

# Azionamento **idrostatico con** microprocessore



**1. Scavabietole semovente**  
esafile in fase di lavoro su terreno collinare.

Nel settore delle macchine agricole si assiste allo sviluppo di due tipologie di costruttori con caratteristiche diametralmente opposte: da un lato ci sono i pochi e grandi costruttori di trattori agricoli che sviluppano un prodotto, il trattore agricolo, che fa della flessibilità il suo punto di forza, dall'altro esiste una miriade di piccoli costruttori che progettano e producono macchine operatrici agricole utilizzate per una sola operazione specifica e che rendono queste macchine altamente specializzate; la specializzazione porta alla produzione in piccoli lotti: con queste caratteristiche la trasmissione di potenza per via fluida trova un'applicazione ideale.

A titolo esemplificativo riportiamo le caratteristiche salienti di due macchine en-

trambe progettate per la raccolta e la pulizia di prodotti agricoli, la prima per la barbabietola da zucchero e la seconda per il pomodoro.

La scavabietole semovente esafile (figura 1) è una macchina che compie in un solo passaggio tutte le operazioni necessarie alla raccolta, defogliazione, scollettatura, estrazione, carico, pulizia e trasporto fino al punto di smistamento della barbabietola da zucchero (tabella 1).

Durante la fase di raccolta la macchina è in grado di lavorare senza l'intervento dell'operatore effettuando autonomamente sia le operazioni di raccolta che quelle di movimento controllando la trazione, lo sterzo su tre assi (asse anteriore, asse posteriore e snodo ad asse verticale del telaio) in varie cont-

L'introduzione di un controllo con microprocessore permette di progettare e realizzare un carro per irroratore semovente che soddisfi, in una sola macchina, le esigenze richieste dall'utilizzatore introducendo una serie di benefici per l'utilizzatore come semplicità, comfort, aumento della produttività, redditività, maggior sicurezza, minor costo dei trasferimenti e prestazioni migliori

## COMPONENTI ►►►

**Tabella 1**

### SCAVABIETOLE SEMOVENTE 6 FILE

<b>Peso a vuoto</b>	24000	kg
<b>Peso a pieno carico</b>	42000	kg
<b>Dimensioni (LxHxP)</b>	3,3 x 4 x 12	m
<b>Velocità lavoro</b>	12	km/h
<b>Velocità trasferimento</b>	25	km/h
<b>Potenza installata</b>	335 kW (455 CV)	
<b>Circuiti idraulici indipendenti</b>	pompe	
	36 martinetti idr.	
	24 motori idr.	

#### Caratteristiche particolari :

# Fase di raccolta senza operatore grazie ai sistemi elettroidraulici:

- Sistema sterzante su tre assi con autopilota – Cruise control

- Gruppo anteriore sospeso con controllo della profondità di lavoro

# Sistema di gestione tramite rete distribuita che utilizza 3 canali can-bus composti da 13 unità che controllano circa 100 sensori.

figurazioni e l'altezza costante dal terreno del gruppo anteriore sospeso.

La macchina per la raccolta del pomodoro (figura 2), oltre a compiere la raccolta vera e propria con il taglio della pianta stessa, effettua anche il distacco del pomodoro dalla pianta, la sua selezione (scartando i pomodori non maturi) ed infine il carico sul camion per il trasporto all'industria di trasformazione (tabella 2).

### L'irroratore semovente

Prendiamo ora in considerazione l'irroratore semovente (figura 3), tipica e diffusa macchina operatrice agricola, la cui funzione è quella di distribuire prodotti fitosanitari sulle colture nel modo più uniforme possibile.



**Tabella 2**

### RACCOGLIPOMODORO SEMOVENTE 2 FILE

<b>Peso a vuoto</b>	11000	kg
<b>Peso a pieno carico</b>	42000	kg
<b>Dimensioni (LxHxP)</b>	3,8 x 3,4 x 10,2	m
<b>Velocità lavoro</b>	8	km/h
<b>Velocità trasferimento</b>	25	km/h
<b>Potenza installata</b>	176 kW (240 CV)	
<b>Circuiti idraulici indipendenti</b>	7 pompe idr.	
	23 martinetti idr.	
	25 motori idr.	

