

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102022000019938
Data Deposito	28/09/2022
Data Pubblicazione	28/03/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	66	C	13	44

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	66	C	15	06

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	66	C	23	70

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	66	C	23	88

Titolo

Sistema adattativo per la movimentazione di un braccio articolato, in particolare di una gru articolata

Descrizione della domanda di brevetto per invenzione industriale avente per titolo:

"Sistema adattativo per la movimentazione di un braccio articolato, in particolare di una gru articolata"

..*.*.*

Campo tecnico dell'invenzione

La presente invenzione riguarda un sistema adattativo per la movimentazione di un braccio articolato, in particolare di una gru articolata, ossia un sistema tale che la risposta del braccio articolato ai comandi di un operatore si adatti a certe condizioni al contorno. Per "braccio articolato" si intende un sistema dotato di una pluralità di corpi, tra loro collegati in successione, tali da formare una catena cinematica aperta con una pluralità di gradi di libertà, traslativi e/o rotativi nello spazio.

Tecnica nota

La gru articolate sono normalmente comandate da un operatore a distanza mediante un radiocomando. L'operatore può in particolare movimentare il braccio stesso e manipolare/spostare carichi, anche molto elevati, tramite lo stesso.

Numerosi fattori, tuttavia, se trascurati, po-

trebbero comportare potenziali pericoli nella manovra della gru articolata, da fattori ambientali (ad esempio meteorologici, come vento forte) a fattori psicofisici dell'operatore (ad esempio eccessiva stanchezza o stress). Tutti questi fattori potrebbero rappresentare un rischio per la sicurezza dell'operatore, ma anche per tutto ciò che si trova in prossimità dello spazio di lavoro della gru articolata (ad esempio altre persone o costruzioni).

Inoltre, la gru articolata potrebbe trovarsi a lavorare in condizioni al contorno differenti da quelle nominali di progettazione, con una conseguente risposta effettiva differente da quella di progetto.

Sommario dell'invenzione

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di rendere disponibile un sistema per la movimentazione di un braccio articolato, in particolare di una gru articolata, che incrementi la sicurezza e l'efficienza del braccio articolato durante il suo funzionamento.

Questo ed altri scopi vengono ottenuti da un sistema adattativo per la movimentazione di un braccio articolato secondo la rivendicazione 1.

Le rivendicazioni dipendenti definiscono possi-

bili vantaggiose forme di realizzazione dell'invenzione.

Breve descrizione delle figure

Per meglio comprendere l'invenzione ed apprezzarne i vantaggi, verranno di seguito descritte alcune sue forme di realizzazione esemplificative non limitative, facendo riferimento alle figure annesse, in cui:

la figura 1 è una vista laterale di una gru articolata.

Descrizione dettagliata dell'invenzione

Nella presente descrizione ci si riferirà a titolo puramente esemplificativo ad una gru articolata. Tuttavia, la presente invenzione trova applicazione nella movimentazione di bracci articolati di altro genere, quali ad esempio bracci robotici, o piattaforme di lavoro elevabili (PLE).

Con riferimento all'annessa figura 1, in essa è riportato un esempio di un possibile braccio articolato, in particolare una gru articolata, ad esempio una gru idraulica caricatrice (comunemente chiamata "loader crane"), indicata nel suo complesso con il riferimento 101.

La gru 101 comprende una colonna 102 girevole intorno al proprio asse, ed uno più bracci 103',

103'', eventualmente estensibili. L'estendibilità dei bracci, ove prevista, è ottenuta mediante una pluralità di sfili 104 mobili in traslazione gli uni rispetto agli altri così da poter modificare l'estensione assiale del rispettivo braccio. Nell'esempio di figura 1, solo il secondo braccio 103'' risulta estendibile mediante movimentazione degli sfili 104. Nel seguito della descrizione, il primo braccio 103', privo di sfili, verrà indicato come "braccio principale", mentre il secondo braccio 103'', provvisto degli sfili 104, verrà indicato come "braccio secondario". Il braccio principale 103' è girevole rispetto alla colonna 102, mentre il braccio secondario 103'' è girevole rispetto al braccio principale 103'.

L'estremità libera 105 dell'ultimo sfilo del braccio secondario 103'' viene comunemente indicata come end-effector. In corrispondenza dell'end-effector 105 può essere previsto un gancio 106 movimentabile ad esempio da un verricello a fune 107. Nel caso di PLE, può essere invece previsto ad esempio un cestello, mentre nel caso di bracci robotici possono ad esempio essere previsti utensili.

La gru 101 comprende una pluralità di attuatori per muovere i corpi che ne realizzano la catena ci-

nematica e sostenere i relativi carichi. Con riferimento alla figura 1, sono visibili un primo martinetto idraulico 108, che movimenta il braccio principale 103' rispetto alla colonna 102, un secondo martinetto idraulico 109, che movimenta il braccio secondario 103'' rispetto al braccio principale 103', ed un attuatore 111 per la movimentazione della colonna 102 rispetto al riferimento fisso. Saranno poi naturalmente presenti ulteriori attuatori (non visibili nelle figure), ad esempio idraulici, per la movimentazione degli sfili 104.

