

RISPOSTA IN FREQUENZA

Regolatore PI

Il controllore PI è caratterizzato dalla seguente funzione di trasferimento:

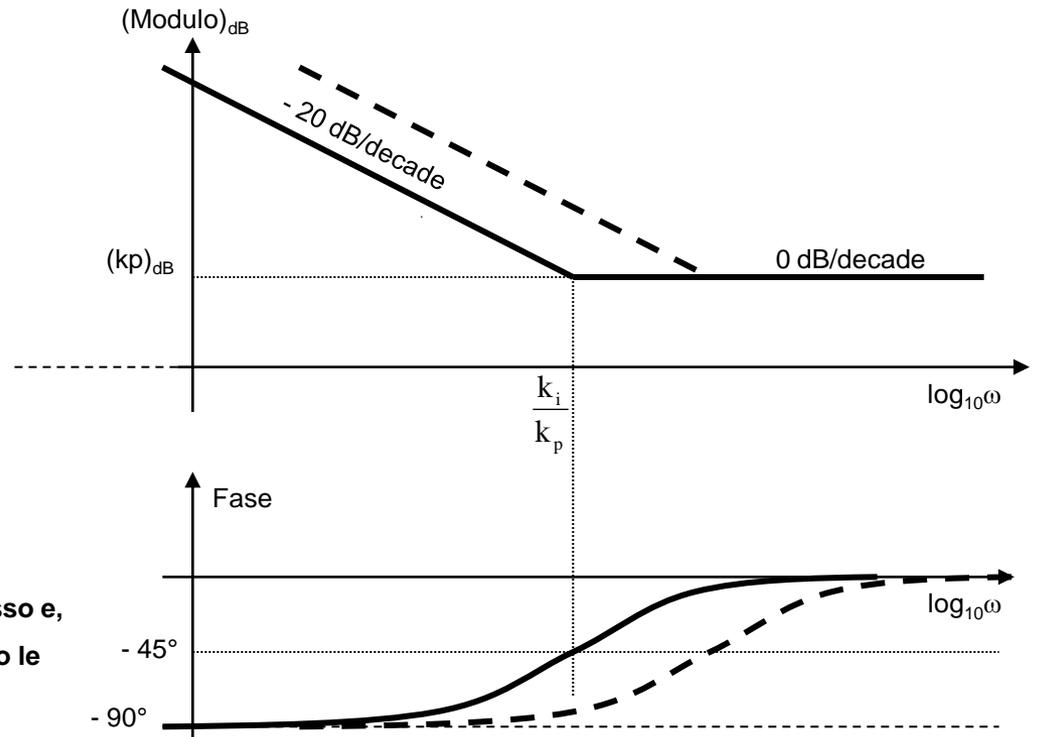
$$F(s) = \frac{s \cdot k_p + k_i}{s}$$

In cui sono presenti:

- uno zero: $s = -k_i/k_p$
- un polo: $s = 0$

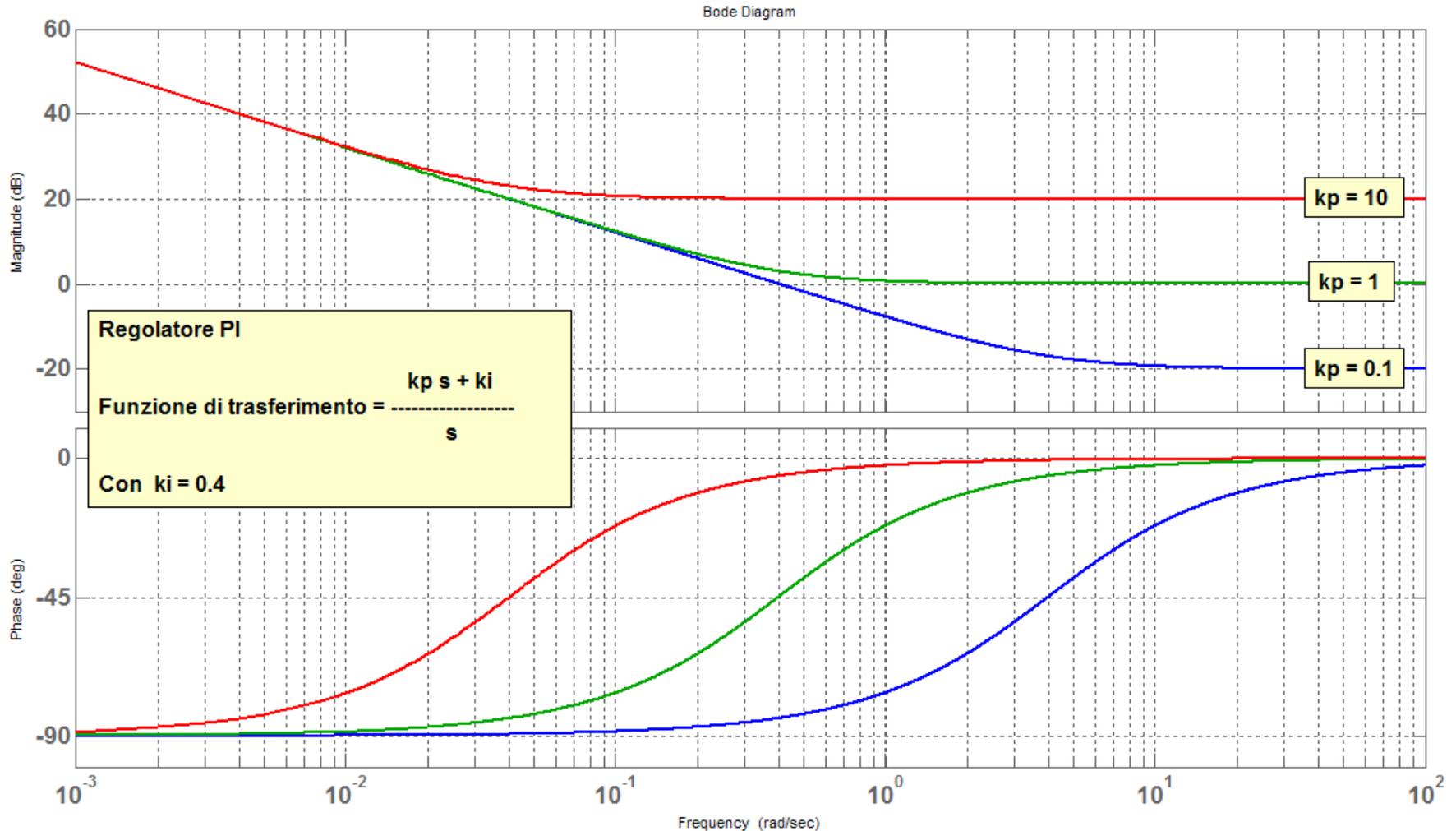
Dai diagrammi di Bode si possono trarre le seguenti osservazioni:

- il modulo presenta un andamento tipo passa basso e, nel caso $k_p < 1$, introduce una attenuazione verso le pulsazioni maggiori
- il controllore introduce un **ritardo** di fase, maggiore verso le basse pulsazioni
- un *aumento del peso dell'azione integrale (k_i)* comporta (a parità di k_p) uno spostamento a destra dello zero, con conseguente ampliamento dell'intervallo di pulsazioni dove maggiore è il ritardo di fase.



RISPOSTA IN FREQUENZA **Regolatore PI**

L'azione proporzionale, associata all'azione integrale, ha un parziale effetto stabilizzante. Se si riporta la risposta in frequenza al variare di k_p , si può osservare come all'aumentare del peso dell'azione proporzionale si riduce l'intervallo di pulsazioni con forti ritardi, ma tende ad aumentare la banda passante del complesso degli apparati in cascata.

