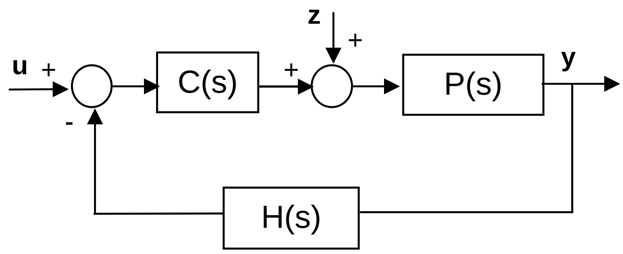
Esame di Fondamenti di Automatica

Corso di Laurea Nuovo e Vecchio Ordinamento in Ingegneria Elettronica

26 giugno 2003

Cognome:	**Nome**	**Matricola:**	**E-mail:**

1. Dato il sistema di controllo raffigurato, con **C(s)=2/s**, **P(s)=1/(s(s+2)(s+1))** e **H(s)=0.4**, determinare:
   a. Se il sistema sia stabile a ciclo chiuso con il criterio di Routh
   b. Il tipo di sistema di controllo
   c. Astatismo rispetto al disturbo costante **z**
   d. L'uscita permanente con **u(t)=3**
   e. L'uscita permanente con **u(t)=2t**

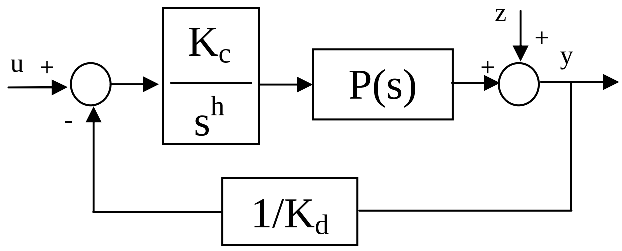


2. Sia dato un processo **P(s)** descrivibile mediante la funzione di trasferimento

$$P(s)=\frac{s^2/400+2*0.2/20s+1}{(s/100+1)^2}$$

Sintetizzare il sistema di controllo in figura (determinare **h** e il **K_c**) in modo tale che:

- il guadagno a ciclo chiuso sia uguale a **3**
- l'errore per ingresso a rampa **u(t)=0.1t** sia minore o uguale a **0.015**



Scelto il valore **minimo** di **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 (m_ϕ e m_g).

