



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

“TOR VERGATA”

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Relazione per il corso di “Misure per l’Automazione”

“Controllo dell’assetto variabile per Treni ETR-450”

Relatore

Prof. G. Santosuosso

Studenti

Perna Stefano

Santilli Michele

Anno Accademico 2003/2004

Indice

1 Introduzione

2 Il processo in esame

2.1 Descrizione del modello

2.2 Il modello con assetto variabile

2.3 Il tracciato

2.4 Gli angoli

2.5 Il segnale di riferimento

3 La sintesi del controllore

4 La sintesi del filtro

5 Simulink

Appendice – Matlab M-File

Capitolo 1

Introduzione

Il lavoro svolto affronta il problema del controllo della variazione dell'assetto di un treno ad alta velocità. Tale variazione di assetto consiste nell'inclinazione della cassa del veicolo permettendo così al treno di aumentare la propria velocità di percorrenza di una curva, mantenendo ridotto entro limiti accettabili (e confortevoli) il valore dell'accelerazione trasversale sui passeggeri.

I vincoli a cui devo sottostare la rotazione della cassa sono:

- risposta dell'asservimento automatico veloce, la cassa deve infatti ruotare in tempi brevi rispetto al tempo di percorrenza della curva stessa.
- velocità di rotazione non eccessiva, la cassa infatti deve ruotare "dolcemente" per mantenere un adeguato confort di viaggio.



Capitolo 2

Il processo in esame

Cercheremo ora di definire in modo schematico il modello del vagone del treno per definire il sistema fisico a cui farà riferimento il nostro progetto.

2.1 Descrizione del modello

Consideriamo un veicolo di massa M che percorre a velocità V una curva di raggio R e sopraelevazione h .

Lo schema utilizzato per costruire il nostro modello è riportato nella figura sottostante.

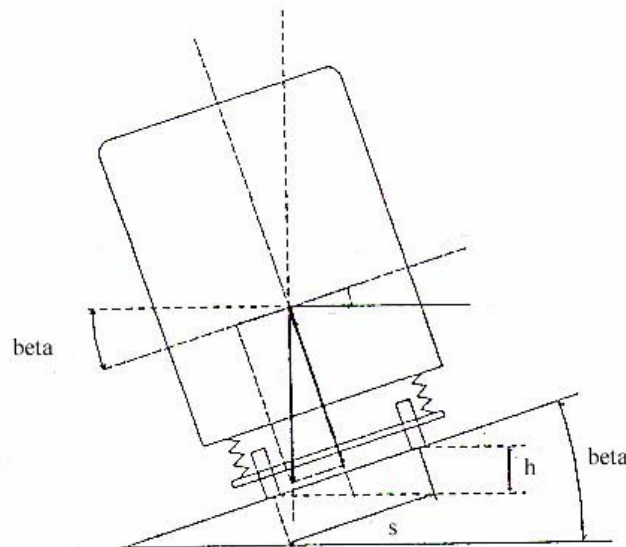


Figura 1 - Modello schematico

Naturalmente s è la distanza tra i punti di contatto tra sala e binario, e l'angolo β rappresenta l'inclinazione dell'asse trasversale delle rotaie rispetto al treno.

Al baricentro del treno sono applicate due forze di nostro interesse: la forza peso Mg , diretta lungo la verticale, e la forza centrifuga $M\frac{V^2}{R}$, diretta orizzontalmente. Le componenti delle accelerazioni g e a_c premono rispettivamente il veicolo sul binario ed il viaggiatore sul pavimento e contemporaneamente sollecitano il veicolo trasversalmente al binario e il viaggiatore trasversalmente al pavimento.

Possiamo quindi definire il valore dell'accelerazione laterale non compensata che agisce sui viaggiatori

$$a_{nc} = \frac{v^2}{R} \cos \beta - g \sin \beta$$

che nel caso ideale, in cui $a_{nc}=0$, ci fornisce il valore della velocità di equilibrio del treno. Essendo l'angolo β relativamente piccolo (al massimo 6°) si può considerare $\cos \beta \approx 1$, da cui

$$\sin \beta = \frac{h}{s}$$

l'espressione precedente può essere riscritta come

$$\frac{v^2}{R} = g \frac{h}{s}$$

Sostituendo in tale relazione i valori ammessi nella nostra rete ferroviaria, $h=160mm$ e $s=1500mm$, ricaviamo che

$$v_e = 3.68\sqrt{R}$$

a cui sostituendo il valore di $R=600m$ si ha

$$v_e = 90.14 Km/h = 25.04 m/s.$$

2.2 Il modello con assetto variabile

Consideriamo ora il caso in cui il treno sia provvisto di controllo di assetto variabile. Tale controllo si propone l'obiettivo di compensare in cassa le elevate accelerazioni trasversali che si manifestano al livello del carrello. Tale compensazione è ottenuta facendo ruotare la cassa all'interno della curva (un po' come avviene per i ciclomotori), ovvero nello stesso verso della sopraelevazione.

