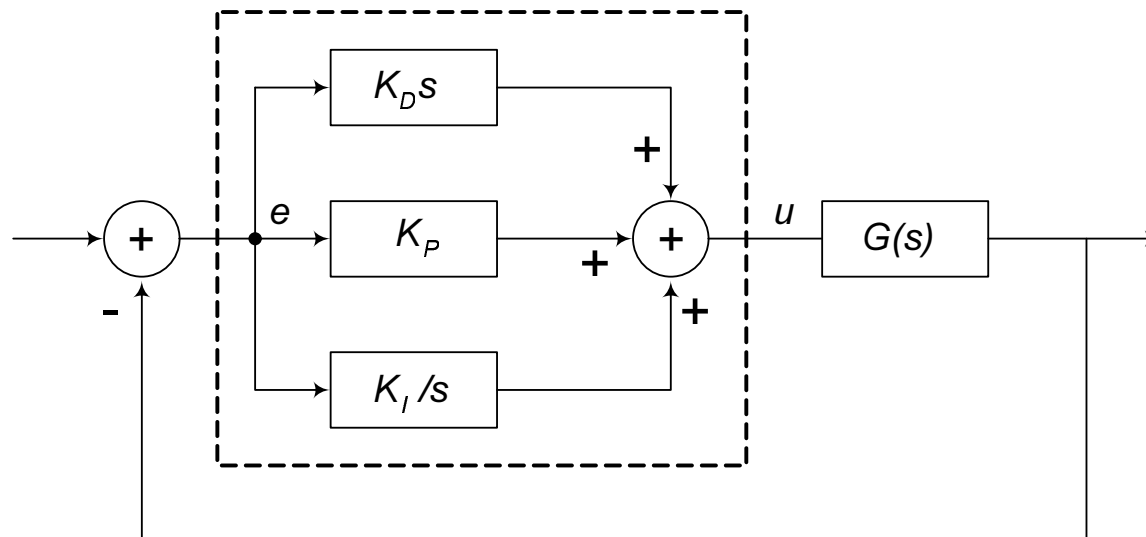


# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## PID Αντισταθμιστής (Proportional Integral Derivative)



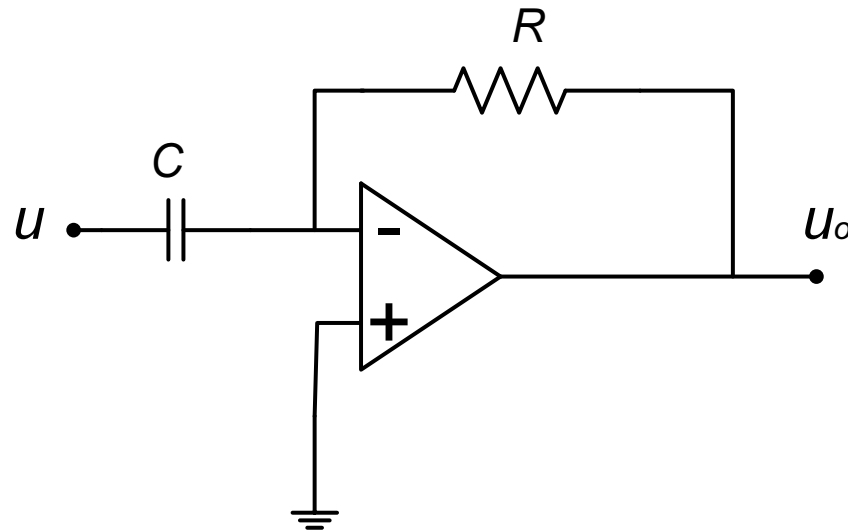
$$\frac{u}{e}(s) = K_P + K_D s + \frac{K_I}{s}$$

