



Esempio di veicolo modificato Isuzu P75 3.0, modificato da Pretto Srl.

Modellazione e simulazione dell'impianto oleodinamico di un veicolo per la raccolta rifiuti

Luca Pugli¹, Marco Pagliai¹, Alessandro Nocentini¹, Giovanni Lutzemberger², Alessandro Pretto³

¹ D.I.E.F. MDM-LAB, Università degli Studi di Firenze

² D.E.S.Te.C., Università di Pisa

³ Gruppo Pretto Srl, Ponsacco (Pisa)

Con la crescita del problema del surriscaldamento globale e le sempre più severe legislazioni sulle emissioni, oggi sta diventando sempre più importante la gestione delle emissioni di anidride carbonica da parte dei veicoli. Questo problema è ovviamente presente anche nei camion per la raccolta dei rifiuti, i quali hanno la particolarità addizionale di inquinare durante le fermate di raccolta, perciò intervenire su questi veicoli diventa un aspetto di particolare interesse. L'articolo che segue illustra come sia stato possibile modellare, simulare e analizzare tramite il software Siemens LMS Amesim il funzionamento di un impianto convenzionale.

Oggetto della ricerca

Molti tipi di veicoli industriali sono di solito progettati e assemblati come versione personalizzata di camion commerciali equipaggiati con strumenti elettro-idraulici o sistemi di manipolazione dedicati a specifiche operazioni richieste dall'applicazione specifica.

Una tipica applicazione è quella relativa ai veicoli utilizzati per i servizi e la manutenzione dei centri urbani come ad esempio la raccolta dei rifiuti (fig. 1). Attualmente, la maggior parte di questi veicoli sono camion commerciali con un motore a combustione interna che è anche

utilizzato per fornire la potenza meccanica necessaria ad alimentare gli strumenti elettro-idraulici di bordo e i sistemi di attuazione.

Specialmente per i veicoli dedicati a realizzare servizi di manutenzione urbana, l'ammontare dell'energia richiesta dal sistema idraulico di bordo è spesso rilevante rispetto a quella richiesta per scopi di trazione principalmente per due motivi:

- Le distanze percorse e la velocità media del veicolo sono ridotte;
- La potenza richiesta dall'impianto elettro-idraulico è rilevante e il modo in cui questa potenza è generata e trasferita dal motore a combu-

stione interna comporta delle perdite.

Obiettivo del lavoro degli autori è stato l'investigazione di una soluzione in grado di migliorare l'efficienza e le performance del veicolo, garantendo inoltre che il sistema elettro-idraulico della soluzione proposta sia facilmente adattabile non solo per nuovi veicoli ma anche rinnovare le grandi flotte di veicoli attualmente possedute dalla pubblica amministrazione.

Per queste ragioni l'installazione del sistema proposto deve essere, il più possibile, semplice e anche adattabile ai differenti modelli di camion.

Tipici profili di missione (fig. 3) sono associati a percorsi urbani dove la distanza media tra due fermate consecutive dove i cassonetti devono essere raccolti è poche centinaia di metri e la velocità massima di solito non supera i 50 km/h in modo da rispettare i limiti di velocità urbani. A ogni fermata, il tempo tipicamente necessario per effettuare le operazioni richieste è usualmente compreso fra 40 secondi e pochi minuti. Nei veicoli convenzionali l'impianto elettro-idraulico è alimentato dal motore a combustione interna del camion così che non può essere spento durante una fermata comportando un incremento del consumo di carburante e delle emissioni. In particolare, in una missione di circa 10 ore, sono realizzate circa 100 fermate con una durata media di 80 secondi. Così l'introduzione di questo sistema potrebbe assicurare che il motore possa essere spento per al massimo 1h e 40 minuti che rappresenta il 20/22% della durata dell'intera missione. Inoltre si può considerare che il sistema di raccolta nei centri urbani è spesso effettuato durante la notte così che è altamente desiderabile una significativa riduzione dell'inquinamento acustico dovuta allo spegnimento del motore a combustione interna. Questi dati sono stati ottenuti monitorando con un GPS di bordo il comportamento di un camion durante le operazioni di raccolta nella città di Livorno. Considerando il sopracitato scenario, gli autori hanno proposto di alimentare l'impianto elettro-idraulico attraverso l'energia accumulata in una batteria, la quale è costantemente ricaricata sfruttando l'energia recuperata durante la frenata secondo lo schema in figura 2.