Al fine di consentire l'alimentazione ai ed il prelievo dai sopra citati attuatori idraulici di un fluido di lavoro, in particolare olio in pressione, la gru 101 comprende in generale un circuito idraulico. I parametri di lavoro del fluido di lavoro determinano i parametri di funzionamento della gru stessa. In particolare, la portata di fluido di lavoro influisce sulle grandezze cinematiche dei corpi del braccio articolato (in particolare sulla velocità di rotazione della colonna e di traslazione degli sfili), mentre la pressione del fluido di lavoro influisce sul carico massimo sollevabile dagli stessi. Pertanto, modificando i parametri di lavoro del fluido di lavoro, si modificano di conseguenza

i parametri di funzionamento (cinematici e carico massimo) della gru 101.

Naturalmente, sebbene nelle gru gli attuatori siano normalmente di tipo idraulico, in generale nei bracci articolati è possibile prevedere attuatori di differente natura (ad esempio: elettrici o pneumatici). Anche in questi casi è naturalmente possibile agire sugli attuatori per modificare i parametri di funzionamento della gru, in particolare le grandezze cinematiche e il carico sostenibile. Ad esempio, nel caso di motori elettrici rotativi, limitando la coppia massima e la velocità angolare del motore si limiteranno di conseguenza il carico massimo sostenibile e le velocità di traslazione/rotazione dei bracci. Analoghe considerazioni valgono per gli attuatori pneumatici, in cui limitando la pressione e la portata di gas (ad esempio aria) si limiteranno di conseguenza il carico massimo sostenibile e le velocità di traslazione/rotazione dei bracci.

A seconda della tipologia di attuatore utilizzato (idraulico, elettrico, o pneumatico), la gru 101 può comprendere idonei sensori per la rilevazione dei parametri di lavoro degli attuatori che influenzano i parametri di funzionamento della gru.

Ad esempio, nel caso di gru idrauliche, tali sensori possono misurare la portata e la pressione del fluido di lavoro.

Opzionalmente, la gru 101 può comprendere una pluralità di sensori tali da consentire la determinazione di coordinate, ad esempio le coordinate cartesiane, dell'end-effector 105 e/o la sua velocità. Secondo una possibile forma di realizzazione, con riferimento alla gru 101, la pluralità di sensori può includere:

- 1) un sensore angolare per la misurazione della rotazione della colonna 102 intorno al proprio asse, rispetto ad un riferimento fisso;
- 2) un sensore angolare per la misurazione della rotazione del braccio principale 103'. Tale rotazione può essere assoluta, ossia riferita ad un riferimento fisso quale l'orizzontale, oppure può essere relativa, rispetto alla colonna 102;
- 3) un sensore angolare per la misurazione della rotazione del braccio secondario 103''. Tale rotazione può essere assoluta, ossia riferita ad un riferimento fisso quale l'orizzontale, oppure può essere relativa, rispetto al braccio principale 103';

- 4) un sensore lineare per la misurazione della traslazione dello sfilo 104 rispetto al braccio secondario 103''.

Ad esempio, i sensori possono includere encoder lineari o angolari, sensori magnetostrittivi o similari. A partire dai segnali provenienti dai sensori sopra indicati è possibile, mediante relazioni geometriche, determinare le coordinate assolute dell'end-effector 105, o anche, per derivazione nel tempo, la sua velocità. Tali informazioni possono essere sfruttate per analizzare il modo di utilizzo della gru da parte dell'operatore, come verrà spiegato in seguito.

Opzionalmente, la gru 101 può comprendere uno o più sensori tali da consentire la determinazione del carico trasportato. Ad esempio, tali sensori possono comprendere estensimetri applicati ai bracci, atti a misurarne la deformazione dovuta al carico stesso, da cui è possibile ricavare l'entità del carico.

La gru 101 comprende un'unità di controllo funzionalmente collegata agli attuatori, per la loro movimentazione, e ai possibili sensori, per ricevere i segnali rappresentativi delle grandezze sopra menzionate. E' inoltre previsto un dispositivo di

interfaccia utente 110 collegato all'unità di controllo per consentire ad un operatore di movimentare la gru ed eventualmente di accedere ad altre funzioni. Ad esempio, il dispositivo di interfaccia utente può comprendere un radiocomando e l'unità di controllo può comprendere un modulo di trasmissione per comunicare con quest'ultimo (ad esempio un modulo di trasmissione radio). Mediante il radiocomando, agendo ad esempio su un joystick, l'operatore può movimentare visivamente l'end-effector 105 inviando all'unità di controllo della gru 101 opportuni comandi, in risposta ai quali l'unità di controllo determina i parametri di funzionamento degli attuatori necessari affinché il braccio articolato esegua i movimenti desiderati dall'operatore, eventualmente trasportando un carico. L'unità di controllo, in condizioni normali, comanda quindi gli attuatori secondo questi parametri di funzionamento (d'ora in poi indicati come "parametri di funzionamento regolari").