Συντονισμός (3) παραμέτρων

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## Υλοποίηση D-όρου

$$\frac{u_o}{u}(s) = -sRC \quad \text{Όπου} \quad |K_D| = RC$$

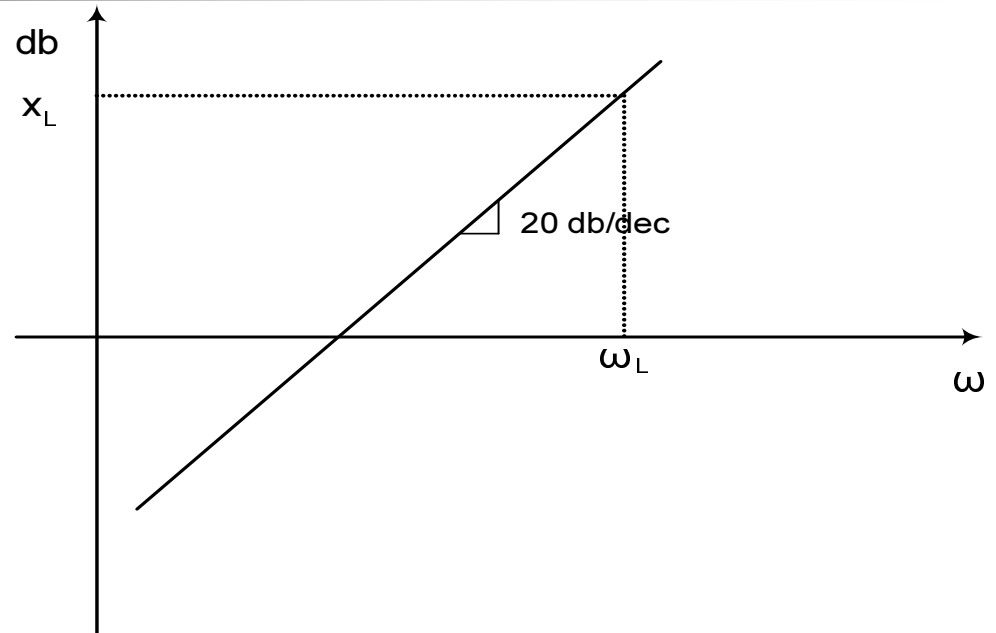
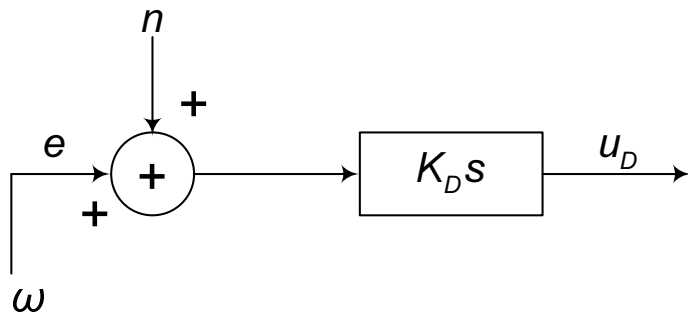


#ΜΗΔΕΝΙΚΩΝ > #ΠΟΛΩΝ!!!!!!

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## Διάγραμμα μέτρου D-όρου

Σε περίπτωση εισαγωγής «θορύβου»  $n$  με «υψηλές συχνότητες», ο D-όρος ενισχύει την επίδρασή του



Π.χ.  $n = 10^{-9} \sin(\omega_L t)$

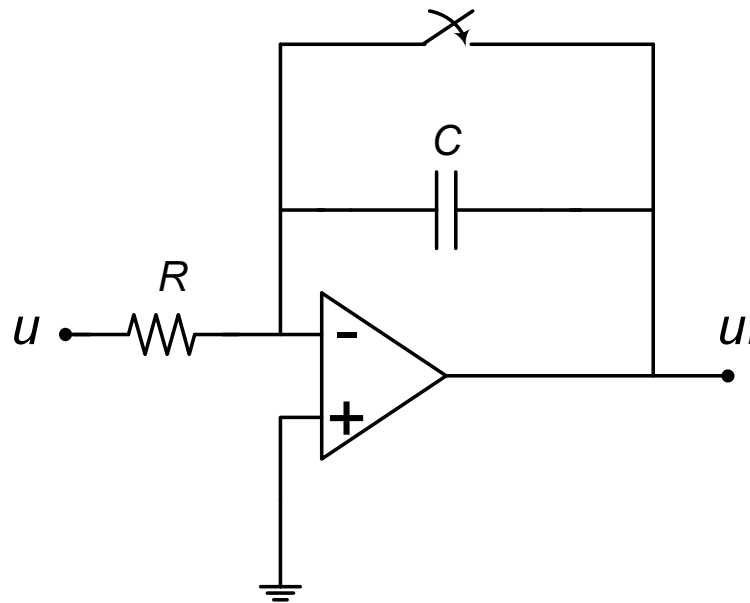
$$y = 10^{\frac{x_L}{20}} 10^{-9} \sin(\omega_L t + 90^\circ)$$