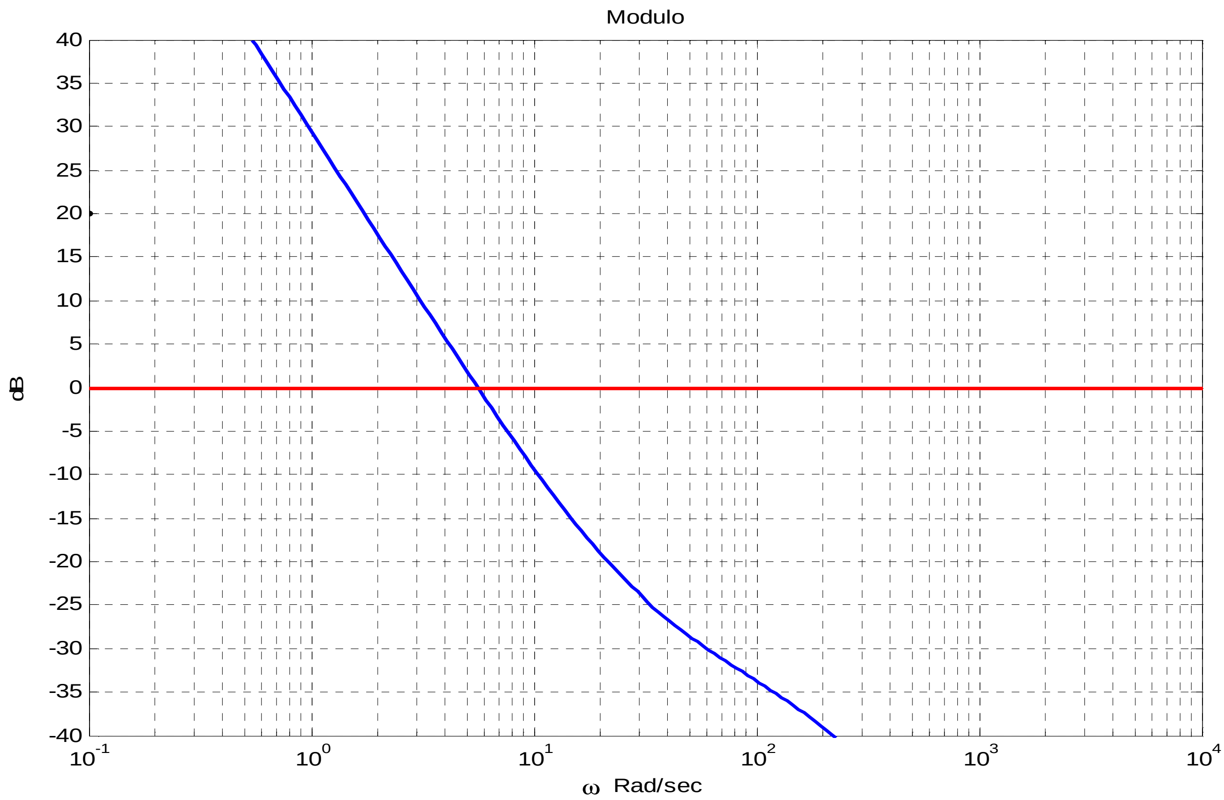
Infine calcolare l'effetto in uscita a regime di un disturbo **z(t)= 2t**.

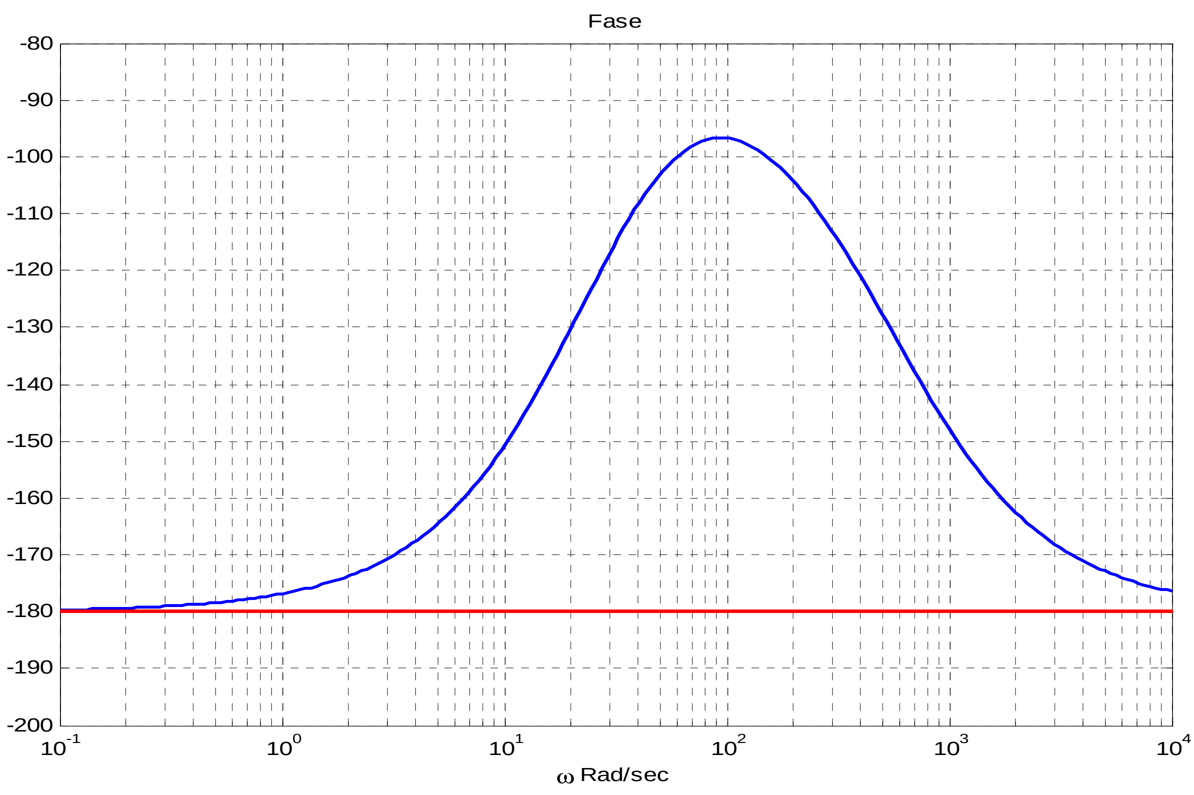
3. (Solo vecchio ordinamento) Calcolare l'uscita per ***t=2 sec***, ***$u(t)=\delta_{-1}(t)$*** e condizione iniziale ***x_0=(1 , -2)***, del sistema descritto dalle matrici

