Lezione 7

Requisiti di un sistema di controllo

Componenti di uno schema di controllo

Esaurita la trattazione dei sistemi dinamici, si torna ora al problema di controllo, che aveva dato origine a tale studio. In figura è riportata la struttura tipica di un sistema di controllo in retroazione:

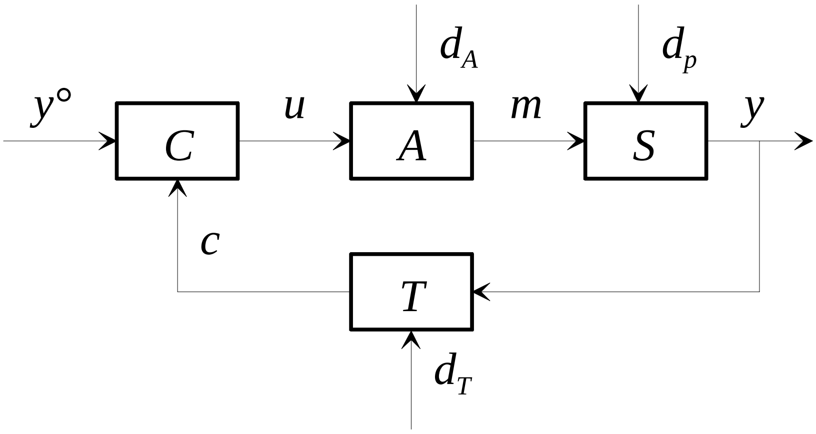

Fig. 1 : Sistema di controllo completo di strumentazione

dove:

S: **sistema sotto controllo** (o **processo**)

T: **trasduttore**

A: **attuatore**

C: **controllore** (o **regolatore**)

Sistema sotto controllo

E' l'oggetto dello studio delle precedenti lezioni. Su di esso si interviene attraverso la variabile manipolabile m ed il suo comportamento è influenzato dal disturbo d_p. La sua uscita è la variabile controllata y. Se il sistema è lineare, le sue proprietà dinamiche possono essere espresse per mezzo di due funzioni di trasferimento[1]:

$y(s) = P(s)\, m(s) + H(s)\, d_p(s)$.

Trasduttore

E' lo strumento che misura una grandezza fisica del sistema sotto controllo (la variabile controllata y) e ne invia la misura c al controllore, in una forma compatibile con la sua tecnologia. E' generalmente caratterizzabile con due proprietà, *precisione* e *ripetibilità*.

Si può distinguere tra *precisione statica* (a transitorio esaurito il segnale che esprime la misura della grandezza è proporzionale al valore assunto dalla grandezza stessa) e *precisione dinamica* (velocità del transitorio con il quale lo strumento reagisce a variazioni nella

[1]Indicheremo con lo stesso simbolo una variabile funzione del tempo e la sua trasformata di Laplace.

grandezza misurata). La *ripetibilità* invece è la proprietà per cui il comportamento del trasduttore, sia statico che dinamico, non varia nel tempo.

Se il comportamento dinamico del trasduttore è approssimabile a quello di un sistema dinamico lineare, la relazione che intercorre tra le trasformate della grandezza controllata y e della misura c è esprimibile per mezzo di una funzione di trasferimento e può essere affetta da un disturbo:

$$c(s) = T(s)\, y(s) + d_T(s)$$

Se il trasduttore è ripetibile, $T(s)$ non varia nel tempo. In tal caso è anche possibile individuare un andamento desiderato della misura $c°$, elaborando con un sistema di funzione di trasferimento $T(s)$ l'andamento desiderato $y°$:

$$c°(s) = T(s)\, y°(s).$$

Attuatore

L'attuatore traduce l'azione di controllo elaborata dal controllore, ed espressa dalla variabile di controllo u, in un'azione efficace sulla variabile manipolabile m. Ad esso è quindi di norma associato uno stadio di *amplificazione di potenza* ed eventualmente di *conversione di potenza* (si pensi ad un motore elettrico che converte potenza elettrica in potenza meccanica).

