

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE
I SESSIONE 2013 - 12 SETTEMBRE 2013
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

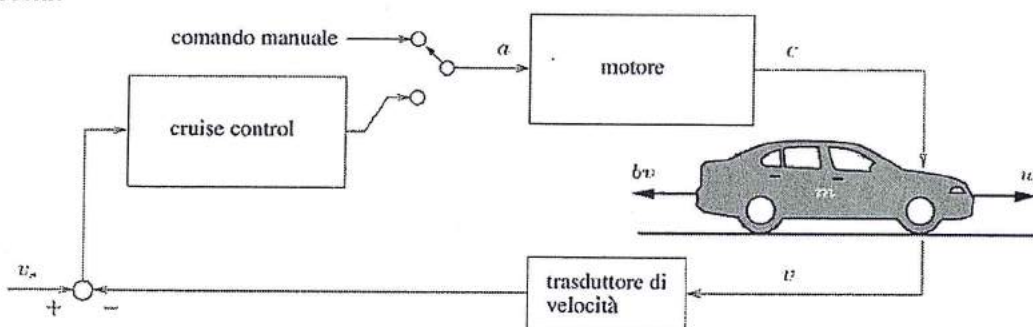
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 3

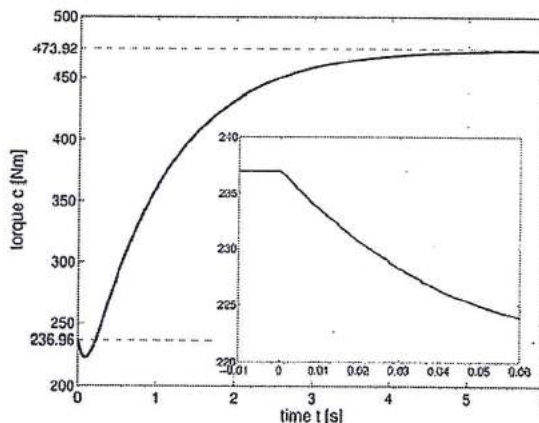
Il sistema di "cruise control", installato su molte autovetture, è descritto dal seguente schema a blocchi:



Il comando di accelerazione determina la portata a di alimentazione (in g/s di carburante) e può essere impostato manualmente (tramite pressione del pedale acceleratore) o in automatico (attivando il cruise control con setpoint di velocità v_s).

Con riferimento al prototipo PoliMiCar1.0, dotato di motore a combustione turbocompresso alimentato a gas metano (PoliMiEngine1.0), i dati a disposizione per il progetto del sistema di controllo di velocità (ottenuti mediante prove sperimentali sul motore al banco e sul veicolo a pieno carico), sono i seguenti:

- Massa a pieno carico (incluso il motore), $m = 1350$ Kg.
- Cerchi da 16 pollici (diametro del cerchio = 16 pollici; 1 pollice = 2.54 cm) con pneumatici 205/55R16 (ovvero la spalla del pneumatico misura 205*0.55 mm).
- Prova di arresto: a motore spento e marcia neutra ("folle") l'auto in moto rettilineo piano si arresta in circa 100 s.
- Prova di regime del motore al banco: con alimentazione di 0.5 g/s di metano e motore in 4^a marcia, viene erogata una coppia a regime di 236.96 Nm.
- Risposta a scalino del motore al banco: a partire dalla situazione di regime descritta nel punto precedente, l'alimentazione viene bruscamente portata al valore di 1.0 g/s.



La risposta di coppia del motore è riportata in figura (con un ingrandimento utile a valutare l'andamento nei primi istanti di transitorio).

- A fronte di variazioni di velocità, il trasduttore impiega circa 0.5 s a fornire la misura corretta.

Il candidato discuta i seguenti punti, motivando esaurientemente le scelte compiute:

A) Basandosi sui dati e sulle prove sopra descritte, formulare un modello matematico del motore (ingresso a , uscita c), dell'auto (ingresso c , uscita v) e del trasduttore nel dominio delle frequenze, utile ai fini del controllo di velocità.

- Per quanto riguarda il motore, è ragionevole supporre un modello lineare con costanti di tempo sub-dominanti (di natura elettro-meccanica) almeno di un ordine di grandezza inferiori a quella dominante.
- Per quanto riguarda l'auto, si supponga (come indicato nello schema a blocchi) che l'attrito volvente del contatto pneumatico-strada e quello viscoso dell'aria siano ben descritti da una forza opposta al moto di intensità proporzionale alla velocità di avanzamento v . Si tenga anche presente che la forza u nella direzione di avanzamento è data con buona approssimazione dal rapporto tra coppia motrice c e raggio del pneumatico.

