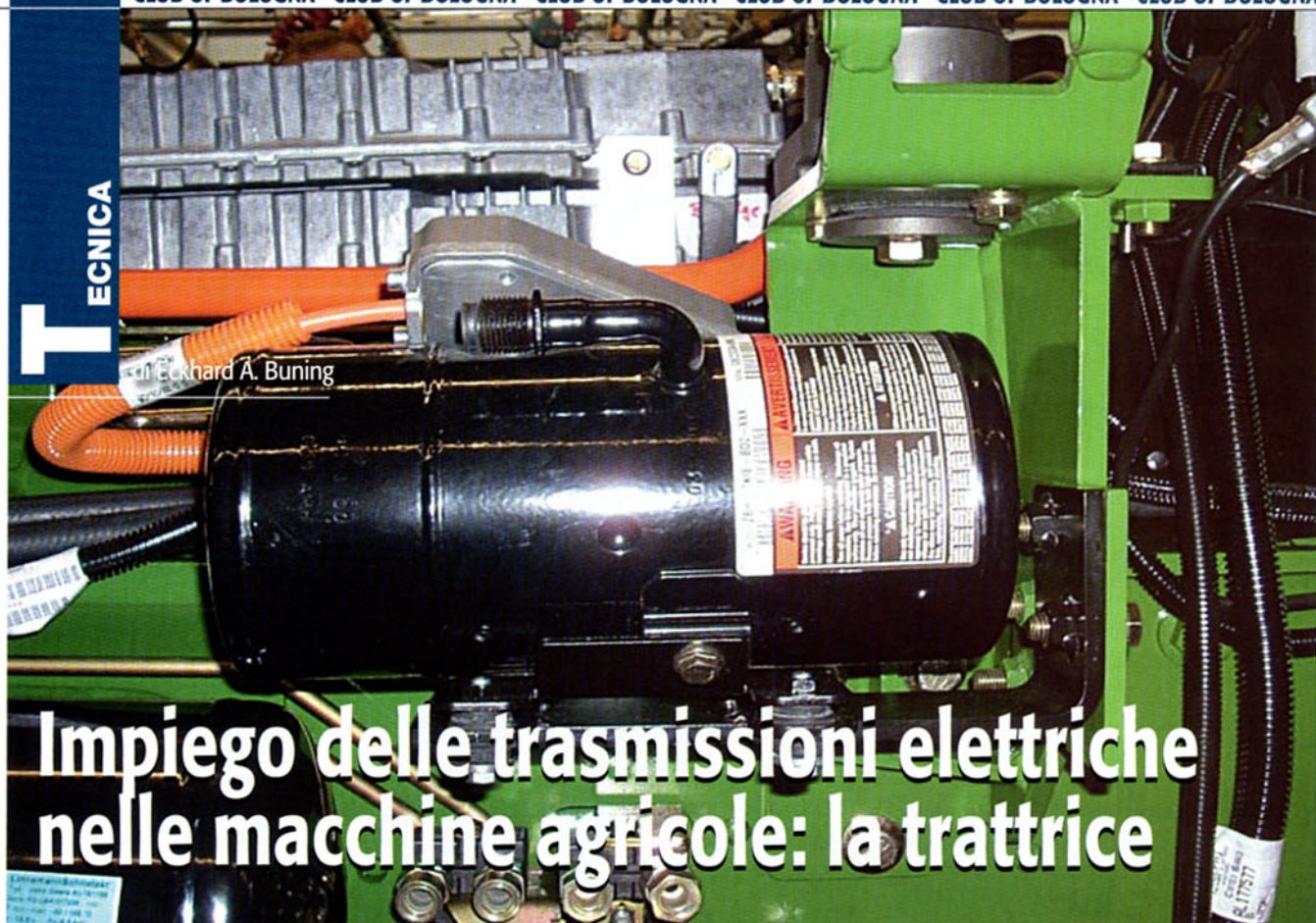


di Eckhard A. Buning



Impiego delle trasmissioni elettriche nelle macchine agricole: la trattrice

ELECTRIC DRIVES IN AGRICULTURAL MACHINERY: APPROACH FROM THE TRACTOR SIDE

by Eckhard A. Buning

The need for agricultural equipment caused by increasing world population is more than obvious. Current agricultural equipment has reached its optimization limits in terms of complexity and efficiency with the current technology. Furthermore improvements in the area of drive technology currently mainly mechanical or hydraulic drives are limited. Therefore the focus in this area will be on electrical drives in the future. Vehicles in agricultural applications currently use 14V electricity only for on-board use. Introduced at the 2007 Agritechnica Fair a high voltage system was added to an agricultural vehicle, the John Deere E Premium tractor. This new system provides power to electrically driven engine auxiliaries. In addition to that intelligent control of auxiliary drives helps to reduce the fuel consumption of the vehicle especially under part load conditions, just driving the auxiliaries at the actual required power level. The E Premium tractors represent the first high power electrification approach in series production within agriculture and already represents a catalyst for further electrifica-

L'incremento della popolazione mondiale e quindi della domanda di prodotti alimentari produce un aumento della necessità di mezzi meccanici per l'agricoltura. La tecnologia attualmente disponibile ha permesso alle macchine agricole di raggiungere alti livelli di complessità e di efficienza. Ciò riguarda anche le trasmissioni meccaniche o idrauliche, che per la loro natura dovrebbero offrire margini di miglioramento piuttosto limitati. Nei prossimi anni i processi di innovazione tecnologica – questo il dato che rappresenta il salto di qualità – interesseranno lo sviluppo di trasmissioni elettriche. Le macchine agricole usano attualmente corrente elettrica a 14 volt solo per impieghi estremamente limitati e accessori. Già nel 2007, in occasione dell'Agri-technica di Hannover, John Deere ha presentato la Premium E, una trattoria equipaggiata con un sistema ad al-

