

## Sul rendimento dei rotismi dei differenziali per autoveicoli

Massimo Cavacece, Roberto Stefanelli<sup>1</sup>, Pier Paolo Valentini e Leonardo Vita  
*Università di Roma Tor Vergata, Dip.to Ing. Meccanica, via del Politecnico, 1 – 00133 Roma*

### SOMMARIO

In questo lavoro è presentato un'analisi parametrica del rendimento meccanico per diverse tipologie di differenziale per autoveicoli.

Com'è noto, il differenziale è il dispositivo usato per trasferire la coppia motrice, resa disponibile dal cambio di velocità di un autoveicolo, alle ruote motrici permettendo, nel contempo, la libera rotazione delle stesse mentre il veicolo percorre una traiettoria curvilinea. Il differenziale può essere utilizzato per ripartire (anche in modo asimmetrico<sup>2</sup>) la coppia motrice tra i due assali di un veicolo a trazione integrale.

Esistono diverse tipologie di differenziale: *open*, completamente bloccabile e *self-locking*. Per quest'ultima tipologia si possono avere differenziali *Power-sensitive* (ZF e Torsen®) o *speed Sensitive* (Ferguson), a seconda del parametro che innesca il bloccaggio.

Con un differenziale di tipo open (montato su assale) le ruote forniscono la stessa coppia motrice: la capacità di trazione è quindi condizionata dalla ruota con minore aderenza. Al limite se una ruota perde totalmente aderenza (quindi coppia trasmessa nulla per entrambe le ruote) il veicolo non ha trazione: una ruota è ferma e l'altra possiede una velocità angolare doppia rispetto al carter del differenziale. In tali casi il differenziale completamente bloccabile può trasferire tutta la coppia in uscita dal cambio all' unica ruota con aderenza.

Il differenziale *self-locking*, invece, permette alle ruote dello stesso assale di avere velocità diverse, ma con coppie motrici differenti, per meglio sfruttare il pneumatico con maggiore aderenza.

Partendo dal differenziale open rappresentato in Figura 1.a, utilizzando la formula di Willis, si può scrivere

$$\omega_k = \frac{\omega_i + \omega_j}{2} \quad (1)$$

Si può dimostrare poi che le coppie motrici sulle due ruote, in funzione di quella proveniente dal cambio (rispettivamente  $C_{OUT\ i}$ ,  $C_{OUT\ j}$ ,  $C_{IN}$ ) sono date dalle seguenti equazioni

---

<sup>1</sup> Autore di riferimento: email stefanelli@ing.uniroma2.it

<sup>2</sup> Rapporto di trasmissione del rotismo reso *ordinario*  $\tau_0 \neq -1$ .

$$C_{OUT\ i} = \frac{C_{IN}}{2} + \text{sgn}(\omega_j - \omega_i)C_f \quad (2)$$

$$C_{OUT\ j} = \frac{C_{IN}}{2} - \text{sgn}(\omega_j - \omega_i)C_f \quad (3)$$

dove  $C_f$  rappresenta la coppia di attrito interna al differenziale ed anche la differenza tra le due coppie in uscita. Nel differenziale open tale coppia è esigua e per questo si può affermare che la coppia è simmetricamente ripartita tra le ruote. Un differenziale *self-locking* genera automaticamente una coppia  $C_f$  per trasferire maggiore coppia motrice alla ruota con maggiore aderenza. A causa di questa coppia, è dissipata potenza nel differenziale, con conseguente diminuzione del rendimento.

Lo studio del rendimento del differenziale di tipo open è condotto secondo quanto proposto da [Pennestrì *et al.*, 2001] e trascurando la potenza persa per attrito nelle coppie rotoidali. Per lo studio del rendimento del differenziale *self-locking* gli autori hanno utilizzato l'analisi dinamica presentata da [Greco, 2003] opportunamente modificata, e confrontata con i risultati ottenuti con un modello virtuale, per meglio rappresentare gli effetti dell'accelerazione laterale del veicolo sul rendimento del differenziale.

Il confronto tra i rendimenti delle due tipologie di differenziale è stato effettuato trascurando la potenza persa per attrito nelle coppie rotoidali nel differenziale *self-locking*, potendo così isolare l'effetto di  $C_f$  ai fini del rendimento.

Inoltre è stata eseguita un'analisi del rendimento del differenziale *self-locking* al variare dei parametri geometrici dello stesso e delle caratteristiche cinematiche del veicolo, ottenendo risultati interessanti, alcuni dei quali sono riportati in Figura 1.b.

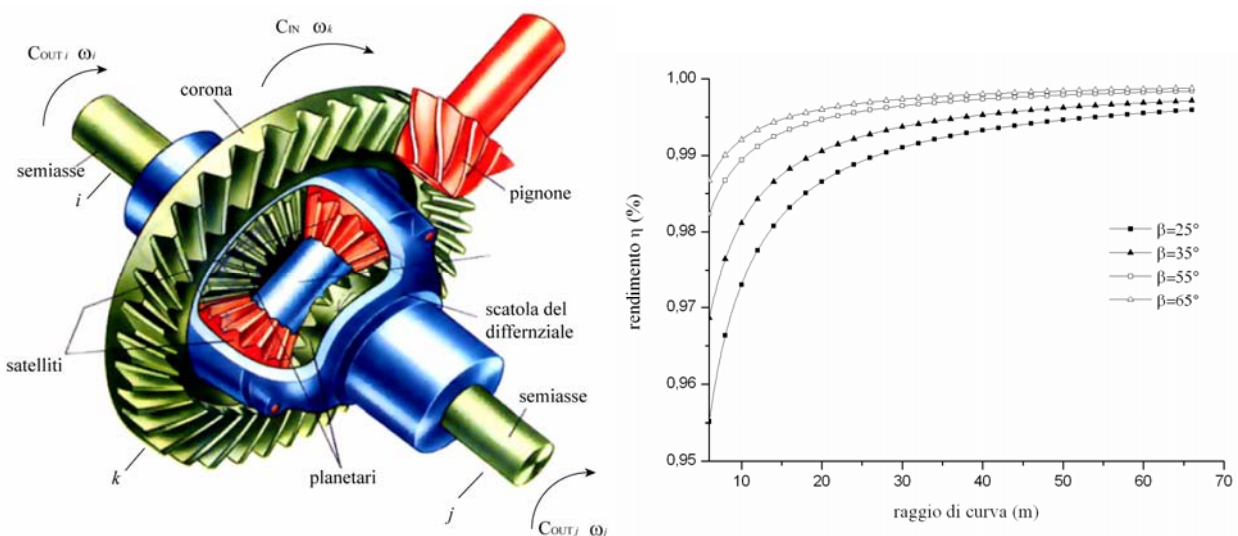


Figura 1: a) Nomenclatura; b) rendimento in funzione del raggio di curvatura e della geometria del differenziale.

## Riferimenti bibliografici

- Greco, G. (2003), *Analisi di alcune tipologie di differenziali autobloccanti e loro effetti sulla dinamica del veicolo*, tesi di laurea, Università di Pisa.
- Pennestrì, E., Valentini P.P. (2001), "A Review of Formulas for the Mechanical Efficiency Analysis of Two Degrees-of-Freedom Epicyclic Gear Trains", *Journal of Mechanical Design*, **Vol 125**, N.3, pagg. 602-608.