ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΙ

Ύλη μαθήματος

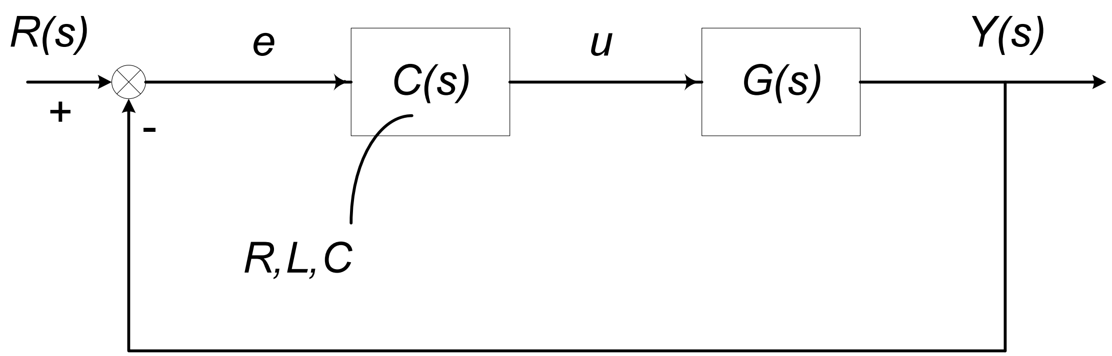
1. Lead-Lag ελεγκτές
2. PID ελεγκτές (95%)
   (εκτός διαγράμματα Nyquist-Nichols)

Διακριτός & Ψηφιακός Αυτόματος Έλεγχος

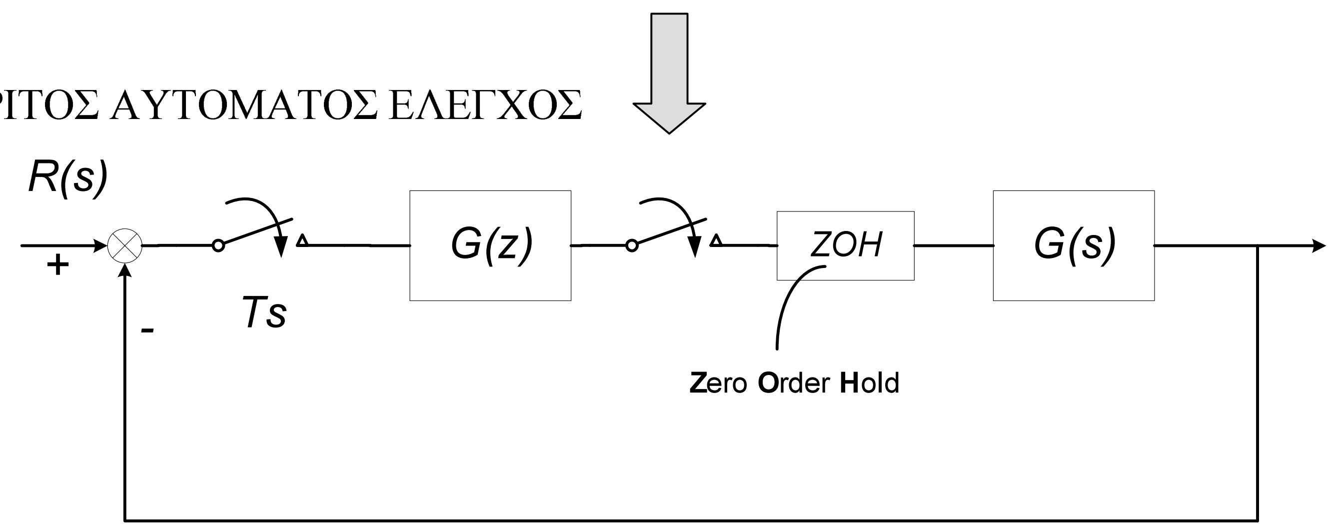
→ ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Εργαστήριο
•Matlab
•LABview : συλλογή και αποστολή δεδομένων (National Instruments)

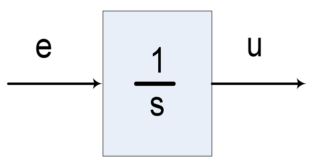
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II



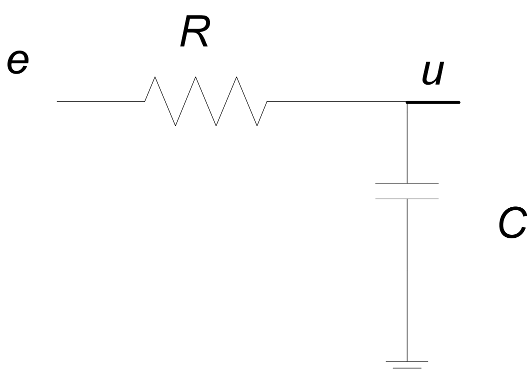
ΔΙΑΚΡΙΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