Nell'ambito dei lavori del Club of Bologna dello scorso novembre, tutti i numerosi e qualificati esperti internazionali presenti hanno concordemente sottolineato l'importante ruolo che la trasmissione elettrica giocherà nello sviluppo e nell'innovazione della meccanizzazione agricola prossima futura. In questo primo contributo l'evoluzione possibile riferita alla trattoria agricola

In the setting of Club of Bologna work carried out in November last year, all the numerous and highly qualified international experts involved were in agreement in stressing the important role that the electric transmission will play in the development and mechanization of agriculture in the near future. The initial contribution to this possible trend refers to agricultural tractors

to voltaggio che permette di alimentare alcuni dispositivi ausiliari del motore gestiti per via elettrica. Inoltre, il controllo intelligente di dispositivi ausiliari contribuisce a ridurre i consumi, specie in condizioni di carico parziale, poiché fornisce loro soltanto la richiesta. Con la sua Premium E l'azienda americana ha dunque aperto la strada alla produzione in serie delle trattorie elettriche nonché allo sviluppo di nuove macchine agricole ad alimentazione elettrica. I principali vantaggi

legati all'uso di corrente elettrica a più alto voltaggio nella meccanizzazione agricola sono: ottimizzazione nel controllo dei flussi di potenza sia sulla motrice sia tra trattoria e macchina operatrice; possibilità di generare sufficiente potenza elettrica; migliore efficienza complessiva della trattoria grazie alla riduzione della massa complessiva conseguente all'eliminazione di alcuni dispositivi ausiliari del motore; maggior flessibilità nel posizionamento delle componenti; più alti livelli di

