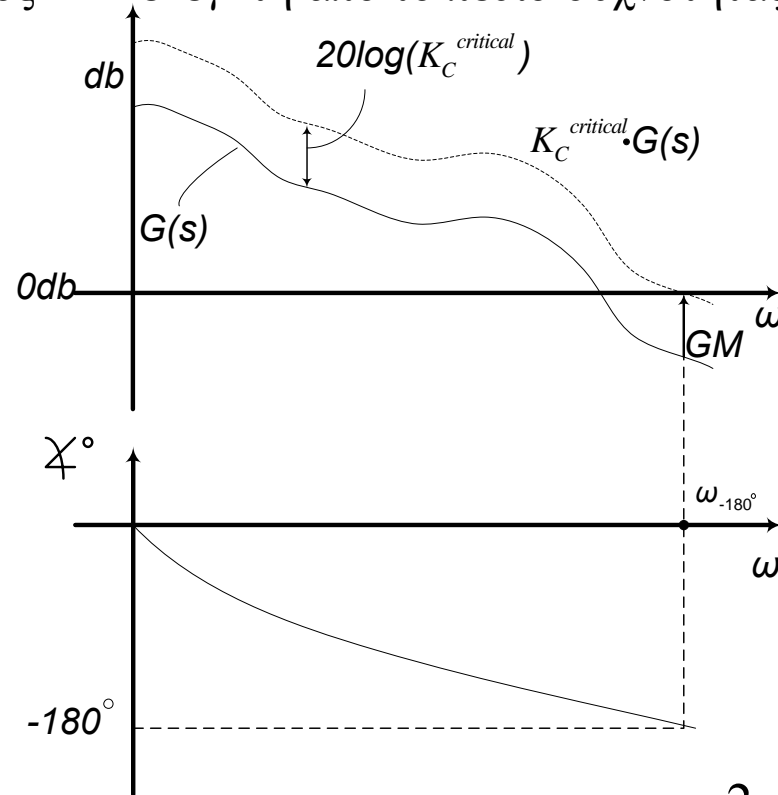


# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

Συντονισμός PID-ελεγκτή από το πεδίο συχνότητας



Από το Bode-διάγραμμα μέτρου  $K_C^{critical} = 10^{\frac{GM}{20}}$   $p_u = \frac{2\pi}{\omega_{-180^\circ}}$



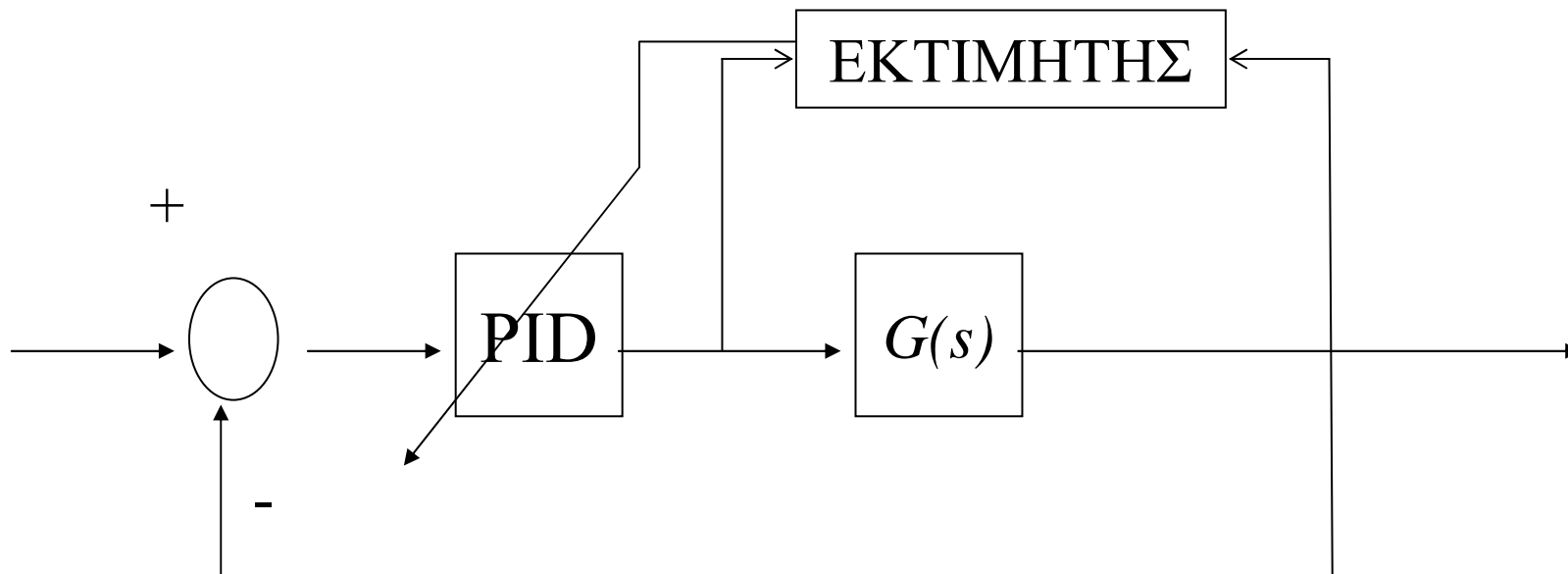
# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Z-N ΜΕΘΟΔΟΥ

