



Recuperare energia con il distributore intelligente

Un innovativo distributore oleodinamico load sensing flow sharing (LSFS) in grado di ridurre significativamente le perdite di energia e di recuperarne sia da carichi trascinanti gravitazionali sia durante operazioni simultanee con carichi resistenti

GIANLUCA GANASSI, DAVIDE MESTURINI, CESARE DOLCIN,
ANTONELLA BONAVOLONTÀ, EMMA FROSINA, PIETRO MARANI

Tra gli obiettivi dello sviluppo sostenibile a livello mondiale, i pilastri di innovazione, città sostenibili e consumo responsabile guideranno la progettazione dei nuovi

veicoli off-highway nei prossimi anni. L'elettrificazione e l'ibridazione troveranno applicazioni sempre più ampie poiché già ora le normative limitano sempre più

le emissioni di gas di scarico e, in alcuni casi, non consentono nemmeno l'uso di mezzi non elettrificati, ad esempio nei cantieri di alcuni centri cittadini. Mentre

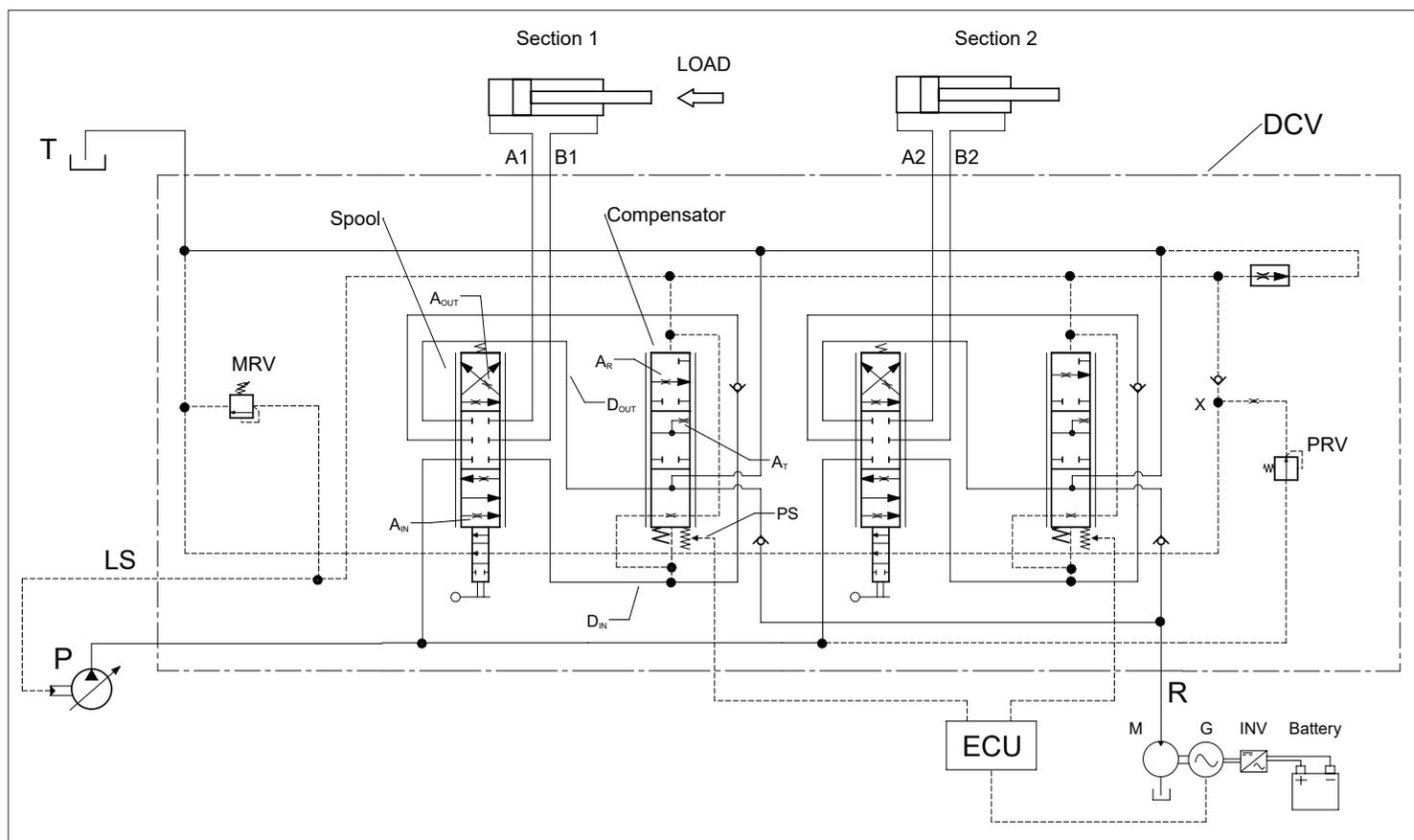


Figura 1. Schema idraulico con distributore e sistema di recupero.

alcuni costruttori immaginano l'utilizzo di dispositivi puramente elettromeccanici per l'azionamento di veicoli di piccole dimensioni, l'idraulica continuerà chiaramente a svolgere un ruolo centrale nella maggior parte delle applicazioni, grazie alla sua praticità e alla densità di potenza senza pari. D'altra parte, l'idraulica si evolverà progressivamente verso soluzioni più efficienti, per consentire la riduzione dei costi e una maggiore autonomia dei veicoli alimentati a batteria. L'articolo presenta un innovativo distributore oleodinamico load sensing flow sharing LSFS in grado di ridurre significativamente le perdite di energia e di recuperarne sia da carichi trascinanti gravitazionali sia durante operazioni simultanee con carichi resistenti. Il nuovo distributore è di tipo: load sensing, in cui la portata erogata non dipende dal carico, ma solo dalla corsa del cursore;

