

Regolazione della velocità di un motore DC (con Multisim)

Nella maggior parte delle applicazioni, il motore non ha un riferimento costante di velocità, ma deve seguire un profilo composto da accelerazione, velocità costante e decelerazione.

ESPERIENZA PRATICA

Contesto applicativo in anello aperto

Il motore deve trascinare un carico con inerzia $J_L = 0,4 \text{ kgm}^2$ (fig. 1), con coppia di lavorazione $T_L = 18 \text{ Nm}$, secondo il profilo di velocità riportato in fig. 2, mediante riduttore 35/1 con rendimento 60%.

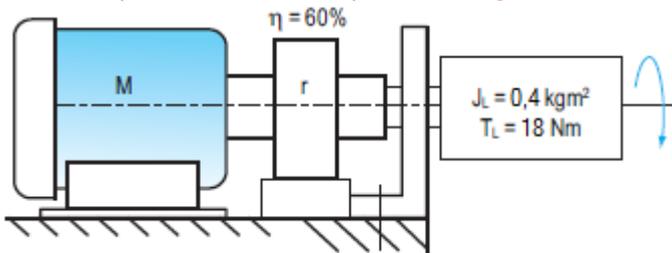


Fig. 1. Sistema da azionare.

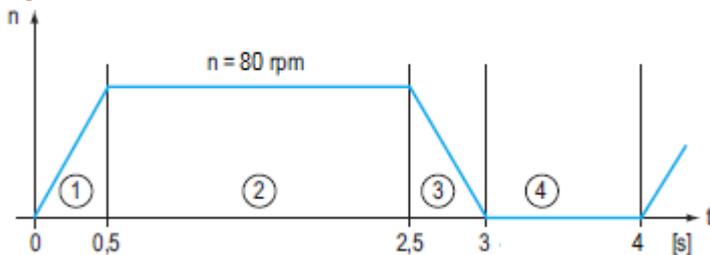


Fig. 2. Profilo di velocità desiderato.

La coppia di lavorazione riportata sul motore vale:

$$T_L' = \frac{T_L}{r \cdot \eta} = \frac{18 \text{ Nm}}{35 \cdot 0,6} = 0,857 \text{ Nm}$$

Il momento di inerzia del carico, riportato sul motore vale:

$$J_L' = \frac{J_L}{r^2 \cdot \eta} = \frac{0,4 \text{ kgm}^2}{35^2 \cdot 0,6} = 0,544 \text{ mkgm}^2$$

La velocità massima desiderata sull'albero motore vale:

$$n' = n \cdot r = 80 \text{ rpm} \cdot 35 = 2800 \text{ rpm}$$

I valori trovati vanno riportati nel circuito di simulazione (fig. 3), con il generatore V2 che fa da riferimento di velocità.

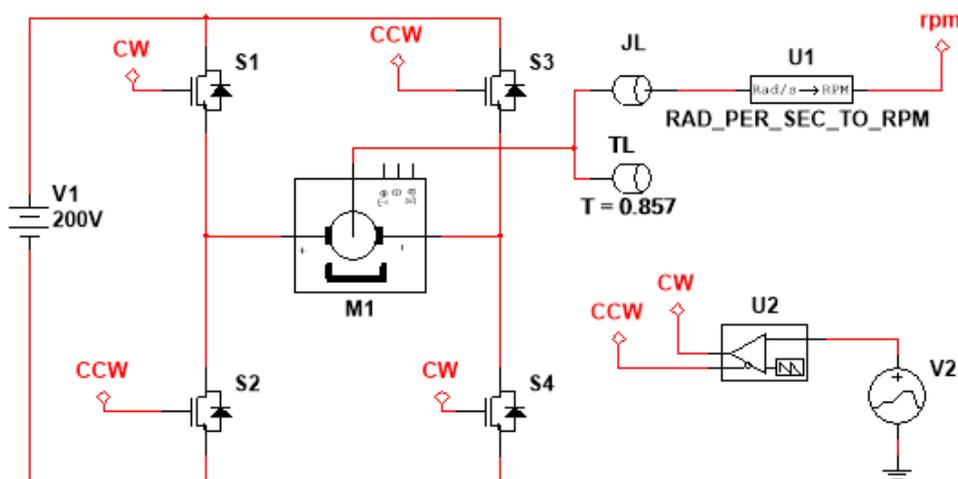


Fig. 3. Circuito di simulazione.

