



Tema di: SISTEMI ELETTRONICI AUTOMATICI

Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi di progetto "SIRIO" - **Indirizzo Elettronica e Telecomunicazioni**

Il candidato scelga e sviluppi una tra le due tracce proposte:

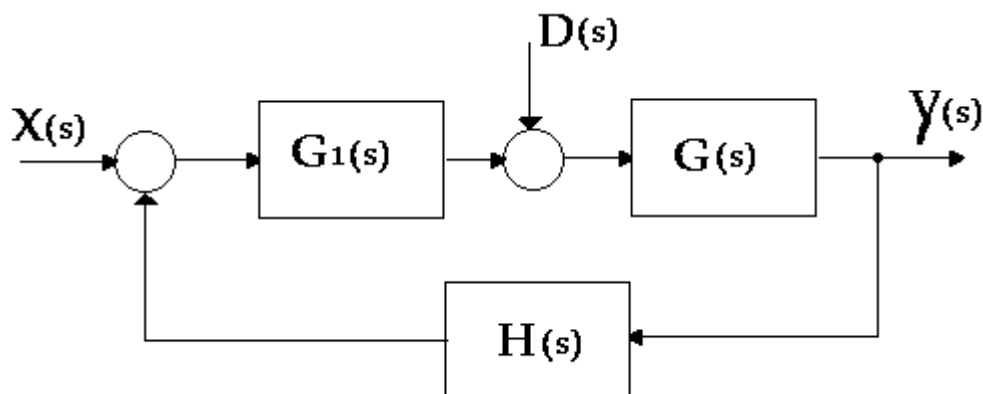
Traccia 1

Dalle misure eseguite con un segnale sinusoidale su di un impianto si è verificato che esso:

1. è soggetto in ingresso ad un disturbo additivo non controllabile;
2. presenta una piccola variazione dei parametri durante il funzionamento;
3. si comporta come un sistema lineare la cui funzione di trasferimento è:

$$G(s) = \frac{200}{s \cdot (s + 10) \cdot s + 20}$$

Per un corretto funzionamento del sistema si progetta un controllo a retroazione secondo lo schema di figura.



Per attenuare gli effetti sia del disturbo che delle variazioni dei parametri si impongono le seguenti specifiche valide nell'intervallo $0 \leq \omega \leq 10$ rad/s:

1. il rapporto in decibel fra il segnale controllato e il disturbo deve essere **s -20dB**

$$\left[\left| \frac{Y(j\omega)}{D(j\omega)} \right| \right]_{\text{dB}} \leq -20 \text{ dB}$$

2. la sensibilità parametrica rispetto alla funzione $|G(j\omega)|$ deve essere **s -10 dB**

$$\left| S_{G(j\omega)} \right|_{\text{dB}} \leq -10 \text{ dB}$$

Il candidato, formulate le ipotesi aggiuntive che ritiene opportuni

A. individui il tipo di sistema;

B. individui, nel diagramma di Bode dell'ampiezza, la regione del piano in cui deve giacere la funzione di trasferimento d'anello aperto affinché siano soddisfatte le specifiche 1 e 2;

C. determini la correzione da apportare affinché:

- la funzione di trasferimento d'anello aperto soddisfi le specifiche 1 e 2,
- il sistema controreazionato sia stabile;

D. progetti una o più reti correttive da sostituire in cascata al posto del blocco $G_1(s)$, e/o in reazione, al posto del blocco $H(s)$, al fine di stabilizzare il sistema.

Traccia 2

Si vuole sviluppare un sistema di monitoraggio dello stato di occupazione in un parcheggio con la capacità di 512 autoveicoli suddivisi in otto settori. Ciascun settore del parcheggio ha un unico varco d'ingresso e un unico varco di uscita. Ogni varco può essere attraversato da una sola macchina alla volta ed è dotato di un opportuno sensore che segnala il passaggio dell'auto. Un sistema a microprocessore deve essere in grado di acquisire l'impegno del parcheggio sia in relazione al numero di auto in sosta che alla loro distribuzione nei vari settori. Un opportuno sistema di segnalazione all'ingresso del parcheggio informa gli automobilisti in arrivo indicando per ogni settore il numero di posti liberi. All'ingresso di ogni settore c'è un sbarra che si chiude automaticamente quando il settore è pieno. All'ingresso principale c'è una sbarra che si chiude quando i posti liberi scendono a 10.