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-2 & 1\\ 0 & -3\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1\\ 0\end{bmatrix}u$$

$$y=\begin{bmatrix}1 & 3\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}$$

4. Dato il diagramma di **BODE** della funzione di trasferimento a ciclo aperto **F(s)** sotto riportata (non ci sono poli a parte reale positiva) determinare la rete compensatrice **R(s)** tale da assicurare ω_t**>=10** rad/sec e m_ϕ>=60°. 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.





La funzione di trasferimento a ciclo chiuso vale

$$W(s) = \frac{10}{5s^4 + 15s^3 + 10s^2 + 4}$$

a) Scrivendo la tabellina di Routh si scopre che il sistema è instabile e le domande successive non sono ammissibili

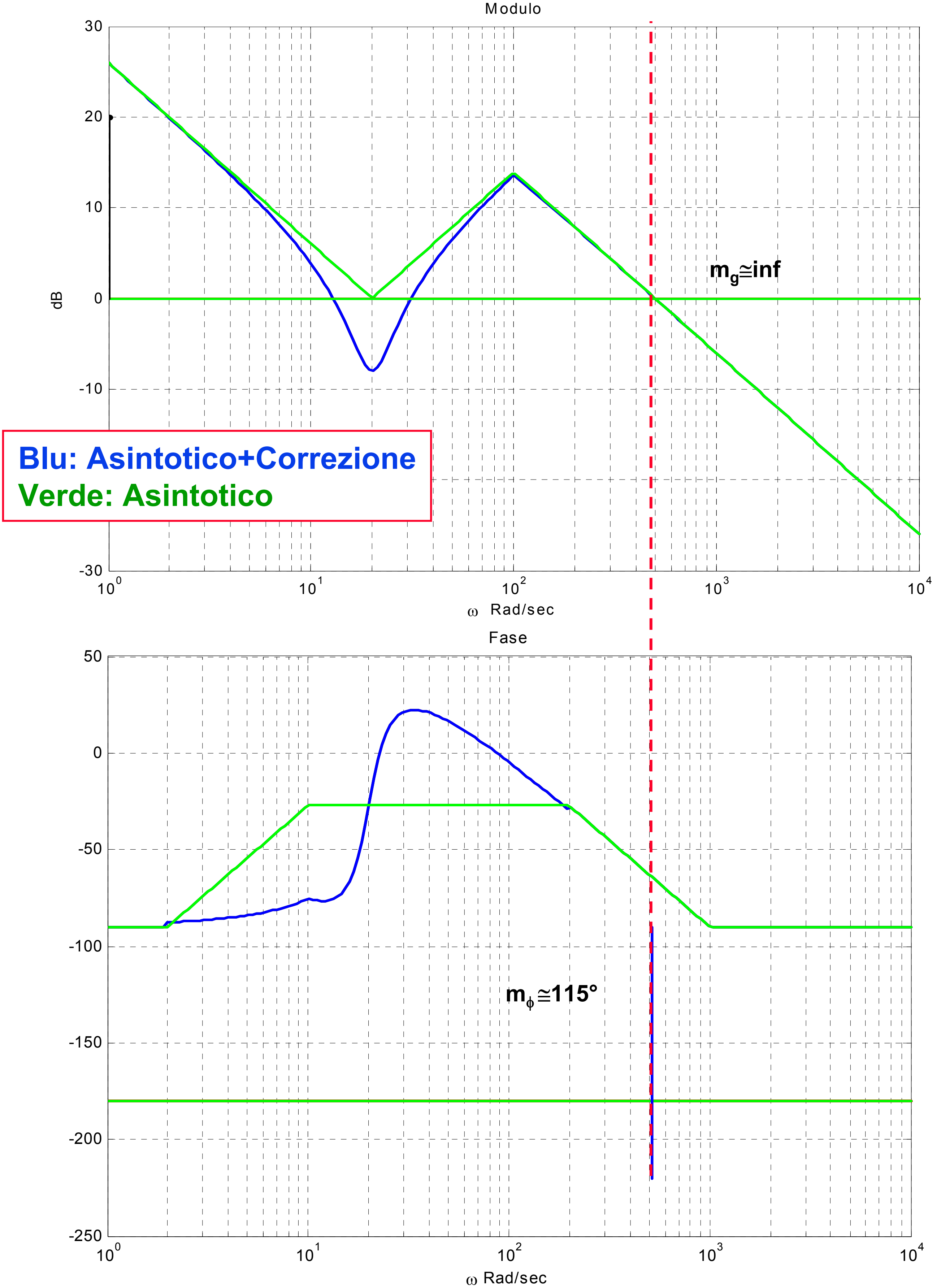
- Kd=3 per avere il guadagno a ciclo chiuso richiesto,
- h=1 per avere un sistema di controllo di tipo 1 (errore finito per ingresso a rampa)
- Kc>= 60 in conseguenza della specifica sull'errore.