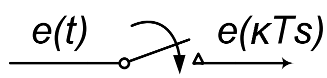


Παράδειγμα υλοποίησης ελεγκτή στο συνεχές πεδίο

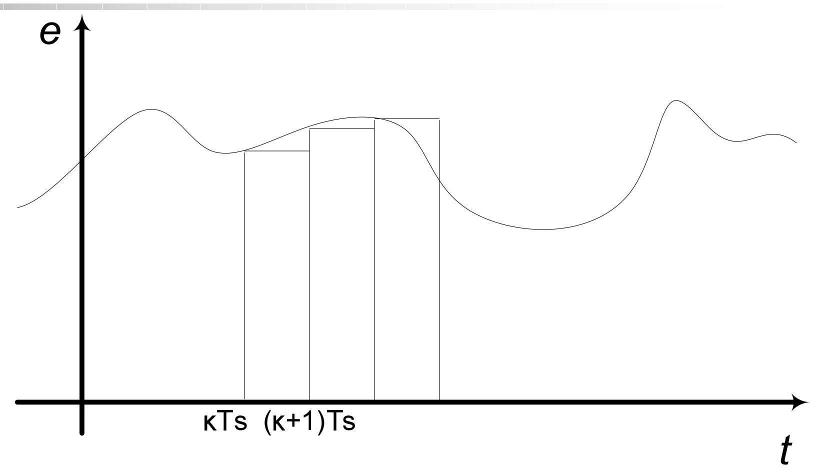


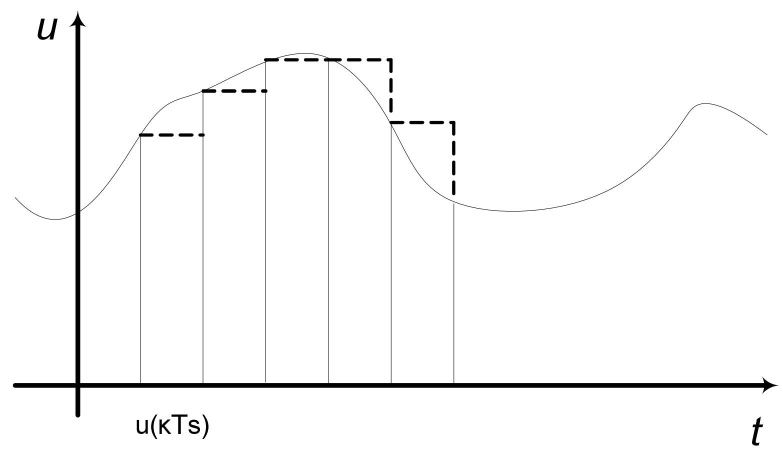
$$\frac{u}{e}=\frac{1}{s}\Rightarrow u(t)=\int e dt$$





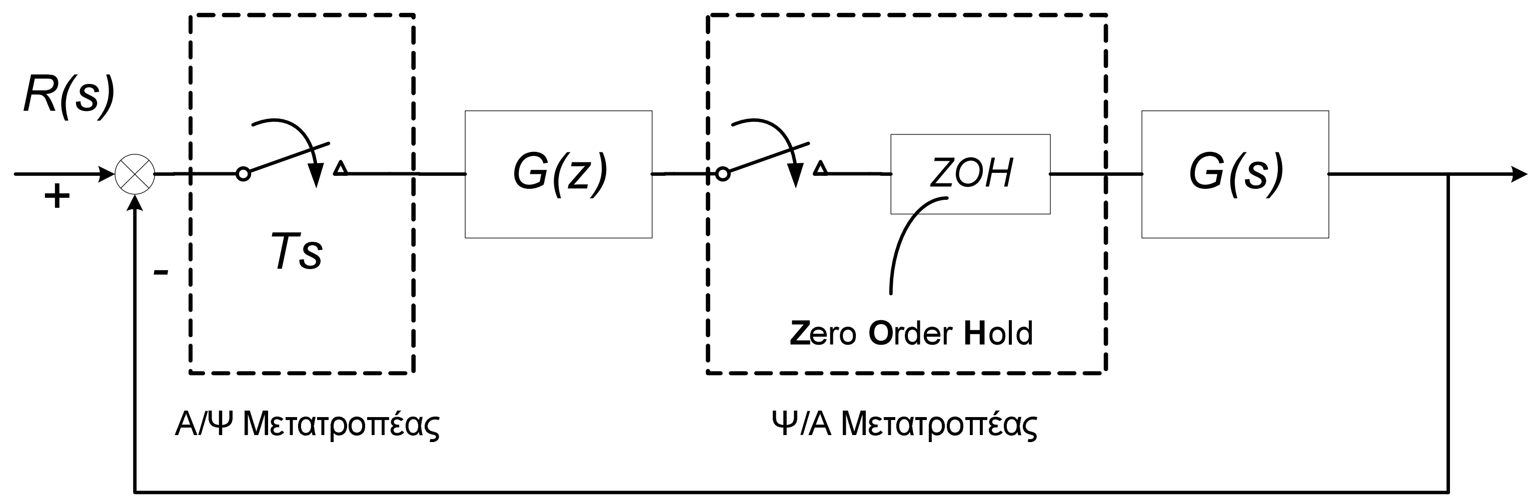
$$u(kTs)=\sum_{l=0}^{K} e(k)$$



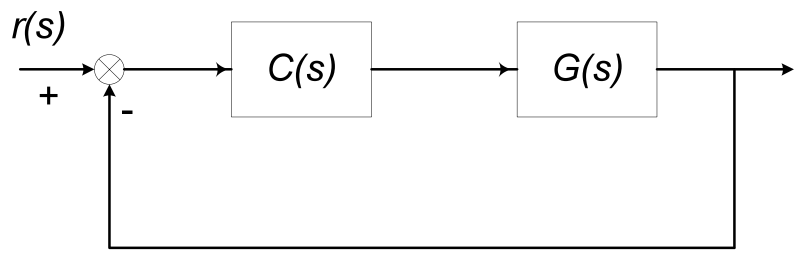


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

Μετρήσεις 2^Q, όπου *Q*: # bits με $Q \in [8,16]$



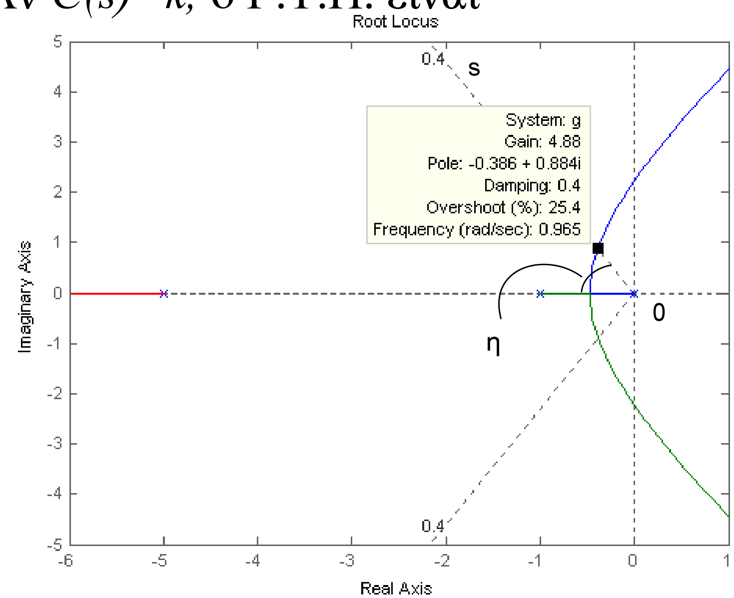
Έστω Σύστημα $G(s)=\dfrac{1}{s(s+1)(s+5)}$