flow sharing, in grado di suddividere la portata in condizioni di saturazione della pompa. In ogni sezione di lavoro è presente un compensatore situato sulla linea di ritorno dagli attuatori, a valle del meter out.

••• Compensatore a tre vie

Il compensatore ha la funzione di rendere indipendente il flusso agli attuatori dal carico che essi subiscono (pressione). Normalmente la compensazione avviene attraverso strizioni di flusso che comportano dissipazione di energia (calore). Questo tipo di layout del compensatore viene già utilizzato in alcune valvole commerciali, principalmente per dare controllabilità e solo parzialmente per le sue intrinseche possibilità di recupero. Walvoil propone un compensatore a tre vie, il quale oltre alle linee di ritorno e di scarico possiede una linea di recupero R: il compensatore invia

l'olio in rientro dall'attuatore in modo preferenziale e, qualora questo non sia possibile, lo invia a scarico. Il compensatore a valle consente quindi il recupero di energia in R dalle sezioni a carico inferiore durante i movimenti simultanei. Inoltre, in presenza di carichi trascinanti crea la contropressione strettamente necessaria per prevenire la cavitazione, permettendo di ridurre le perdite di carico delle nicchie di meter out del cursore. Infine, il compensatore permette il recupero di energia dai carichi trascinanti, grazie all'introduzione di un pilotaggio esterno X che alimenta la linea LS e che fa intervenire il compensatore anche nei movimenti singoli, quando diversamente dovrebbe essere completamente aperto. La linea di recupero R ha quindi portata in pressione disponibile per il recupero dell'energia. L'architettura del distributore la mette disponibile, il suo utilizzo dipen-

