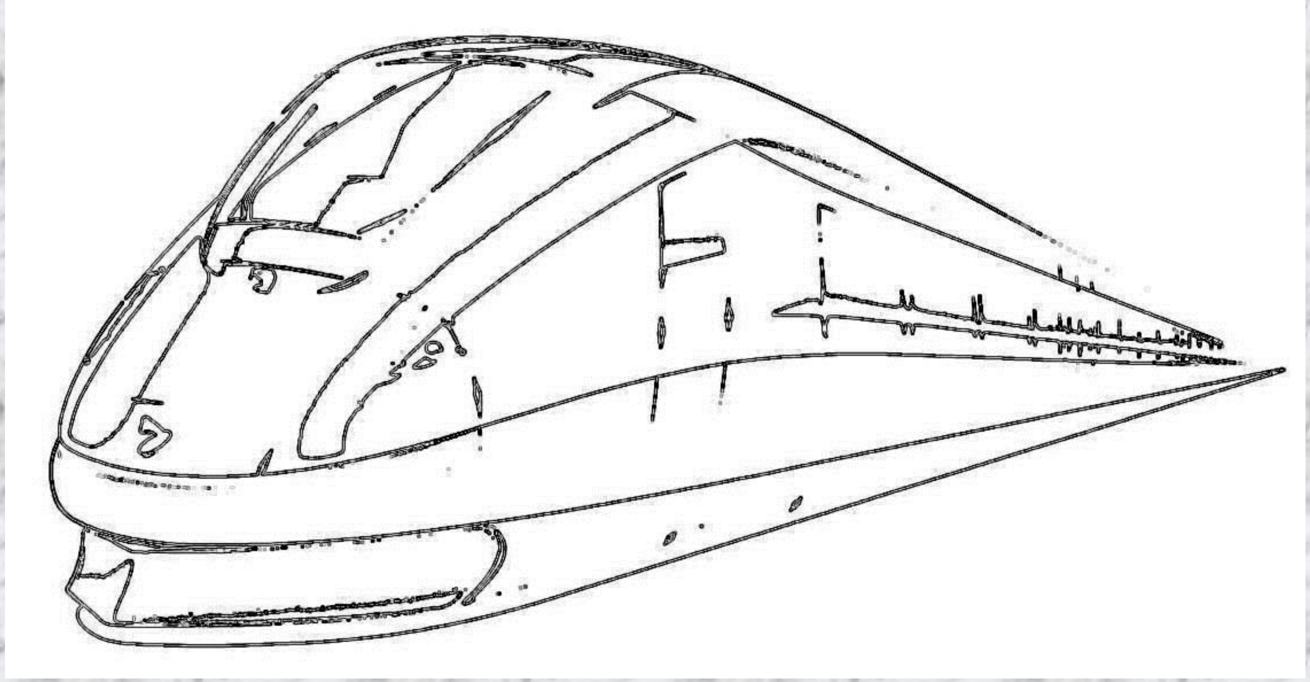


Dimensionamento reostato di avviamento

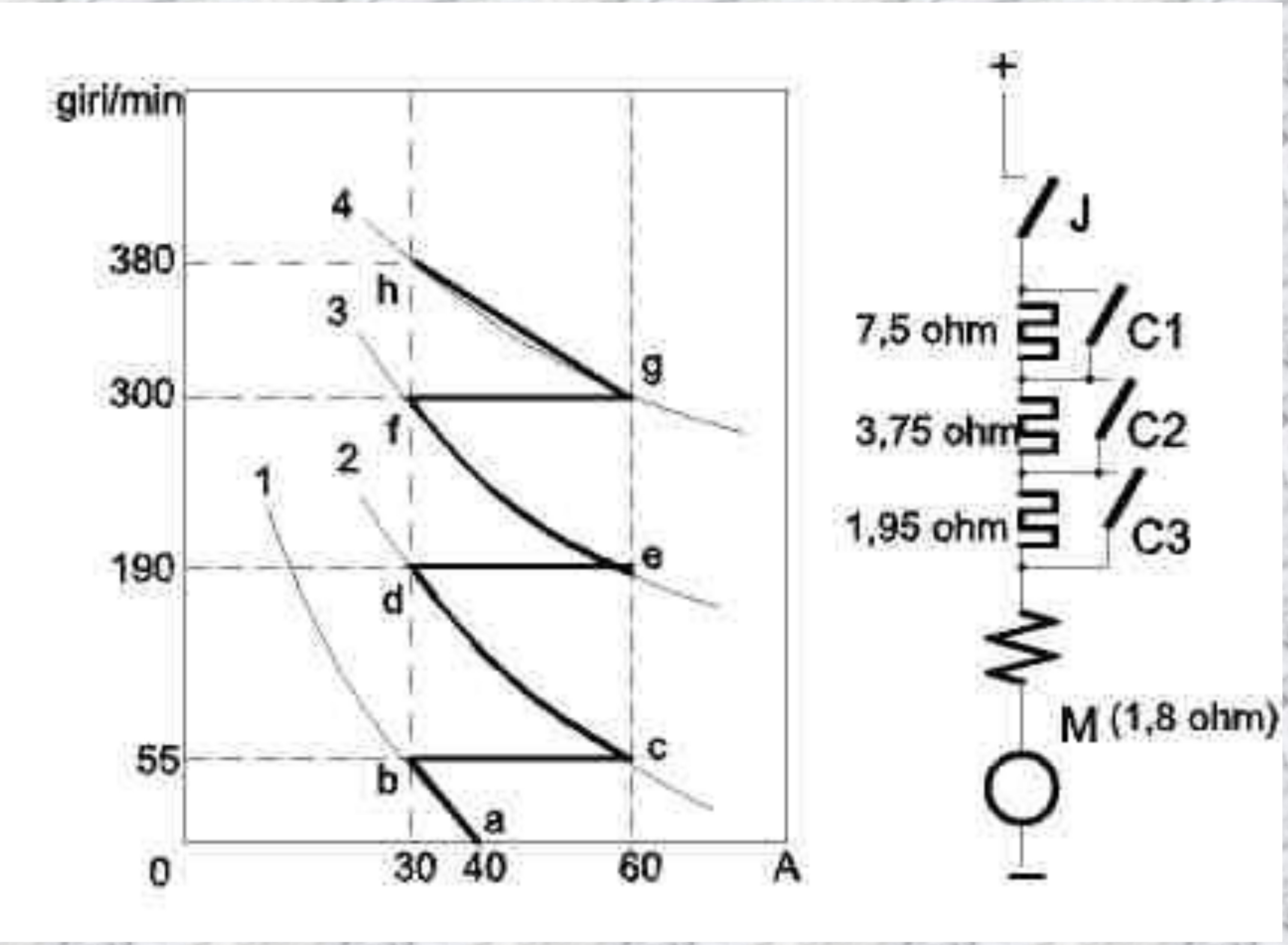
Un esempio di reostato di avviamento.

Il diagramma seguente riporta il funzionamento di un reostato di avviamento a quattro posizioni.

Le curve 1-4 sono state ricavate per un motore per il quale supporremo una resistenza interna r=1,8 Ω funzionante alla tensione E=600 V;

il motore, per le sue caratteristiche costruttive, ammette una corrente massima I_{max}=60 A ed una minima I_{min}=30 A;

durante l'avviamento la corrente dovrà quindi variare tra 30 e 60 A.


giri/min
380
300
190
55
0
30
40
60
A
1
2
3
4
a
b
c
d
e
f
g
h
+
J
7,5 ohm
C1
3,75 ohm
C2
1,95 ohm
C3
M (1,8 ohm)
−

Alla prima tacca del reostato, chiusura del circuito di trazione, la corrente raggiunge il valore di 40 A, punto *a*, alla velocità zero.

Essendo nulla in questo momento la f.c.e.m., la resistenza totale inserita dovrà essere pari a **600/40=15 Ω;**

togliendo 1,8 Ω di resistenza interna del motore restano **13,2 Ω** per la resistenza di avviamento (curva 1).

