

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011902002739A1

Publication Date

20130605

Applicant

WILIC S.AR.L.

Title

IMPIANTO EOLICO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"IMPIANTO EOLICO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA"

di WILIC S.AR.L.

di nazionalità del lussemburgo

con sede: 41, BOULEVARD DU PRINCE HENRY

1724 LUXEMBOURG (LUSSEMBURGO)

Inventori: FASOLO Alessandro, KAESSNER Thomas

*** ***** ***

La presente invenzione è relativa a un impianto eolico per la generazione di energia elettrica.

In particolare, la presente invenzione riguarda un impianto eolico per la generazione di energia elettrica comprendente una navicella; un gruppo rotante girevole rispetto alla navicella attorno ad un asse; e almeno un dispositivo alimentato ad energia elettrica e allocato sul gruppo rotante girevole.

L'impianto eolico per la generazione di energia elettrica comprende un mozzo; delle pale montate sul mozzo; e una macchina elettrica comprendente uno statore e un rotore. Il mozzo, le pale e il rotore definiscono un gruppo rotante.

In uso, il vento incide sulle pale e causa una rotazione del mozzo attorno all'asse, trasferendo energia cinetica al mozzo, che, a sua volta trascina in rotazione

il rotore.

Sul gruppo rotante sono alloggiati dispositivi elettronici necessari per il corretto funzionamento del generatore, i quali richiedono un'alimentazione elettrica. Tali dispositivi possono comprendere, ad esempio, dispositivi per movimentare l'angolo di incidenza delle pale, dispositivi di rilevamento, e nel caso di macchina sincrona con rotore avvolto, gli stessi avvolgimenti del rotore.

L'energia elettrica necessaria deve essere fornita dall'esterno e si pone quindi il problema dell'accoppiamento elettrico fra una sorgente fissa e i dispositivi collocati su un corpo rotante.

Una soluzione comunemente adottata prevede l'impiego di contatti striscianti tra la navicella e il gruppo rotante. I contatti striscianti sono però soggetti a usura e richiedono interventi di manutenzione e sostituzione relativamente frequenti, con conseguenti fermi dell'impianto e diminuzione di produttività.

Inoltre, i contatti striscianti surriscaldandosi aumentano le perdite per effetto Joule.

Una soluzione al problema tecnico, è descritta nel documento WO 03/038990 e nel corrispondente documento US 2005/0046194, che descrivono un impianto eolico avente un generatore elettrico, un gruppo rotore e un sistema di

trasmissione della potenza comprendente una macchina elettrica asincrona trifase. Lo statore della macchina elettrica asincrona trifase è fissato sulla parte non rotante dell'impianto eolico, mentre il rotore è fissato sul gruppo rotante dell'impianto.

Anche questa soluzione, tuttavia, non è priva di inconvenienti. In particolare, tra il rotore e il campo magnetico statorico rotante si genera uno slittamento che causa una coppia motrice. La coppia motrice determina, a sua volta, una diminuzione dell'efficienza nell'impianto eolico, che aumenta al crescere dello slittamento. Inoltre, la macchina elettrica trifase asincrona crea un campo magnetico rotante all'interno del rotore che interferisce con il campo magnetico creato dal generatore elettrico.

È uno scopo della presente invenzione quello di realizzare un impianto eolico in grado di limitare gli inconvenienti dell'arte nota.

Secondo la presente invenzione è realizzato un impianto eolico per la generazione di energia elettrica comprendente una navicella; una macchina elettrica per generare energia elettrica dal vento, avente uno statore e un rotore; un gruppo rotante girevole rispetto alla navicella attorno ad un asse e comprendente il rotore della macchina elettrica; e un sistema di trasferimento di potenza elettrica per trasferire potenza elettrica dalla

navicella al gruppo rotante; in cui il sistema di trasferimento di potenza elettrica comprende un primo avvolgimento primario, solidale alla navicella, e un primo avvolgimento secondario avvolto attorno all'asse, solidale al gruppo rotante e accoppiato elettromagneticamente al primo avvolgimento primario.