Να σχεδιαστεί ελεγκτής

α) Έτσι ώστε οι κυρίαρχοι πόλοι να έχουν απόσβεση *ζ=0.4.*

Αν *C(s)=k,* ο Γ.Τ.Π. είναι



Έχω δύο κυρίαρχους πόλους που υπολογίζονται από την τομή του Γ.Τ.Π. με μια ευθεία $0s$ γωνίας $\measuredangle s0(-\mathrm{Re})=\cos^{-1}\zeta=66.4^{o}$

Αυτό επιτυγχάνεται για *k=4.88*

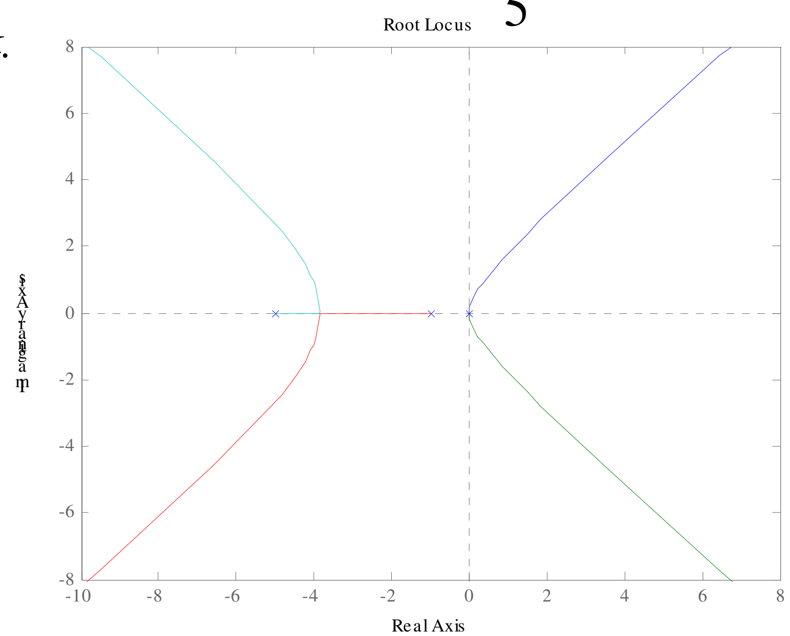
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

Αν $r(t)=\boldsymbol{1}(t)$ $\longrightarrow$ $e_{ss}=0$

Αν $r(t)=t\boldsymbol{1}(t)$ $\longrightarrow$ $e_{ss}\big|_{\text{ΤΡΙΓ}}=\dfrac{1}{k_1}=\dfrac{1}{\lim\limits_{s\to 0} sG(s)}=\dfrac{1}{0,976}=\dfrac{1}{\frac{4,88}{5}}$

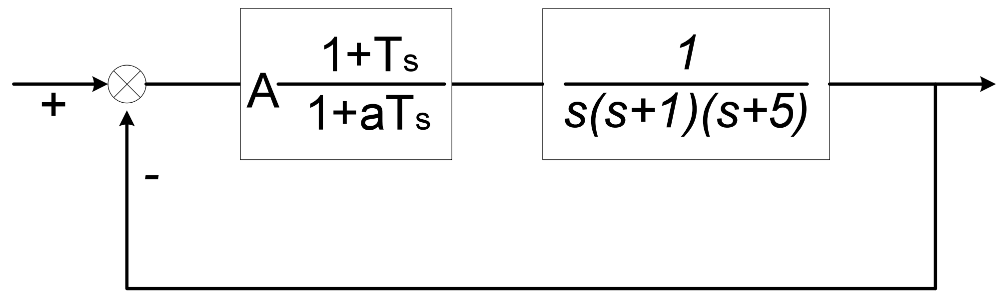
Για να μειωθεί το e_{ss} πρέπει να αυξηθεί το k.

Αν $C(s)=\dfrac{k}{s}$ τότε ο Γ.Τ.Π. είναι



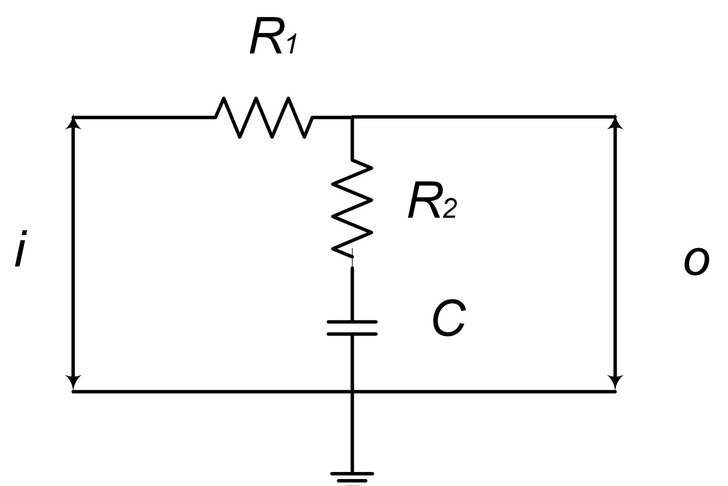
Και το κλειστό σύστημα είναι...
ασταθές

Ελεγκτής καθυστέρησης φάσης



a>1

Τρόπος υλοποίησης με παθητικά στοιχεία (A=1)



