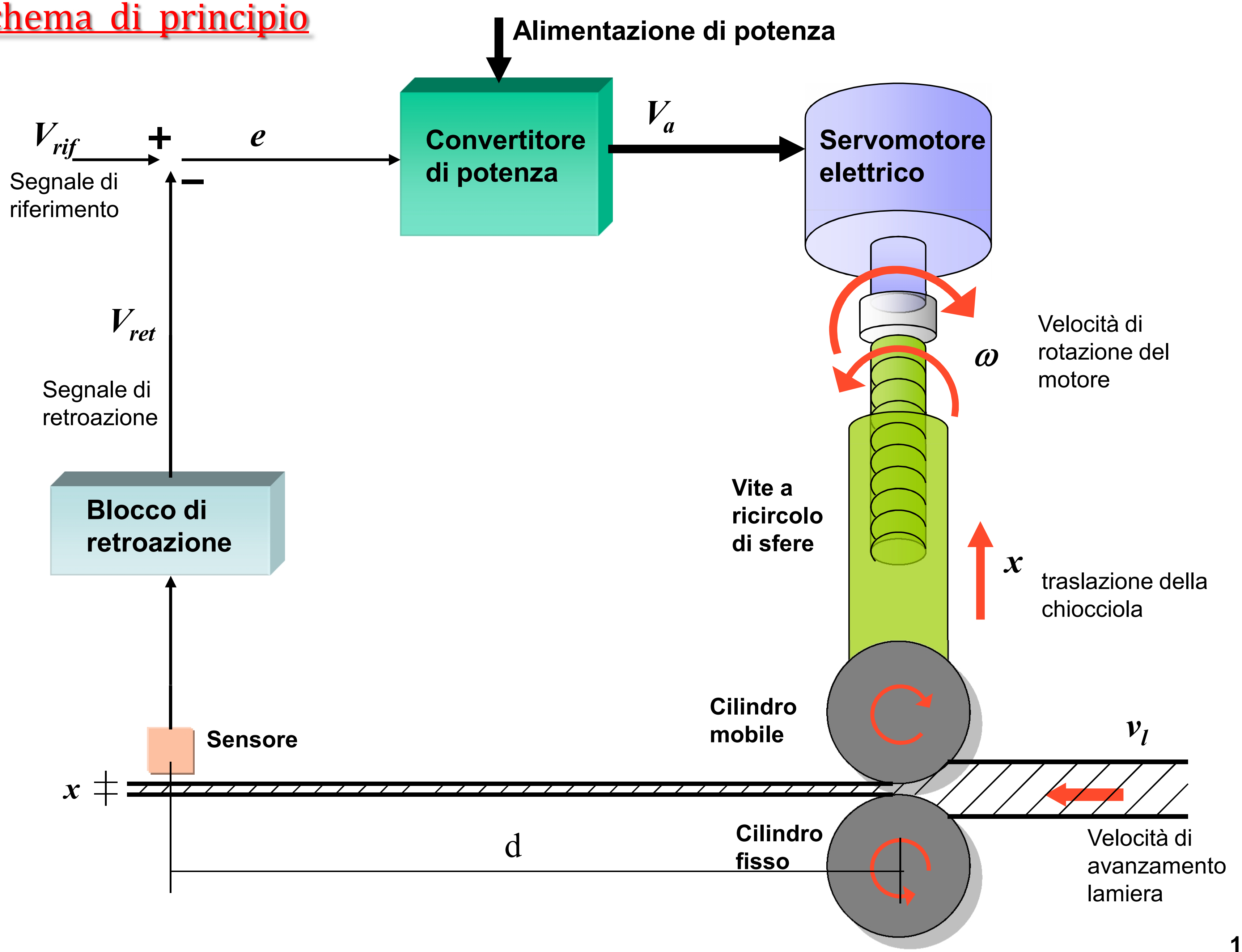
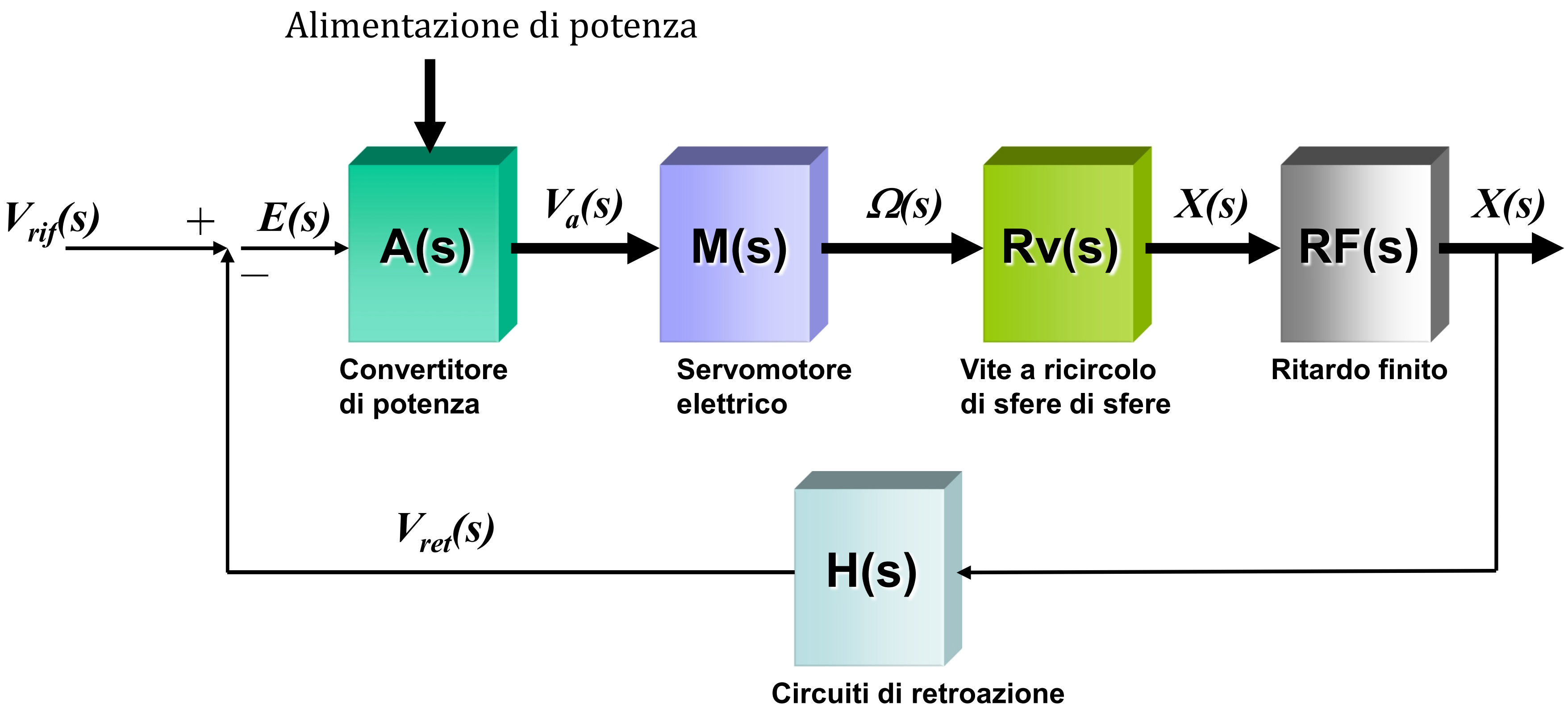
Schema di principio