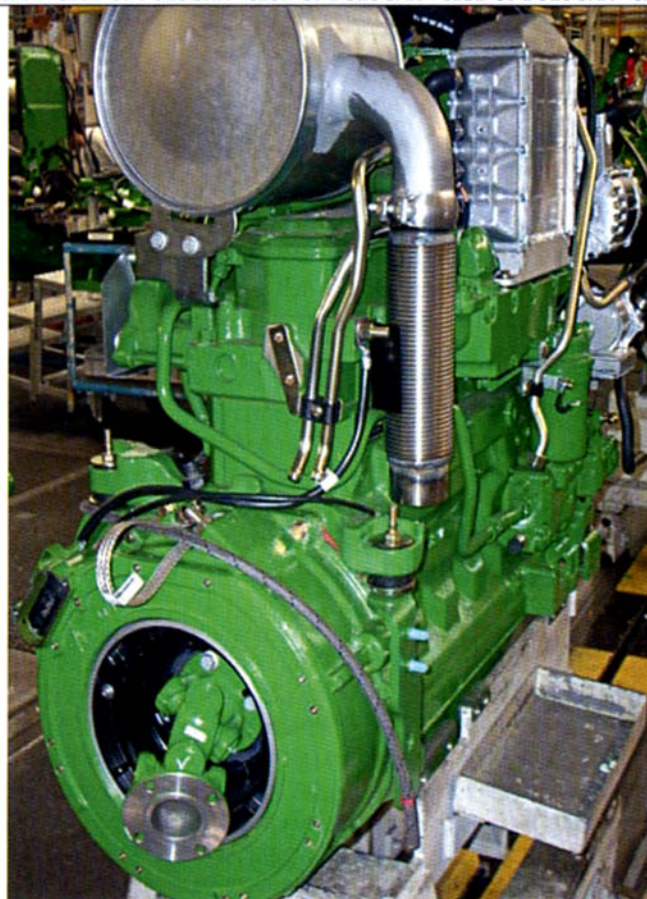
produttività e comfort. Già in passato ci sono stati tentativi di utilizzare trasmissioni elettriche nelle macchine agricole. Nel 1954, ad esempio, l'International Harvester introdusse l'Electrall, un dispositivo studiato per le trattrici Farmall 400 destinato ad alimentare per via elettrica attrezzature agricole.

Ambiti di applicazione

Prendendo in considerazione soprattutto i dispositivi ausiliari del motore, la ventola del radiatore, il compressore per l'aria condizionata, l'alternatore o il compressore per i freni idraulici sono tra quelli che richiedono corrente elettrica a più alto voltaggio. Prestazioni, produttività, efficienza e flessibilità nel posizionamento delle componenti sono tra i principali vantaggi che derivano dal ricorso all'alimentazione elettrica. Ma ci sono anche vantaggi per la trattrice come, ad esempio, la possibilità di aumentare la potenza, l'ottimizzazione delle curve caratteristiche, il miglioramento sia dell'accelerazione durante la fase di trasporto (il che garantisce una maggiore produttività) sia della risposta alle variazioni di carico durante la fase di lavoro della Pdp, la riduzione dei consumi di carburante, il comfort più elevato quando si usa il compressore elettrico per l'aria condizionata. Alcuni di questi benefici, ma non tutti, possono essere raggiunti con motrici non elettriche.

Generatore elettrico

La produzione di energia è affidata a un generatore elettrico. Nelle macchine con or-



gani di trasmissione tradizionali il generatore può essere posizionato nel volano. Per il trattore E Premium è stato utilizzato un generatore asincrono (corrente alternata, AC) che garantisce 20 kW a partire da 1800 giri al minuto, ma sono possibili anche soluzioni costruttive differenti. Ad Agritechnica 2009 è stata presentata la trattrice Belarus 3023, un prototipo equipaggiato con motore diesel da 220 kW, un generatore da 172 kW, una trasmissione ibrida diesel ed elettrica e una Pdp anteriore ad alimentazione elettrica.

Ventola

La ventola è il dispositivo ausiliario che richiede maggior potenza e quindi presenta i maggiori consumi. L'assorbimento di potenza varia da zero (quando non c'è bisogno di raffreddare il motore) fino a un massimo raggiunto quando il mezzo procede a velo-

cià massima in condizioni di pieno carico e in ambienti con temperature elevate. Il ricorso all'elettricità per azionare la ventola permette quindi di massimizzare i vantaggi relativi al consumo di carburante e potrebbe essere collocata al posto dell'alternatore, come nel caso del sistema Premium E che sfrutta un convertitore DC/DC incorporato all'interno dell'unità di controllo. Tra gli altri vantaggi offerti da questa soluzione c'è anche la possibilità – grazie all'inversione del moto di rotazione della ventola – di deviare il flusso dell'aria all'interno del radiatore, utilizzandola così per pulire le componenti.

