4.1 CONDIZIONI di MOTO

- Un ciclo standard di trasporto
  - si compone essenzialmente di due fasi
    - ✓ sosta
      - + caratterizzata
        - + velocità nulla
        - + assenza di forze attive e resistenze
    - ✓ movimento
      - + caratterizzato
        - + velocità ≠0
        - + resistenze sempre presenti
        - + forze attive presenti o assenti nelle diverse fasi
      - + si verifica
        - + fra due distinti momenti di sosta ($V=0$)
        - + pertanto esistono almeno due periodi a velocità variabile
          - ++ uno di accelerazione
          - ++ uno di decelerazione
            - +++ possono essere intervallati da uno o più per da uno o più periodi a velocità costante (di regime)
        - + le fasi a velocità variabile possono avvenire
          - in forza dell'equazione generale del moto
          - $T(V) = R_{TOT} + \beta(1+m)\frac{dv}{dt}$
          - ++ solo in condizione di risultante non nulla delle forze applicate (attive + resistenti)
          - ++ se la risultante è nulla si ha $\frac{dv}{dt} = 0$ e $T=R$

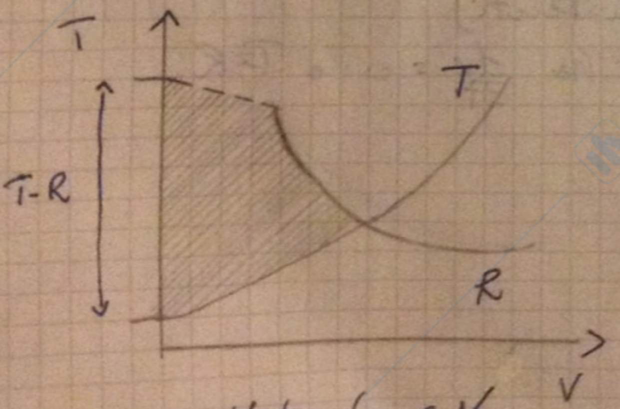
8.2 SOLUZIONI DELL'EQUAZIONE GENERALE DEL MOTO

- L'equazione del moto $T(v) = R_{TOT} + m(1+\beta)\frac{dv}{dt}$ può essere riscritta
  - ✓ nota la $T(v)$ e la $R(v)$
    - + $\frac{T(v) - R(v)}{m(1+\beta)} = \frac{dv}{dt}$

- Per ottenere l'andamento del moto nel tempo (diagramma del tempo)
  - accorre separare le variabili
    - ✓ $\frac{T(v) - R(v)}{m(1+\beta)} = \frac{dv}{dt} \rightarrow d(t)\,\frac{T(v)-R(v)}{m(1+\beta)} = dv \quad dt = \frac{dv}{\frac{T(v)-R(v)}{m(1+\beta)}}$

$$\boxed{dt = dv\,\frac{m(1+\beta)}{T(v) - R(v)}}$$

- integrare
  - ✓ è analiticamente difficile
    - + per la presenza di funzioni di v al denominatore
  - ✓ si integra quindi di norma per differenze finite oppure,
  - ✓ per calcoli approssimati, graficamente
    - + sovrapponendo alla caratteristica meccanica T la curva delle resistenze al moto è facile ricavare, per differenza delle ordinate, l'andamento degli sforzi acceleratori T−R



- + Metodo ΔV
- + Metodo ΔS
- + Metodo ΔT

- Metodo ΔV
  - più semplice e quindi più usato
  - Si assume come variabile indipendente la variabile velocità
  - Si presuppone la conoscenza delle funzioni
    - $T(V)$
    - $R(V)$
  - sotto forma di grafico continuo
  - di tabella discontinua
    - dalla quale è comunque semplice possibile ricavare dei valori intermedi
    - tramite metodi di interpolazione lineare
  - Partendo
    - dal grafico della caratteristica di trazione
    - e tenendo conto che in un tratto in cui non intervengono variazioni planoaltimetriche la caratteristica resistente è abbastanza piatta
  - Occorre scegliere l'intervallo ΔV
    - in modo che la differenza $T(V) - R(V)$ non vari troppo
    - e quindi per esempio che non ci siano discontinuità (cuspidi) nel grafico $T(V)$
    - riducendo l'ampiezza dell'intervallo stesso quando la variabilità di questa differenza sia elevata
    - per esempio sul tratto riguardante la caratteristica di trazione naturale del motore.
  - Può essere ricavato il valore medio dell'accelerazione nell'intervallo
    - note le condizioni iniziali
    - v_i = velocità iniziale dell'intervallo;
    - v_f = velocità finale dell'intervallo $= v_i + \Delta V$
    - v_m = velocità media dell'intervallo $= v_i + \Delta V/2$

(tempo)

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = a_m = \frac{T(V_m) - R(V_m)}{m(1+\beta)}$$

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari
www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

✓ Da cui si ricava Δt = intervallo temporale necessario x" la V vari di Δv con ΔV espresso in Km/h

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{3{,}6\, a_m} \quad [s]$$

✓ Invece Δs = intervallo di spazio necessario x" v vari di Δv

$$\Delta s = \frac{V_m \Delta t}{3{,}6} \quad [m]$$

✓ Per ciascun intervallo, sia esso di velocità, tempo o spazio i valori finali trovati sommando l'ampiezza dell'intervallo imposto o calcolato
diventano valori iniziali per l'intervallo successivo.

