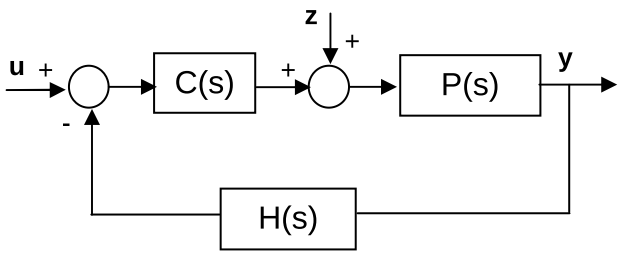
Esame di Elementi di Regolazione

Corso di Laurea Nuovo Ordinamento in Ingegneria Meccanica

24 giugno 2003

Cognome:	Nome	Matricola:	E-mail:

1. Dato il sistema di controllo raffigurato, con $\mathbf{C(s)=5/s^2}$, $\mathbf{P(s)=1/(s+2)^2}$ e $\mathbf{H(s)=0.2}$, 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)=5**
    e. L'uscita permanente con **u(t)=2t**



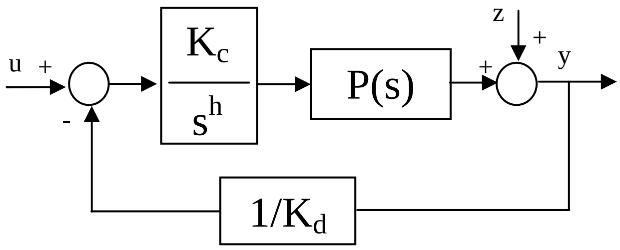
---

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

$$P(s) = \frac{40(s/70+1)(s/100+1)}{(s/20+1)(s/500+1)^2}$$

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

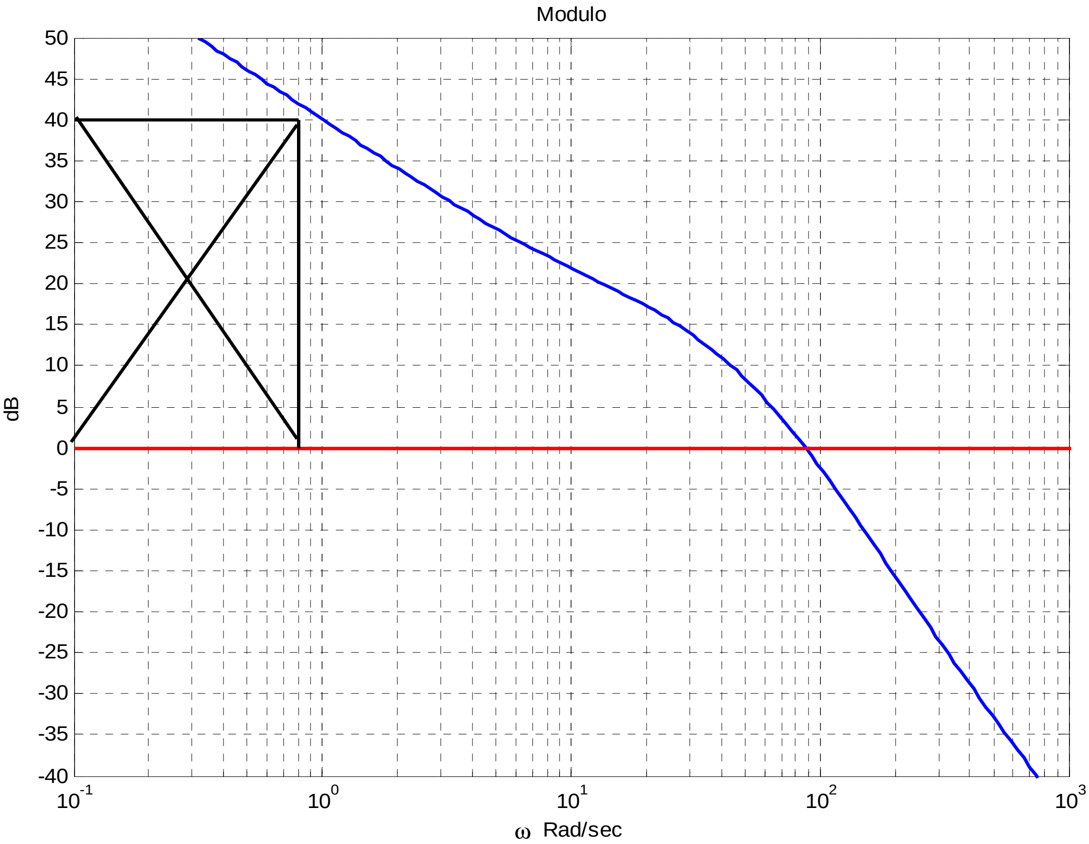
- il guadagno a ciclo chiuso sia uguale a **3**
- l'errore per ingresso a rampa **u(t)=10t** sia minore o uguale a **1.125**