Il motore si avvia e raggiunge 55 giri/min con la corrente di 30 A, punto *b*. E' semplice ricavare ora la f.c.e.m. E generata dal motore in questa condizione: se la corrente assorbita è 30 A e la resistenza totale è 15 Ω, dovremo avere (600-E)/15=30, ossia

E=150 Volt

Spostando il controller sulla seconda tacca, la corrente deve essere portata al valore massimo previsto di 60 A, punto *c*,

mentre la f.c.e.m. è sempre di 150 V non essendo variata la velocità del motore;

la resistenza totale da avere in circuito è allora (600-150)/60=450/60=7,5 Ω, ossia

(7.5 – 1.8) = 5.7 ohm (reostato esterno)

Prima era 13.2 ohm ora deve essere ora 5.7 ohm significa che il primo pezzo di reostato da togliere vale

13.2 – 5.7 = 7.5 ohm

il motore accelera fino a 190 giri/min, condizione nella quale si passa alla terza tacca del controller. La CFEM vale :

$$E = 600 – 7.5*30 = 375 \text{ Volt}$$

Per avere una corrente di 60 A la resistenza totale nel circuito deve essere allora (600-375)/60=3.75 Ω, ossia

(3.75 – 1.8) = 1.95 ohm (reostato esterno)

Prima era 5.7 ohm ora deve essere 1.95 ohm la sezione da togliere vale

5.7 – 1.95 = 3.75 ohm

il motore accelera fino a 300 giri/min, condizione nella quale si passa alla terza tacca del controller. La CFEM vale :

$$\mathbf{E = 600 - 3.75*30 = 487.5\ Volt}$$

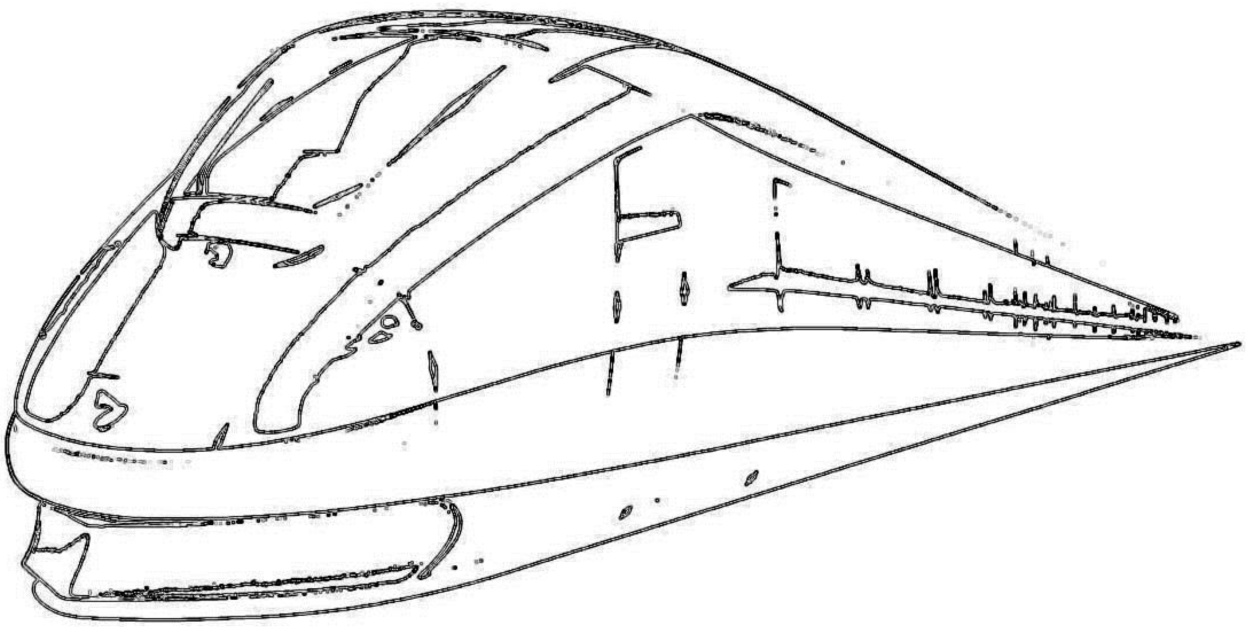
Per avere una corrente di 60 A la resistenza totale ne circuito è allora (600-487.5)/60=1.875 Ω, ossia