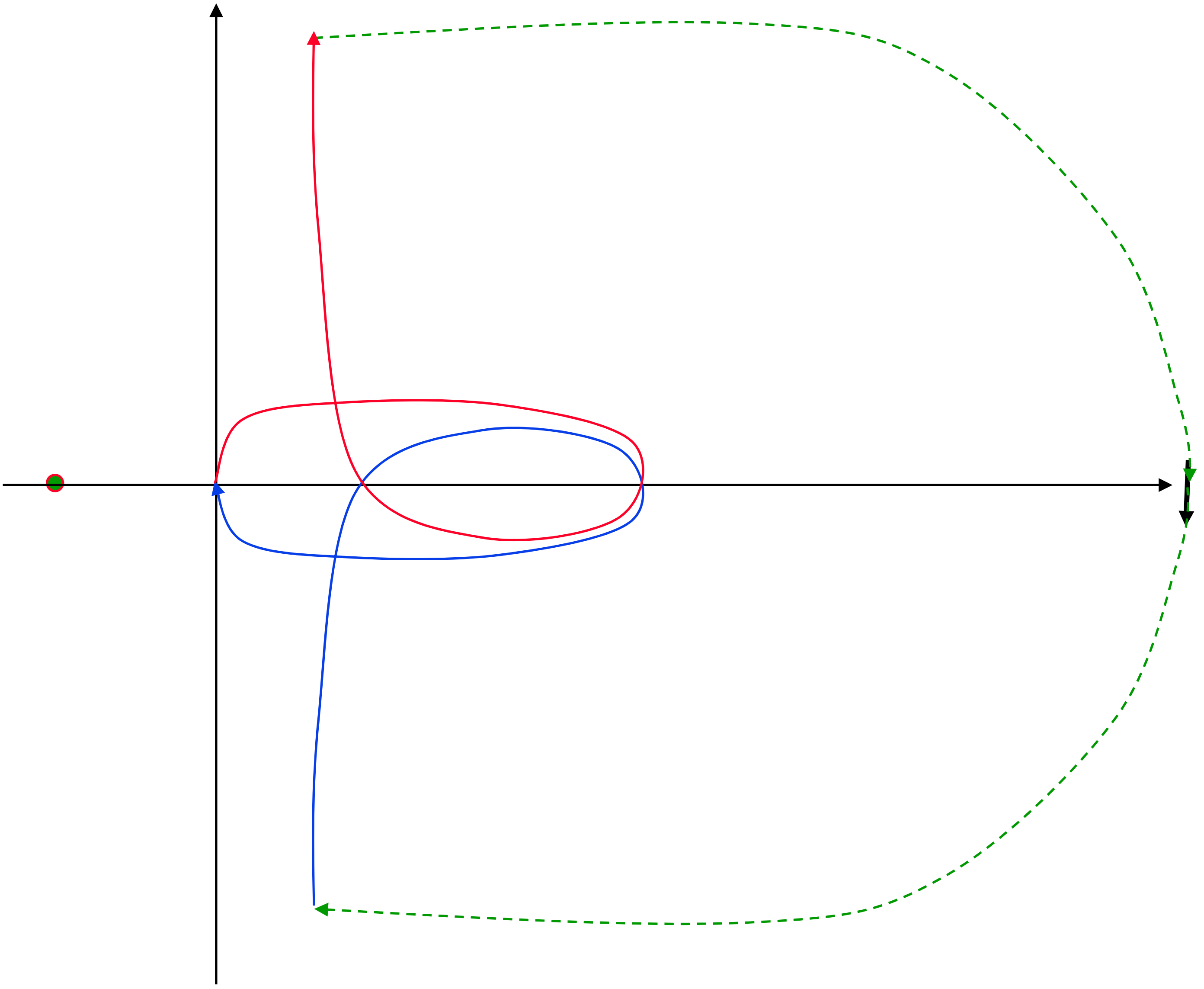
$$C(s) = \frac{K_c}{s} R(s) = \frac{K_c}{s} \frac{N_R(s)}{sD_R(s)}; P(s) = K_p \frac{N_p(s)}{sD_p(s)}$$

