



L'elettificazione delle macchine operatrici

Non solo trattori. L'elettificazione si sta progressivamente diffondendo anche sulle attrezzature, rendendole più efficienti, precise, sicure e sostenibili. Le soluzioni innovative sviluppate dalle case costruttrici

di Aldo Calcante - DISAA Università di Milano

La riduzione dell'impatto ambientale rappresenta oggi una delle principali sfide per il settore agricolo. In questo contesto, l'elettificazione delle macchine agricole, sia motrici che operatrici, costituisce uno dei caposaldi tecnologici più promettenti, sia per la riduzione delle emissioni dirette e indirette, che per il miglioramento dell'efficienza energetica, del controllo operativo e del comfort per l'operatore.

Ciò che fino a poco tempo fa appariva come un'interessante prospettiva, comunque meramente sperimentale, è ora diventata una realtà tecnica e commerciale, con la com-

by Aldo Calcante - DISAA University of Milan

Reducing environmental impact is one of the main challenges facing the agricultural sector today. In this context, the electrification of agricultural machinery, both tractors and work equipment, represents one of the most promising technological cornerstones, both for reducing direct and indirect emissions and for improving energy efficiency, operational control, and operator comfort.

What until recently seemed like an interesting, if merely experimental, prospect has now become a technical and commercial reality, with the appearance of the first electric trac-

The electrification of work machinery

parsa dei primi trattori elettrici e lo sviluppo di importanti progetti di ricerca finalizzati alla messa a punto di macchine operatrici azionate elettricamente. La sostituzione di componenti meccanici e idraulici con attuatori elettrici consente un controllo molto più preciso e continuo della velocità e della coppia degli organi in movimento, aprendo la strada a nuove funzionalità strettamente legate all'agricoltura di precisione e alle lavorazioni a rateo variabile. Inoltre, i sistemi elettrici permettono una migliore integrazione con sensori, sistemi di controllo e di automazione, riducendo al contempo rumorosità, vibrazioni e necessità di manutenzione.

Nonostante questi innegabili vantaggi, la diffusione dell'elettificazione in agricoltura è stata storicamente ostacolata dalla necessità di elevate potenze e dalla difficoltà di fornire alle attrezzature grandi quantità di energia per lunghi periodi. Per questo motivo, per lungo tempo l'attenzione si è concentrata quasi esclusivamente sulla sostituzione e/o integrazione dei motori diesel dei trattori con analoghi elettrici, mentre l'elettificazione delle macchine operatrici è rimasta confinata a prototipi o ad applicazioni particolari (come ad esempio l'azionamento elettrico dei distributori sulle seminatrici di precisione o la regolazione della luce libera della tramoggia degli spandiconcime centrifughi).

Innovazioni che vengono dal passato. È sempre interessante notare come anche le più recenti e avveniristiche innovazioni derivino spesso da intuizioni lontane nel tempo, che in alcuni casi sono persino giunte allo stadio di prototipo. Il trattore elettrico ne è un esempio emblematico. Limitando lo sguardo al solo panorama italiano, gli anni Trenta del secolo scorso videro lo sviluppo di soluzioni ingegnose e originali, come gli autocarri e le automobili a gasogeno, che non furono limitate al solo settore automotivo ma interessarono anche quello agricolo. Nel comparto

It is not just tractors. Electrification is now gradually spreading to equipment, making it more efficient, precise, and safe, for an increasingly sustainable and technologically advanced sector

tors and the development of major research projects aimed at developing electrically powered work machinery. Replacing mechanical and hydraulic components with electric actuators allows for much more precise and continuous control of the speed and torque of moving parts, paving the way for new features closely related to precision agriculture and variable-rate processing. Furthermore, electrical systems allow for better integration with sensors, control and automation systems, while reducing noise, vibration and the need for maintenance.

Despite these undeniable advantages, the spread of electrification in agriculture has historically been hindered by the need for high power and the difficulty of supplying equipment with large amounts of energy for long periods. For a long time this meant that attention was focused almost exclusively on replacing and/or integrating diesel engines in tractors with electric ones, while the electrification of work machinery remained confined to prototypes or specific applications (such as the electric operation of distributors on precision seed drills or the regulation of the hopper clearance of centrifugal fertilizer spreaders).

Innovations from the past. It is always interesting to note how even the most recent and futuristic innovations often come from insights gleaned a long time ago, which in some



Il trattore Farmall 450 IH Electrall del 1954 accoppiato ad un'imballatrice per balle prismatiche McCormick 55, azionata elettricamente. In evidenza, l'alternatore montato sul trattore e il motore elettrico collocato sull'attrezzatura

1954 Farmall 450 IH Electrall tractor coupled to an electrically operated McCormick Model 55 square baler. Note the alternator mounted on the tractor and the electric motor located on the equipment