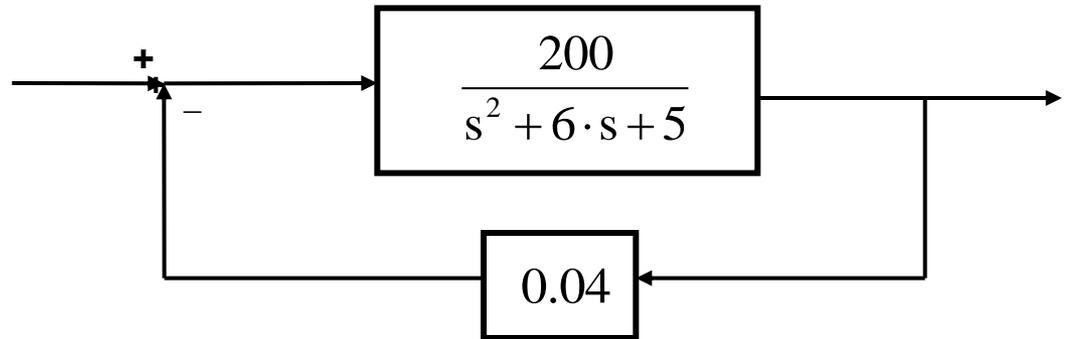


L'introduzione di un controllore PI in un controllo con retroazione ha delle conseguenze che dipendono dalle caratteristiche del sistema, tenuto conto che si introduce comunque un ritardo di fase.