$$\mathbf{(\ 1.875 - 1.8) = 0.75\ \ ohm\ (\ reostato\ esterno)}$$

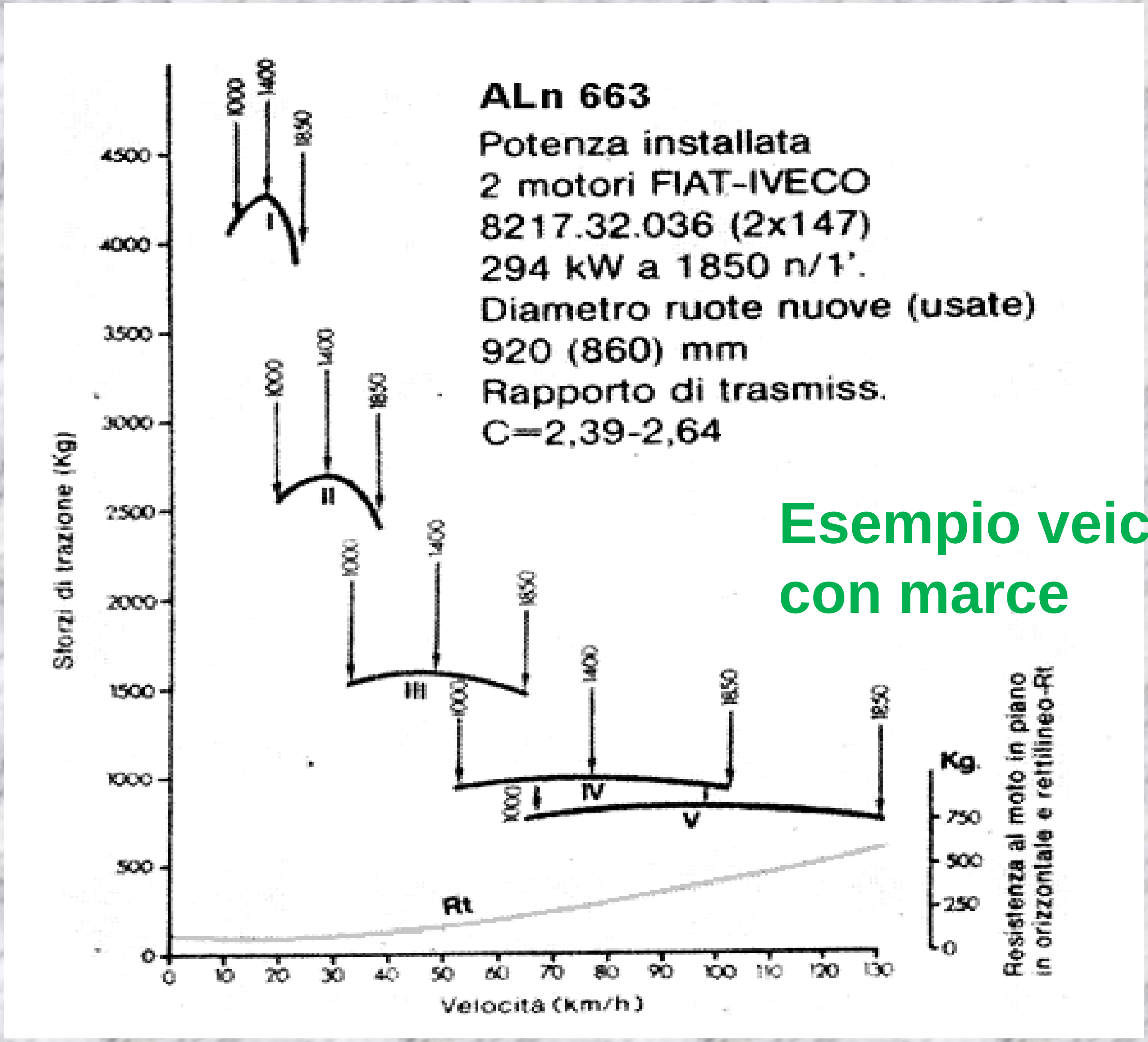
La sezione da togliere dal reostato vale :