Όπου για  $\omega_L = 10^9 \text{ rad/sec}$  και  $K_D = 1$

$$X_L = 180 \text{ db} \text{ !!!!!}$$

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

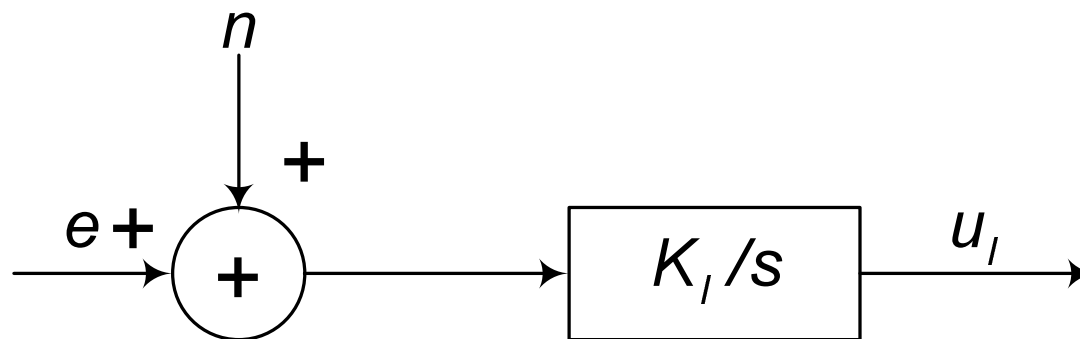
## Υλοποίηση Ι-όρου



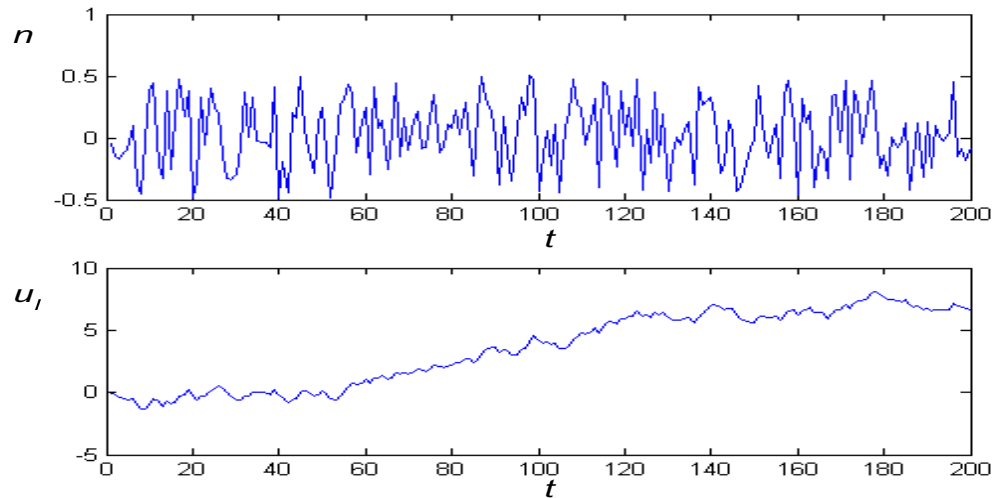
$$\frac{u_I}{u}(s) = -\frac{1}{sRC}$$

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Υπάρχει πρόβλημα με την ολοκλήρωση θορύβου με μη μηδενικό μέσο όρο



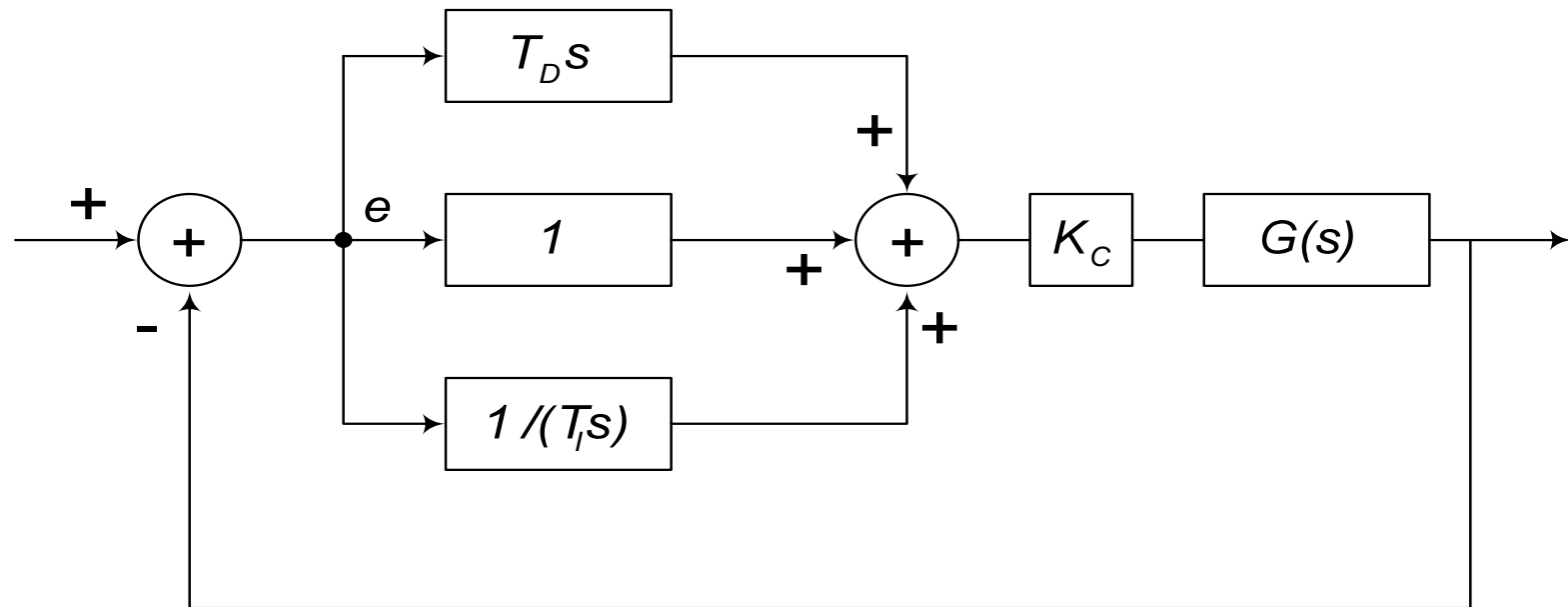
# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ



Για την αποφυγή της ολοκλήρωσης γίνεται «resetting» σε τακτά χρονικά διαστήματα

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## Συντονισμός PID παραμέτρων





# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## Συντονισμός PID παραμέτρων

$$G_C(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s = K_C \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right)$$

Μέθοδος Ziegler-Nichols

a)  $K_I = K_D = 0$

b) Αυξήστε το  $K_C$  ώστε το σύστημα να οδηγηθεί σε οριακή αστάθεια

$G(s)$  είναι τουλάχιστον 3<sup>ης</sup> τάξης

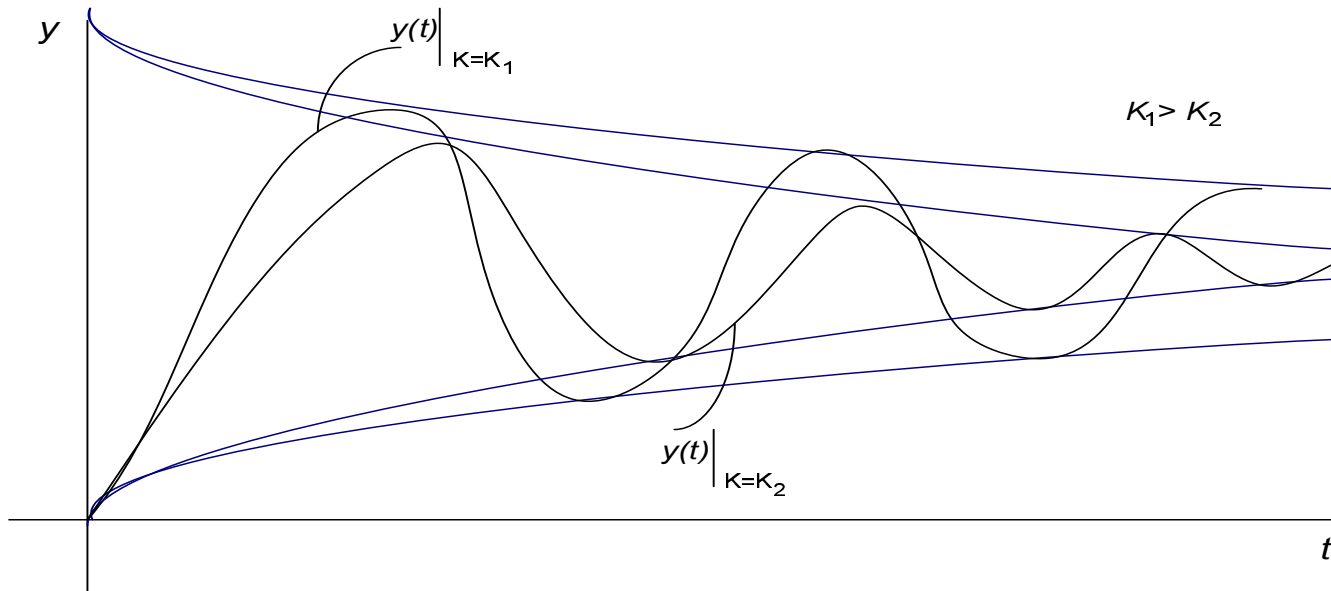
$n - m \geq 3$  ( $n = \#$ πόλων,  $m = \#$ μηδενικών)