SOLUZIONE TRACCIA 1

© By Ing. Cesare Utizi

1. Per soddisfare la prima specifica, bisogna determinare la funzione di trasferimento del sistema, considerando come ingresso il disturbo $D(s)$ e come uscita $Y(s)$ e ponendo uguale a zero $X(s)$:

$$\frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{G(s)}{1 + H \cdot G(s) \cdot G_1(s)}$$

sostituendo i rispettivi valori si ottiene:

$$\frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{\frac{200}{s \cdot (s+10) \cdot s+20}}{1 + H \cdot k \cdot \frac{200}{s \cdot (s+10) \cdot s+20}} = \frac{200}{s \cdot (s+10) \cdot s+20 + H \cdot k \cdot 200}$$

dove H può essere posto uguale a uno e con k si è indicato il guadagno di $G_1(s)$.

Tale funzione di trasferimento non ha poli e zeri nell'origine, inoltre il suo guadagno statico (valore per $s=0$) vale $1/Hk$, dunque nell'intervallo di interesse esso può essere considerato il valore massimo nel diagramma di Bode del modulo, allora la prima specifica può essere scritta come:

$$20 \cdot \log\left(\frac{1}{k \cdot 1}\right) \leq -20$$

da cui si ricava $k \geq 10$.

2. La sensibilità parametrica rispetto la funzione G, viene espressa dalla relazione:

$$S_G = \frac{1}{1 + H \cdot G(s) \cdot G_1(s)}$$

sostituendo i rispettivi valori si ha:

$$S_G = \frac{1}{1 + H \cdot G(s) \cdot G_1(s)} = \frac{1}{1 + \frac{200}{s \cdot (s + 10) \cdot (s + 20)} \cdot k} = \frac{s \cdot (s + 10) \cdot (s + 20)}{s \cdot (s + 10) \cdot (s + 20) + 200 \cdot k}$$

La funzione di trasferimento ha uno zero nell'origine e altri due zeri in -10 e -20 , presenta inoltre tre poli; si può allora supporre che il valore più elevato nel diagramma di bode del modulo sia assunto in $\omega = 10$ rad/sec.

Passando nel dominio della frequenza la S_G diventa:

$$S_G = \frac{1}{1 + H \cdot G(j\omega) \cdot G_1(j\omega)} = \frac{1}{1 + \frac{200}{j\omega \cdot (j\omega + 10) \cdot (j\omega + 20)} \cdot k} = \frac{j\omega \cdot (j\omega + 10) \cdot (j\omega + 20)}{j\omega \cdot (j\omega + 10) \cdot (j\omega + 20) + 200 \cdot k}$$

per $\omega = 10$ rad/sec si ottiene:

$$S_G = \frac{1}{1 + H \cdot G(j\omega) \cdot G_1(j\omega)} = \frac{j10 \cdot (j10 + 10) \cdot (j10 + 20)}{j10 \cdot (j10 + 10) \cdot (j10 + 20) + 200 \cdot k}$$

la specifica 2 diventa:

$$20 \cdot \log\left(\frac{10 \cdot \sqrt{200} \cdot \sqrt{400}}{\sqrt{1000^2 + (200 \cdot k - 3000)^3}}\right) \leq -10$$

con semplici passaggi si ottiene :

$$\frac{1}{\sqrt{1000000 + (k \cdot 200 - 3000)^3}} \leq 1 \cdot 10^{-4}$$

Tale relazione è verificata per $k \geq 60$, per evitare di rendere il sistema troppo instabili si prende $k = 60$, valore che soddisfa entrambe le condizioni. Per tale valore di K si ottengono i seguenti diagrammi di Bode.

