

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000026687
Data Deposito	18/10/2021
Data Pubblicazione	18/04/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	64	C	39	02
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	D	1	08
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	G	1	02
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	64	C	37	02

Titolo

SISTEMA MULTIDRONE PER ESEGUIRE COMPITI O ATTIVITA' SU BERSAGLI DISPOSTI AD UNA CERTA QUOTA DA TERRA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"SISTEMA MULTIDRONE PER ESEGUIRE COMPITI O ATTIVITA' SU BERSAGLI DISPOSTI AD UNA CERTA QUOTA DA TERRA"

di 1) TERNA S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIALE EGIDIO GALBANI 70

00156 ROMA (RM)

di 2) AERMATICA3D S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA TETTAMANTI 1

22041 COLVERDE (CO)

Inventori: BAIETTI Alberto, COCCHI Davide, CUTECCHIA Gennaro, D'ALONZO Lorenzo, FORTELEONI Marco, GRASSI Sergio, MARRAS Paolo, NOTO Giancarlo, OBBERMITO Roberto, SPADINI Guido, TATTARLETTI Barbara

* * *

SETTORE TECNICO DELL' INVENZIONE

La presente invenzione concerne, in generale, un sistema multidrone e, più specificatamente, un sistema che include due droni vincolati e coordinati tra loro per l'esecuzione di compiti o attività complessi/e, critici/che, difficoltosi/e e/o pericolosi/e ad una certa quota da terra, in particolare su bersagli/strutture/infrastrutture disposti/e, o con parti posizionate, ad una certa altezza da

terra.

Ad esempio, la presente invenzione può essere vantaggiosamente sfruttata per eseguire misure elettriche (e.g., di corrente, tensione, resistenza, ecc.), riparazioni e/o interventi (e.g., di manutenzione, test, ecc.) su conduttori di una linea elettrica aerea in Alta Tensione (AT).

Più in generale, il sistema multidrone secondo la presente invenzione può essere vantaggiosamente sfruttato per eseguire compiti o attività di qualsiasi tipo su bersagli/strutture/infrastrutture di qualsiasi tipo che siano disposti/e, o che comprendano parti posizionate, ad una certa quota da terra.

A tal riguardo risulta importante sottolineare il fatto che, nel seguito, la presente invenzione verrà descritta, per semplicità e a puro scopo esemplificativo ma non limitativo, né tantomeno vincolante, facendo esplicito riferimento all'esecuzione di compiti/attività su elettrodotti aerei AT senza per questo perdere di generalità.

Infatti, come spiegato poc'anzi, il sistema multidrone secondo la presente invenzione può essere vantaggiosamente sfruttato, senza necessitare di alcuna modifica sostanziale, per eseguire compiti, attività o interventi (e.g., di manutenzione, riparazione, test, ecc.) su qualsiasi altra tipologia di bersaglio, struttura o infrastruttura

disposto/a, o con parti posizionate, ad una certa altezza da terra.

STATO DELL'ARTE

Com'è noto, un Sistema Aeromobile senza pilota/equipaggio a bordo (in inglese tipicamente chiamato "Unmanned Aircraft System" - UAS) è caratterizzato da almeno un velivolo privo di pilota/equipaggio a bordo (comunemente noto come drone) che può essere pilotato da remoto da una o più stazioni di terra e può essere coadiuvato da un computer di bordo che, in certi casi, può far svolgere compiti in autonomia al drone. Sono noti, ad esempio, droni cosiddetti multicotteri (o multirotore) dotati di quattro, sei, otto o più motori.

Un limite noto di tale tipologia di velivoli è legato al fatto che un drone non è generalmente in grado di azionare strumenti, dispositivi, sistemi o, più in generale, carichi utili (in inglese "payload" o, nel settore della robotica, "end effector") di peso non trascurabile a sbalzo rispetto al baricentro del drone. Infatti, a tal fine sarebbe necessario equipaggiare il drone con un sistema robotico avente dimensioni e caratteristiche tali da rendere tale sistema robotico e quindi anche il drone stesso che lo deve trasportare eccessivamente grandi e pesanti.

Tale limite impedisce di fatto (o, in ogni caso, rende particolarmente difficoltoso) lo svolgimento di compiti o

attività ad una certa quota da terra per mezzo di un drone in tutti quei casi in cui tali compiti/attività richiedono il trasporto e l’azionamento di payload di peso non trascurabile a sbalzo rispetto al baricentro del drone, ad esempio per l’esecuzione di misure elettriche (e.g., di corrente, tensione, resistenza, ecc.), riparazioni e/o interventi (e.g., di manutenzione o di test) su conduttori di una linea elettrica aerea in Alta Tensione (AT).

OGGETTO E RIASSUNTO DELL’INVENZIONE

Alla luce di quanto spiegato in precedenza, uno scopo generale della presente invenzione è, quindi, quello di fornire un innovativo sistema basato sull’impiego di droni che sia in grado di superare i suddetti limiti tecnici dei sistemi UAS di tipo noto.

Inoltre, un primo specifico scopo della presente invenzione è quello di fornire un innovativo sistema multidrone che sia in grado di trasportare ed azionare con estrema precisione un payload (o carico utile o end effector) di peso non trascurabile per eseguire compiti o attività su bersagli/strutture/infrastrutture disposti/e, o con parti posizionate, ad una certa altezza da terra.

In aggiunta, un secondo specifico scopo della presente invenzione è quello di fornire un innovativo sistema multidrone che sia in grado di trasportare ed azionare con estrema precisione strumenti, dispositivi o sistemi per

eseguire compiti o attività complessi/e, critici/che, difficoltosi/e e/o pericolosi/e su bersagli/strutture/infrastrutture critici/che disposti/e, o con parti posizionate, ad una certa altezza da terra, quali ad esempio i conduttori di una linea elettrica aerea AT, evitando in tal modo l'intervento di operatori umani.

Questi ed altri scopi sono raggiunti dalla presente invenzione in quanto essa è relativa ad un sistema multidrone, secondo quanto definito nelle rivendicazioni allegate.

In particolare, il sistema multidrone secondo la presente invenzione comprende:

- un drone principale provvisto di un dispositivo di aggancio; ed
- un drone ausiliario accoppiato al drone principale attraverso un'asta di vincolo che è
 - fissata al drone ausiliario in modo tale da non consentire nessun movimento relativo di detto drone ausiliario rispetto a detta asta di vincolo e viceversa ed
 - agganciata al drone principale per mezzo del dispositivo di aggancio.