Secondo l'invenzione, l'unità di controllo è inoltre configurata per comandare, in risposta ai comandi ricevuti dall'operatore tramite il radiocomando 110, gli attuatori secondo parametri di funzionamento differenti dai parametri di funzionamen-

to regolari (d'ora in poi indicati come "parametri di funzionamento modificati") qualora siano rilevate una o più condizioni al contorno particolari. Le condizioni al contorno che richiedono il comando degli attuatori secondo parametri di funzionamento modificati definiscono in generale possibili situazioni di pericolo, in cui il braccio articolato deve lavorare con prestazioni differenti, in generale ridotte, rispetto alle condizioni regolari. In particolare, in tali condizioni è richiesto che la velocità dell'end-effector 105 (e conseguentemente di ciascuno dei corpi del braccio articolato) e/o il carico massimo sollevabile dal braccio articolato siano ridotti, in modo tale da ridurre le condizioni di potenziale rischio. Tuttavia, le condizioni al contorno che richiedono il comando degli attuatori secondo parametri di funzionamento modificati possono altresì definire possibili situazioni favorevoli, in cui il braccio articolato può lavorare con prestazioni aumentate rispetto alle condizioni regolari, ossia in cui la velocità dell'end-effector 105 (e conseguentemente di ciascuno dei corpi del braccio articolato) e/o il carico massimo sollevabile dal braccio articolato sono aumentati.

Di seguito verranno descritte alcune possibili

condizioni al contorno che richiedono un comando degli attuatori secondo parametri di funzionamento modificati. Nel sistema secondo l'invenzione possono essere tenute in considerazione tutte le seguenti condizioni al contorno o solo alcune di esse, eventualmente in combinazione tra loro.

Stato psicofisico dell'operatore

Una prima condizione al contorno che può richiedere l'impiego di parametri di funzionamento modificati degli attuatori è un particolare stato psicofisico dell'operatore, ad esempio una sua eccessiva stanchezza o una sua condizione di stress.

Al fine di rilevare tale condizione, il sistema può comprendere uno o più sensori di parametri fisiologici dell'operatore, rappresentativi ad esempio di stress e/o stanchezza, collegati all'unità di controllo, che è configurata per comandare gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati qualora almeno uno dei parametri fisiologici rilevati superi o vada al di sotto di un valore di soglia predeterminato istantaneamente oppure per almeno un tempo di riferimento predeterminato.

A titolo esemplificativo, i parametri fisiologici che possono essere rilevati includono uno o più tra:

- battito cardiaco: la rilevazione di un battito cardiaco accelerato in modo moderato per un tempo prolungato, oppure la rilevazione istantanea di un battito cardiaco smodatamente accelerato possono essere sintomi di un malessere dell'operatore o anche di un malore in corso. Anche un battito cardiaco troppo lento può essere sintomo di un malessere in corso o imminente;
- battito delle ciglia: una frequenza del battito delle ciglia accelerata per un tempo predeterminato può essere rappresentativa di un calo visivo o di sonnolenza;
- frequenza di respirazione: una frequenza di respirazione accelerata per un tempo predeterminato può essere rappresentativa di uno stato d'ansia o di un malore in corso. Anche una frequenza di respirazione troppo lenta può essere sintomo di un malessere in corso o imminente;
- temperatura: una temperatura corporea superiore ai valori normali può essere rappresentativa di una malattia in corso oppure di un'esposizione prolungata dell'operatore al sole, che potrebbe comportare malori o cali

di attenzione. Analogamente, una temperatura troppo bassa potrebbe essere indicativa di malessere, ad esempio di un principio di congelamento;

- saturazione dell'ossigeno: valori di saturazione di ossigeno troppo bassi potrebbero indicare uno svenimento imminente o ridotte capacità psicomotorie dell'operatore;
- contrazione dei muscoli: un livello di contrazione dei muscoli elevato per un tempo prolungato può essere sintomo di uno stato di agitazione dell'operatore.

I sopra citati parametri fisiologici possono essere rilevati da idonei sensori da applicare all'operatore, che possono ad esempio essere inclusi in dispositivi indossabili quali:

- smart glasses
- occhiali sensorizzati
- giubbotti sensorizzati
- smart watch
- guanti sensorizzati
- caschetti sensorizzati
- dispositivi "wearable" in generale.