Diagramma di Bode del rapporto segnale rumore

$$\frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{200}{s \cdot (s + 10) \cdot s + 20} + 12000$$

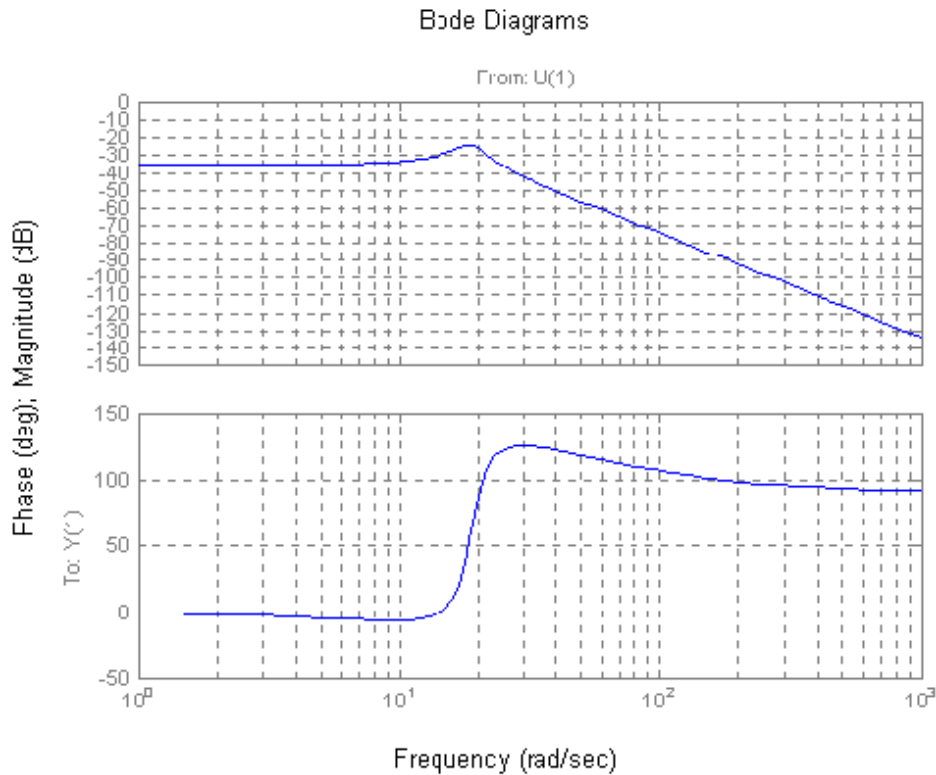
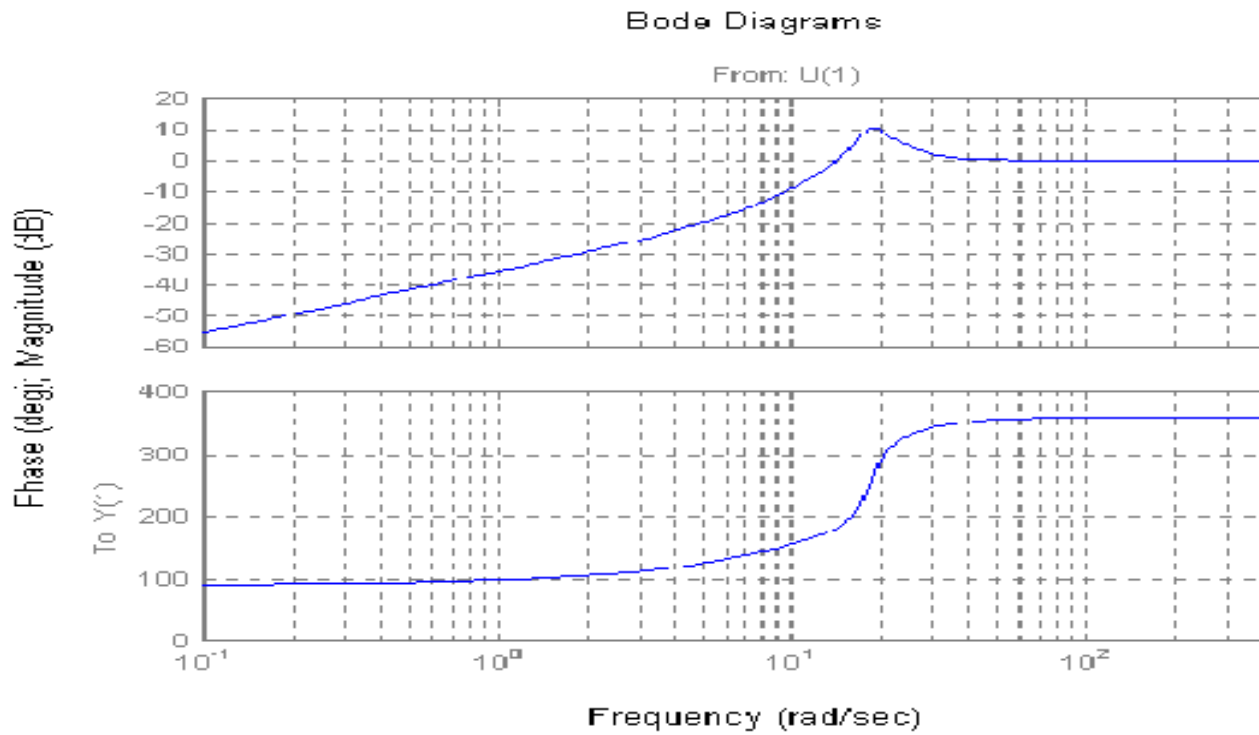