In pratica, il primo avvolgimento primario e il primo avvolgimento secondario formano un trasformatore, la cui geometria rimane sostanzialmente invariata durante la rotazione del rotore. In particolare, l'area definita dal primo avvolgimento secondario e attraversata dal campo magnetico indotto dal primo avvolgimento primario è indipendente dalla posizione angolare del rotore rispetto allo statore. Di conseguenza, la rotazione del primo avvolgimento secondario attorno all'asse non influisce sull'accoppiamento elettromagnetico con il primo avvolgimento primario e non si sviluppa coppia motrice o slittamento come nell'arte nota. Le perdite elettromagnetiche associate alla generazione di coppia motrice e allo slittamento vengono così eliminate. Il trasferimento di potenza elettrica verso i dispositivi a bordo del gruppo rotante ha efficienza maggiore rispetto all'arte nota, perché due cause di perdite elettromagnetiche vengono eliminate. Inoltre, il sistema di trasmissione della potenza elettrica è in grado di operare

anche quando il gruppo rotante è fermo, esattamente come durante la rotazione, perché la rotazione del primo avvolgimento secondario non ha effetto sul campo magnetico indotto dal primo avvolgimento primario e concatenato con il primo avvolgimento secondario.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione appariranno chiari dalla descrizione che segue di un suo esempio non limitativo di attuazione, con riferimento alle figure dei disegni annessi, in cui:

- la figura 1 è una vista in elevazione laterale, con parti asportate per chiarezza e parti in sezione, di un impianto eolico per la generazione di energia elettrica realizzato secondo una prima forma di attuazione della presente invenzione;

- la figura 2 è una vista in elevazione laterale e ingrandita di un particolare di figura 1;

- la figura 3 è una vista in elevazione laterale, con parti asportate per chiarezza e parti in sezione, di un impianto eolico per la generazione di energia elettrica realizzato secondo una seconda forma di attuazione della presente invenzione; e

- la figura 4 è una vista in elevazione laterale e ingrandita di un particolare di figura 3.

Con riferimento alla figura 1, con 1 è indicato un impianto eolico per la generazione di energia elettrica.

Nella fattispecie illustrata, l'impianto eolico 1 è un impianto eolico a trasmissione diretta e a velocità angolare variabile.

L'impianto eolico 1 comprende una torre 2, una navicella 3, un mozzo 4, tre pale 5, una macchina elettrica 6, e un dispositivo di controllo 8 (figura 2).

Le tre pale 5 sono montate sul mozzo 4, che è montato sulla navicella 3, la quale, a sua volta, è montata sulla torre 2.

In particolare, la navicella 3 è montata in modo girevole attorno a un asse A1 rispetto alla torre 2 per disporre le pale 5 a favore di vento, mentre il mozzo 4 è montato in modo girevole attorno ad un asse A2 rispetto alla navicella 3. A sua volta ciascuna pala 5 è montata in modo girevole, rispetto al mozzo 4, attorno a un rispettivo asse A3.

Nella fattispecie illustrata nella figura 1, l'asse A2 è leggermente inclinato rispetto a un piano orizzontale mentre l'asse A3 è disposto sostanzialmente perpendicolare all'asse A2 e in direzione radiale rispetto all'asse A2.

Il mozzo 4 comprende un albero cavo 9 e una fusoliera 10, i quali presentano diametri interni tali che un operatore può accedere all'interno degli stessi per eventuali operazioni di manutenzione o ispezione. La fusoliera 10 e l'albero cavo 9 sono connessi rigidamente

tra loro.

L'albero cavo 9 è montato, tramite un cuscinetto 11, sulla navicella 3 ed è connesso direttamente alla macchina elettrica 6.

