



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

DOMANDA NUMERO	102006901419510
Data Deposito	31/05/2006
Data Pubblicazione	01/12/2007

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	64	D		

Titolo

METODO E SISTEMA PER LA RILEVAZIONE DI PERICOLO DI FORMAZIONE DI GHIACCIO SU SUPERFICI AERODINAMICHE.

Descrizione del Brevetto per Invenzione Industriale dal titolo:

- BAT005 -

"METODO E SISTEMA PER LA RILEVAZIONE DI PERICOLO DI FORMAZIONE DI GHIACCIO SU SUPERFICI AERODINAMICHE"

di Lorenzo BATTISTI, di nazionalità italiana, Via 3 Novembre, 63 - 38100 Trento, elettivamente domiciliato presso i mandatarî Ing. Roberto DINI e Ing. Marco CAMOLESE c/o Metroconsult S.r.l., Piazza Cavour 3 - 10060 None (TO).

Inventore designato: Lorenzo BATTISTI, Via 3 Novembre, 63 - 38100 Trento

Depositata il

31 MAG. 2006

No.

TO 2006 A 000400

RIASSUNTO

L'invenzione riguarda un metodo e un sistema per rilevare il pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche lambite da una corrente fluida (F), in particolare su superfici portanti di macchine a fluido, del tipo comprendente un sensore di temperatura (20). Il sistema si caratterizza per il fatto che il sensore di temperatura (20) è posizionato in prossimità della superficie aerodinamica (5S) da monitorare per il rilievo della temperatura della superficie (5S), ed il sistema comprende un sensore pioggia (30) collocato in prossimità della superficie (5S) per il rilievo di presenza di acqua sulla superficie (5S). In tal modo il sistema è in grado di rilevare con estrema efficacia ed in maniera semplice ed economica il pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche.

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un metodo per rilevare e segnalare il pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche, in particolare su superfici portanti di macchine a fluido, ad esempio pale rotoriche di impianti eolici.

Il campo di applicazione dell'invenzione è principalmente quello eolico, nel quale la

Ing. ROBERTO DINI

previsione dell'insorgenza di condizioni idonee alla formazione del ghiaccio sulle pale di una turbina eolica, è a tutt'oggi un problema irrisolto. Tale previsione viene utilizzata in due ambiti principali, ossia per rilevare condizioni di ghiacciamento finalizzate a stabilire la fermata della turbina eolica, o ad abilitare l'intervento o la disabilitazione di un sistema antighiaccio installato sulla turbina.

In campo aeronautico, la rilevazione delle condizioni di ghiaccio ha trovato soluzione attraverso l'impiego di sensori tipo Rosemount®. Un sensore di tale tipo consiste in un piccolo cilindro metallico il quale, esposto alle condizioni atmosferiche effettive, si ricopre di ghiaccio quando sussistono le condizioni di ghiacciamento, modificando così la frequenza propria di vibrazione, in tal modo segnalandone la formazione. Il sensore viene installato direttamente sull'ala ed è investito dalla corrente fluida che vi impatta, per cui fornisce un'indicazione accurata delle condizioni effettive di ghiacciamento sulla superficie monitorata.

Il medesimo sensore, quando utilizzato sulle pale di turbine eoliche, genera notevoli problemi di sbilanciamento del rotore a causa della massa del sensore. Quando installato su superfici fisse dell'impianto eolico, ad esempio sulla navicella, fornisce delle misure poco attendibili sull'effettiva formazione di ghiaccio sulle pale rotoriche, per la differenza esistente tra la velocità relativa della corrente che lambisce le diverse sezioni della pala e la velocità assoluta del vento rilevata in postazione fissa. In pratica si può assistere ad indicazioni di mancanza di ghiaccio sul sensore installato sulla navicella ed il verificarsi di condizioni di forte ghiacciamento sulla pala. Inoltre, quando il sensore di ghiaccio comincia a dare indicazioni in merito, il rotore può già trovarsi in condizioni di forte ghiacciamento. Quanto appena detto per il sensore tipo Rosemount® vale, in via generale, per ogni sensore noto in grado di misurare direttamente la formazione di ghiaccio su superfici fisse di un impianto eolico.

Ing. ROBERTO DINI

Sistemi noti basano la propria strategia per rilevare la presenza o il pericolo di formazione di ghiaccio, sulla rilevazione di parametri di macchina unitamente a grandezze atmosferiche. Ad esempio, vengono misurate o le vibrazioni della torre e la temperatura ambiente, o la potenza prodotta e la temperatura ambiente, come illustrato nei documenti brevettuali US 2005/276.696 e US 6.890.152. La logica di tali strategie è quella di dedurre l'evenienza del fenomeno di ghiacciamento attraverso la misura di un funzionamento anomalo della turbina, quali un eccesso di vibrazione o un calo della potenza prodotta, e la contemporanea verifica di parametri ambientali, ad esempio che la temperatura ambiente sia minore di zero gradi Celsius.