Detto dispositivo di aggancio è configurato per consentire all'asta di vincolo e quindi al drone ausiliario di muoversi rispetto al drone principale solamente intorno

ad un predefinito asse di beccheggio e ad un predefinito asse di imbardata passanti per detto dispositivo di aggancio e ortogonali tra loro.

Il sistema multidrone secondo la presente invenzione comprende inoltre un carico utile che è:

- progettato per eseguire uno o più predefiniti compiti su un/una dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura disposto/a, o su una rispettiva parte di quest'ultimo/a posizionata, ad una data quota; ed
- accoppiato al drone ausiliario tramite mezzi di accoppiamento e azionamento che sono fissati/installati a/su detto drone ausiliario e sono configurati per movimentare detto carico utile.

Il drone principale ed il drone ausiliario sono configurati per decollare e volare in modo controllato e coordinato per eseguire un avvicinamento grossolano al/alla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o alla rispettiva parte di quest'ultimo/a.

Il drone ausiliario è configurato per, una volta eseguito detto avvicinamento grossolano, eseguire in modo controllato un avvicinamento fine al/alla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o alla rispettiva parte di quest'ultimo/a muovendosi rispetto al drone principale intorno al predefinito asse di beccheggio e/o al predefinito asse di imbardata.

I mezzi di accoppiamento e azionamento sono configurati per, una volta eseguito detto avvicinamento fine, movimentare il carico in modo tale che quest'ultimo esegua il/i predefinito/i compito/i sul/sulla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o sulla rispettiva parte di quest'ultimo/a.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Per una migliore comprensione della presente invenzione, alcune forme preferite di realizzazione, fornite a puro titolo di esempio esplicativo e non limitativo, verranno ora illustrate con riferimento ai disegni allegati (non in scala), in cui:

- la Figura 1 illustra schematicamente un sistema multidrone secondo una forma preferita di realizzazione della presente invenzione;
- la Figura 2 illustra schematicamente un esempio di realizzazione di un drone ausiliario del sistema multidrone di Figura 1;
- la Figura 3 mostra un esempio di realizzazione di un sistema di aggancio utilizzabile per vincolare meccanicamente il drone ausiliario di Figura 2 ad un drone principale appartenente sempre al sistema multidrone di Figura 1;
- la Figura 4 mostra un esempio di realizzazione di un carico utile (o payload o end effector) e di rispettivi mezzi

di accoppiamento e azionamento installabili a bordo del drone ausiliario di Figura 2; e

- le Figure 5 e 6 mostrano due esempi di impiego del sistema multidrone di Figura 1.

**DESCRIZIONE DETTAGLIATA DI FORME PREFERITE DI REALIZZAZIONE
DELL' INVENZIONE**

La seguente descrizione viene fornita per permettere ad un tecnico del settore di realizzare ed usare l'invenzione. Varie modifiche alle forme di realizzazione presentate saranno immediatamente evidenti a persone esperte ed i generici principi qui divulgati potrebbero essere applicati ad altre forme realizzative ed applicazioni senza, però, per questo uscire dall'ambito di tutela della presente invenzione come definito nelle rivendicazioni allegate.

Pertanto, la presente invenzione non deve essere intesa come limitata alle sole forme realizzative descritte e mostrate, ma le deve essere accordato il più ampio ambito di tutela in accordo con le caratteristiche definite nelle rivendicazioni allegate.

Per una migliore comprensione della presente invenzione, in Figura 1 è illustrata schematicamente (in particolare per mezzo di uno schema a blocchi) un'architettura di alto livello di un sistema multidrone (indicato nel complesso con 1) secondo una forma preferita di realizzazione della presente invenzione.

In dettaglio, il sistema multidrone 1 include un drone principale 11 (ad esempio, un tradizionale multicottero, ovvero multirotore) e un drone ausiliario 12 che è accoppiato al drone principale 11 attraverso un'asta o barra (rigida) di vincolo 13.

Più nello specifico, il drone principale 11 è provvisto di un dispositivo di aggancio 14, che è preferibilmente installato su una parte inferiore di detto drone principale 11 in una posizione baricentrica rispetto a quest'ultimo, ovvero in corrispondenza di un baricentro di detto drone principale 11.

L'asta di vincolo 13 è fissata al drone ausiliario 12 in maniera fissa e rigida, ossia in modo tale da impedire, (ovvero non consentire), di fatto, alcun movimento relativo di detto drone ausiliario 12 rispetto a detta asta di vincolo 13 e viceversa.

L'asta di vincolo 13 è inoltre agganciata al drone principale 11 per mezzo del dispositivo di aggancio 14, il quale è configurato per realizzare un vincolo meccanico ai movimenti del drone ausiliario 12 rispetto al drone principale 11, in particolare un vincolo meccanico tale per cui detto drone ausiliario 12 ha libertà di movimento solamente intorno ad un predefinito asse di beccheggio A_B e ad un predefinito asse di imbardata A_I che sono tra loro ortogonali e che passano per detto dispositivo di aggancio

14 (convenientemente, per il centro/baricentro di quest'ultimo), in cui detto predefinito asse di imbardata A_I passa preferibilmente attraverso il (o, in ogni caso, vicino al) baricentro del drone principale 11.

In altre parole, ipotizzando, a puro scopo esemplificativo, un assetto di volo orizzontale del drone principale 11, ossia su un ipotetico piano orizzontale idealmente parallelo al terreno, il vincolo meccanico costituito dal dispositivo di aggancio 14 (e dall'asta di vincolo 13) consente al drone ausiliario 12 di muoversi solamente:

- verticalmente intorno al predefinito asse di beccheggio A_B ; e
- orizzontalmente intorno al predefinito asse di imbardata A_I .

Inoltre, sempre come mostrato in Figura 1, il sistema multidrone 1 include anche un payload (ovvero un carico utile o end effector, ad esempio uno strumento di misura) 15 accoppiato al drone ausiliario 12 tramite mezzi di accoppiamento e azionamento 16 che sono fissati/installati al/sul drone ausiliario 12 e sono configurati per azionare detto payload 15.

