



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102019000006485
Data Deposito	02/05/2019
Data Pubblicazione	02/11/2020

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	D	3	40

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	D	3	227

Titolo

Sistema di verifica delle condizioni d'impiego di un albero cardanico per un attrezzo collegato ad una motrice, e albero cardanico equipaggiato di tale sistema

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo: "Sistema di verifica delle condizioni d'impiego di un albero cardanico per un attrezzo collegato ad una motrice, e albero cardanico equipaggiato di tale sistema"

di: BONDIOLI & PAVESI S.p.A., di nazionalità italiana, con sede in Suzzara (Mantova)

Inventore designato:

* * *

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un sistema di verifica delle condizioni d'impiego di un albero cardanico per un attrezzo collegato ad una motrice, nonché ad un albero cardanico equipaggiato di tale sistema.

L'invenzione verrà descritta con riferimento esemplificativo al settore delle macchine agricole, anche se le sue caratteristiche potranno essere adottate anche in altri settori applicativi, ad esempio ma non limitativamente nel settore delle macchine utilizzate nel settore delle costruzioni, come anche delle macchine semoventi utilizzate in ambito industriale, e simili. Con il termine "motrice", che nell'esempio non limitativo del settore agricolo è tipicamente una "trattrice", si intende una qualunque macchina in grado di trasmettere potenza meccanica ad una macchina operatrice, anche detta nel prosieguo "attrezzo".

Sfondo tecnologico

Nel settore delle macchine agricole è noto utilizzare un albero cardanico, anche detto albero cardanico primario, per trasmettere il moto rotatorio dalla presa di potenza di una trattrice, ossia di una motrice agricola, agli attrezzi agricoli, detti anche detti *implement*, collegati a detta trattrice. A loro

volta gli attrezzi agricoli possono essere dotati di alberi cardanici secondari, per distribuire il moto rotatorio dall'albero cardanico primario a vari utensili distribuiti sugli attrezzi agricoli stessi. Nella presente descrizione non si farà distinzione fra alberi cardanici primari e secondari, se non laddove indicato esplicitamente.

Un albero cardanico comprende generalmente un albero telescopico con due giunti cardanici alle sue rispettive estremità. I giunti cardanici sono destinati a connettere l'albero telescopico ad un asse conduttore, da una parte, e ad un asse condotto, dall'altra parte. L'albero cardanico consente di trasmettere il moto rotatorio anche quando l'asse conduttore e l'asse condotto sono fra loro disallineati.

Gli alberi cardanici, ed in particolare quelli utilizzati in ambito agricolo, sono soggetti a sollecitazioni notevoli e molto variabili nella loro intensità e durata. È importante notare che gli alberi cardanici utilizzati in ambito agricolo sono componenti fondamentali. Un loro malfunzionamento o cedimento comporterebbe l'interruzione di un'attività che spesso non può essere posticipata o ritardata a causa della stagionalità dei lavori agricoli. Inoltre, le elevate potenze in gioco nella trasmissione del moto agli attrezzi agricoli da parte della trattrice rendono l'albero cardanico un componente pericoloso in caso di rottura improvvisa e inaspettata. Purtroppo, molti incidenti avvengono perché, nonostante le numerose precauzioni adottate nella produzione e installazione degli alberi cardanici, nell'uso quotidiano da parte degli utenti non sempre si osservano scrupolosamente le norme d'impiego e di manutenzione.

Alla luce di quanto sopra, è evidente come nel settore sia sentita la necessità di risolvere il problema della verifica regolare delle condizioni di un albero cardanico, affinché esso sia in condizione ottimale per svolgere il suo compito senza rischi di rotture o malfunzionamenti. Si rende anche necessario risolvere il problema di segnalare agli operatori la necessità di effettuare una manutenzione sull'albero cardanico, oppure di segnalare il superamento di condizioni critiche di impiego che rendano necessario ad esempio l'immediata interruzione del lavoro in corso per evitare danni all'attrezzatura o addirittura rotture ed infortuni.

Sintesi dell'invenzione

La presente invenzione si propone di risolvere i problemi della tecnica nota sopra indicati, prevedendo una soluzione all'esigenza di fornire informazioni accurate e tempestive riguardo alle condizioni di impiego di un albero cardanico.

L'invenzione si propone inoltre di fornire una soluzione al problema di pianificare e segnalare per tempo la necessità di ricorrere alla manutenzione preventiva di un albero cardanico.

L'invenzione si propone anche lo scopo di informare riguardo allo stato effettivo dell'albero cardanico, con particolare riguardo alla sua affidabilità residua, dipendente tra l'altro dall'usura a cui sia stato sottoposto.

Non da ultimo, l'invenzione si propone di fornire un sistema di monitoraggio di un albero cardanico che sia efficace, affidabile, economico e che non richieda personale specializzato per il suo impiego.

Per raggiungere questi ed altri scopi, l'invenzione presenta le caratteristiche indicate nelle rivendicazioni annesse.

Secondo un primo aspetto, viene descritto un albero cardanico per un attrezzo che può essere collegato ad una motrice. L'albero cardanico può essere equipaggiato con un sistema di verifica delle sue condizioni d'impiego. L'albero cardanico può comprendere un corpo telescopico con due giunti cardanici d'estremità. Uno o più organi sensori possono essere montati sull'albero cardanico. L'uno o più organi sensori possono trasmettere segnali ad una centralina di raccolta dati e/o di elaborazione dati. La centralina di raccolta dati e/o di elaborazione dati può essere vantaggiosamente montata sull'albero cardanico, così da risultare prossima all'uno o più organi sensori. L'uno o più organi sensori possono essere predisposti per rilevare dati selezionati dal gruppo che può comprendere la coppia trasmessa dall'albero cardanico, e/o la velocità di rotazione dell'albero cardanico, e/o l'allungamento del corpo telescopico, e/o le vibrazioni dell'albero cardanico, e/o la temperatura dei giunti cardanici, in particolare la temperatura delle boccole di accoppiamento della crociera alle due rispettive forcelle interna ed esterna del giunto cardanico, e/o l'angolo di snodo. L'albero cardanico presenta una sensorizzazione compatta e integrata. A tale riguardo, è ulteriormente vantaggiosa la possibilità di fissare la centralina di raccolta dati e/o di elaborazione dati, secondo un aspetto particolare, ad un involucro esterno di protezione dell'albero cardanico.

Secondo un aspetto particolarmente vantaggioso, almeno uno degli organi sensori può essere montato sul corpo telescopico e può trasmettere i propri dati alla centralina attraverso un collegamento senza fili. La vicinanza della centralina all'almeno un organo sensore favorisce una elevata affidabilità del collegamento senza fili.