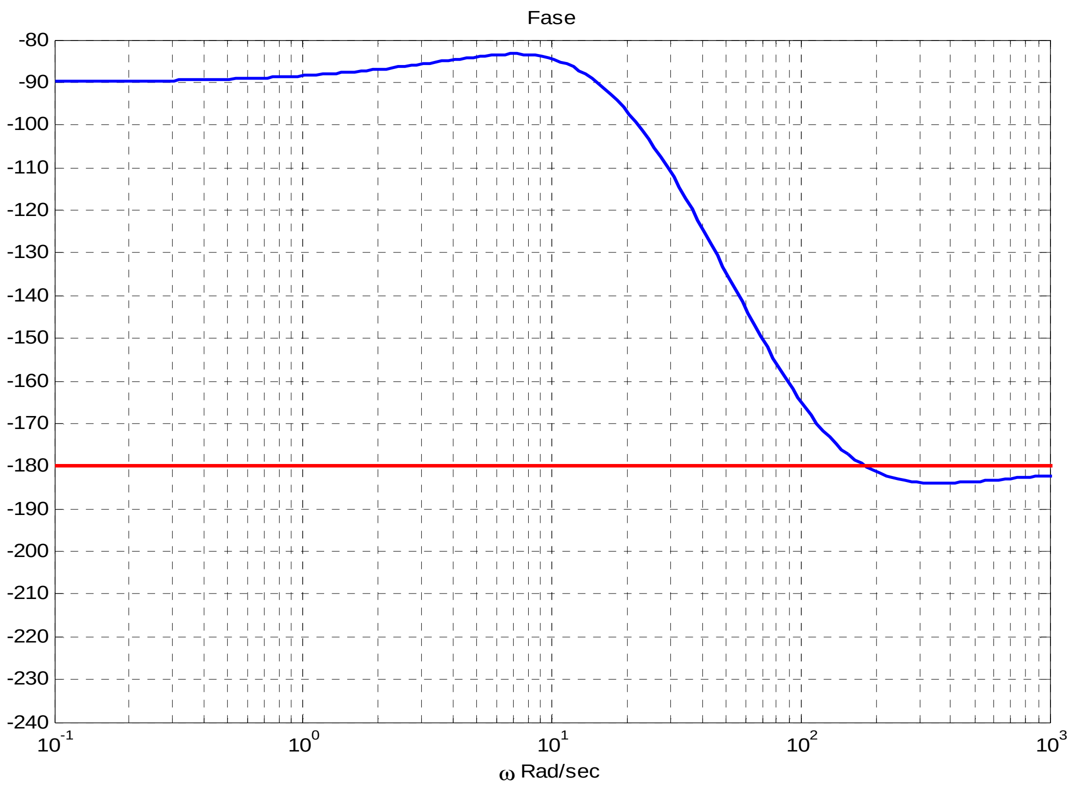


Scelto il valore **minimo** di $\mathbf{K_c}$ compatibile con le specifiche, tracciare i diagrammi di **BODE** e **NYQUIST** della funzione a ciclo aperto, e determinare su questi la pulsazione di attraversamento (ω_t) e, in caso di sistema stabile a ciclo chiuso, i margini di stabilità ($\mathbf{m_\phi}$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

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

3. 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 $\boldsymbol{\omega_t<100}$ rad/sec, $\mathbf{m}_{\phi}>40°$ e non invadere la zona proibita indicata in figura. 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

$$W(s) = \frac{5}{s^3 + 4s^2 + 4s + 1}$$

a) Scrivendo la tabellina di Routh si scopre che il sistema è stabile.

