

MARCO VIERI*

Dispositivi di disaccoppiamento rapido automatico

PREMESSA

La ricerca ISPESL B/05/DTS/01: *Giunto elettromagnetico: miniaturizzazione ed applicazione su diversi tipi di macchine agricole per verificarne la funzionalità ed i limiti di utilizzo*, scaturita nell'ambito della collaborazione che il DIAF ha svolto fin dal 1992 con l'ISPESL, impostata congiuntamente con il Dr. Vincenzo Laurendi, già Dottore di Ricerca presso questo Dipartimento, ha visto la collaborazione di tecnici, ricercatori e operatori dell'industria delle macchine e delle aziende a produzione agricola.

Un particolare ringraziamento al Dr. Gerardo Lotrecchiano il quale ha curato le indagini, il collegamento con le aziende agricole, l'applicazione dei dispositivi e l'esecuzione delle prove in campo.

L'attività di ricerca interna al Dipartimento è stata attuata con l'indispensabile competenza del Sig. Giancarlo Cosi, tecnico di laboratorio, il quale ha avuto la responsabilità della realizzazione dei progetti del sistema di sicurezza e delle prove in campo.

Si ringraziano inoltre: la ditta Baruffaldi per aver fornito le frizioni elettromagnetiche utilizzate nell'ambito delle prove; l'azienda agricola "Barbagallo" per aver messo a disposizione macchine e appezzamenti nel corso delle prove in campo.

INTRODUZIONE

Le statistiche sugli infortuni connessi con l'uso delle macchine operatrici agricole evidenziano come molti degli incidenti in campo avvengano soprattutto

* DIAF Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale dell'Università degli Studi di Firenze

SETTORE	MACCHINE	OPERATORI
Agricoltura	18 %	37 %
Industria e terziario	7 %	26 %

Tab. 1 *Quote percentuali sul totale degli infortuni attribuite alle macchine (rotture e malfunzionamenti e agli operatori (comportamenti errati) nell'anno 1997*

durante gli interventi per ovviare ad avarie della macchina (es. ingolfamento degli organi di presa) e non durante le normali fasi di lavoro. Nelle macchine di raccolta la zona caratterizzata da maggiore pericolosità è quella relativa all'alimentazione dove sono presenti organi di presa in movimento; è in tale zona che, a seguito di comportamenti errati e azzardati, si verificano gli eventi più gravi. Per prevenire questi inconvenienti le normative prevedono che la parte superiore della luce di alimentazione sia protetta con barre fissate alla macchina per impedire eventuali contatti con gli organi in movimento durante le fasi di lavoro. Ciò nonostante tali dispositivi in alcuni casi si sono dimostrati inefficaci, rappresentando inoltre un ulteriore impedimento per l'operatore.

Nell'ambito delle ricerche che il DIAF sta conducendo è stato realizzato un sistema di interruzione della trasmissione del movimento degli organi lavoranti per mezzo di una frizione elettromagnetica che necessita di una corrente elettrica per l'accoppiamento dei due dischi. Tale corrente può essere controllata direttamente da microinterruttori o da sensori posti nei punti critici della macchina.

Il "giunto elettromagnetico" può essere applicato in posizione fissa sul trattore o sulla operatrice, oppure, come nella prima applicazione da noi sperimentata, direttamente sul giunto cardanico di trasmissione.

Le prove condotte hanno dimostrato l'affidabilità del sistema e la possibile applicazione soprattutto sui trattori sprovvisti di controlli remoti della presa di potenza.

La tabella 1 mostra con evidenza come gli incidenti sul lavoro siano dovuti in gran parte a comportamenti errati degli operatori piuttosto che alla macchina (rotture o malfunzionamento).