$$\mathbf{1.95 - 0.75\ = 1.20\ ohm}$$

Passo	R_totale	R_mot	R_reo	Reo_sezione
0	15.0	1.8	13.2	/
1	7.5	1.8	5.7	7.5
2	3.75	1.8	1.95	3.75
3	1.875	1.8	0.75	1.20
			0.75	0.75



Calcolo rapporti di riduzione



Esempio veicolo con marce

Numero di giri del motore in corrispondenza del quale ho la potenza massima

$$v_{\max} = (2\pi \frac{n_2}{60}) r \frac{1}{m_c^{IV} m_P}$$

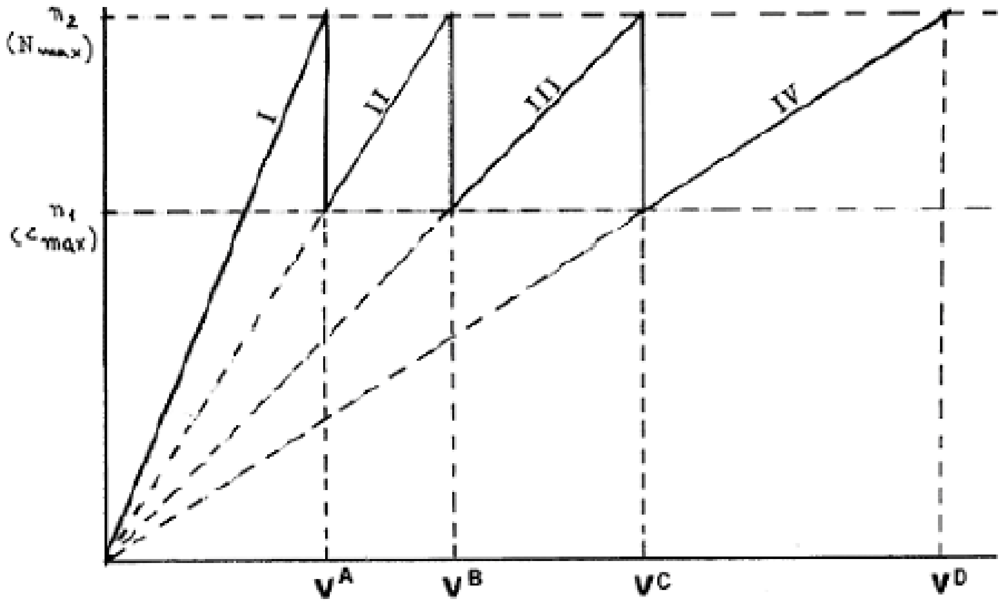
Fisso m_c^{IV}, per esempio molto spesso, $m_c^{IV} = 1$, e ricavo m_P

Come determino gli altri m_c^i ?

Vediamo il metodo classico della *progressione geometrica.*

Ricordiamoci la formula che mi dà la velocità di avanzamento del veicolo ad un certo numero di giri del motore ed una certa marcia.

$$v^i(n) = \underbrace{(2\pi \frac{n}{60})}_{\text{velocità } \omega \text{ in uscita dall'albero motore}} r \frac{1}{m_c^i m_P}$$



n_2 numero di giri a cui ho la potenza max

n_1 numero di giri a cui ho la coppia max

"Tengo" il motore fra il numero di giri n_1 e n_2

$$v^A = \frac{\pi\ Dn_2}{60\ m_P m_c^I} \qquad v^B = \frac{\pi\ Dn_2}{60\ m_P m_c^{II}} \qquad v^C = \frac{\pi\ Dn_2}{60\ m_P m_c^{III}} \qquad v^D = \frac{\pi\ Dn_2}{60 m_P m_c^{IV}}$$

$$v^A = \frac{\pi\ Dn_1}{60\ m_P m_c^{II}} \qquad v^B = \frac{\pi\ Dn_1}{60\ m_P m_c^{III}} \qquad v^C = \frac{\pi\ Dn_1}{60\ m_P m_c^{IV}}$$