Compressore dei freni idraulici

Il compressore che alimenta i freni idraulici presenta una domanda ciclica di potenza e richiede condizioni operative particolari. La soluzione adottata è quella di ricorrere a

tion in agricultural equipment. The main drivers for the usage of higher voltage on agricultural machines are: Optimized controllability of power flows across agricultural machines and between machines; generate sufficient electrical power; reduced parasitic loads caused by engine auxiliaries to improve complete machine efficiency; increased flexibility in arrangement of components; increase productivity and operator comfort. There were several approaches to establish electric drives in agricultural machines. In 1954 International Harvester introduced a feature called Electrall to the market. This feature was offered as an option on the Farmall 400 Tractors and should support electrically-operated farm equipment and accessories.

Areas of tractor electrification

Among the areas of electrification using higher this report will focus on the tractor mounted parts – mainly engine auxiliaries – and mention the others only briefly. Main focus will be on drives or functions requiring high power like an engine radiator fan, an A/C compressor, an air brake compressor and an alternator. The major benefits are performance, productivity, efficiency and flexibility in component arrangement. Indirect benefits on tractors are: Possibility of power increase; enhanced boost power curve; improved transport acceleration that enhances productivity; increased load response in field PTO work; lower fuel consumption; more comfort (electric driven A/C compressor) These benefits could be also possible with other self propelled machines while some benefits might not apply to them.

Generator

The electrical power required has to be provided by a generator. A possible place to add a generator into a conventional power train is to mount it directly to the flywheel. On the E Premium tractor an asynchronous (AC-induction) generator has been chosen, offering 20 kW from 1800 RPM but alternative mounting areas are also possible. A Belarus 3023 prototype was shown at Agritechnica 2009, a tractor with a 220 kW diesel engine and a 172 kW generator, a diesel-electric drive train and an electrically driven front PTO.

Fan Drive

The fan drive is auxiliary parasitic consume with the highest power needs. Controlling the fan drive electrically therefore creates the highest benefits from a fuel consumption impact's perspective. The fan drive power consumption varies from zero

speed when no engine cooling is needed up to maximum speed under full load conditions in hot environments. A possible placement is in the area the alternator used to be. Reversing the air flow through the radiator for cleaning purposes by reversing the electrical drive is a by-product that is well appreciated.

Air Brake Compressor

The air brake compressor – an engine auxiliary with cyclic demand of power comes with significant idling power requirements. On E Premium tractors an electrical actuated clutch connects the air brake compressor to the electric fan drive according to the needs. Two pressure sensors located inside the air pressure tank provide the information for the controller. Being disconnected from the diesel engine also allows the compressor to fill the tank faster than on mechanic driven systems especially when the diesel engine is running on low idle and the electric drive is running on maximum speed.

A/C Compressor

On conventional tractor engine auxiliary concepts the A/C compressor is connected to the belt drive via a magnetic clutch. An electrical powered A/C compressor allows a more flexible arrangement of the components. The independency from the diesel engine speed allows operating the A/C compressor at full load even when the tractor is running on low idle and creates comfort conditions faster than a conventional system is able to do.

Alternator

Availability of adequate power generated by the crankshaft mounted generator allows for the substitution of a conventional alternator with a DC/DC converter easily integrated into the power electronics. This alternator replacement is able to exceed the current limitations given by using common 14 V belt driven alternators – leading to significant efficiency improvements. Charging will now be possible following the recommendations for optimum charging the battery provided by the battery supplier. This reduces the risk of damaging the battery by overloading and ensures optimum charging at low temperature conditions.

External power for hand tools

With higher voltage on board it is possible to offer electrical power. On tractor standstill the operator will be offered one 3 phase 400 V and one single phase 230 V power plug. If needed, both voltage and frequency could be adjusted to the county spe-

una frizione a gestione elettrica, che, a seconda delle esigenze, collega il compressore alla ventola elettrica. Due sensori all'interno del serbatoio dell'aria compressa provvedono a inviare i parametri operativi al sistema di controllo. Rispetto ai tradizionali sistemi meccanici, con questa soluzione il compressore è azionato indipendentemente dal motore, permettendo di riempire più velocemente il serbatoio dell'aria, specie nel caso in cui il propulsore dovesse girare al minimo.