La macchina elettrica 6 comprende uno statore 12 e un rotore 13. Lo statore 12 definisce una porzione della navicella 3 e comprende un cilindro statorico 14 cavo e degli avvolgimenti di potenza 15 fissati lungo una faccia interna del cilindro statorico 14 cavo.

Il rotore 13 comprende un cilindro rotorico 16 cavo e magneti permanenti 17 fissati lungo una faccia esterna del cilindro statorico 14 cavo e affacciati agli avvolgimenti di potenza 15.

Il cilindro rotorico 16 cavo è connesso ad un'estremità 18 al mozzo 4 tramite un manicotto 19 che è a contatto con il cuscinetto 11.

Il mozzo 4, le pale 5 e il rotore 13 sono solidali tra loro e definiscono un gruppo rotante 7 che è girevole rispetto alla navicella 3 attorno all'asse A2.

Il gruppo rotante 7 è inoltre provvisto di un gruppo di dispositivi alimentati 30 ad energia elettrica che comprendono sensori e/o attuatori elettrici per movimentare le pale.

Nella fattispecie illustrata, la macchina elettrica 6 è di tipo sincro.

Sotto l'azione del vento, il mozzo 4 ruota attorno all'asse A2, la rotazione del mozzo 4 è trasferita al rotore 13 il quale, quindi, ruota attorno all'asse A2. Il movimento relativo dei magneti permanenti 17 rispetto agli avvolgimenti di potenza 15 induce una tensione elettrica ai capi degli avvolgimenti statorici 14. In particolare, il movimento relativo avviene sotto forma di una rotazione del rotore 13 alla velocità angolare che è variabile.

In una forma di attuazione alternativa alla presente invenzione non illustrata nelle figure allegate, i magneti permanenti del rotore sono omessi e il rotore comprende degli avvolgimenti alimentati con energia elettrica. Il gruppo di dispositivi alimentati ad energia elettrica comprende gli avvolgimenti del rotore.

Con riferimento alla figura 1, l'inclinazione di ciascuna pala 5 rispetto al vento viene controllata attraverso la rotazione di detta ciascuna pala 5 attorno al rispettivo asse A3 dall'attuatore in modo da variare la superficie di incidenza rispetto al vento. La velocità angolare è rilevata mediante i sensori alimentati con energia elettrica.

Con riferimento alle figure 1 e 2, l'impianto eolico 1 comprende un sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 dalla navicella 3 al gruppo rotante 7. Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 comprende un

trasformatore 36, avente un primo avvolgimento primario 37 e un primo avvolgimento secondario 38, accoppiati fra loro in modo da trasferire potenza elettrica.

Il primo avvolgimento secondario 38 è avvolto attorno all'asse A2 ed è disposto su una piastra 20, che è portata dal cilindro rotorico 16 tramite bracci 22 a un'estremità 21 opposta all'estremità 18. In particolare, la piastra 20 è perpendicolare all'asse A2, è coassiale al cilindro rotorico 16 ed è affacciata alla navicella 3.

Su una faccia 23 della piastra 20 rivolta verso la navicella 3, sono ricavate una sede 24a anulare, centrata sull'asse A2, una sede 24b anulare, centrata sull'asse A2 e concentrica e radialmente esterna alla sede 24a, e una sede 24c anulare, centrata sull'asse A2, concentrica e radialmente esterna alla sede 24b.

Il primo avvolgimento primario 37 è avvolto attorno all'asse A2 ed è disposto su una piastra 25 portata dalla navicella 3 e affacciata alla piastra 20.

In una forma di realizzazione alternativa, la piastra 25 è collegata a un'estremità 26 del cilindro statorico 14 tramite dei bracci 27 e il primo avvolgimento primario 37 è solidale alla navicella 3.

La piastra 25 presenta una faccia 28 rivolta verso il rotore 4. Sulla faccia 28 sono ricavate una sede 29a anulare, centrata sull'asse A2, una sede 29b anulare,

centrata sull'asse A2 e concentrica e radialmente esterna alla sede 29a, e una sede 29c anulare, centrata sull'asse A2, concentrica e radialmente esterna alla sede 29b anulare.