Viste le limitazioni sugli ingombri e sui costi è fondamentale minimizzare il costo e la grandezza del Sistema di accumulo dell'energia, delle macchine elettriche e convertitori adottati. Come conseguenza, un'attività di non secondaria importanza è stata una critica riprogettazione e simulazione dell'impianto idraulico in modo da massimizzare la sua efficienza rispetto alla soluzione corrente, con costi e interventi contenuti rispetto al progetto di un impianto convenzionale che sarà invece modificato e aggiornato.

Caso di test proposto

Il sistema proposto è stato installato sul telaio di camion Isuzu P75 3.0, le cui caratteristiche principali sono descritte in tabella 1; come è visibile in figura 4, il telaio del caso di test proposto ha un layout che è spesso adottato su molti veicoli commerciali, per questo layout gli ingombri e più in generale la posizione della soluzione proposta rendono abbastanza semplice l'implementazione di quest'ultima su un'ampia gamma di camion differenti.

Come è visibile nelle figure 5 e 6, per effettuare il sollevamento e la manipolazione dei cassonetti, il camion è equipaggiato con differenti sistemi articolati capaci di effettuare sei diversi movimenti attraverso il

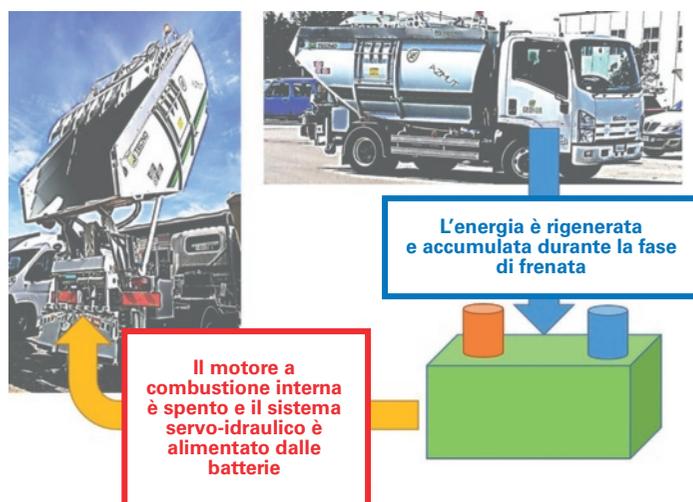
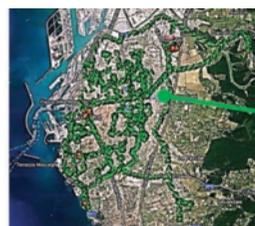


Fig. 2 – Principio di funzionamento della soluzione proposta.



98 fermate di raccolta rifiuti
Quasi 119 km in circa 10 ore e 30 minuti

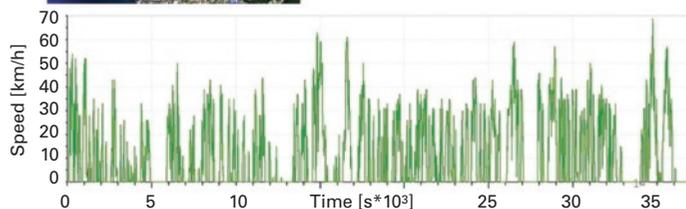


Fig. 3 – Tipico profilo di missione di un veicolo durante una giornata di raccolta rifiuti nella città di Livorno.