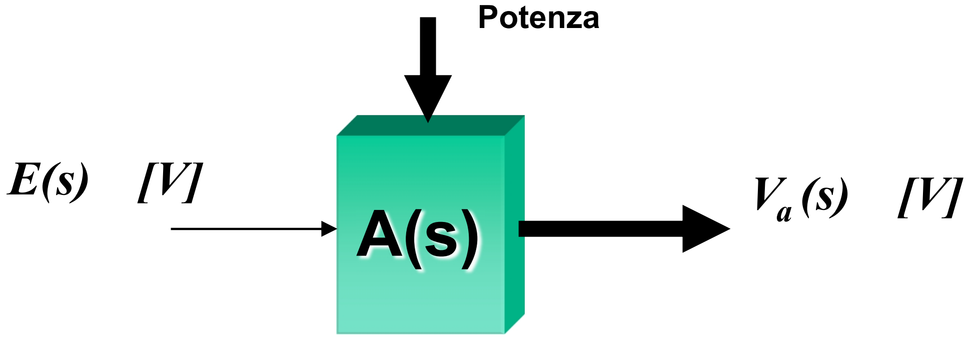


SCHEMA A BLOCCHI



Il <u>ritardo finito</u> viene inserito nel *ramo diretto* in quanto il *ramo di retroazione* comincia con la lettura della variabile d'uscita da parte del sensore.