La sede 24a e la sede 29a sono affacciate tra loro, la sede 24b e la sede 29b sono affacciate tra loro e la sede 24c e la sede 29c sono affacciate tra loro.

Il primo avvolgimento primario 37 comprende delle bobine 39 alloggiate nella sede 29a della piastra 25 e avvolte attorno all'asse A2.

Il primo avvolgimento secondario 38 comprende delle bobine 40 alloggiate nella sede 24a della piastra 20 e avvolte attorno all'asse A2.

Inoltre, il primo avvolgimento primario 37 e il primo avvolgimento secondario 38 sono configurati in modo che un coefficiente di mutua induzione tra il primo avvolgimento primario 37 e il primo avvolgimento secondario 38 sia indipendente dalla posizione angolare del rotore 13 rispetto allo statore 12, di conseguenza, è costante durante la rotazione del rotore 13.

Inoltre, il primo avvolgimento primario 37 è configurato in modo da produrre un primo campo magnetico direzionato verso la piastra 20 del rotore 13, quando alimentato con una corrente elettrica alternata. In particolare, il primo campo magnetico è perpendicolare a un

piano su cui le bobine 40 del primo avvolgimento secondario 38 sono poste.

Il primo avvolgimento primario 37 è configurato in modo che il primo campo magnetico si concateni con il primo avvolgimento secondario 38.

In particolare, il primo avvolgimento secondario 38 ha forma anulare ed è centrato attorno all'asse A2 e, per questa ragione, è assialmente affacciato rispetto all'asse A2 al primo avvolgimento primario 37, che ha pure forma anulare, è coassiale e inoltre presenta uguale diametro. In questo modo, durante la rotazione la distanza tra il primo avvolgimento primario 37 e il primo avvolgimento secondario 38 è costante e il primo avvolgimento primario 37 e il primo avvolgimento secondario 38 sono sempre affacciati tra loro. La distanza è prefissata in base all'accoppiamento elettromagnetico desiderato tra il primo avvolgimento primario 37 e il primo avvolgimento secondario 38. Di conseguenza, il primo campo magnetico generato dal primo avvolgimento primario 37 si concatena con il primo avvolgimento secondario 38 in un modo che è indipendente dalla posizione angolare del rotore 13.

In questo modo, viene trasferita potenza elettrica tra il primo avvolgimento primario 37 e il primo avvolgimento secondario 38 senza che la rotazione del primo avvolgimento secondario 38 influenzi il trasferimento. Infatti, durante

la rotazione del primo avvolgimento secondario 38 la posizione dell'area interna al primo avvolgimento secondario 38 non varia nello spazio.

Di conseguenza, la potenza trasferita non dipende dalla posizione angolare né dalla velocità di rotazione del rotore 13 e il funzionamento è lo stesso sia quando il rotore 13 è fermo, sia quando è in movimento.

Inoltre, il primo campo magnetico ha direzione costante (si noti che con il termine direzione non si include anche il verso).

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 comprende un dispositivo di condizionamento 42 dell'energia elettrica collegato al primo avvolgimento secondario 38 e al gruppo di dispositivi alimentati 30 ad energia elettrica. Il dispositivo di condizionamento 42 è configurato per convertire la tensione e la corrente fornite dal primo avvolgimento secondario 38 in modo che siano utilizzabili per il gruppo di dispositivi alimentati 30. Per esempio, il dispositivo di condizionamento 42 comprende un circuito a commutazione, in particolare un inverter, che converte la corrente alternata proveniente dal primo avvolgimento secondario 38 in una corrente continua per alimentare il gruppo di dispositivi ad energia elettrica.

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35

dalla navicella 3 al gruppo rotante 7 comprendente un secondo trasformatore 45 avente un secondo avvolgimento primario 46 avvolto attorno alla asse A2, solidale alla navicella 3, e un secondo avvolgimento secondario 47 avvolto attorno all'asse A2 e solidale al gruppo rotante 7 per trasferire potenza elettrica. Il secondo avvolgimento primario 46 è accoppiato al secondo avvolgimento secondario 47 in modo da trasferire potenza elettrica.