I sopra citati sistemi noti hanno il principale limite di risultare inaffidabili nella previsione e nella pratica rilevazione della presenza di ghiaccio rispetto all'effettivo verificarsi del fenomeno. Infatti, quando si rileva la presenza di ghiaccio, il fenomeno può essere già così avanzato da necessitare la fermata della turbina per evitare danneggiamenti; oppure si possono verificare condizioni per cui il pericolo del ghiaccio è lontano, sebbene segnalato. Ad esempio, nel caso in cui eventi turbolenti o forti irregolarità del vento (eventi tipici dei siti montani) inducono fenomeni di vibrazioni anomale e viene rilevata una temperatura minore di zero gradi Celsius, il sistema determina l'arresto della turbina anche se non vi sono condizioni di ghiaccio, poiché il funzionamento non avviene in ambiente sufficientemente umido.

Dai documenti US 5.005.015 e EP 1.466.827 è noto poi applicare direttamente su superfici aerodinamiche, in particolare su pale di propulsori, sensori per il rilievo della presenza di acqua o ghiaccio. Questi sistemi sono in grado solo di rilevare la presenza e lo spessore di acqua e ghiaccio eventualmente presenti sulle superfici, ma non sono in grado di prevedere una possibile formazione di ghiaccio.

La presente invenzione si propone di risolvere gli inconvenienti dell'arte nota sopra menzionati e di indicare un metodo per la rilevazione di pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche, in grado di fornire una previsione effettiva ed efficace dell'insorgere di condizioni di solidificazione dell'acqua su superfici aerodinamiche, in particolare sulle pale di una turbina eolica. L'invenzione comprende inoltre un sistema per attuare il metodo anzidetto.

Uno scopo della presente invenzione è quello di realizzare un sistema che sia semplice, economico e di indubbia efficacia qualunque siano le condizioni operative delle superfici aerodinamiche su cui rilevare il pericolo di formazione di ghiaccio.

Per raggiungere tali scopi, formano oggetto della presente invenzione un metodo ed un sistema per rilevare il pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche, le cui caratteristiche sono enunciate nelle rivendicazioni accluse alla presente descrizione.

Il sistema comprende un sensore di temperatura ed un sensore per il rilievo della presenza di acqua o ghiaccio direttamente installati in prossimità della superficie aerodinamica su cui si vuole rilevare il pericolo di ghiaccio, per il rilievo della temperatura e di presenza di acqua sulla stessa superficie. Pertanto, le parti sensibili dei rispettivi sensori vengono installate in modo tale da potere rilevare le condizioni reali della superficie aerodinamica monitorata.

La rilevazione delle condizioni di temperatura ed eventuale presenza di acqua direttamente sulla superficie, consente di monitorare in modo effettivo un eventuale pericolo di insorgenza di ghiaccio. Ad esempio, nel caso venga rilevata la presenza di gocce di acqua insieme ad una temperatura minore di una temperatura critica stabilita, ossia una temperatura alla quale si vuole segnalare il pericolo di ghiacciamento incipiente (ad es. 3°C), il sistema secondo l'invenzione è in grado di segnalare un effettivo pericolo di formazione di ghiaccio.

Il sistema secondo l'invenzione è poi in grado di verificare empiricamente che, insieme

Ing. ROBERTO DINI

all'effettiva temperatura presente sulla superficie, si formino realmente gocce d'acqua su di essa, e che quindi vi sia un effettivo pericolo di formazione di ghiaccio. Ad esempio, nel caso si verifichi temperatura compresa tra -1 ed 1°C ed assenza d'acqua sulla superficie monitorata, il sistema secondo l'invenzione è in grado di non segnalare pericolo di ghiaccio, come effettivamente è in caso di aria ad umidità molto bassa.

Vantaggiosamente, i sensori vengono collocati sulla superficie aerodinamica da monitorare in corrispondenza o nell'intorno delle zone di massima pressione della corrente fluida, ossia nelle zone della superficie aerodinamica dove è più alto il pericolo di formazione del ghiaccio.

Ad esempio, tale punto è il bordo d'attacco delle ali o delle superfici palari di rotori.