Nella figura seguente è mostrata la nuova configurazione

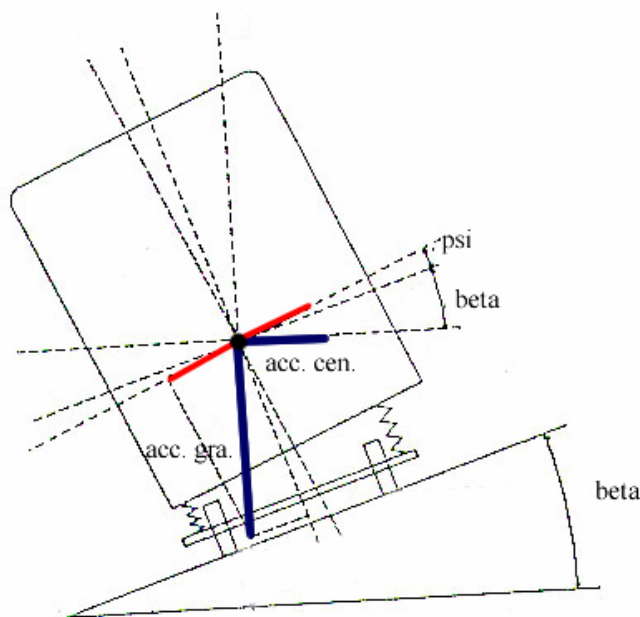


Figura 2 - Modello Assetto Variabile

Accettando le approssimazioni considerate in precedenza ci troviamo nella seguente situazione

$$a_{c_d} = \frac{v^2}{R} \cos B \text{ e } a_{g_d} = -g \sin B$$

dove $B = \beta + \psi$, da cui

$$a_{nc_d} = \frac{v^2}{R} \cos B - g \sin B$$

L'asservimento automatico che fa sì che a_{nc_d} si annulla impone un angolo ψ pari a

$$\psi_d(t) = \arctg\left(\frac{v^2(t)}{gR(t)}\right) - \beta(t).$$

Le forze in gioco nel modello dinamico sono rappresentate da

$$ML\left(\cos B \frac{v^2}{R}\right) \text{ e } MLg \sin B$$

da cui il modello dinamico da noi considerato

$$J\ddot{\psi} = ML\left(-g \sin B + \frac{v^2}{R} \cos B\right) + c(t) - B\dot{\psi}$$

2.3 Il tracciato

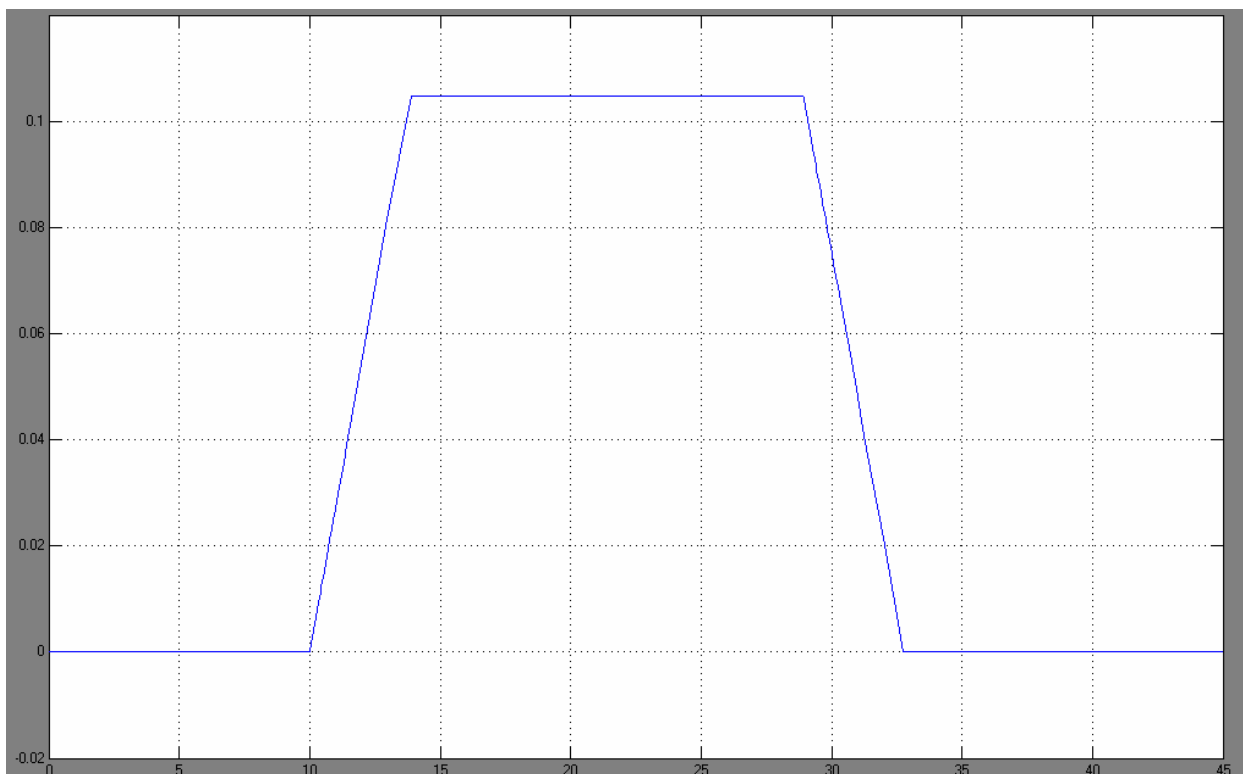


Figura 3 - Andamento di Beta nel tempo

Il passaggio dal rettilineo alla piena curva non avviene in maniera discontinua, se così fosse l'entità della variazione dell'accelerazione trasversale non compensata sarebbe tale da rendere inaccettabile per il confort dei passeggeri. Il rettilineo e la