$$\text{Αν } G(s) = k \frac{\prod_{j=1}^m (s + z_j)}{\prod_{i=1}^n (s + p_i)}$$



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

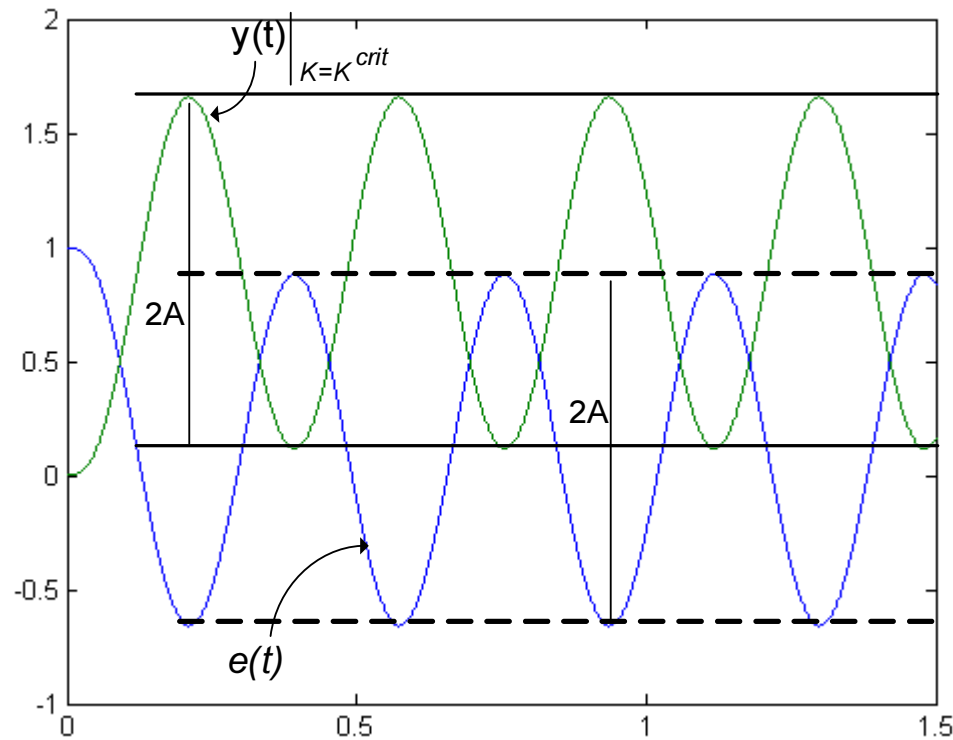
Τυπική απόκριση συστήματος  $n - m \geq 3$  με μεταβαλλόμενο κέρδος



Για  $K < K^{crit}$  υπάρχουν φθίνουσες ταλαντώσεις

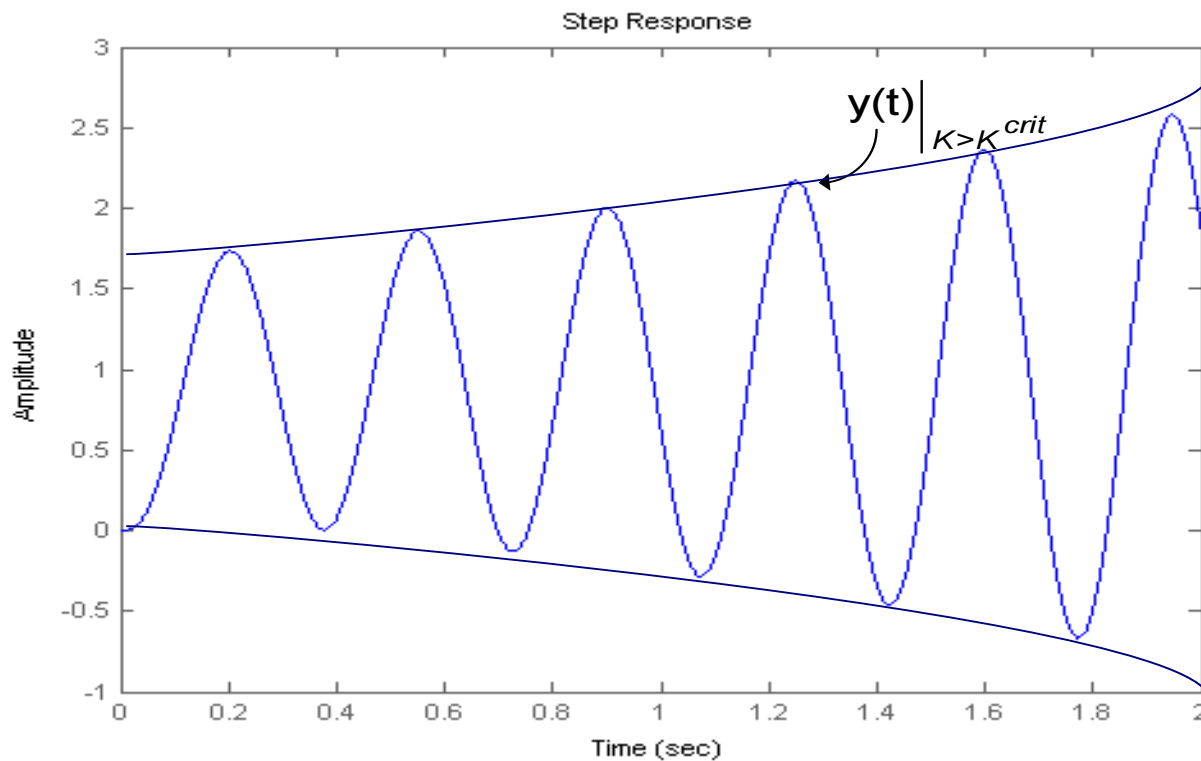
# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Για  $K = K^{crit}$  υπάρχουν μη αποσβεννόμενες ταλαντώσεις σταθερού πλάτους