Ulteriormente, i sensori vengono collocati sulla superficie aerodinamica vicini tra loro, in modo da rilevare condizioni omologhe della corrente fluida in punti molto vicini. In questo modo si evita il più possibile di effettuare rilevazioni erranee sulla effettiva condizione della corrente fluida che impatta la superficie in un punto. L'ideale, da questo punto di vista, è impiegare un sensore che integri le funzioni di rilevare la presenza di acqua o ghiaccio e misuri la temperatura in una medesima e ristretta superficie.

Ulteriori scopi, caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue di un suo esempio d'applicazione, fornito a puro titolo esplicativo e non limitativo con l'ausilio dell'annessa Figura 1, che rappresenta una vista prospettica del sistema secondo l'invenzione in configurazione operativa su di una sezione o concio di una pala rotorica.

In particolare, la sezione di pala rotorica illustrata ed indicata con il riferimento 5 è di un tipo come illustrata nel documento WO 2004/36038, di cui è titolare la medesima Richiedente della presente domanda. Tale pala 5 è quindi dotata di fori 12 sulla superficie esterna 5S. In prossimità del bordo d'attacco del profilo di pala e del foro 12 e sulla superficie esterna della

pala 5S, sono collocati un primo sensore meteorologico, in questo caso un sensore di temperatura 20, ed un secondo sensore meteorologico, in questo caso un sensore di rilievo della presenza di acqua o ghiaccio 30, qui denominato per semplicità sensore pioggia. Questi sensori 20, 30 sono posizionati a monte del foro 12 con riferimento alla direzione della corrente fluida F che lambisce la pala 5, in modo tale che le rispettive rilevazioni non sono influenzate dalla corrente fluida che fuoriesce dal foro.

Il sensore di temperatura 20, ad esempio una termocoppia, è di un tipo noto avente dimensioni e peso ridotti, configurato come una sottile piastrina dotata di una porzione sensibile 21, la quale viene installata in modo tale che intercetti il flusso della corrente fluida che lambisce la superficie esterna 5S. Il sensore è posizionato a monte del foro 12, e viene incollato o fissato in altro modo sulla superficie esterna 5S. Esso presenta, posteriormente, un collegamento elettrico 22 che corre lungo l'interno della pala 5 fino ad un sistema di acquisizione dati o DAS, non illustrato per semplicità.

Il DAS è posizionato, vantaggiosamente ai fini inerziali, esternamente alla pala rotorica, ad esempio sulla navicella dell'impianto eolico, ed il sistema è dotato di mezzi noti per il trasferimento dei segnali rilevati dai sensori al DAS.

Il sensore di pioggia 30, di tipo simile a quelli installati in aderenza ai cristalli delle autovetture, è anch'esso incollato a monte del foro 12 e parimenti dotato di un rispettivo collegamento elettrico 31 che corre lungo le pareti laterali del foro e l'interno della pala 5, fino ad arrivare al DAS. I sensori 20, 30 impiegati sono di un tipo noto le cui forme e dimensioni, una volta installati sulla superficie esterna 5S, non disturbano la corrente F che impatta su di essa.

Il DAS è in grado di elaborare le informazioni di presenza/assenza di acqua proveniente dal sensore pioggia 30 ed il valore della temperatura di superficie rilevato dal sensore della

temperatura 20 in modo tale che, quando non si rileva presenza di gocce d'acqua sulla superficie, non segnali alcun pericolo di formazione di ghiaccio. Al contrario, quando viene rilevata presenza di acqua ed una temperatura minore di un valore critico stabilito, ad esempio 3°C, il DAS segnala il pericolo di formazione di ghiaccio o ghiacciamento incipiente ad un'unità centrale di controllo.

Il peso ridotto, la semplicità ed affidabilità dei sensori di pioggia e di temperatura noti consentono vantaggiosamente un agevole uso degli stessi anche su pale rotanti di turbine eoliche, permettendo di realizzare un sistema per la rilevazione di pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche che risulta semplice, affidabile e di basso costo.

Il sistema secondo l'invenzione realizza, a differenza di quanto noto, un rilievo di una coppia dei parametri fisici, in particolare della temperatura e della presenza di acqua, direttamente sulle superfici interessate dal pericolo del ghiaccio, per cui ne realizza una misura puntuale ed effettiva. Tali parametri, elaborati successivamente dal DAS, permettono di prevedere con efficacia il concreto rischio di formazione di ghiaccio. Nell'arte nota, invece, la previsione di pericolo di ghiaccio si basa sostanzialmente su parametri non misurati puntualmente sulla superficie da monitorare ma derivati ed elaborati da sensori posizionati spesso lontani dalle superfici interessate. Pertanto, tali misure risultano in diverse circostanze erronee sulle effettive condizioni della superficie.

