

2) Il laboratorio di Controllo dei Processi dell'Università di Pavia dispone di un inseguitore solare mono-assiale (Figura 1).

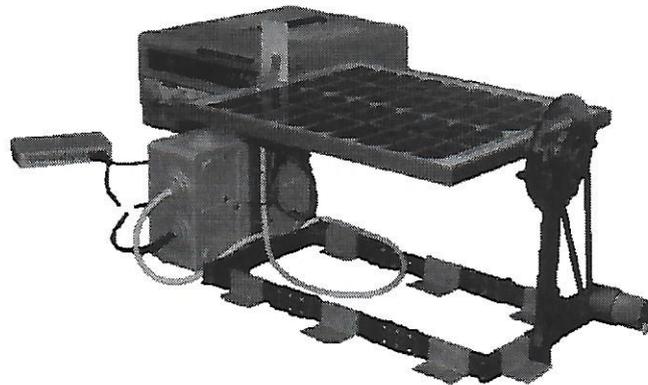
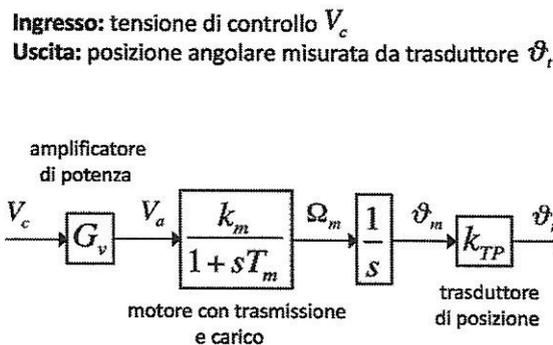


Figura 1

Tale dispositivo permette di orientare favorevolmente rispetto ai raggi del sole un pannello fotovoltaico aumentando la potenza dell'energia solare captata e dunque la resa effettiva del dispositivo energetico. L'inseguitore solare è costituito da un pannello fotovoltaico, due sensori di luminosità, un motore in corrente continua ed un encoder. Quest'ultimo permette di determinare la posizione angolare del pannello rispetto ad un riferimento prefissato.

In laboratorio sono state eseguite delle prove sperimentali volte a determinare i parametri del modello avente come ingresso la tensione applicata al motore e come uscita la posizione angolare del pannello. Il modello teorico semplificato di tale sistema è il seguente:



Al fine di identificare il modello, sono state effettuate delle risposte allo scalino sul sistema in anello chiuso (retroazione negativa) utilizzando un regolatore proporzionale empirico con $K_p=1$. Utilizzando il System Identification Toolbox di Matlab, si è dunque stimata la funzione di trasferimento di anello chiuso:

$$F(s) = \frac{47.0482}{s^2 + 10.7487s + 47.0482}$$

- 1) Determinare la funzione di trasferimento in anello aperto
- 2) La procedura di identificazione non è esatta. Ipotizzando un errore sul guadagno della funzione di trasferimento di anello aperto in valore assoluto $\leq 20\%$, determinare l'intervallo di valori di K_p in grado di garantire la stabilità robusta del sistema in anello chiuso tramite un regolatore proporzionale.
- 3) Progettare un regolatore in grado di soddisfare i seguenti requisiti:
 - a. Errore a regime nullo a fronte di riferimenti angolari a scalino
 - b. Margine di guadagno maggiore o uguale a 100
 - c. Banda passante maggiore o uguale a 10 rad/s
 - d. Tempo di assestamento minore o uguale a 0.23s
 - e. Stabilità robusta a fronte di un ritardo massimo di 0.05s.
- 4) Discutere l'implementazione digitale del regolatore progettato al punto precedente.
- 5) Si tenga ora conto della presenza di vincoli su attuatori, $0 \leq V_c \leq 12V$ e vincoli di stato, $|\theta_t| \leq 60$. Progettare un regolatore MPC a tempo discreto, con tempo di campionamento 0.1s, in grado di controllare il sistema.
 - a. In primo luogo, a partire dalla funzione di trasferimento a tempo continuo, determinare una realizzazione (A,B,C,D) minima.
 - b. Discretizzare dunque tale realizzazione utilizzando Eulero (differenze in avanti).
 - c. Verificare che tale sistema soddisfi le ipotesi di stabilità necessarie per l'MPC.
 - d. Discutere nel dettaglio l'implementazione del regolatore predittivo.
 - e. Si consideri ora la presenza di vincoli sulla variazione degli ingressi $|\Delta V_c| \leq 1V$. Come viene modificata la formulazione del MPC al fine di includere tali vincoli?