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Για  $K > K^{crit}$  υπάρχουν ταλαντώσεις με αυξανόμενο πλάτος

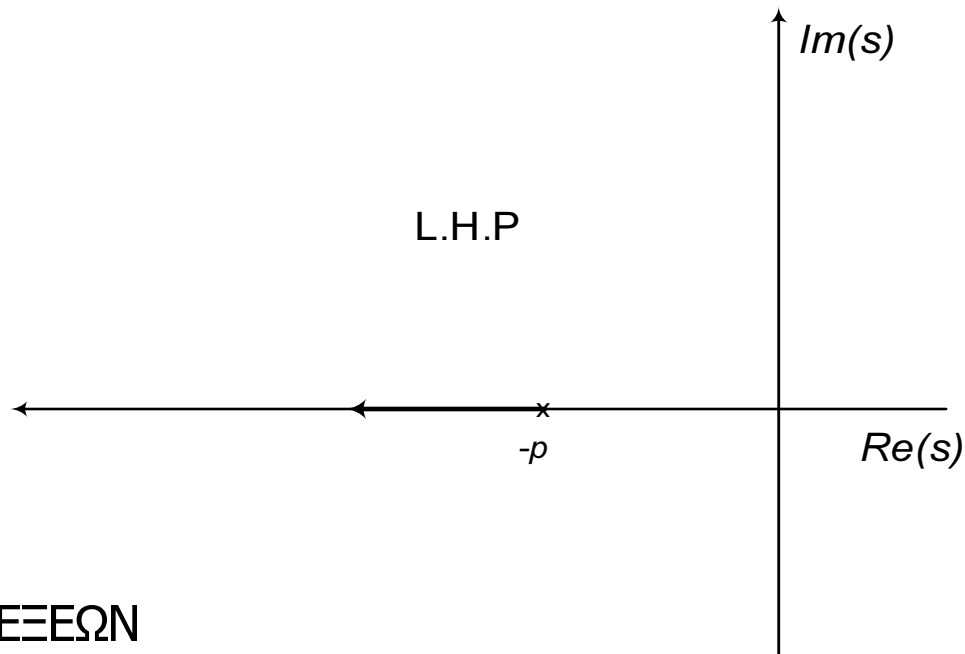


## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Απαραίτητη προϋπόθεση για το συντονισμό παραμέτρων με την μέθοδο Z-N είναι  $n - m \geq 3$

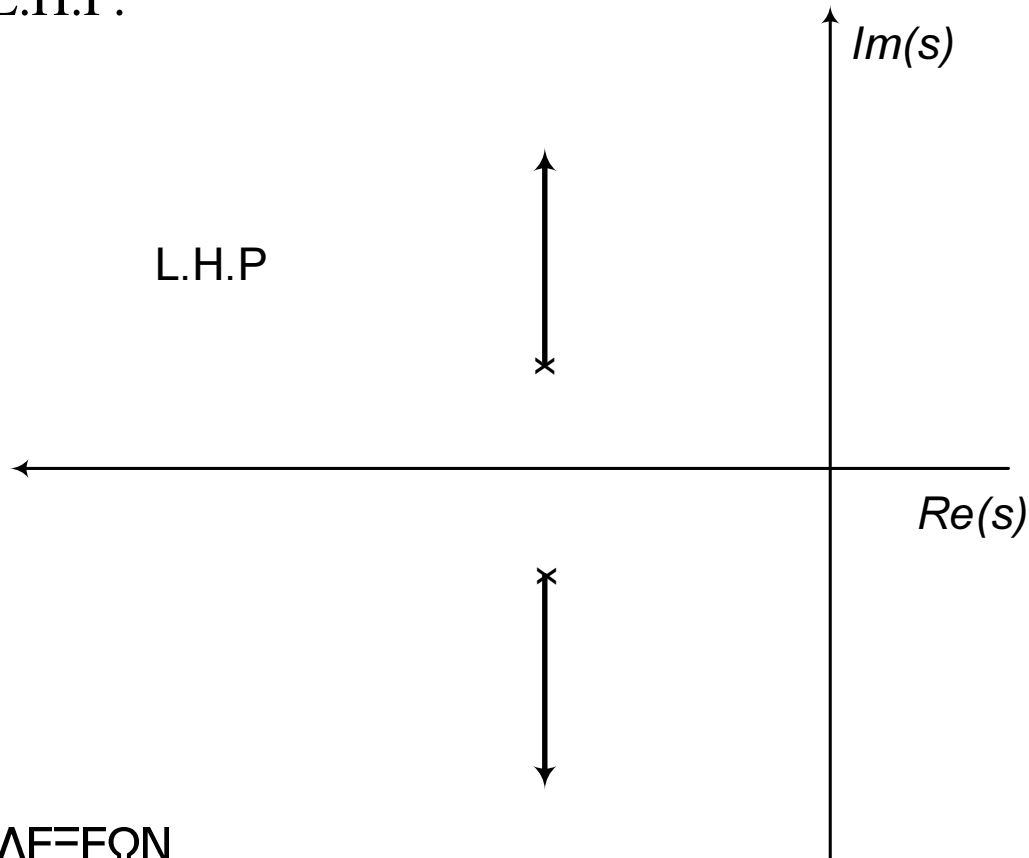
-Αν  $n - m = 1$  π.χ.  $G(s) = \frac{1}{s + p}$  ,