Secondo un altro aspetto, almeno uno degli organi sensori può essere collegato ad un circuito di trasmissione comprendente un'antenna, preferibilmente ma non esclusivamente circolare o arcuata, che può essere montata sul corpo telescopico in modo che il suo centro geometrico giaccia sull'asse longitudinale del corpo telescopico, per favorire una trasmissione affidabile.

Secondo un altro aspetto, la centralina di raccolta dati e/o di elaborazione dati può essere collegata ad un'antenna ricevente. L'antenna ricevente può essere fissata sull'involucro di protezione. Preferibilmente, ma non limitativamente, l'antenna ricevente è circolare o arcuata, e può essere disposta in modo tale che il suo centro geometrico giaccia sull'asse longitudinale del corpo telescopico per favorire una ricezione affidabile. Secondo un aspetto particolare, l'antenna ricevente può essere incorporata o co-estrusa nell'involucro di protezione, per semplicità ed affidabilità di costruzione e manutenzione.

Secondo un altro aspetto, almeno un organo sensore può essere atto a rilevare la coppia trasmessa dall'albero cardanico. Questo organo sensore può comprendere almeno un estensimetro fissato al corpo telescopico dell'albero cardanico o ad una delle forcelle. Secondo un altro aspetto, almeno un organo sensore è atto a rilevare la velocità di rotazione dell'albero cardanico. Questo organo sensore può comprendere un sensore di rilevamento di numero di giri che può essere disposto all'interno dell'involucro di protezione. Secondo un altro aspetto, almeno un sensore di rilevamento di numero di giri può rilevare la rotazione di uno dei due giunti cardanici, e preferibilmente di una sua forcella, ed ancor più preferibilmente della forcella interna.

In alternativa o in aggiunta, l' almeno un sensore di rilevamento di numero di giri può rilevare il passaggio dei lobi dell' albero telescopico.

Secondo un altro aspetto, almeno un organo sensore è atto a rilevare la temperatura dei giunti cardanici. Questo organo sensore può comprendere un sensore di temperatura ad infrarosso, oppure laser, oppure di altro genere. L' almeno un sensore di temperatura può essere disposto in modo tale da rilevare la temperatura in corrispondenza delle boccole di accoppiamento della crociera alle due rispettive forcelle interna ed esterna del giunto cardanico. Preferibilmente, un altro sensore di temperatura può servire da confronto, e può essere preferibilmente montato sull' albero cardanico in posizione tale da rilevare la temperatura ambiente.

Secondo un altro aspetto, viene descritto un sistema di verifica delle condizioni di impiego di un albero cardanico avente una o più delle caratteristiche menzionate in precedenza. Il sistema di verifica può comprendere un nodo remoto, ossia un nodo che non è montato a bordo dell' albero cardanico. Il nodo remoto può essere collegato alla centralina di raccolta dati e/o di elaborazione dati. Il collegamento del nodo remoto alla centralina può essere di tipo cablato oppure senza fili. Il nodo remoto può essere predisposto per raccogliere, e/o memorizzare e/o elaborare i dati inviati alla centralina dall' uno o più organi sensori montati a bordo dell' albero cardanico.

In sistema suddetto consente di attuare un procedimento di verifica delle condizioni di impiego di un albero cardanico del tipo sopra menzionato. Il procedimento può coinvolgere il nodo remoto collegato alla centralina in modo cablato oppure senza fili. Il procedimento può comprendere le fasi

di raccogliere e/o memorizzare e/o elaborare i dati inviati alla centralina dagli organi sensori montati a bordo dell'albero cardanico.

Breve descrizione dei disegni

Ulteriori caratteristiche e vantaggi risulteranno dalla descrizione dettagliata che segue di una forma preferita di attuazione, con riferimento ai disegni annessi, dati a titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista in prospettiva di una trattoria agricola connessa ad un attrezzo agricolo con l'interposizione di un albero cardanico;
- la figura 2 è una vista in prospettiva di un albero cardanico che riproduce aspetti della presente invenzione, in cui è stata parzialmente sezionata la protezione esterna per migliore illustrazione di componenti interni dell'albero cardanico;
- la figura 3 è un diagramma schematico del sistema di monitoraggio dello stato dell'albero cardanico e delle possibilità di comunicazione dei dati in remoto, e
- le figure da 4 a 7 illustrano rispettivamente configurazioni schematiche alternative di una crociera provvista di sensori per rilevare la temperatura del corrispondente giunto cardanico.

Descrizione dettagliata

Con riferimento ora alla figura 1, viene illustrata una trattoria agricola 10 (nel seguito anche semplicemente "trattoria") a cui è agganciato un attrezzo agricolo 12. Nella parte posteriore, la trattoria 10 è provvista di una cosiddetta presa di potenza 14 alla quale è agganciata un'estremità 16 di un albero cardanico 18, in questo caso un albero cardanico primario. L'altra estremità 20 dell'albero cardanico 18 è agganciata ad un organo distributore

22 sull'attrezzo agricolo 12. L'organo distributore 22 distribuisce il moto rotatorio ad altri alberi cardanici 24, in questo caso alberi cardanici secondari, montati sull'attrezzo agricolo 12 per trasmettere il moto a rispettivi utensili (non visibili in figura). Naturalmente, la figura 1 illustra un esempio dell'impiego di alberi cardanici, siano essi primari o secondari. Altri attrezzi agricoli possono essere dotati di un solo albero condotto al posto dell'organo distributore 22 e degli alberi cardanici secondari 24 della figura 1, la quale non deve intendersi limitativa delle possibilità di impiego della presente invenzione. Nel seguito, per semplicità di descrizione si farà riferimento all'albero cardanico primario 18, ma si intende che ogni riferimento ad esso è applicabile identicamente o analogamente anche agli alberi cardanici secondari 24, pure oggetto della presente invenzione.