Si osservi che i valori di soglia dei parametri fisiologici possono essere differenti tra operatore

e operatore. Ad esempio, certe persone sane hanno una temperatura corporea oppure una frequenza cardiaca più elevate di altre persone anch'esse sane. E' dunque possibile memorizzare in un modulo di memoria dell'unità di controllo valori di soglia specifici e differenti per ogni operatore, a cui sarà richiesto di identificarsi al sistema ogni qualvolta prende il comando della gru. A tal scopo, il sistema può comprendere mezzi di identificazione dell'utilizzatore. Ad esempio, l'utilizzatore può identificarsi tramite il radiocomando 110 mediante inserimento di dati identificativi univoci (quali ad esempio una username e una password, oppure mediante sistemi di identificazione più complessi a più livelli). Opzionalmente, l'utilizzatore può essere riconosciuto mediante sensori biometrici, ad esempio mediante riconoscimento di impronte digitali o riconoscimento facciale o scansione oculare. I sensori biometrici possono essere inclusi nel radiocomando, in uno dei dispositivi indossabili precedentemente menzionati, oppure in un telefono cellulare o smartphone dell'utilizzatore, su cui può essere caricata un'applicazione per l'identificazione, collegata all'unità di controllo della gru tramite il telefono cellulare/smartphone

stesso, per esempio tramite connessione Bluetooth® e/o una rete Wi-Fi.

Condizione di pericolo dell'operatore

Una ulteriore condizione al contorno che può richiedere l'impiego di parametri di funzionamento modificati, in particolare ridotti, degli attuatori è una condizione di pericolo dell'operatore.

Una possibile condizione di pericolo dell'operatore può essere la sua posizione, ad esempio rispetto alla gru stessa.

Al fine di rilevare tale condizione, il sistema può comprendere uno o più sensori atti a rilevare la posizione dell'operatore, collegati all'unità di controllo, che è configurata per comandare gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati qualora un sensore rilevi una posizione pericolosa dell'operatore.

La posizione dell'operatore rilevata dai sensori può essere una posizione assoluta, ad esempio rilevabile da un sensore GPS (che potrebbe essere incorporato ad esempio in uno dei precedentemente menzionati dispositivi indossabili, oppure nel telefono cellulare/smartphone dell'operatore stesso) e la posizione dell'operatore può essere considerata pericolosa ad esempio se le coordinate rilevate

dal GPS ricadono entro un'area di pericolo predefinita.

Alternativamente, i sensori di posizione possono essere idonei a rilevare una posizione dell'operatore relativa a qualche altro elemento, quale la gru stessa. Ad esempio, tali sensori possono includere sensori di prossimità (ad esempio sensori a infrarossi) e la posizione dell'operatore può essere considerata pericolosa se la distanza relativa misurata è inferiore a un valore di soglia predeterminato (dunque in questo caso l'area di pericolo predefinita sarà mobile).

Una ulteriore possibile condizione di pericolo per l'operatore può essere il suo schiacciamento, ad esempio ad opera del carico o di parte del carico trasportato dalla gru, ad esempio in caso di una sua caduta accidentale.

Al fine di rilevare tale condizione, il sistema può comprendere uno o più sensori atti a rilevare una condizione di schiacciamento dell'operatore, collegati all'unità di controllo, che è configurata per comandare gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati, in particolare ridotti, qualora uno o più di detti sensori rilevi una condizione di schiacciamento dell'operatore.

La condizione di schiacciamento può essere rilevata ad esempio mediante sensori di pressione indossati dall'operatore (ad esempio incorporati in un giubbotto sensorizzato) e lo schiacciamento può essere determinato se la pressione rilevata da almeno uno dei sensori di pressione supera un valore di soglia predeterminato.

Alternativamente, i sensori di schiacciamento possono comprendere sistemi di visione, quali una videocamera, dalle cui immagini l'unità di controllo è in grado di determinare se l'operatore si trovi in una condizione di schiacciamento.

Tempo di utilizzo della gru da parte del medesimo utilizzatore

Una ulteriore condizione al contorno che può richiedere l'impiego di parametri di funzionamento modificati degli attuatori è il superamento di un tempo limite di utilizzo predeterminato, ad esempio nell'ambito della stessa giornata, eventualmente anche non continuativo, da parte del medesimo utilizzatore. Un utilizzo eccessivamente prolungato della gru da parte del medesimo operatore può infatti implicare stanchezza dell'operatore stesso.

A tal scopo, l'unità di controllo può comprendere un contatore che tiene traccia del tempo in

cui uno specifico operatore ha comandato la gru.

Il contatore può eventualmente essere azzerato in talune circostanze, e dunque il tempo calcolato può tornare al di sotto del tempo di utilizzo limite predeterminato, ad esempio a seguito di una idonea pausa dell'operatore.

Al fine di individuare lo specifico operatore per cui calcolare il tempo di utilizzo e dunque non sommare tempi di utilizzo da parte di differenti operatori, possono essere sfruttati i mezzi di identificazione dell'utilizzatore precedentemente menzionati.