Compressore dell'aria condizionata

Sui trattori tradizionali il compressore per la climatizzazione della cabina di guida è azionato da una trasmissione a cinghia attraverso una frizione magnetica. Il compressore elettrico, invece, assicura una maggiore libertà nel suo posiziona-

mento; inoltre, l'indipendenza operativa dal motore endotermico consente al compressore dell'aria condizionata di essere pienamente operativo anche a regimi ridotti del motore, ottenendo prestazioni superiori rispetto a quelle dei sistemi tradizionali.

Alternatore

Generatori connessi all'albero a gomiti permettono di produrre potenze ragguardevoli e, pertanto, di sostituire l'alternatore tradizionale con un convertitore DC/DC facilmente integrabile nell'elettronica di controllo. Grazie a tale soluzione è possibile superare i limiti connessi all'uso degli alternatori a cinghia da 14 volt – quindi migliorare sensibilmente l'efficienza di questa componente – e garantire condizioni di ricarica ottimali delle batterie (secondo le indicazioni del costruttore) anche al-

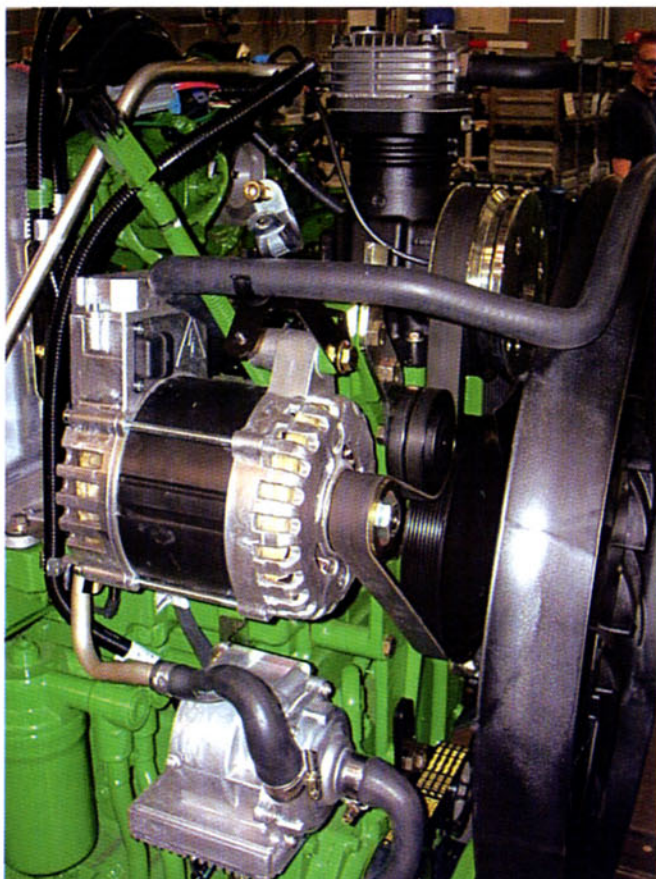
le basse temperature, riducendo così il rischio di danni da sovraccarico.

Derivazione di potenza per attrezzi manuali

Avere a disposizione un sistema elettrico a più voltaggio a bordo permette alla trattoria di produrre energia elettrica anche per azionare attrezzi esterni. Quando la motrice è ferma l'operatore ha a disposizione ben tre prese di potenza da 400V a tre fasi e una da 230V monofase. Se necessario, è possibile adeguare voltaggio e frequenza della corrente alle specifiche dei singoli Paesi. Queste prese sono progettate per alimentare utensili o macchine agevolatrici manuali con un assorbimento di potenza fino a 5kW.

Dispositivi di accoppiamento

Molti studi e ricerche confermano la possibilità di utilizzare dispositivi di accoppiamento azionati elettricamente, quali, a esempio, la pdp ma si tratta di soluzioni il cui sviluppo è ancora nella fase iniziale. Il prototipo Belarus punta su una pdp anteriore a doppia alimentazione (diesel-elettrica ed elettrica) mentre il progetto MELA (Mobile Elektrische Leistungs-und Antriebstechnik; Mobile electric power train technology), sviluppato in Germania grazie alle sinergie tra Università, enti di ricerca e la Fendt, ha ipotizzato la possibilità di impiegare una trasmissione a variazione continua equipaggiata con componenti elettrici al posto di quelli idraulici. John Deere, infine, ha mostrato uno studio di fattibilità relativo a una pdp a va-