CONVERTITORE DI POTENZA



- Svolge la funzione della amplificazione della potenza ed è caratterizzato da un guadagno **A_0:**

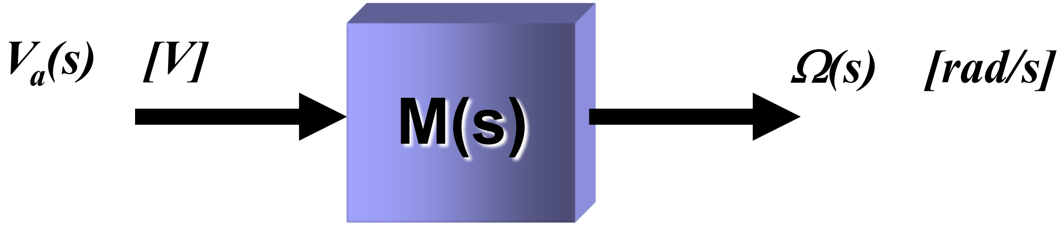
$$A_0 = \frac{V_a}{e}$$

- La velocità di risposta dipende dalla tecnologia con cui sono realizzati.

- Se introduce un ritardo la sua funzione di trasferimento è dipendente dalla variabile di Laplace 's'.

<u>Ipotesi</u>: *risposta istantanea* Funzione di trasferimento $\mathbf{A(s) = A_0}$

SERVOMOTORE ELETTRICO



- Svolge la funzione di attuatore: converte la potenza elettrica in potenza meccanica.

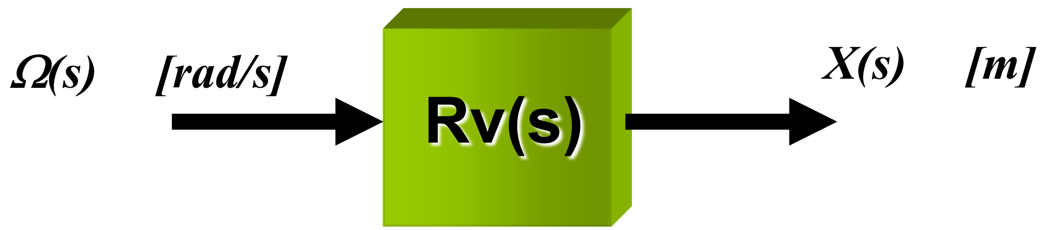
- La sua funzione di trasferimento dipende dalla tecnologia con cui è realizzato.

Ipotesi: *Motore a collettore in corrente continua a magneti permanenti*

Funzione di trasferimento: costituisce un sistema del 2° ordine

$$M(s) = \frac{\Omega(s)}{V_a(s)} = \frac{k}{a \cdot s^2 + b \cdot s + c}$$

VITE A RICIRCOLO DI SFERE



- Svolge la funzione di attuatore (insieme al servomotore): converte il movimento rotatorio in traslatorio.

- Il suo parametro fondamentale è il **passo**: traslazione della chiocciola per un giro della vite

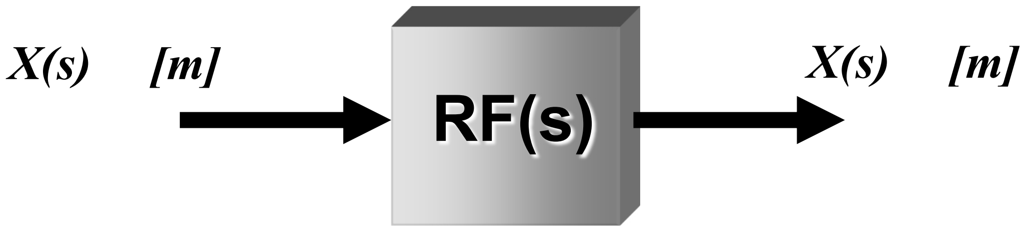
- Dal passo si ricava il **Rapporto di trasformazione**:

$$R = \frac{v_v}{\omega} = \frac{x}{\alpha} = \frac{\text{passo}}{2 \cdot \pi} \qquad [\text{m/rad}]$$