TAB. 1 – PARAMETRI PRINCIPALI DEL CAMION ISUZU P3 75 3.0

Simbolo	Quantità	Valore [Unità di misura]
m	Massa del Veicolo (pieno carico approssimato)	7500 [kg]
C	Cilindrata	2999 [cc]
M _{max}	Max Coppia del Motore	375 [Nm] (1600-2800 [rpm])
P _{max}	Max Potenza	110 [kW] (2800 [rpm])
τ_{g1}	Rapporto Prima Marcia	5.979
τ_{g2}	Rapporto Seconda Marcia	3.434
τ_{g3}	Rapporto Terza Marcia	1.832
τ_{g4}	Rapporto Quarta Marcia	1.297
τ_{g5}	Rapporto Quinta Marcia	1.000
τ_{g6}	Rapporto Sesta Marcia	0.759
τ_{gr}	Rapporto Retromarcia	5.068
T _d	Rapporto del Differenziale	5.571
V _{max}	Max Velocità (limitata elettronicamente)	90 [Km/h]

Fig. 4 – Ingombri approssimati della soluzione proposta su un camion Isuzu p75.

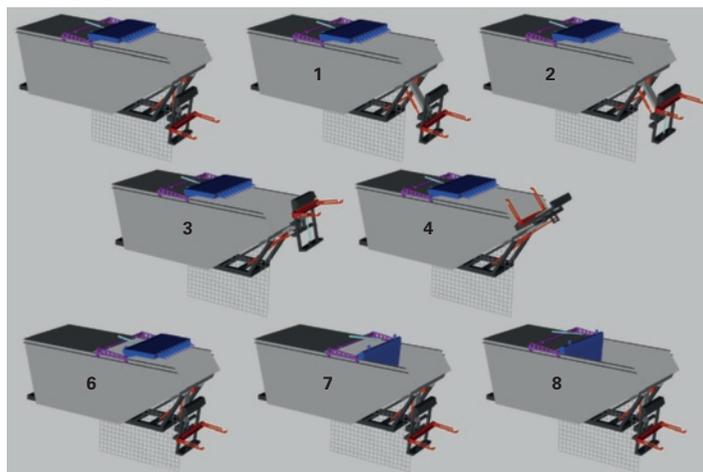
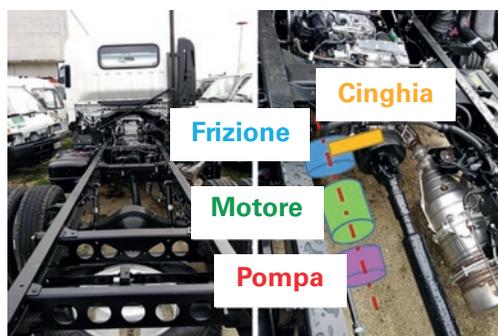