È questo un problema molto grave, dovuto a un'utilizzazione ancora troppo approssimativa della "risorsa macchine"; il limitato controllo del rischio insieme agli elevati costi di gestione differenzia infatti l'attività produttiva agricola da tutte le altre. Una carenza di programmazione e di logica procedurale nell'impostazione e nei controlli delle operazioni determina troppo

spesso incidenti agli operatori e danni meccanici che potevano essere prevenuti. Tutto ciò ha indotto normative sempre più severe per cercare di superare tali mancanze con dispositivi atti a impedire operazioni pericolose. Il sistema maggiormente utilizzato per prevenire incidenti connessi con gli organi di presa, di sollevamento e di alimentazione delle macchine consiste nell'adozione delle barre distanziatrici, come indicato dalle norme tecniche internazionali e nazionali. D'altronde solo appropriati dispositivi per fermare gli organi in movimento possono efficacemente ridurre il rischio; la tipologia più diffusa di tali dispositivi è costituita dai limitatori di coppia, aventi la funzione di interrompere il movimento tra organo conduttore e organo condotto quando la coppia supera il valore massimo prestabilito. Questi sono adottati soprattutto per proteggere la catena cinematica della macchina da eventuali rotture e intervengono soprattutto in caso di picchi di coppia: normalmente prevedono un componente sacrificale come bulloni o spine di sicurezza, barrette di trazione, pastiglie in leghe fusibili, oppure giunti di frizione o arpionismi a molla.

La coppia necessaria per attivare tali dispositivi supera quella continuativa in lavoro e questa a sua volta è ampiamente superiore a quella che può provocare gravissimi danni all'uomo.

È quindi necessario che un sistema di blocco della trasmissione intervenga sì al raggiungimento di un momento resistente limite, ma anche in particolari situazioni di rischio; ed è importante che il suo riavvio sia possibile solo attraverso apposito consenso, dopo il ripristino delle condizioni di sicurezza.

Nel perseguire questo obiettivo è stato realizzato e sperimentato un nuovo sistema per interrompere la trasmissione del moto al giunto cardanico, basato sull'impiego di una frizione elettromagnetica.

LA RICERCA

La frizione elettromagnetica necessita di una corrente elettrica per l'accoppiamento dei due dischi e tale corrente può essere controllata direttamente da microinterruttori o da specifici sensori posti nei punti critici della macchina che intervengono interrompendo il movimento al superamento di condizioni prestabilite.

I sensori applicabili al sistema sono molteplici e vanno dai torsiometri elettronici per misurare il momento trasmesso, a sensori di slittamento dei dischi, o anche a semplici microinterruttori. Vi è poi tutta una gamma di

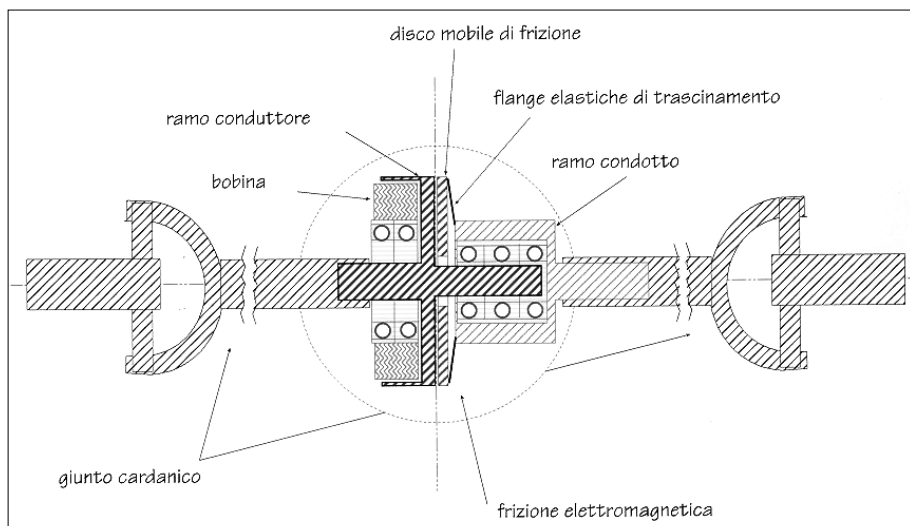


Fig.1 *Rappresentazione del primo giunto di sicurezza realizzato presso il DIAF*

sensori ottici o a ultrasuoni che emettono un segnale quando una persona o un corpo estraneo oltrepassa la cosiddetta “zona di rispetto”; questo segnale, rilevato dal circuito elettronico di controllo, provoca l’interruzione della corrente elettrica che attiva l’accoppiamento dei dischi di frizione con interruzione immediata della presa di potenza.