Nella figura 2 è illustrato in maggior dettaglio un albero cardanico incorporante elementi della presente invenzione. L'albero cardanico 18 è formato da un corpo telescopico 26. Il corpo telescopico 26 comprende un tubo interno 27 ed un tubo esterno 28. Il tubo interno 27 e il tubo esterno 28 hanno preferibilmente un profilo sagomato, ad esempio un profilo scanalato, per cui risultano accoppiati fra loro rigidamente in rotazione, mentre possono scorrere telesopicamente in senso longitudinale l'uno rispetto all'altro. Il corpo telescopico 26 può in questo modo assecondare, almeno entro certi limiti, le variazioni della distanza fra trattrice e attrezzo o macchina operatrice, che si verificano ad esempio in fase di manovra o a causa delle asperità del terreno. Al posto del tubo interno 27 può essere utilizzata una barra piena, ad esempio una barra scanalata. Alle due estremità 16, 20 del corpo telescopico 26 sono fissati due rispettivi giunti cardanici 29a, 29b. Ciascuno di

questi giunti cardanici 29a, 29b comprende una rispettiva crociera 30a, 30b su cui si articolano due rispettive forcelle interne 31a, 31b e due rispettive forcelle esterne 32a, 32b. Le forcelle interne 31a, 31b sono fissate alle rispettive estremità 16, 20 del corpo telescopico 26.

L'albero cardanico 18 è protetto esternamente da un involucro di protezione 33 telescopico, comprendente una porzione tubolare interna 33a che scorre in una porzione tubolare esterna 33b. L'involucro di protezione 33 comprende due cuffie di estremità 33c, 33d montate rispettivamente all'estremità della porzione tubolare interna 33a e della porzione tubolare esterna 33b. L'involucro di protezione 33, realizzato preferibilmente di materiale plastico, non ruota assieme al corpo telescopico 26 e ai giunti cardanici 29a, 29b, e pertanto rimane fisso in rotazione rispetto alla trattrice.

L'albero cardanico 18 è configurato in modo tale da consentire di rilevare e monitorare le principali grandezze fisiche responsabili del corretto funzionamento della trasmissione cardanica, come specificato meglio nel seguito. La descrizione e le figure riguardano un esempio di attuazione completo di tutte le caratteristiche e delle opzioni sui sistemi di monitoraggio. Resta inteso che possono essere previste varianti comprendenti un numero inferiore di sistemi di monitoraggio, a seconda di specifiche esigenze, configurazioni o necessità anche di tipo economico.

La rilevazione dei dati è affidata a sistemi di sensori i cui segnali sono raccolti da una centralina 34 di ricezione dati montata sopra o dentro all'involucro di protezione 33. Come illustrato schematicamente nella figura 3, la centralina 34 a sua volta può essere collegata ad un elaboratore elettronico 35, ad esempio un PC, attraverso un collegamento cablato o senza fili.

Più in generale, la centralina 34 può essere configurata per connettersi in modo noto, ed in particolare con una connessione senza fili, ad un nodo remoto 36 quale un server, uno smartphone, un data center, un'applicazione, un web service, e così via.

La centralina 34 può essere alimentata elettricamente dalla trattrice 10 o dall'attrezzo agricolo 12, mediante una connessione cablata. In alternativa, può essere previsto un generatore 17 di energia elettrica montato a bordo dell'albero cardanico 18. Il generatore 17 sfrutta l'energia cinetica di rotazione di un rotore 19 solidale al corpo telescopico 26 rispetto ad uno statore 21 solidale all'involucro di protezione 33 fisso. Oltre ad alimentare la centralina 34, il generatore 17 può essere utilizzato per rilevare la velocità di rotazione dell'albero cardanico 18.

L'albero cardanico 18 è predisposto per rilevare la coppia alimentata dalla presa di potenza della trattrice 10 e trasmessa attraverso di essa alla presa condotta sull'attrezzo agricolo 12. Nell'esempio di realizzazione illustrato, il sensore di coppia comprende un estensimetro 37 fissato al corpo telescopico 26, preferibilmente ma non esclusivamente sulla superficie esterna del tubo esterno 28, mediante una copertura o fascia di fissaggio (non mostrata nelle figure). Accanto all'estensimetro 37 e alla sua fascia di fissaggio può essere realizzato un circuito di condizionamento 38 del segnale dell'estensimetro 37. L'estensimetro 37 è collegato ad un circuito amplificatore di segnale 39 (vedi fig. 3), ad un eventuale modulo radio modulatore/demodulatore 39c e ad un'antenna 40. L'antenna 40 è fissata al corpo telescopico 26, in particolare attorno al tubo esterno 28.

L'antenna 40 è circolare o arcuata, ed è disposta in modo che il suo centro geometrico giaccia sull'asse longitudinale del corpo telescopico 26, che è la parte rotante dell'albero cardanico 18. Un'antenna ricevente 41 è fissata sull'involucro di protezione 33 fisso. L'antenna ricevente 41 può essere montata sull'involucro di protezione 33, oppure può essere anche incorporata in esso o co-estrusa in esso. L'antenna ricevente 41 è collegata alla centralina 34 montata sopra o dentro all'involucro di protezione 33. L'antenna ricevente 41 è circolare o arcuata, ed è disposta anch'essa preferibilmente in modo tale che il suo centro geometrico giaccia sull'asse longitudinale del corpo telescopico 26. Questa configurazione può consentire anche di alimentare l'amplificatore di segnale dell'estensimetro 37 con il meccanismo dell'induzione magnetica, sfruttando l'energia cinetica di rotazione del corpo telescopico 26, evitando così vantaggiosamente una connessione elettrica materiale con la trattrice.

La trasmissione dei dati fra estensimetro 37 e centralina 34 può avvenire tramite induzione magnetica o mediante modulo radio, come sopra menzionato. Il circuito amplificatore di segnale 39 ha dimensioni molto ridotte, ed è realizzato su PCB flessibile, che ad esempio forma la fascia di fissaggio 38 o è parte di essa. In questo modo, il circuito amplificatore di segnale 39 può essere facilmente fissato, ad esempio mediante incollaggio, alla superficie curva del corpo telescopico 26. In una forma di attuazione, il circuito di amplificazione 39 incorpora l'estensimetro 37. In una variante, non illustrata, l'estensimetro 37 è montato su una delle forcelle, ad esempio una delle forcelle interne 31a, 31b.

Il circuito di amplificazione 39 comprende un circuito di lettura e condizionamento del segnale 39a, che adatta ed amplifica il segnale dell'estensimetro 37 così che possa essere acquisito da un microcontrollore 39b. Il microcontrollore è corredato di un circuito di logica e gestisce un eventuale modulo trasmettitore 39c, ad esempio un modulo radio o un modulo di trasmissione per induzione magnetica, al fine di comunicare bidirezionalmente con la centralina 34.