Controllore PI introdotto in un sistema **molto stabile**

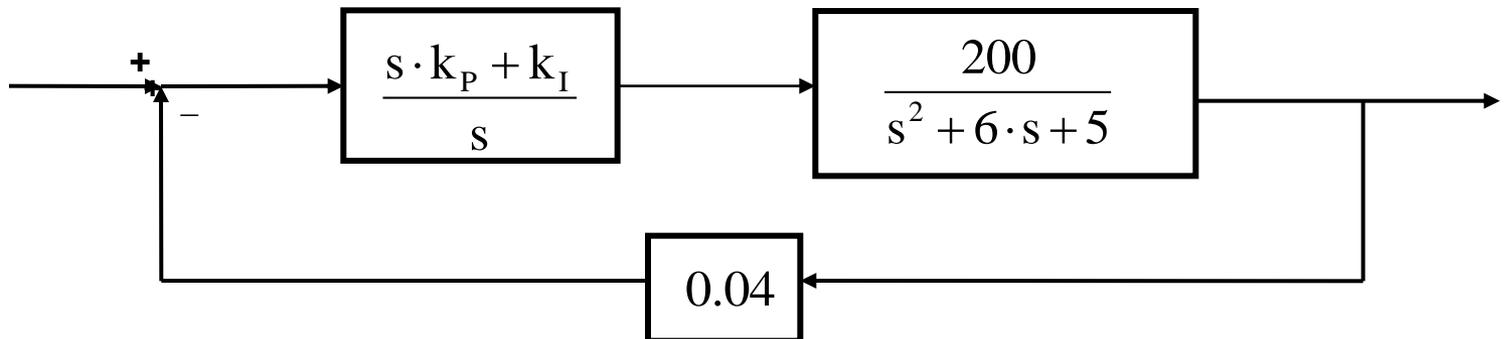
APPLICAZIONE

Sistema senza controllore PI



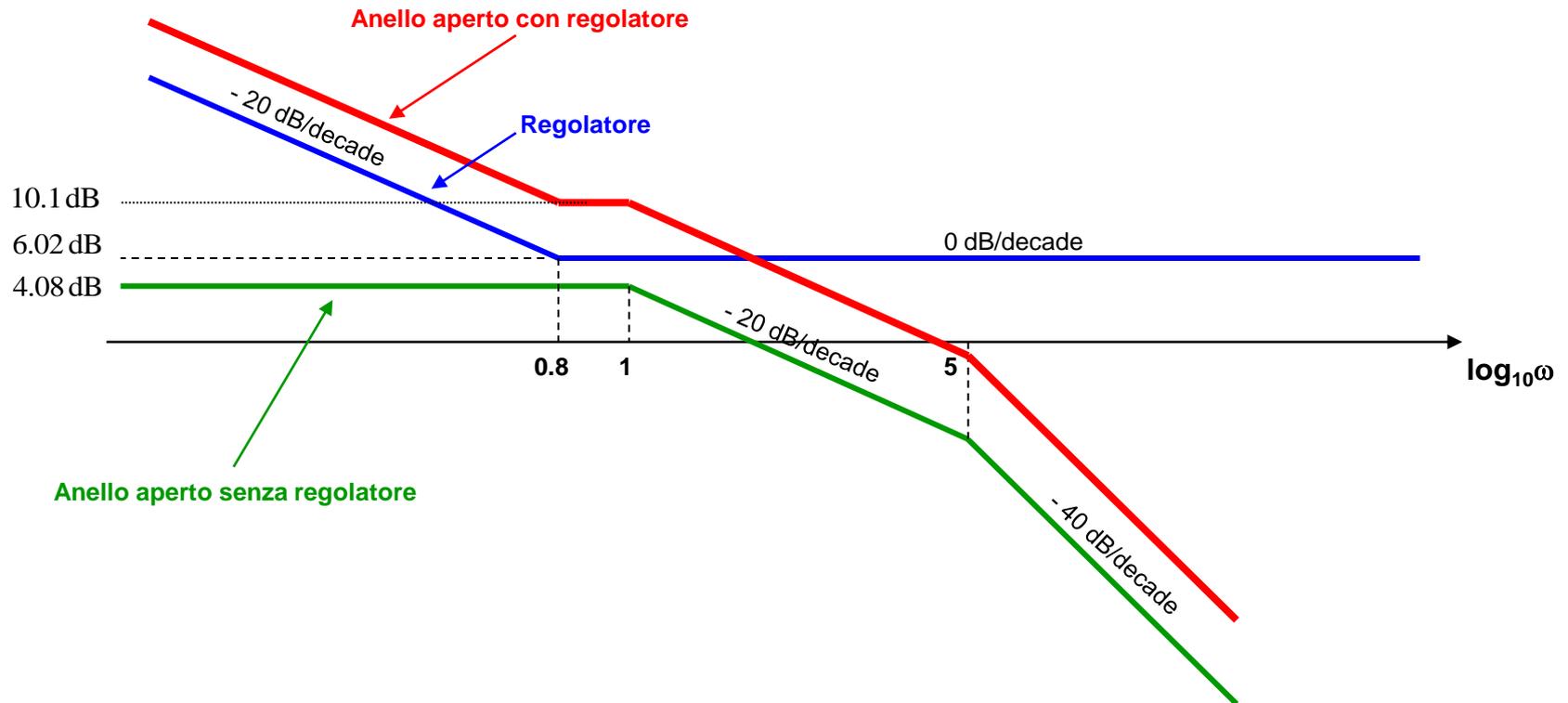
Sistema con controllore PI

Ipotesi: $k_P = 2$ $k_I = 1.6$