B) Progettare il sistema di controllo di velocità affinché

- Il setpoint costante di velocità v_r venga raggiunto (con precisione superiore al 95%) in non più della metà del tempo impiegato dal sistema in conduzione manuale con a costante.
- Si abbatta di almeno 20 volte l'effetto di disturbo dovuto al vento (w , misurato in m/s in direzione opposta a quella di avanzamento).
- Si garantisca la robustezza del progetto rispetto alle inevitabili riduzioni modellistiche.

Si supponga in questa fase che il comando di accelerazione a possa assumere qualsiasi valore, quindi anche negativo (il che corrisponderebbe ad un azionamento dei freni da parte del sistema di controllo).

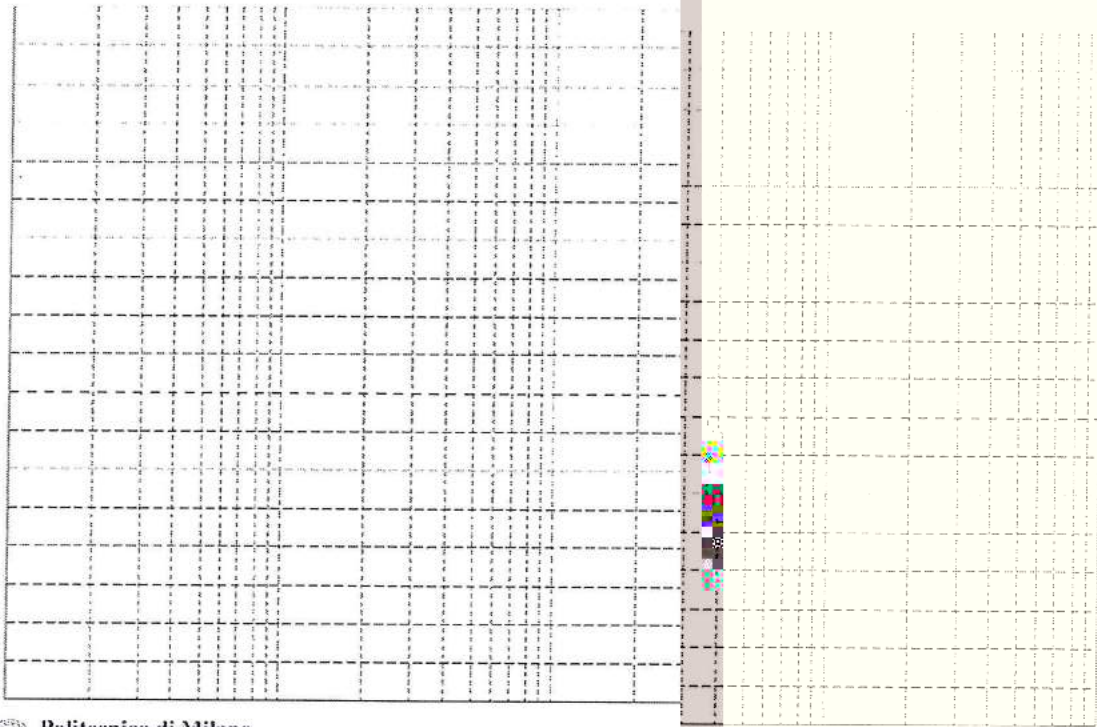
C) Discutere la stabilità e le prestazioni del sistema di controllo progettato al punto B tenendo in considerazione che il comando di accelerazione a corrisponde di fatto alla portata di alimentazione del motore, che può quindi assumere valori compresi tra 0 e un valore massimo a_{\max} che per il motore considerato vale 8.5 g/s. In particolare, si verifichi la stabilità del sistema di controllo con riferimento alla situazione di regime raggiunta dalla prova sperimentale fornita ($a = 1.0$ g/s).

D) Si descriva come si modificherebbe lo schema di controllo introducendo la misura e la compensazione della velocità w del vento. Si discutano i miglioramenti di prestazioni ottenibili a fronte di vento costante.

E) Si illustrino gli aspetti tecnologici e implementativi del sistema di controllo, con particolare attenzione alla strumentazione di misura e attuazione.



Politecnico di Milano
Dipartimento di Elettrotecnica e Informazione



Politecnico di Milano
Dipartimento di Elettrotecnica e Informazione