Secondo un altro aspetto, l'albero cardanico 18 è predisposto per rilevare le vibrazioni a cui è soggetto. A questo proposito, su di esso è montato un sensore accelerometrico 44. Come visibile nella figura 2, il sensore accelerometrico può essere montato sulla centralina 34. In questa posizione, il sensore accelerometrico 44 può misurare le oscillazioni delle vibrazioni sull'involucro di protezione 31. In aggiunta o in alternativa, il sensore accelerometrico 44 può essere fissato al corpo telescopico 26 in una posizione in cui l'ampiezza delle vibrazioni sia normalmente più significativa, ad esempio circa nel mezzo del corpo telescopico 26, sopra al tubo esterno 28. Il sensore accelerometrico può essere di tipo monoassiale, biassiale o triassiale, in quest'ultimo caso per rilevare le oscillazioni lungo le tre dimensioni spaziali. Il sensore accelerometrico 44 può essere collegato allo stesso circuito amplificatore di segnale 39 utilizzato per l'estensimetro 37. In alternativa, il sensore accelerometrico 44 può essere collegato ad un circuito amplificatore ad esso dedicato. Come avviene per gli altri segnali generati dai sensori montati sull'albero cardanico 18, anche il sensore accelerometrico 44 invia alla centralina 34 i propri segnali di accelerazione, proporzionali alle vibrazioni dell'albero cardanico 18 durante il suo impiego. Possono essere impiegati

anche diversi sensori accelerometrici, distribuiti sul corpo telescopico 26 e/o sull'involucro di protezione 33.

Secondo un altro aspetto, l'albero cardanico 18 è predisposto per rilevare la lunghezza di sfilo, ossia l'allungamento tra il tubo interno 27 e il tubo esterno 28 per il quale la minima sovrapposizione consentita è quella per il cui il corpo telescopico 26 raggiunge la massima lunghezza ammessa. A questo proposito, è previsto un sensore 46, ad esempio un sensore capacitivo, che può essere montato sulla porzione tubolare esterna 33b dell'involucro di protezione 33. Sulla porzione tubolare interna 33a dell'involucro di protezione 33 viene realizzata una pista 47 rilevata dal sensore 46. La pista 47 ha una lunghezza predeterminata e atta ad individuare la lunghezza di sfilo massima ammessa in sicurezza. Nel caso in cui l'albero cardanico 18 si allunghi oltre la minima sovrapposizione consentita, il sensore invia un segnale alla centralina 34. La lunghezza di sfilo può essere rilevata anche mediante sistemi di sensori di tipo differente. Ad esempio è possibile prevedere una guida ottica o magnetica, in cui l'elemento rilevabile è posizionato sulla - o estruso nella - porzione tubolare interna 33a dell'involucro di protezione 33, mentre l'elemento sensibile si trova sulla porzione tubolare esterna 33b dell'involucro di protezione 33. Secondo un'altra variante, il sensore per rilevare la lunghezza di sfilo è realizzato mediante una banda potenziometrica, che sostanzialmente fornisce un valore di resistenza elettrica proporzionale alla lunghezza di sfilo. In termini più generali, nel caso in cui sia di interesse rilevare solo il raggiungimento di un limite di soglia della lunghezza di sfilo, è possibile utilizzare un sensore di fine corsa, che ad esempio generi un contatto elettrico on/off. A seconda infatti delle caratteristiche e delle op-

zioni di monitoraggio desiderate, è possibile predisporre il sistema in modo tale che venga semplicemente rilevato un valore di soglia oltre il quale ad esempio emettere un avviso o un allarme. Il valore di soglia può essere impostato fisicamente, ad esempio mediante la predisposizione di un contatto elettrico on/off in posizione predeterminata sull'albero telescopico, oppure elettronicamente impostando un valore di soglia in un sistema di misura della lunghezza di sfilo. In quest'ultimo caso, le potenzialità del sistema consentono di misurare e monitorare in continuo la lunghezza di sfilo, con conseguente possibilità di elaborazione completa dei dati di impiego dell'albero cardanico.

Secondo un altro aspetto, l'albero cardanico 18 è predisposto per rilevare la velocità di rotazione a cui è sottoposto. Nel caso in cui l'albero cardanico sia provvisto del generatore 17, esso provvederà a fornire alla centralina 34 il dato sul numero di giri al minuto compiuto dal rotore 19 rispetto allo statore 21. In aggiunta alla misura effettuata tramite il generatore 17, o in alternativa nel caso in cui esso non sia presente e l'alimentazione elettrica sia fornita dalla trattrice 10 o dall'attrezzo agricolo 12, la velocità di rotazione può essere rilevata da un sensore dedicato. Ad esempio, un sensore di rilevamento di numero di giri RPM 48 può essere disposto all'interno dell'involucro di protezione 33, preferibilmente in una delle due cuffie 33c, 33d, in modo tale da risultare in prossimità della forcella interna 31a, 31b di uno dei due giunti cardanici 29a, 29b. Il sensore RPM 48 è così in grado di rilevare il passaggio dei bracci della forcella, da cui ricavare il numero di giri dell'albero cardanico 18. In alternativa, è possibile prevedere una serie di magneti montati con disposizione regolare in corrispondenza dei lobi, ossia dei denti,

del corpo telescopico 26, ad esempio sul tubo esterno 28. Un sensore ad effetto Hall posto sull'involucro di protezione 33 può quindi rilevare il passaggio dei magneti nella rotazione del corpo telescopico 26. Vantaggiosamente, la posizione longitudinale dei magneti e del sensore ad effetto Hall è in prossimità della centralina 34.

La misura della velocità di rotazione dell'albero cardanico è importante anche ai fini della verifica del disallineamento dell'attrezzo agricolo 12 rispetto alla trattrice 10. In particolare, nella trasmissione di moto attraverso un albero cardanico, un disallineamento dell'attrezzo agricolo rispetto alla trattrice si traduce nell'angolazione del cardano stesso. Se si considera che la velocità di rotazione della forcella motrice è, in buona approssimazione, costante, la forcella condotta ruota ad una velocità istantanea variabile al variare dell'angolo di disallineamento. Sussiste infatti una relazione tra la velocità di rotazione dell'albero cardanico ed il suo angolo di snodo. Conoscendo con sufficiente risoluzione il valore istantaneo della velocità di rotazione in uscita su ogni giro è pertanto possibile risalire alla componente di disallineamento attraverso l'ampiezza ed eventualmente la frequenza delle oscillazioni. Tale valore può essere calcolato con maggior precisione rilevando, oltre alla velocità di rotazione istantanea dell'albero cardanico, anche la velocità di rotazione in corrispondenza della forcella motrice, ossia la velocità di rotazione della presa di potenza 14 della trattrice 10.