Controllore PI introdotto in un sistema **molto stabile**

Diagramma asintotico dei moduli

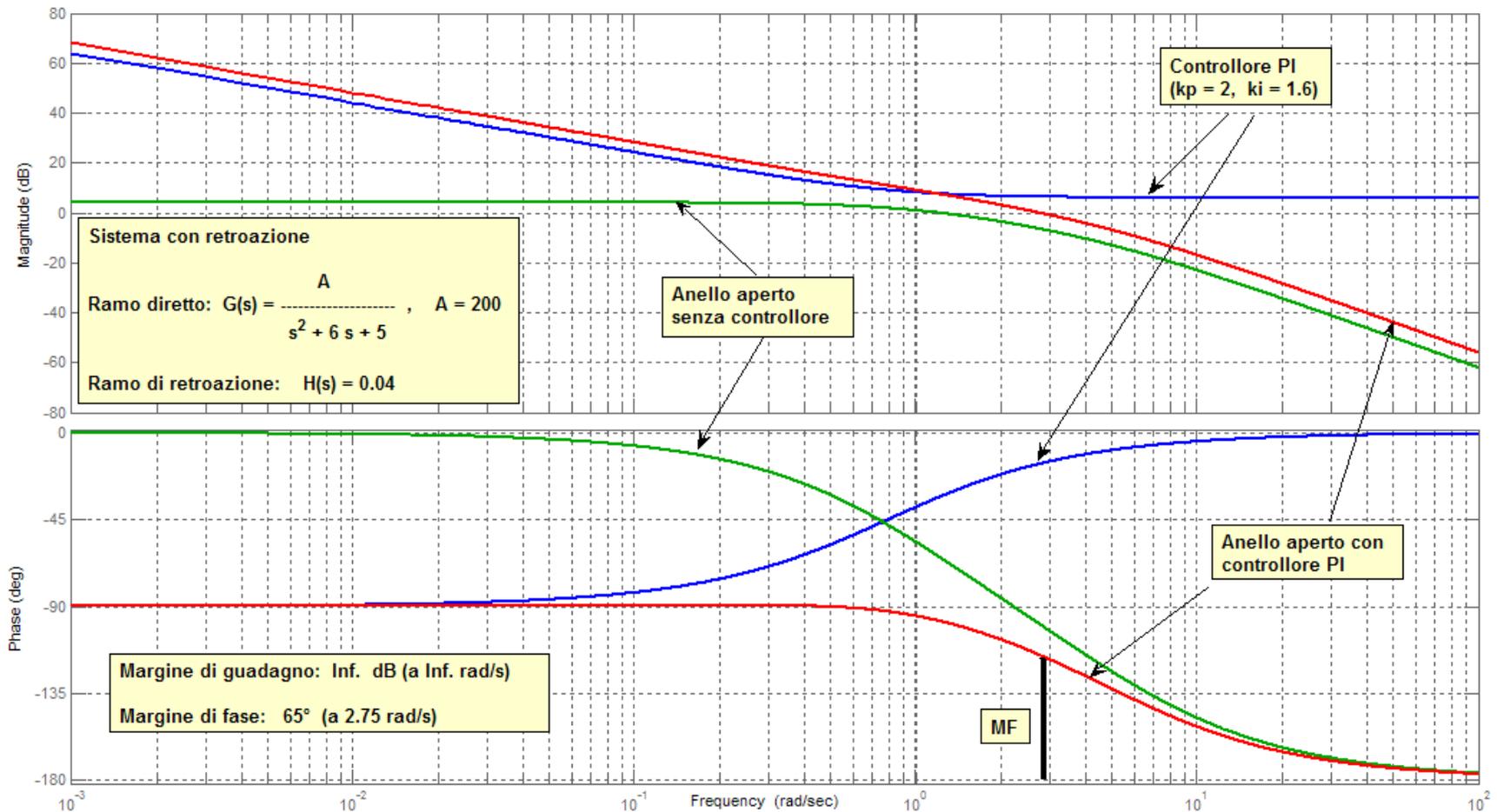


Osservazioni: risultano evidenti:

- il forte aumento del guadagno d'anello alle basse frequenze
- l'estensione della banda passante (k_p è > 1)

