

FONDAMENTI DI AUTOMATICA

Federico Mainetti Gambera

23 marzo 2020

LEZIONE 1 9/03/2020

link [clicca qui](#)

1 SLIDE: Introduzione al corso

1.1 Informazioni generale

[0-10]

Prof. Alberto Leva

Il materiale didattico è distribuito su Beep e sulla pagina del corso.

Le slide e il materiale del corso non è sufficiente, bisogna prendere appunti e studiare dai testi.

Non ci sono prove in itinere.

1.2 Concetti preliminari

[11]

[12]

[13]

[14]

[15]

[16]

[17]

[18] Laboratorio: due transistor (marroni) non in contatto diretto, ma legati da una barretta di rame (azzurra), ci sono tre sensori di temperatura (blu), due sui transistor e uno sulla barretta (non si vede), c'è anche una ventola che può essere azionata o meno. Lo scopo è controllare la temperatura della barretta agendo su uno dei due transistor, mentre l'altro ha lo scopo di rappresentare un disturbo.

[19]

[20]

[21]

[22]

1.3 Prerequisiti, motivazione e collocamento del corso

[23]

[24]

[25]

[26]

[27] Struttura del corso. Nozioni base da sapere: derivate, integrali, invertire un matrice, autovalori e autovettori.

1.4 Relazione fra automatica e informatica

[28]

[29]

[30]

[31]

[32]

[33]

[34]

[35]

2 Il problema del controllo

[appunti del prof disponibili su Beep]

2.1 Concetti fondamentali

[immagine dagli appunti del prof]

S : sistema da controllare.

U : variabili di controllo o in generale variabili di ingresso. Da notare è che per esempio anche una pompa che possiamo comandare e che tira fuori acqua dal nostro sistema è una variabile di ingresso perchè la controlliamo, nonostante la massa fisica dell'acqua esca. y : variabili d'uscita.

w : andamento desiderato di y o segnale di riferimento o set point.

d : disturbi.

L'obiettivo è che y sia il più possibile uguale a w nonostante d e nonostante una conoscenza potenzialmente imperfetta di S .

2.2 Strategie di controllo

2.2.1 Controllo in anello aperto (AA)

[immagine dagli appunti del prof]

C : controllore.

Il controllore decide l'andamento di U sulla base di w . Il controllore non sa cosa succede in y e non conosce d .

Questo approccio funziona se il legame $U \rightarrow y$ è esattamente noto e non ci sono disturbi d .

2.2.2 Controllo in anello aperto (AA) con compensazione del disturbo misurabile

[immagine dagli appunti del prof]

M_d : misuratore del disturbo.

d_m : misura di d .

Il controllore in questo caso non vede y , ma vede d , o meglio d_m .

Questo approccio funziona se il legame $(U, d) \rightarrow y$ è esattamente noto e se $d_m = d$, cioè se la misura del disturbo è corretta.

2.2.3 Controllo in anello chiuso (AC) o in retroazione o Feedback

[immagine dagli appunti del prof]

M_y : misuratore di y .

y_m : misura di y .

Questo sistema può contrastare i disturbi ed errori di modello anche senza conoscerli, il controllore ne vede gli effetti tramite y_m .

Naturalmente occorre sempre che $y_m = y$, se la misurazione è sbagliata non si può fare nulla. Non lavoriamo con le grandezze vere e proprie, ma con le loro misurazioni.

2.2.4 Controllo in anello chiuso (AC) con compensazione del disturbo

[immagine dagli appunti del prof]

Questo approccio è come il caso precedente ma più pronto nel reagire a d . Nel caso precedente in seguito a un disturbo si reagisce alle sue conseguenze, in questo caso si reagisce in maniera preventiva ai disturbi.

N.B. la precisione di M_d conta meno di quella di M_y .

