Esame di Fondamenti di Automatica
Corso di Laurea Vecchio Ordinamento in Ingegneria Meccanica
23 giugno 2003

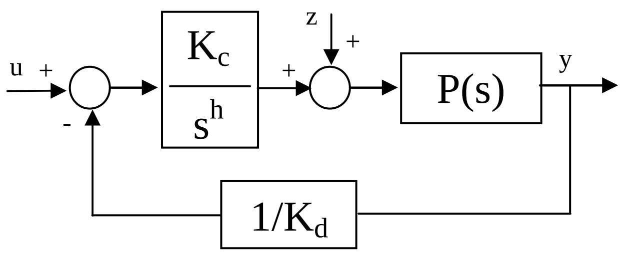
Cognome:	Nome	Matricola:	E-mail:

1. Sia dato un processo **P(s)** descrivibile mediante la funzione di trasferimento

$$P(s) = \frac{2(s^2/100 + 0.6/10 s + 1)}{s(s/30+1)(s/80+1)}$$

Sintetizzare il sistema di controllo in figura (determinare **h** e $\mathbf{K_c}$) in modo tale che:

- il guadagno a ciclo chiuso sia uguale a **3**
- l'errore per ingresso a parabola $\mathbf{u(t)=0.1t^2}$ sia minore o uguale a **0.015**



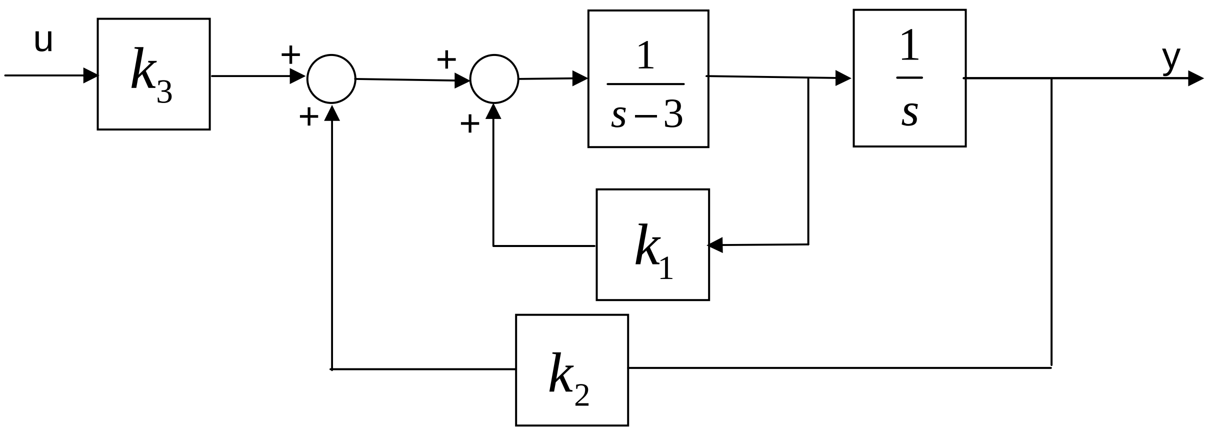
Scelto il valore **minimo** di $\mathbf{K_c}$ compatibile con le specifiche, tracciare i diagrammi di **BODE** e **NYQUIST** della funzione a ciclo aperto, e determinare su questi la pulsazione di attraversamento (ω_t) e, in caso di sistema stabile a ciclo chiuso, i margini di stabilità ($\mathbf{m_\phi}$ e $\mathbf{m_g}$).

Infine calcolare:

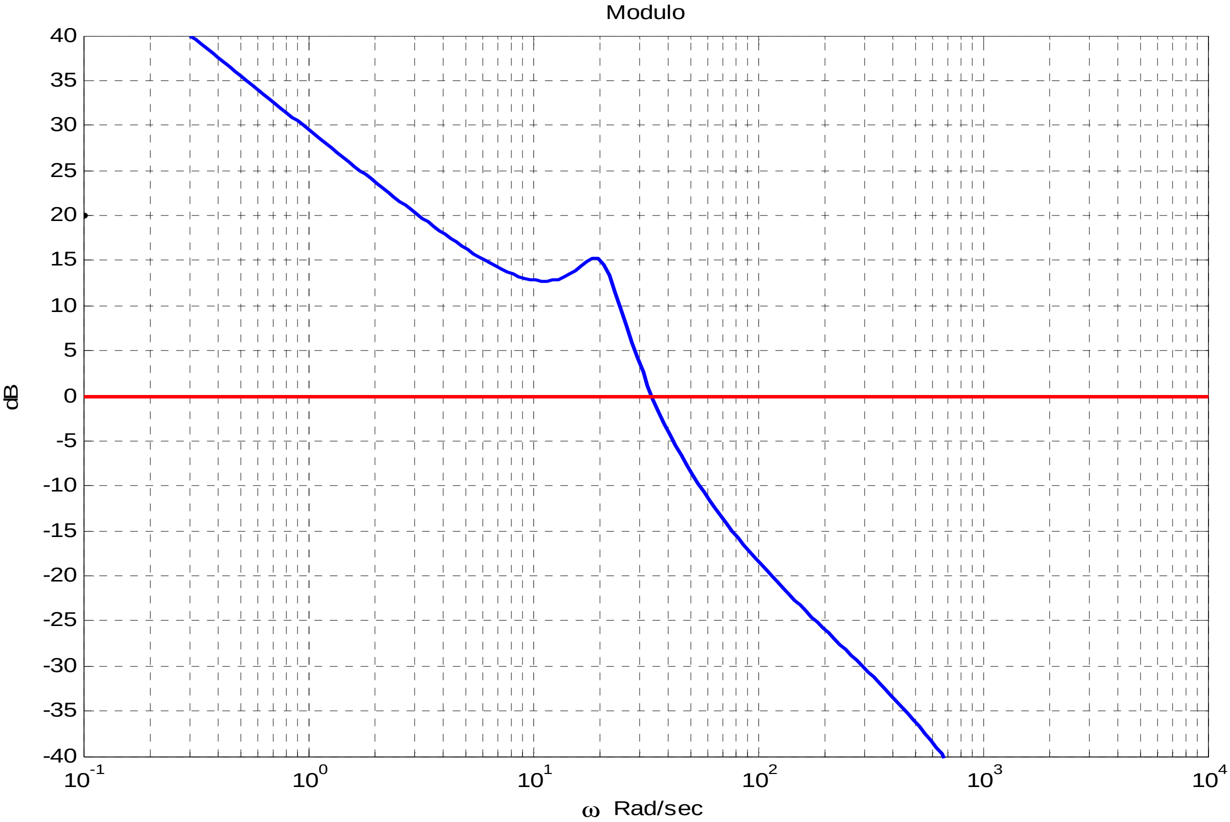
- l'effetto in uscita a regime di un disturbo $\mathbf{z(t)=2t^2}$.
- fino a che pulsazione l'errore di riproduzione di una sinusoide unitaria risulti minore di **0.3** (in uscita la sinusoide dovrebbe ovviamente avere ampiezza pari a Kd).
- se si innescano cicli limiti inserendo una saturazione unitaria (eventualmente calcolare pulsazione ed ampiezza)