Secondo un altro aspetto, l'albero cardanico 18 è predisposto per rilevare la temperatura delle crociere 30a, 30b dei giunti cardanici 29a, 29b. A tale proposito sono previsti sensori di temperatura 50a, 50b rispettivamente in corrispondenza di ciascuna delle cuffie di estremità 33c, 33d. I sensori di

temperatura 50a, 50b possono essere del tipo a tecnologia infrarossa o laser. In tal caso, essi possono essere montati nell'ambiente interno della rispettiva cuffia di estremità 33c, 33d, puntati in modo da monitorare le estremità delle crociere, ossia i cuscinetti a rulli che sono zone particolarmente interessate all'attrito, con conseguente rischio elevato di usura. Preferibilmente, la temperatura di ciascuna crociera 30a, 30b viene determinata calcolando la media delle temperature rilevate in corrispondenza delle quattro boccole di accoppiamento della crociera alle due rispettive forcelle interna ed esterna. In alternativa, possono essere previsti sensori di temperatura d'aria montati all'interno delle cuffie di estremità 33c, 33d, che rilevano la temperatura delle masse d'aria centrifugata scaldate dalle boccole delle crociere 30a, 30b. Preferibilmente, un ulteriore sensore, ad esempio in prossimità della centralina 34 o direttamente assemblato sul PCB della centralina stessa, rileva la temperatura ambiente e viene utilizzato come riferimento, in modo tale da risalire alla temperatura dei giunti tenendo conto del loro irraggiamento di energia termica all'interno della cuffia.

La temperatura di una o entrambe le crociere 30a, 30b dei giunti cardanici 29a, 29b, ed in particolare la temperatura delle estremità delle crociere stesse dove sono alloggiati i cuscinetti a rulli, può essere monitorata anche attraverso uno dei sistemi alternativi illustrati nelle figure da 4 a 7.

Nella soluzione illustrata schematicamente in figura 4, un PCB 60a è montato sulla crociera 30a e/o 30b, preferibilmente al centro di essa. Il PCB 60a può essere montato indifferentemente sul lato della crociera affacciato al corpo telescopico 26 o sul suo lato opposto. Il PCB 60a è alimentato da una o più batterie (non illustrate), ad esempio montate a bordo della crocie-

ra. In alternativa, il PCB 60a può essere alimentato allo stesso modo sopra descritto in relazione all'amplificatore di segnale dell'estensimetro 37, attraverso l'energia generata con il meccanismo dell'induzione magnetica, sfruttando l'energia cinetica di rotazione del corpo telescopico 26. Il PCB 60a comprende un modulo di trasmissione radio che consente di trasmettere alla centralina 34 i dati rilevati da un sensore di temperatura 62. Nella configurazione specificamente illustrata in figura 4, il sensore di temperatura 62 è unico ed è montato sul PCB 60a, al centro della crociera 50a e/o 50b.

Nella variante illustrata nella figura 5, un PCB 60b è montato sulla crociera 30a e/o 30b. Il PCB 60b presenta le medesime caratteristiche del PCB 60a precedentemente descritto con riferimento alla figura 4, che non verranno quindi ripetute. Nella configurazione specificamente illustrata in figura 5, quattro sensori di temperatura 62 sono montati sul PCB 60b in corrispondenza dei suoi lati più prossimi alle quattro estremità della crociera dove sono alloggiati i cuscinetti a rulli di articolazione delle forcelle.

Nella variante illustrata nella figura 6, un PCB 60c è montato sulla crociera 30a e/o 30b. Il PCB 60c presenta le medesime caratteristiche del PCB 60a precedentemente descritto con riferimento alla figura 4, che non verranno quindi ripetute. La particolarità del PCB 60c è il fatto di essere conformato sostanzialmente a croce, con quattro bracci 61 rivolti verso le quattro estremità della crociera dove sono alloggiati i cuscinetti a rulli di articolazione delle forcelle. Quattro sensori di temperatura 62 sono montati alle estremità dei bracci 61 del PCB 60c in modo tale da avvicinarsi maggiormente alle estremità della crociera rispetto alle soluzioni alternative delle figure 4 e 5.

Nella variante illustrata nella figura 7, un PCB 60d è montato sulla crociera 30a e/o 30b. Il PCB 60d presenta le medesime caratteristiche del PCB 60a precedentemente descritto con riferimento alla figura 4, che non verranno quindi ripetute. Quattro sensori di temperatura 62 sono montati esternamente al PCB 60d, in corrispondenza delle estremità della crociera, e sono collegati al PCB 60d mediante conduttori 64.

L'albero cardanico 18 (e/o gli alberi cardanici 24) funziona meccanicamente allo stesso identico modo degli alberi cardanici tradizionali, ad esempio utilizzati nel settore agricolo. Esso viene installato in accoppiamento ad una trattrice e ad una macchina operatrice, ad esempio un attrezzo agricolo trainato dalla trattrice. In una forma di attuazione, l'alimentazione del sistema di sensori sull'albero cardanico 18 viene assicurata da un generatore montato a bordo dell'albero cardanico. Il generatore può sfruttare il movimento rotatorio dell'albero cardanico per generare energia elettrica. Preferibilmente, il generatore comprende una porzione statorica montata sull'involucro di protezione 33 fisso, ed una parte rotorica montata sul corpo telescopico 26 rotante. L'energia prodotta dal generatore può essere raccolta sulla parte statorica o sulla parte rotorica. In alternativa o in aggiunta possono essere previsti accumulatori di energia elettrica, ad esempio batterie dedicate montate sulla porzione rotante, preferibilmente sul corpo telescopico 26. In alternativa o in aggiunta, può essere previsto un collegamento cablato con la trattrice.

Durante l'uso dell'albero cardanico durante le normali operazioni, i parametri significativi di funzionamento e di stato dell'albero cardanico 18 vengono rilevati dai sensori a bordo dell'albero cardanico stesso sopra de-

scritti. In particolare possono essere rilevati i parametri di coppia, di velocità, di vibrazione, di temperatura delle crociere, e può essere controllata la lunghezza di sfilo del corpo telescopico 26. I parametri rilevati dai sensori vengono raccolti dalla centralina 34 e trasmessi all'elaboratore elettronico 35 e/o al nodo remoto 36 che provvedono a memorizzarli, elaborarli e renderli disponibili in forma di informazioni per analisi da parte degli utenti e/o del produttore.