#### Caratteristiche particolari

- 3 sistemi di autolivellamento

- Sistema sterratrice per la pulizia del raccolto

- Selezione del pomodoro in base al colore

#### 2. Raccogli pomodoro bifila in fase di lavoro.

o la velocità costante per la fase di lavoro, la motricità elevata per la manovra. Prendendo in considerazione solo le esigenze della trasmissione idrostatica otteniamo la tabella 3.

Il voler privilegiare un aspetto rispetto



**3. Irroratore semovente MAC 2500 S in fase di lavoro.**

## COMPONENTI



**4. Trasmissione meccanica**  
di un irroratore semovente.

agli altri ha portato al nascere di ulteriori specializzazioni.

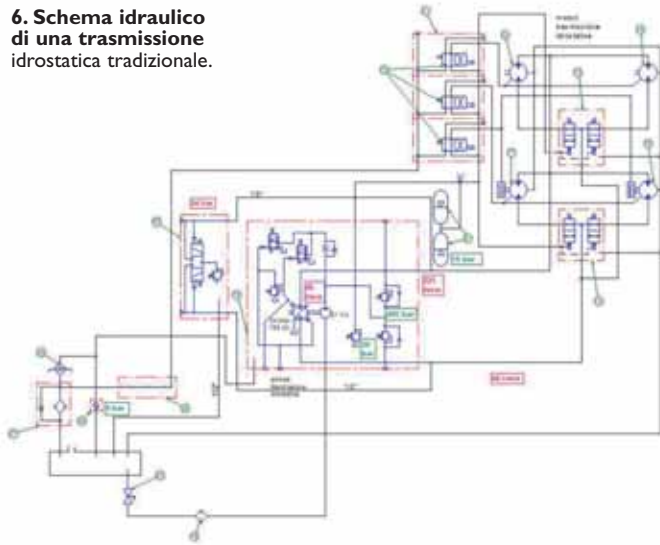
Per esempio quando l'aspetto predominante è quello dell'elevata coppia motrice si realizzano carri semoventi in cui la trasmissione idrostatica (pompa e motore a portata variabile) azionano un cambio meccanico a 2 velocità, il quale trasmette il moto tramite due alberi cardanici a due assali meccanici con gruppo differenziale, freni di servizio, freni negativi, gruppo di riduzione epicicloidale e sistema per il bloccaggio del differenziale ad azionamento manuale (100%) o limited-sip (figura 4).

Con questa configurazione è però penalizzata la luce libera tra terreno e "pancia" della macchina e la possibilità di avere la carreggiata variabile.

**5. Assale posteriore con carreggiata variabile**  
di un irroratore semovente.



**6. Schema idraulico di una trasmissione idrostatica tradizionale.**



**Tabella 3**

Il trasferimento	Il lavoro	Le manovre
Elevata velocità di trasferimento	Coppia elevata	Coppia elevata
	Velocità costante	
	Motricità elevata (4 ruote motrici, sistemi antislittamento)	Motricità elevata (4 ruote motrici, sistemi antislittamento)
Guida tipo automobilistico	Diesel a regime costante	Guida tipo automobilistico

Nel caso invece in cui sia predominante l'esigenza di avere alte velocità di trasferimento, carreggiata variabile manualmente o servoassistita con comandi elettro-idraulici dal posto di guida, ed elevata luce libera da terra (figura 5), si ricorre a trasmissioni idrostatiche con quattro motori ruota (figura 6). Essi possono essere motori lenti a pistoni radiali o motori a corpo inclinato accoppiati a riduttori meccanici, montati su assali progettati e costruiti allo stesso costruttore della macchina e che permettono di soddisfare le funzioni richieste.

### Trasmissione idrostatica

L'introduzione di un controllo con microprocessore sull'ultimo tipo di macchina descritto permette di risolvere tutti i problemi e progettare e realizzare un carro per irroratore semovente che sod-

disfi, in una sola macchina, le esigenze richieste dall'utilizzatore introducendo una serie di benefici per l'utilizzatore come semplicità, comfort, aumento della produttività, redditività, maggior sicurezza, minor costo dei trasferimenti e prestazioni migliori.

Nella macchina presa in esame sono già presenti due sistemi di controllo con microprocessore:

- il primo per garantire la costanza della quantità di prodotto distribuita; infatti la portata varia in funzione della pressione, si rileva la velocità della macchina e si varia la pressione in modo da mantenere costante il rapporto al valore impostato dall'utente;
- il secondo sistema basato su una rete bus con quattro microprocessori controlla le funzioni proprie dell'irroratore e i dispositivi di sicurezza.