✓ Per trovare la velocità finale
+ la somma di tutti gli intervalli di tempo così calcolati a partire da un istante iniziale
+ la somma di tutti gli intervalli spaziali a partire da una posizione iniziale
  + consentono di trovare l'istante finale di tempo $t_f = t_i + \Sigma\Delta t$
  + e la posizione finale nello spazio
    ++ in corrispondenza della quale viene raggiunta $s_f = s_i + \Sigma\Delta s$ la velocità finale
    data dalla somma di tutti gli intervalli di velocità considerati

* Il controllo della posizione effettiva del veicolo
* rispetto a variazioni plano-altimetriche delle resistenze
+ cambio di livelletta
+ insorgenza di una curva
+ insorgenza di una galleria
++ è fatto man mano che si avanza con il calcolo dello spazio finale S_f.

++ Se ci si accorge di aver superato il limite di cambiamento occorre riprendere l'ultimo passaggio effettuato riducendo per tentativi il valore fissato per il ΔV fino ad avere una buona coincidenza della posizione finale del veicolo con la posizione del limite di cambiamento.

- Per i cambiamenti di caratteristica imposti dall'esercizio
- \+ analogo discorso
  - \+ esempi
    - ++ rallentamenti
    - ++ necessità di passare dalla fase di trazione
      a quella di frenatura
      c'è da prevedersi una sosta. –

- Metodo Δs

- Per ovviare agli inconvenienti riscontrati con il metodo ΔV
  - rispetto a variazioni planoaltimetri delle resistenze
    - quando si ha a che fare con linee molto articolate (dal punto di vista planoaltimetrico)
    - per il controllo della posizione effettiva del veicolo
      - può tornare utile il metodo di fissare un intervallo di spazio Δs in cui sicuramente non ci sono variazioni planoaltimetriche o altre discontinuità
  - Si ha allora immediatamente

$$\boxed{S_f = S_i + \sum \Delta s}$$

  - Per le altre grandezze che sono funzione della velocità non si ha altro modo di calcolarle che facendo riferimento ai valori iniziali della velocità

$$\boxed{a_i = \frac{T(V_i) - R(V_i)}{m(1+\beta)}}$$

  - ottenendo così un valore di prima approssimazione per il Δt

$$\boxed{\Delta(t)(1) = \frac{3{,}6\ \Delta s}{V_i}}$$

  - Da cui calcolare un primo valore per il ΔV

$$\boxed{\Delta V(1) = \frac{\Delta t(1)}{a_i}}$$

  - A questo punto si può calcolare un valore medio per la velocità

$$\boxed{V_m(2) = V_i + \frac{\Delta V(1)}{2}}$$

    - e quindi nuovi valori per:

++ $a_m(2) \simeq \frac{T[V_m(2)] - R[V_m(2)]}{m(1+\beta)}$

++ $\Delta t(2) = \frac{3{,}6\ \Delta s}{V_m(2)}$

++ $\Delta V(2) = \frac{\Delta t(2)}{a_m(2)}$

- e riprendere calcolando un valore $V_m(3)$
  - $V_m(3)$ e così via
    - instaurando un procedimento iterativo che ha termine quando le differenze fra due fasi consecutive non sono significative ai fini dell'approssimazione che ci si prefigge di ottenere.
- Nell'avviamento a partire dalla velocità nulla $V = 0$
  - per cui l'espressione per il calcolo del Δt non può essere utile
    - In tal caso bisogna ricorrere
      - al metodo ΔV
      - od quello Δt per poter iniziare.