In particolare, i mezzi di accoppiamento e azionamento 16 sono preferibilmente configurati per azionare il payload 15 movimentando quest'ultimo lungo, e/o attorno a, un

predefinito asse (longitudinale) di rollio A_R passante per il drone ausiliario 12 (preferibilmente per il baricentro di detto drone ausiliario 12 o, in ogni caso, vicino a quest'ultimo), per l'asta di vincolo 13 e per il dispositivo di aggancio 14 (convenientemente, per il centro/baricentro di quest'ultimo). Ad esempio, se l'asta di vincolo 13 viene convenientemente realizzata con una forma cilindrica, il predefinito asse di rollio A_R risulta coincidente con l'asse di simmetria rotazionale di tale asta di vincolo 13 di forma cilindrica.

Pertanto, come appena spiegato, i mezzi di accoppiamento e azionamento 16 sono preferibilmente configurati/progettati in modo tale da:

- movimentare il payload 15 con moto traslatorio (convenientemente, in avanti e indietro) lungo il predefinito asse di rollio A_R ; e/o
- ruotare detto payload 15 intorno al predefinito asse di rollio A_R .

Alla luce di quanto spiegato in precedenza, il sistema multidrone 1 rappresenta, in sostanza, un sistema robotico aereo che comprende due droni (i.e., il drone principale 11 e il drone ausiliario 12) reciprocamente vincolati e, in uso, coordinati tra loro in tempo reale per lo svolgimento di un compito complesso su bersagli (o target) di difficile gestione, ad esempio per effettuare misure elettriche

tramite appositi strumenti (i.e., il payload 15) su conduttori sospesi di linee elettriche aeree AT.

In particolare, il sistema multidrone 1 consente di realizzare un approccio di avvicinamento laterale ad un target di interesse, ad esempio una linea elettrica aerea AT, permettendo di operare anche in prossimità dei relativi sostegni a traliccio e di gestire le procedure di avvicinamento e azionamento del payload 15 anche in tutte quelle situazioni dove non è presente un volume di avvicinamento accessibile dall'alto o dove non sia conveniente accedere dall'alto (condizione che renderebbe possibile l'azione/intervento sul target per mezzo di un sistema azionato in maniera baricentrale da un drone).

In uso, al drone principale 11 è demandata la funzionalità di volo e di avvicinamento grossolano al target di interesse, mentre il drone ausiliario 12 realizza la funzionalità di trasporto e di avvicinamento fine al target del payload 15 secondo quanto consentito dal vincolo meccanico costituito dal dispositivo di aggancio 14 (e dall'asta di vincolo 13) rispetto al drone principale 11, nonché dal proprio sistema rotorico. Inoltre, i mezzi di accoppiamento e azionamento 16, in uso, implementano la movimentazione di precisione del payload 15.

Il drone ausiliario 12 ha la capacità di sostenere attivamente un payload 15 anche pesante attuato a sbalzo dal

drone ausiliario 12 stesso. In questo modo, il payload 15 ha la possibilità di agire a contatto sul target di interesse, anche di tipo critico o complesso (e.g., i conduttori di una linea elettrica aerea AT, così come anche i relativi sostegni a traliccio o le relative funi di guardia).

Il drone principale 11 può essere convenientemente dotato di un dispositivo di navigazione/posizionamento satellitare cinematica/o in tempo reale ("Real-Time Kinematic" - RTK) in modo tale da ottenere una precisione di posizionamento di qualche decina di centimetri rispetto al target, mentre il drone ausiliario 12 con i suoi gradi di libertà di movimento può eseguire il posizionamento fine e le procedure di azionamento (tramite i mezzi di accoppiamento e azionamento 16) del payload 15 sul target (e.g., un contatto preciso e puntuale di uno strumento di misura su un conduttore in tensione di una linea elettrica aerea AT).

Convenientemente, il sistema multidrone 1 può essere remotamente pilotato durante le varie fasi di volo da un unico pilota, in quanto i gradi di libertà di movimento del drone ausiliario 12 rispetto al drone principale 11 sono convenientemente controllati, in maniera automatica, per mezzo di uno o più computer di bordo. Eventualmente, un secondo operatore può convenientemente intervenire per gestire in tempo reale le fasi di azionamento puntuale del payload 15 sul target.

Alcune fasi del volo, come l'avvicinamento del sistema multidrone 1 al target, possono essere convenientemente gestite in modalità completamente automatica/automatizzata grazie all'impiego di appositi sensori installati sul drone ausiliario 12 e/o sul drone principale 11 e di un apposito programma software configurato per gestire in automatico il volo del sistema multidrone 1.

Il vincolo meccanico costituito dal dispositivo di aggancio 14 (e dall'asta di vincolo 13) del drone ausiliario 12 rispetto al drone principale 11 è preferibilmente caratterizzato da un vincolo di posizione puntuale e da ampi gradi di libertà di movimento in beccheggio e imbardata rispetto a detto vincolo di posizione puntuale. Ciò consente al sistema multidrone 1 di operare a contatto con un target (e.g., una linea elettrica aerea AT) senza avere un vincolo rigido con il drone principale 11 in volo, ma solo con il drone ausiliario 12. Infatti, un vincolo rigido su un target fisso per un drone in volo rappresenta un elemento di difficile gestione compatibilmente con le dinamiche di volo del drone stesso.

Convenientemente, il drone ausiliario 12 è provvisto di:

- due o più rotori con asse verticale (ossia parallelo al predefinito asse di imbardata A_I) per la gestione ed il controllo dei movimenti di detto drone ausiliario 12 intorno al predefinito asse di beccheggio A_B ; e

- uno o più rotori con asse orizzontale (ossia parallelo al predefinito asse di beccheggio A_B) per la gestione ed il controllo dei movimenti di detto drone ausiliario 12 intorno al predefinito asse di imbardata A_I .

A tal riguardo, in Figura 2 è illustrato schematicamente un esempio (assolutamente non limitativo, né tantomeno vincolante) di realizzazione del drone ausiliario 12, in cui sono impiegati:

- un primo ed un secondo rotore (indicati entrambi con 121) aventi il rispettivo asse parallelo al predefinito asse di imbardata A_I per la gestione ed il controllo dei movimenti del drone ausiliario 12 intorno al predefinito asse di beccheggio A_B (movimenti rappresentati schematicamente da una prima freccia indicata con F_1); e
- un terzo rotore 122 con asse parallelo al predefinito asse di beccheggio A_B per la gestione ed il controllo dei movimenti del drone ausiliario 12 intorno al predefinito asse di imbardata A_I (movimenti rappresentati schematicamente da una seconda freccia indicata con F_2).