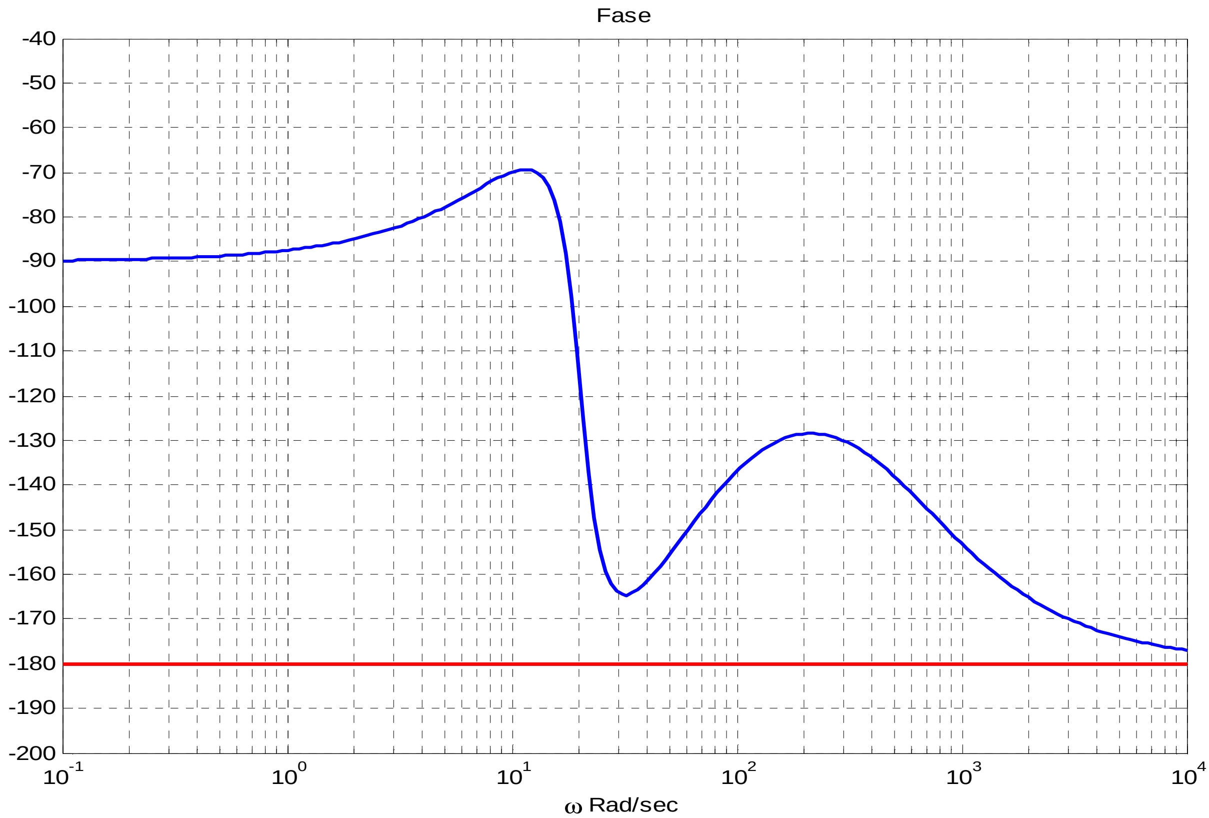
---

2. Dato lo schema a blocchi in figura determinare $\mathbf{k_1}$ e $\mathbf{k_2}$ e $\mathbf{k_3}$ tali da stabilizzare il sistema a ciclo chiuso con una velocità di convergenza pari ad almeno $\mathbf{e^{-2t}}$ ed il guadagno a ciclo chiuso sia pari ad **1**.



Dato il diagramma di **BODE** della funzione di trasferimento a ciclo aperto **F(s)** sotto riportata determinare la rete compensatrice **R(s)** tale da assicurare ω_t**>30** Rad/sec e **m**$_\phi$>50°. Tracciare quindi il diagramma di **NICHOLS** della funzione compensata **F'(s)=F(s)R(s)** e determinare su di esso il modulo alla risonanza **Mr** e la banda passante a –3 Decibel.





- Kd=3 per avere il guadagno a ciclo chiuso richiesto,
- h=1 per avere un sistema di controllo di tipo 1 (errore finito per ingresso a rampa)
- Kc>= 60 in conseguenza della specifica sull'errore.

$$C(s) = \frac{K_c}{s} R(s) = \frac{K_c}{s} \frac{N_R(s)}{sD_R(s)}; P(s) = K_p \frac{N_p(s)}{sD_p(s)}$$

$$W_z(s) = \frac{sK_d K_p N_P(s) N_R(s)}{s^2 K_d D_P(s) D_R(s) + K_c K_p N_P(s) N_R(s)}$$