Andamento nel tempo dei comandi impartiti alla gru da parte dell'utilizzatore

Una ulteriore condizione al contorno sintomatica di uno stato non ottimale dell'operatore (stanchezza o anche impreparazione a manovrare la gru) e che può richiedere l'impiego di parametri di funzionamento modificati, in particolare ridotti, degli attuatori è la constatazione che, a partire da un istante di tempo predefinito (ad esempio, durante il tempo di utilizzo sopra definito), almeno per certi intervalli di tempo di ampiezza predeterminata i movimenti dei corpi del braccio della gru e/o l'andamento del carico sollevato (grandezze rileva-

bili dai sensori degli attuatori e/o dai sensori dei bracci, secondo quanto detto in precedenza) presentano un andamento rappresentativo di un impiego improprio della gru.

L'analisi dei dati proveniente dai sensori ai fini della determinazione dell'impiego improprio della gru può essere effettuata secondo svariati criteri, più o meno restrittivi.

Ad esempio, possono essere indicativi di un uso improprio della gru da parte dell'utilizzatore:

- un numero di correzioni della traiettoria dell'end-effector 105 superiore a un numero di soglia predeterminato in un intervallo predeterminato di tempo, constatabile ad esempio rilevando un andamento oscillante delle coordinate, assolute o relative, dell'end-effector 105;
- un numero di inversioni di manovre superiore a un numero di soglia predeterminato in un intervallo predeterminato di tempo, constatabile ad esempio rilevando continue inversioni della velocità degli attuatori;
- un numero di oscillazioni del valore del carico trasportato superiore a un numero di soglia predeterminato in un intervallo prede-

terminato di tempo, indicativo ad esempio del fatto che l'operatore non è stato in grado di afferrare il carico saldamente e che ha quindi dovuto più volta rilasciarlo e afferrarlo.

Un uso improprio può tuttavia altresì essere rappresentato da comandi troppo lenti dell'operatore, e, in tal caso, l'unità di controllo può comandare gli attuatori secondo parametri di funzionamento modificati aumentati, incrementando ad esempio le velocità dei bracci rispetto ai comandi effettivi dell'operatore.

In accordo con una forma di realizzazione, il sistema comprende un indicatore, ad esempio posizionato sul radiocomando 110, atto a fornire all'operatore indicazioni sulle modalità d'uso della gru da parte sua. Ad esempio, tale indicatore può fornire un'indicazione, numerica o visiva (ad esempio con colori rappresentativi dello stile di uso della gru) variabile man mano che vengono rilevate manovre improprie da parte dell'utilizzatore, che così avrà modo di rendersi conto del suo operato e, se possibile, modificare il suo stile.

Luminosità dello spazio di lavoro della gru

Una ulteriore condizione che può richiedere l'impiego di parametri di funzionamento modificati,

in particolare ridotti, degli attuatori è lo scarso oppure l'eccessivo livello di illuminazione dell'ambiente in cui l'operatore si trova a manovrare la gru. Tale condizione si può verificare ad esempio al tramonto e all'alba o in certe ore del giorno particolarmente soleggiate.

Il sistema può comprendere quindi un orologio collegato all'unità di controllo, che è configurata per comandare gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati in certe fasce orarie predefinite. Ad esempio, tali fasce orarie predefinite possono essere comprese tra l'ora in cui il sole tramonta e l'ora del giorno successivo in cui il sole sorge, e la fascia intorno a mezzogiorno, in cui l'illuminazione è massima.

In alternativa o in aggiunta, il sistema può comprendere un sensore atto a rilevare la luminosità dello spazio di lavoro collegato all'unità di controllo, che è configurata per comandare gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati qualora la luminosità rilevata sia inferiore ad un primo valore di soglia di luminosità predeterminato o superiore ad un secondo valore di soglia predeterminato. In questo modo possono essere rilevati cali o eccessi di luminosità anche even-

tualmente al di fuori delle fasce orarie predeterminate, ad esempio in caso di forte nuvolosità.

Anche in questo caso, i valori di luminosità di soglia possono altresì indicare livelli di luminosità tali per cui gli attuatori possono essere comandati secondo parametri di funzionamento aumentato, ad esempio in caso di luminosità particolarmente favorevole, che può essere eventualmente anche predeterminata in certe fasce orarie prestabilite.

Condizioni meteorologiche dello spazio di lavoro della gru

Una ulteriore condizione che può richiedere l'impiego di parametri di funzionamento modificati degli attuatori sono condizioni meteorologiche particolari dell'ambiente in cui l'operatore si trova a manovrare la gru. Tale condizione si può verificare ad esempio in caso di forte vento.

Il sistema può comprendere quindi un sensore atto a rilevare parametri meteorologici (ad esempio, un anemometro per la misurazione della velocità del vento) collegato all'unità di controllo, che è configurata per comandare gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati se vengono rilevati parametri meteorologici che non rientrano in intervalli predefiniti (ad esempio vento supe-

riore ad una velocità massima predefinita).