Eseguendo i rapporti ottengo: $\frac{m_c^I}{m_c^{II}} = \frac{m_c^{II}}{m_c^{III}} = \frac{m_c^{III}}{m_c^{IV}} = \frac{n_2}{n_1}$

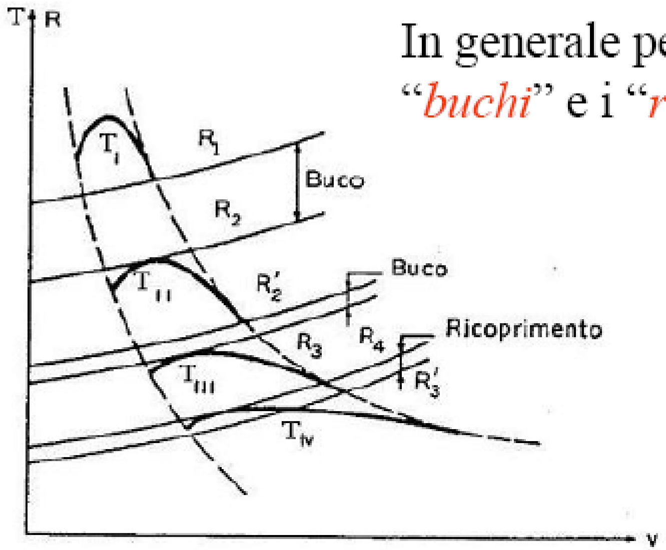
$$Pongo: \frac{n_2}{n_1} = \alpha$$

Ho una *progressione geometrica di ragione* α

$$m_c^{III} = \alpha \, m_c^{IV}$$

$$m_c^{II} = \alpha \, m_c^{III} = \alpha^2 m_c^{IV}$$

$$m_c^{I} = \alpha \, m_c^{II} = \alpha^2 \, m_c^{III} = \alpha^3 m_c^{IV}$$



In generale però operando in questo modo ho i "*buchi*" e i "*ricoprimenti*".

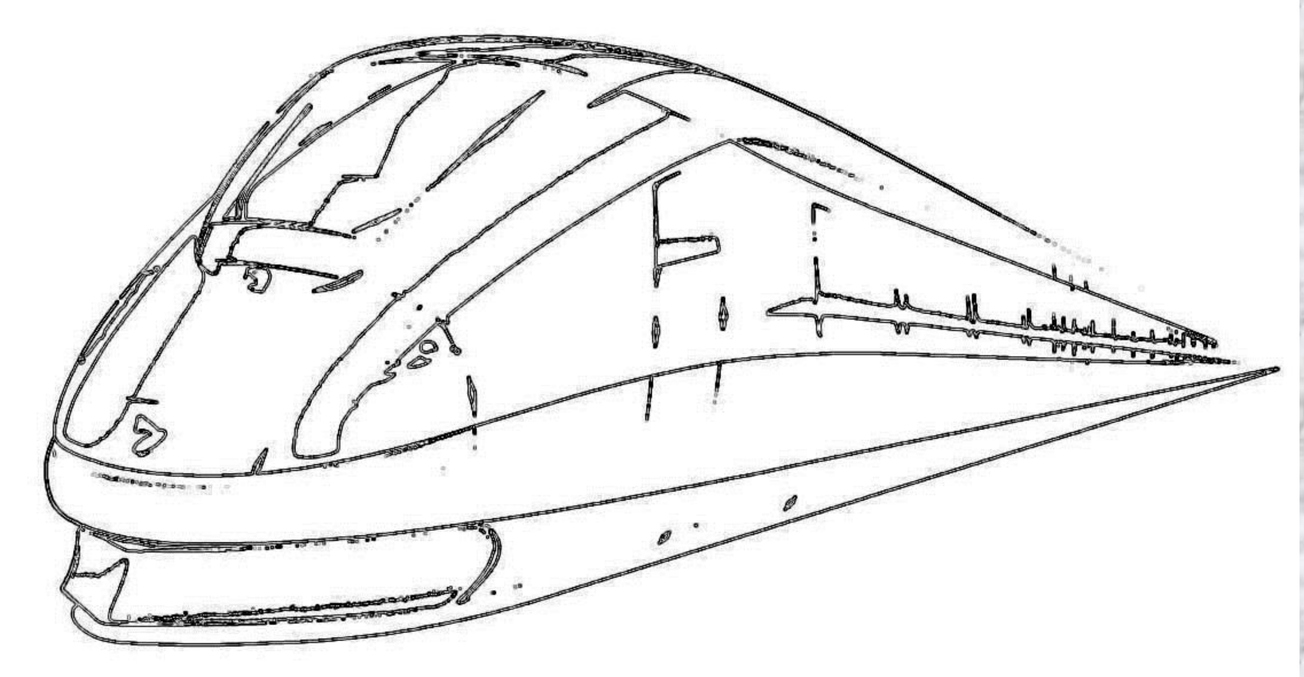
"Buco" vuol dire che ho delle curve *R(V,i)* che non intersecano la caratteristica meccanica (a piena ammissione): non posso sfruttare tutta la potenza del motore per una determinata fascia di pendenze.