Il secondo avvolgimento primario 46 comprende delle bobine 48 alloggiate nella sede 29b della piastra 25 e avvolte attorno all'asse A2.

Il secondo avvolgimento secondario 47 comprende delle bobine 49 alloggiate nella sede 24b della piastra 20 e avvolte attorno all'asse A2.

Il funzionamento del secondo trasformatore 45 e l'accoppiamento del secondo avvolgimento primario 46 con il secondo avvolgimento secondario 47 sono analoghi al funzionamento del primo trasformatore 36 e all'accoppiamento del primo avvolgimento primario 37 e del primo avvolgimento secondario 38.

Inoltre, il secondo avvolgimento primario 46 è configurato per determinare un secondo campo magnetico che si accoppia con il secondo avvolgimento secondario 47, a meno di perdite per effetti parassiti.

Il secondo avvolgimento primario 46 ha un diametro

maggiore del primo avvolgimento primario 37. Il secondo avvolgimento secondario 47 ha un diametro maggiore del secondo avvolgimento secondario 38.

Inoltre, il secondo campo magnetico ha direzione costante (si noti che con il termine direzione non si include anche il verso).

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 comprende un dispositivo di condizionamento 50 dell'energia elettrica collegato al secondo avvolgimento secondario 47 e al gruppo di dispositivi alimentati 30 ad energia elettrica.

Con riferimento alle figura 1 e 2, il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 dalla navicella 3 al gruppo rotante 7 comprende un terzo trasformatore 53 avente un terzo avvolgimento primario 54, solidale alla navicella 3, e un terzo avvolgimento secondario 55 avvolto attorno all'asse A2 e solidale al gruppo rotante 7. Il terzo avvolgimento primario 54 è accoppiato al terzo avvolgimento secondario 55 in modo da trasferire potenza elettrica.

Con riferimento alle figure 1 e 2, il terzo avvolgimento primario 54 comprende delle bobine 57 alloggiate nella sede 29c della piastra 25 e avvolte attorno all'asse A2.

Il terzo avvolgimento secondario 55 comprende delle bobine 58 alloggiate nella sede 24c della piastra 20 e

avvolte attorno all'asse A2.

Il funzionamento del terzo trasformatore 53 e l'accoppiamento del terzo avvolgimento primario 54 e del terzo avvolgimento secondarie 55 sono analoghi al funzionamento del primo trasformatore 36 e all'accoppiamento del primo avvolgimento primario 37 e del primo avvolgimento secondario 38.

Inoltre, il terzo avvolgimento primario 54 è configurato per determinare un terzo campo magnetico che si concatena prevalentemente con il terzo avvolgimento secondario 55, a meno di perdite per effetti parassiti. Preferibilmente il campo magnetico si concatena esclusivamente con il terzo avvolgimento secondario 55.

Inoltre, il terzo avvolgimento primario 54 ha un diametro maggiore del secondo avvolgimento primario 46 e il terzo avvolgimento secondario 55 ha un diametro maggiore del secondo avvolgimento secondario 47.

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 comprende un dispositivo di condizionamento 61 dell'energia elettrica collegato al terzo avvolgimento secondario 55 e al gruppo di dispositivi alimentati 30 ad energia elettrica.

Inoltre il terzo campo magnetico ha direzione costante (con il termine direzione non si include anche il verso).

Secondo una forma di attuazione alternativa e non

illustrata nelle figure allegate, i dispositivi di condizionamento 42, 50 e 61 sono rimossi e il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 comprende un dispositivo di condizionamento trifase collegato al primo avvolgimento secondario 38, al secondo avvolgimento secondario 47 e al terzo avvolgimento secondario 55 da un lato e al gruppo di dispositivi alimentati 30 dall'altro lato per fornire potenza elettrica sotto forma di corrente e tensione adeguata al gruppo di dispositivi alimentati 30.