Fig. 5 – Elenco dei movimenti effettuati

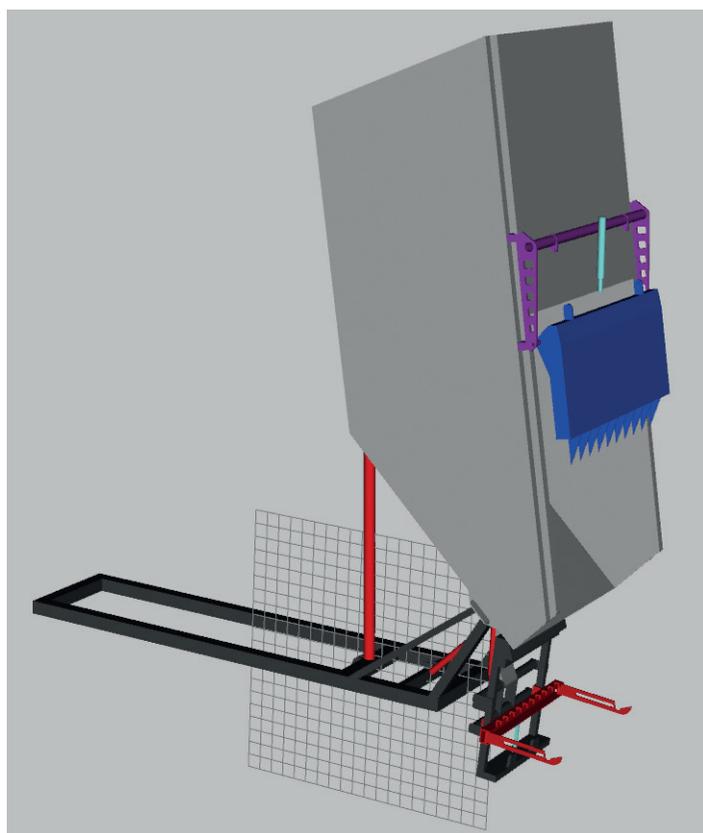


Fig. 6 – Sollevamento e svuotamento della vasca di raccolta

controllo di 10 attuatori idraulici:

- Movimento 1: azionamento del cilindro di sollevamento fino alla battuta con il cassonetto;
- Movimento 2: sollevamento preliminare da terra;
- Movimento 3: sollevamento del cassonetto;
- Movimento 4: ribaltamento del cassonetto;
- Movimento 5: ripetere i passi (1,2,3,4) in senso inverso;
- Movimento 6: avanzamento della slitta;
- Movimento 7: chiusura della pala;
- Movimento 8: ritorno della slitta;

Infine, quando la vasca è piena, è periodicamente svuotata attraverso il movimento descritto in figura 6. Negli impianti convenzionali, abitualmente installati su questo tipo di veicoli, la manipolazione dei cassonetti è decomposta in una sequenza di movimenti individuali, ognuno corrispondente a un singolo grado di libertà, effettuati attraverso l'utilizzo di uno più attuatori in parallelo: per controllare individualmente il movimento i -esimo solo l' i -esimo attuatore idraulico deve essere azionato mentre gli altri sono bloccati nel fondo-corsa o dall'incompressibilità dell'olio in pressione. In questo modo, la velocità di crociera v_i di ogni i -esimo attuatore lineare è controllata regolando la corrispondente portata in entrata Θ_i secondo la relazione (2).

$$v_i = \frac{Q_i}{A_i} \quad (2)$$

In (2) il simbolo A_i è adottato per identificare la corrispondente area equivalente dell' i -esimo attuatore. Nella maggior parte degli impianti convenzionali la portata Θ_i fornita a ogni attuatore è regolata secondo lo schema semplificato di figura 7: una pompa a cilindrata fissa è direttamente connessa al motore a combustione interna con una velocità di rotazione costante e che può essere facilmente regolata considerando l'inerzia equivalente del motore e la sua relativamente grande capacità di coppia rispetto al carico rappresentato dalla pompa. Come conseguenza la portata erogata Q è in generale costante ed è regolata da una valvola regolatrice di portata che effettua un ricircolo di parte della portata Θ_p al fine di erogare il valore desiderato Θ_i al carico secondo la (3).

$$Q = Q_i + Q_r \quad (3)$$

La ricircolazione dell'olio nel serbatoio introduce una perdita idraulica di potenza Ω_s che è proporzionale alla portata di ricircolo Θ_p secondo la (4):

$$W_d = \frac{Q_r P}{\eta_t} \quad (4)$$

In (4) il simbolo Π rappresenta la pressione di mandata della pompa (trascurando piccoli o nulli valori di pressurizzazione del serbatoio) e η_t rappresenta l'efficienza energetica totale della pompa. Considerando un cilindro doppia camera/effetto deve essere installato anche un dispositivo di controllo/sicurezza per controllare la velocità del carico specialmente durante le fasi di frenatura/decelerazione o di ritorno dato che in questo caso andrebbe invertito il senso del carico. Questa soluzione implica piccole perdite addizionali le quali sono tol-