- Metodo Δt
- Anche con questo metodo si instaura un procedimento iterativo
  - Infatti fissando un intervallo Δt si può fare riferimento ai valori iniziali per le grandezze cinematiche e procedere in analogia al metodo precedente
    - $t_f = t_i + \Delta t$
    - $s_i = \frac{V_i \Delta t}{3,6}$
    - $\Delta V(1) = 3,6 a_i \Delta t$
    - $V_m(1) = V_i + \frac{\Delta V(1)}{2}$
  - e quindi calcolare nuovamente il Δs e il Δt
    - $\Delta S_2 = \frac{V_m(1) \Delta t}{3,6}$
    - $\Delta V(2) = 3,6 a V_m(1) \Delta t$
    - $V_m(2) = V_i + \frac{\Delta V(2)}{2}$
    - interrompendo al solito il procedimento iterativo quando le differenze non risultano più significative.
  - errore
    - si commette
    - sostituendo un'accelerazione variabile con un valore medio
    - per ridurlo
    - limitare l'ampiezza degli intervalli finiti
    - modularne l'ampiezza in funzione della variabilità di T, ...
  - per il comfort dei passeggeri ~~è necessario~~
    - ~~contenere~~ è necessario
    - contenere la variazione dell'accelerazione di avanzamento da/dt (contraccolpo o coefficiente d'urto)

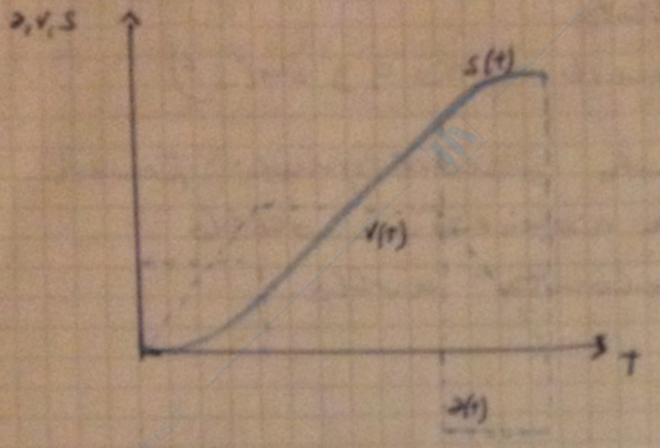
++ infatti essendo l'accelerazione proporzionale allo sforzo di trazione,
l'applicazione di T a velocità zero nel valore massimo consentito dall'aderenza dà un contraccolpo elevatissimo che non può essere accettato
(di norma si suole contenerlo entro 0,3 m/s^3)

Nel valutare le fasi del moto occorre quindi tener conto di una sensibile riduzione dello sforzo di trazione a velocità nulla.

4.3 RAPPRESENTAZIONE DEL MOTO DEL VEICOLO ISOLATO

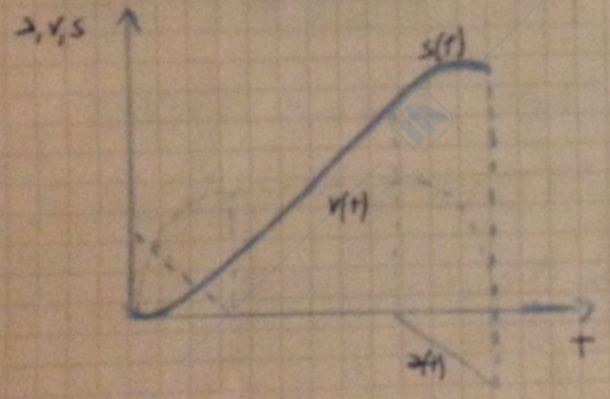
- Andamenti teorici dei diagrammi del moto

• accelerazione costante



attendibile in fase di avviamento e nelle prime fasi di accelerazione, quando T(v) e R(v) possono essere considerate poco variabili,

• accelerazione linearmente decrescente



ottenibile nelle successive fasi di accelerazione, quando il valore della differenza T(v) - R(v) tende a ridursi significativamente

Metodo ΔV

Per l'esame delle fasi del moto col metodo
delle differenze finite,
è opportuno ordinare i dati in tabelle,
Nell'esempio riportato, l'approccio parte dall'aver
stabilito gli intervalli di velocità.

ripreso
Vedi tab p 54

+ La marcia a velocità variabile
+ quale si verifica in avviamento ed in frenatura
+ dà luogo ad un perditempo rispetto al tempo
che sarebbe necessario.
per percorrere la medesima tratta alla velocità di
regime Vr,
rispetto ciò ad una situazione ipotetica in cui
accelerazione e decelerazione fossero infinite
e contemporaneamente, quindi,
il passaggio istantaneo dalla velocità zero
a quella di regime e viceversa.
++ L'astrazione è utile nella compilazione degli orari
perché permette di aggiungere o no il perditempo
a seconda che sia o meno prevista la singola
fermata.

++ Essendo quindi il tempo impiegato a regime

$t_r = \frac{S}{V_r}$

il tempo effettivo impiegato a percorrere la medesima tratta, partendo e arrivando a velocità zero sarà per definizione

$t_e = t_r + \Delta t_a + \Delta t_f$

+++ Δt_a e Δt_f = perditempo di avviamento e frenatura (sono uguali alla differenza tra il tempo effettivamente impiegato nelle fasi di avviamento e frenatura e quello che sarebbe stato necessario per percorrere le medesime tratte a velocità di regime V_r)