$$a = \frac{R_1 + R_2}{R_2} > 1$$

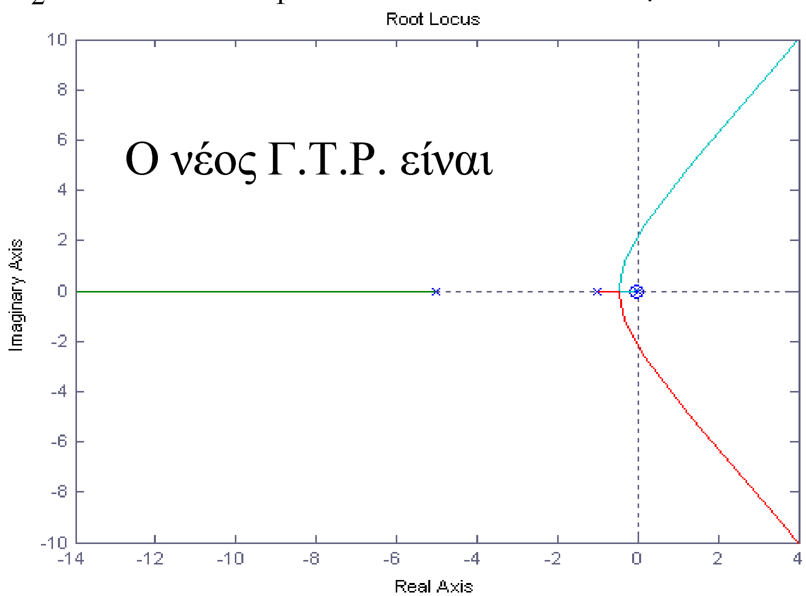
$$T = R_2 C$$

Για να αλλάξει ριζικά ο Γ.Τ.Ρ. Θέτω τον πόλο και το μηδενικό όσο γίνεται πιο κοντά στο φανταστικό άξονα

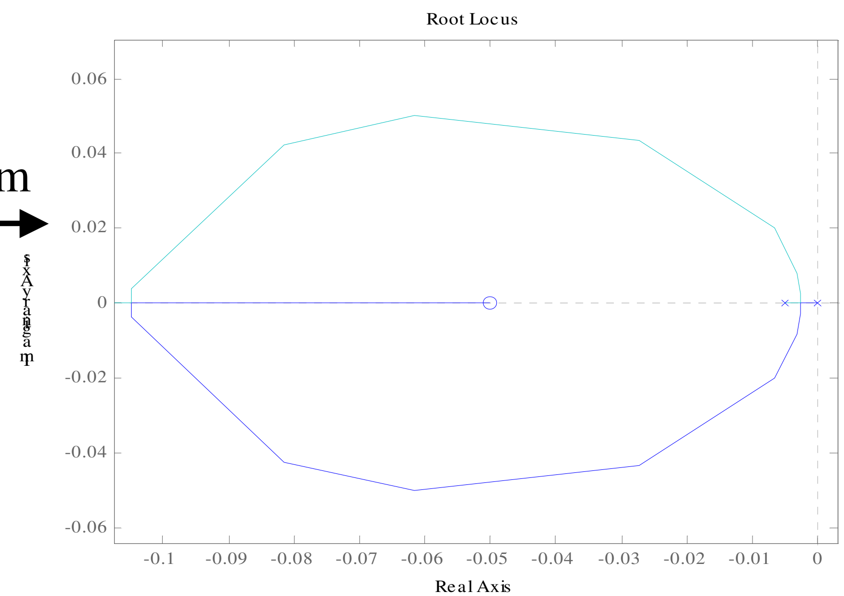
Ο μόνος περιορισμός είναι λόγω κατασκευαστικών δυσκολιών.