L'elaborazione dei segnali provenienti dalla centralina 34 può comprendere anche il calcolo di condizioni critiche di funzionamento dell'albero cardanico, con immediata segnalazione di allarme o avviso all'operatore. In alcuni casi, se consentito attraverso protocollo specifico di comunicazione o ingresso dedicato può essere previsto l'arresto automatico della presa di forza (PTO – *Power Take Off*) della trattrice.

L'elaborazione dei dati ed il calcolo delle condizioni critiche di funzionamento dell'albero cardanico può tenere conto dei dati istantanei di funzionamento dell'albero cardanico, ad esempio il superamento di parametri di soglia predeterminati, per un tempo predeterminato. Inoltre possono essere tenuti in considerazione i dati storici di funzionamento di quel determinato albero cardanico, ad esempio il numero di ore di funzionamento a valori di coppia superiore ad un valore predeterminato. I valori storici consentono anche di prevedere o pianificare manutenzioni dell'albero cardanico al fine di preservarne l'efficienza nel tempo, con l'intento di aumentarne la vita e ridurre i rischi di cedimento inaspettato. Le informazioni trasmesse dalla centralina 34 possono anche essere elaborate in modo tale da poter essere inviate ad una applicazione, cosiddetta app, per smartphone che riassume, ad

esempio, su scale e grafici di immediata intuitività lo stato funzionale dell'albero cardanico. Vantaggiosamente, il nodo remoto 36 può raccogliere i dati provenienti da più alberi cardanici, associati ciascuno ad un codice identificativo univoco trasmesso dalla relativa centralina 34. In questo modo, una società di gestione di più trattori, come anche un produttore di alberi cardanici, possono raccogliere le informazioni di una popolazione anche ampia di alberi cardanici sia a fini ispettivi, sia statistici, e di assistenza.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Albero cardanico per un attrezzo collegato ad una motrice ed equipaggiato con un sistema di verifica delle sue condizioni d'impiego, comprendente un corpo telescopico con due giunti cardanici d'estremità, uno o più organi sensori essendo montati sull'albero cardanico per trasmettere segnali ad una centralina di raccolta ed elaborazione dati montata sull'albero cardanico stesso, l'uno o più organi sensori essendo predisposti per rilevare dati selezionati dal gruppo comprendente: coppia trasmessa dall'albero cardanico, velocità di rotazione dell'albero cardanico, allungamento del corpo telescopico, vibrazioni dell'albero cardanico, temperatura dei giunti cardanici e angolo di snodo.
2. Albero cardanico secondo la rivendicazione 1, comprendente un involucro esterno di protezione a cui è fissata la centralina.
3. Albero cardanico secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui almeno uno degli uno o più organi sensori è montato sul corpo telescopico e trasmette i propri dati alla centralina attraverso un collegamento senza fili.
4. Albero cardanico secondo la rivendicazione precedente, detto almeno uno degli uno o più organi sensori essendo collegato ad un circuito di trasmissione comprendente un'antenna circolare o arcuata, montata sul corpo telescopico in modo che il suo centro geometrico giaccia sull'asse longitudinale del corpo telescopico.
5. Albero cardanico secondo la rivendicazione 3 o la rivendicazione 4, in cui la centralina è collegata ad un'antenna ricevente fissata sull'involucro di protezione, l'antenna ricevente essendo circolare o arcuata, disposta in

modo tale che il suo centro geometrico giaccia sull'asse longitudinale del corpo telescopico.

6. Albero cardanico secondo la rivendicazione 5, in cui l'antenna ricevente è incorporata o co-estrusa nell'involucro di protezione.

7. Albero cardanico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui almeno un organo sensore è atto a rilevare la coppia trasmessa dall'albero cardanico e comprende almeno un estensimetro fissato al corpo telescopico dell'albero cardanico o ad una delle forcelle di uno dei due giunti cardanici.

8. Albero cardanico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui almeno un organo sensore è atto a rilevare la velocità di rotazione dell'albero cardanico e comprende un sensore di rilevamento di numero di giri disposto all'interno dell'involucro di protezione per rilevare la rotazione della forcella interna di uno dei due giunti cardanici o per rilevare il passaggio dei lobi dell'albero telescopico.

9. Albero cardanico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui almeno un organo sensore è atto a rilevare la temperatura di almeno uno dei giunti cardanici e comprende un sensore di temperatura ad infrarosso o laser disposto in modo da rilevare la temperatura delle boccole di accoppiamento della crociera alle due rispettive forcelle interna ed esterna del giunto cardanico, un sensore di temperatura di confronto essendo preferibilmente montato sull'albero cardanico in posizione tale da rilevare la temperatura ambiente.

10. Sistema di verifica delle condizioni di impiego di un albero cardanico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un

nodo remoto collegato alla centralina in modo cablato oppure senza fili, predisposto per raccogliere, memorizzare ed elaborare i dati inviati alla centralina dall'uno o più organi sensori montati a bordo dell'albero cardanico.