Diagramma di Bode della sensibilità parametrica

$$S_G = \frac{1}{1 + H \cdot G(s) \cdot G_1(s)} = \frac{s \cdot (s + 10) \cdot (s + 20)}{s \cdot (s + 10) \cdot (s + 20) + 12000}$$



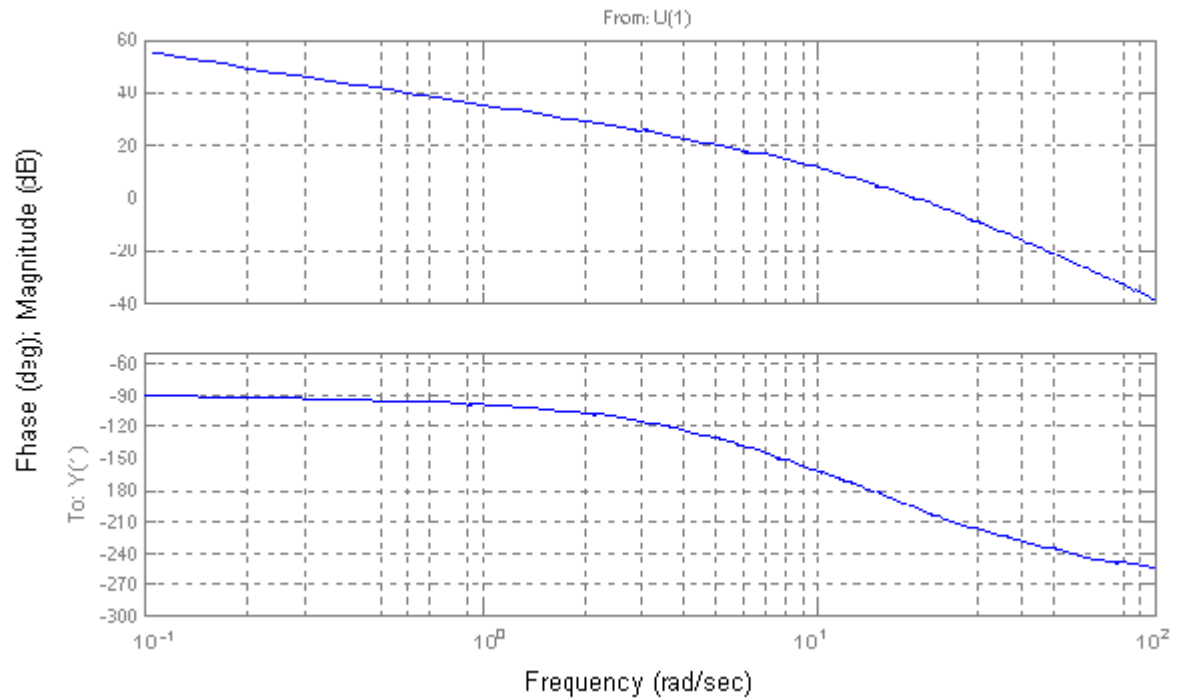
Si nota come entrambe le specifiche sono soddisfatte per l'intervallo richiesto.