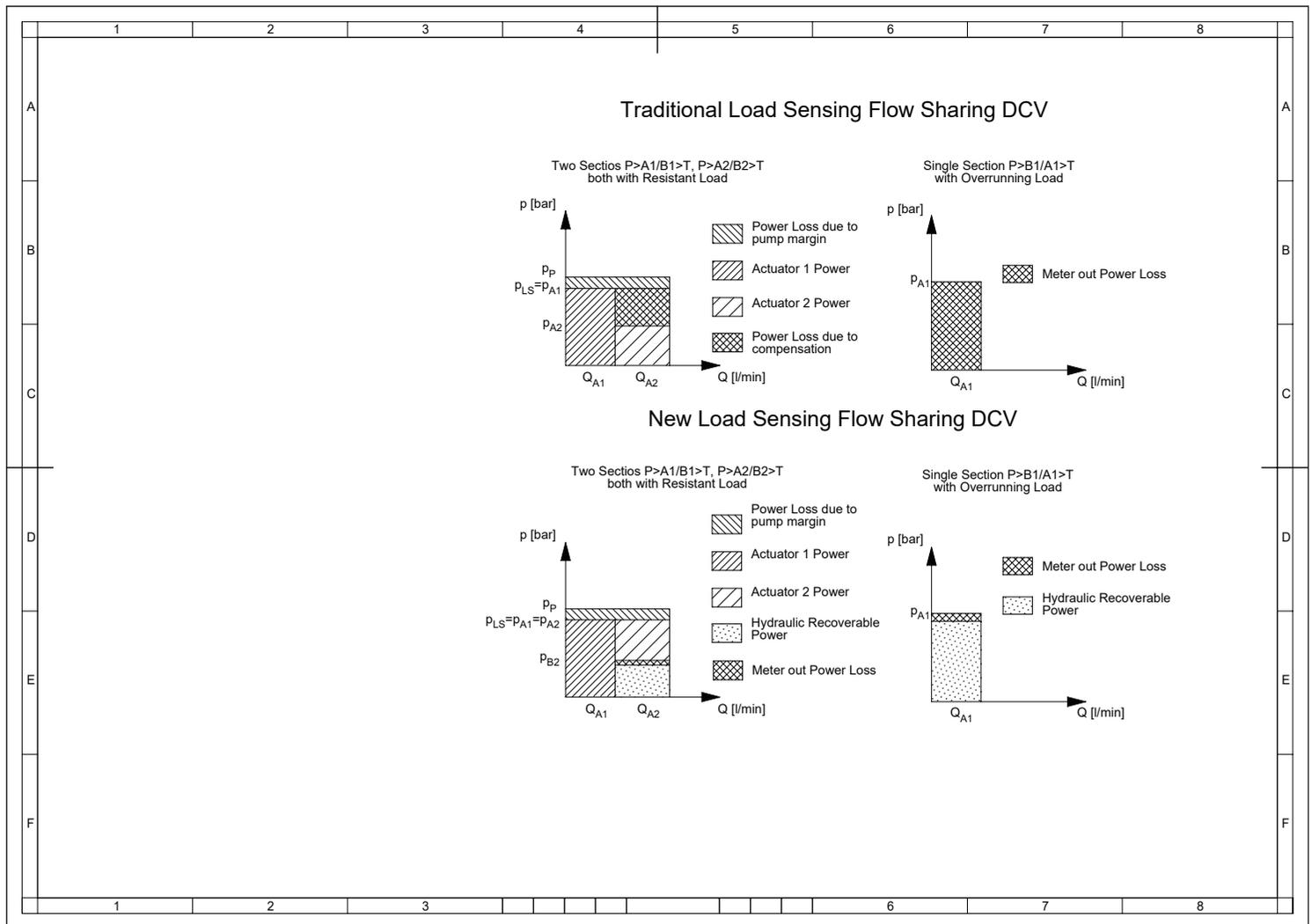


Figura 2. Confronto del diagramma di potenza tra un distributore tradizionale ed un Load Sensing Flow Sharing avanzato.

derà da come il costruttore della macchina vorrà applicarla. Per esempio, con l'energia recuperata tramite un distributore LSFS è possibile: caricare un set di batterie attraverso un motore idraulico collegato a un alternatore più inverter; renderla disponibile nell'impianto idraulico per essere riutilizzata dalle funzioni macchina; immagazzinarla in accumulatori idraulici.