Trattore New Holland con un generatore elettrico ad alta potenza, applicato anteriormente
New Holland tractor with a high-power electric generator attached to the front



dei trattori, vennero infatti realizzati modelli (sia cingolati che a ruote) mossi da motori elettrici collegati tramite lunghissimi cavi (con relativa bobina di avvolgimento solidale al trattore) a punti fissi di alimentazione a bordo campo. Anche per le macchine operatrici non mancarono proposte innovative che, per l'epoca nella quale furono introdotte – il secondo dopoguerra – possono essere considerate decisamente pionieristiche. Un esempio significativo in tal senso risale al 1954, anno nel quale venne realizzato il trattore statunitense Farmall 450 IH Electrall. La macchina era equipaggiata con un alternatore azionato dall'albero motore, in grado di fornire una potenza elettrica per le attrezzature di 12,5 kW a 220 V, in sostituzione delle tradizionali trasmissioni meccaniche basate sulla presa di potenza con albero cardanico. L'intuizione alla base di tale soluzione è ancora oggi di grande attualità: i motori elettrici sono infatti caratterizzati da rendimenti molto elevati in ogni condizione di carico, mentre l'eliminazione dell'albero cardanico comporta evidenti benefici per ciò che concerne il rendimento globale del trattore, ma anche per l'assenza dei rischi meccanici associati all'utilizzo di questo componente. Più in generale, l'orientamento che si sta progressivamente affermando è quello di poter mettere a punto attrezzature ad azionamento integralmente elettrico. Il principale ostacolo era (e rimane tuttora) la possibilità di stoccare elevate quantità di energia sotto forma elettrica a bordo del trattore, sufficiente per alimentare anche le macchine operatrici. Parallelamente, è stato sviluppato uno standard di interfaccia elettrica ad alta potenza per le macchine agricole e forestali (ISO: ISO 23316-1:2022), che definisce un bus di potenza fino a 150 kW, gestita con tensioni di 700 V in corrente continua o 480 V in corrente alternata.

Il progetto MARCEL finanziato dalla Regione Piemonte. In ambito nazionale, uno dei progetti che ha investito molto in questa direzione è quello denominato MARCEL (Macchine Agricole Elettriche, <https://www.pro-logic.it/marcel>), co-

cases even reached the prototype stage. The electric tractor is a prime example of this. Considering only the Italian landscape, the 1930s saw the development of ingenious and original solutions, such as gas-powered trucks and cars, which were not limited to the automotive sector but also impacted the agricultural sector. In the tractor sector, models were created (both tracked and wheeled) powered by electric motors connected via very long cables (with a winding reel attached to the tractor) to fixed power points at the edge of the field.

Even for work machinery there was no shortage of innovative proposals which, for the era in which they were introduced – the post-war period – can be considered decidedly pioneering. A significant example in this sense dates back to 1954, the year in which the American Farmall 450 IH Electrall tractor was created. The vehicle was equipped with a crankshaft-driven alternator, capable of providing electrical power for 12.5 kW equipment at 220 V, replacing the traditional mechanical transmissions based on the PTO with a cardan shaft. The concept behind this solution is still highly relevant today: electric motors are in fact known for very high efficiency under any load conditions, and eliminating the PTO shaft offers clear benefits in terms of the tractor's overall performance, and of course without the mechanical risks associated with the use of this component.

More generally, the trend that is gradually gaining ground is that of being able to develop fully electric-powered equipment. The main obstacle to this has been (and still remains) the ability to store large quantities of electrical energy on board the tractor, in sufficient quantity to also power the work equipment. In parallel, a high-power electrical interface standard for agricultural and forestry machinery has been developed (ISO: ISO 23316-1:2022), which defines a power bus of up to 150 kW, operated with voltages of 700 V DC or 480 V AC.

finanziato dalla Regione Piemonte e sviluppato grazie al coinvolgimento di 17 partner, tra atenei, centri di ricerca e imprese del territorio. Nell'ambito del progetto sono stati sviluppati e testati due differenti generatori esterni per trattori. Il primo è in grado di fornire fino a 50 kW di potenza in corrente continua a 700 V per l'azionamento di attrezzature che richiedono una potenza medio-alta; il secondo, invece, è destinato ad applicazioni a bassa-media potenza, fino a 10 kW, operando a una tensione di 48 V in corrente continua. In entrambi i casi, i generatori vengono posizionati al posto della zavorra anteriore e sono azionati dalla presa di potenza meccanica del trattore.

Tra le operatrici sviluppate nel corso del progetto è compresa una livellatrice trainata della Fontana di Crescentino (Vercelli), per le sistemazioni idrauliche degli appezzamenti. In questo caso, il sistema di regolazione dell'altezza e dell'inclinazione della lama, nel rispetto della quota di progetto, è controllato automaticamente da una coppia di ricevitori laser, uno dei quali stazionario, che funge da riferimento per il sistema di posizionamento della livellatrice. La posizione della lama è regolata da due attuatori lineari a vite azionati da altrettanti motori brushless tramite un riduttore epicicloidale. In modalità automatica, il sistema di controllo laser comanda i motori brushless, implementando un

The MARCEL project funded by the Piedmont Region. At the national level, one of the projects that has invested heavily in this direction is one called MARCEL (Electric Agricultural Machinery, <https://www.pro-logic.it/marcel>), co-financed by the Piedmont Region and developed thanks to the involvement of 17 partners, including universities, research centers, and local businesses. As part of the project, two different external generators for tractors have been developed and tested.