3. La funzione di trasferimento ad anello aperto vale:

$$G_a(s) = \frac{12000}{s \cdot (s + 10) \cdot (s + 20)}$$

il sistema è di tipo 1, con un polo nell'origine ed ha i seguenti diagrammi di Bode:

Bode Diagrams

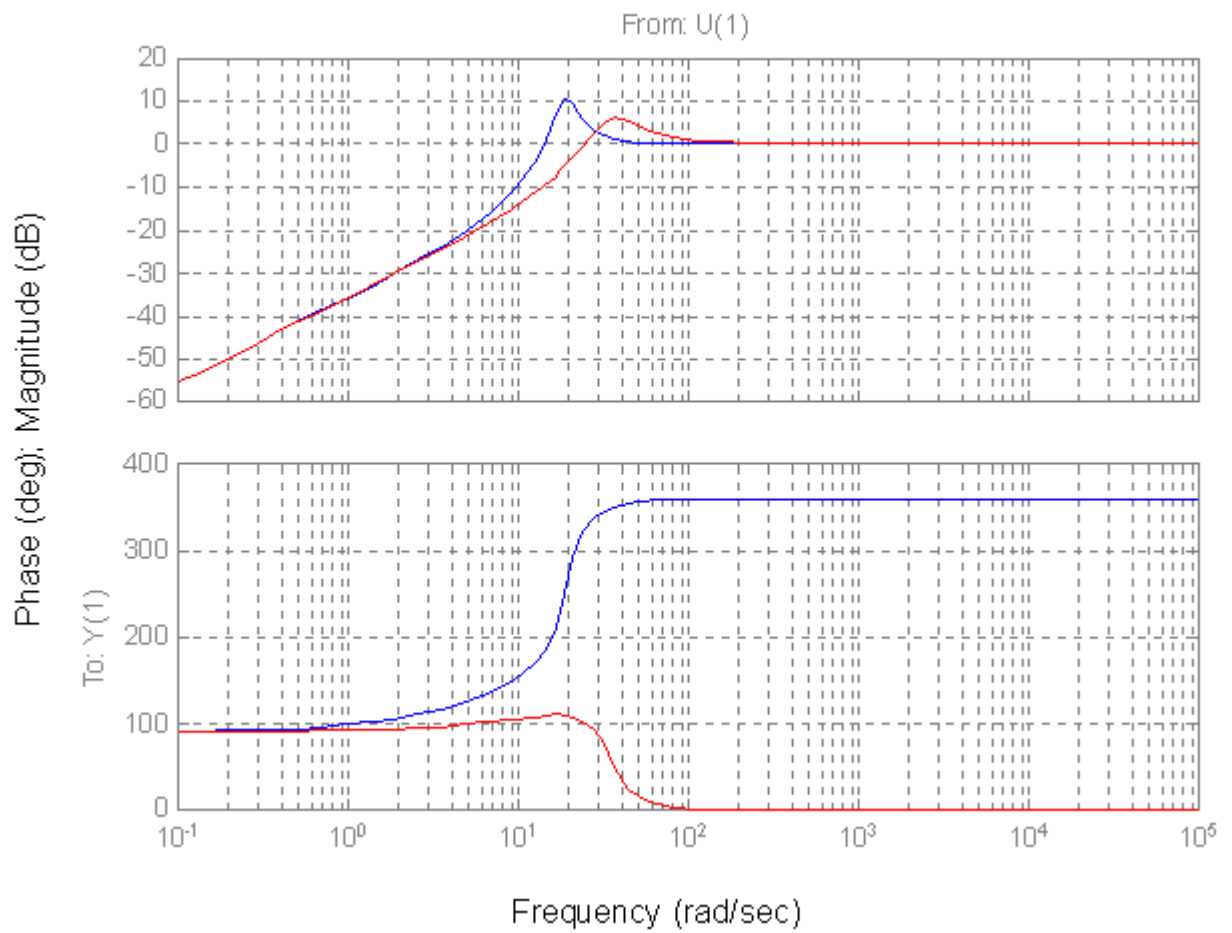


Il sistema di controllo è instabile, perché i margini di guadagno e fase sono negativi.