Anche per gli attuatori ipotizzeremo un comportamento dinamico lineare affetto da disturbo, per cui:

$$m(s) = A(s)\, u(s) + d_A(s).$$

Controllore

Il controllore riceve in ingresso la misura c della variabile controllata ed il relativo segnale di riferimento $c°$. Dovendo rendere questi due segnali quanto più possibile simili, è naturale che il controllore agisca sulla loro differenza, ossia sull'errore $e_c = c° - c$. Ipotizzeremo che anche il controllore abbia un comportamento dinamico lineare, per cui si avrà:

$$u(s) = R(s)\, e_c(s).$$

Alla luce delle precedenti considerazioni, siamo in grado di riformulare un problema di controllo sulla base di uno schema a blocchi di sistemi dinamici lineari:

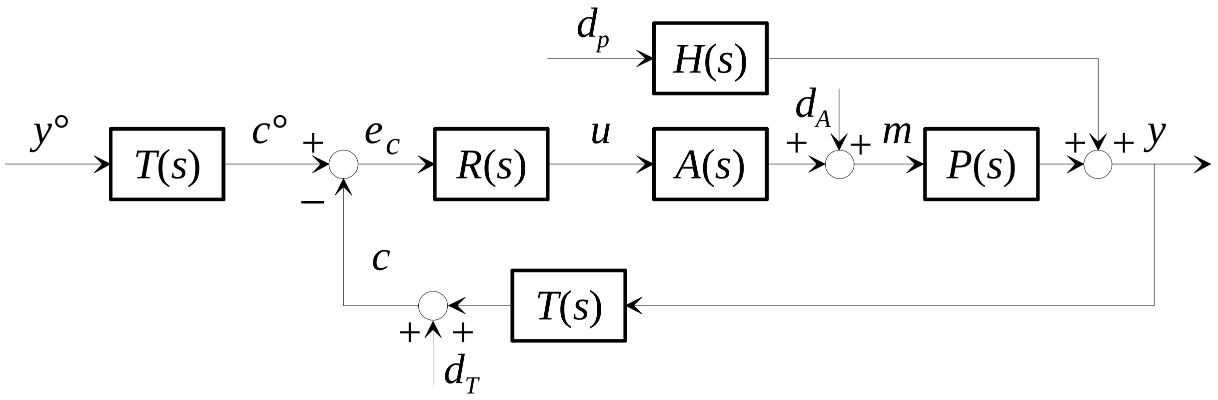

Fig. 2 : Sistema di controllo lineare

Ipotizzeremo le funzioni di trasferimento $P(s)$, $H(s)$, $T(s)$ e $A(s)$ date, insieme con l'andamento del segnale di riferimento $y°$. L'incognita del problema sarà la funzione di trasferimento $R(s)$.

Formalizzazione del problema di controllo

Lo schema a blocchi di Fig. 2 può essere semplificato osservando che l'effetto dei due disturbi d_p e d_A in linea di andata equivale all'effetto di un unico disturbo d riportato direttamente sull'uscita del processo:

$d(s) = P(s)\, d_A(s) + H(s)\, d_p(s)$.

Inoltre osserviamo che:

$$e_c(s) = c^o(s) - c(s) = T(s)y^o(s) - T(s)y(s) - d_T(s) = T(s)\left[y^0(s) - y(s) - n(s)\right],$$

dove:

$$n(s) = T(s)^{-1} d_T(s) .$$

Si ottiene quindi lo schema a blocchi riportato di seguito:

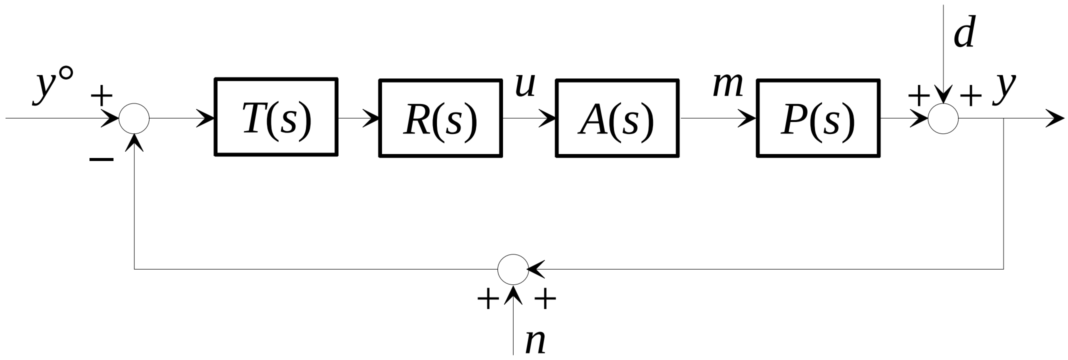

Fig. 3 : Prima elaborazione del sistema di controllo

A questo punto, sfruttando la commutatività del prodotto tra funzioni di trasferimento, si può ulteriormente semplificare lo schema a blocchi:

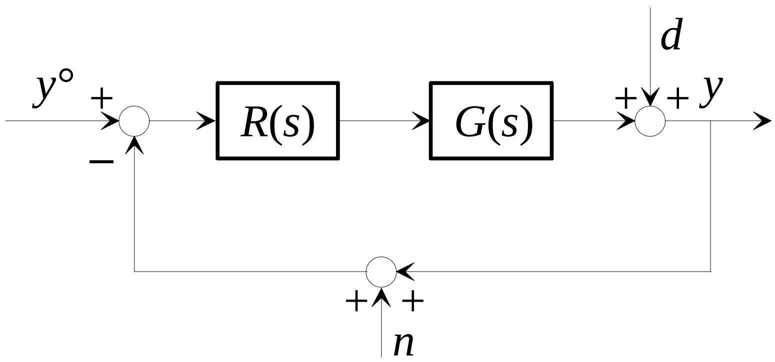

Fig. 4 : Seconda elaborazione del sistema di controllo

con:

$G(s) = T(s)\, P(s)\, A(s)$.

Infine, una terza elaborazione porta al seguente schema:

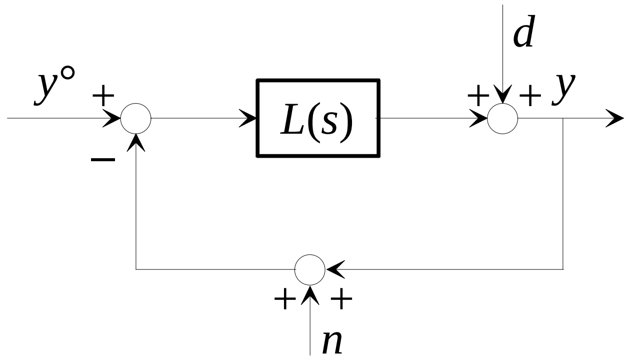

Fig. 5 : Terza elaborazione del sistema di controllo

dove:

$L(s) = R(s)\, G(s)$.

Si osservi che $L(s)$ è la **funzione di trasferimento d'anello** del sistema.

L'obiettivo ideale $y \equiv y°$ non è realizzabile, a causa dei limiti connessi alla dinamica del sistema sotto controllo, dell'attuatore e del trasduttore. Si definiscono allora una serie di **requisiti** che il progetto del controllore dovrà soddisfare:

Stabilità:	Il sistema in anello chiuso deve essere asintoticamente stabile, altrimenti qualsiasi perturbazione agente in qualsiasi punto dell'anello si amplificherebbe indefinitamente.
Precisione statica:	A regime, a seguito di assegnate perturbazioni (a scalino, a rampa ecc.) degli ingressi, l'errore tra riferimento e variabile controllata deve essere nullo, oppure inferiore ad una soglia prefissata.
Precisione dinamica:	La variabile controllata deve inseguire le variazioni del riferimento, e reagire a perturbazioni sui disturbi, con sufficiente rapidità, e senza manifestare comportamenti oscillatori.
Intensità dell'azione di controllo:	A causa dei limiti di funzionamento lineare degli attuatori, oltre che per non danneggiare gli attuatori stessi, occorre evitare che la variabile di controllo subisca brusche variazioni o assuma valori eccessivi.