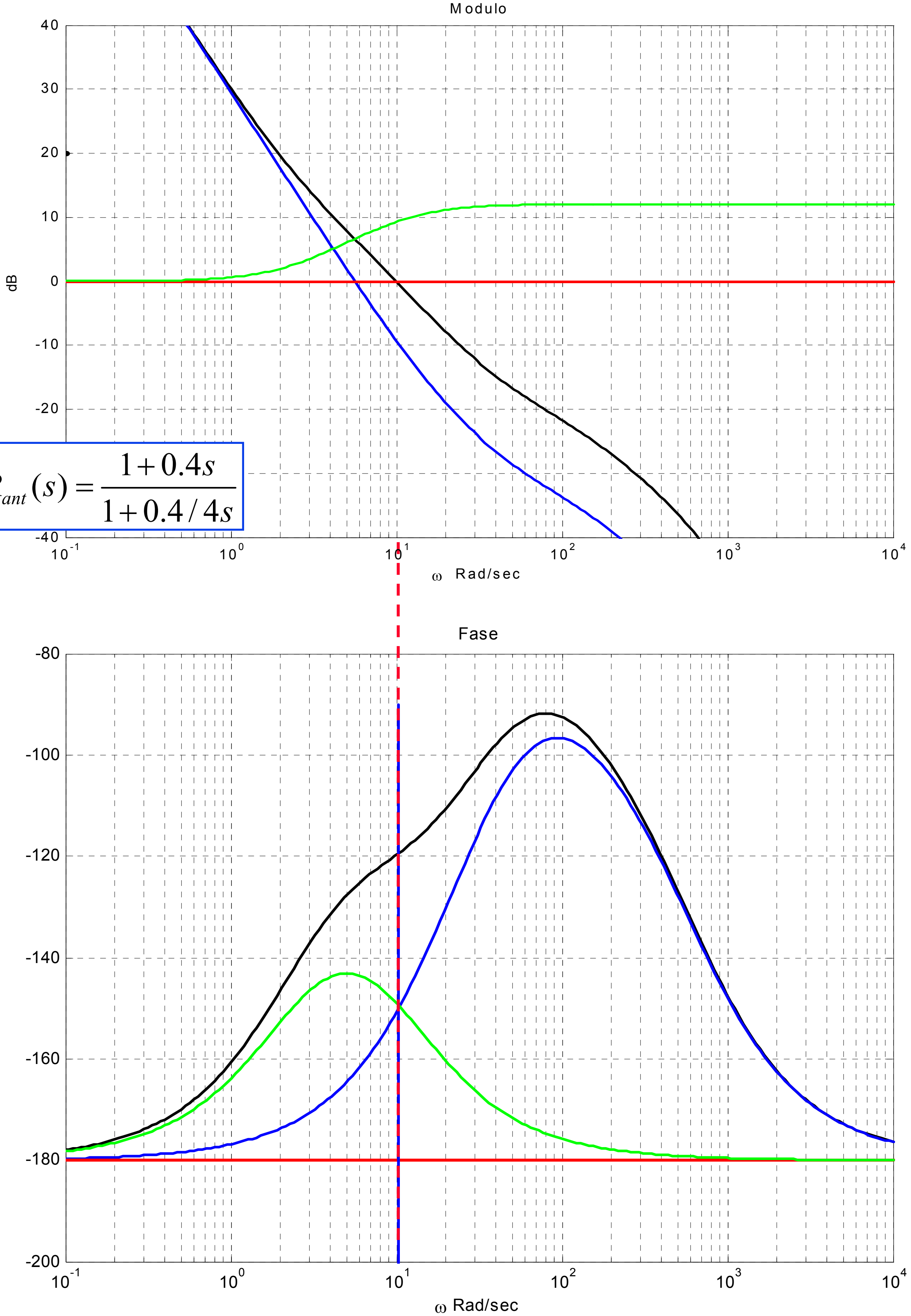
$$W_z(s) = \frac{s^2 K_d K_p N_P(s) N_R(s)}{s^2 K_d D_P(s) D_R(s) + K_c K_p N_P(s) N_R(s)}$$