- Για το συντονισμό των PID παραμέτρων απαιτείται η λειτουργία του κλειστού συστήματος σε συνθήκες “κρίσιμης ευστάθειας”.
- Η Z-N μέθοδος προτείνει όρια εκτός των οποίων βρίσκονται οι PID παράμετροι
- Για τον “on-line” συντονισμό των P-I-D παραμέτρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία “ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ”

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

## ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Z-N ΜΕΘΟΔΟΥ



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

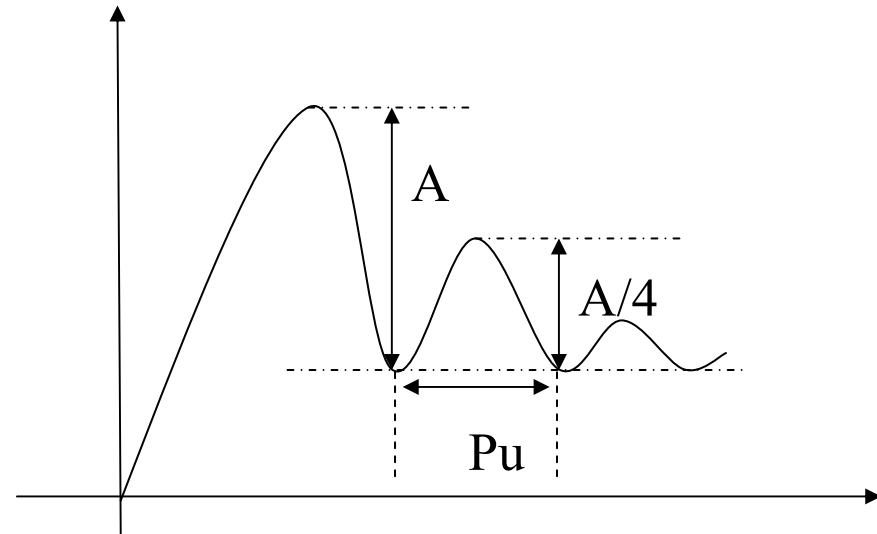
## Συντονισμός PID παραμέτρων με την μέθοδο ενός “τέταρτου εύρους απόκρισης”

Ρύθμιση κέρδους  $K_C = K_C^{1/4}$  (με  $K_I = K_D = 0$ ) έτσι ώστε η απόκριση του κλειστού συστήματος σε βηματική είσοδο να είναι:

$$P: K_C = K_C^{1/4}$$

$$PI: K_C = K_C^{1/4}, T_I > p_u$$

$$PID: K_C = K_C^{1/4}, T_I \geq \frac{p_u}{1.5}, T_D \geq \frac{p_u}{6}$$



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΙΘ ΕΛΕΓΚΤΩΝ

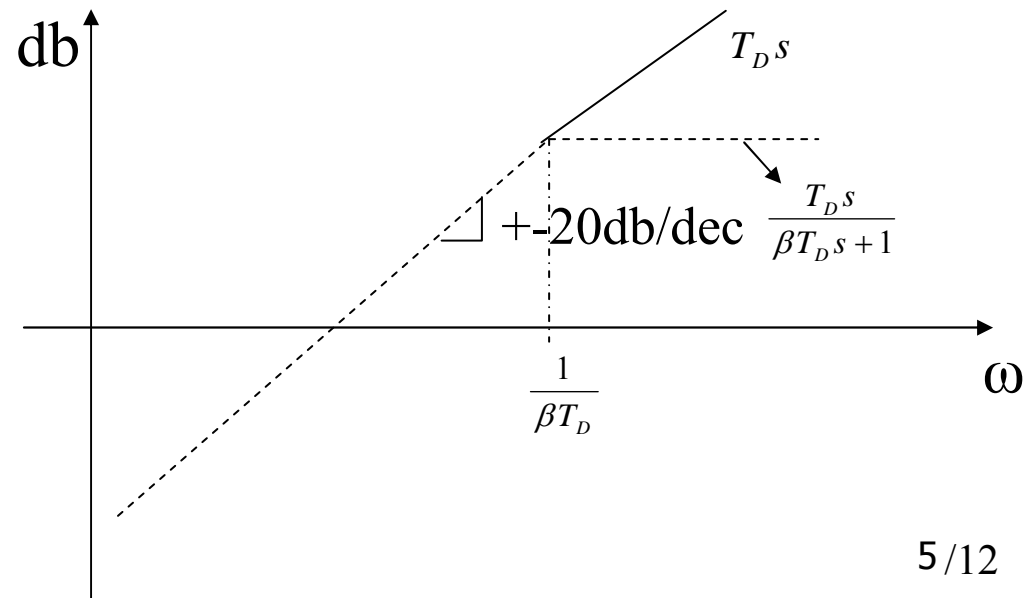
$$G_C(s) = \frac{K_P s + K_D s^2 + K_I}{s}$$

2-ΜΗΔΕΝΙΚΑ και 1-ΠΟΛΟΣ!!

ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ D-ΟΡΟΥ

$$G_C(s) = K_C \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right) \approx K_C \left(1 + \frac{1}{T_I s} \cdot \frac{T_D s}{\beta T_D s + 1}\right)$$

όπου  $0.01 \leq \beta \leq 0.1$





# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

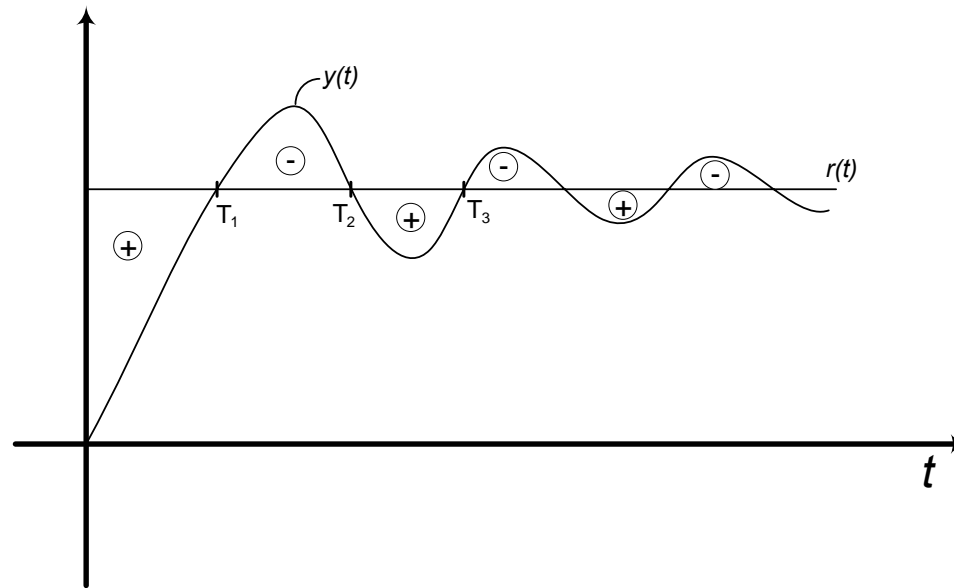
## Βελτιστοποίησης PID-ελεγκτή

Η Z-N μέθοδος παρέχει όρια εντός των οποίων βρίσκονται οι  $I$  και  $D$  παράμετροι

Θέσπιση κριτηρίων για βελτιστοποιημένη επιλογή PID-παραμέτρων

$$\text{Υιοθέτηση Integral Error} = \int_0^{\infty} e(t)dt \rightarrow \min_{P,I,D} \int_0^{\infty} e(t)dt$$

## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ



• Τίθεται θέμα με αποκρίσεις υποαποσβενυμένων συστημάτων, όπου προστίθενται τα εμβαδά  $\int_0^{T_1} e(t)dt > 0$ ,  $\int_{T_1}^{T_2} e(t)dt < 0, \dots$

• Δεν παρέχεται εγγύηση ότι  $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$



## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

---

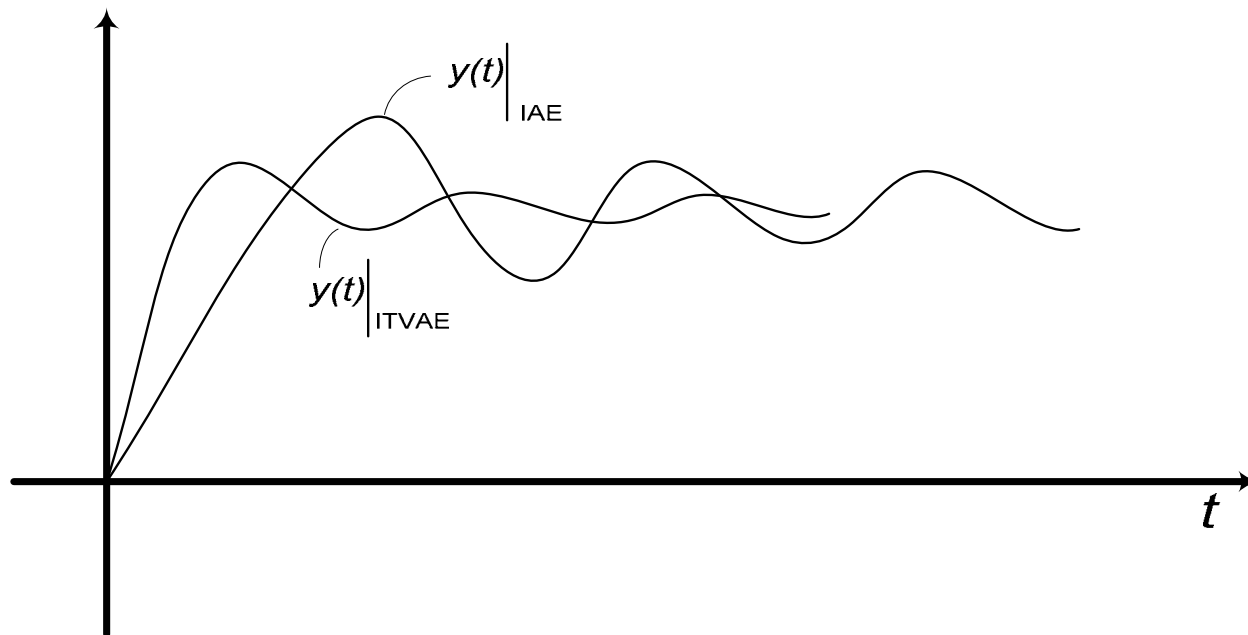
- Υιοθέτηση Integral Square Error =  $\int_0^{\infty} e^2(t) dt \rightarrow \min_{P,I,D} \int_0^{\infty} e^2(t) dt$
- Υιοθέτηση Integral Absolute Error IAE =  $\int_0^{\infty} |e(t)| dt \rightarrow \min_{P,I,D} \int_0^{\infty} |e(t)| dt$
- Υιοθέτηση Integral Time Varying AE ITVAE =  $\int_0^{\infty} t |e(t)| dt \rightarrow \min_{P,I,D} \int_0^{\infty} t |e(t)| dt$

Στο κόστος προσμετράται με ιδιαίτερη βαρύτητα το σφάλμα σε μεταγενέστερες χρονικές στιγμές  $t |e(t)|$  (σε σχέση με το IAE) η απόκριση του συστήματος

$$y(t) \Big|_{ITVAE} - r(t) < y(t) \Big|_{IAE} - r(t)$$
 συγκλίνει ταχύτερα στην μόνιμη κατάσταση σε σχέση με το IAE