ο Γ.Τ.Ρ παραμένει στο LHP



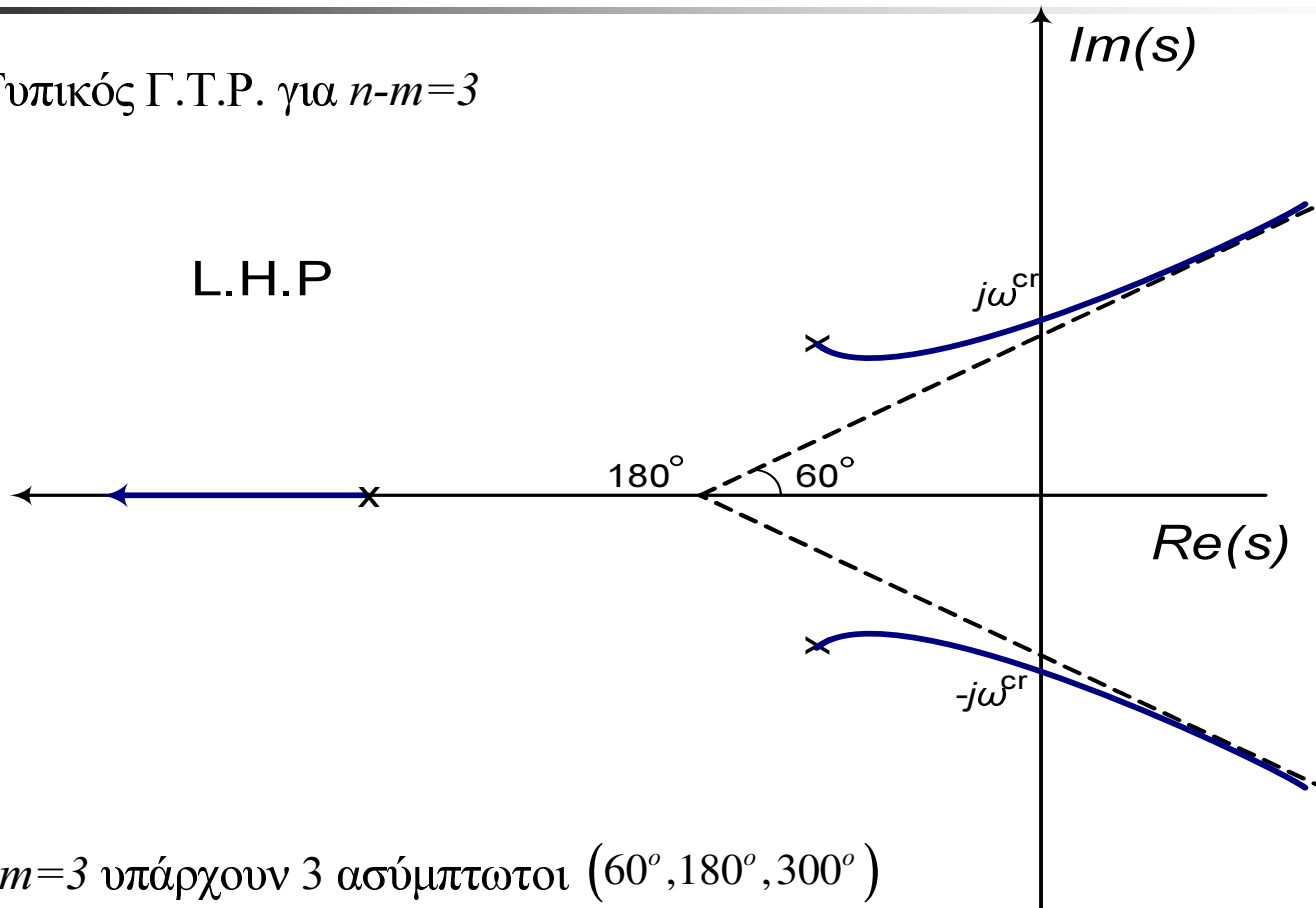
## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Αν  $n-m=2$ , υπάρχουν 2 ασύμπτωτοι του Γ.Τ.Ρ. ( $90^\circ, 270^\circ$ ) και παραμένουν πάλι στο L.H.P.