$$z(s) = \frac{2}{s^3}$$

$$z(\infty) = \lim_{s \to 0} sW_z(s) z(s) = \infty$$

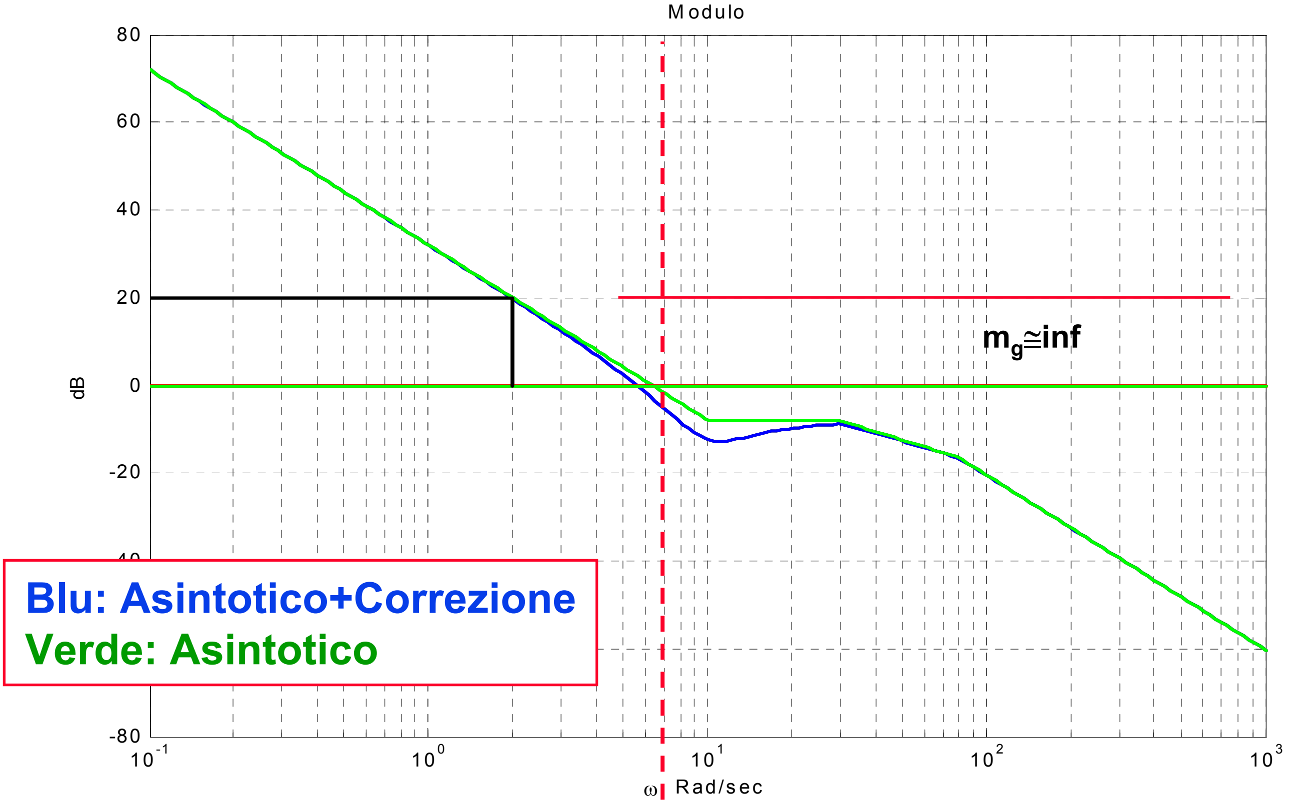
$$\left| \frac{K_d}{1 + F(j\omega)} \right| < e$$

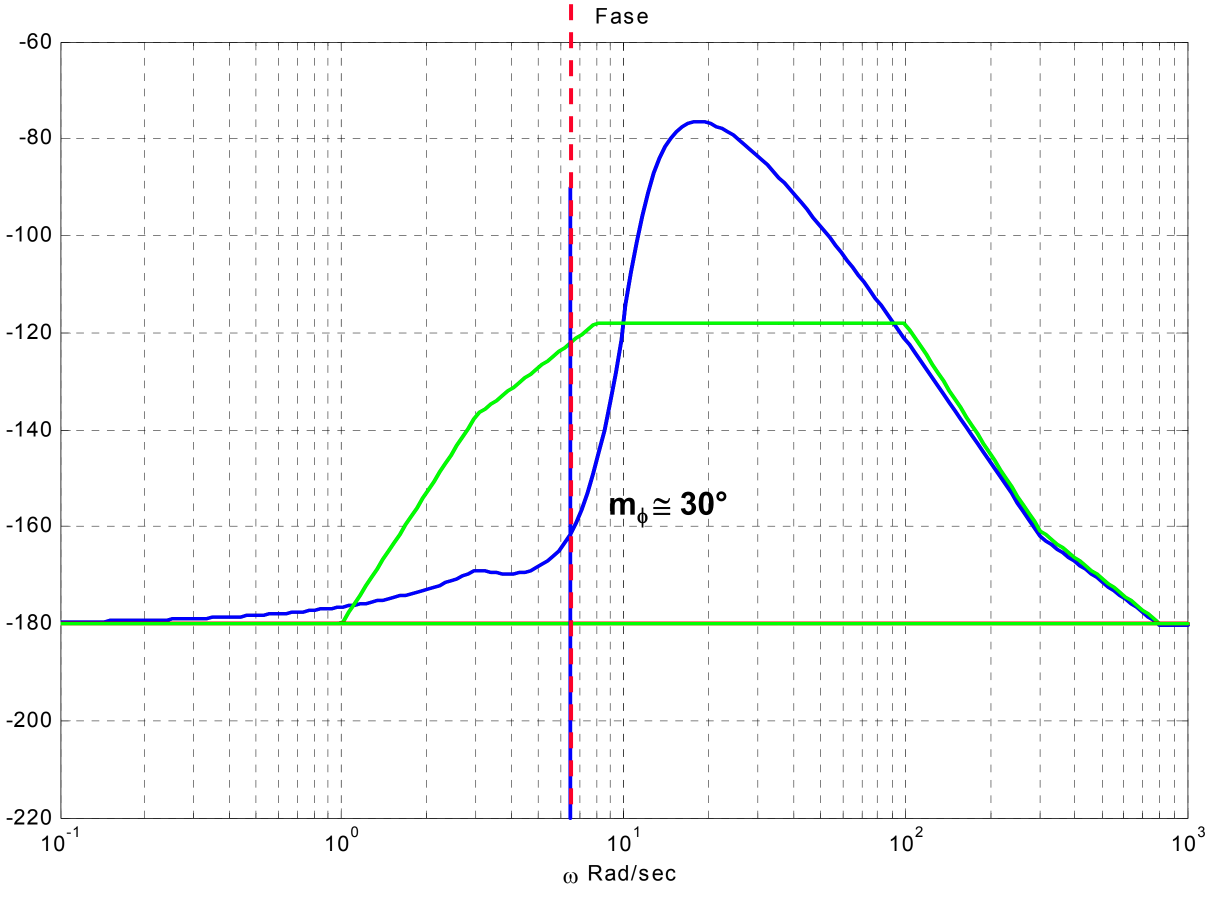
$$|F(j\omega)| > \frac{K_d}{e} = \frac{3}{0.3}$$

