

in una funzione di trasferimento cosa significa che un polo è dominante e l'altro è secondario?

Quando si analizza una funzione di trasferimento di un sistema dinamico, i **poli** sono elementi fondamentali che determinano come il sistema risponde agli ingressi nel dominio del tempo. Essi rappresentano le radici del denominatore della funzione di trasferimento e definiscono le caratteristiche intrinseche del sistema, come la stabilità e la risposta transitoria.

Un polo dominante è un polo che influenza in maniera preponderante il comportamento dinamico del sistema. Questo avviene perché:

- **Posizione nel piano complesso:** Il polo dominante è più vicino all'asse immaginario ($\text{Re}(s)$ ha valore assoluto minore), il che significa che la sua parte reale è meno negativa rispetto agli altri poli.
- **Costante di tempo maggiore:** Una parte reale meno negativa si traduce in una costante di tempo più lunga ($\tau = -1/\text{Re}(s)$), quindi le componenti associate a questo polo decadono più lentamente nel tempo.
- **Maggiore persistenza:** La lentezza nel decadimento significa che il polo dominante ha un effetto più duraturo sulla risposta del sistema, specialmente nella fase transitoria e nei comportamenti a lungo termine.

Al contrario, **un polo secondario** (o non dominante) ha una parte reale più negativa:

- **Decadimento rapido:** Le componenti associate a questo polo svaniscono più rapidamente, avendo una costante di tempo più breve.
- **Minore impatto:** Il suo contributo alla risposta totale del sistema è significativo solo nelle primissime fasi dopo un cambiamento d'ingresso, diventando poi trascurabile.

Perché distinguere tra poli dominanti e secondari?

- **Semplificazione dell'analisi:** Concentrandosi sui poli dominanti, è possibile approssimare il comportamento del sistema senza calcoli inutilmente complessi, facilitando la progettazione e l'interpretazione dei risultati.
- **Progettazione dei controllori:** Sapere quali poli influenzano maggiormente il sistema permette di progettare controllori più efficaci, intervenendo sui parametri critici per migliorare le prestazioni.
- **Comprensione della dinamica:** Identificare i poli dominanti aiuta a prevedere fenomeni come oscillazioni, sovraelongazioni o ritardi nella risposta.

Esempio illustrativo:

Immaginiamo una funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)(s+5)(s+20)}$$

I poli sono in $s = -1$, $s = -5$ e $s = -20$.

- **Polo dominante:** $s = -1$
perché ha la parte reale più vicina all'origine. La sua costante di tempo è $\tau = 1$ secondo.
- **Poli secondari:** $s = -5$ con $\tau = 0.2$ secondi e $s = -20$ con $\tau = 0.05$ secondi.

In questo sistema, la risposta sarà dominata dal polo in $s = -1$
perché le componenti associate agli altri poli decadono molto più rapidamente. La forma generale della risposta transitoria sarà quindi principalmente determinata dal polo dominante.

Visualizzazione grafica:

Nel piano s , possiamo rappresentare i poli:

- **Polo dominante:** Vicino all'origine, indicando un decadimento lento.
- **Poli secondari:** Lontani dall'origine, indicando decadimenti rapidi.

Questa distribuzione spiega perché il polo dominante ha un impatto maggiore sulla risposta temporale del sistema.

Approfondimento:

- **Risposta transitoria:** Il polo dominante determina caratteristiche come il tempo di assestamento e il sovraelongazione.
- **Risposta in frequenza:** I poli influenzano anche come il sistema risponde a segnali sinusoidali di diverse frequenze.

Conclusione

Capire la differenza tra poli dominanti e secondari è essenziale nell'analisi dei sistemi di controllo. Questo concetto permette di prevedere il comportamento del sistema e di progettare interventi mirati per ottimizzare le prestazioni.

Se sei interessato, possiamo esplorare come i poli complessi coniugati influenzano le oscillazioni nel sistema o come i poli dominanti vengono considerati nel design di un controllore PID. Fammi sapere cosa ne pensi!