In questo esempio la Funzione di trasferimento non corrisponde al Rapporto di trasformazione, in quanto:

$$Rv(s) = \frac{X(s)}{\Omega(s)} = \frac{R}{s} \qquad [\text{m/(rad/s)}]$$

RITARDO FINITO (1/3)



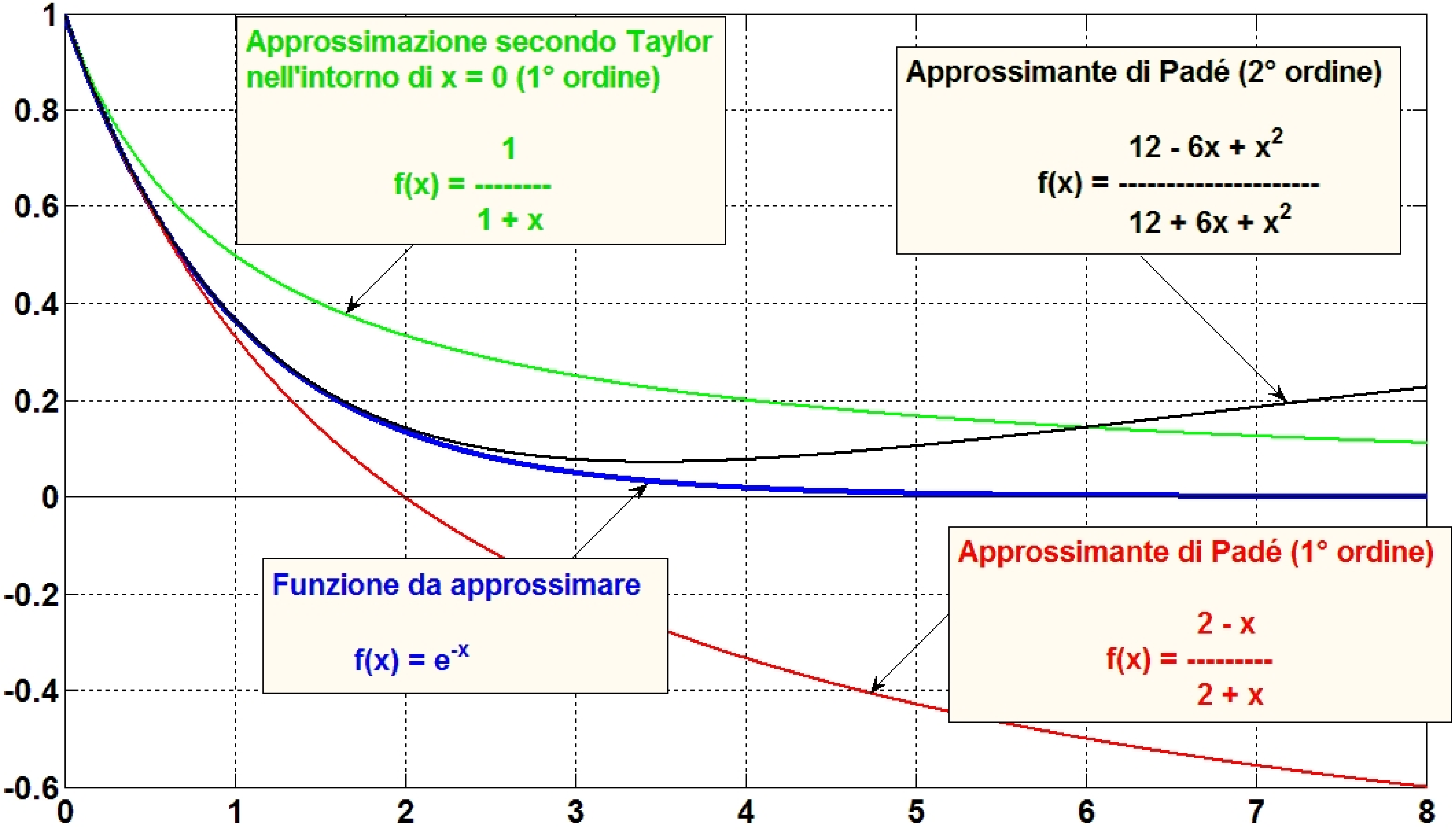
- E' un ritardo dovuto alla collocazione fisica del sensore che misura lo spessore della lamiera: è posto alla distanza **d** dagli assi dei cilindri
- Lo si calcola attraverso la relazione: $t_0 = \frac{d}{v_1}$ [s]
- Nel dominio di Laplace si rappresenta con il termine $RF(s) = e^{-t_0 \cdot s}$