La scelta del sensore che dia maggiore affidabilità è ancora allo studio, in ogni caso, stante le molteplici soluzioni proposte dalla odierna tecnologia sensoristica, il problema si pone in termini di valutazione dei requisiti di semplicità ed economicità del sensore stesso: sono già disponibili sul mercato barriere di sicurezza fotoelettriche, bordi elettrosensibili, rilevatori di presenza, ecc.

Il “giunto elettromagnetico” può essere applicato in posizione fissa sul trattore o sulla operatrice, oppure, come nel primo caso da noi sperimentato, direttamente sul giunto cardanico di trasmissione.

Nella figura 1 sono evidenziati i diversi componenti della prima soluzione adottata.

Il ramo traente del giunto cardanico è accoppiato al rotore della frizione elettromagnetica. Il gruppo del rotore ha un prolungamento sul quale sono assemblati cuscinetti che supportano il ramo condotto.

All’interno del rotore vi è una bobina che, per induzione elettromagnetica, attrae il disco mobile di frizione del ramo condotto e realizza in tal modo la trasmissione del moto.

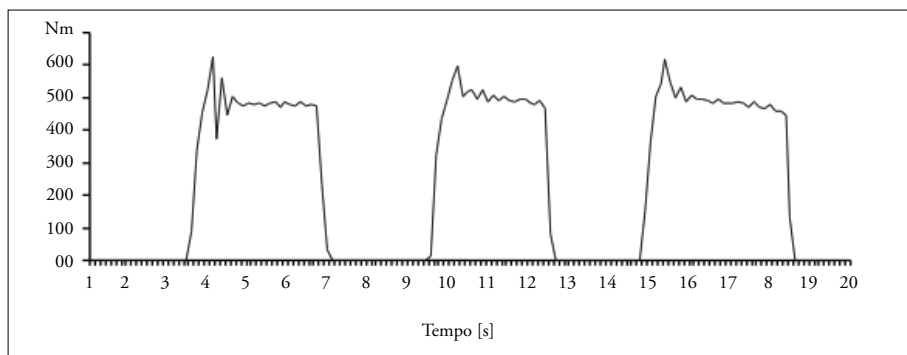


Fig. 2 Curve di coppia trasmessa con innesti successivi

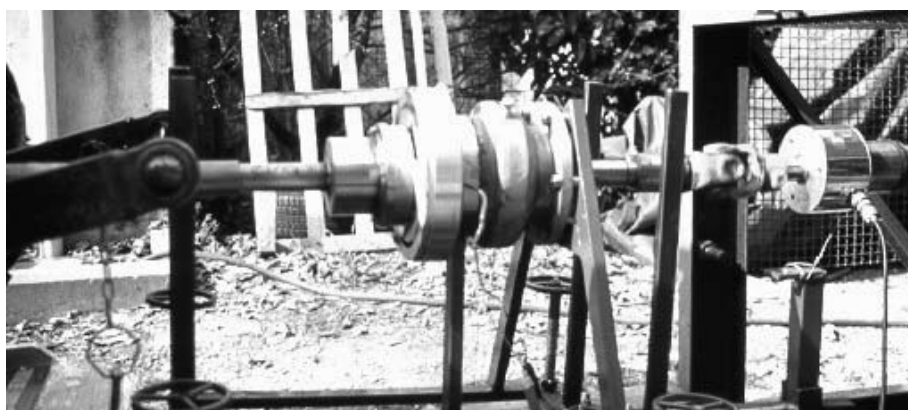


Fig. 3 Il giunto elettromagnetico collegato al trattore e al freno dinamometrico e la strumentazione di misura

Il disco mobile di frizione (ancora) è collegato al ramo condotto per mezzo di 4 flange elastiche di trascinamento che ne consentono lo spostamento assiale e garantiscono il ritorno in posizione di riposo.

Al ramo condotto è accoppiata la seconda parte del giunto cardanico che prevede anche i due elementi telescopici per consentire l'adattamento in lunghezza del giunto stesso.