Il componente JL (*INERTIAL_LOAD*) simula l'inerzia di carico $J_L' = 544 \mu\text{kgm}^2$, mentre TL (*ARBITRARY_LOAD* → *Constant torque*) rappresenta la coppia di lavorazione statica $T_L' = 0,857 \text{ Nm}$.

Per pilotare in anello aperto il motore secondo il profilo di velocità desiderato, la tensione di comando V2 (PWL Voltage) va impostata con i valori indicati in **fig. 4**.

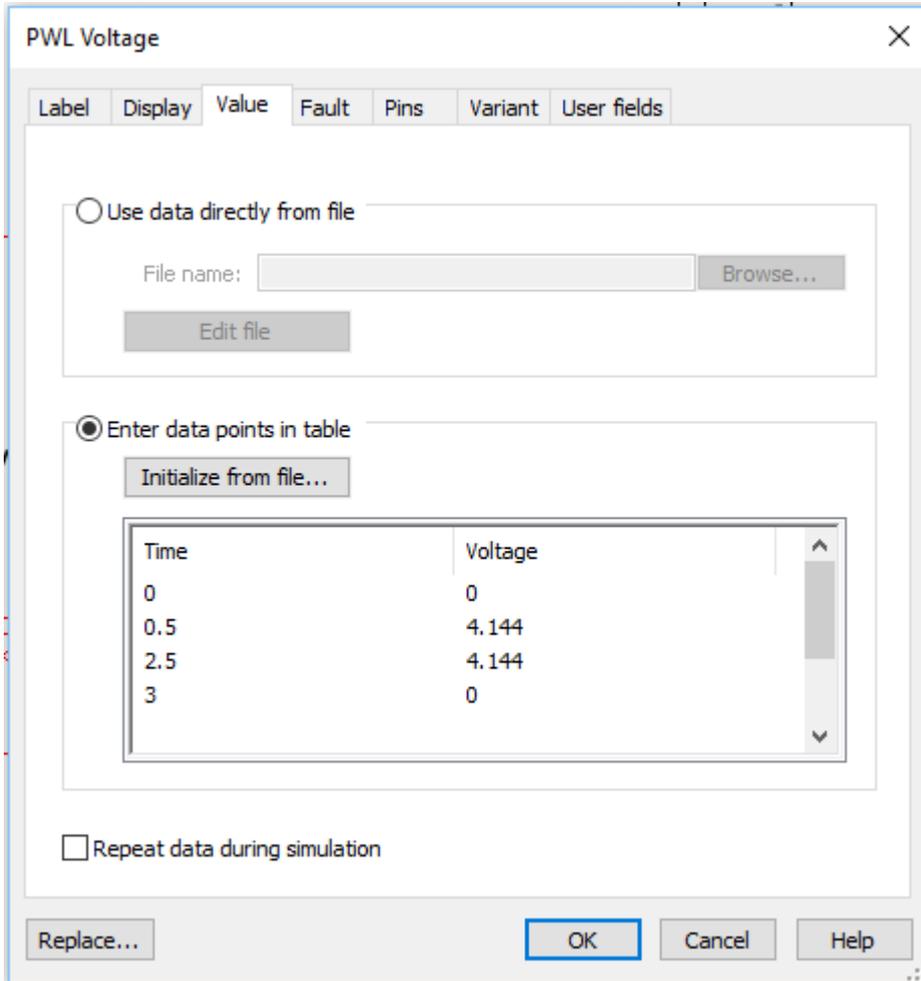


Fig. 4. Generatore di comando della velocità.