b) Il tipo di sistema di controllo è pari a 2 essendoci due poli nell'origine in catena diretta.

c) Il sistema è sicuramente astatico rispetto al disturbo costante essendoci almeno un integratore prima dell'ingresso del disturbo

d) Essendo 2 il tipo di sistema di controllo, ad ingresso unitario costante corrisponderà, a regime permanente, un'uscita costante, pari al guadagno del ciclo chiuso: questo è 5 e quindi u(t)=5 fornisce y(t)=25.

e) Essendo 2 il tipo di sistema di controllo, anche ad ingresso a rampa unitaria corrisponderà, a regime permanente, un'uscita a rampa con errore nullo, pari alla rampa di ingresso moltiplicata per il guadagno del ciclo chiuso: questo è 5 e quindi u(t)=2t fornisce y(t)=10t.

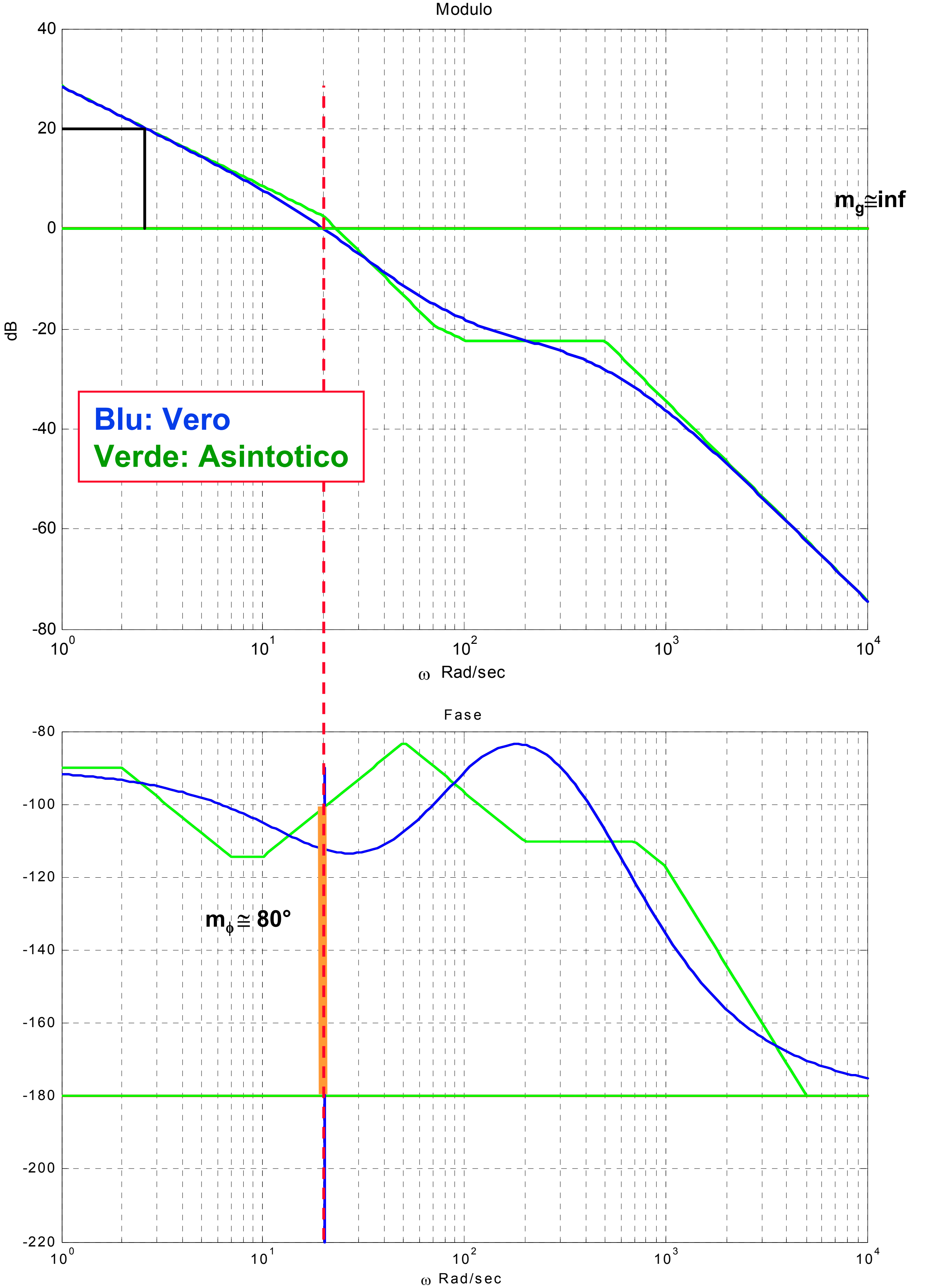
- Kd=3 per avere il guadagno a ciclo chiuso richiesto,
- h=1 per avere un sistema di controllo di tipo 1 (errore finito per ingresso a rampa)
- Kc>= 2 in conseguenza della specifica sull'errore.