Inoltre, in Figura 2 sono illustrati schematicamente anche i gradi di libertà di movimentazione del payload 15 da parte dei mezzi di accoppiamento e azionamento 16 secondo una forma preferita (ma assolutamente non limitativa, né tantomeno vincolante) di realizzazione della presente invenzione. In particolare, come mostrato in Figura 2, il

payload 15 può convenientemente:

- traslare avanti e indietro lungo il predefinito asse di rollio A_R (movimenti rappresentati schematicamente da una terza freccia indicata con F_3); e
- ruotare attorno al predefinito asse di rollio A_R (movimenti rappresentati schematicamente da una quarta freccia indicata con F_4).

La Figura 3 mostra, invece, un esempio (assolutamente non limitativo, né tantomeno vincolante) di realizzazione del dispositivo di aggancio 14 installato sotto al drone principale 11 (di cui in Figura 3 sono visibili solamente tre piedini di appoggio indicati con 111) in posizione baricentrica rispetto a detto drone principale 11. In particolare, nell'esempio di Figura 3, il dispositivo di aggancio 14 include un giunto a flange (indicato nel complesso con 141) utilizzato per fissare l'asta di vincolo 13 a detto dispositivo di aggancio 14, il quale è configurato/progettato in modo tale consentire a detta asta di vincolo 13 e, quindi, al drone ausiliario 12 (non mostrato in Figura 3) solamente due gradi di libertà in rotazione, nello specifico attorno:

- al predefinito asse (verticale) di imbardata A_I (non mostrato in Figura 3) - freccia F_5 ; e
- al predefinito asse (orizzontale) di beccheggio A_B (non mostrato in Figura 3) - freccia F_6 .

I gradi di libertà di movimento, ovvero i movimenti, del drone ausiliario 12 possono essere convenientemente controllati in tempo reale rispetto ad un sistema di coordinate assoluto ed anche rispetto ad un sistema di coordinate relativo del drone principale 11. Ciò consente il volo coordinato e controllato del sistema multidrone 1. In particolare, durante la fase di decollo e volo verso il target, il drone ausiliario 12 può essere convenientemente controllato in modo tale da mantenere una predefinita posizione fissa rispetto al drone principale 11. Ad esempio, durante la fase di decollo e volo verso il target, il drone ausiliario 12 può essere convenientemente mantenuto:

- ad un angolo di rotazione attorno al predefinito asse di imbardata A_I pari a 0° rispetto alla direzione di volo del drone principale 11; e
- ad un angolo di rotazione attorno al predefinito asse di beccheggio A_B ugualmente pari a 0° rispetto alla direzione di volo del drone principale 11, in modo tale da mantenere l'asta di vincolo 13 tra i due droni 11, 12 in posizione orizzontale (ossia allineata con la direzione di volo del drone principale 11).

Come spiegato in precedenza, ulteriori gradi di libertà di movimento possono essere convenientemente previsti nell'accoppiamento del payload 15 al drone ausiliario 12 tramite i mezzi di accoppiamento e azionamento 16 (ad

esempio, movimenti di traslazione lungo, e/o di rotazione attorno a, detto predefinito asse di rollio A_R) allo scopo di consentire procedure di azionamento del payload 15 molto precise su target remoti.

Ad esempio, il payload 15 (e.g., uno strumento di misura per linee elettriche aeree AT) può essere convenientemente collegato al drone ausiliario 12 mediante uno specifico attacco modulare configurato per consentire l'utilizzo di diversi strumenti/dispositivi/sistemi per l'azione sul target di interesse.

A tal riguardo, in Figura 4 è mostrato un esempio (assolutamente non limitativo, né tantomeno vincolante) di realizzazione del payload 15 e dei mezzi di accoppiamento e azionamento 16, in cui:

- il payload 15 è costituito da un tipico strumento di misura (con forma sostanzialmente di tipo a Y, ovvero a forcella) per eseguire misure elettriche (e.g., di corrente, tensione, resistenza, ecc.) su conduttori di una linea elettrica aerea AT; e
- i mezzi di accoppiamento e azionamento 16 sono configurati/progettati in modo tale da
 - movimentare detto payload 15 avanti e indietro lungo il predefinito asse di rollio A_R (non mostrato in Figura 4) - freccia F_7 - e
 - ruotare detto payload 15 intorno al predefinito asse

di rollio A_R - freccia F_8 .

In alcuni casi, come quello mostrato, ad esempio, in Figura 4 in cui il payload 15 è costituito da un tipico strumento di misura con forma sostanzialmente di tipo a Y/forcella per eseguire misure elettriche su conduttori di una linea elettrica aerea AT, può risultare conveniente, per un impiego più efficace del sistema multidrone 1, prevedere anche un ulteriore grado di libertà di movimento per il payload 15, in particolare un ulteriore grado di libertà di rotazione di detto payload 15 attorno ad un rispettivo asse (orizzontale) di beccheggio per consentire di svincolare detto payload 15 (verticalmente) lungo un rispettivo asse di imbardata dalla posizione rigida mantenuta, rispetto al drone ausiliario 12, durante l'esecuzione di misure su un conduttore di una linea elettrica aerea AT. Infatti, tale ulteriore grado di libertà di movimento consente l'allontanamento sicuro orizzontale all'indietro del sistema multidrone 1 rispetto, ad esempio, ad un cavo di una linea elettrica aerea AT al termine della procedura di misura o, più in generale, dell'intervento eseguito su tale cavo.

Le Figure 5 e 6 mostrano, inoltre, due esempi (assolutamente non limitativi, né tantomeno vincolanti) di impiego del sistema multidrone 1, in cui:

- in Figura 5, il payload 15 è lo stesso già mostrato in Figura 4 e precedentemente descritto (ossia un tipico

strumento di misura con forma sostanzialmente di tipo a Y/forcella) utilizzato per eseguire misure elettriche (e.g., di corrente, tensione, resistenza, ecc.) su un conduttore 2 di una linea elettrica aerea AT; mentre

- nell'esempio di Figura 6 viene impiegato un diverso payload 15 per l'installazione di un gancio salvavita 3 su una fune di guardia 4 di una linea elettrica aerea AT.