•• L'architettura del sistema

Facendo riferimento alla figura 1, ogni sezione è costituita da un cursore a sei vie e da un compensatore a tre vie. L'esempio del sistema di recupero comprende un motore idraulico M, accoppiato ad un

generatore AC G, che carica una batteria B grazie ad un inverter INV. Questo layout del sistema di recupero, già discusso nei lavori precedenti, è ora dotato di una logica di controllo che ne massimizza l'efficienza. Ogni compensatore locale invia la sua posizione tramite un sensore di posizione PS ad una centralina elettronica di controllo ECU, che gestisce la coppia del generatore G in modo che i compensatori locali attivi siano mantenuti nella posizione di massima efficienza di recupero, ovvero quella in cui l'olio in rientro va tutto verso la linea di recupero R. Vediamo, qui di seguito, il nuovo distributore e il principio di funzionamento. Le diverse modalità di funzionamento sono:

1. Azionamento di un unico cursore con carico resistente: in questo caso, il compensatore locale è completamente aperto e genera il segnale LS; la portata è determinata dall'area delle nicchie di meter-in e dalla caduta di pressione pari al margine della pompa.
2. Azionamento simultaneo di due cursori, uno a carico resistente superiore (sezione dominante) e l'altro a carico resistente inferiore (sezione dipendente): il compensatore della sezione dominante si comporta come nel punto; il compensatore della sezione dipendente copia la pressione della sezione dominante a valle del meter-in; inoltre, se la pressione della linea di rientro è maggiore di quella in R invia olio in R, diversamente in T.

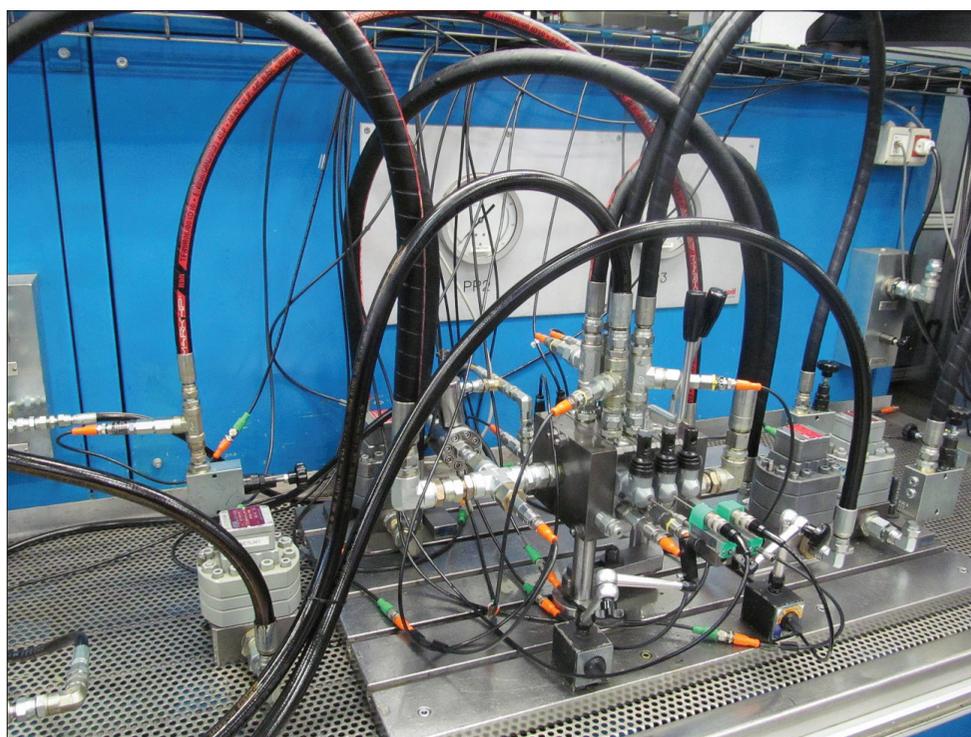


Figura 3. Prototipo di due sezioni del nuovo distributore avanzato sul banco di collaudo.