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

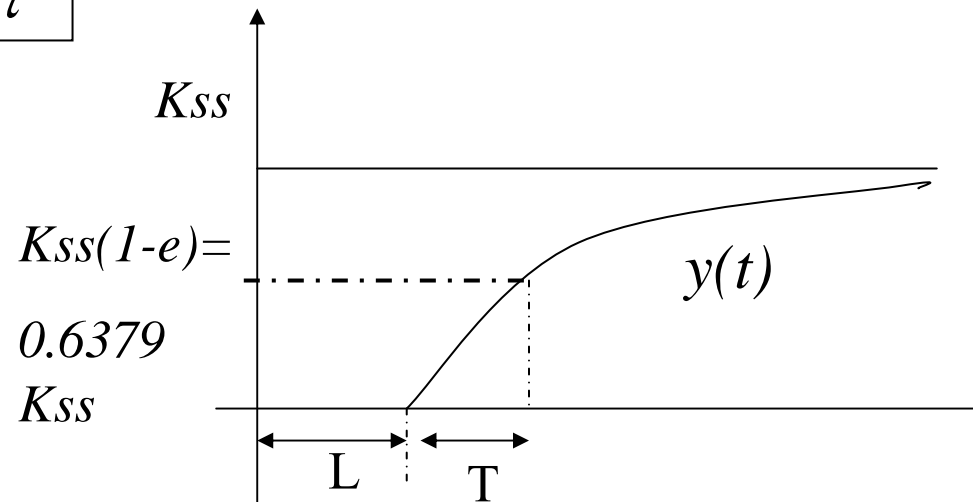


# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΙΘ ΕΛΕΓΚΤΩΝ

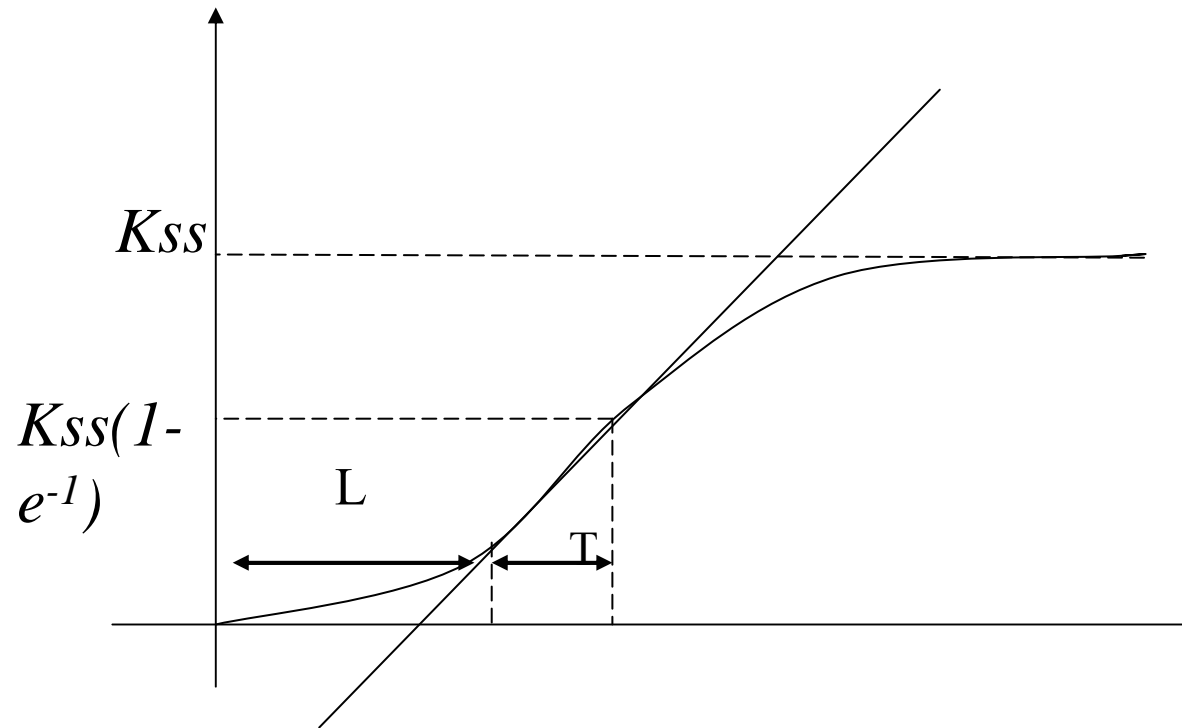
Για συστήματα που συναντώνται σε πετροχημικές διεργασίες η απόκριση σε βηματική διέγερση έχει τη μορφή:

$$r(t) = 1(t) \rightarrow \boxed{e^{-sL} \frac{K_{ss}}{1+s\tau}} \rightarrow y(t) = K_{ss} (1 - e^{-(t-L)/T})$$



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

## ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ PID ΕΛΕΓΚΤΩΝ



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Μέθοδος Lopez-Murril (1967) για Υπολογισμό PID

Παραμέτρων  $K^* \left(1 + \frac{1}{T_I^* s} + T_D^* s\right)$

	ISE	IAE	ITAE
$\alpha$	1,495	1,435	1,375
$\beta$	-0,959	-0,921	-0,947
$\gamma$	1,101	0,878	-0,842
$\delta$	0,771	0,749	0,738
$\varepsilon$	0,560	0,482	0,381
$\zeta$	1,006	1,137	0,995

$$K^* = \frac{a}{K_{ss}} \rho^\beta$$

$$\rho = \frac{L}{T}$$

$$T_I^* = \frac{T}{\gamma} \rho^\delta$$

$$T_D^* = \varepsilon T_\rho J$$