Π.χ. Αν $C(s) = \frac{A}{10}\frac{s+0,05}{s+0,005}$

$R_2 = 2M\Omega \quad R_1 = 18M\Omega \quad C = 10\mu F$

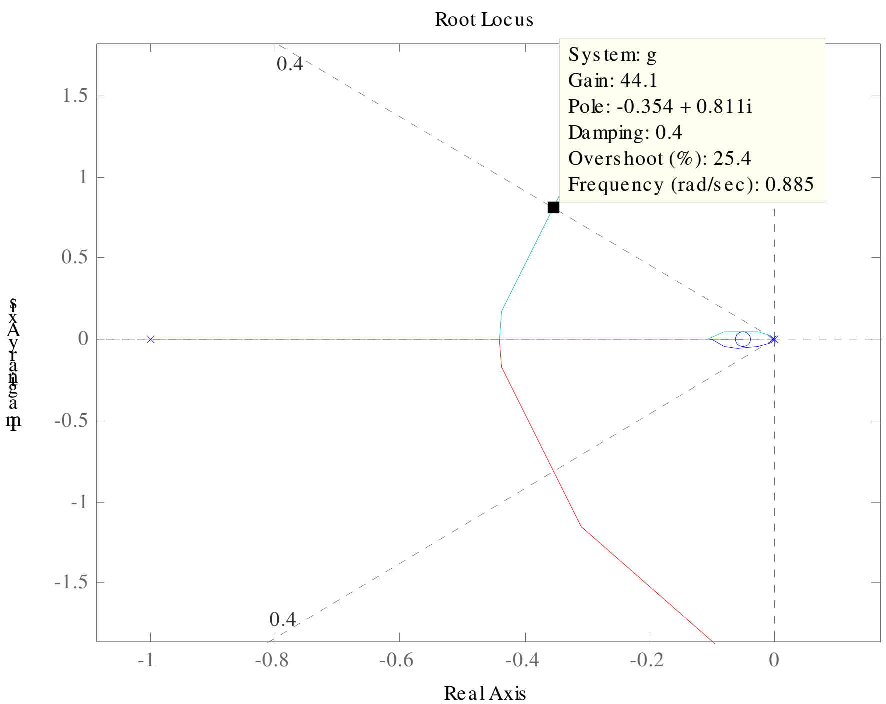


zoom



Όπου για τον ίδιο συντελεστή *ζ=0.4* και συνάρτηση μεταφοράς ανοιχτού βρόχου

$$\frac{A}{10}\frac{s+0,05}{s+0,005}\frac{1}{s(s+1)(s+5)}$$



Η τιμή του $\frac{A}{10}$ είναι

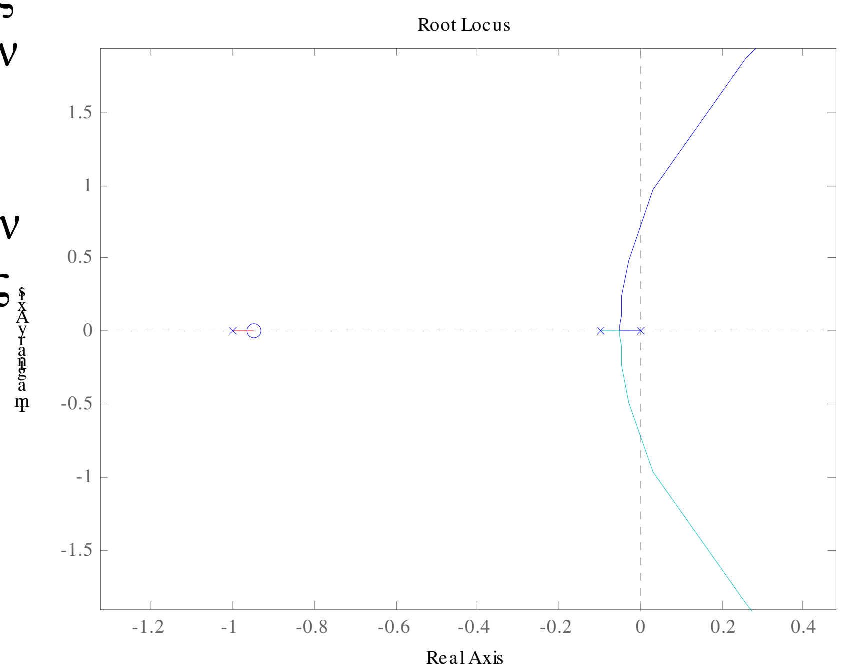
$$\frac{A}{10}=\left.\frac{|s||s+1||s+5||s+0,005|}{|s+0,05|}\right|_{s=\sigma\eta\mu.\tau o\mu\eta\varsigma}\simeq 4.41$$

Για αυτό το κέρδος $\frac{A}{10}$ έχουμε $e_{ss}\Big|_{TP\Pi\Gamma} = \dfrac{1}{\lim\limits_{s\to 0} s\dfrac{A(s+0,005)}{10s(s+1)(s+5)(s+0,05)}} = \dfrac{1}{8.82}$

Παρατηρώ ότι $\frac{1}{8.82} \simeq \frac{1}{10}\frac{1}{0.976}$. Υπάρχει σημαντική ελάττωση του σφάλματος μόνιμης κατάστασης για τις ίδιες τιμές των κυρίαρχων πόλων. Ο Lag ελεγκτής βελτιώνει κύρια τη μόνιμη απόκριση του συστήματος, ενώ χειροτερεύει ανεπαίσθητα τη μεταβατική (την κάνει ανεπαίσθητα πιο αργή λόγω μεταβολής της φυσικής συχνότητας w_n)

Τι γίνεται σε περίπτωση όπου ο πόλος και το μηδενικό του Lag δεν τεθούν κοντά στον φανταστικό άξονα?

Π.χ. $C(s) = \dfrac{s+0.95}{s+0.1}$



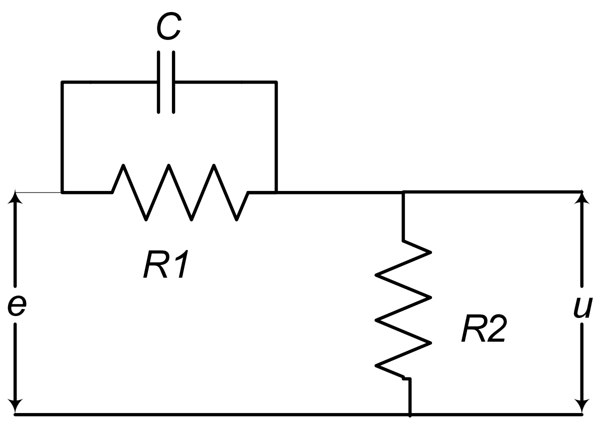
Ο Γ.Τ.Π αλλάζει αισθητά

Ελεγκτής προήγησης φάσης (Lead)

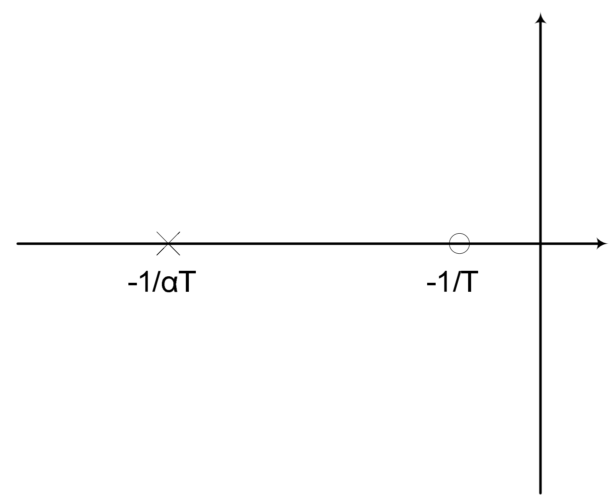
$$\frac{u(s)}{e(s)} = Aa\frac{1+Ts}{1+aTs}$$

•Χρησιμοποιείται κύρια για τη βελτίωση της μεταβατικής απόκρισης

•Τρόπος υλοποίησης με παθητικά στοιχεία



Διάγραμμα πόλων-μηδενικών

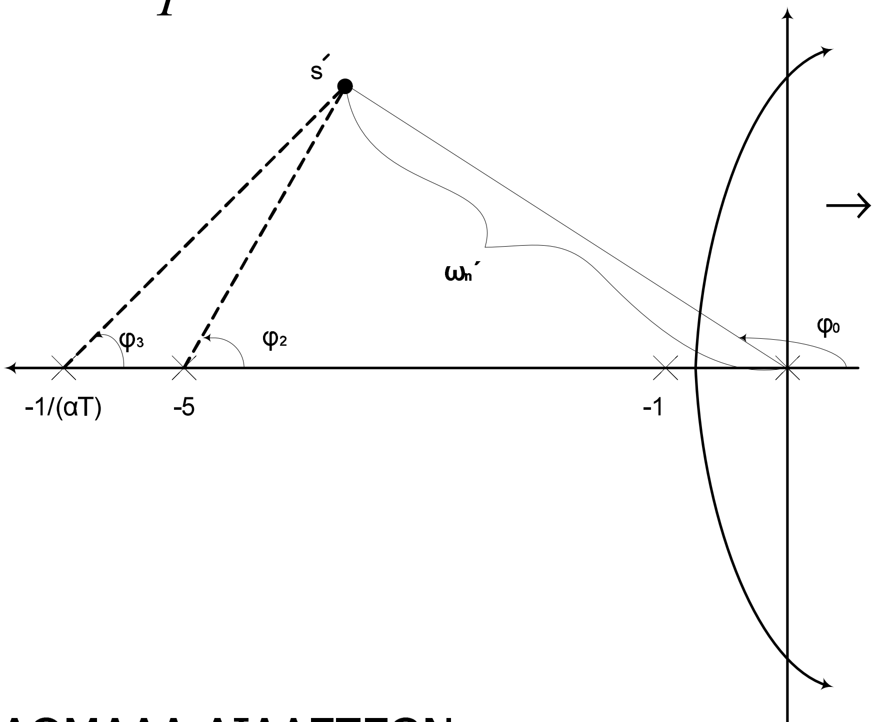


όπου $a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} < 1 \quad T = R_1 C$