$$P(s) = K_p \frac{N_p(s)}{D_p(s)}; C(s) = \frac{K_c}{s}; H(s) = \frac{1}{K_d}$$

$$W_z(s) = \frac{P(s)}{1 + C(s)P(s)H(s)} = \frac{sK_d K_p N_P(s)}{sK_d D_P(s) + K_c K_p N_P(s)}$$

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

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


Modulo
40
20
0
-20
-40
-60
-80
dB
m_g≅inf
Blu: Vero
Verde: Asintotico
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
ω Rad/sec
Fase
-80
-100
-120
-140
-160
-180
-200
-220
m_φ ≅ 80°
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
ω Rad/sec

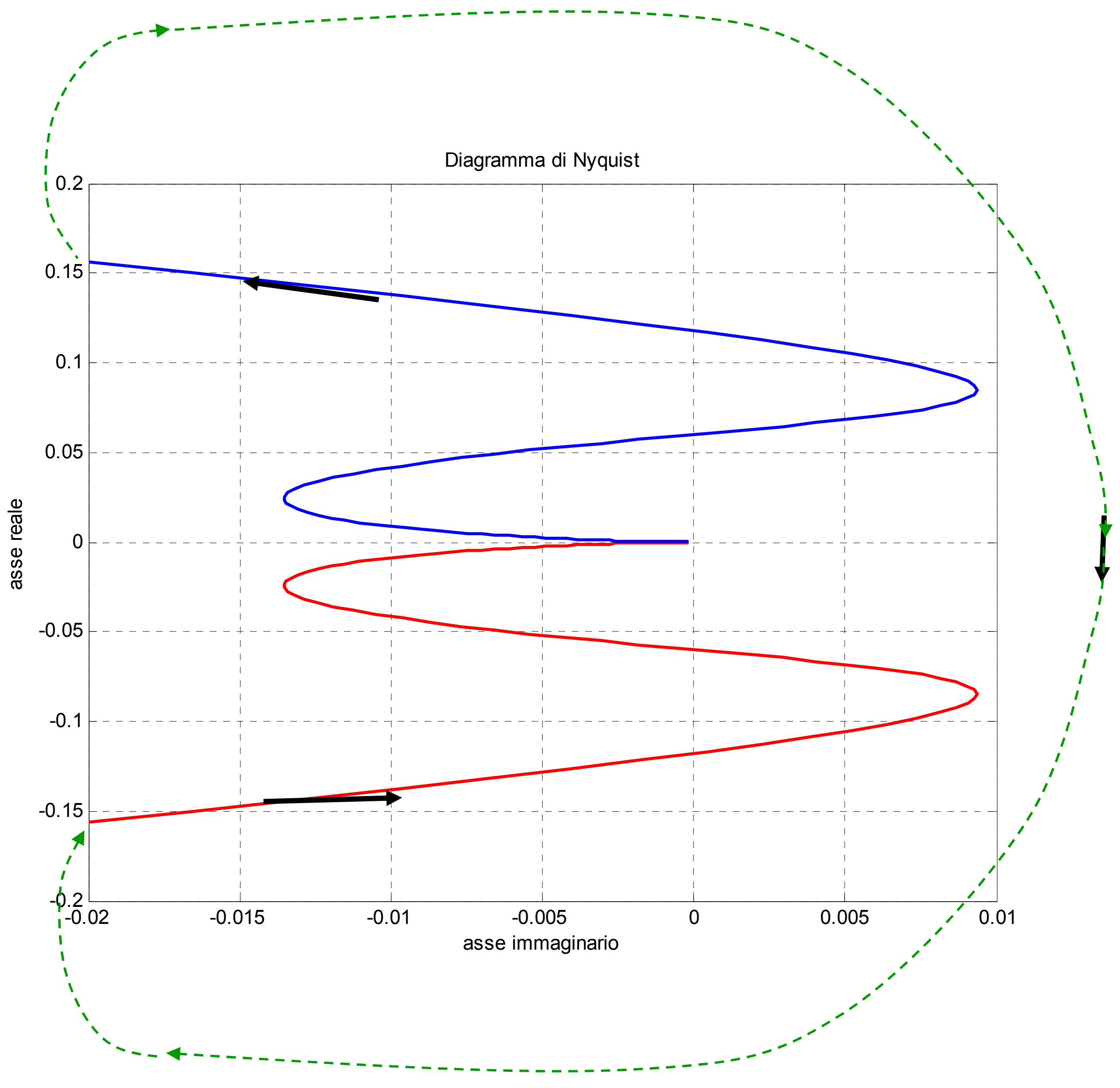
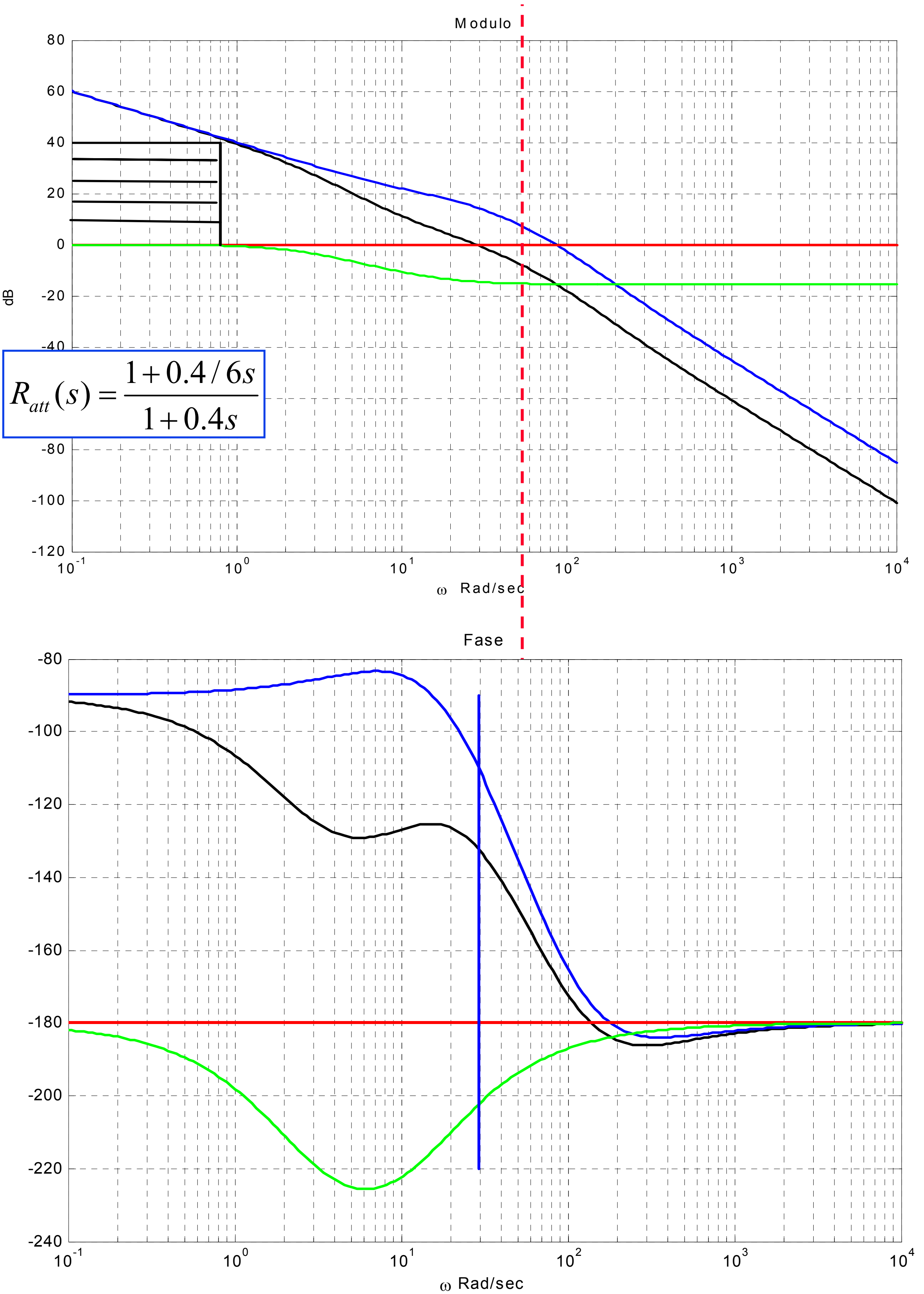
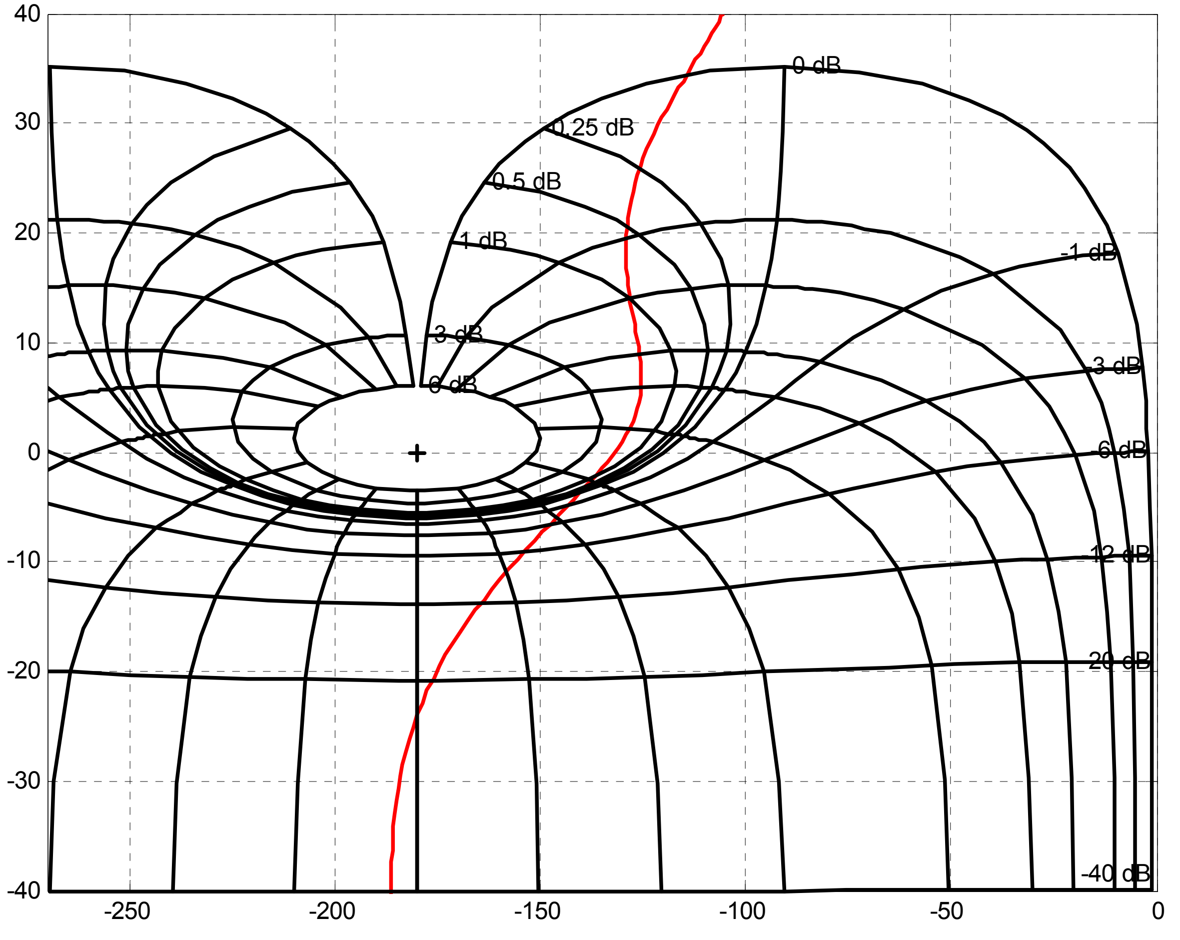
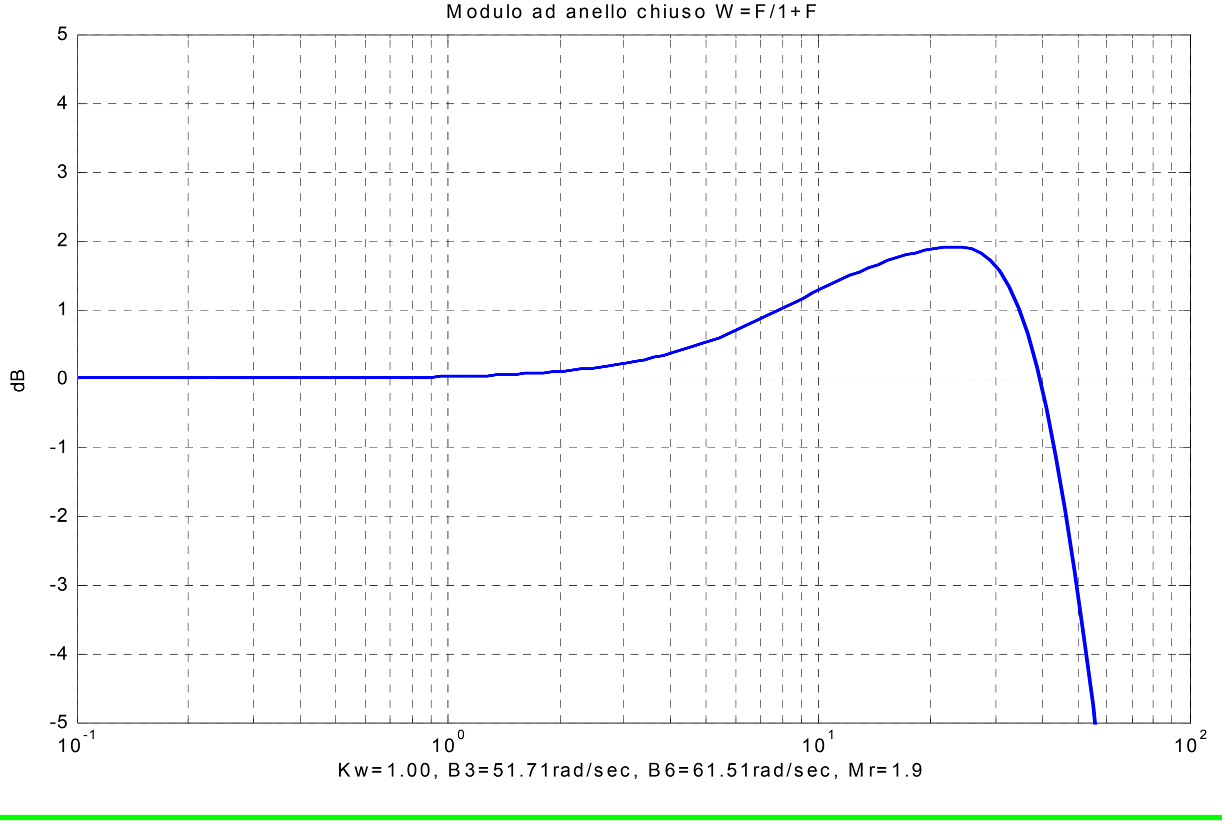


Diagramma di Nyquist
asse reale
asse immaginario
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2
-0.02
-0.015
-0.01
-0.005
0
0.005
0.01



$$R_{att}(s) = \frac{1 + 0.4/6s}{1 + 0.4s}$$


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


Modulo ad anello chiuso W=F/1+F
dB
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
10^-1
10^0
10^1
10^2
Kw=1.00, B3=51.71rad/sec, B6=61.51rad/sec, Mr=1.9