3. Azionamento di un unico cursore con carico trascinante: il compensatore viene fatto lavorare come nella sezione dipendente del punto 2, imponendo che il segnale LS sia pari almeno al pilotaggio X di basso valore (15 bar ad esempio).

••• Confronto del diagramma di potenza

La figura 2 mostra la parte di potenza che il nuovo distributore può recuperare teoricamente durante la compensazione e durante l'abbassamento di un carico, rispetto a un tradizionale distributore

load sensing flow sharing. Dal punto di vista idraulico, la potenza recuperabile corrisponde a quella che il sistema tradizionale dissipa a causa della compensazione, o a causa della contropressione del meter-out nel caso di carichi trascinanti; il risparmio è dovuto alle minori perdite di carico del meter-out. Come nel caso di un distributore Lsfs tradizionale, anche il nuovo distributore permette di applicare altri metodi non presentati nell'ambito di questo lavoro per ridurre le perdite di potenza dovute al margine della pompa, come lo stand by variabile (ALS) o il controllo positivo della pompa.

Ecco allora le attività sperimentali e modello di simulazione. Un prototipo del nuovo distributore avanzato è stato prodotto e testato su un banco di prova in condizioni stazionarie, opportunamente allestito con strumenti di misura come illustrato nella figura 3. Poiché l'analisi delle prestazioni del distributore Lsfs è possibile controllando la pressione in linea R, il sistema di recupero (motore M, generatore G, inverter INV e batteria) è stato sostituito con una valvola limitatrice di pressione per semplificare l'attività. In primo luogo, i test hanno confermato le proprietà di flow sharing del distributore, inoltre hanno verificato le sue capacità di recupero dell'energia. In parallelo, è stato creato e messo a punto il modello software in Amesim. La figura 4 presenta sia i risultati sperimentali che di simulazione in funzione del tempo delle prove. Il flusso di ritorno QA1 è costante, confermando che ciò che accade nella linea di recupero R non influisce sul controllo dell'attuatore. La figura 5 mostra l'efficienza del recupero del compensatore η_R (intesa come rapporto tra la potenza recuperata e la potenza in rientro), la potenza recuperata e la corsa del compensatore, facendo riferimento alla stessa prova descritta nella figura precedente. La potenza recuperata e l'efficienza sono massime prima che il compensatore apra la linea T al tempo