In definitiva, il sistema per la rilevazione di pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche secondo l'invenzione consente di segnalare un pericolo di ghiaccio ed attivare un eventuale sistema anti-ghiaccio con grande precisione ed efficacia, senza alcun rischio che si sia già formato ghiaccio sulle superfici aerodinamiche interessate, mantenendo pertanto massimamente efficiente la macchina monitorata.

È chiaro che numerose varianti sono possibili per l'uomo del ramo al sistema per la

rilevazione di pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche, in particolare su superfici portanti di macchine a fluido, secondo la presente invenzione, così come è chiaro che nella sua pratica attuazione le forme dei dettagli illustrati potranno essere diverse, e gli stessi potranno essere sostituiti con elementi tecnicamente equivalenti.

Ad esempio, in caso di applicazione del sistema su pale rotoriche non forate, potranno essere praticati degli appositi fori, che possono essere conformati o per il passaggio dei collegamenti elettrici relativi ai sensori, o per l'alloggiamento degli stessi sensori, che vengono sempre configurati ed installati in modo tale che la parte sensibile degli stessi sia sulla superficie da monitorare.

Potrebbero essere poi realizzati sulla pala scassi per l'alloggiamento degli stessi sensori, quando venissero impiegati sensori di spessore non trascurabile, al fine di non influenzare l'andamento della corrente fluida intorno alla pala.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la rilevazione del pericolo di formazione di ghiaccio su superfici aerodinamiche (5S) lambite da una corrente fluida (F), quali le superfici portanti di macchine a fluido (5), comprendente le fasi di:

- rilevare la temperatura in prossimità della superficie aerodinamica (5S);
- rilevare la presenza di acqua sulla superficie;
- elaborare i dati relativi alla temperatura e alla presenza di acqua, per verificare se essi corrispondono a condizioni di formazione di ghiaccio.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la rilevazione della temperatura e della presenza di acqua fornisce dei segnali la cui elaborazione viene eseguita con mezzi di tipo elettronico.

3. Metodo secondo le rivendicazioni 1 o 2, in cui le superfici aerodinamiche (5S) sono quelle di un rotore eolico.

4. Sistema per l'attuazione del metodo secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere un sensore di temperatura (20) posizionato in prossimità della superficie aerodinamica (5S) da monitorare per il rilievo della temperatura della superficie (5S), ed un sensore pioggia (30) collocato in prossimità della superficie (5S) per il rilievo di presenza di acqua sulla superficie (5S).

5. Sistema secondo la rivendicazione 4, in cui i sensori (20, 30) sono collocati in corrispondenza o nell'intorno delle zone di massima pressione della superficie aerodinamica (5S) da monitorare.

6. Sistema secondo le rivendicazioni 4 o 5, in cui il sensore di temperatura (20) presenta una sua porzione sensibile (21) collocata in corrispondenza della corrente fluida (F) che lambisce

la superficie aerodinamica (5S).

7. Sistema secondo una delle rivendicazioni da 4 a 6, in cui i sensori (20, 30) sono collocati sulla superficie aerodinamica (5S) vicini tra loro.

8. Sistema secondo la rivendicazione 7, in cui i sensori (20, 30) sono di un tipo a piastrine e sono fissati sulla superficie esterna (5S).

9. Sistema secondo una delle rivendicazioni da 4 a 8, in cui i detti sensori di temperatura e pioggia (20, 30) sono integrati in un unico sensore.

10. Sistema secondo una delle rivendicazioni da 4 a 9, comprendente un sistema di acquisizione dati in connessione con detti sensori (20, 30), in particolare tramite rispettivi mezzi di connessione (22, 31), per l'elaborazione dei segnali ricevuti al fine di determinare un segnale di pericolo di formazione di ghiaccio da inviare ad un'unità centrale di controllo.

11. Sistema secondo la rivendicazione 10, in cui quando i sensori (20, 30) rilevano presenza di acqua ed una temperatura minore di un valore critico stabilito, il sistema di acquisizione dati segnala il pericolo di formazione di ghiaccio o ghiacciamento incipiente ad un'unità centrale di controllo.

12. Sistema secondo una delle rivendicazioni da 4 a 10, in cui detta superficie aerodinamica è la superficie esterna (5S) di una pala rotorica (5) e la macchina a fluido è una turbina eolica.