2.2.5 Esempio

[immagine dagli appunti del prof]

Abbiamo una guida su cui scorre una massa M attaccata con una molla di costante elastica k . La massa viene spinta da una forza $F = U$ (è l'ingresso, lo imponiamo al sistema). La y (uscita) del sistema è la posizione della massa sulla guida.

$$F_{molla} = -ky$$

$$F_{attrito} = -h \frac{d}{dt} y = -h\dot{y}$$

Modello statico

Per prima cosa vediamo un **modello statico (all'equilibrio)** di questo sistema:

In un modello statico la velocità è nulla, e quindi la $F_{attrito} = 0$ e $F + F_{molla} = 0$, che diventa $F - k\bar{y} = 0$, dove per \bar{y} si intende il valore di y in stato di equilibrio, e dunque $\bar{y} = \frac{F}{k}$.

Quindi se voglio $y = y^o$, dove per y^o si intende un y desiderato, dovrò applicare una forza $F = ky^o$.

Analizziamo ora il sistema con un controllo in **AA**, supponendo che la costante elastica della molla sia $k = k_n + \Delta k$, dove k_n è detto k nominale.

Applicando quindi $F = k_n y^o$, otterrò $y = \frac{F}{k_n + \Delta k} = \frac{k_n}{k_n + \Delta k} y^o$. Quindi si può avere un errore di modello dovuto a quel Δk , che provoca un errore di controllo, cioè che $y \neq y^o$.

$$\text{Errore nel modello } (\Delta k) \implies \text{errore nel controllo } (y \neq y^o)$$

Analizziamo ora il sistema con un controllo in **AC**.

Posso decidere di applicare una forza $F = \alpha(y^o - y)$, con $\alpha > 0$. Il termine $(y^o - y)$ rappresenta l'errore, (quello che voglio - quello che ho). F è la variabile di controllo ed è proporzionale (α) all'errore. Questo è un esempio di applicazione di controllo ad anello chiuso.

Con questo approccio ottengo $y = \frac{F}{k_n + \Delta k} = \frac{\alpha(y^o - y)}{k_n + \Delta k}$ e continuando i conti si arriva a $\frac{y - y^o}{y^o} = \frac{k}{k + \alpha}$, dove il termine $\frac{y - y^o}{y^o}$ prende il nome di errore normalizzato. Se $k = k_n$ non ho errore, però con α abbastanza grande posso rendere l'errore piccolo a piacere (con possibili problemi di stabilità di cui parleremo più avanti).

Quindi:

- il controllo in AA è basato sul modello (usa k_n); l'errore è nullo se il modello è esatto, se no non si può contrastare l'incertezza.
- il controllo in AC è basato su misure (usa $y^o - y$); l'errore può essere nullo anche con modello esatto, ma può rendere l'errore piccolo a piacere.

Modello dinamico

Vediamo ora il **modello dinamico**: Partiamo dalla famosa formula "massa · accelerazione = \sum forze".

Quindi $m \cdot \ddot{y} = F - ky - h\dot{y}$, cioè $m\ddot{y}(t) + h\dot{y}(t) + ky(t) = F(t)$.

Nel caso di un sistema con controllo in **AA**, $F(t)$ non dipende da $y(t)$ e quindi l'integrale generale non cambia qualunque sia $F(t)$.

Nel caso di un sistema con controllo in **AC**, se, per esempio, $F(t) = \alpha(y^o(t) - y(t)) + \beta\dot{y}(t)$, ovvero se faccio dipendere la forza istante per istante, devo scrivere che $m\ddot{y}(t) + h\dot{y}(t) + ky(t) = \alpha(y^o(t) - y(t)) + \beta\dot{y}(t)$, cioè $m\ddot{y}(t) + (h - \beta)\dot{y}(t) + (k + \alpha)y(t) = \alpha y^o(t)$. Agendo con α e β sto cambiando il polinomio caratteristico dell'equazione differenziale e quindi sto cambiando l'integrale generale. L'integrale generale dipende dai parametri di controllo α e β .

[immagine dagli appunti del prof]: schema a blocchi (verrà spiegato meglio più avanti) dell'esempio appena fatto.

LEZIONE //2020
link [clicca qui](#)

3

LEZIONE //2020
link [clicca qui](#)

4

LEZIONE //2020
link [clicca qui](#)

5