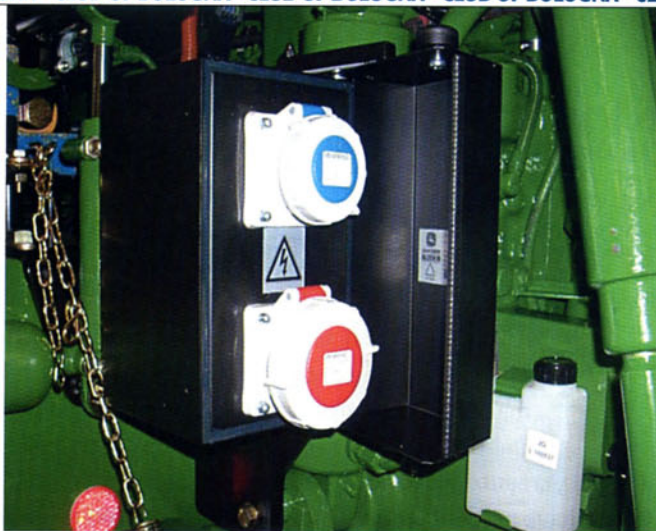
cific needs. These power outlets are rated to support handheld tools up to 5 kW power consumption. Efficiency compared to the same tractor with a conventional electrical system.

Traction drives

Using electrical powered traction drives is possible and proven by concept studies for i.e. an electrical driven PTO but this area is still in an early stage of development. The Belarus tractor prototype uses a diesel-electric concept as well as an electrical powered front PTO [8]. The MELA study describes a continuous variable transmission with electric instead of hydraulic drives. John Deere has shown a concept study with an infinite variable electrical driven PTO.

Energy Storage

Storing the energy has been an area that is mainly driven by new technologies of batteries. The automotive industry has the lead on this and developments that are done in this area could be adapted to agricultural needs when available. Fuel



riazione infinita e ad azionamento elettrico.

Stoccaggio dell'energia

L'accumulo dell'energia elettrica dipende soprattutto dallo sviluppo di batterie di nuova generazione. In questo ambito è l'industria dell'automobile a dettare i tempi dell'innovazione

tecnologica ma i progressi potrebbero essere trasferiti anche nel comparto della meccanizzazione agricola. Attualmente anche la tecnologia delle "fuel cell" ha raggiunto lo stadio del prototipo: all'edizione del 2009 del Sima di Parigi Cnh ha presentato l'NH2, un trattore alimentato proprio da celle a combustibile.

Macchine agricole azionate con energia elettrica

Il prossimo step innovativo consiste nella realizzazione di macchine agricole azionate elettricamente: il compito di generare la potenza necessaria sarà naturalmente affidato alla trattrice. Si tratta di una strada percorribile, come dimostra lo spandiconcime Edr sviluppato dalla tedesca Rauch. I principali vantaggi derivanti dall'uso di operatrici elettriche sono: riduzione dei costi grazie a un controllo ottimale del flusso di potenza; ottimizzazione della distribuzione della potenza nelle varie componenti della macchina; possibilità di disporre di un vero e proprio

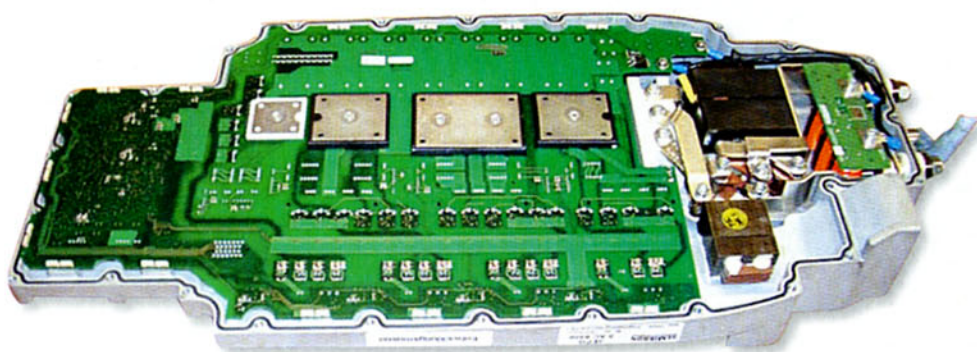
OLS california
trinciasarmenti / trinciasocchi ad alta velocità
high speed stalk mulcher