Συστηματα Αυτοματου Ελεγχου II

•Αν ζητείται η ταχύτερη απόκριση του συστήματος ⟶ αύξηση του w_n(και διατήρηση του ζ)

Αν $\dfrac{1}{T} = +1$ (ακύρωση του πόλου του συστήματος -1)



Η τοποθέτηση του πόλου στο 1/{αT)
Ορίζεται από τη συνθήκη της φάσης

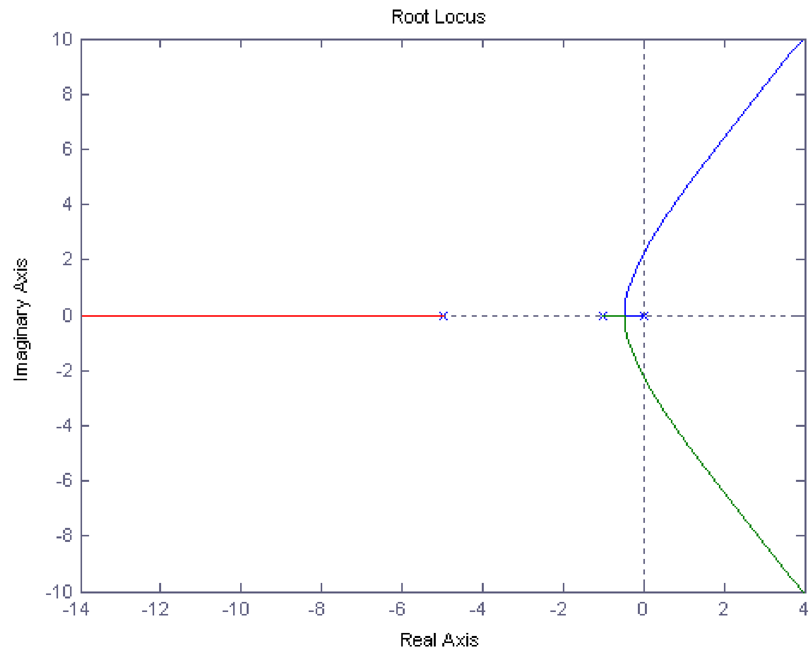
$$\rightarrow 1+G'(s)=0 \rightarrow G'(s)=-1 \rightarrow \measuredangle G'(s)=180^o$$

όπου

$$G'(s)=\frac{A(s+1)}{s(s+1)(s+5)(s+1/aT)}=\frac{Ak}{s(s+5)(s+1/aT)}$$

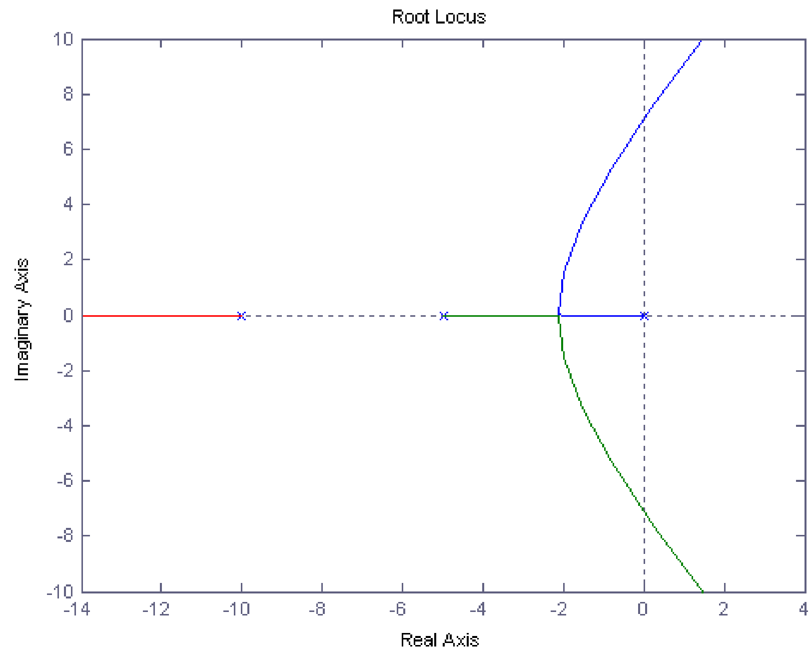
Αν το επιθυμητό σημείο είναι το s'
τότε πρέπει $\phi_0-\phi_2-\phi_3=-180^o$

Ενδεικτικά ο Γ.Τ.Ρ. για *C(s)=k* είναι



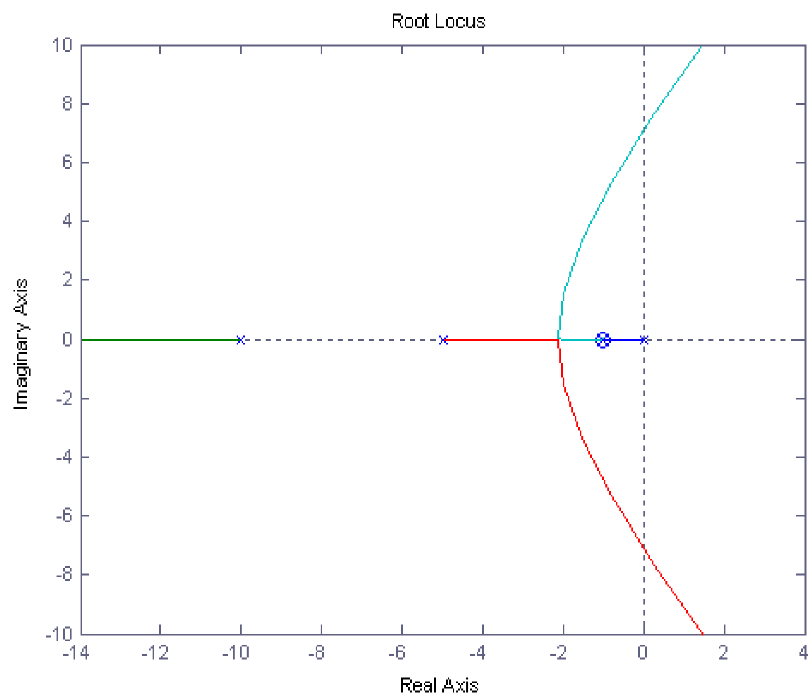
Ενώ ο Γ.Τ.Ρ. μετατοπίζεται αισθητά προς τα αριστερά (ταχύτερη απόκριση)