A titolo esemplificativo il sistema permette la variazione della carreggiata dal posto di guida solo se la cisterna è vuota e la velocità compresa tra 1 e 4 km/h.

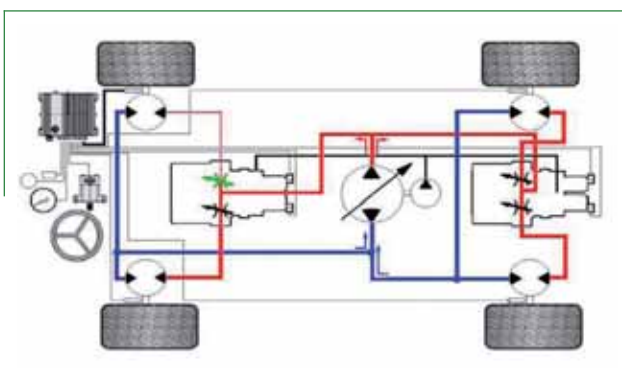
Il nuovo sistema introdotto controlla un tra-

## COMPONENTI ►►►

dizionale circuito idraulico composto da una pompa a portata variabile, quattro motori idraulici a pistoni radiali a doppia cilindrata collegati in parallelo, valvola di scambio, radiatore e servizi ausiliari per il controllo della cilindrata dei motori idraulici e per l'inserimento dei freni di stazionamento. In figura 7 sono sintetizzati tutti gli input ed output del sistema.

Tramite questi canali di input/output è possibile controllare funzioni assolutamente innovative per questo tipo di macchine. Uno di questi è il sistema di controllo dello slittamento (figura 8) per permettere alla macchina motricità sufficiente anche in condizioni di scarsa aderenza.

In pratica il sistema controlla la velocità di ogni singola ruota e quando rileva un aumento di velocità di una di esse, rispetto al-



**8. Schema semplificato del sistema antislittamento.**

la velocità del veicolo, strozza immediatamente il flusso dell'olio verso quel motore tramite valvole elettroidrauliche frenando la rotazione della ruota con scarsa aderenza e consentendo alle altre ruote di generare una coppia tale da permettere il movimento della macchina.

Inoltre il sistema deve sapere quando la macchina è in fase di sterzata per non confondere la variazione di velocità tra ruote esterne ed interne come slittamento delle prime ed attivare la valvola regolatrice.

Altra funzione importante è il cambio in velocità dei motori idraulici.

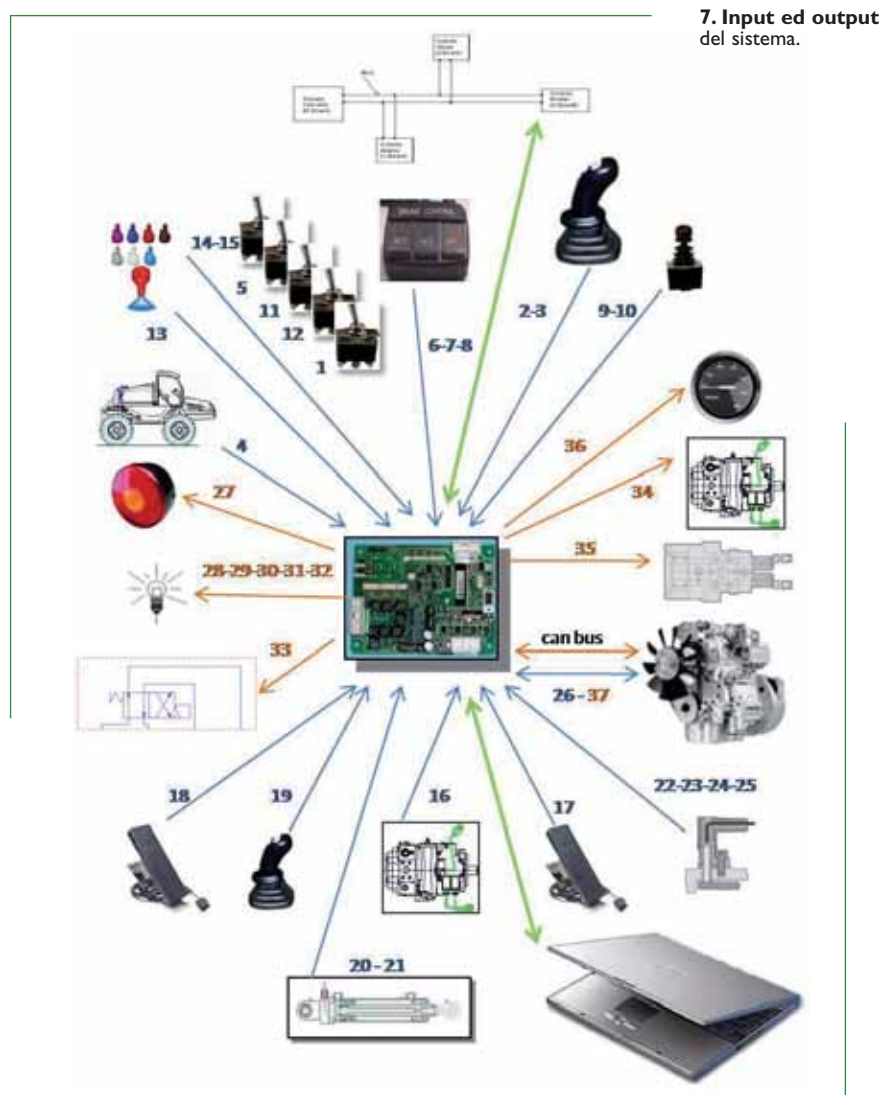
Normalmente le cilindrata dei motori anteriori sono differenti dai posteriori ed è quindi possibile ottenere fino a quattro campi di velocità, ma il passaggio da un campo a un altro deve avvenire con macchina ferma altrimenti si avrebbero delle discontinuità inaccettabili per l'utilizzatore.

