

Modellazione e Controllo di un Motore in Corrente Continua

Corrado Santoro

ARSLAB - Autonomous and Robotic Systems Laboratory

Dipartimento di Matematica e Informatica - Università di Catania, Italy

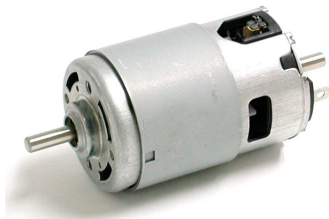
santoro@dmf.unict.it



Programmazione Sistemi Robotici

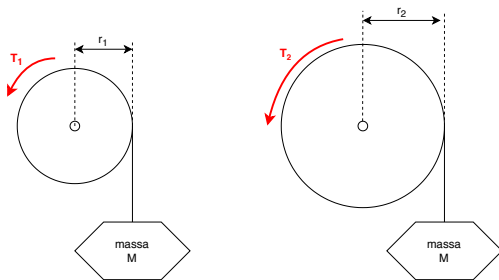
Motore Elettrico

- Un **motore elettrico** è una macchina che trasforma **energia elettrica** in **energia meccanica**
- Un motore elettrico trasforma dunque la **tensione** V_{in} applicata ai suoi capi in una **velocità angolare** ω di rotazione
- Il risultato è una **spinta meccanica** che si traduce in una **coppia di forze** T (torque)



Motore Elettrico e Coppia

- Nei sistemi rotativi, il concetto di “spinta meccanica” si riferisce sempre ad una **coppia di forze** o **momento meccanico**
- Nella figura, si nota che, a parità di *massa* M , il sistema a destra necessita di una “spinta meccanica” maggiore rispetto a quello di sinistra, al fine di sollevare la massa
- La differenza tra i due sistemi è il **raggio** della carrucola, cioè la lunghezza del **braccio della leva** che si viene a creare



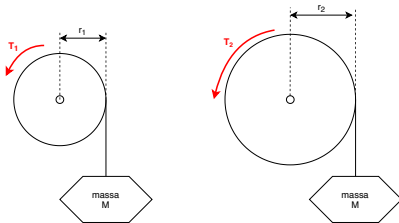
Motore Elettrico e Coppia

- La **coppia** o **momento meccanico** di una forza si calcola come:

$$\vec{T} = \vec{F} \times \vec{r}$$

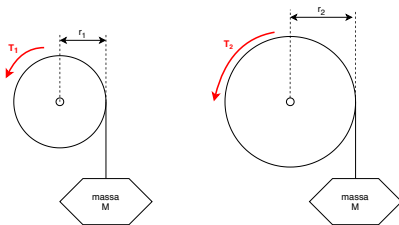
- Esso è un prodotto vettoriale tra la forza e il vettore distanza del punto di applicazione della forza dal centro di rotazione
- Scalarmente, esso è uguale al prodotto tra modulo della forza e valore della distanza e si misura in **$N \cdot m$ (Newton-metro)**:

$$T = F \cdot r$$

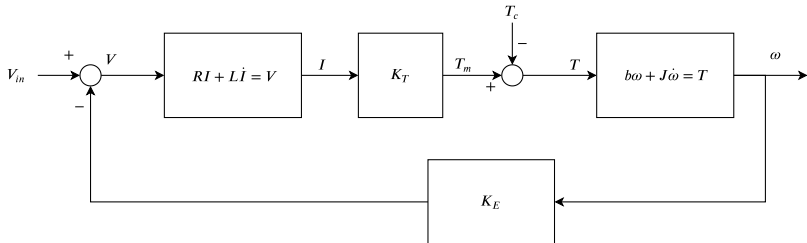


Motore Elettrico, Velocità Angole e Coppia

- La **velocità angolare** a cui ruota un motore elettrico dipende da:
 - Parametri costruttivi del motore stesso
 - Tensione** applicata ai capi del motore, la quale genera una **coppia di trazione**
 - Il **carico** del motore, detto anche *coppia resistente* che si oppone alla **coppia di trazione**

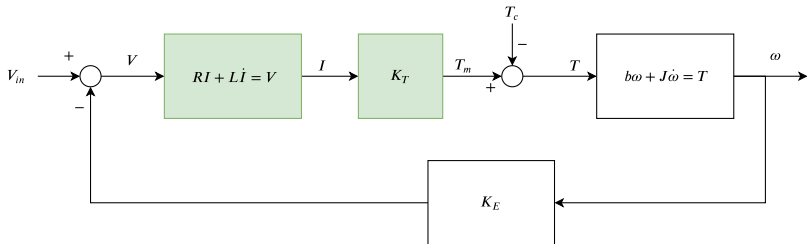


Modello di Motore Elettrico



- V_{in} , tensione applicata ai capi del motore (Volt)
- T_c , coppia resistente del carico (Newton-metro)
- ω , velocità angolare di rotazione (radianti/sec)

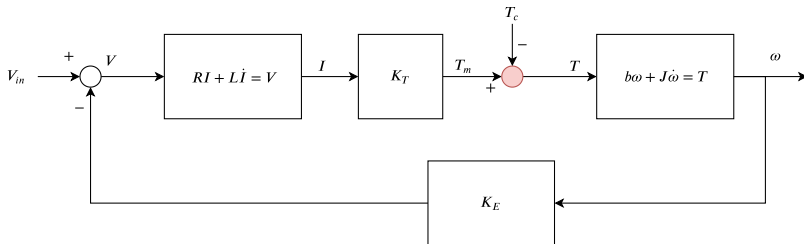
Modello di Motore Elettrico



I due blocchi in verde costituiscono il modello della parte che trasforma la **tesione** in ingresso V in **coppia motrice** T_m