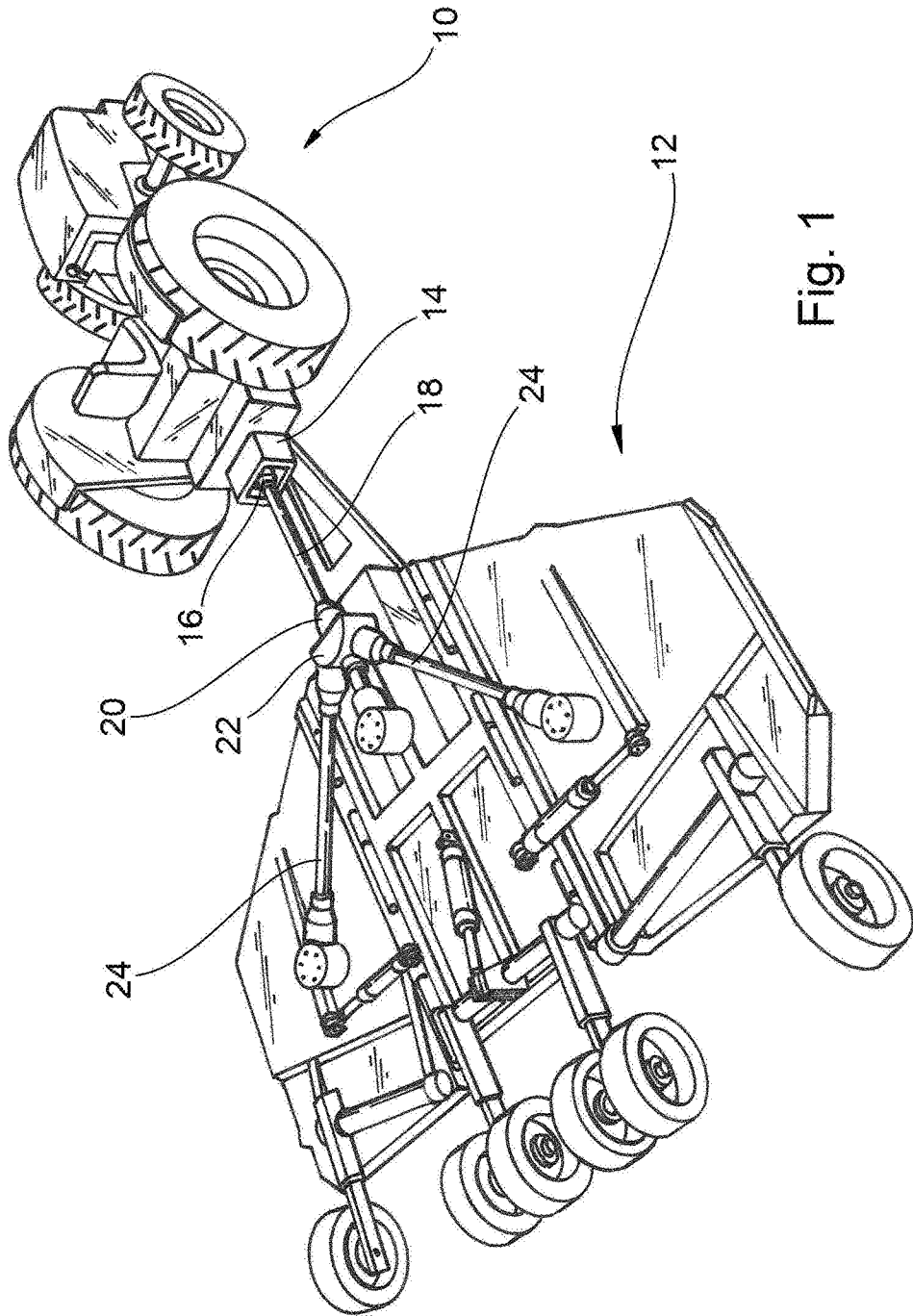


Fig. 1

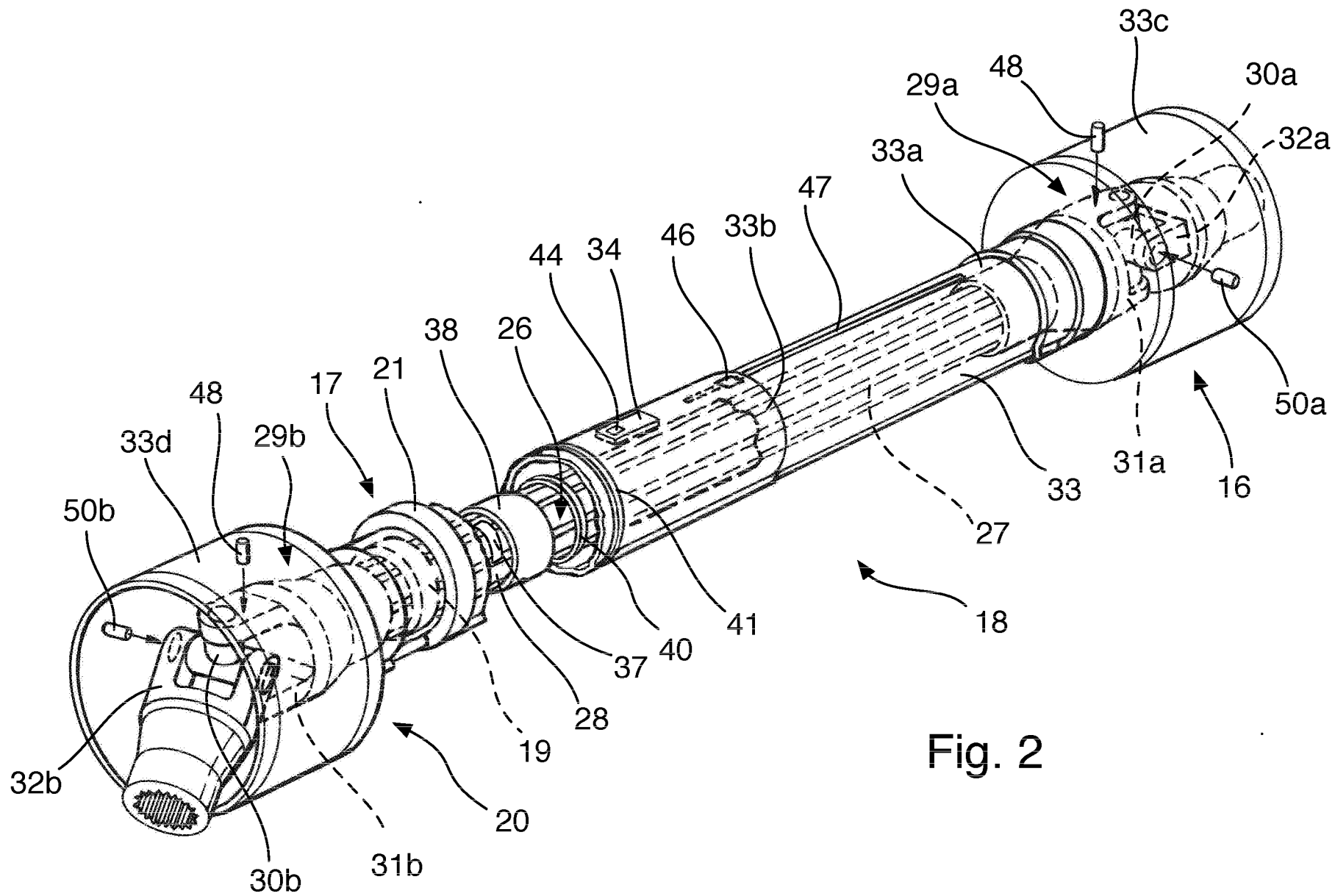


Fig. 2

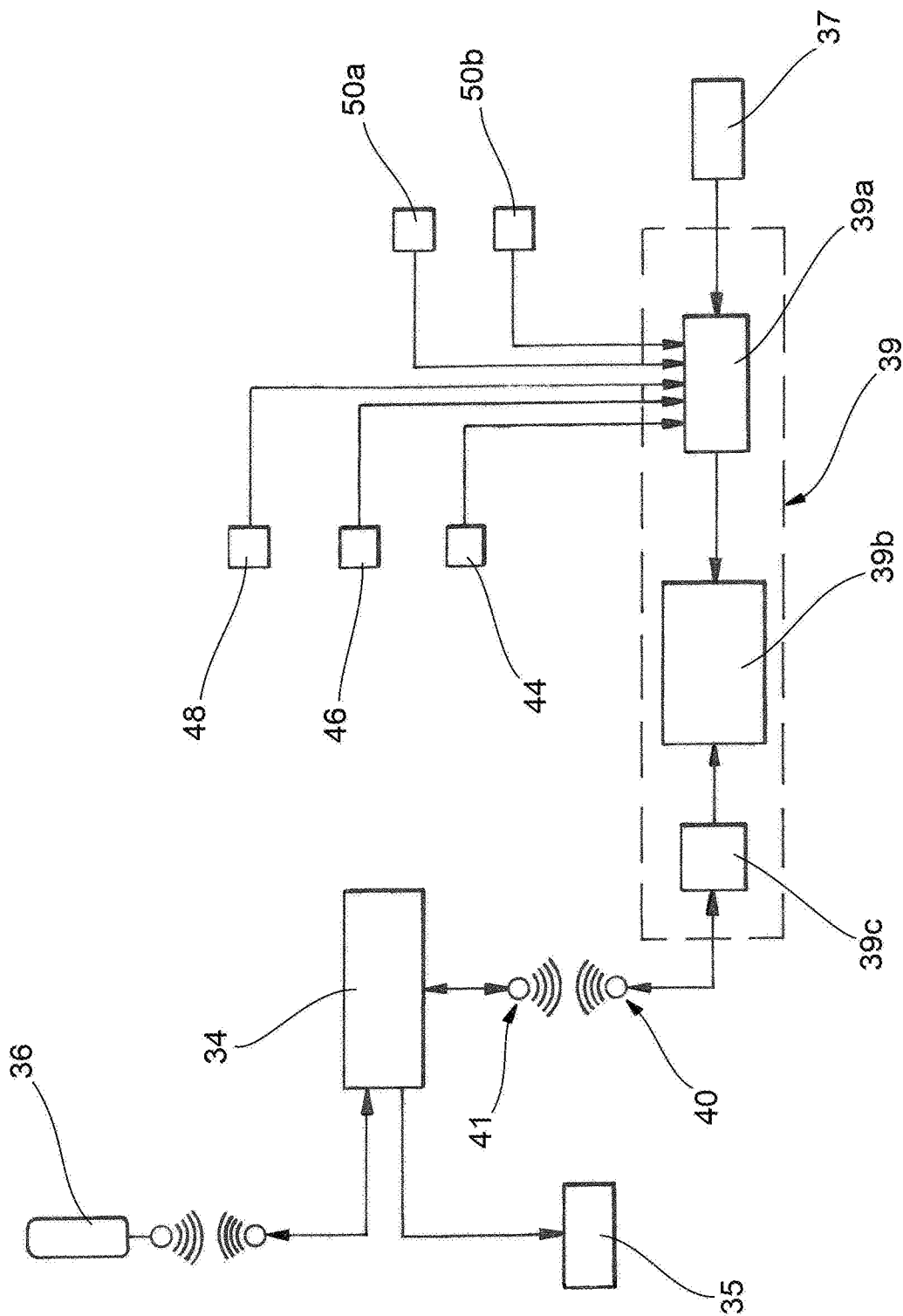


Fig. 3

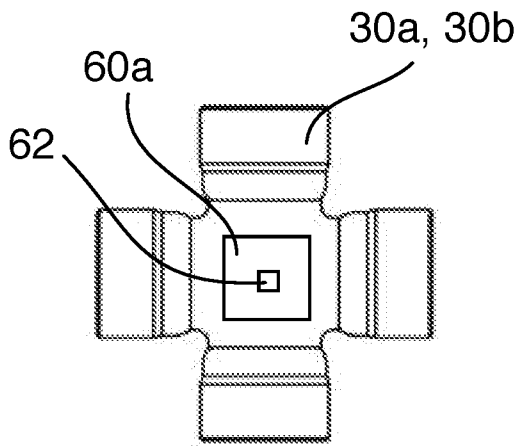