Dalla descrizione è evidente che il primo trasformatore 36, il secondo trasformatore 45 e il terzo trasformatore 53 possono funzionare in modo indipendente, di conseguenza, l'invenzione può essere realizzata anche solo con il primo trasformatore 36 o con il secondo trasformatore 45 o con il terzo trasformatore 53.

Secondo una forma di attuazione alternativa illustrata nelle figure 3 e 4, in cui parti uguali a quelle già illustrate sono indicate con gli stessi numeri di riferimento, il sistema di trasferimento di potenza elettrica 35 è sostituito da un sistema di trasferimento di potenza elettrica 135, il quale comprende un elemento anulare 120 centrato attorno all'asse A2 e collegato all'estremità 21 del rotore 13 tramite bracci 22. L'elemento anulare 120 presenta un diametro interno e una faccia interna 123 cilindrica, sulla quale sono ricavate

delle sedi 124a, 124b e 124c anulari. Le sedi 124a, 124b e 124c sono centrate attorno all'asse A2, sono affiancate lungo l'asse A2 e sono distanziate assialmente. Le sedi 124a, 124b e 124c hanno uguali dimensioni.

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 135 comprende un cilindro 125 avente un diametro esterno minore del diametro interno dell'elemento anulare 120. Il cilindro 125 si estende lungo l'asse A2, è disposto all'interno dell'elemento anulare 120 ed è collegato all'estremità 26 tramite bracci 27. Il cilindro 125 presenta una faccia esterna 128 sulla quale sono ricavate delle sedi anulari 129a, 129b, 129c anulari centrate attorno all'asse A2, affiancate lungo l'asse A2 e distanziate assialmente. Le sedi 124a, 124b e 124c presentano le stesse dimensioni. Inoltre, la sede 124a, 124b, 124c sono affacciate rispettivamente alla sede 129a, alla sede 129b e alla sede 129c.

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 135 dalla navicella 3 al gruppo rotante 7 comprende un trasformatore 136, avente un primo avvolgimento primario 137 e un primo avvolgimento secondario 138, accoppiati fra loro in modo da trasferire potenza elettrica.

Il primo avvolgimento primario 137 è avvolto attorno all'asse A2 ed è disposto sul cilindro 125. Il primo avvolgimento secondario 138 è avvolto attorno all'asse A2

ed è disposto sull'elemento anulare 120 ed è solidale al gruppo rotante 7 per trasferire potenza elettrica.

Il primo avvolgimento primario 137 comprende delle bobine 139 alloggiate nelle sedi 129a del cilindro 125 e avvolte attorno all'asse A2.

Il primo avvolgimento secondario 138 comprende delle bobine 140 alloggiate nelle sedi 124a dell'elemento anulare 120 e avvolte attorno all'asse A2.

Inoltre, il primo avvolgimento primario 137 e il primo avvolgimento secondario 138 sono configurati in modo che un coefficiente di mutua induzione tra il primo avvolgimento primario 137 e il primo avvolgimento secondario 138 sia indipendente dalla posizione angolare del rotore 13 rispetto allo statore 12, di conseguenza, è costante durante la rotazione del rotore 13.

Inoltre, il primo avvolgimento primario 137 è configurato in modo da produrre un primo campo magnetico direzionato verso l'elemento anulare 120 del rotore 13, quando alimentato con una corrente elettrica alternata. In particolare, il primo campo magnetico è perpendicolare a un piano su cui le bobine 140 del primo avvolgimento secondario 138 sono poste.

In particolare, il primo avvolgimento primario 137 è configurato in modo che il primo campo magnetico si concateni con il primo avvolgimento secondario 138.

Preferibilmente, il primo campo magnetico si concatena con il solo primo avvolgimento secondario 138, a meno di perdite.