**forti e affidabili
strong & reliable**
www.youtube.com/seppimulcher

MINI-BMS
trinciatrice forestale leggera per escavatori 5-10 t
light forestry mulcher to fit excavators 5-10 t

STARFORST
trinciatrice forestale potente, ma facilmente manovrabile
strong yet easy to maneuver forestry mulcher

seppi m.
MULCHING EQUIPMENT SPECIALISTS



sistema "plug & play"; valorizzazione dei sistemi di connessione-controllo tipo Iso-bus. Simile nell'architettura alle macchine tradizionali, la trattore costituirà la "fonte" energetica per le operatrici accoppiate ma, rispetto ai sistemi di trasmissione idraulica, potrà offrire un numero maggiore di punti di prelievo.

Nel caso particolare di operatrici dotate di diversi dispositivi azionati elettricamente, un apposito sistema di controllo troverà posto sulle macchine. Per adattare le operatrici ad azionamento elettrico alle trattore già circolanti, (e quindi meno compatibili rispetto ai nuovi trattori dotati di sistemi di gene-

razione di potenza elettrica), è possibile pensare a soluzioni intermedie.

Conclusioni

Le trasmissioni elettriche hanno fatto la loro comparsa anche nel settore della meccanizzazione agricola ed è già

cells have already reached the prototype stadium. CNH has presented a fuel cell powered tractor called NH2 on SIMA Fair 2009.

Implement electrification

The application of electric drives on implements -power to be provided by the tractor - is the next step and already proven to be functional with the Rauch electrically actuated fertilizer spreader EDR. Main benefits for implements are obviously: enhanced controllability of power flow and therefore the reduction of input costs, optimized power distribution across implement structures, real plug & play for implements, enhancement to ISOBUS automation features.

Similar to common architectures the tractor will represent the power source and - comparable to hydraulic drive systems - provide an adequate number of controlled power outputs. If particular implement designs incorporate an increased number of independently controlled drive systems, power electronics, the "control valves" of electric machines, will also be located on the implement. Mitigation scenarios will likely incorporate retrofit solutions to adapt



www.cbmgroup.it

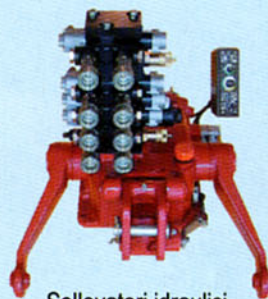
SPECIALISTI IN SISTEMI DI AGGANCIAMENTO, TRAINO E SOLLEVAMENTO ATTREZZI PER TRATTORI AGRICOLI, FORESTALI E MACCHINE MOVIMENTO TERRA



Ganci Traino Automatici Slider "Monoleva"



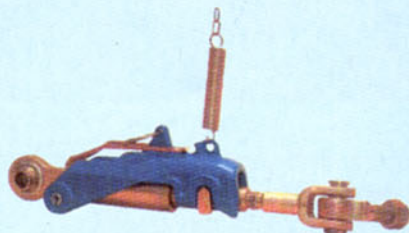
Terzi punti idraulici con ganci automatici



Sollevatori idraulici



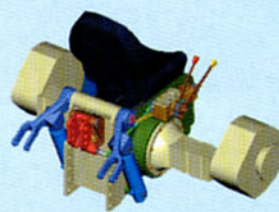
Ganci automatici per 3° Punto



Stabilizzatori automatici laterali



Ganci automatici per Bracci inferiori



Gruppi di comando rinviato dello sforzo e della posizione CR90 - CR100

CBM S.p.A. - Via L. Gazzotti, 284 - 41122 MODENA - ITALIA
Tel. +39 059 287911 - 284084 - Fax +39 059 280876
E-mail: info@cbmspa.com - www.cbmspa.com

MITA Oleodinamica S.p.A. - Via C. Cipolla, 12 - 37039 TREGNAGO (VR) - I
Tel. +39 045 780.8900 (r.a.) - Fax +39 045 780.8162
E-mail: info@mitaoleodinamica.com - www.mitaoleodinamica.com