Fig. 4

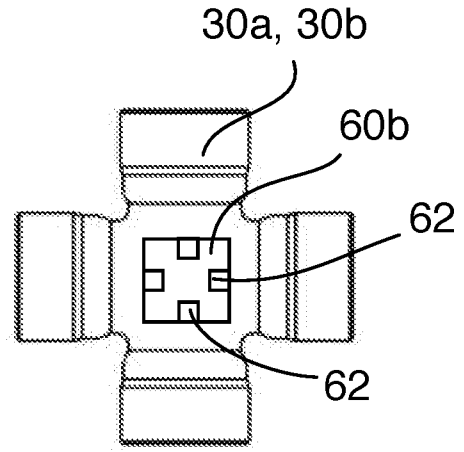


Fig. 5

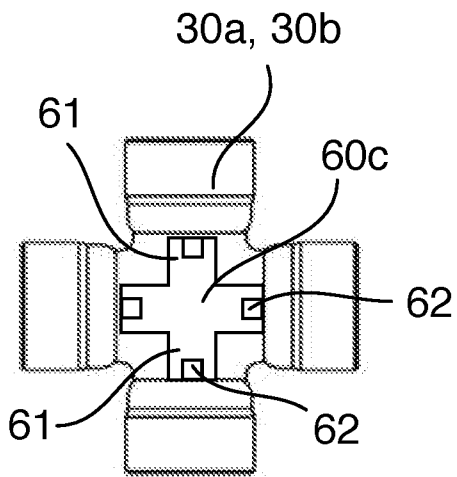


Fig. 6

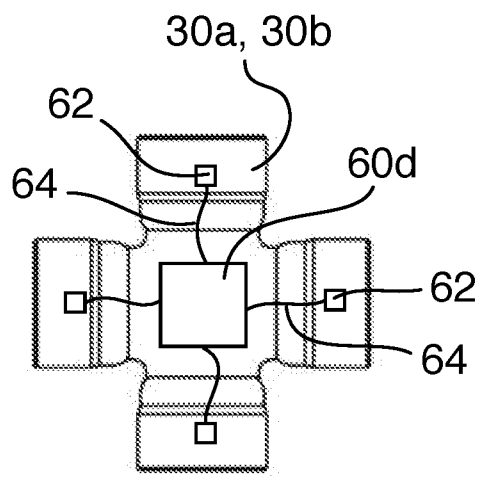


Fig. 7