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Τυπικός Γ.Τ.Ρ. για  $n-m=3$



Για  $n-m=3$  υπάρχουν 3 ασύμπτωτοι ( $60^\circ, 180^\circ, 300^\circ$ )

$$K_C^{critical}, \quad p_u = \frac{2\pi}{\omega^{cr}}$$



## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

---

### Συντονισμός P, PI και PID – ελεγκτών με Z-N μέθοδο

- P:  $K_C = 0.5K_C^{critical}$

- PI:  $K_C = 0.45K_C^{critical}$

$$T_I \geq \frac{P_u}{1.2} \quad \text{συνήθως παίρνω} \quad T_I = \frac{P_u}{1.2}$$

- PID  $K_C = 0.6K_C^{critical}$

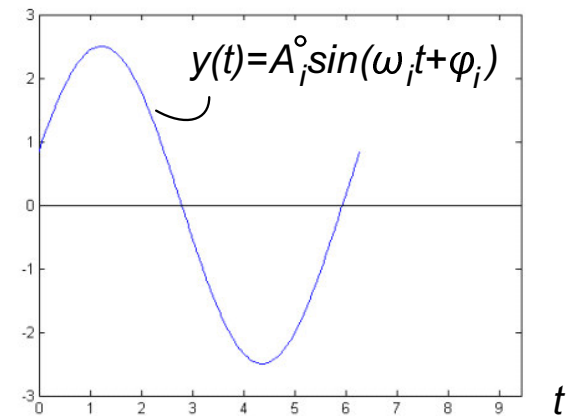
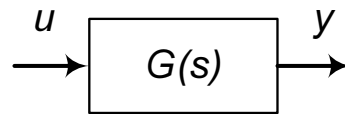
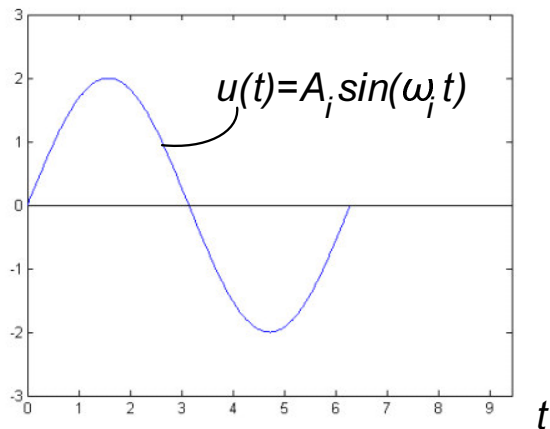
$$T_I \geq \frac{P_u}{2}$$

$$T_D \geq \frac{P_u}{8}$$

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

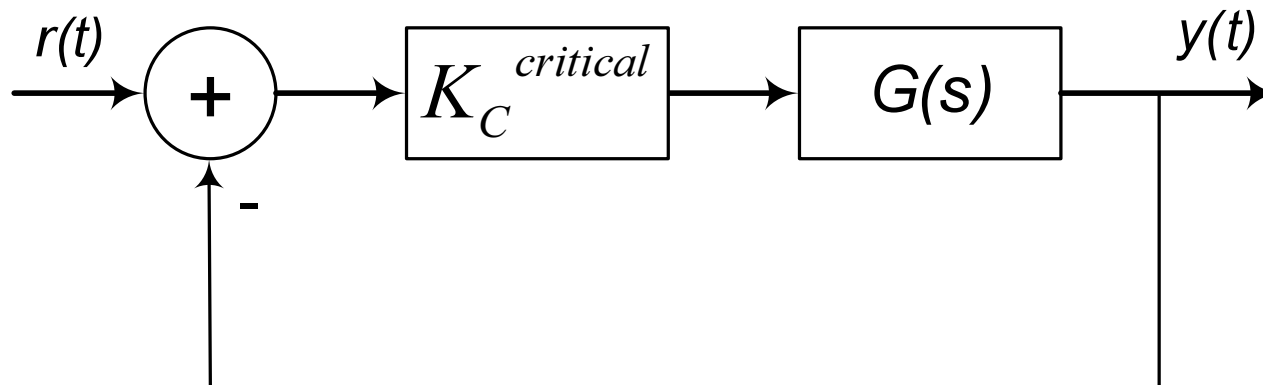
- Αναγνώριση  $G(s)$  μέσω ημιτονοειδών διεγέρσεων





## ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

- Υπολογισμός  $K_C^{critical}$  από Γ.Τ.Ρ.
- Επιβεβαίωση  $K_C^{critical}$  από βηματική διέγερση



- Υπολογισμός  $p_u$  από κρίσιμη απόσβεση