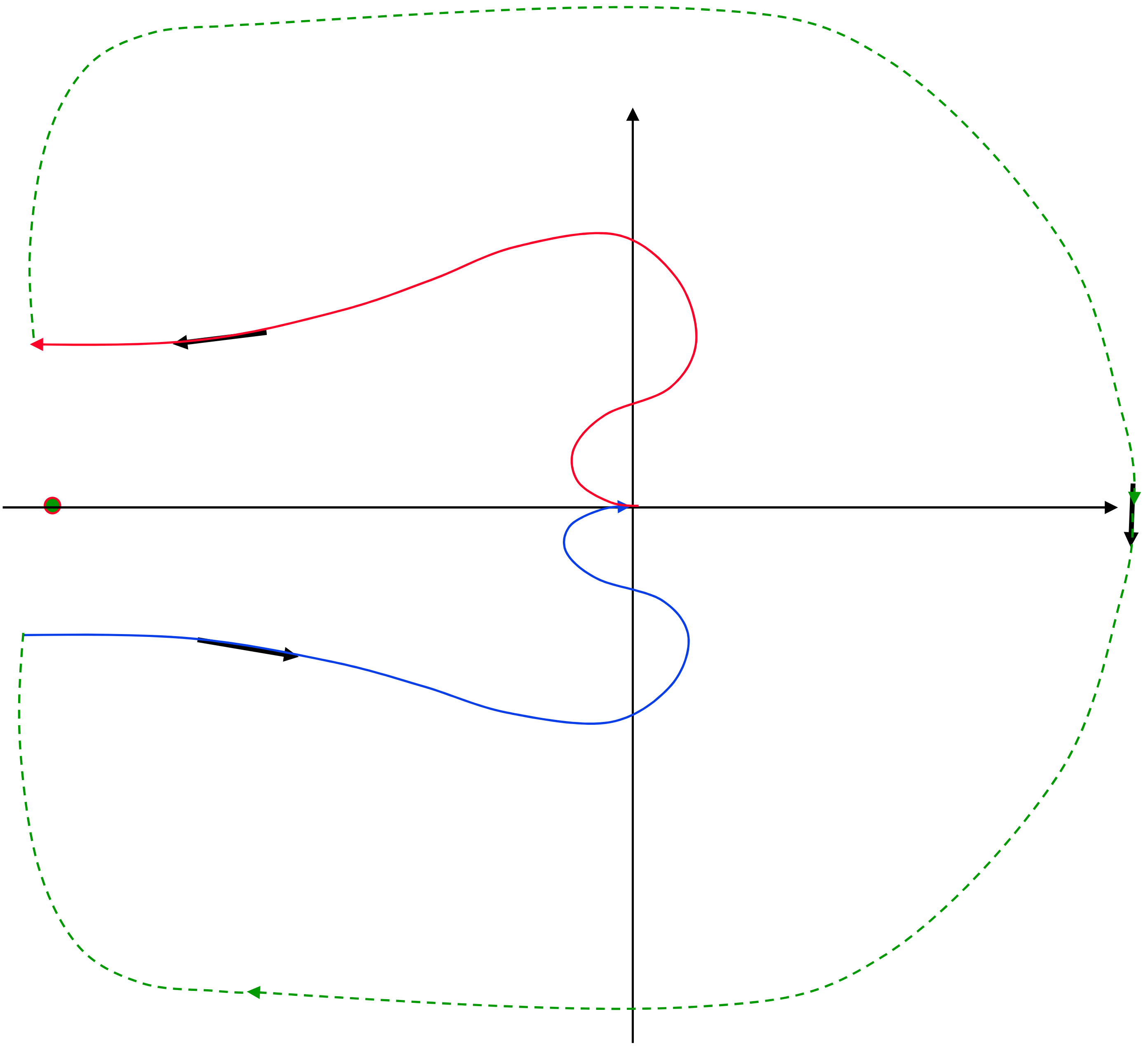
$$|F(j\omega)| > 10 = 20dB$$