Π.χ. για $C(s) = k\dfrac{s+1}{s+10}$

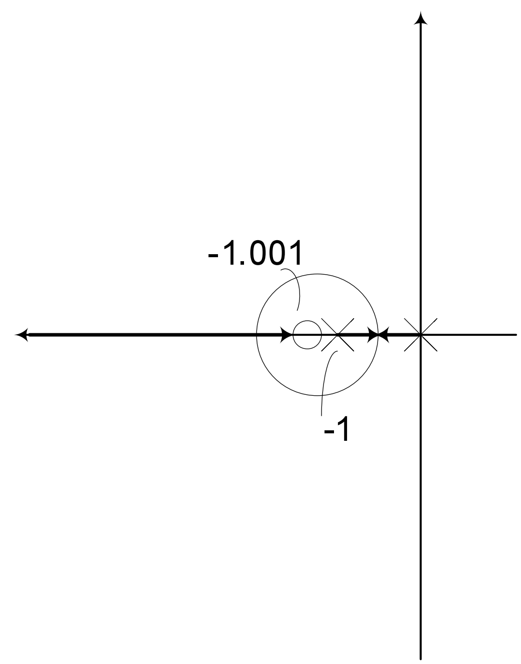


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

Αν δεν ακυρωθεί ακριβώς ο πόλος του συστήματος στο -1 (π.χ. $\frac{1}{T}=1.001$). Ο Γ.Τ.Π. είναι



Η μεγέθυνση στην περιοχή ενδιαφέροντος δείχνει ότι ένας πόλος του κλειστού Συστήματος «οδεύει» προς το μηδενικό στο -1.001



Αντιστάθμιση προήγησης φάσης (συνέχεια....)

Χρησιμοποιείται για την ταχύτερη απόκριση του συστήματος, μετατοπίζοντας τον Γ.Τ.Ρ προς τα αριστερά

Αντί της ακύρωσης του πόλου του συστήματος στο –1, γιατί δεν ακυρώνω τον πόλο στο 0?

Π.χ $$C(s) = k\frac{s+\varepsilon}{s+\dfrac{1}{aT}}, \quad \varepsilon \simeq 0$$

- Το σύστημα θα γίνει από τύπου 1 τύπου 0 με άμεση συνέπεια στο e_{ss}
- Ένεκα πιθανώς κατασκευαστικών προβλημάτων είναι δυνατόν το μηδενικό να μετατοπισθεί στο δεξί ημιεπίπεδο $(-\varepsilon \to 0^+)$ και να υπάρχουν προβλήματα ευστάθειας

Σχεδιασμός αντισταθμιστή προήγησης φάσης με Γ.Τ.Ρ. (μέθοδος διχοτόμου)

Αν s' είναι ένας επιθυμητός πόλος του κλειστού συστήματος $\dfrac{C(s)G(s)}{1+C(s)G(s)}$

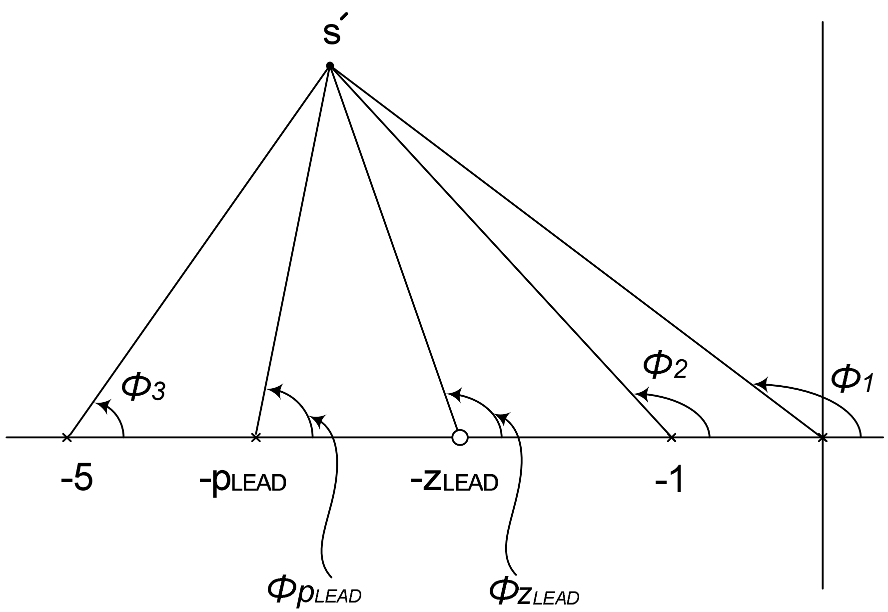
Όπου $C(s) = \dfrac{s+z_{LEAD}}{s+p_{LEAD}}, \quad z_{LEAD} < p_{LEAD}$

Από τη συνθήκη της φάσης για το σύστημα $C(s)G(s)$ (δες Γ.Τ.Ρ)

Πρέπει

$$\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_{p_{LEAD}} - \phi_{z_{LEAD}} = 180^o$$