Controllore PI introdotto in un sistema **molto stabile**

Bode Diagram

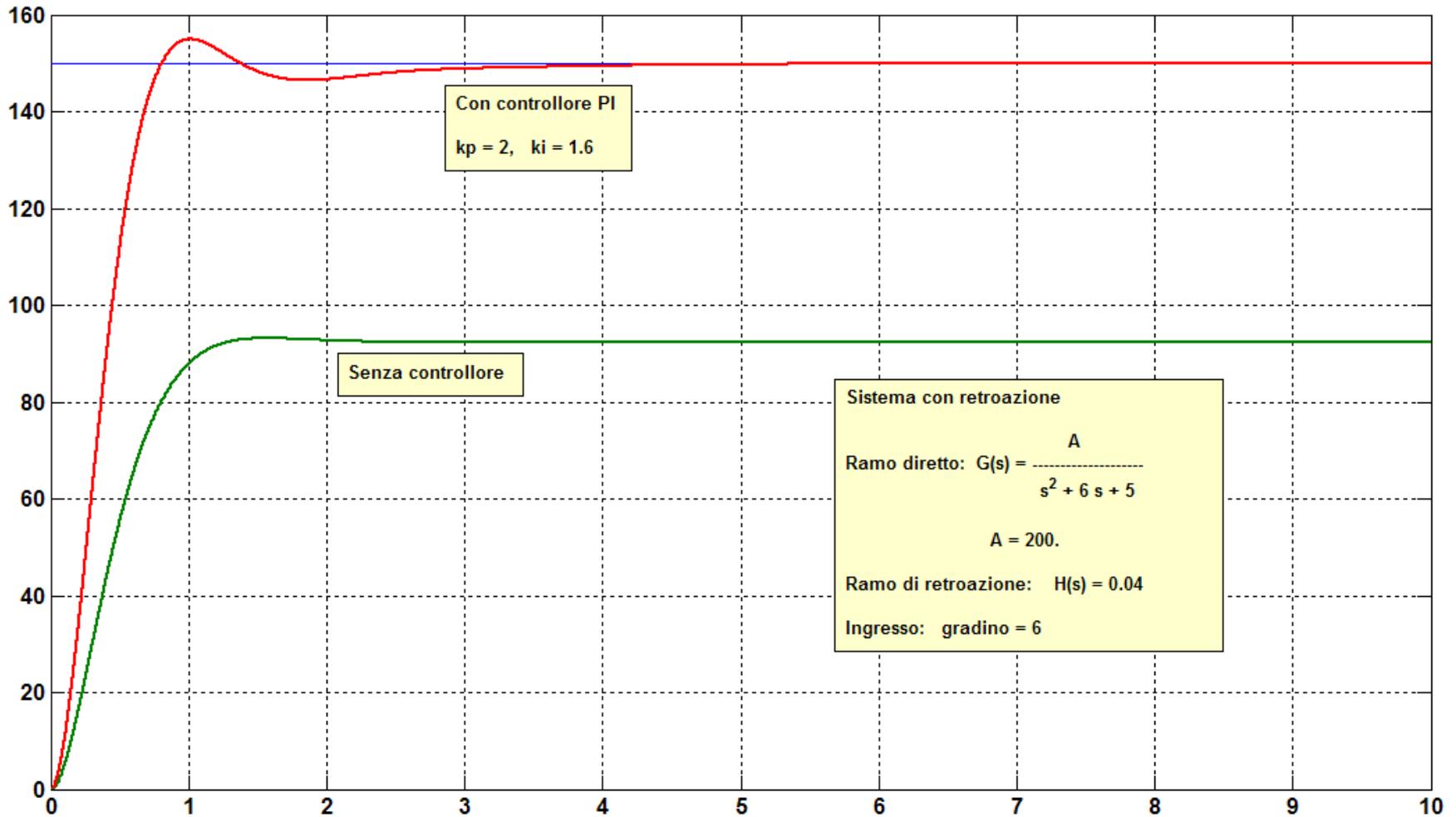


Il sistema senza controllore è caratterizzato da un MG infinito e da un MF pari a 117° .

Dopo l'introduzione del controllore PI il MG resta infinito, mentre il MF si riduce a 65° , un valore ancora rilevante e soddisfacente.