The first is capable of supplying up to 50 kW of DC power at 700 V for driving equipment requiring medium-high power; the second, however, is intended for low-to-medium power applications, up to 10 kW, operating at a voltage of 48 V DC. In both cases, the generators are positioned in place of the front ballast and are driven by the tractor's mechanical PTO.

Among the machinery developed during the project is a towed grader from Fontana of Crescentino (Vercelli), for laying out hydraulic lines in plots of land. In this case, the blade height and inclination adjustment system, as per the design proportions, is automatically controlled by a pair of laser receivers, one of which is stationary, which acts as a reference for the grader positioning system.

The position of the blade is regulated by two linear screw



Livellatrice a regolazione elettrica della Fontana Srl di Crescentino (VC)
Electrically adjustable grader from Fontana Srl of Crescentino (VC)



Spandivoltafieno azionato da un motore elettrico della Frandent Srl di Osasco (TO)
Tedder powered by an electric motor from Frandent Srl of Osasco (TO)

anello di controllo della posizione riferito al piano generato dall'emettitore laser. Le prove sperimentali condotte hanno evidenziato una decisa riduzione del consumo di potenza elettrica rispetto a quella tradizionale idraulica, principalmente grazie alla maggiore efficienza energetica.

actuators driven by two brushless motors via an epicyclic reducer. The laser control system automatically controls the brushless motors, implementing a position control loop referred to the plane generated by the laser emitter. The experimental tests conducted have shown a significant re-



Irroratrice scavallante della Dragone Srl di Castagnole Lanze (AT), a gestione elettrica della portata dell'aria e del flusso della miscela
Overhead sprayer from Dragone Srl of Castagnole Lanze (AT), with electrical air flow and the mixture flow control

Un'ulteriore macchina sviluppata nell'ambito del progetto e giunta alla fase di commercializzazione è una defogliatrice per vigneti della Tecnovict di Pianello val Tidone (Piacenza), nella quale i dispositivi di taglio della chioma e di controllo della posizione sono azionati da motori elettrici a 48 V. Prove sperimentali hanno evidenziato un assorbimento di potenza di circa 5 volte inferiore rispetto alla corrispondente soluzione idraulica, a fronte di una velocità di accostamento/allontanamento della testata superiore del 50%. Inoltre, la macchina consente un controllo molto accurato dell'intensità di defogliazione e permette l'immediata inversione del senso di rotazione dei rulli, facilitando l'espulsione di eventuali detriti.

Un'altra interessante soluzione proposta dai costruttori è lo spandivoltafieno della Frandent di Osasco (Torino), che consente di variare in modo continuo e indipendente la velocità del rotore, la larghezza di lavoro e l'angolo di incidenza della macchina rispetto al suolo, in modo da ottimizzare l'operazione sia sotto il profilo energetico che sotto quello qualitativo. Altre macchine operatrici, come uno scavafosse della Fissore di Cavallermaggiore (Cuneo) e un atomizzatore scavillante della Dragone di Castagnole Lanze (Asti), sono state sviluppate nel corso del progetto, confermando non solo l'interesse crescente per l'elettificazione in agricoltura, ma anche la versatilità dei generatori disponibili, capaci di soddisfare le esigenze energetiche di un'ampia gamma di attrezzature.

Aldo Calcante

duction in electrical power consumption compared to traditional hydraulic systems, mainly due to greater energy efficiency.

Another piece of machinery developed as part of the project and now ready for commercialization is a vineyard leaf remover from Tecnovict of Pianello Val Tidone (Piacenza). Its canopy cutting and position control devices are powered by 48 V electric motors. Experimental tests have shown that power consumption is approximately five times lower than the corresponding hydraulic solution, while the head's approach/distance speed is 50% greater. Furthermore, the machine offers extremely precise control of the defoliation intensity and allows the immediate reversal of the direction of rotation of the rollers, facilitating the expulsion of any debris. Another interesting solution proposed by manufacturers is the tedder from Frandent of Osasco (Turin), which allows for continuous and independent variation of the rotor speed, working width and angle of incidence of the machinery with respect to the ground, in order to optimize the operation in terms of both energy and quality.

Other working equipment, such as a trencher from Fissore of Cavallermaggiore (Cuneo) and a straddle sprayer from Dragone of Castagnole Lanze (Asti), were also developed as part of the project, attesting not only to the growing interest in electrification in agriculture but also to the versatility of the available generators, capable of meeting the energy needs of a wide range of equipment.

Aldo Calcante

FAD ASSALI

100% MADE IN ITALY
IT01
001.011.788.0162

AGRI STEFEN
FASTline

FV. ENGINEERING

FAD ASSALI S.p.A.
Carpenedolo (Brescia) Italy

Per info e preventivi:
info@fadassali.it
Tel. +39 030 9983153
Fax +39 030 9669153
www.fadassali.it

LEONESSA GROUP

Quality Made in Italy

QA
QA
QA