FONDAMENTI DI AUTOMATICA

Federico Mainetti Gambera

24 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'obbiettivo 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 $U \to y$ 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 s il legame $(U, d) \to y$ 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 laavoriamo 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 peri $\bar{y}$ 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 $F = ky^o$.

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

Errore nel modello (Δk) $\Longrightarrow$ errore nel controllo ($y \neq y^o$)

Analiziamo 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 $\cdot$ accellerazione $= \sum$ 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 $alfa$ 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 2 11/03/2020
link clicca qui

3 Sistemi dinamici

[immagine dagli appunti del prof]
Premettendo che per questa trattazione la presenza del disturbo non è influente, ci poniamo la seguente domanda: se conosco $U(t)$ sull'intervallo $[t_0, t]$, questo mi basta per conoscere $y[t_0, t]$, cioè l'andamento del segnale di y nell'intervallo $[t_0, t]$?
Se la risposta a questa domanda è sì, significa che siamo in presenza di un sistema dinamico, se la risposta è no, il sistema non è dinamico.

Un sistema dinamico è un sistema in cui la conoscenza degli ingressi su un intervallo di tempo non è sufficiente per determinare l'andamento delle uscite sullo stesso intervallo di tempo.

es.
[immagine dagli appunti del prof]
La tensione $U(t)$ è l'ingresso, la corrente sulla resistenza R è l'uscita $y(t)$. La legge che governa questo circuito è $y(t) = \frac{1}{R}u(t)$, quindi noto $U(t)$ conosco $y(t)$. Siamo in presenza di un sistema non dinamico.

es.
[immagine dagli appunti del prof]
La tensione $U(t)$ è l'ingresso, la corrente sulla capacità C è l'uscita $y(t)$. Per conoscere $y[t_0, t]$ mi occorrono $u[t_0, t]$ e $y(t_0)$. Siamo in presenza di un sistema dinamico.

LEZIONE //2020
link clicca qui

4

LEZIONE //2020
link clicca qui

5