Difatti, a regime, con velocità 2800 rpm e coppia di lavorazione 0,857 Nm si ha:

$$2800 \text{ rpm} = \frac{2800}{60} \cdot 2\pi = 293,2 \text{ rad/s}$$

$$I_a = \frac{T_L'}{kt} = \frac{0,857 \text{ Nm}}{0,43} = 2 \text{ A}$$

$$V_m = R_a \cdot I_a + k_e \cdot \omega = 6 \cdot 2 + 0,43 \cdot 293,2 = 138 \text{ V}$$

$$V_2 = \frac{V_m}{33,3} = \frac{138}{33,3} = 4,144 \text{ V}$$

Attivare l'analisi transient, con le **condizioni iniziali settate a zero**, fino ad ottenere il diagramma di **fig. 5**.

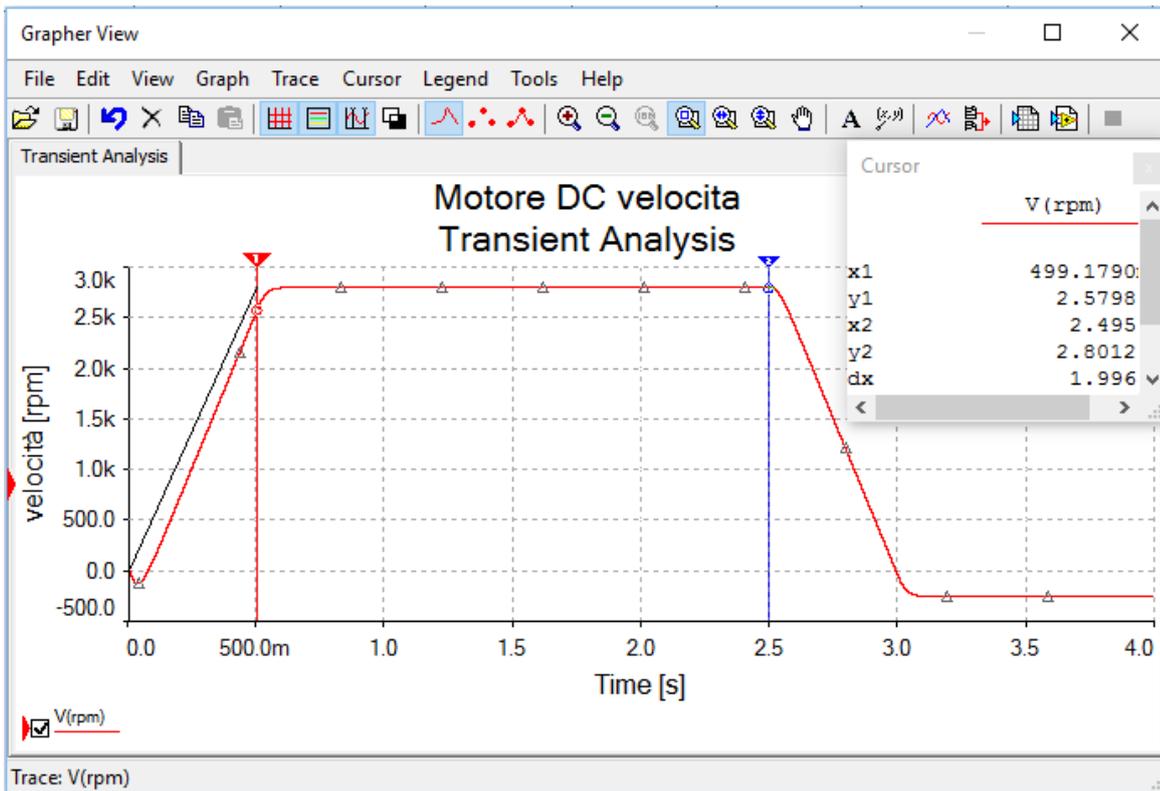


Fig. 5. Risultati dell'analisi.

Perché il grafico presenta un guizzo iniziale negativo?

Inoltre, tracciando un segmento dall'origine al punto di coordinate 0,5 s / 2800 rpm si nota come il motore sia in ritardo di circa 50 ms rispetto all'andamento desiderato. Perché?

Se poi la coppia di carico dovesse variare o essere disturbata, la velocità di rotazione varierebbe?