In alternativa o in aggiunta, i parametri meteorologici possono essere determinati sulla base delle risultanze di un'applicazione di servizio meteo installata nell'unità di controllo oppure sul precedentemente citato telefono cellulare/smartphone dell'operatore collegato all'unità di controllo. Tale applicazione, oltre alla velocità del vento, può fornire indicazioni ulteriori sulle condizioni meteorologiche, come ad esempio la presenza di forte pioggia oppure di un temporale: condizioni che possono richiedere che gli attuatori siano comandati secondo i parametri di funzionamento modificati.

Si noti che le condizioni meteorologiche che portano al comando degli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati non sono necessariamente sfavorevoli, ma potrebbero essere favorevoli e in tal caso i parametri di funzionamento modificati potrebbero essere aumentati anziché ridotti rispetto ai parametri di funzionamento regolari. Ad esempio, in caso di vento con velocità inferiore rispetto ad una velocità nominale del vento di progetto, è possibile comandare la gru affinché abbia prestazioni maggiori (ad esempio affinché i bracci

si muovano con velocità maggiore) rispetto alle condizioni di funzionamento regolari.

Secondo una possibile forma di realizzazione, la valutazione di ciascuna delle condizioni al contorno sopra elencate ai fini del comando degli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati può essere disabilitata all'occorrenza.

Secondo una forma di realizzazione, ogniquale volta il comando degli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati viene attivato al superamento di un certo valore predeterminato di soglia, tra quelli sopra menzionati, è possibile prevedere, per la medesima grandezza considerata, una molteplicità di valori di soglia predeterminati cui corrispondono differenti parametri di funzionamento modificati degli attuatori. Ad esempio può essere previsto un valore di soglia, in cui gli attuatori vengono ancora comandati in modalità regolare, prossimo al valore di soglia in cui scatta il comando degli attuatori in modalità modificato, del cui raggiungimento l'operatore può essere informato, ad esempio tramite opportuni indicatori sul radiocomando 110. In alternativa o in aggiunta, può essere previsto un valore di soglia predeterminato più critico di quello per cui scatta il comando de-

gli attuatori in modalità modificata, in cui gli attuatori vengono del tutto fermati dall'unità di controllo, ossia non è più possibile movimentare la gru. In altre parole, i parametri di funzionamento modificati degli attuatori sono scalabili in funzione delle condizioni al contorno rilevate e sono tanto più lontani dai parametri di funzionamento regolari quanto più le condizioni al contorno sono critiche.

In accordo con una forma di realizzazione, il sistema comprende avvisatori acustici e/o luminosi, ad esempio disposti sul radiocomando, e collegati all'unità di controllo, che vengono attivati nel momento in cui si verifica almeno una condizione che richieda il comando degli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati. In questo modo l'operatore è informato della sopraggiunta condizione.

In una forma di realizzazione, l'unità di controllo è configurata per ripristinare automaticamente il comando degli attuatori secondo parametri di funzionamento regolari se la condizione o le condizioni che hanno portato al comando degli attuatori secondo parametri di funzionamento modificati viene meno.

In una forma di realizzazione, l'operatore può fornire all'unità di controllo, ad esempio tramite il radiocomando, un'istruzione di "reset" quando viene superato un valore di soglia predeterminato che comporta il comando degli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati, in modo tale da ripristinare il comando degli attuatori in modalità regolare. Preferibilmente, tale possibilità è disponibile solo per alcune delle condizioni al contorno e non per altre. Ad esempio l'operatore potrà fornire un'istruzioni di reset in caso di rilevate condizioni meteorologiche avverse, ma non potrà farlo nel caso in cui sia rilevato un suo malfunzionamento in corso o imminente.

In una forma di realizzazione, l'unità di controllo comprende un modulo di memoria che memorizza tutte le situazioni in cui si verifica una condizione per cui viene attivato il comando degli attuatori in modalità modificata. Preferibilmente, l'unità di controllo comprende inoltre un modulo di trasmissione in grado di trasmettere tali informazioni memorizzate a un'unità di controllo esterna, ad esempio ad una centrale operativa remota. La trasmissione può avvenire ad esempio tramite rete internet sfruttando una connessione dati cellulare

oppure una rete Wi-Fi.

Si noti che, nella presente descrizione e nelle annesse rivendicazioni, l'unità di controllo, nonché gli elementi indicati con l'espressione "modulo", possono essere implementati mediante dispositivi hardware (ad esempio centraline), mediante software o mediante una combinazione di hardware e software.

Alle forme di realizzazione descritte del sistema adattativo per la movimentazione di un braccio articolato la persona esperta, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti specifiche, potrà apportare numerose aggiunte, modifiche, o sostituzioni di elementi con altri funzionalmente equivalenti, senza tuttavia uscire dall'ambito delle annesse rivendicazioni.