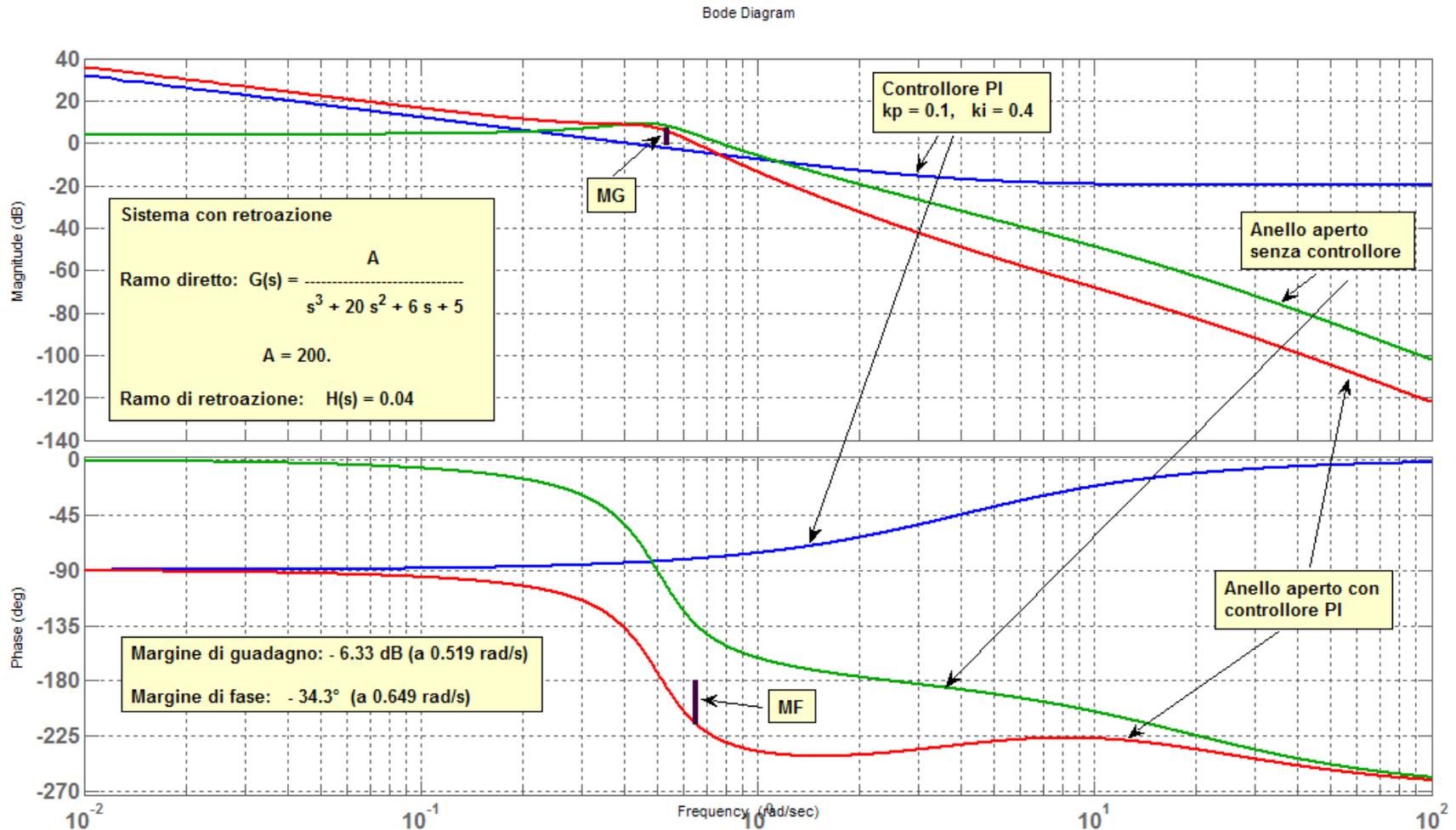
NB: al di là del posizionamento dello zero del controllore, quest'ultimo introduce comunque un ritardo di fase che riduce il MF, ed ha, quindi, comunemente un effetto **destabilizzante**.

Controllore PI introdotto in un sistema **molto stabile**



NB: L'azione proporzionale pesa il 25% in più rispetto all'azione integrale.

Controllore PI introdotto in un sistema poco stabile



Il sistema senza controllore è caratterizzato da un MG pari a 23.2 dB e da un MF pari a 31.3°.

Con l'introduzione del controllore PI i margini divengono entrambi negativi e denotano un anello chiuso instabile.

Valori diversi di k_p e k_i mantengono il sistema stabile, ma i margini sono così ridotti da rendere del tutto inaccettabile il transitorio (es: $k_p = 3$, $k_i = 0.4$, cioè k_p 6.5 volte k_i , risultano MG = 8.71 dB e MF = 6.7°).

NB: si ricordi che un aumento di k_p ha effetto stabilizzante, ma al prezzo di un aumento dell'ampiezza delle sovraelongazioni.