Con questo sistema (figura 9) si varia contemporaneamente la cilindrata dei motori idraulici e della pompa idraulica in modo da lasciare inalterato il loro rapporto e mantenere una variazione di velocità continua, senza discontinuità.

La funzione permette di lasciare il controllo del cambio cilindrata al microprocessore piuttosto che al conducente, si realizzerà una partenza con i motori idraulici sempre in cilindrata massima in modo da avere la massima coppia di spunto.

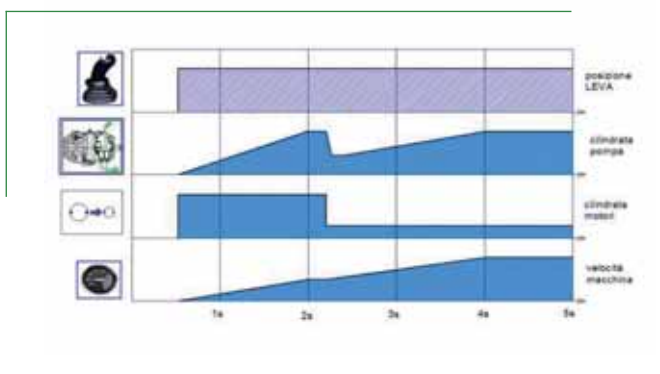
Quando si richiede un aumento della velocità, non permesso dall'elevata cilindrata dei motori, si effettua un cambio di cilindrata degli stessi per passare alla gamma di velocità superiore senza alcuna discontinuità fino ad arrivare alla velocità massima permessa dal mezzo con tutti i motori in cilindrata minima e la pompa in cilindrata massima.

Oltre alla funzione di cambio di cilindrata, alla posizione del pedale d'avanzamento è legato il regime del motore diesel: tramite funzione da parametrizzare in fase di collaudo della macchina, è possibile ottenere una condizione di comando molto simile a quella di



**7. Input ed output del sistema.**

### 9. Sequenza delle fasi logiche da attivare durante un cambio di cilindrata dei motori idraulici.



una normale automobile con cambio automatico.

Al variare della posizione del pedale d'avanzamento il sistema controlla contemporaneamente la pompa idrostatica, la cilindrata dei motori ruota ed il regime del motore diesel, si semplifica enormemente il compito del conducente ottimizzando al contempo le prestazioni ed i consumi della macchina.

Quello descritto però è il comportamento ottimale durante la fase di trasferimento o per la fase di manovra in campo in quanto, per la fase di lavoro, è necessaria una configurazione differente, il motore diesel deve essere a regime di rotazione fisso, la cilindrata dei motori ruota la massima, in quanto è richiesta elevata coppia e bassa velocità e la velocità di avanzamento è ottenuta variando la cilindrata della pompa a cilindrata variabile.