Si ha un *"ricoprimento"* quando ho una fascia di pendenze per le quali la curva R(V,i) interseca la caratteristica meccanica (a piena ammissione) per più di una marcia.

Per limitare i “buchi” (che sono quelli che danno più problemi) posso fare una scelta degli m_c^i che posso definire di tipo “*parageometrico*”.

Parto dal metodo geometrico e lo modifico: per esempio per “coprire” il buco posso “abbassare” la curva che si riferisce alla marcia “più alta” (nel disegno), moltiplico per α' con $\alpha' < \alpha$.

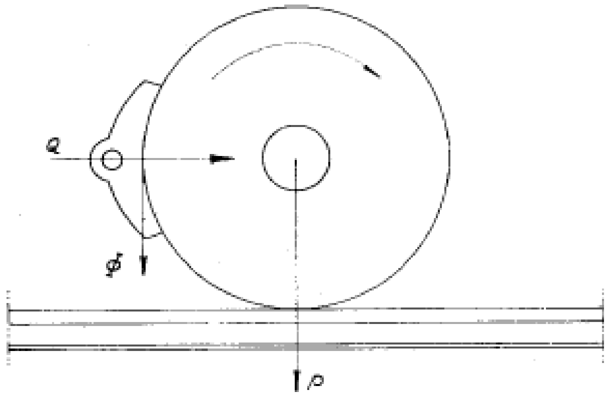
Vado però a “complicare” la trasmissione perché in generale per evitare i buchi devo aumentare il numero dei rapporti. Spesso si opera così: si lasciano i “buchi” alle marce basse (I e II) e si evitano a quelle alte (III,IV,V).



Considerazioni sul concetto di peso frenato dei veicoli ferroviari

Caso ferroviario

Consideriamo il “classico” freno a ceppo.



Fonte: Vicuna G. (1986) Organizzazione e Tecnica Ferroviaria. CIFI, Roma.

Quale è il problema di una tale tipo di freno?

$$f' Q \le f_a P \quad \Rightarrow \quad \frac{Q}{P} \le \frac{f_a}{f'}$$

f' Coefficiente di attrito fra ceppo e ruota.

Al variare di V varia f_a, ma anche f'.

Poiché: $\dfrac{f_{a,V=0}}{f'_{V=0}} \approx 0{,}7$

Posso ammettere un valore max per Q che è $0{,}7\,P$.

$$\frac{Q}{P} \leq 0{,}7 = \lambda_r$$

Percentuale di peso frenato reale.