Si decide di stabilizzare il sistema con una rete correttiva anticipatrice in grado di anticipare la fase e quindi stabilizzare il sistema, ma nello stesso tempo di lasciare invariato il diagramma di Bode del modulo nell'intervallo $0 \leq \omega \leq 10$, in modo da non alterare le specifiche iniziali perché lo zero viene posto proprio in $\omega = 10$ rad/sec.

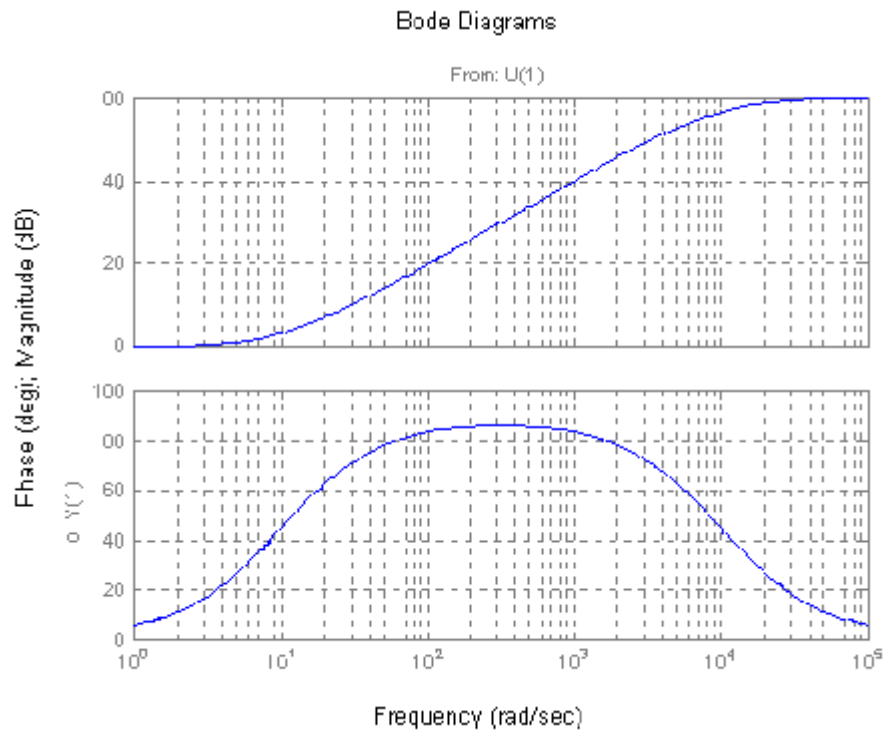
Inoltre la rete anticipatrice velocizza il sistema poiché aumenta la pulsazione di attraversamento o cross - over

Bode Diagrams



$$G_{rete}(s) = 1000 \cdot \frac{s + 10}{s + 10000}$$

il cui diagramma di bode è:

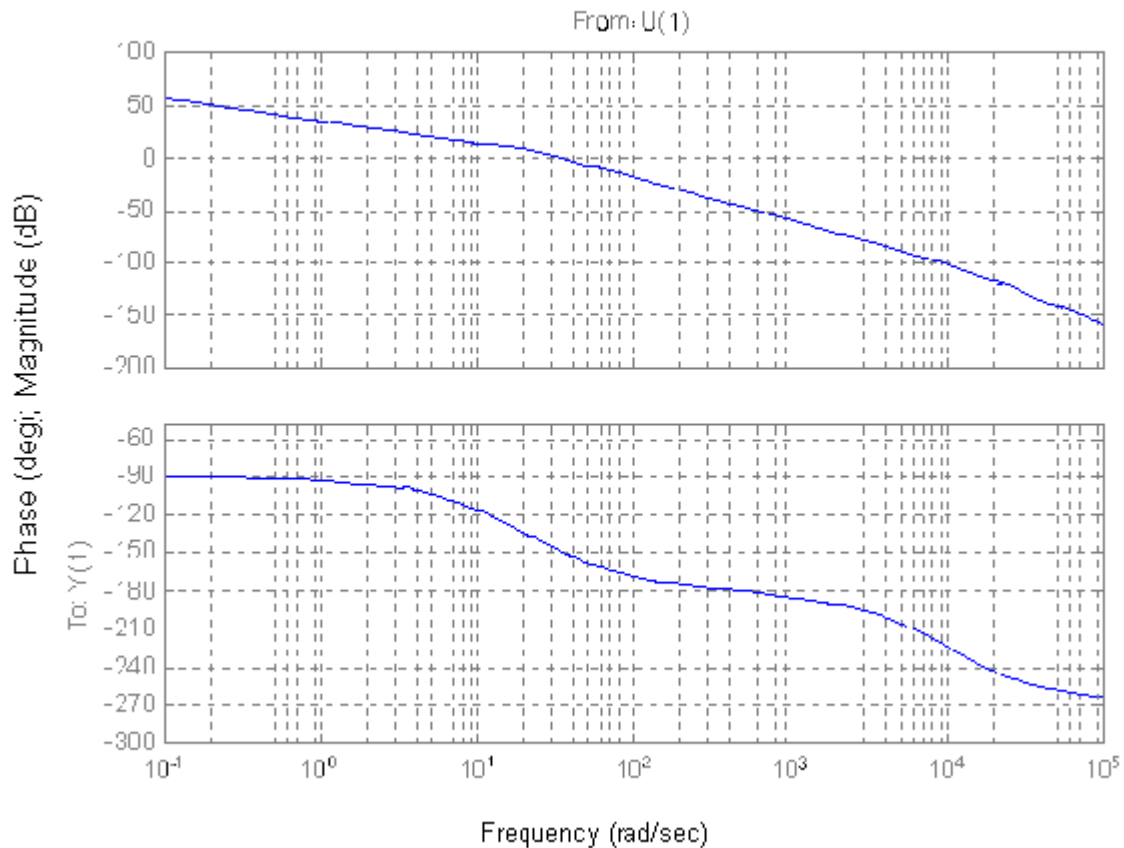


Tale rete inserita in serie alla f.d.t. del sistema da luogo alla f.d.t. ad anello aperto corretta

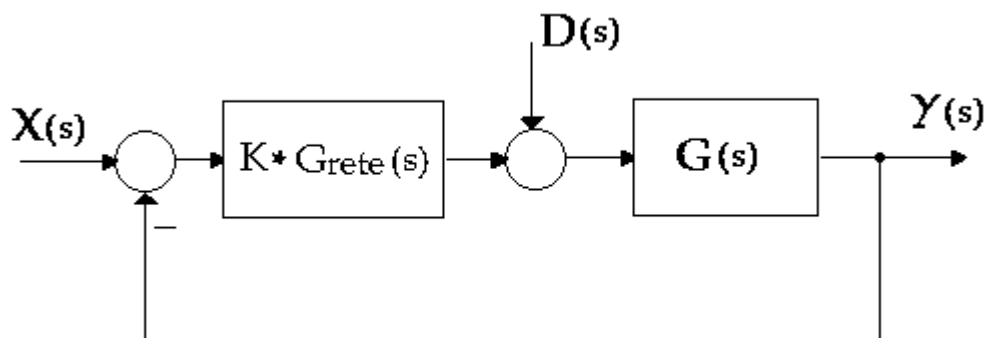
$$G_{corretta}(s) = 1000 \cdot \frac{s+10}{s+10000} \cdot \frac{1200}{s \cdot (s+10) \cdot (s+20)}$$

il cui diagramma di bode è:

Bode Diagrams



il sistema adesso è stabile essendo i margini di guadagno e di fase positivi.