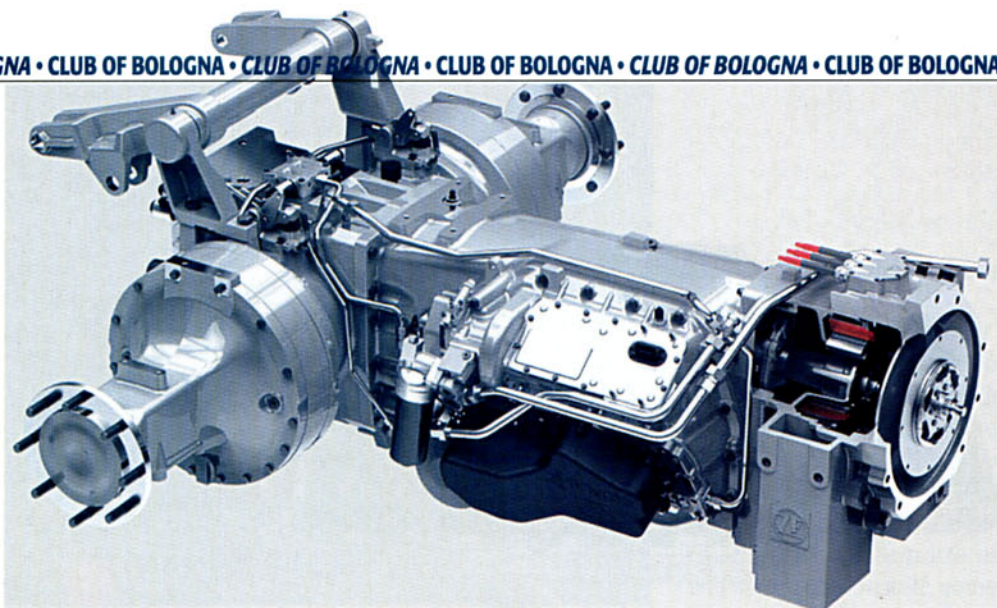
latest electrically driven implements to existing tractors, given a potentially lower feature availability in comparison to tractor integrated power generation systems.

Summary and Vision

Electric drives have entered the arena of agricultural machinery. Electrical driven tractor engine auxiliaries have already been introduced to a serial production tractor. Providing just the required power to auxiliary drives independent from the diesel engine speed increases the tractor efficiency or allows being more productive. Intelligent control of auxiliary drives helps to reduce fuel consumption.

The tractor-implement system electrification represents the next mayor step towards future machine systems. Transfer of technology coming from automation industry and automotive applications is possible in regard of agricultural machines. Agricultural system engineering will apply electric drive technologies to optimize processes and reduce input costs. This technology has the potential to become a new milestone in the history of agricultural equipment.

Eckhard A. Buning



iniziata la produzione in serie di trattori equipaggiati con dispositivi ausiliari del motore a gestione elettrica. La possibilità di alimentare dispositivi elettrici con potenza generata indipendentemente dal motore endotermico, aumenta l'efficienza del trattore e permette di lavorare in modo più produttivo. Inoltre, il con-

trollo intelligente di questi dispositivi riduce il consumo di carburante. In questo scenario, la realizzazione di macchine operatrici i cui organi sono mossi elettricamente rappresenta il prossimo passo sostanziale nello sviluppo della meccanizzazione agricola. E' in questo senso fortemente auspicabile il trasfe-

rimento al comparto agricolo delle innovazioni tecnologiche messe a punto dall'industria dell'automobile e dell'automazione. L'ingegneria agraria farà certamente ricorso in futuro alla tecnologia della trasmissione elettrica per ottimizzare i processi produttivi e ridurre i costi.

Eckhard A. Buning

Soluzioni innovative, da sempre



Alla richiesta di macchine sempre più funzionali ed efficienti, Comer Industries risponde con le innovative soluzioni frutto delle competenze tecniche del Centro Ricerche di Meccatronica dell'azienda.

Miglioramento delle prestazioni della macchina, aumento del risparmio energetico, flessibilità nella progettazione.



comer industries
planet in motion

www.comerindustries.com