 0.09 \text{ sec}$$

$$\text{Control Effort} \leq 13 \text{ V}$$

$$\text{SS Error} = 0$$



Electrical
Physical
System

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ 1^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ

