



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102012902040011
Data Deposito	07/04/2012
Data Pubblicazione	07/10/2013

Classifiche IPC

Titolo

METODO E DISPOSITIVO PER CALIBRARE UN MISURATORE DI VELOCITA' PER UN OGGETTO VOLANTE, E MISURATORE DI VELOCITA' PROVVISORIO DI TALE DISPOSITIVO.

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:
"METODO E DISPOSITIVO PER CALIBRARE UN MISURATORE DI
VELOCITA' PER UN OGGETTO VOLANTE, E MISURATORE DI
VELOCITA' PROVVISORIO DI TALE DISPOSITIVO" a nome della
5 ditta italiana COMPASS S.r.l., con sede a Castelfranco
Veneto (TV)

DESCRIZIONE

Ambito dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un
10 dispositivo per misurare la velocità rispetto all'aria di
un velivolo o di un pilota impegnato in una sessione di
volo da diporto, provvisto di una funzione di
calibrazione, e a un metodo per eseguire una calibrazione
di un siffatto dispositivo.

15 Brevi cenni alla tecnica nota

Negli sport dell'aria, come volo in parapendio,
deltaplano, aliante, conoscere la velocità con cui avviene
il moto rispetto all'aria è un dato molto importante per
l'ottimizzazione delle prestazioni e per la sicurezza del
20 volo.

Attualmente, tale velocità viene di solito valutata
per mezzo di piccoli anemometri a elica, in particolare,
idonei a produrre un segnale utilizzabile da un computer
di volo. Nel caso del volo in parapendio, tali anemometri
25 vengono disposti inferiormente all'imbracatura del pilota.

Strumenti di questo tipo sono meccanicamente poco
affidabili poiché comprendono parti in movimento soggette
a usura. Inoltre, data la posizione, sono esposti a
rotture meccaniche di vario tipo. Infine, l'accuratezza
30 della misura è subordinata alla validità di una
preliminare calibrazione.

Per misurare la velocità relativa dell'aria, in campo aeronautico è molto diffuso l'impiego del tubo di Pitot. Si tratta notoriamente di un dispositivo privo di parti mobili, provvisto di una presa dinamica, esposta al moto
5 relativo dell'aria in modo di risentire sia della pressione statica P_S che della pressione dinamica P_D dell'aria, cioè della pressione totale P_T , e di almeno una presa statica, esposta invece in modo da risentire della sola pressione statica P_S . Un sistema di capillari
10 permette di riportare e di confrontare le due pressioni in una camera differenziale a fluido, in modo da ricavare la pressione dinamica P_D per differenza e, da questa, la velocità relativa dell'aria.

Per usare correttamente il tubo di Pitot è necessario
15 conoscere la densità dell'aria in moto relativo presso il tubo, nonché eventuali condizioni di flusso non ideale, circostanza che richiede una calibrazione per tenere conto, in particolare, dell'assetto del velivolo.

Più in dettaglio, nella calibrazione di un anemometro
20 a tubo di Pitot, la velocità IAS (Indicated Air Speed) fornita tal quale dallo strumento viene corretta con un fattore di calibrazione che tiene conto della non idealità del flusso, e che dipende dall'assetto del velivolo. Si ottiene in tal modo una velocità calibrata CAS (calibrated
25 air speed). Un'ulteriore correzione tiene conto della densità dell'aria, determinata con altra strumentazione, e permette di ottenere la velocità reale TAS (true air speed)

Nel caso degli sport dell'aria, essendo la CAS legata
30 alla conformazione dell'oggetto volante in prossimità dello strumento di misura, che influenza la velocità dell'aria e quindi la pressione dinamica, il tubo di Pitot non è in grado di fornire valori attendibili della

velocità dell'aria. Specialmente nel caso del volo in parapendio, o del deltaplano, non è infatti possibile predeterminare il fattore di calibrazione, come avviene invece per gli aeromobili, perché il pilota può
5 posizionare il tubo di Pitot in modo diverso da un volo all'altro. Inoltre, le dimensioni e la forma molto diverse che può avere l'imbracatura rende del tutto imprevedibile il flusso dell'aria attorno al pilota.

Sintesi dell'invenzione

10 È quindi scopo della presente invenzione fornire un metodo per calibrare uno strumento di misura della velocità relativa rispetto all'aria di un pilota o di un velivolo impegnato in una sessione di uno sport d'aria, che permetta una calibrazione affidabile di uno strumento
15 di misura di tale velocità, in particolare di uno strumento comprendente un tubo di Pitot o comunque di uno strumento basato su una misura di pressione dinamica.

È inoltre scopo della presente invenzione fornire un dispositivo per misurare la velocità relativa rispetto
20 all'aria di un pilota o di un velivolo impegnato in una sessione di uno sport d'aria, come volo in parapendio, deltaplano, aliante, che sia privo di parti in movimento e, quindi, sia meno soggetto ad usura meccanica rispetto ai dispositivi di tecnica nota.

25 È altresì scopo della presente invenzione fornire un siffatto dispositivo che comprenda un tubo di Pitot e che sia in grado di fornire misure affidabili della velocità relativa dell'aria indipendentemente dal proprio assetto, ossia dal proprio orientamento rispetto alla direzione del
30 movimento relativo dell'aria.

Questi e altri scopi sono raggiunti da un metodo per calibrare uno strumento di misura della velocità relativa

all'aria di un velivolo, tale misura prevedendo la rilevazione di una grandezza (F) associata alla velocità relativa all'aria, ad esempio di una pressione dinamica, per mezzo dello strumento, il metodo comprendendo le fasi di:

- esecuzione, da parte del velivolo, di un elemento di traiettoria avente una forma geometrica curvilinea;
- misurazione di velocità di riferimento del velivolo relative al suolo, in ciascun punto di una prima pluralità di punti dell'elemento di traiettoria;
- calcolo di una velocità media di riferimento rispetto all'aria a partire dalle velocità relative al suolo;
- acquisizione, mediante lo strumento di misura della velocità, di dati della grandezza (F) associata alla velocità relativa all'aria caratteristica dello strumento, ad esempio di un pluralità di dati di pressione dinamica come nel caso del tubo di Pitot, in una seconda pluralità di punti dell'elemento di traiettoria che il velivolo, ossia il sistema pilota/velivolo, sta percorrendo;
- per ciascun punto della seconda pluralità di punti, a partire dai suddetti dati della grandezza associata alla velocità relativa all'aria, calcolo di una quantità proporzionale alla velocità del velivolo rispetto all'aria, tramite un algoritmo predeterminato;
- calcolo di un valore medio della quantità proporzionale alla velocità del velivolo rispetto all'aria;
- calcolo di un coefficiente di calibrazione a partire dal rapporto tra la velocità media di riferimento rispetto all'aria e il valore medio della quantità proporzionale alla velocità relativa all'aria.

Vantaggiosamente, è prevista una fase di calcolo del coefficiente di calibrazione come coefficiente istantaneo

corrente, cioè riferito all'elemento di traiettoria in corso di esecuzione, ed è prevista anche una fase di aggiornamento del coefficiente di calibrazione, come coefficiente di calibrazione istantaneo, mediante una
5 combinazione del coefficiente di calibrazione istantaneo corrente e di un coefficiente di calibrazione precedente, calcolato in base a dati delle velocità di riferimento relativa al suolo e a dati della grandezza associata alla velocità relativa all'aria riferiti a elementi di
10 traiettoria precedentemente percorsi.

In una forma realizzativa, la fase di calcolo di una velocità media comprende una fase di determinazione di una circonferenza che meglio approssima le velocità relative al suolo, in un piano di coordinate corrispondenti alle
15 componenti della velocità relativa all'aria in una proiezione piana parallela al suolo dell'elemento di traiettoria, in cui la velocità media relativa all'aria è determinata come il raggio di tale circonferenza.

Vantaggiosamente, è prevista una fase di calcolo di
20 uno scarto medio o distanza media tra i valori di velocità rispetto all'aria e la suddetta circonferenza nel piano di coordinate corrispondenti alle componenti della velocità relativa all'aria, ed è prevista anche una fase di calcolo di un peso (η) da attribuire alla velocità media relativa
25 all'aria, dipendente da tale scarto medio o distanza media.

In particolare, la fase di aggiornamento comprende una combinazione lineare del coefficiente di correzione istantaneo corrente e del coefficiente di calibrazione
30 precedente, in cui sono rispettivamente previsti coefficienti pari al peso calcolato e ad un numero complementare all'unità del peso calcolato.

Preferibilmente, è prevista una fase di verifica

(85,87) di tale circonferenza, comprendente almeno una fase di verifica scelta tra:

- confronto della velocità media determinata come raggio della circonferenza con un valore di velocità di stallo del velivolo o del sistema utilizzatore/velivolo;
 - verifica di presenza di punti corrispondenti a valori delle velocità relative al suolo in un angolo superiore ad un angolo di ampiezza predeterminata sul piano di coordinate corrispondenti alle componenti della velocità relativa all'aria, in particolare un angolo di ampiezza 270°, ossia in una porzione corrispondente in ampiezza almeno a tre quadranti del suddetto piano;
- ed è prevista inoltre una fase di eliminazione dei valori delle velocità relative all'aria ricevute durante l'esecuzione dell'elemento di traiettoria corrente, in caso di esito negativo di almeno una delle suddette fasi di verifica.

In una forma realizzativa, la fase di calcolo di un coefficiente di calibrazione comprende fasi scelte tra:

- correzione del valor medio dei valori della grandezza associata mediante il coefficiente di calibrazione e calcolo di un valore corrente di velocità reale rispetto all'aria a partire dalla grandezza associata corretta;
- calcolo di valori di velocità reale rispetto all'aria a partire da valori della grandezza associata e calcolo del valore medio di valori di velocità reale rispetto all'aria.

Vantaggiosamente, l'elemento di traiettoria è una porzione di un percorso di guadagno di quota in una corrente ascensionale.

In una forma realizzativa, la grandezza associata all'aria è scelta tra:

- una pressione dinamica, determinata direttamente come

- pressione differenziale tra una pressione totale e una pressione statica, in particolare lo strumento comprende un tubo di Pitot, o indirettamente mediante il calcolo di una differenza di pressione tra una pressione dinamica e una pressione statica, almeno una delle quali è rilevata in corrispondenza dello strumento;
- una velocità angolare di mezzi elica dello strumento, atti ad entrare in rotazione in caso di moto relativo dello strumento e dell'aria;
 - 10 - una velocità di un suono emesso dallo strumento in un percorso in prossimità dello strumento;
 - una differenza di temperatura dell'aria tra due punti in un percorso dell'aria in corrispondenza dello strumento, lo strumento essendo atto a cedere calore all'aria in uno di tali punti.

La misurazione della velocità relativa al suolo è eseguita attraverso un sistema satellitare globale di posizionamento, in particolare mediante GPS.

- Gli scopi sopra indicati sono altresì raggiunti da un dispositivo per calibrare uno strumento di misura della velocità relativa all'aria di un velivolo, lo strumento essendo atto a rilevare una grandezza associata alla velocità relativa all'aria, il dispositivo comprendendo:
- mezzi per acquisire misure di velocità relativa al suolo del velivolo, in ciascun punto di una prima pluralità di punti di un elemento di traiettoria percorso dal velivolo, in particolare mezzi di ricezione GPS;
 - mezzi di calcolo atti a calcolare una velocità media di riferimento rispetto all'aria a partire dalle velocità relative al suolo;
 - 30 - mezzi per acquisire dallo strumento dati della grandezza associata alla velocità relativa all'aria, rilevato dallo strumento in una seconda pluralità di punti

dell'elemento di traiettoria;

- mezzi di calcolo atti a calcolare per ciascun punto della seconda pluralità di punti, a partire dai dati della grandezza associata alla velocità relativa all'aria, una
5 quantità proporzionale alla velocità del velivolo rispetto all'aria, tramite un algoritmo predeterminato;
- mezzi di calcolo atti a calcolare un valore medio della quantità proporzionale alla velocità del velivolo rispetto all'aria;
- 10 - mezzi di calcolo atti a calcolare di un coefficiente di calibrazione γ_j come rapporto tra la velocità media di riferimento rispetto all'aria e il valore medio della quantità proporzionale alla velocità relativa all'aria.

Rientra nell'ambito dell'invenzione anche un
15 dispositivo per misurare una velocità relativa all'aria comprendente un o strumento per rilevare una velocità relativa all'aria di un velivolo, o di un sistema velivolo/utilizzatore, e uno strumento per misurare una velocità relativa all'aria di tipo noto, in particolare
20 uno strumento comprendente un tubo di Pitot o altro strumento basato sul calcolo di un pressione dinamica.

In una forma realizzativa, i mezzi rilevatori di velocità sono mezzi di interazione con un sistema satellitare globale di posizionamento.

25 In una forma realizzativa, il dispositivo comprende un dispositivo altimetrico ad esempio atto a rilevare una pressione dell'aria ed a produrre un segnale di altimetria dipendente dalla pressione.

In una forma realizzativa, il dispositivo comprende un
30 dispositivo per acquisire dati di temperatura dell'aria, detto dispositivo essendo scelto tra:

- un dispositivo termometrico atto a produrre un segnale di temperatura dell'aria.

— un dispositivo ricevitore di dati meteorologici, in particolare di dati emessi da una stazione di terra, detto dispositivo acquirente di dati di temperatura essendo atto a produrre un segnale di temperatura dell'aria.

In una forma realizzativa, il dispositivo comprende un dispositivo acquirente di dati di umidità dell'aria, scelto tra:

- un dispositivo igrometrico;
- 10 — un dispositivo ricevitore di dati meteorologici, in particolare dati emessi da una stazione di terra, detto dispositivo acquirente di dati di umidità essendo atto a produrre un segnale di umidità dell'aria.

Breve descrizione dei disegni

15 L'invenzione verrà di seguito illustrata con la descrizione che segue di una sua forma realizzativa, fatta a titolo esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai disegni annessi in cui:

- la figura 1 mostra schematicamente un utilizzatore nel corso di un volo parapendio provvisto di un dispositivo di misura della velocità secondo l'invenzione;
- 20 - la figura 2 mostra schematicamente una corrente ascensionale e un tipico percorso di guadagno di quota in tale corrente ascensionale;
- 25 - la figura 3 mostra schematicamente una porzione di traiettoria curvilinea di un percorso ascensionale analogo a quello di figura 2, e una pluralità di punti di misura di velocità in tale porzione di traiettoria;
- la figura 4 mostra uno schema di flusso di un possibile metodo di calibrazione secondo l'invenzione;
- 30 - la figura 5 mostra uno schema di tracciatura GPS della posizione di un corpo volante lungo un percorso di

guadagno in quota, analogo a quello di figura 2, in un dispositivo di calibrazione secondo l'invenzione;

- la figura 6 mostra schematicamente un processo di trattamento di dati GPS secondo il metodo e per mezzo del
5 dispositivo di calibrazione secondo l'invenzione;

- la figura 7 mostra schematicamente un dispositivo di calibrazione e/per uno strumento di misura di velocità relativa all'aria di un velivolo.

Descrizione di forme realizzative preferite

10 Viene ora descritto un possibile metodo di calibrazione di uno strumento per misurare la velocità rispetto all'aria di un oggetto volante, e un metodo di misura di tale velocità, in una possibile realizzazione della presente invenzione. Inoltre, viene descritto un
15 metodo di misura di tale velocità in particolari condizioni di volo.

Con riferimento alla figura 1, un sistema utilizzatore/velivolo 10 comprende uno strumento 30 di misura della velocità rispetto all'aria montato
20 sull'imbragatura 11 di un utilizzatore 12 un velivolo 10, atto ad ospitare un passeggero 12, in una posizione visibile per l'utilizzatore, nel corso di un volo parapendio mediante un paracadute parapendio 13. Lo strumento 30 di misura della velocità rispetto all'aria
25 può comprendere, ad esempio, un tubo di Pitot, di tipo noto, o altri mezzi sensori della velocità relativa dell'aria basato su una determinazione di pressione dinamica.

In alternativa, lo strumento 30 può comprendere uno
30 strumento noto di altro tipo, basato sul movimento di un elemento meccanico per effetto della misura di aria in movimento in prossimità del dispositivo 30, ad esempio

mezzi ad elica. In alternativa, lo strumento 30 può comprendere uno strumento provvisto di mezzi sensori della velocità del suono, o di mezzi sensori di temperatura dell'aria associati a mezzi di determinazione di uno
5 scambio termico.

Il sistema 10 può comprendere un velivolo da diporto provvisto di un'ala 13, come mostrato in figura 1, ad esempio un parapendio, ma anche un aliante, un deltaplano o un altro tipo di velivolo da diporto.

10 In figura 2 viene mostrato schematicamente un percorso 24 di guadagno di quota in un tragitto 27 di un velivolo da diporto. Il percorso di guadagno di quota 24 sfrutta correnti ascensionali 22 dovute in primo luogo ai normali movimenti convettivi dell'aria, che si manifestano a
15 partire dal suolo 21 in regioni limitate d'aria 23. Il percorso di guadagno di quota 24 ha una forma assimilabile a quella di una spirale comprendente spire sovrapposte, come in figura 2, in caso di calma di vento. Nel caso, non rappresentato, di presenza di vento, le spire sarebbero
20 sfalsate nello spazio secondo la direzione del vento, essendovi la composizione delle velocità della corrente ascensionale e della corrente principale del vento. In figura 3 viene idealmente isolata elemento di traiettoria 24_j comprendente una spira o una porzione di questa, del
25 percorso ascensionale o di guadagno di quota 24. Sull'elemento di traiettoria è individuata una pluralità di punti di misura P_i.

Con riferimento alla figura 4, viene descritto un metodo di calibrazione e di misura secondo una forma
30 realizzativa vantaggiosa dell'invenzione.

Il metodo prevede una fase di esecuzione di un elemento di traiettoria curvilineo 24_j, cioè una fase durante la quale il velivolo percorre un elemento di

traiettoria 24_j , che può vantaggiosamente far parte di un percorso di guadagno di quota 24 del tipo mostrato nella figura 2. Ad esempio, l'elemento di traiettoria curvilineo può essere una spirale 24_j del percorso di guadagno di quota. La traiettoria curvilinea 24 comprende una pluralità di elementi di traiettoria preferibilmente consecutivi 24_j , come l'elemento mostrato in figura 2.

Mentre viene percorso l'elemento di traiettoria curvilineo 24_j , un sistema satellitare globale, ad esempio il GPS, rileva la presenza del velivolo 10 ed esegue una serie di misurazioni di una velocità $u_{GPS,ji}$ del velivolo 10 rispetto al suolo, in una pluralità di punti P_{ji} scelti lungo l'elemento di traiettoria 24_j come i punti P_i di figura 3. Corrispondentemente, viene eseguita una fase di acquisizione, a bordo del velivolo 10, di tali misure di velocità remote $u_{GPS,ji}$. I dati di velocità $u_{GPS,ji}$ rispetto al suolo vengono sottoposti ad una fase di elaborazione 83 che ha lo scopo di calcolare un valore di velocità medio, rispetto all'aria, del velivolo 10 lungo l'elemento di traiettoria 24_j . Nella forma realizzativa di figura 4, la fase di elaborazione 83 comprende una fase di determinazione di una circonferenza 29 che meglio approssima i dati di velocità $u_{GPS,ji}(v_x, v_y)$, in un piano coordinato cartesiano avente assi v_x, v_y , in cui v_x e v_y sono le componenti della velocità vettoriale \mathbf{v} del velivolo 10 rispetto al suolo, lungo l'elemento di traiettoria 24_j . La circonferenza 29 è mostrata in figura 6. La circonferenza 29 è definita, nel piano v_x, v_y , dalla posizione 25 del centro C e dal raggio 26, di lunghezza R. La posizione 25 del centro C indica la velocità media del vento durante l'esecuzione della fase di misura mediante GPS e di acquisizione 82 dei dati GPS, e costituisce un dato rilevante per la conduzione del volo.

Il valore della lunghezza R del raggio 26 della circonferenza 29 indica invece il valor medio $\underline{u}_{GPS,j}$ del modulo della velocità rispetto all'aria del velivolo 10, per cui la fase di elaborazione 83 comprende una fase di calcolo 84' del valor medio $\underline{u}_{GPS,j}$ del modulo della velocità rispetto all'aria attraverso il valore R del raggio 26.

Per determinare la circonferenza 29 sono necessari almeno tre punti Q_{ji} del piano (v_x, v_y) , corrispondenti a tre punti di misura P_{ji} dell'elemento di traiettoria 24_j, tuttavia il procedimento di determinazione della velocità rispetto all'aria è tanto più preciso quanto maggiore è il numero dei punti di misura P_{ji} definiti sull'elemento di traiettoria 24_j, e quindi dei corrispondenti punti Q_{ji} del piano 28 (figura 6).

La fase di elaborazione 83 può comprendere inoltre una fase 85 di verifica del fatto che la velocità $\underline{u}_{GPS,j}$ sia maggiore o meno di un determinato valore di velocità di stallo u^* . In caso negativo, viene eseguita una fase di scarto 86 del dato di velocità media $\underline{u}_{GPS,j}$ assieme ai valori di velocità $u_{GPS,ji}$ in base ai quali $\underline{u}_{GPS,j}$ è stato determinato, e il metodo procede con una nuova fase di misura 82 su un nuovo elemento di traiettoria ω , 24_{j+1} fino a verificare la relazione $\underline{u}_{GPS,j} > u^*$.

Successivamente, può essere vantaggiosamente eseguita una fase 87 di verifica della distribuzione dei punti Q_i in corrispondenza della circonferenza 29 in un angolo di ampiezza φ sufficientemente ampio attorno al centro C della circonferenza 29. In particolare, viene verificata la presenza di punti Q_i di misura della velocità in almeno tre dei quadranti 28a, 28b, 28c, 28d del piano 28 (v_x, v_y) . Ciò corrisponde a un'ampiezza minima φ^* di 270° . In caso negativo, la popolazione di dati non è considerata

sufficiente per determinare correttamente la velocità media rispetto all'aria, e viene anche in questo caso eseguita una fase di scarto 86 del dato di velocità $\underline{u}_{GPS,j}$ assieme ai valori di velocità u_{GPS,j_i} in base ai quali $\underline{u}_{GPS,j}$ è stato determinato. il metodo procede allora anche in questo con una nuova fase di misura 82 su un nuovo elemento di traiettoria $\omega, 24_{j+1}$, fino a verificare la relazione $\varphi > \varphi^*$.

Successivamente, viene eseguita una fase 88 di verifica dello scarto medio o distanza media dei punti Q_{j_i} rispetto alla circonferenza approssimante 29, e di calcolo di un peso η_j da attribuire al valore di velocità media $\underline{u}_{GPS,j}$ calcolato in base ai punti Q_{j_i} . Tale peso η_j dipende dal valore dello scarto, ed è un'indicazione di quanto sia affidabile l'approssimazione fatta durante la fase 84 di determinazione della circonferenza 29 e di calcolo della velocità media $\underline{u}_{GPS,j}$.

Mentre viene percorso l'elemento di traiettoria 24_j , lo strumento 30 esegue una fase 91 di misura, producendo in generale una serie di misure non calibrate della velocità u_{s,j_i} in corrispondenza di una pluralità di punti di misura dell'elemento di traiettoria 24_j . Senza nuocere alla generalità, tali punti di misura possono sostanzialmente coincidere con i punti P_{j_i} in corrispondenza dei quali è stata determinata la velocità del sistema o velivolo 10 rispetto al suolo. Viene inoltre eseguita una fase 92 di calcolo di una velocità media $\underline{u}_{s,j}$ non calibrata in base ai valori di velocità non calibrati u_{s,j_i} .

La forma realizzativa del metodo secondo lo schema di figura 4 fa riferimento ad uno strumento 30 atto a rilevare una grandezza F associata alla velocità relativa rispetto all'aria, ed atto anche a creare un segnale di

velocità relativa all'aria e a fornire direttamente tale valori di velocità relative all'aria. In altre parole, lo strumento 30, secondo tale forma realizzativa, comprende mezzi di conversione, ad esempio mezzi di calcolo, per
5 convertire il valore della grandezza effettivamente misurata, associata alla velocità relativa all'aria, in un valore di velocità relativa all'aria dello strumento 30, secondo un algoritmo predefinito dal costruttore dello strumento 30. Ad esempio, In una forma realizzativa,
10 vantaggiosa, lo strumento è un tubo di Pitot cui sono associati mezzi di calcolo per convertire il valore della pressione dinamica come pressione differenziale rilevata dal tubo di Pitot in un valore di velocità relativa all'aria, secondo un predefinito coefficiente di
15 proporzionalità tra la velocità e la radice quadrata della pressione dinamica.

Secondo una forma realizzativa non rappresentata, il metodo può prevedere anche la rilevazione di grandezze ausiliarie, in particolare di grandezze che descrivono le
20 condizioni dell'aria attraversata durante il volo, per correggere opportunamente il valore di velocità rilevata dallo strumento 30. Tali grandezze sono pertinenti con la correlazione tra la grandezza ausiliaria e la velocità relativa all'aria. Ad esempio, il metodo può prevedere
25 fasi di misurazione di una o più grandezze scelte tra la temperatura dell'aria, l'umidità relativa dell'aria in corrispondenza dello strumento 30 e l'altitudine, che vengono utilizzati nel suddetto algoritmo predefinito. Possono altresì essere ricevuti dati di tale grandezza o
30 tali grandezza provenienti da una stazione meteo remota.

Il metodo prevede inoltre una fase di calcolo di un coefficiente di calibrazione.

In particolare, il metodo prevede una fase 93 di

calcolo di un coefficiente di calibrazione istantaneo γ_j ,
cioè riferito alle misure in base ai valori di velocità
media rispetto all'aria $\underline{u}_{GPS,j}$ e $\underline{u}_{S,j}$, entrambe eseguite
mentre il velivolo o sistema 10 percorre l'elemento di
5 traiettoria 24_j . Il valore di γ_j può essere calcolato,
nella presente forma realizzativa, in cui lo strumento 30
mette a disposizione un segnale convenzionalmente in velocità
rispetto all'aria, attraverso la formula $\gamma_j = \underline{u}_{GPS,j} / \underline{u}_{S,j}$. In
tal caso, il metodo può inoltre prevedere una fase 94 di
10 calcolo di un coefficiente di calibrazione aggiornato $\underline{\gamma}_j$
che tiene conto dell'affidabilità dei valori di velocità
misurati attraverso il GPS nell'elemento di traiettoria
 24_j , attraverso il peso η_j attribuito alla velocità
media $\underline{u}_{GPS,j}$. Ciò può avvenire, in particolare, calcolando $\underline{\gamma}_j$
15 con la formula $\underline{\gamma}_j = \underline{\gamma}_{j-1}(1-\eta_j) + \gamma_j \eta_j$, se $j > 0$, cioè per
elementi di traiettoria 24_j successivi al primo, ovvero
assumendo $\underline{\gamma}_j = \underline{\gamma}_j$ per $j=0$, cioè il primo elemento di
traiettoria di una sequenza.

Esaurito un ciclo di misura e di calcolo, come
20 definito dalle fasi 81-88 e 91-94, tali fasi possono
essere ripetute con mentre il sistema o velivolo 10
percorre un nuovo elemento di traiettoria 24_{j+1} successivo
a 24_j sulla traiettoria 24, ad esempio consecutivo a 24_j .

In base al coefficiente di calibrazione aggiornato
25 corrente, può essere calcolata la velocità v corrente del
velivolo o sistema 10 rispetto all'aria, attraverso la
formula $v = \gamma v^*_{TAS}$, in cui v^*_{TAS} è un valore non calibrato
della velocità del velivolo 10 rispetto all'aria, come
istantaneamente misurato dallo strumento 30, e γ è un
30 valore di coefficiente di calibrazione via via pari
all'ultimo valore di coefficiente di calibrazione
aggiornato $\underline{\gamma}_j$.

In particolare, una volta esaurita la fase di guadagno

di quota, il coefficiente di calibrazione si mantiene costante sull'ultimo calcolato. In particolare, in caso di traiettoria rettilinea, il calcolo del valore aggiornato del coefficiente di calibrazione non produce variazioni
5 del coefficiente di calibrazione aggiornato stesso, poiché i valori di velocità misurati in una traiettoria di bassa curvatura, in particolare in una traiettoria sostanzialmente rettilinea, possono essere scartati attraverso la fase di scarto 86.

10 Lo strumento 30 continuerà a fornire valori calibrati della velocità rispetto all'aria, v , basandosi sull'ultimo valore calcolato.

Ovviamente, la misura del valore di velocità v non è necessariamente successiva a un'esecuzione di una
15 determinata traiettoria 24_j . In altre parole lo strumento 30 è in grado di fornire misure consecutive di velocità rispetto all'aria ad intervalli inferiori al tempo necessario per eseguire il ciclo di calibrazione definito dalle fasi 81-88 e 91-94.

20 In un'altra forma realizzativa, non rappresentata, il metodo può prevedere una fase di calcolo di un coefficiente di calibrazione istantaneo γ_j , corrispondente alla fase 93 del metodo di figura 4, a partire dai valori della grandezza associata alla velocità relativa all'aria,
25 misurata nei punti $P_{j\pm}$, come forniti dallo strumento 30, e il loro impiego in un algoritmo corrispondente alla formula sopra riportata comprendente il calcolo di una quantità proporzionale alla velocità del velivolo rispetto all'aria, diversa dalla velocità stessa.

30 Con riferimento alla figura 7, un dispositivo di misura 40 autocalibrato o autocalibrante, secondo l'invenzione, comprende, in una forma realizzativa di base, uno strumento di misura 30 della velocità relativa

all'aria, che può essere di uno dei tipi sopra indicati, in particolare uno strumento comprendente un tubo di Pitot o altro strumento atto a fornire un dato di pressione dinamica. Il dispositivo 40 comprende poi mezzi di ricezione 32 di un segnale proveniente da un sistema remoto come un sistema satellitare globale, ad esempio mezzi di ricezione GPS. Il dispositivo 40 comprende inoltre mezzi di calcolo 34, ad esempio nella forma di un computer di volo, atti ad eseguire il metodo secondo l'invenzione, ad esempio nella forma realizzativa precedentemente descritta con riferimento alle figure 1-6, nonché mezzi di visualizzazione 35 di parametri calcolati dai mezzi di calcolo 34, tra cui il valore della velocità calibrata v . Il dispositivo comprende inoltre mezzi di alimentazione 36, in particolare mezzi a batteria.

Lo strumento 30 comprende vantaggiosamente mezzi trasduttori del valore di una grandezza misurata in un segnale elettrico, non rappresentati, in modo da produrne segnale elettrico 31 corrispondente ad una grandezza rappresentativa della velocità rispetto all'aria, ad esempio, nel caso di un tubo di Pitot, una pressione dinamica rilevata come pressione differenziale, oppure mezzi trasduttori di pressioni statica e totale rilevati separatamente, o mezzi trasduttori di una velocità angolare nel caso di strumenti 30 basati su un elica azionata dal moto relativo dell'aria e dello strumento.

In una forma realizzativa, un dispositivo 40' può comprendere i mezzi 32,34,35,36 sopra indicati, nonché mezzi di interfaccia 30', atti a ricevere un segnale elettrico o di altro tipo, secondo un protocollo definito dal costruttore dello strumento 40', compatibile con un segnale 31, elettrico o di altro tipo, reso disponibile dallo strumento 30.

In un'altra forma realizzativa, il dispositivo di misura autocalibrato, o lo strumento 30, può comprendere mezzi di acquisizione di grandezze ausiliarie, come l'umidità relativa dell'aria e/o la temperatura dell'aria
5 e/o l'altitudine, ossia un igrometro e/o un misuratore di temperatura e/o un altimetro, e mezzi per creare segnali, in particolare elettrici, riferiti a tali grandezze ausiliarie, nonché mezzi per combinare tali segnali riferiti alle grandezze ausiliarie, per correggere il
10 valore di velocità o della grandezza associata alla velocità fornito dallo strumento (30).

La descrizione di cui sopra di varie forme esecutive specifiche è in grado di mostrare l'invenzione dal punto di vista concettuale in modo che altri, utilizzando la
15 tecnica nota, potranno modificare e/o adattare in varie applicazioni tali forme esecutive specifiche senza ulteriori ricerche e senza allontanarsi dal concetto inventivo, e, quindi, si intende che tali adattamenti e modifiche saranno considerabili come equivalenti delle
20 forme esecutive specifiche. I mezzi e i materiali per realizzare le varie funzioni descritte potranno essere di varia natura senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione. Si intende che le espressioni o la terminologia utilizzate hanno scopo puramente descrittivo
25 e per questo non limitativo.

p.p. COMPASS S.r.l.

RIVENDICAZIONI

1. Un metodo per calibrare uno strumento (30) di misura della velocità relativa all'aria (v) di un velivolo (10), detta misura prevedendo la rilevazione di una grandezza (F) associata a detta velocità (v) relativa all'aria per mezzo di detto strumento (30), detto metodo comprendendo le fasi di:
- 5
- esecuzione, da parte di detto velivolo (10), di un elemento di traiettoria (24_j) avente una forma geometrica curvilinea;

10

 - misurazione di velocità di riferimento (u_{GPS,j_i}) relativa al suolo (21) di detto velivolo (10), in ciascun punto (P_{j_i}) di una prima pluralità di punti (P_{j_i}) di detto elemento di traiettoria (24_j);

15

 - calcolo di una velocità media ($\underline{u}_{GPS,j}$) di riferimento rispetto all'aria a partire da dette velocità (u_{GPS,j_i}) relative al suolo (21);
 - acquisizione, mediante detto strumento (30), in una seconda pluralità di punti (P_{j_i}) di detto elemento di traiettoria (24_j), di dati (F_{j_i}) di detta grandezza (F) associata a detta velocità (v) relativa all'aria;

20

 - per ciascun punto di detta seconda pluralità di punti (P_{j_i}), a partire da detti dati (F_{j_i}) di detta grandezza (F) associata a detta velocità (v) relativa all'aria, calcolo di una quantità proporzionale alla velocità di detto velivolo rispetto all'aria, tramite un algoritmo predeterminato;

25

 - calcolo di un valore medio di detta quantità proporzionale a detta velocità (v) di detto velivolo (10) rispetto all'aria;

30

 - calcolo di un coefficiente di calibrazione γ_j come rapporto tra detta velocità media ($\underline{u}_{GPS,j}$) di

riferimento rispetto all'aria e detto valore medio di detta quantità proporzionale a detta velocità (v) relativa all'aria.

2. Un metodo come da rivendicazione 1, in cui è prevista una fase (93) di calcolo di detto coefficiente di calibrazione come coefficiente istantaneo (γ_j), ed una fase (94) di aggiornamento di detto coefficiente di calibrazione, come coefficiente di calibrazione istantaneo (γ_j), mediante una combinazione di detto coefficiente di calibrazione istantaneo e di un coefficiente di calibrazione precedente, calcolato a partire da dati di dette velocità di riferimento relativa al suolo (21) e a dati di detta grandezza (F) associata a detta velocità (v) relativa all'aria riferiti a elementi di traiettoria (24_{j-k}) precedentemente percorsi.
3. Un metodo come da rivendicazione 1, in cui detta fase di calcolo di una velocità media ($\underline{u}_{GPS,j}$) comprende una fase di determinazione di una circonferenza (29) approssimante dette velocità (u_{GPS,j_i}) relative al suolo (21), in un piano (28) di coordinate corrispondenti alle componenti di detta velocità relativa all'aria in una proiezione piana (v_x, v_y) parallela al suolo (21) di detto elemento di traiettoria (24_j), in cui detta velocità media ($\underline{u}_{GPS,j}$) relativa all'aria è determinata come la lunghezza (R) del raggio (26) di detta circonferenza (29).
4. Un metodo come da rivendicazione 3, in cui è prevista una fase (88) di calcolo di uno scarto medio tra detti valori di velocità rispetto all'aria e detta circonferenza (29) in detto piano (28) e una fase di

calcolo di un peso (η_j) da attribuire a detta detta velocità media ($u_{GPS,j}$) relativa all'aria, detto peso (η_j) essendo calcolato a partire da detto scarto medio,

5 in particolare, detta fase (94) di aggiornamento comprende una combinazione lineare di detto coefficiente di correzione istantaneo (γ_j) e di detto coefficiente di calibrazione precedente (γ_{j-1}), in cui sono rispettivamente previsti coefficienti pari a
10 detto peso (η_j) e al complementare all'unità di detto peso (η_j).

5. Un metodo come da rivendicazione 2, in cui è prevista una fase di verifica (85,87) di detta circonferenza approssimante (29), comprendente almeno una fase di
15 verifica scelta tra:

- confronto (85) di detta velocità media ($u_{GPS,j}$) determinata come detto raggio (R) di detta circonferenza approssimante (29) con un valore di velocità di stallo (u^*) di detto velivolo (10);

20 - verifica (87) di presenza di punti corrispondenti a valori di dette velocità ($u_{GPS,ji}$) relative al suolo (21) in un angolo superiore ad un angolo (ϕ) di ampiezza predeterminata (ϕ^*) su detto piano (28), in particolare un angolo di ampiezza 270° ;

25 ed è prevista una fase di eliminazione (86) di detti valori dette velocità ($u_{GPS,ji}$) relative all'aria ricevute durante detta fase di esecuzione dell'elemento di traiettoria (24_j), in caso di esito negativo di detta fase di verifica (85,87).

30 6. Un metodo come da rivendicazione 1, in cui detta fase di calcolo di un coefficiente di calibrazione

comprende fasi scelte tra:

- correzione di detto valor medio di detti valori di detta grandezza associata (F) mediante detto coefficiente di calibrazione e calcolo di un valore corrente di velocità (v) reale rispetto all'aria a partire da detta grandezza associata corretta;
- calcolo di valori di velocità reale rispetto all'aria a partire da valori di detta grandezza associata (F_{ji}) e calcolo di detto valore medio di valori di velocità reale rispetto all'aria.

7. Un metodo come da rivendicazione 1, in cui detto elemento di traiettoria (24_j) è una porzione (24_j) di un percorso (24) di guadagno di quota in una corrente ascensionale (22).

8. Un metodo come da rivendicazione 1, in cui detta grandezza associata all'aria è scelta tra:

- una pressione dinamica determinata direttamente come pressione differenziale tra una pressione totale e una pressione statica, in particolare detto strumento (30) comprende un tubo di Pitot, o indirettamente mediante il calcolo di una differenza di pressione tra una pressione dinamica e una pressione statica rilevate separatamente;
- una velocità angolare di mezzi elica di detto strumento (30), atti ad entrare in rotazione in presenza di moto relativo di strumento (30) e di detta aria;
- una velocità di un suono emesso da detto strumento (30) in un percorso in prossimità di detto strumento;
- una differenza di temperatura di detta aria tra due punti in un percorso di detta aria in

corrispondenza di detto strumento (30), detto strumento (30) essendo atto a cedere calore a detta aria in uno di detti punti.

- 5 **9.** Un metodo come da rivendicazione 1, in cui detta misurazione della velocità (u_{GPS,j_i}) relativa al suolo (21) è eseguita attraverso un sistema satellitare globale di posizionamento, in particolare mediante GPS.
- 10 **10.** Un dispositivo (40') per calibrare uno strumento (30) di misura della velocità relativa all'aria (v) di un velivolo (10), detto strumento essendo atto a rilevare una grandezza (F) associata a detta velocità (v) relativa all'aria, detto dispositivo comprendendo:
- 15 - mezzi (32) per acquisire misure di velocità (u_{GPS,j_i}) relativa al suolo (21) di detto velivolo (10), in ciascun punto (P_{j_i}) di una prima pluralità di punti (P_{j_i}) di un elemento di traiettoria (24_j) percorso da detto velivolo (10), in particolare mezzi di ricezione GPS;
- 20 - mezzi (34) di calcolo atti a calcolare una velocità media ($\underline{u}_{GPS,j}$) di riferimento rispetto all'aria a partire da dette velocità (u_{GPS,j_i}) relative al suolo (21);
- 25 - mezzi (30') per acquisire da detto strumento (30) dati (F_{j_i}) di detta grandezza (F) associata a detta velocità (v) relativa all'aria), rilevato da detto strumento in una seconda pluralità di punti (P_{j_i}) di detto elemento di traiettoria (24_j);
- 30 - mezzi di calcolo (34) atti a calcolare per ciascun punto di detta seconda pluralità di punti (P_{j_i}), a partire da detti dati (F_{j_i}) di detta grandezza (F)

associata a detta velocità (v) relativa all'aria, una quantità proporzionale alla velocità di detto velivolo rispetto all'aria, tramite un algoritmo predeterminato;

- 5 - mezzi di calcolo (34) atti a calcolare un valore medio di detta quantità proporzionale a detta velocità (v) di detto velivolo (10) rispetto all'aria;
- mezzi di calcolo (34) atti a calcolare di un coefficiente di calibrazione γ_j come rapporto tra
- 10 detta velocità media ($\underline{u}_{GPS,j}$) di riferimento rispetto all'aria e detto valore medio di detta quantità proporzionale a detta velocità (v) relativa all'aria.

p.p. COMPASS S.r.l.

Fig. 1

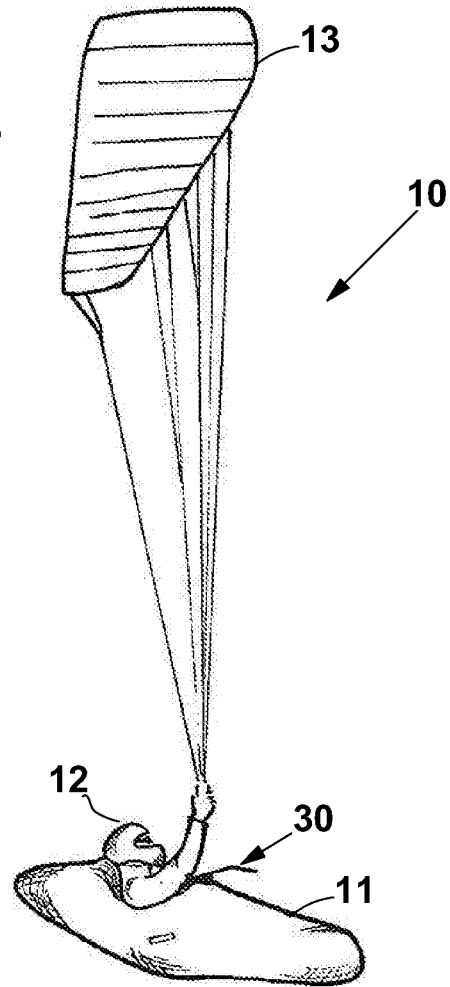


Fig. 2

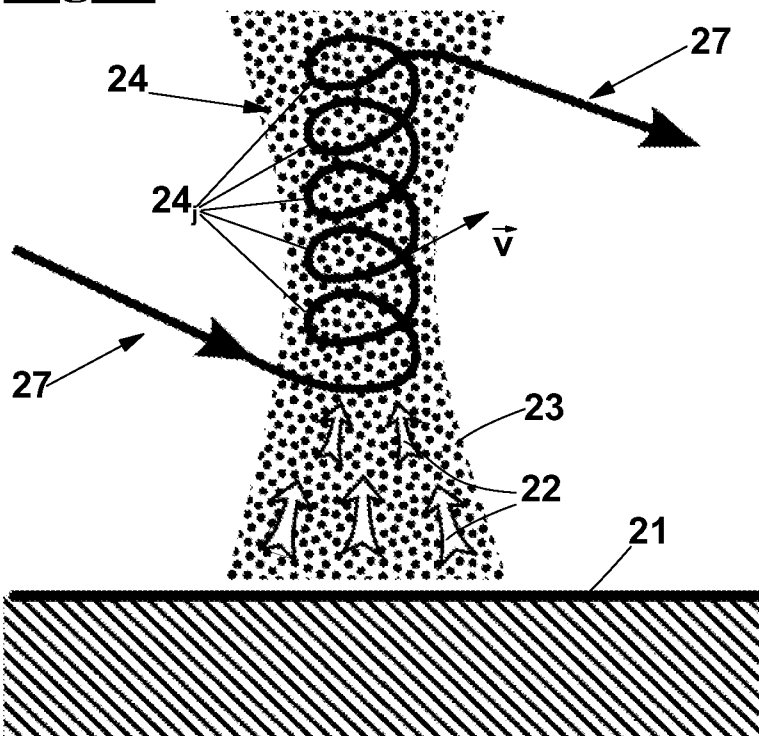
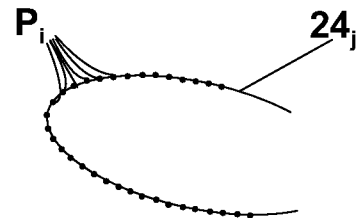


Fig. 3



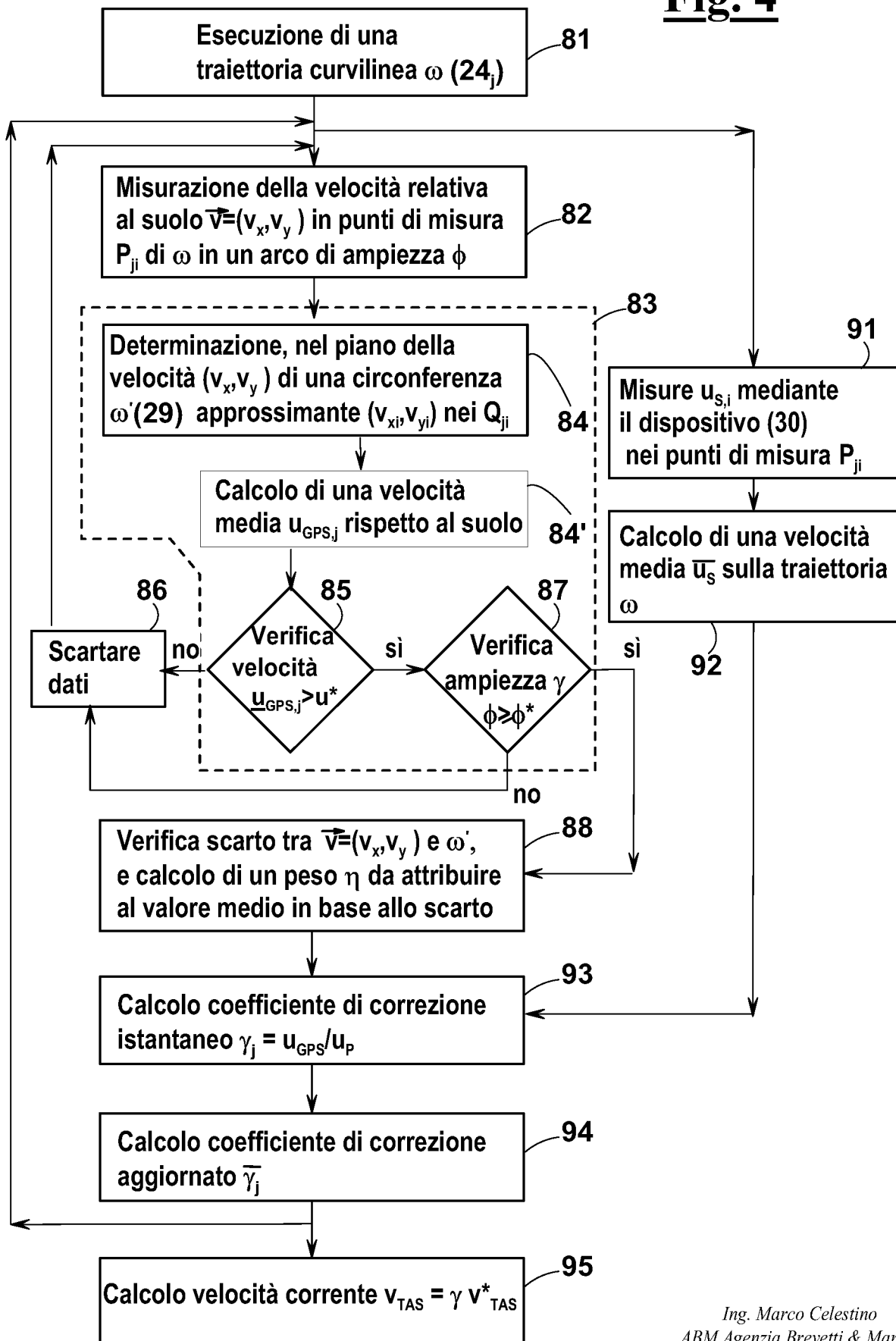


Fig. 5

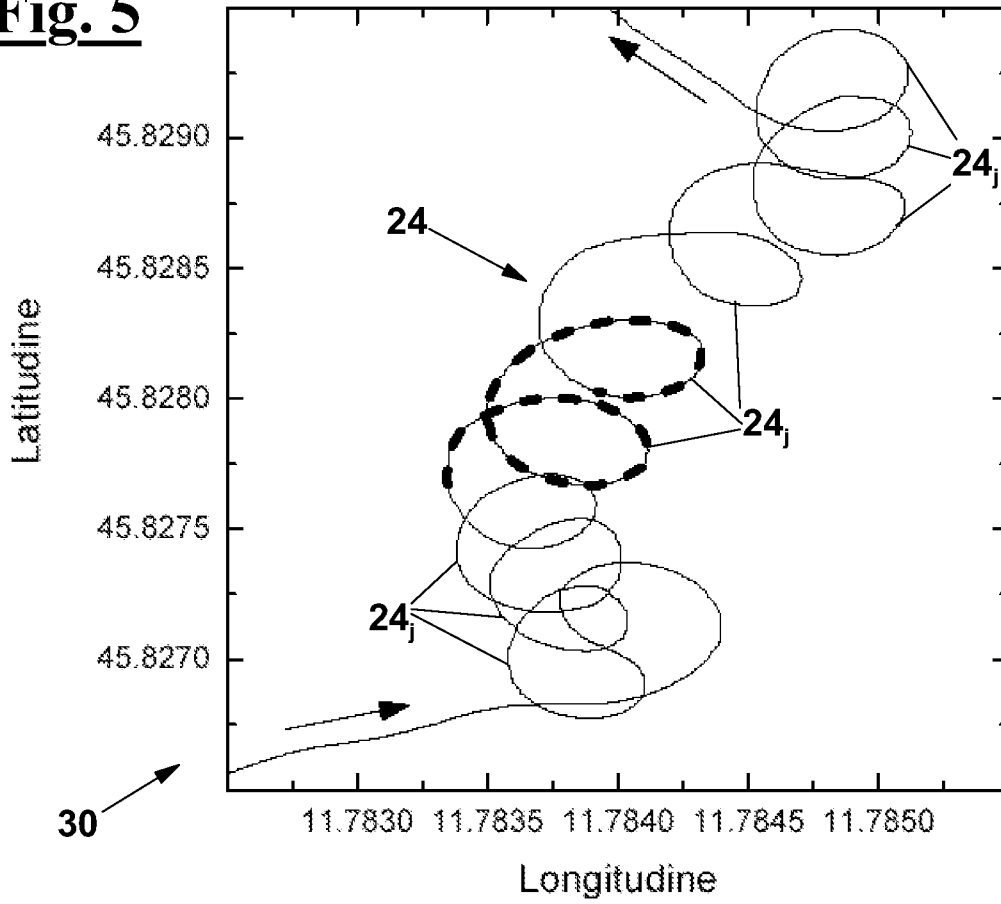
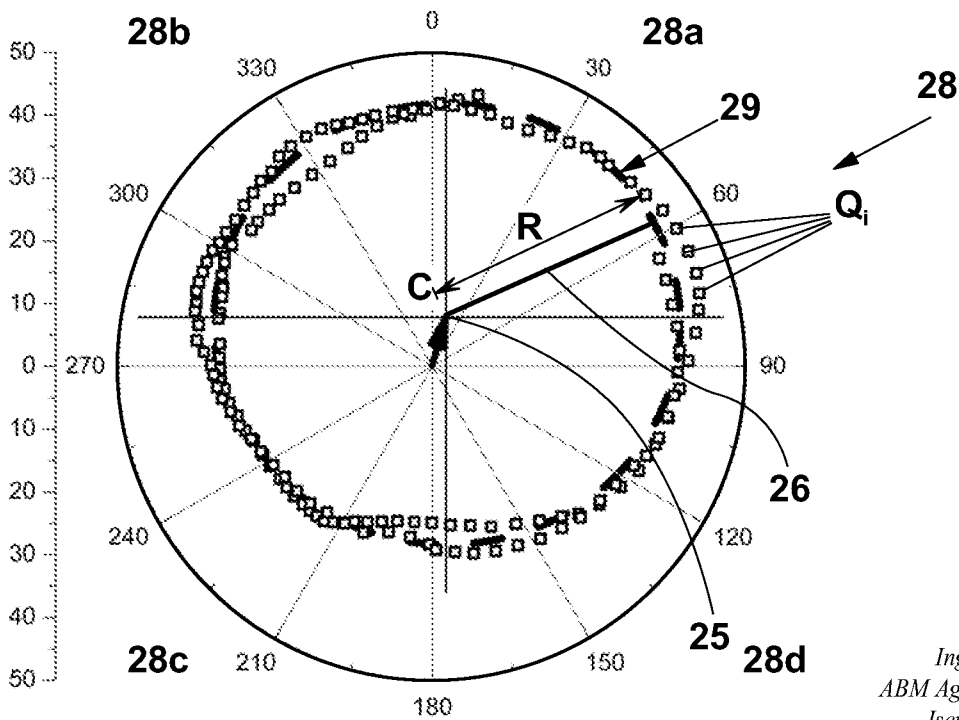


Fig. 6



Ing. Marco Celestino
ABM Agenzia Brevetti & Marchi
Iscritto all'albo N. 544

Fig. 7