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

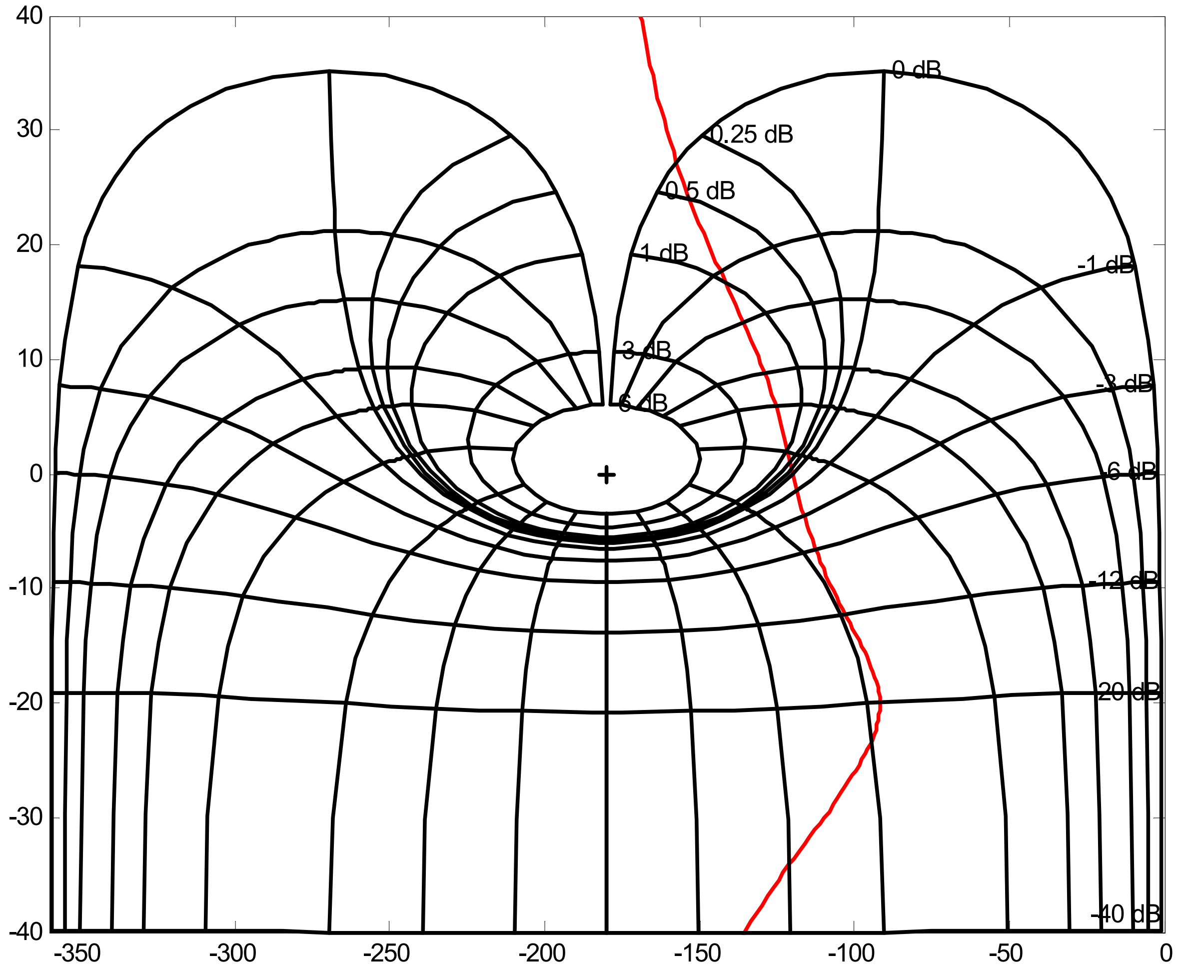
$$z(\infty) = \lim_{s \to 0} s W_z(s) z(s) = \lim_{s \to 0} \frac{K_d}{K_c} 2 = \frac{3}{60} 2 = 0.1$$