ESPERIENZA PRATICA

Controllo in anello chiuso

Per compensare gli errori di velocità dovuti alle variazioni di coppia serve una retroazione negativa (fig. 6) con amplificatore di errore e regolatore PID (Sources → CONTROL_FUNCTION_BLOCKS → PID_CONTROLLER).

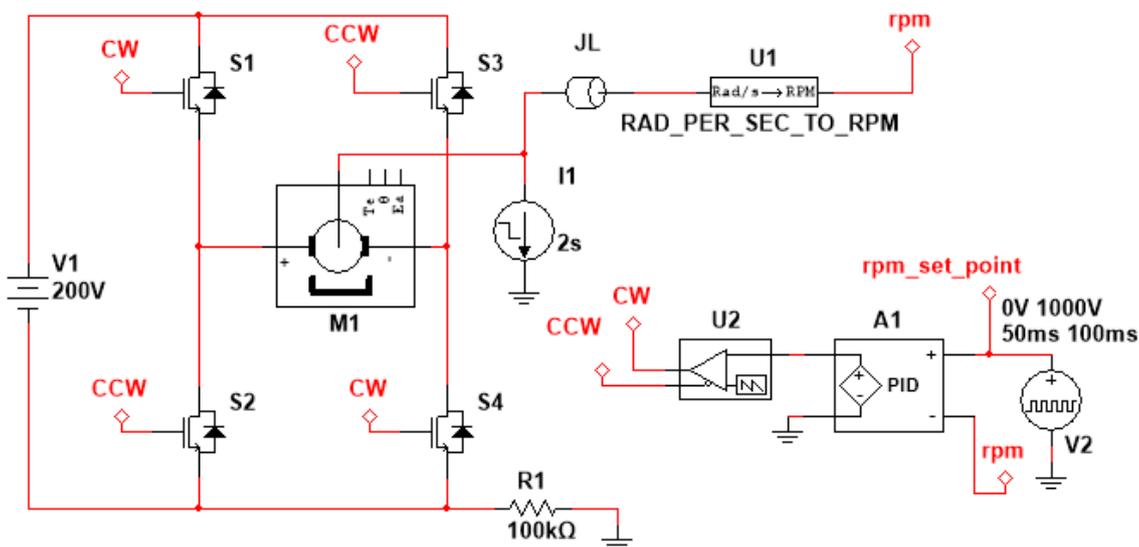


Fig. 6. Anello di retroazione con regolatore PID.

Utilizzando un generatore di riferimento (V2) con segnale a gradino da 1000 V (1000 rpm) e durata 50 ms, mediante simulazioni successive, ricercare i valori da assegnare ai parametri k_p , k_i , k_d del regolatore PID in modo da ottenere la risposta senza pendolazioni indicata in **fig. 7**.