Il giunto è completato poi dal sistema di sensori e dal controllo di riavvio situato nella cabina di guida.

Una prima serie di prove è stata effettuata presso il laboratorio del DIAF: nel grafico (fig. 3) è evidenziata la coppia trasmissibile massima: essa varia da valori di 300 Nm a 6 V a valori superiori a 600 Nm con valori di tensione di 12 V con



Fig. 4 *Il giunto elettromagnetico assemblabile direttamente sulla presa di potenza del trattore*

un momento limite (indicato dal costruttore) pari a 780Nm. Superati tali valori di coppia si innescano fenomeni di slittamento con instabilità del sistema.

Il grafico in figura 2 mostra una prova realizzata con carico massimo applicato in cui si interrompeva ciclicamente la tensione di 12 V. Tale prova mostra in maniera evidente che al cessare della tensione il momento trasmesso si interrompe repentinamente andando, in poche frazioni di secondo, da valori di 500 a 0 Nm.

Un ulteriore sviluppo di tale dispositivo è illustrato nella figura 4. In questo caso il giunto di sicurezza è montato direttamente sulla presa di potenza del trattore in posizione fissa. Il dispositivo è stato semplificato così da poter essere facilmente assemblato fra le due flange di accoppiamento dell'attacco per rimorchio. La nuova progettazione ha infatti ridotto gli ingombri così da poter assemblare il giunto di sicurezza direttamente alla presa di potenza del trattore.

Inoltre per valutare il grado di affidabilità del meccanismo sono state condotte prove in condizioni limite di coppia motrice trasmessa, riproducendo in questo modo fasi critiche e inducendo pertanto l'interruzione della trasmissione del movimento.