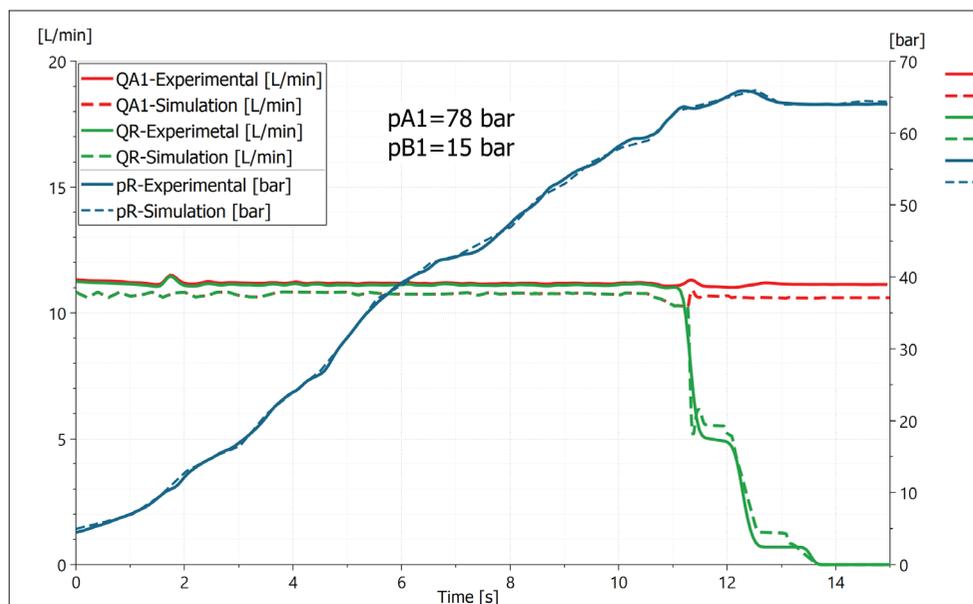


Figura 4. risultati sperimentali vs simulazione di singola attuazione con carico trascinante.

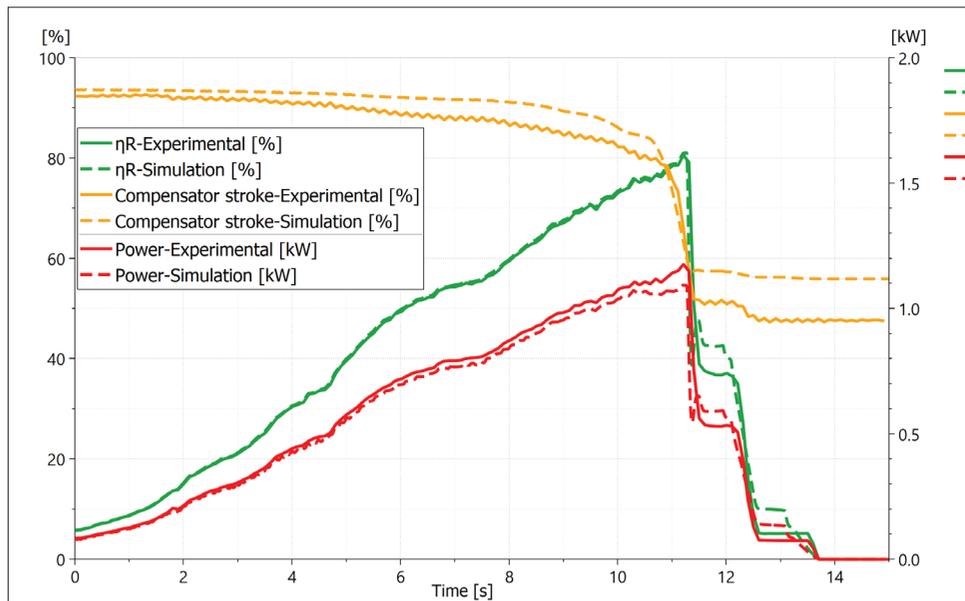


Figura 5. Efficienza di recupero del compensatore, corsa del compensatore e potenza recuperata in singola attuazione con carico trascinante.