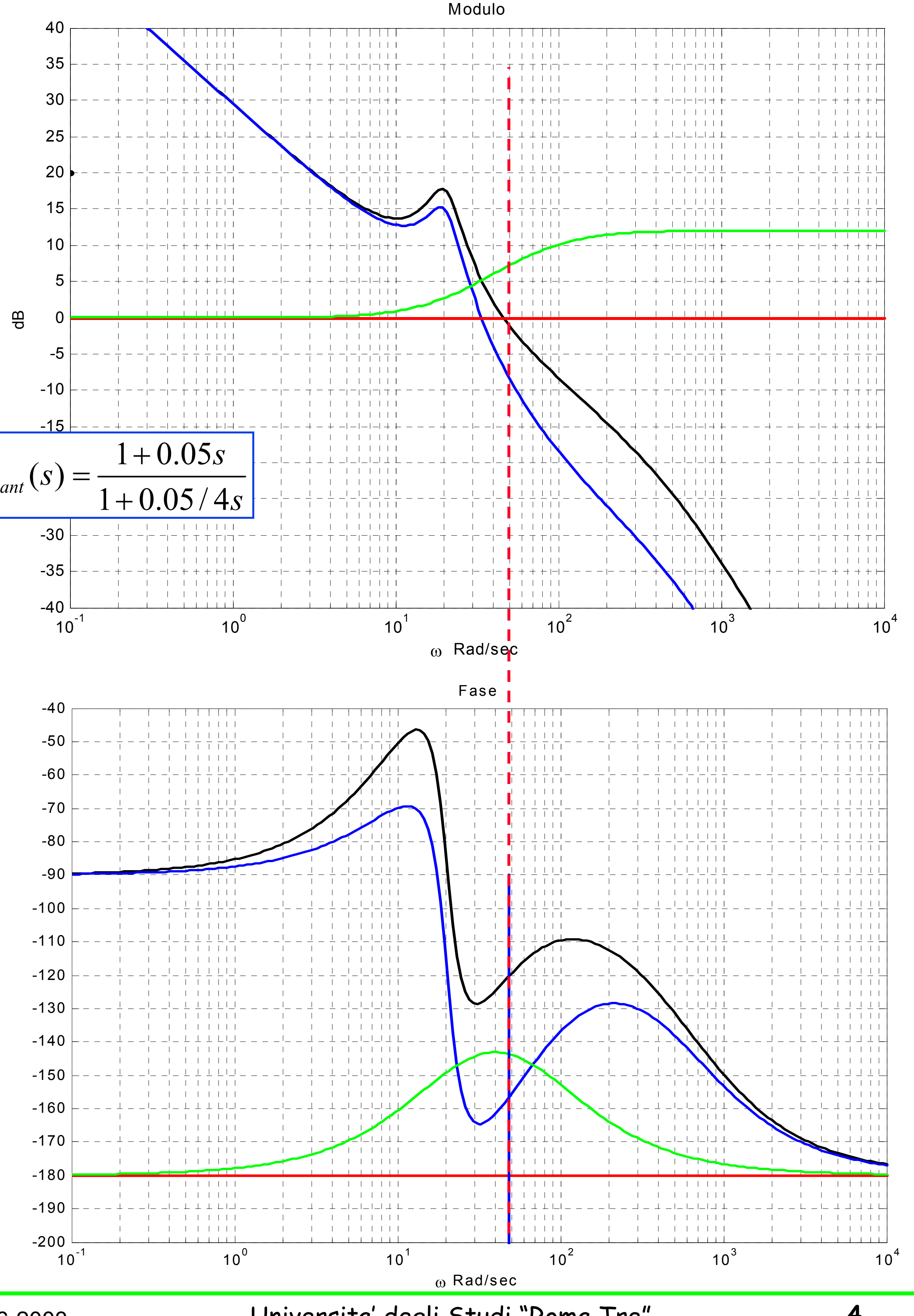
$$\text{fino a } \omega < 2 \text{ rad/sec}$$