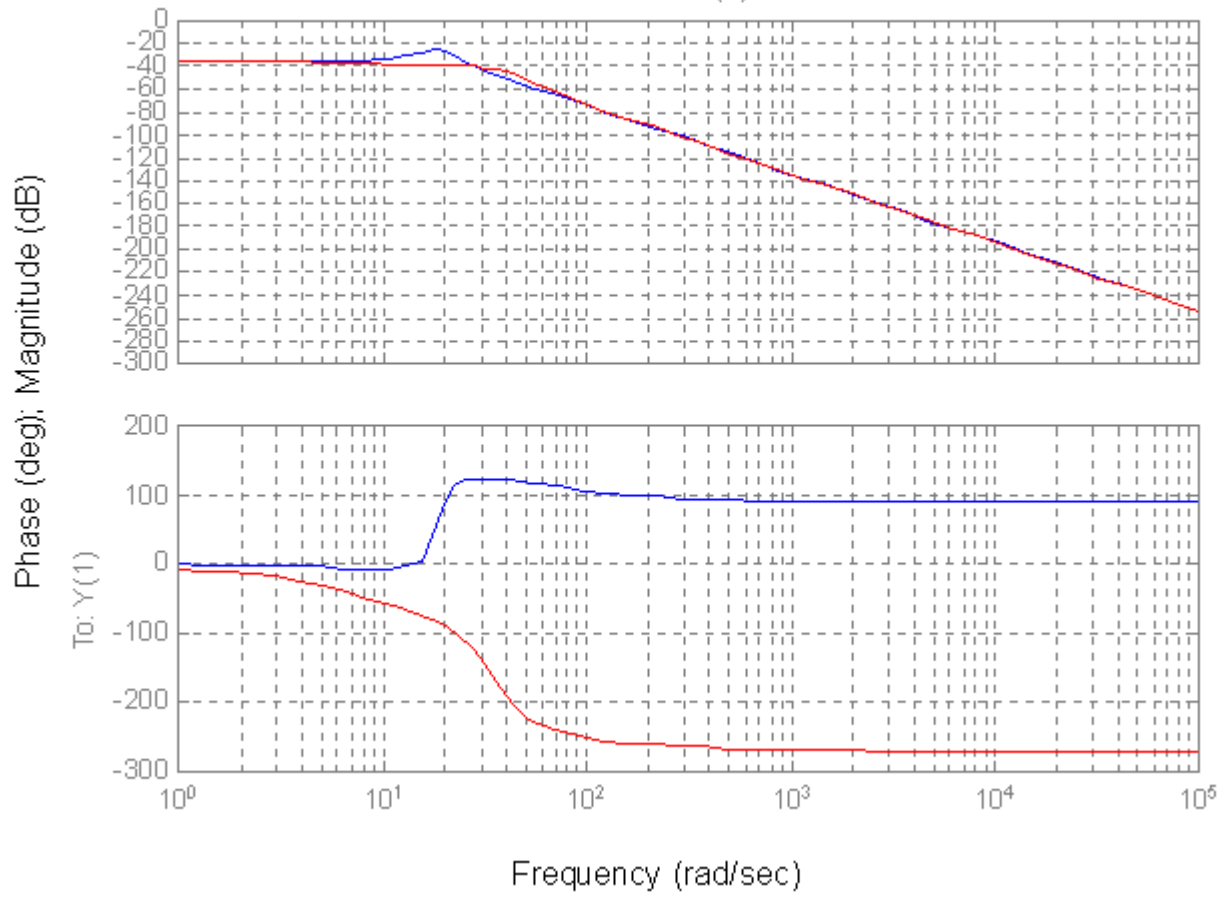
La rete inserita, consente una buona stabilità e nello stesso tempo non altera il comportamento del sistema nell'intervallo richiesto sia in termini di sensibilità che di rapporto segnale rumore.

Nei grafici seguenti si riporta il confronto tra la situazione iniziale (in blu) e la situazione con l'inserimento della rete anticipatrice (rosso), si può notare come le specifiche iniziali restano soddisfatte anche con l'inserimento della rete

RAPPORTO SEGNALE RUMORE

Bode Diagrams

From: U(1)



SENSIBILITÀ PARAMETRICA

Bode Diagrams

From: U(1)