Consideriamo un treno che è composto da numerosi assi:

peso sull'i-esimo asse

$$\frac{F_f}{P} = \frac{\sum_i f' Q_i}{P} = f' \sum_i \frac{Q_i}{P_i} \frac{P_i}{P} = f' \lambda_r$$

percentuale di peso frenato reale per tutto il treno: *valore max =0,7 per freni a ceppo vecchio tipo.*

i-esimo asse

peso totale del treno

E' stata introdotta una percentuale di peso frenato detta convenzionale, indicata con λ_c , che è uguale ad 1 quando $\lambda_r = 0,7$.

Quindi sarà:

$$\frac{F_f}{P} = f'\,0,7\lambda_c$$ ← Percentuale di peso convenzionale del treno

$$s_a = v_o t_0 + \frac{(1+\beta)}{g}\int_0^{v_0} \frac{v}{0,7\,\lambda_c f' + \left(\frac{r_r}{1000} + \frac{kSv^2}{P} \pm \frac{i‰}{1000}\right)} dv$$

$$s_a = \frac{V_0^2}{\frac{1{,}09375\lambda_c}{\varphi(V_0)} + \frac{0{,}127}{\varphi(V_0)} \pm 0{,}235i} ‰$$

Formula di Pedelucq (1920)

- V_0 è in km/h

- il coefficiente $\varphi(V_0)$ assume i seguenti valori :

$V_0(km/h)$	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
φ	0,0611	0,0676	0,0681	0,0686	0,0691	0,0696	0,0714	0,0731	0,0742	0,0755	0,0763	0,0771	0,0779	0.0787

Dico che la formula è O.K

$$s_a = \frac{V_0^2}{\frac{1,09375\lambda_c}{\varphi(V_0)} + \frac{0,127}{\varphi(V_0)} \pm 0,235i} \text{‰}$$

Faccio delle prove di frenata normalizzata, per singolo veicolo ferroviario (vagoni, locomotive, treni di stessi vagoni).

Misuro s_a con una certa V_0 (per esempio 120Km/h) fissata dalla normativa UIC ("Union Internationale de Chemins de Fer", questo organismo non suggerisce direttamente la formula di Pedelucq, ma suggerisce di utilizzare dei grafici basati su di essa).

Ricavo dall'equazione precedente l'unica incognita: λ_c

$$\lambda_c = \frac{P_f}{P}$$

Conoscendo P posso ricavare P_f per il dato veicolo ferroviario.

Operando in questo modo P_f diventa una quantità convenzionale, data una volta dato il singolo veicolo ferroviario, che esprime la capacità frenate di esso. Ossia si tratta di quel valore di peso frenato che diviso per il peso del veicolo ed introdotto nella formula di Pedelucq mi dà, alla velocità normalizzata, lo spazio di frenatura che è stato riscontrato sperimentalmente.

Poiché è una quantità convenzionale il P_f può essere superiore al peso del veicolo ossia: $\lambda_c > 1$, per esempio: $\lambda_c = 1{,}3 = 130\%$.

Esempio: *E402B+15 carrozze.*

E402B $\longrightarrow$ $P_f = 78\, t_f \quad P = 87\, t_f \quad (\lambda_c \approx 0{,}9, \text{ossia } 90\%)$

carrozza $\longrightarrow$ $P_f = 70\, t_f \quad P = 50\, t_f \quad (\lambda_c \approx 1{,}4, \text{ossia } 140\%)$

$$\lambda_c = \frac{78 + 15 \times 70}{87 + 15 \times 50} = 135\%$$

Percentuale di peso frenato per il treno completo

$$s_a(160\ km/h) = \frac{(160)^2}{\dfrac{1{,}09375 \cdot 1{,}35}{0{,}0755} + \dfrac{0{,}127}{0{,}0755}} = 1205m$$

$$s_a(190\,km/h) = \frac{(190)^2}{\dfrac{1{,}09375 \cdot 1{,}35}{0{,}0779} + \dfrac{0{,}127}{0{,}0779}} = 1754m \qquad \varphi(190) = 0{,}0779$$