13. Sistema secondo la rivendicazione 12, in cui la pala è di una tipologia forata ed i sensori (20, 30) sono collocati a monte di un singolo foro (12) rispetto alla corrente fluida (F) che lambisce la superficie esterna (5S) della pala (5).

14. Sistema secondo le rivendicazioni 11 o 12 e 13, in cui il sistema di acquisizione è posizionato sulla navicella della turbina eolica, il sistema comprendendo mezzi per il trasferimento dei segnali rilevati dai sensori (20, 30) al controller.

di Lorenzo BATTISTI

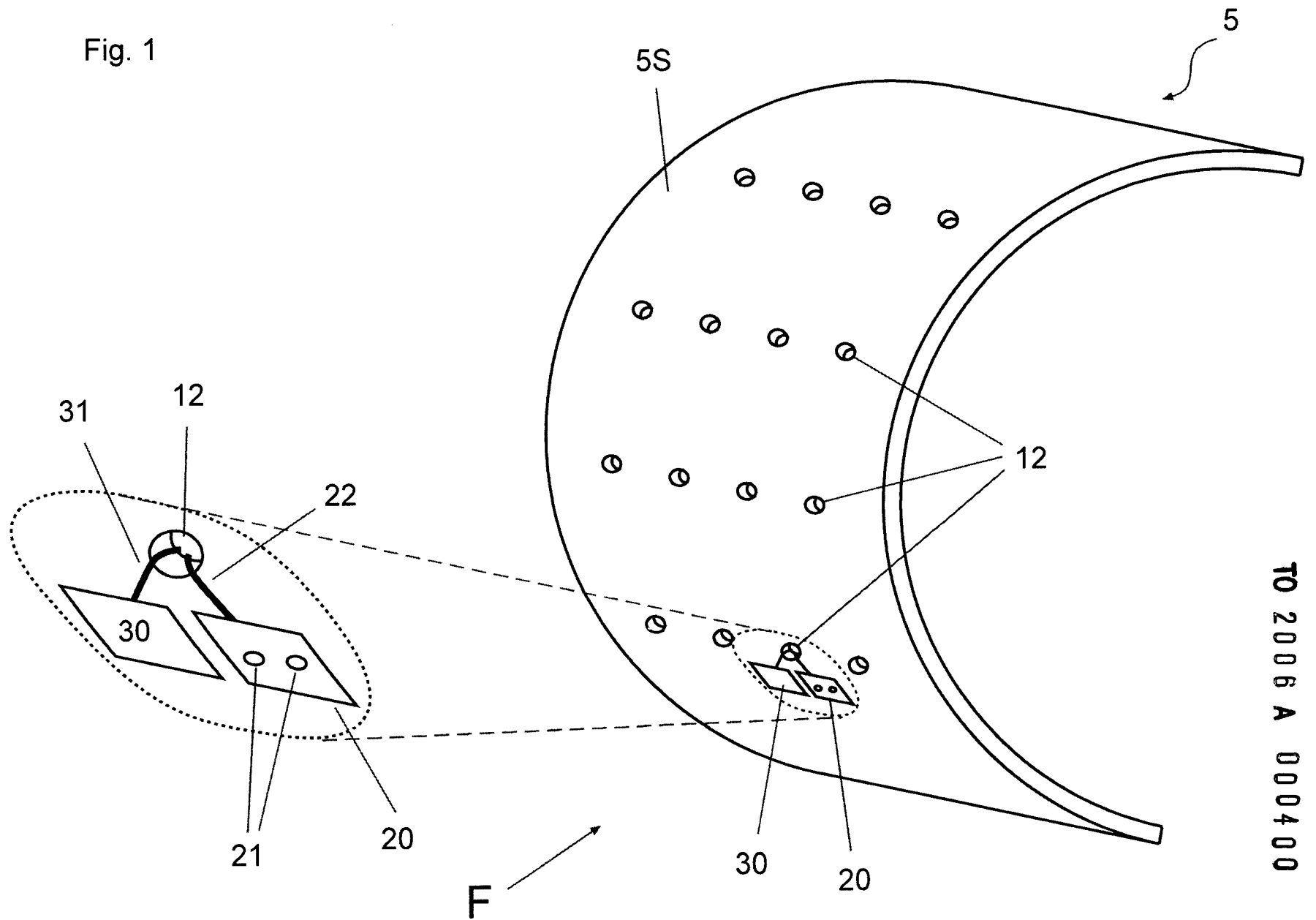
p.i. Ing. Roberto DINI

No. Iscr. Albo: 270 BM

Roberto Dini



Fig. 1



CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
TE FERRARA

TO 2006 A 000400

Ing. ROBERTO DINI
Roberto Dini