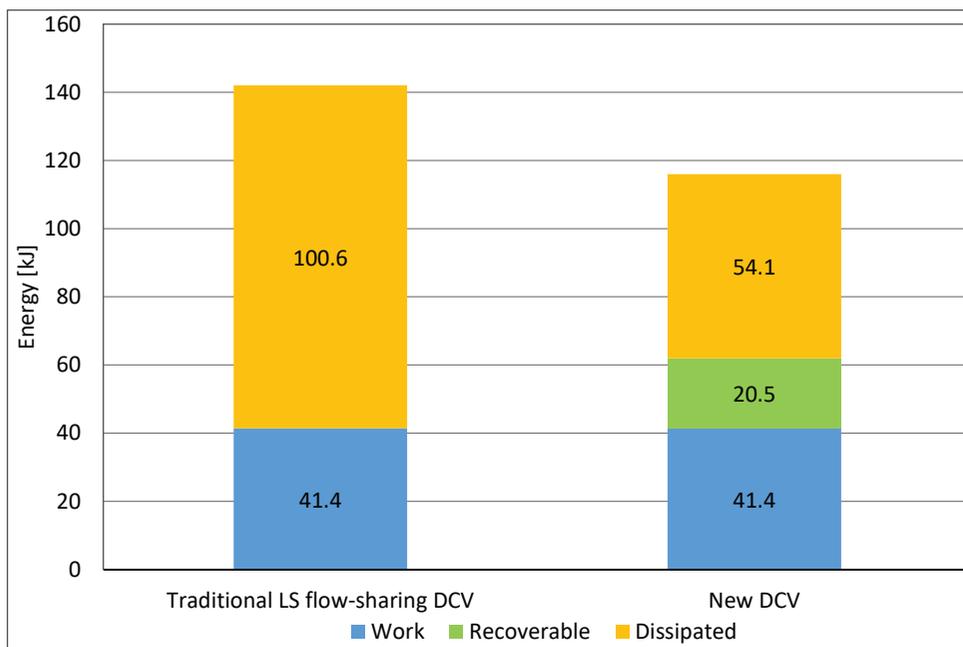


Figura 6. Consumo di energia in un ciclo di scavo.

11 s, quando la corsa del compensatore passa dall'80% al 50%, il che suggerisce una strategia di controllo del sistema di recupero basata sulla misura della corsa del compensatore. Una volta che il flusso recuperato è disponibile nella linea R, la sua gestione dipende dalle scelte effettuate dal costruttore: è pos-

sibile rigenerare direttamente il flusso recuperato rimandandolo nell'impianto, oppure stoccarlo in un accumulatore idraulico, oppure ancora trasformarlo in energia elettrica e immagazzinarlo in una batteria. Quest'ultima soluzione offre una maggiore flessibilità per sfruttare il flusso di energia recuperato.

•• Stima del risparmio energetico

Il modello Amesim del nuovo distributore Lsfs insieme alla strategia di controllo della pressione pR è stato applicato a un ciclo di scavo di un mini-escavatore 5 t. L'obiettivo è stimare il risparmio energetico e il recupero rispetto ad un sistema idraulico con distributore Lsfs tradizionale. Il ciclo applicato è stato rilevato sperimentalmente e consiste nello scavo, rotazione, scarico e ritorno in posizione iniziale. Coinvolge le quattro funzioni di primo, secondo braccio, benna e rotazione della torretta (Figura 6). Il primo risultato ottenuto è che il nuovo distributore Lsfs consente una riduzione del 18% dell'energia richiesta dalla pompa, grazie al fatto che le nicchie di meter-out del cursore sono più grandi, in quanto il compensatore strozza solo il necessario. Il secondo risultato ottenuto è che l'energia recuperabile è pari al 17% dell'energia totale immessa. Considerando un veicolo a batteria, il nuovo impianto idraulico consente dunque un risparmio energetico complessivo del 32% rispetto al sistema tradizione, escludendo l'efficienza di generatore, inverter e batteria. Il nuovo distributore LSFS presentato è patent pending, ed è in fase di collaudo anche su macchine movimento terra. Il suo nome commerciale è EPX. Gli autori ringraziano per il loro contributo allo sviluppo del progetto: il professor Paolo Casoli dipartimento ingegneria industriale, Università di Parma; il professor Andrea Vacca, Maha Fluid Power Faculty Chair della Purdue University; il professor Adolfo Senatore, dipartimento Ingegneria industriale, Università Federico II di Napoli; Yi Huang, Università di Parma.

G. Ganassi, D. Mesturini, C. Dolcin – Walvoil SpA; A. Bonavolontà, Università degli Studi di Napoli Federico II; E. Frosina, Università degli Studi del Sannio Benevento; P. Marani, C.N.R.-Stems.