Un ulteriore esempio di impiego del sistema multidrone 1, sempre nell'ambito di interventi su elettrodotti aerei AT, è inoltre rappresentato dall'installazione delle tipiche sfere di segnalazione sulle funi di guardia di tali elettrodotti.

Convenientemente, i due droni 11, 12 non presentano connessioni elettricamente conduttrive tra loro, ma sono accoppiati/vincolati solo meccanicamente attraverso l'asta di vincolo 13 e il dispositivo di aggancio 14 che sono convenientemente realizzati con materiali isolanti. Inoltre, i droni 11, 12 sono preferibilmente equipaggiati con dispositivi di comunicazione a radiofrequenza (RF) o ottici isolanti. Questo accorgimento consente lo svolgimento di compiti a contatto con cavi elettrici AT senza che il drone principale 11 (che ha in carico la gestione del volo) debba necessariamente andare a potenziale con il conduttore.

Convenientemente, per il sistema multidrone 1 può essere prevista una procedura di emergenza che consente

l'atterraggio in sicurezza dei droni 11, 12 anche nel caso in cui uno dei sistemi di bordo del drone ausiliario 12 abbia un malfunzionamento in volo (e.g., perdita della funzionalità di controllo o propulsione).

Il sistema multidrone 1 può essere convenientemente dotato di due stazioni di terra che sono in collegamento in tempo reale, rispettivamente, con il drone principale 11 e con il drone ausiliario 12. In particolare, mediante la stazione di terra del drone principale 11 è possibile gestire ogni aspetto del volo del sistema multidrone 1 nel suo complesso, mentre tramite la stazione di terra del drone ausiliario 12 è possibile gestire i gradi di libertà di movimento di detto drone ausiliario 12 nello svolgimento del/della compito/attività sul target (e.g., il posizionamento di uno strumento di misura su un conduttore AT in esercizio).

Il drone principale 11 e il drone ausiliario 12 sono convenientemente dotati di sensori (preferibilmente di tipo ottico e laser) che permettono l'operatività del sistema multidrone 1 su un target remoto (per cui il pilota e l'eventuale secondo operatore non avrebbero, da lontano, le giuste prospettive visive) consentendo a detto pilota e a detto eventuale secondo operatore una operatività con visuale diretta.

Per mezzo dei sensori installati a bordo dei droni 11,

12 e di un apposito software di elaborazione dei dati forniti da detti sensori di bordo, i sistemi di controllo del drone principale 11 e del drone ausiliario 12 sono in grado di controllare il movimento automatico del sistema multidrone 1 verso il target per consentire le procedure di azione a contatto sul target in maniera sicura e ripetibile.

Infine, il sistema multidrone 1 è convenientemente configurato per eseguire, in modo controllato, le operazioni di decollo e atterraggio verticalmente rispetto al terreno.

Dalla precedente descrizione le molteplici caratteristiche innovative e gli innumerevoli vantaggi tecnici della presente invenzione sono immediatamente evidenti per un tecnico del settore.

In particolare, risulta importante sottolineare il fatto che il sistema multidrone secondo la presente invenzione consente di superare il limite tecnico dei sistemi UAS di tipo noto, ossia l'impossibilità di azionare, per mezzo di un singolo drone, strumenti, dispositivi, sistemi o, più in generale, carichi utili (ovvero payload) di peso non trascurabile a sbalzo rispetto al baricentro del drone.

Inoltre, il sistema multidrone secondo la presente invenzione è in grado di trasportare ed azionare con estrema precisione un payload (o carico utile o end effector) di peso non trascurabile per eseguire compiti o attività complessi/e, critici/che, difficoltosi/e e/o pericolosi/e su

bersagli/strutture/infrastrutture critici/che disposti/e, o con parti posizionate, ad una certa altezza da terra, quali ad esempio i conduttori di una linea elettrica aerea AT, evitando l'intervento di operatori umani.

In conclusione, è importante notare che, benché l'invenzione sopra descritta faccia particolare riferimento ad esempi di attuazione ben precisi, essa non è da ritenersi limitata a tali esempi di attuazione, rientrando nel suo ambito tutte quelle varianti, modifiche, semplificazioni o generalizzazioni coperte dalle rivendicazioni allegate.

A tal riguardo risulta importante ribadire nuovamente che il sistema multidrone secondo la presente invenzione può essere vantaggiosamente sfruttato, senza richiedere alcuna modifica sostanziale, per eseguire compiti, attività o interventi di qualsiasi tipo (e.g., di manutenzione, riparazione, test, ecc.) su qualsiasi tipologia di bersaglio, struttura o infrastruttura disposto/a, o con parti posizionate, ad una certa quota da terra, in particolare anche su bersagli/strutture/infrastrutture diversi/e da elettrodotti aerei AT cui la precedente descrizione ha fatto esplicito riferimento solamente per semplicità e a puro scopo esemplificativo (ma assolutamente non limitativo, né tantomeno vincolante).

Ad esempio, il sistema multidrone secondo la presente invenzione può essere vantaggiosamente utilizzato per

eseguire compiti, attività, interventi, ecc. (e.g., per scopi di manutenzione, riparazione, test, misura, ecc.), anche di tipo complesso, critico, pericoloso, ecc., su bersagli/strutture/infrastrutture di varia natura quali ad esempio:

- antenne o sistemi d'antenna (e.g., di sistemi radar, ponti radio, sistemi di telefonia cellulare, ecc.) installate/i ad una certa quota da terra (ad esempio su tetti di edifici/ponti/viadotti, sulla sommità di navi, ecc.);
- sistemi elettronici, meccanici, meccatronici, ecc. installati ad una certa altezza da terra (ad esempio su velivoli - e.g. sistemi di contromisure elettroniche);
- sistemi/strutture/infrastrutture di varia natura presenti in zone/aree inaccessibili, o difficilmente accessibili, posizionate ad una certa quota (e.g., stazioni di funivie e relativi apparati);
- ecc.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema multidrone (1) comprendente:

- un drone principale (11) provvisto di un dispositivo di aggancio (14); ed
 - un drone ausiliario (12) accoppiato al drone principale (11) attraverso un'asta di vincolo (13) che è
 - fissata al drone ausiliario (12) in modo tale da non consentire nessun movimento relativo di detto drone ausiliario (12) rispetto a detta asta di vincolo (13) e viceversa ed
 - agganciata al drone principale (11) per mezzo del dispositivo di aggancio (14);
- in cui detto dispositivo di aggancio (14) è configurato per consentire all'asta di vincolo (13) e quindi al drone ausiliario (12) di muoversi rispetto al drone principale (11) solamente intorno ad un predefinito asse di beccheggio (A_B) e ad un predefinito asse di imbardata (A_I) passanti per detto dispositivo di aggancio (14) e ortogonali tra loro;
- detto sistema multidrone (1) comprendendo inoltre un carico utile (15) che è:

- progettato per eseguire uno o più predefiniti compiti su un/una dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura disposto/a, o su una rispettiva parte di quest'ultimo/a posizionata, ad una data quota; ed
- accoppiato al drone ausiliario (12) tramite mezzi di

accoppiamento e azionamento (16) che sono fissati/installati a/su detto drone ausiliario (12) e sono configurati per movimentare detto carico utile (15);

in cui il drone principale (11) ed il drone ausiliario (12) sono configurati per decollare e volare in modo controllato e coordinato per eseguire un avvicinamento grossolano al/alla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o alla rispettiva parte di quest'ultimo/a;

in cui il drone ausiliario (12) è configurato per, una volta eseguito detto avvicinamento grossolano, eseguire in modo controllato un avvicinamento fine al/alla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o alla rispettiva parte di quest'ultimo/a muovendosi rispetto al drone principale (11) intorno al predefinito asse di beccheggio (A_B) e/o al predefinito asse di imbardata (A_I);

ed in cui i mezzi di accoppiamento e azionamento (16) sono configurati per, una volta eseguito detto avvicinamento fine, movimentare il carico utile (15) in modo tale che quest'ultimo esegua il/i predefinito/i compito/i sul/sulla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o sulla rispettiva parte di quest'ultimo/a.

2. Il sistema multidrone della rivendicazione 1, in cui i mezzi di accoppiamento e azionamento (16) sono configurati per movimentare il carico utile (15) lungo, e/o attorno a,

un predefinito asse di rollio (A_R) passante per il drone ausiliario (12), per l'asta di vincolo (13) e per il dispositivo di aggancio (14).

3. Il sistema multidrone della rivendicazione 2, in cui i mezzi di accoppiamento e azionamento (16) sono configurati per, una volta eseguito l'avvicinamento fine al/alla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o alla rispettiva parte di quest'ultimo/a, movimentare il carico utile (15) lungo il, e/o attorno al, predefinito asse di rollio (A_R) in modo tale che detto carico utile (15) esegua il/i predefinito/i compito/i su detto/a dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o sulla rispettiva parte di quest'ultimo/a.

4. Il sistema multidrone secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui il carico utile (15) è accoppiato ai mezzi di accoppiamento e azionamento (16) in modo tale da poter ruotare, o essere movimentato da detti mezzi di accoppiamento e azionamento (16), anche attorno ad un rispettivo asse di beccheggio di detto carico utile (15).

5. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, in cui il dispositivo di aggancio (14) è installato su una parte inferiore del drone principale (11); in cui il predefinito asse di beccheggio (A_B) e il predefinito asse di imbardata (A_I) passano per un centro/baricentro di detto dispositivo di aggancio (14); ed

in cui detto predefinito asse di imbardata (A_I) passa per, o vicino a, un baricentro del drone principale (11).

6. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione 2-4, in cui il predefinito asse di rollio (A_R) passa:

- per un centro/baricentro del dispositivo di aggancio (14); e
- per, o vicino a, un centro/baricentro del drone ausiliario (12).

7. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, in cui il drone ausiliario (12) è provvisto di:

- due o più rotori con asse parallelo al predefinito asse di imbardata (A_I) per gestire e controllare i movimenti di detto drone ausiliario (12) intorno al predefinito asse di beccheggio (A_B); e
- uno o più rotori con asse parallelo al predefinito asse di beccheggio (A_B) per gestire e controllare i movimenti di detto drone ausiliario (12) intorno al predefinito asse di imbardata (A_I).

8. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, in cui il drone ausiliario (12) è configurato per, durante le fasi di decollo e di volo verso il/la dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o la rispettiva parte di quest'ultimo/a, mantenere in modo

controllato una predefinita posizione fissa rispetto al drone principale (11).

9. Il sistema multidrone della rivendicazione 8, in cui il drone ausiliario (12) è configurato per, durante le fasi di decollo e di volo verso il/la dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o la rispettiva parte di quest'ultimo/a, mantenere:

- un angolo di rotazione attorno al predefinito asse di imbarcatura (A_I) pari a zero gradi rispetto a una direzione di volo del drone principale (11); e
- un angolo di rotazione attorno al predefinito asse di beccheggio (A_B) pari a zero gradi rispetto alla direzione di volo del drone principale (11);

per cui l'asta di vincolo (13) è allineata con la direzione di volo del drone principale (11).

10. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, configurato per eseguire in maniera automatica/automatizzata l'avvicinamento grossolano e l'avvicinamento fine al/alla dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura o alla rispettiva parte di quest'ultimo/a, oppure solamente detto avvicinamento fine.

11. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, configurato per eseguire in maniera automatica/automatizzata, in caso di guasto/malfunzionamento del drone ausiliario (12) o di un

rispettivo dispositivo/sistema installato a bordo di detto drone ausiliare (12), una procedura di atterraggio di emergenza tale da far atterrare in sicurezza il drone principale (11) e il drone ausiliario (12).

12. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, in cui il drone principale (11) ed il drone ausiliario (12) sono configurati per decollare e atterrare verticalmente.

13. Il sistema multidrone secondo una qualsiasi rivendicazione precedente, in cui il/la dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura è una linea elettrica aerea, ed in cui il carico utile (15) è un dispositivo/sistema/strumento configurato per eseguire una o più attività, quali misure elettriche, installazioni, riparazioni, interventi di manutenzione, attività di test o simili, su una o più parti di detta linea elettrica aerea, quali conduttori (2), sostegni, funi di guardia (4) o simili.

14. Uso del sistema multidrone (1) come rivendicato in una qualsiasi rivendicazione precedente per eseguire uno o più predefiniti compiti su un/una dato/a bersaglio/struttura/infrastruttura disposto/a, o su una rispettiva parte di quest'ultimo/a posizionata, ad una data quota.

15. Uso del sistema multidrone (1) come rivendicato in una qualsiasi rivendicazione 1-13 per eseguire uno o più predefiniti compiti su una linea elettrica aerea o su parti di quest'ultima.