- Non si innescano cicli limite

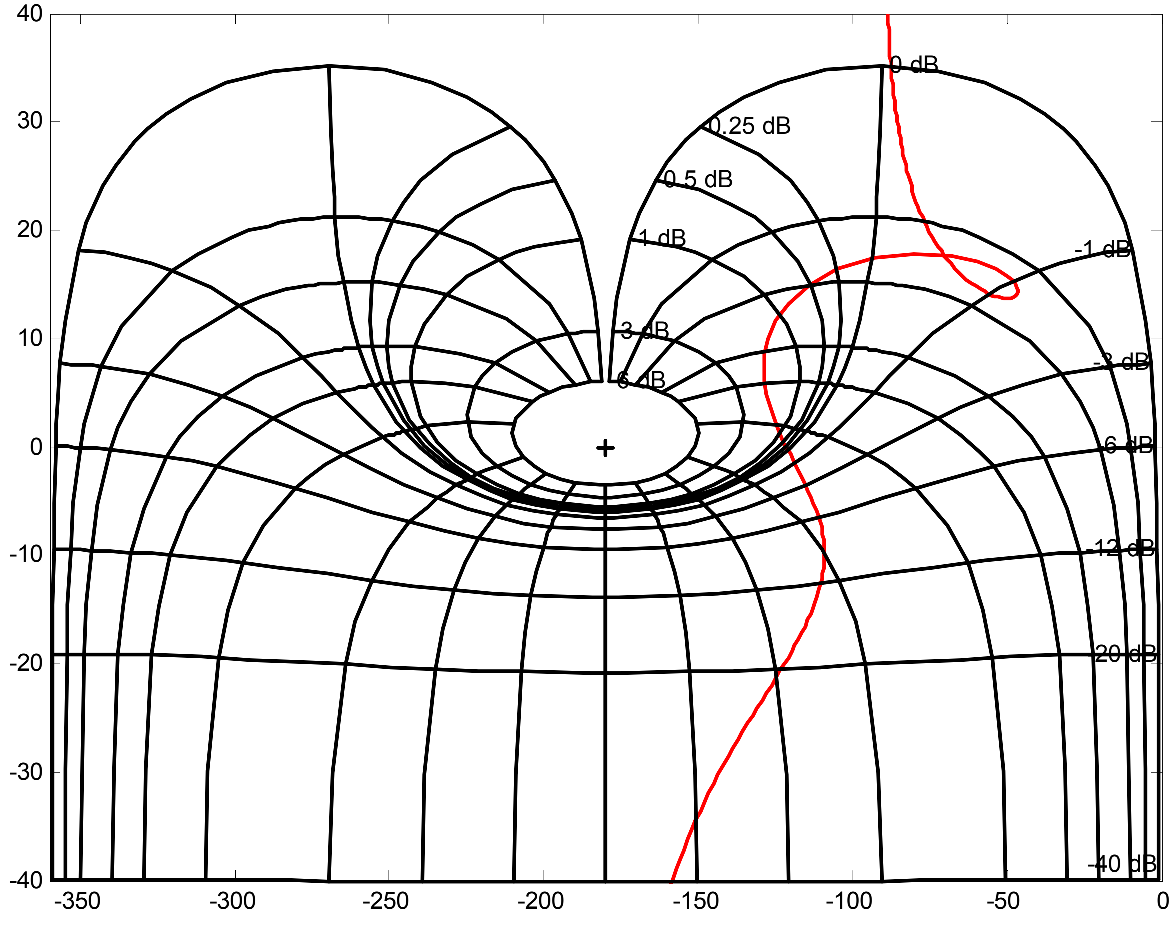

Modulo
80
60
40
20
0
-20
-40
-80
dB
m$_g$≅inf
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
ω Rad/sec
Blu: Asintotico+Correzione
Verde: Asintotico