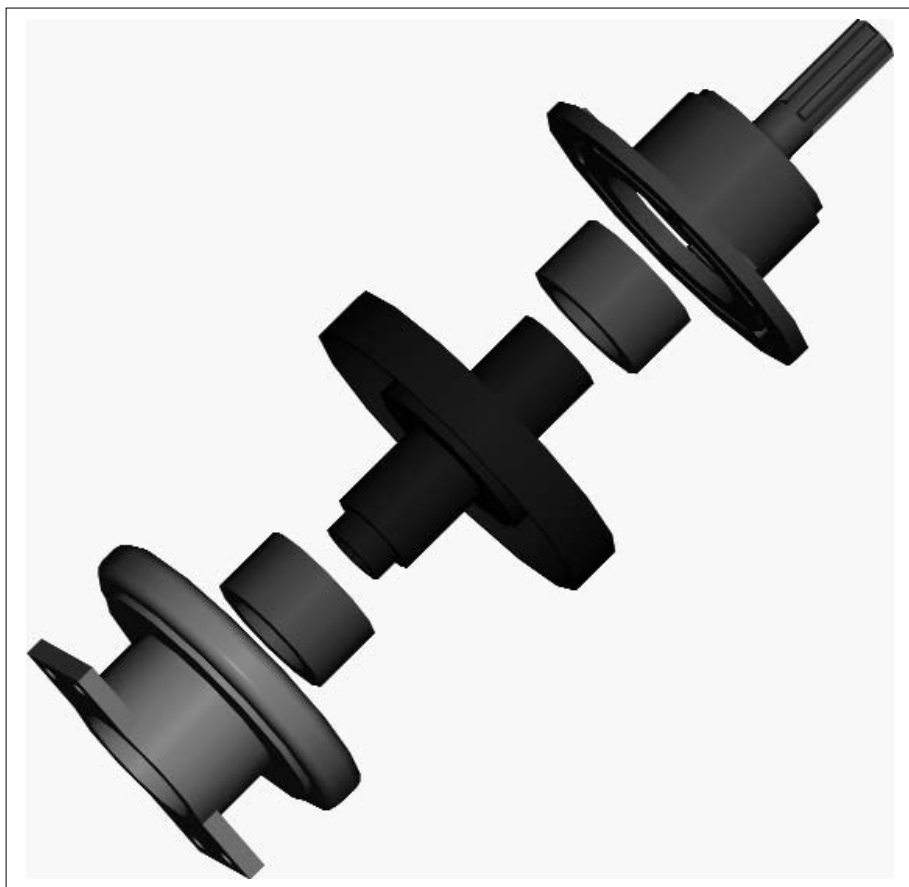


Fig. 5 *Esploso dei componenti del giunto di sicurezza*

Le prove in campo sono state effettuate durante la campagna lavorativa nei mesi di giugno e luglio 2002 presso l'azienda "Barbagallo" a Casole d'Elsa (SI), per controllare l'idoneità del sistema di protezione durante le operazioni di raccolta di foraggio e paglia.

Il sistema era così composto:

- rotoimballatrice GALLIGNANI, modello 2500 SL. La macchina è una pressa raccoglitrice trainata e azionata da un trattore, per la raccolta di andane di paglia e foraggi e la compressione di tali prodotti in balle cilindriche; esegue automaticamente anche la legatura e lo scarico a terra delle rotoballe. La camera di compressione è a volume costante con avvolgimento a mezzo di cinghie di diversa larghezza. Il tamburo raccoglitore a denti retrattili ha una larghezza di lavoro di 1680 mm;

- trattore SAME, modello SILVER 90 DT;
- sistema di protezione composto dal giunto di protezione e sensori di azionamento che delimitano la zona del *pick-up*. I sensori “emettitori” (fotocellule a infrarossi) sono stati ancorati sui carter laterali della rotoimballatrice, alle estremità della zona del *pick-up*, a un’altezza da terra di circa 120 cm; i sensori riceventi sono stati posti alla stessa altezza, fissati al timone di traino della macchina raccogliitrice e distanti circa 30 cm dal gancio che assicura la macchina operatrice al trattore; con tale disposizione, il raggio delle fotocellule deve coprire una lunghezza di 160 cm su ogni lato del traino per controllare l’accesso alla zona di alimentazione della rotoimballatrice. Per le particolari condizioni di utilizzo con elevate vibrazioni e polverosità si sono adottati sensori con portata massima di 50 m e con raggio di grande diametro. Ogni volta che il raggio delle fotocellule viene interrotto si ha il blocco immediato del movimento di tutti gli organi lavoranti, dovuto alle resistenze meccaniche della rotoimballatrice. Le fotocellule sono state poste a una altezza tale da non essere intercettate dall’andana. La scatola di comando del circuito elettrico, su cui si trova il pulsante di riarmo del sistema è stata posizionata nella cabina del trattore, vicino al conducente.

Nelle prove di campo il giunto elettromagnetico è stato provato nelle operazioni di raccolta del fieno e della paglia per diversi giorni con un utilizzo stimato di circa 25 ore. La frizione elettromagnetica non ha mai dimostrato malfunzionamenti o slittamenti ed è stata constatata anche l’affidabilità meccanica dell’intero giunto, pur raggiungendo temperature elevate per il lavoro gravoso e continuato.

Per quanto riguarda la verifica del sistema di controllo, ovvero i sensori ottici a infrarossi, i maggiori problemi si sono avuti:

- nella polvere e nelle parti di prodotto raccolto che venivano sollevate dalle ruote del trattore durante le operazioni di raccolta;
- nella polvere che poteva accumularsi col tempo sui vetri a protezione dei sensori;
- nelle torsioni dovute al transito su superfici irregolari che potevano variare il corretto allineamento dei sensori;
- nell’interferenza delle lunghezze d’onda presenti nella luce solare;
- nella variabilità dell’altezza dell’andana qualora si voglia abbassare la linea di intercettazione ovvero i sensori.

Sono state fatte quindi modifiche alla forma dell’involucro protettivo dei sensori e alla loro posizione, perpendicolare rispetto al piano del terreno, per evitare l’interferenza dei materiali lavorati e per mantenere la parte sensibile delle fotocellule in una zona d’ombra.