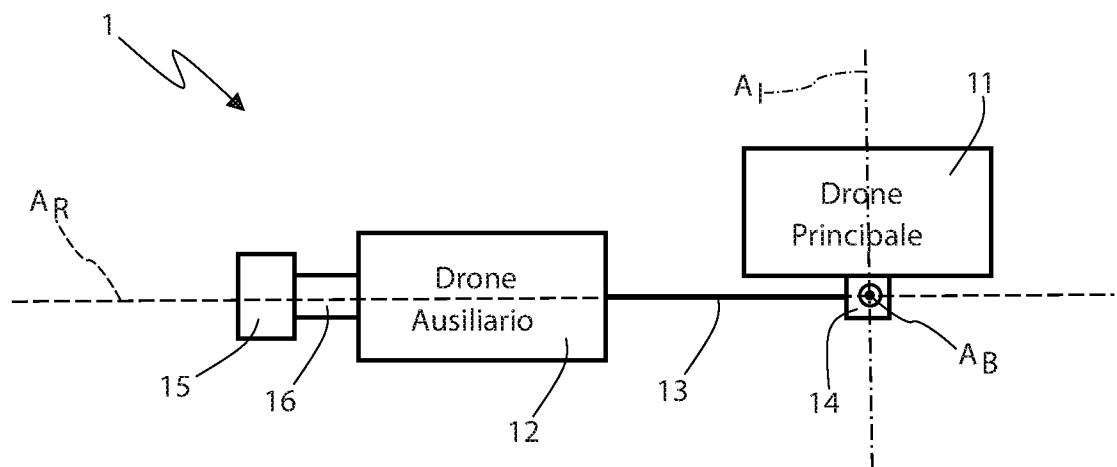


FIG. 1

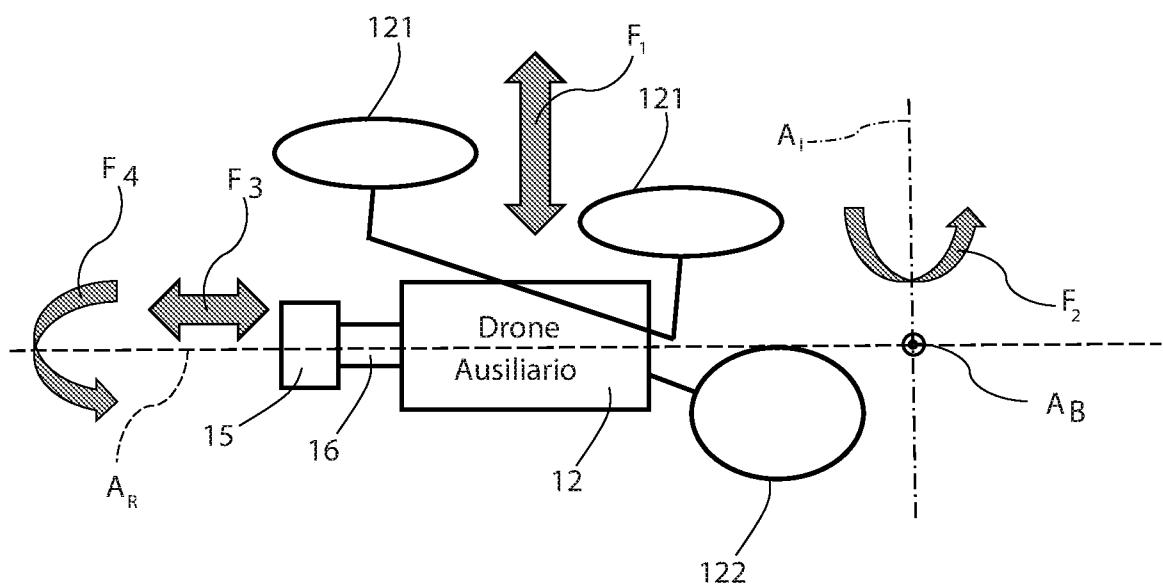
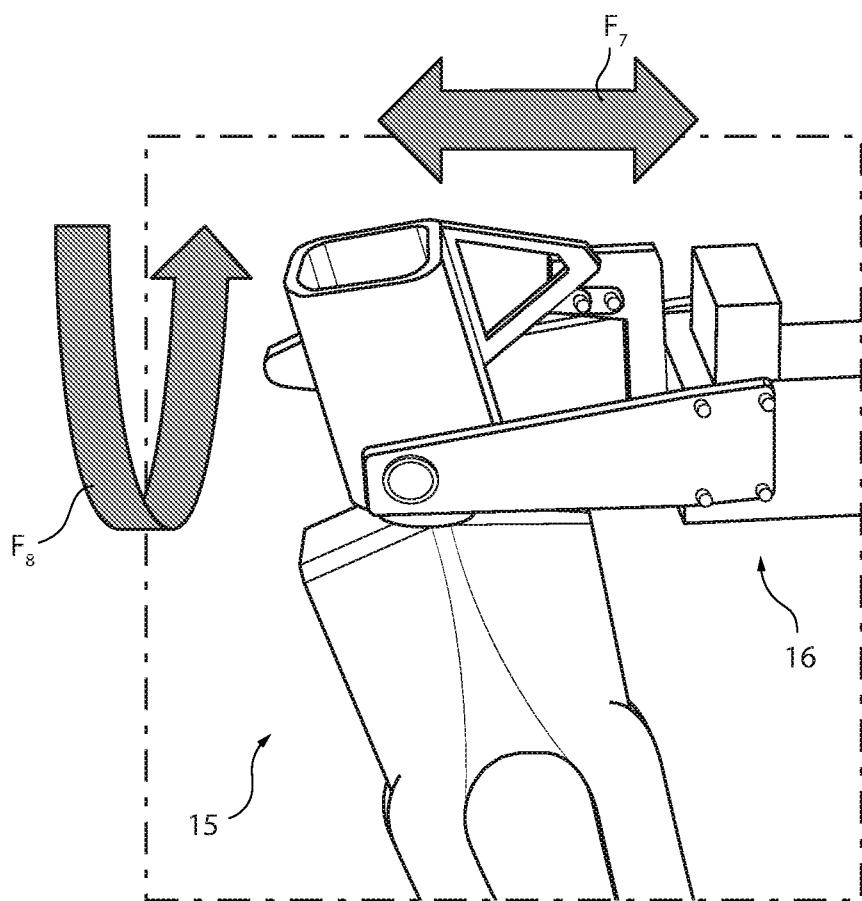
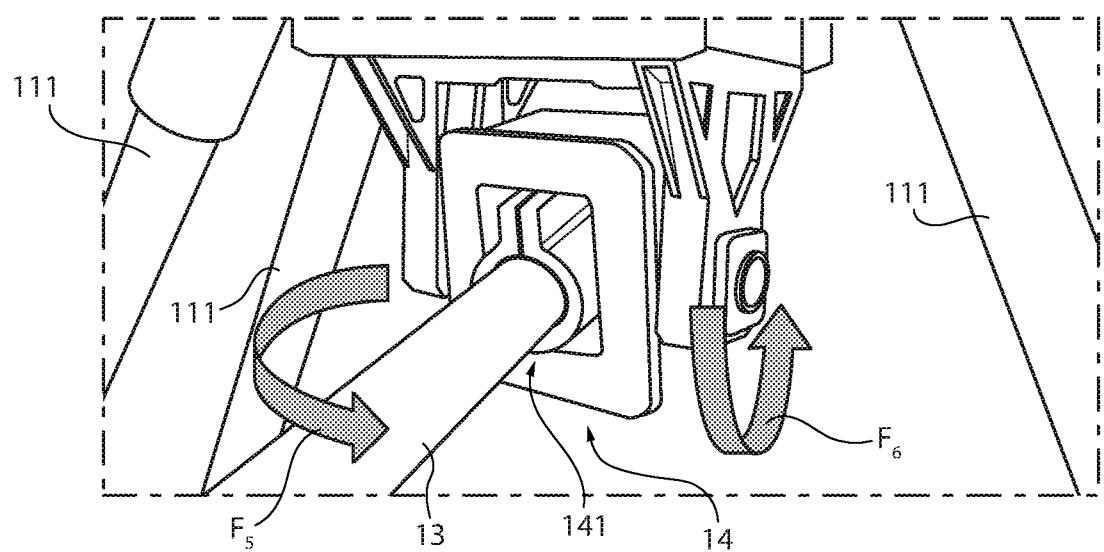