*** * ***

RIVENDICAZIONI

1. Sistema per la movimentazione di un braccio articolato (101), comprendente:

- detto braccio articolato (101), comprendente una pluralità di corpi, collegati in successione a formare una catena cinematica aperta, e una pluralità di attuatori per la movimentazione di detti corpi;
- un dispositivo di interfaccia utente (110) configurato per il comando dei movimenti del braccio articolato da parte di un operatore;
- un'unità di controllo operativamente collegata a detti attuatori e a detto dispositivo di interfaccia utente, configurata per comandare, in risposta a comandi dell'operatore sul dispositivo di interfaccia utente (110), detti attuatori secondo parametri di funzionamento regolari idonei affinché il braccio articolato effettui i movimenti comandati dall'operatore,

in cui il sistema comprende inoltre uno o più tra:

- a) uno o più sensori di parametri fisiologici dell'operatore, collegati all'unità di controllo;
- b) uno o più sensori atti a rilevare una posizione dell'operatore, collegati all'unità di

controllo;

c) uno o più sensori atti a rilevare una condizione di schiacciamento dell'operatore, collegati all'unità di controllo;

d) un contatore collegato a o compreso nell'unità di controllo, configurato per misurare un tempo durante il quale l'operatore comanda il braccio articolato;

e) uno o più sensori per la determinazione di grandezze cinematiche dei corpi del braccio articolato e/o uno o più sensori per la determinazione del carico sollevato dal braccio articolato, collegati all'unità di controllo;

f) un dispositivo atto a determinare un livello di luminosità dello spazio di lavoro in cui si trova il braccio articolato, collegato all'unità di controllo;

g) un dispositivo atto a determinare condizioni meteorologiche dello spazio di lavoro in cui si trova il braccio articolato, collegato all'unità di controllo,

e in cui detta unità di controllo è inoltre configurata per comandare, in risposta ai comandi dell'operatore sul dispositivo di interfaccia utente (110), detti attuatori secondo parametri di

funzionamento modificati, differenti dai parametri di funzionamento regolari, se:

- a) almeno uno dei parametri fisiologici rilevati dagli uno o più sensori di parametri fisiologici, istantaneamente o per un tempo di riferimento predeterminato, supera o va al di sotto di un valore di soglia predeterminato; e/o
- b) la posizione dell'operatore rilevata dagli uno o più sensori di posizione dell'operatore ricade entro un'area di pericolo predeterminata; e/o
- c) detti uno o più sensori di schiacciamento rilevano una condizione di schiacciamento dell'operatore; e/o
- d) detto contatore rileva un tempo di comando del braccio articolato da parte dell'operatore superiore ad un tempo di comando limite predeterminato; e/o
- e) in un intervallo di tempo di riferimento predeterminato le grandezze cinematiche dei corpi del braccio articolato e/o il carico sollevato rilevati dagli uno o più sensori per la determinazione di grandezze cinematiche dei corpi del braccio articolato e/o dagli uno o più sensori per la determinazione del carico

sollevato dal braccio articolato hanno un andamento rappresentativo di un uso improprio del braccio articolato da parte dell'operatore; e/o

f) il dispositivo per determinare il livello di luminosità dello spazio di lavoro determina una luminosità dello spazio di lavoro inferiore ad un primo valore di luminosità di soglia predeterminato o superiore ad un secondo valore di luminosità di soglia predeterminato; e/o

g) il dispositivo per determinare le condizioni meteorologiche dello spazio di lavoro determina condizioni meteorologiche specifiche.

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detti parametri di funzionamento regolari e modificati degli attuatori sono correlati alla velocità dei corpi del braccio articolato e al carico massimo sollevabile dal braccio articolato, in cui ai parametri di funzionamento modificati corrispondono velocità dei corpi del braccio articolato e carico massimo sollevabile dal braccio articolato differenti rispetto alle velocità dei corpi del braccio articolato e al carico massimo sollevabile dal braccio articolato corrispondenti ai parametri di funzionamento regolari.

3. Sistema secondo la rivendicazione 2, in cui ai parametri di funzionamento modificati corrispondono velocità dei corpi del braccio articolato e carico massimo sollevabile dal braccio articolato inferiori rispetto alle velocità dei corpi del braccio articolato e al carico massimo sollevabile dal braccio articolato corrispondenti ai parametri di funzionamento regolari.

4. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti attuatori comprendono attuatori idraulici operanti con un fluido di lavoro in pressione e detti parametri di funzionamento regolari e modificati comprendono portata e pressione di detto fluido di lavoro.

5. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti parametri fisiologici dell'operatore comprendono uno o più tra: frequenza di battito cardiaco, frequenza di battito delle ciglia, frequenza di respirazione, temperatura corporea, saturazione dell'ossigeno, contrazione dei muscoli.

6. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti sensori di parametri fisiologici sono inclusi in uno o più

dispositivi indossabili dall'operatore, scelti nel gruppo composto da: smart glasses, occhiali sensorizzati, giubbotti sensorizzati, smart watch, guanti sensorizzati, caschetti sensorizzati.

7. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti valori di soglia predeterminati dei parametri fisiologici dell'operatore sono specifici per differenti operatori, detta unità di controllo comprendendo un modulo di memoria per memorizzare detti valori di soglia predeterminati dei parametri fisiologici specifici per differenti operatori ed essendo configurata per identificare e distinguere i differenti operatori.

8. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto tempo di comando limite predeterminato è specifico per differenti operatori, detta unità di controllo comprendendo un modulo di memoria in cui sono memorizzati detti tempi limite di comando predeterminati specifici per differenti operatori ed essendo configurata per identificare e distinguere i differenti operatori.

9. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente sensori

biometrici collegati all'unità di controllo per l'identificazione dell'operatore tramite rilevazione di caratteristiche biometriche.

10. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti uno o più sensori di posizione comprendono sensori di posizione assoluta o relativa e sono scelti nel gruppo composto da: sensori GPS, sensori di prossimità.

11. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti uno o più sensori di schiacciamento comprendono sensori di pressione applicabili sull'operatore e/o sistemi di visione in grado di riconoscere una condizione di schiacciamento dell'operatore in base ad un'analisi delle immagini rilevate.

12. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'unità di controllo è configurata per determinare detto uso improprio del braccio articolato da parte dell'operatore se nell'intervallo di tempo di riferimento predeterminato:

- viene rilevato un numero di inversioni delle grandezze cinematiche dei corpi del braccio articolato superiore a un numero di soglia predeterminato, e/o

- viene rilevato un numero di oscillazioni del valore del carico trasportato superiore a un numero di soglia predeterminato.

13. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il dispositivo per determinare il livello di luminosità dello spazio di lavoro comprende uno o più tra:

- un orologio, in cui l'unità di controllo è configurata per determinare un livello di luminosità dello spazio di lavoro inferiore al primo valore di soglia di luminosità predeterminato o superiore al secondo valore di soglia di luminosità predeterminato in una o più fasce orarie predefinite;
- un sensore di luminosità dello spazio di lavoro collegato all'unità di controllo.

14. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il dispositivo per determinare le condizioni meteorologiche dello spazio di lavoro comprende uno o più tra:

- un anemometro collegato all'unità di controllo, in cui l'unità di controllo è configurata per determinare una condizione meteorologica specifica se la velocità del vento misurata dall'anemometro supera una prima velocità di soglia del vento predeterminata o è al di sotto di una seconda velocità di soglia

predeterminata;

- un'applicazione di servizio meteo configurata per fornire all'unità di controllo una pluralità di parametri meteorologici nello spazio di lavoro.

15. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta unità di controllo è configurata per comandare, in risposta ai comandi dell'operatore sul dispositivo di interfaccia utente (110), detti attuatori secondo una pluralità di parametri di funzionamento modificati differenti dai parametri di funzionamento regolari.

16. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente avvisatori acustici e/o luminosi collegati all'unità di controllo, configurati per fornire all'operatore avvisi acustici e/o luminosi quando l'unità di controllo comanda gli attuatori secondo i parametri di funzionamento modificati.

17. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'unità di controllo è configurata per ricevere un'istruzione di "reset" da parte dell'operatore e, a seguito di detta istruzione di reset ricevuta mentre gli attuatori sono comandati secondo i parametri di funzionamento modificati, ripristinare il comando degli attuatori

secondo i parametri di funzionamento modificati.

18. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta unità di controllo è inoltre configurata per ripristinare il comando di detti attuatori secondo parametri di funzionamento regolari se:

- a) almeno uno dei parametri fisiologici rilevati dagli uno o più sensori di parametri fisiologici si riporta istantaneamente o per un tempo di riferimento predeterminato al di sotto o al di sopra di detto valore di soglia predeterminato; e/o
- b) la posizione dell'operatore rilevata dagli uno o più sensori di posizione dell'operatore fuoriesce dall'area di pericolo predeterminata; e/o
- c) detti uno o più sensori di schiacciamento cessano di rilevare una condizione di schiacciamento dell'operatore; e/o
- d) detto contatore rileva che il tempo di comando del braccio articolato da parte dell'operatore è tornato al di sotto del tempo di comando limite predeterminato; e/o
- e) in un intervallo di tempo di riferimento predeterminato le grandezze cinematiche dei

corpi del braccio articolato e/o il carico sollevato rilevati dagli uno o più sensori per la determinazione di grandezze cinematiche dei corpi del braccio articolato e/o dagli uno o più sensori per la determinazione del carico sollevato dal braccio articolato assumono un andamento rappresentativo di un uso non improprio del braccio articolato da parte dell'operatore; e/o

- f) il dispositivo per determinare il livello di luminosità dello spazio di lavoro determina una luminosità dello spazio di lavoro superiore al primo valore di luminosità di soglia predeterminato o inferiore al secondo valore di luminosità di soglia predeterminato; e/o
- g) il dispositivo per determinare le condizioni meteorologiche dello spazio di lavoro determina condizioni meteorologiche differenti da dette condizioni meteorologiche specifiche.