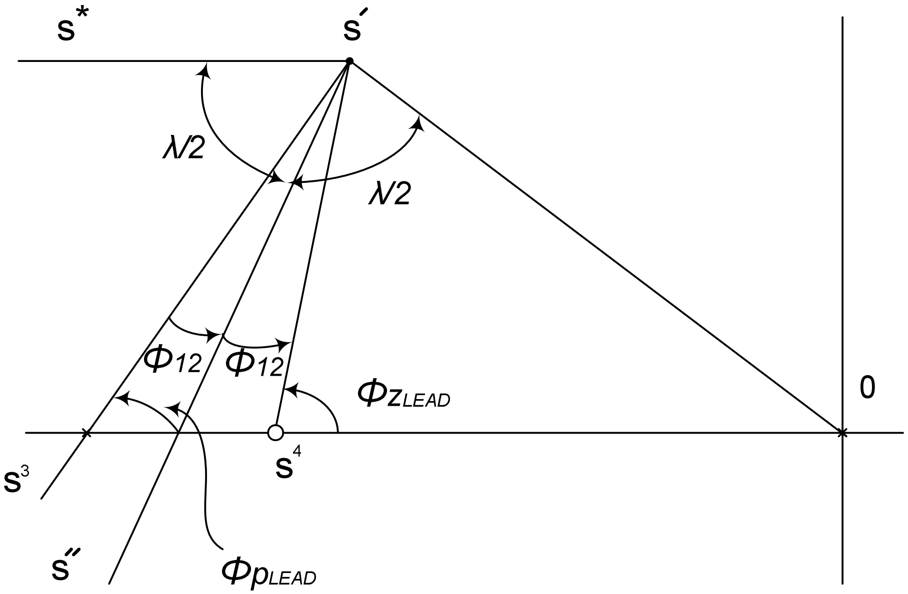
ή $$\phi_{p_{LEAD}} - \phi_{z_{LEAD}} = 180^o - (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3) = \phi$$



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

Το μηδενικό και ο πόλος του ελεγκτή μπορούν να υπολογιστούν με βάση τον εξής αλγόριθμο

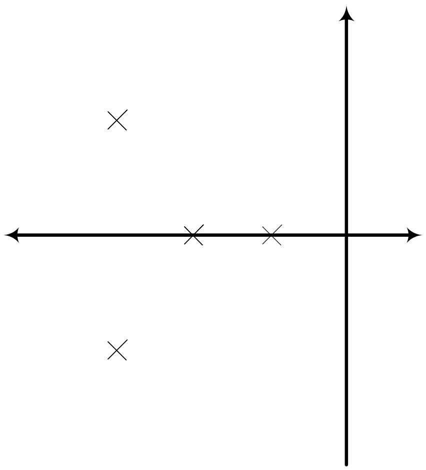
1. Εύρεση διχοτόμου $s's''$ γωνίας $\measuredangle s^{*}s'0$
2. Εύρεση 2 ημιευθειών $s's^{3}$ και $s's^{4}$ έτσι ώστε $\measuredangle s^{3}s's'' = \phi/2$ και $\measuredangle s''s's^{4} = \phi/2$
3. Το σημείο τομής της $s's^{3}$ με τον πραγματικό άξονα είναι ο πόλος p_{LEAD} του ελεγκτή
4. Το σημείο τομής της $s's^{4}$ με τον πραγματικό άξονα είναι το μηδενικό του ελεγκτή z_{LEAD}



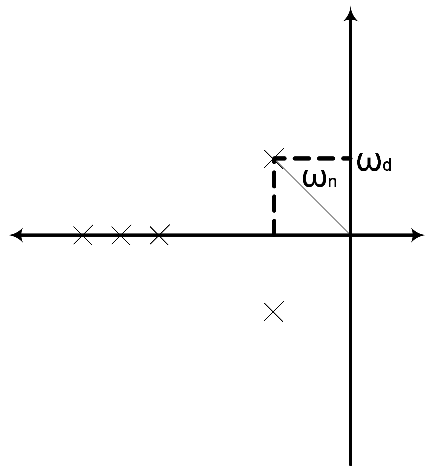
Απόδειξη: $\phi_{p_{LEAD}} + 180^{o} - \phi_{z_{LEAD}} + \phi = 180^{o}$
(άθροισμα γωνιών τριγώνου)

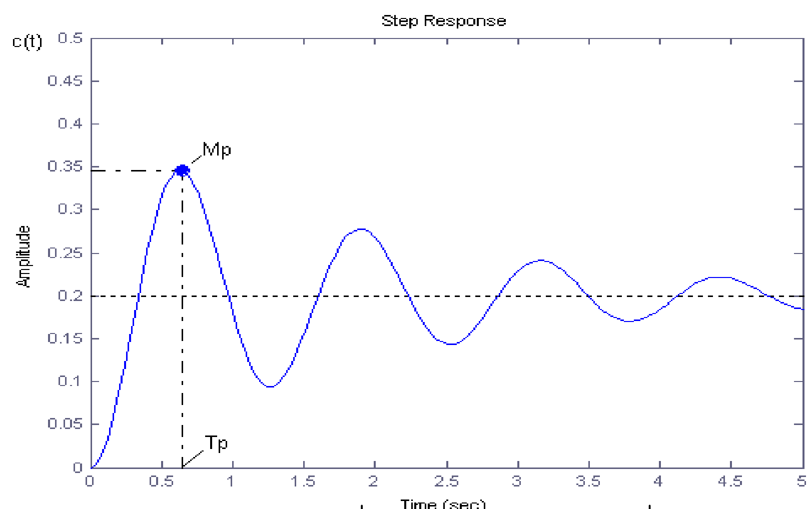
$$c(t)=\frac{P(0)}{G(0)}+2\left|k_G\frac{\Pi}{}\right|e^{\sigma t}\cos\left[\omega_d t+\measuredangle P(p_1)-\measuredangle p_1-\measuredangle Q(p_1)\right]+\sum\left[\frac{P(p_k)}{p_kQ(p_k)}\right]$$

$$Q'=\frac{dQ}{ds}$$



ή





$$\frac{dc(t)}{dt}=0\Rightarrow T_p=\frac{1}{\omega_d}\left[\frac{\pi}{2}-\measuredangle P(p_1)+\measuredangle Q(p_1)\right]$$

$$M_p=\frac{P(0)}{Q(0)}+2\frac{\omega_d}{\omega_n^2}\left|k_G\frac{\prod_{m=1}^{w}(p_1-z_m)}{\prod_{k=2}^{n}(p_1-p_k)}\right|e^{\sigma Tp}$$