Il passaggio da una configurazione a un'altra deve avvenire ogni volta che si attiva/disattiva la funzione di distribuzione del prodotto fitosanitario, infatti in fase di distribuzione occorre attivare il modo a regime fisso mentre alla fine della distribuzione, in fase di manovra, occorre attivare il modo "automotive" (figura 10).

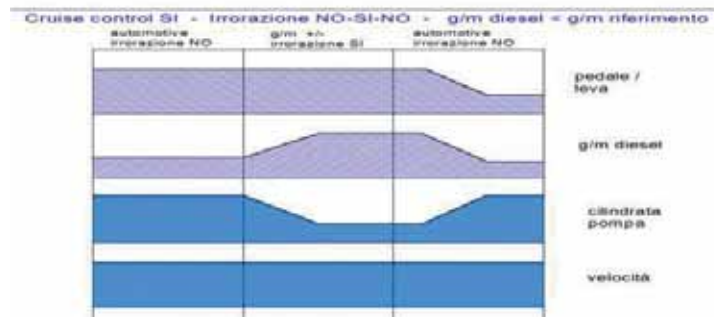
La quantità dei casi possibili è aumentata dal fatto che in fase di lavoro può essere attivo o no il sistema di controllo della velocità.

Il sistema è molto semplice, quando attivato e impostato a una certa velocità, usa il valore medio di velocità delle quattro ruote per determinare la velocità della macchina e lo usa come retroazione per mantenere la velocità costante intervenendo sulla cilindrata della pompa idrostatica.

La possibilità di mantenere la velocità di avanzamento costante durante la fase di lavoro è molto importante perché il sistema tradizionale di controllo della portata, che abbiamo descritto in precedenza, ha tempi di risposta troppo lenti rispetto alle variazioni della velocità della macchina generando così dei transitori, relativamente lunghi, in cui il prodotto distribuito è in eccesso o in difetto.

Se in difetto la sua azione può risultare insufficiente e non distrugge le piante infestanti, se è in eccesso il suo effetto può arrivare a distruggere la coltura che si voleva proteggere.

Il sistema "crise control" è in grado di far scomparire completamente queste fasi tran-



### 10. Sequenza delle fasi logiche da attivare nel passaggio dalla fase di manovra alla fase di lavoro con controllo di velocità attivo.

da attivare nel passaggio dalla fase di manovra alla fase di lavoro con controllo di velocità attivo.

## COMPONENTI

sitorie e garantire l'uniformità della distribuzione. Tutti i possibili casi di passaggio da una situazione ad un'altra sono stati analizzati e risolti creando un algoritmo tale da annullare ogni discontinuità macroscopica sul comportamento del mezzo.

Oltre a queste funzioni principali sono state introdotte altre opzioni più semplici ma particolarmente utili per l'utente finale; tra queste la possibilità di scegliere se usare come comando per l'avanzamento il pedale o la leva, entrambi presenti sulla macchina.

Altra funzione importante è la possibilità data all'operatore di variare le caratteristiche del mezzo tramite l'azione di un semplice interruttore che seleziona tra 3 possibili set di parametri pre-memorizzati o l'utilizzo della simulazione del pedale del freno attuata tramite la frenatura idrostatica.

### Conclusioni

La macchina descritta ha tutte le caratteristiche richieste per poter svolgere le funzioni volute in tutte le fasi operative di un irroratore semovente.

Il successo di questa soluzione permetterà di continuare sulla strada che ha portato alla progettazione di questo sistema cioè sull'automatizzazione di tutte le funzioni che richiedono continue regolazioni per ottenere il massimo delle prestazioni.

La fase successiva dovrà essere quella dell'introduzione di un sistema di guida autonomo, che potrà lavorare tramite Gps o sfruttando sensori locali della vegetazione o del suolo. Ulteriore tappa sarà quella di ottimizzare la quantità di prodotto da distribuire, non più costante per tutto l'appezzamento ma in funzione delle condizioni della coltura da trattare e tutte queste funzioni dovranno poi essere integrate tra loro in modo da minimizzare i costi dei componenti e massimizzare i risultati.

L'ultima tappa, in questo processo evolutivo, sarà quella di togliere completamente la cabina di guida per ottenere un perfetto ed autonomo robot agricolo.

*O. Barigelli, responsabile tecnico della Barigelli & Ciccarelli Spa.*

[readerservice.it](http://readerservice.it) n. 251