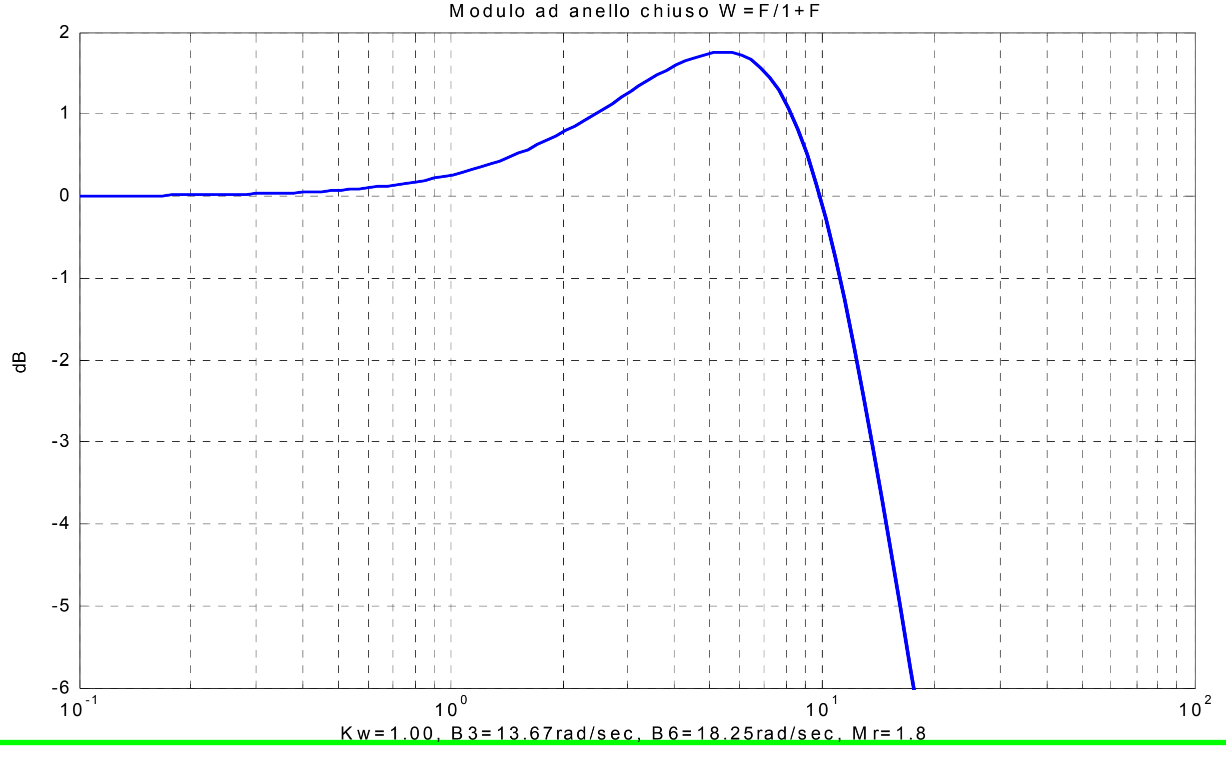

Modulo
30
20
10
0
-10
-30
dB
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
ω Rad/sec
$m_g \cong inf$
Blu: Asintotico+Correzione
Verde: Asintotico
Fase
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
ω Rad/sec
$m_\phi \cong 115°$





$$R_{ant}(s) = \frac{1+0.4s}{1+0.4/4s}$$


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
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-350
-300
-250
-200
-150
-100
-50
0


Modulo ad anello chiuso W=F/1+F
dB
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
Kw=1.00, B3=13.67rad/sec, B6=18.25rad/sec, Mr=1.8

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Evoluzione completa:

$$y(t) = L^{-1}\left\{ C(sI-A)^{-1}x_0 + C(sI-A)^{-1}BU(s) \right\}$$

$$(sI-A)^{-1} = \begin{pmatrix} s+2 & -1 \\ 0 & s+3 \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{(s+2)(s+3)} \begin{pmatrix} s+3 & 1 \\ 0 & s+2 \end{pmatrix}$$

$$C(sI-A)^{-1}x_0 = \frac{1}{(s+2)(s+3)} \begin{pmatrix} 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s+3 & 1 \\ 0 & s+2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \end{pmatrix} = \frac{-2s-11}{(s+2)(s+3)}$$

$$C(sI-A)^{-1}B\frac{1}{s} = \frac{1}{(s+2)(s+3)} \begin{pmatrix} 1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s+3 & 1 \\ 0 & s+2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \frac{1}{s} = \frac{s+3}{(s+2)(s+3)s} = \frac{1}{(s+2)s}$$

$$y(s) = \frac{-2s-11}{(s+2)(s+3)} + \frac{1}{(s+2)s} = \frac{-2s^2-10s+2}{(s+2)(s+3)s} = \frac{1/3}{s} + \frac{-2}{s+2} + \frac{14/3}{s+3}$$

$$y(t) = \frac{1}{3} - 2e^{-2t} + \frac{14}{3}e^{-3t}$$

$$y(2) = 0.308$$