- R , resistenza elettrica dell'avvolgimento di rame (Ohm)
- L , impedenza elettrica dell'avvolgimento di rame (Ohm)
- K_T , "torque constant" (Nm/A)

Modello di Motore Elettrico

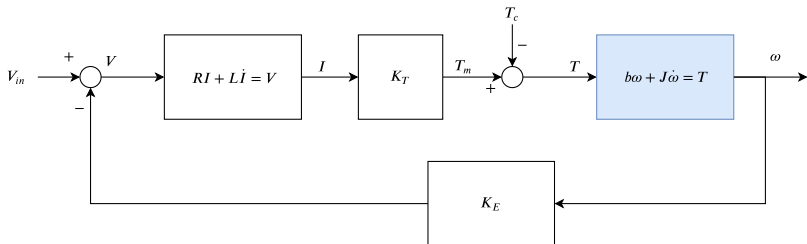


Il nodo sottrazione (in rosso) rappresenta il contributo della **coppia di carico** T_c che si contrappone alla **coppia motrice** T_m ; la coppia risultante che viene generata è:

$$T = T_m - T_c \quad \text{se } T_m \geq 0$$

$$T = T_m + T_c \quad \text{se } T_m < 0$$

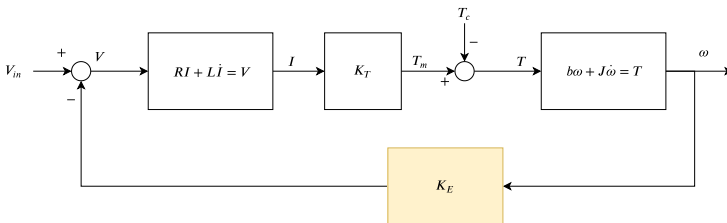
Modello di Motore Elettrico



Il blocco azzurro rappresenta la **dinamica del sistema rotativo** la quale genera, in uscita, una **velocità angolare** ω sulla base della **coppia** T in ingresso.

- J , momento di inerzia del sistema rotativo (ruota)
- b , coefficiente di attrito viscoso

Modello di Motore Elettrico



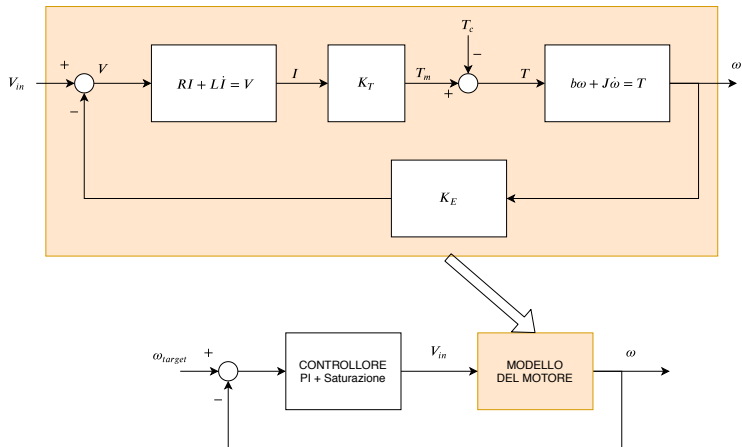
Un motore elettrico è tuttavia una **macchina reversibile**, cioè è in grado di funzionare da **dinamo**: la rotazione dell'asse genera una tensione ai capi del motore

Se dunque l'asse ruota, verrà generata una **forza elettromotrice indotta (Back EMF)**, proporzionale ad ω che si *contrappone* alla tensione di ingresso

La proporzionalità è legata ad una costante K_E che è funzione dei parametri costruttivi del motore

- $V_{in} \in [-12, 12]$
- Carico: ruota piena di massa $M = 0.15 \text{ Kg}$ e raggio $r = 0.05 \text{ m}$
- Coppia di carico: $T_c = M g r$
- Momento inerzia della ruota $J = \frac{1}{2} M r^2$
- Coefficiente d'attrito $b = 7 \cdot 10^{-5}$
- Resistenza Elettrica $R = 1.45 \Omega$
- Impedenza Elettrica $L = 130 \cdot 10^{-6} \text{ Henry}$ ($130 \mu\text{H}$)
- Costante di coppia del motore $K_T = 0.0169 \text{ Nm}$ (16.9 mNm)
- Costante di back EMF del motore
 $K_E = 0.00177 \frac{60}{2\pi} \text{ V}/(\text{rad/s})$ ($1.77 \text{ mV}/\text{rpm}$)
- Intervallo di campionamento $\Delta T = 10^{-4} \text{ s}$ (0.1 ms)

Esercizio



- 1 Implementare, in simulazione, il modello del motore elettrico in figura
- 2 Utilizzare il modello simulato per progettare un controllore di velocità di tipo proporzionale-integrale con saturazione

Modellazione e Controllo di un Motore in Corrente Continua

Corrado Santoro

ARSLAB - Autonomous and Robotic Systems Laboratory

Dipartimento di Matematica e Informatica - Università di Catania, Italy

santoro@dmf.unict.it



Programmazione Sistemi Robotici