NB: si tratta di una funzione di trasferimento di tipo trascendente, occorre trovare una funzione razionale che ne rappresenti una buona ***approssimazione***.

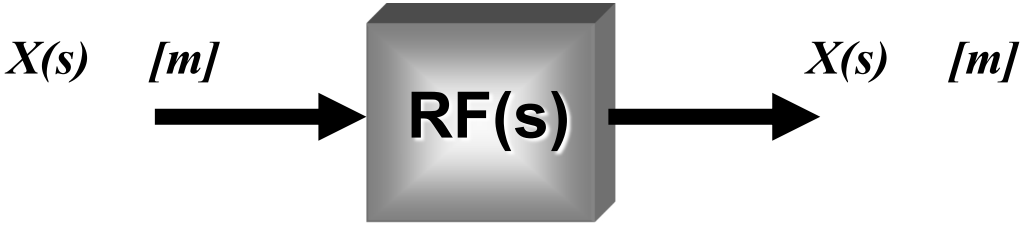
RITARDO FINITO (2/3)

Una funzione esponenziale può essere approssimata con diverse funzioni.

Per piccoli valori dell'esponente le diverse rappresentazioni sono equivalenti.



RITARDO FINITO (3/3)



In questo sistema:

$$RF(s) = e^{-x} = e^{-t_0 \cdot s}$$

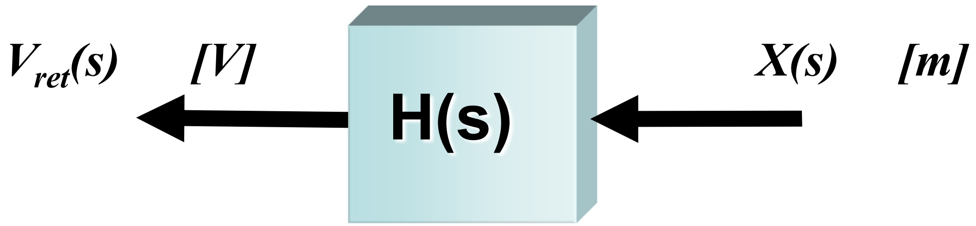
Approssimante di Padé (1° ordine):

$$RF(s) = \frac{2 - t_0 \cdot s}{2 + t_0 \cdot s}$$

Approssimante di Padé (2° ordine):

$$RF(s) = \frac{12 - 6 \cdot t_0 \cdot s + t_0^2 \cdot s^2}{12 + 6 \cdot t_0 \cdot s + t_0^2 \cdot s^2}$$

CIRCUITI DI RETROAZIONE



Il **ramo di retroazione** è costituito da:

- **Sensore**, per la misura della variabile controllata
- **Circuiti di elaborazione**, per il condizionamento del segnale elettrico fornito dal sensore

Il **dimensionamento del guadagno** è determinato da:

- **valore desiderato** della variabile controllata (x_d)
- **valore del segnale di retroazione** V_{ret} uguale all'ingresso di riferimento (V_{rif})

Più in generale:

$$H(s) = \frac{V_{RET}(s)}{X(s)} = \frac{V_{RIF}(s)}{X_d(s)} \qquad [V/m]$$

ESEMPIO NUMERICO (1/6)