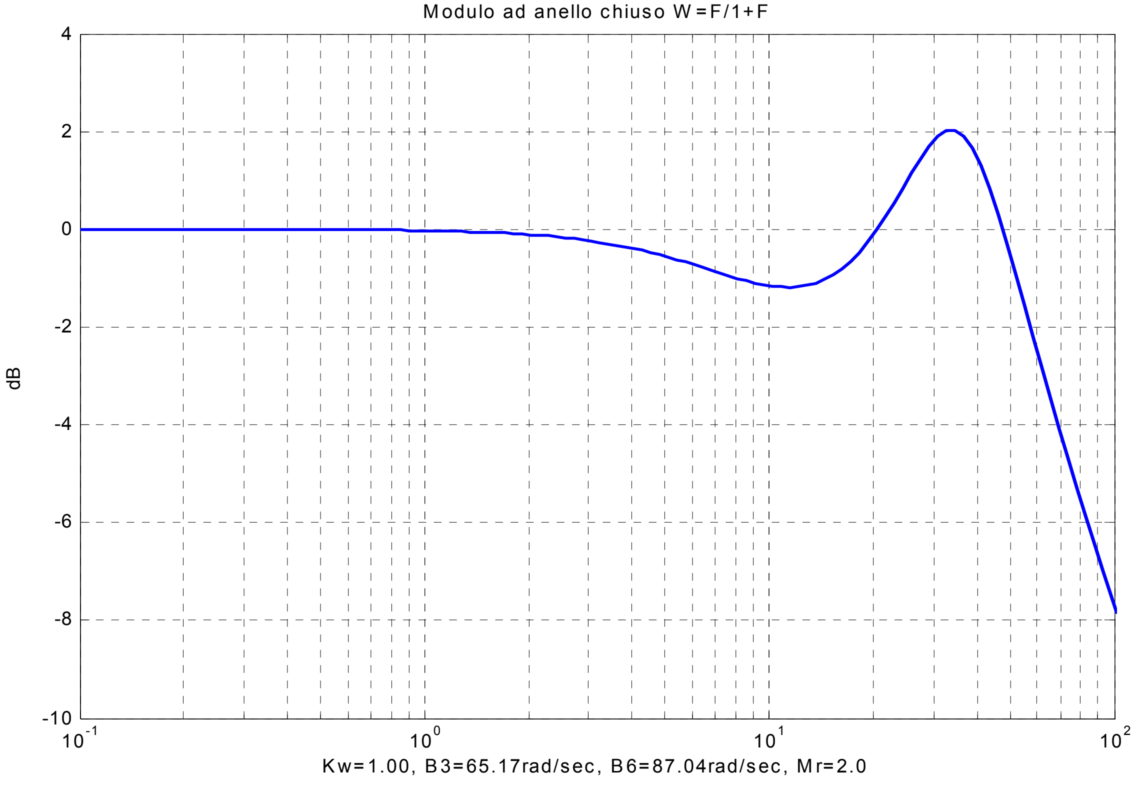

Fase
-60
-80
-100
-120
-140
-160
-180
-200
-220
m$_\phi$≅ 30°
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
ω Rad/sec





$$R_{ant}(s) = \frac{1+0.05s}{1+0.05/4s}$$


40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-350
-300
-250
-200
-150
-100
-50
0
0 dB
0.25 dB
0.5 dB
1 dB
3 dB
6 dB
-1 dB
-3 dB
-6 dB
-12 dB
-20 dB
-40 dB


Modulo ad anello chiuso W=F/1+F
dB
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
Kw=1.00, B3=65.17rad/sec, B6=87.04rad/sec, Mr=2.0

Lo schema a blocchi può essere riscritto nella forma seguente

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} v$$

$$v = k_3 u + \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Si tratta quindi di assegnare due dinamiche per esempio in -2:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow R^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \gamma = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P^*(\lambda) = (\lambda + 2)^2$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} = -\gamma P^*(\lambda) = -\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \right)^2 = \begin{bmatrix} -7 & -4 \end{bmatrix}$$

A questo punto, visto che il sistema di controllo è di tipo 1 a causa dell'integratore, notiamo che il gradino unitario da in uscita, a regime, un gradino di ampiezza $\frac{k_3}{-k_2}$. Per avere guadagno unitario basterà porre

$$k_3 = -k_2 = 4$$