FIG. 2



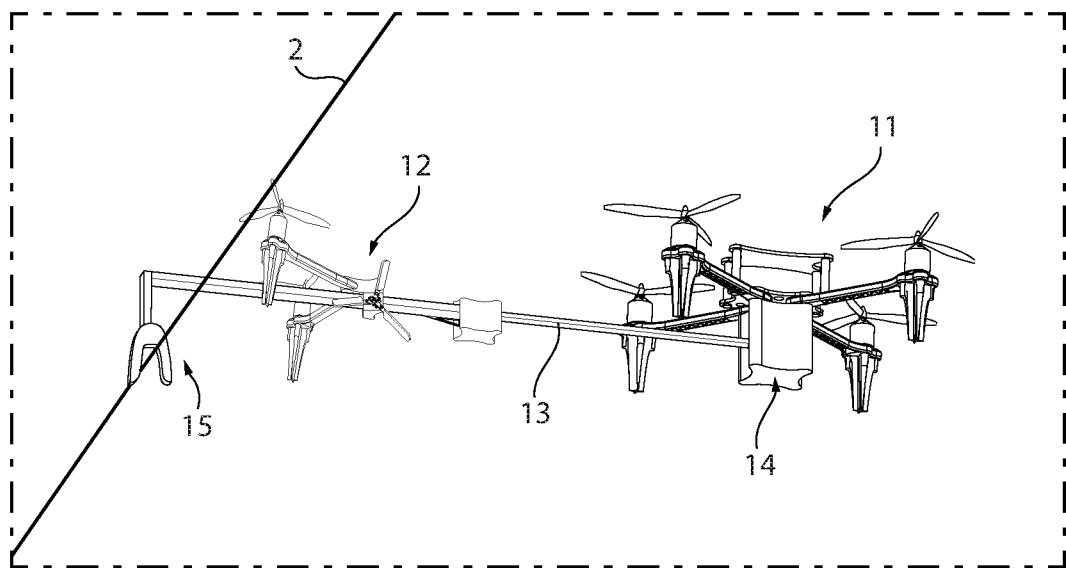


FIG. 5

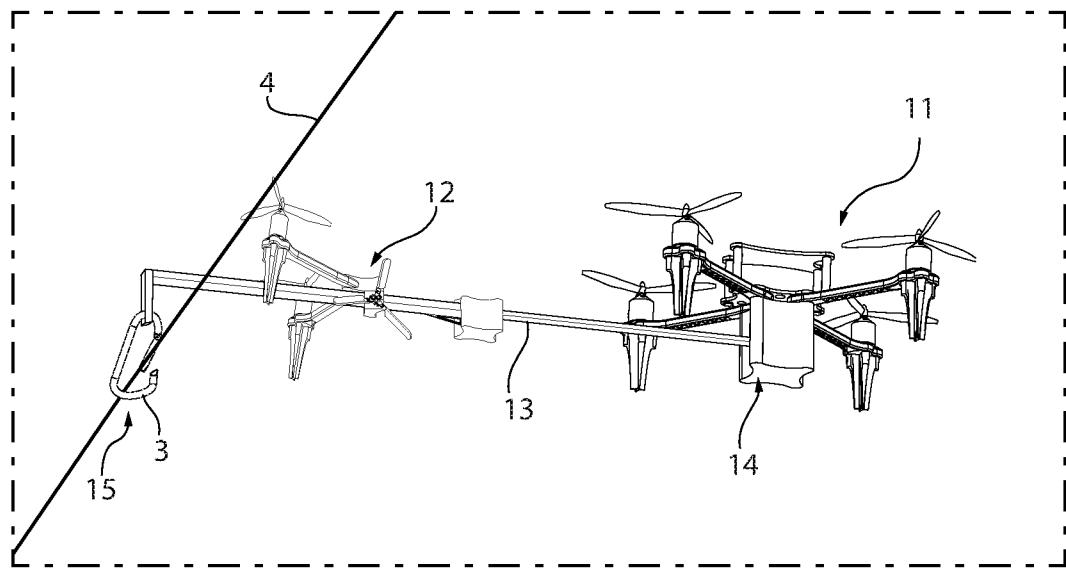


FIG. 6