La polvere sollevata dal trattore durante le operazioni di raccolta formava una nebbia molto fitta che in parte andava a depositarsi sui sensori e impediva, dopo circa venti minuti di lavoro continuativo, alla fotocellula ricevente di captare il segnale inviatogli dall'altro sensore; in queste condizioni la trasmissione veniva interrotta e l'alimentazione alla frizione elettromagnetica sospesa. Si è pertanto provveduto a realizzare un sistema di pulizia ad aria compressa che pulisce costantemente i sensori.

CONCLUSIONI

Il dispositivo di protezione proposto e provato è risultato pienamente affidabile e utilizzabile nell'ambito dei dispositivi di protezione di cui dotare le macchine agricole particolarmente pericolose.

Le prove in laboratorio hanno dimostrato che il giunto può operare senza problemi fino a coppie di 700 Nm, per valori di coppia motrice superiori si può ipotizzare un giunto a dischi elettromagnetici multipli. Come anticipato nelle premesse il giunto offre una protezione attiva necessitando di corrente elettrica per il suo azionamento. L'interruzione di tale corrente comporta l'arresto della trasmissione in 0,4 s.

Il sistema di sensori utilizzato per creare una barriera di controllo intorno alle zone pericolose si è rivelato affidabile con la corretta taratura e l'accorgimento di predisporre un sistema di rimozione della polvere. Molti dei problemi insorti possono essere superati con l'impiego di sensori a ultrasuoni anziché ottici, che d'altronde hanno un costo notevolmente superiore.

L'affidabilità dell'intero sistema è stata verificata nelle campagne di raccolta 2002 sia su fieno che su paglia.

Dalla valutazione di questi primi risultati è possibile trarre come considerazione di carattere *antinfortunistico* la possibilità di interruzione *immediata* e *automatica* del movimento della catena cinematica fra trattore e macchina operatrice al sopraggiungere di situazioni critiche.

Il sistema impedisce il reinnesto del giunto e quindi il movimento di qualsiasi organo posto a valle fino a che non siano state rimosse le condizioni che hanno provocato il blocco della trasmissione poiché è controllato da un circuito elettronico che interviene quando il sensore rileva condizioni di pericolo e che deve essere riattivato manualmente tramite apposito consenso e solo dopo che siano state eliminate le cause che hanno determinato la situazione critica.

Il “giunto di sicurezza” costituisce pertanto un ulteriore contributo tecnologico per aumentare le difese degli operatori durante le operazioni meccanizzate; è però necessario indurre con altrettanta energia una professionalità maggiore che, non solo escluda la manomissione dei dispositivi di sicurezza, pratica purtroppo comunemente diffusa, ma che preveda con una logica procedurale la costante valutazione della situazione in cui si opera. Troppo spesso infatti gli incidenti derivano da *imprevisti* che potevano essere *prevedibili* con un’attenta analisi dei processi produttivi. Ed è questa logica procedurale di analisi dei rischi che le azioni legislative sulla sicurezza cercano di introdurre, purtroppo con molta lentezza nel nostro settore agricolo.

RIASSUNTO

Le statistiche sugli incidenti nelle operazioni meccanizzate agricole evidenziano come molti di questi avvengano nelle fasi di manutenzione in campo. Nelle macchine di raccolta di paglia e foraggio il punto più rischioso è il pick-up che può ingolfarsi. Se il movimento agli organi non viene disinserito l’operatore il quale va a togliere il materiale ce si è ha costituito l’ingolfamento, può essere catturato dagli organi rotativi con esiti quasi sempre mortali.

Il DIAF nell’ambito delle proprie ricerche sulla sicurezza in agricoltura, ha sviluppato una frizione elettromagnetica che può togliere immediatamente il moto alla trasmissione e quindi mettere l’operatore in condizioni di sicurezza.

ABSTRACT

Statistic on accidents associated with the use of agricultural machinery highlight the fact that many of these accidents in the field occur during operation aimed at avoiding damage to the machine (pick-up component entangled, for example) and not in normal work. For the harvesting machinery, the area with the most dangerous features is the one which includes the feeder where pick-up components are in movement. In the context of research conducted by DIAF, a system has been developed for cutting off power transmitted the working components via an electro-magnetic clutch which needs electric current for engaging the two disks.