CONVERTITORE DI POTENZA

Il guadagno risulta posto pari a: $A(s) = 4.2$

SERVOMOTORE

$$M(s) = \frac{0.71}{2 \cdot s^2 + 6 \cdot s + 1}$$

VITE A CIRCOLAZIONE DI SFERE

$$\text{Passo} = 2 \ \text{mm}$$

$$R = \frac{\text{passo}}{2 \cdot \pi} = \frac{0.002}{2 \cdot \pi} = 3.18 \cdot 10^{-4} \qquad [\text{m/rad}]$$

$$Rv(s) = \frac{3.18 \cdot 10^{-4}}{s}$$

Esempio numerico (2/6)

RITARDO FINITO

Il **sensore** è collocato alla distanza $d = 10 \ \ cm$

La **lamiera** avanza con la velocità di $v_1 = 0.2 \ \ m/s$

Risulta: $t_0 = \dfrac{d}{v_1} = \dfrac{0.1}{0.2} = 0.5 \qquad s$

Funzione di trasferimento:

Approssimante di Padé del 1° ordine: $RF(s) = \dfrac{2 - 0.5 \cdot s}{2 + 0.5 \cdot s}$

CIRCUITI DI RETROAZIONE

La lamiera deve essere laminata allo **spessore** di $x = 12 \ \ mm$

Il segnale di **riferimento** è posto a $V_{rif} = 5 \quad V$

Ipotesi: i circuiti forniscono una *risposta istantanea*, ciò consente di scrivere la funzione di trasferimento come una costante pura

Funzione di trasferimento: $H(s) = \dfrac{V_{RIF}(s)}{X(s)} = \dfrac{5}{0.012} = 417 \qquad V/m$

***Esempio numerico** (3/6)*

VERIFICA DELLA STABILITA'

Metodo di Routh

Calcolo della funzione di trasferimento del **ramo diretto**:

$$G(s) = A \cdot M(s) \cdot Rv(s) \cdot RF(s) =$$

$$= 4.2 \cdot \frac{0.71}{2 \cdot s^2 + 6 \cdot s + 1} \cdot \frac{3.18 \cdot 10^{-4}}{s} \cdot \frac{2 - 0.5 \cdot s}{2 + 0.5 \cdot s} = \frac{-4.74 \cdot 10^{-4} \cdot s + 1.90 \cdot 10^{-3}}{s^4 + 7 \cdot s^3 + 12.5 \cdot s^2 + 2 \cdot s}$$

Calcolo della **equazione caratteristica**:

$$1 + G(s) \cdot H = 0$$

$$s^4 + 7 \cdot s^3 + 12.5 \cdot s^2 + 1.80 \cdot s + 0.79 = 0$$

Esempio numerico (4/6)

I coefficienti dell'equazione soddisfano la **condizione necessaria**.

Si costruisce la **tabella**:

1	12.5	0.79
7	1.80	
12.2	0.79	
1.35		
0.79		

I coefficienti della prima colonna non presentano variazioni di segno per cui il sistema risulta **stabile**: 4 soluzioni reali negative e/o complesse coniugate con parte reale negativa.

Le **soluzioni** dell'equazione caratteristica risultano infatti:

$s_1 = - 3.90$

$s_2 = - 2.99$

$s_3 = - 0.057 + j\ 0.25$

$s_4 = - 0.057 - j\ 0.25$

Esempio numerico (5/6)

NUOVA IPOTESI

un problema sul controllo della velocità della lamiera provoca un *rallentamento del nastro* facendo salire il ritardo $\mathbf{t_0}$ a **5 s**

Se il problema di controllo si prolunga nel tempo potrebbero presentarsi fenomeni di instabilità.

E in questo caso, ricalcolando il segno delle soluzioni dell'equazione caratteristica, si scopre che il sistema è divenuto **instabile**.

Equazione caratteristica: $$10 \cdot s^4 + 34 \cdot s^3 + 17 \cdot s^2 + 0.023 \cdot s + 0.79 = 0$$

soluzioni:

s_1 = - 2.79		s_3 = 0.037 + j 0.20

s_2 = - 0.69		s_4 = 0.037 - j 0.20

Esempio numerico (6/6)