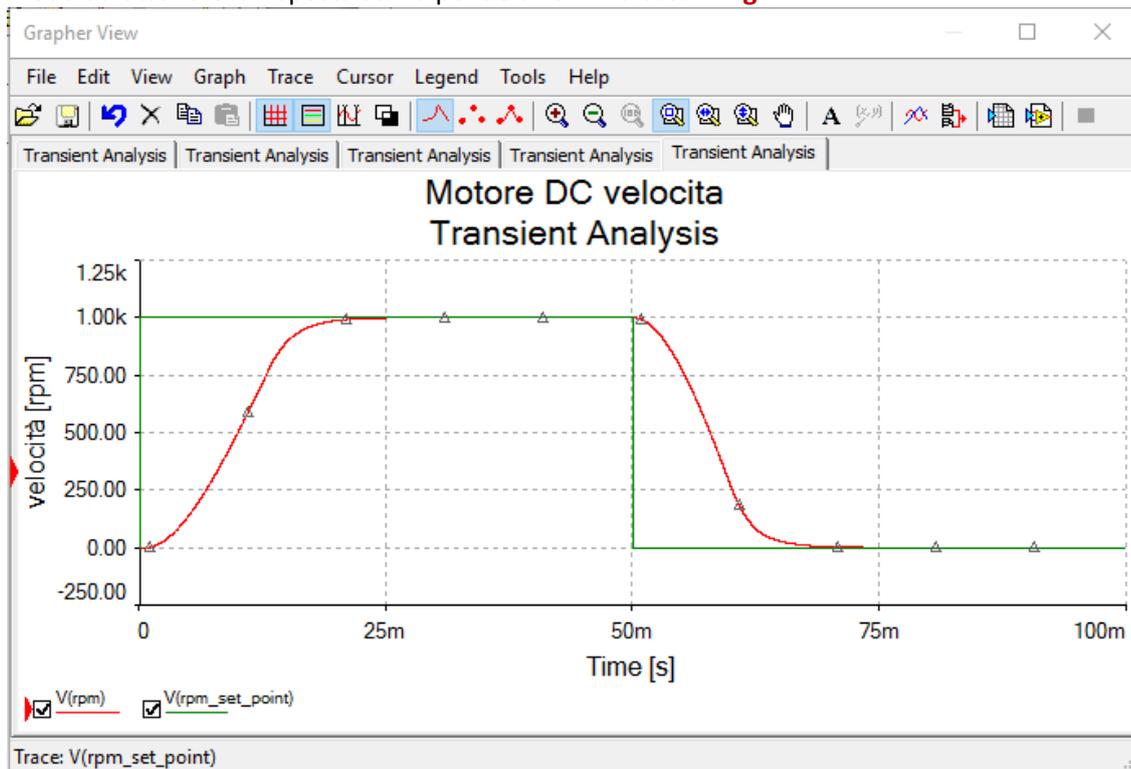


Fig. 7. Risposta al gradino desiderata.

Una volta tarato il regolatore, ripristinare il generatore PWL V2 con il profilo di velocità espresso in rpm (**fig. 8**) e verificare l'andamento desiderato.

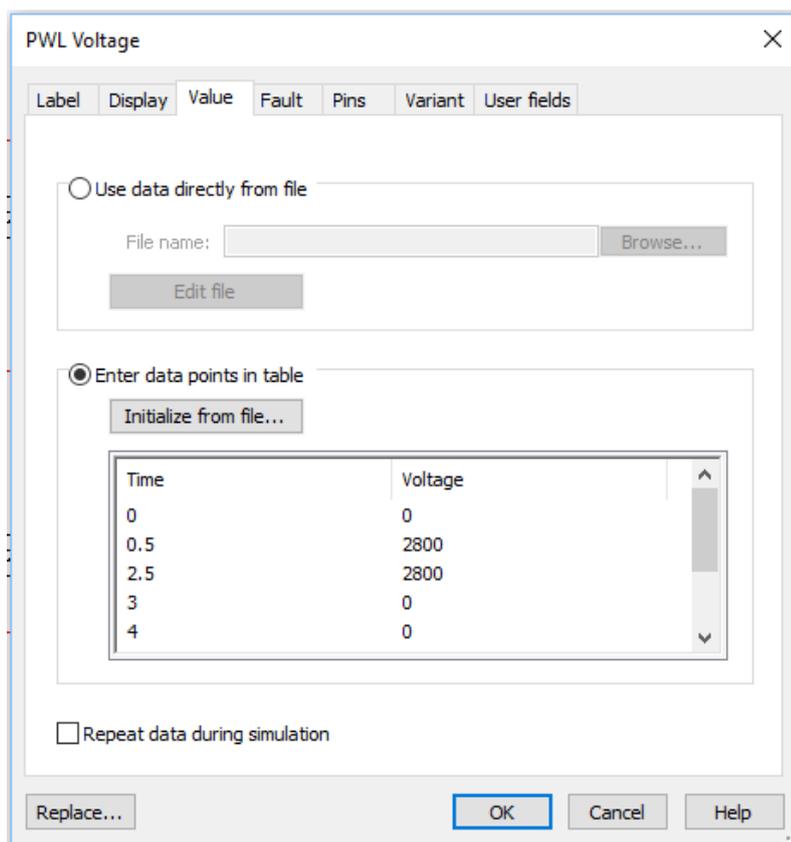


Fig. 8. Nuovi parametri per il generatore PWM_Voltage V2.