In particolare, il primo avvolgimento secondario 138 ha forma anulare ed è centrato attorno all'asse A2 ed è radialmente affacciato rispetto all'asse A2 al primo avvolgimento primario 137, che ha pure forma anulare, è concentrico e inoltre presenta un diametro minore del primo avvolgimento secondario 138. In questo modo, durante la rotazione la distanza tra il primo avvolgimento primario 137 e il primo avvolgimento secondario 138 è costante e il primo avvolgimento primario 137 e il primo avvolgimento secondario 138 sono sempre affacciati tra loro. La distanza è prefissata in base all'accoppiamento elettromagnetico desiderato tra il primo avvolgimento primario 137 e il primo avvolgimento secondario 138. Di conseguenza, il primo campo magnetico generato dal primo avvolgimento primario 137 si concatena con il primo avvolgimento secondario 138 in un modo che è indipendente dalla posizione angolare del rotore 13.

In questo modo, viene trasferita potenza elettrica tra il primo avvolgimento primario 137 e il primo avvolgimento secondario 138 senza che la rotazione del primo avvolgimento secondario 138 influenzi il trasferimento. Infatti, durante la rotazione del primo avvolgimento

secondario 138 la posizione dell'area interna al primo avvolgimento secondario 138 non varia nello spazio.

Di conseguenza, la potenza trasferita non dipende dalla posizione angolare né dalla velocità di rotazione del rotore 13 e il funzionamento è lo stesso sia quando il rotore 13 è fermo, sia quando è in movimento.

Inoltre, il primo campo magnetico ha direzione costante (si noti che con il termine direzione non si include anche il verso).

Il dispositivo di condizionamento 42 dell'energia elettrica è collegato al primo avvolgimento secondario 138.

Il sistema di trasferimento di potenza elettrica 135 dalla navicella 3 al gruppo rotante 7 comprendente un secondo trasformatore 145 comprendente un secondo avvolgimento primario 146 avvolto attorno alla asse A2, solidale alla navicella 3, e un secondo avvolgimento secondario 147 avvolto attorno all'asse A2 e solidale al gruppo rotante 7 per trasferire potenza elettrica. Il secondo avvolgimento primario 146 è accoppiato al secondo avvolgimento secondario 147 in modo da trasferire potenza elettrica.

Il secondo avvolgimento primario 146 comprende delle bobine 148 alloggiate nelle sedi 129b del cilindro 125 e avvolte attorno all'asse A2.

Il secondo avvolgimento secondario 147 comprende delle

bobine 149 alloggiate nelle sedi 124b dell'elemento anulare 120 e avvolte attorno all'asse A2.

Il funzionamento del secondo trasformatore 145 e l'accoppiamento del secondo avvolgimento primario 146 con il secondo avvolgimento secondario 147 è uguale al funzionamento del primo trasformatore 136 e all'accoppiamento del primo avvolgimento primario 137 e del primo avvolgimento secondario 138.

Inoltre, il secondo avvolgimento primario 146 è configurato per determinare un secondo campo magnetico che si accoppia prevalentemente con il secondo avvolgimento secondario 147, a meno di perdite per effetti parassiti.

Inoltre, la distanza tra la sede 124a e la sede 124b e tra la sede 129a e la sede 129b è calcolata in modo che il primo campo magnetico prodotto dal primo avvolgimento primario 137 non si concateni con il secondo avvolgimento secondario 147, e il secondo campo magnetico prodotto dal secondo avvolgimento primario 146 non si concateni con il primo avvolgimento secondario 138. Di conseguenza, il secondo avvolgimento primario 146 e il secondo avvolgimento secondario 147 sono sostanzialmente disaccoppiati dal primo avvolgimento primario 137 e dal primo avvolgimento secondario 138.

Inoltre, il secondo avvolgimento primario 146 ha un diametro uguale al primo avvolgimento primario 137. Il

secondo avvolgimento secondario 147 ha un diametro uguale al secondo avvolgimento secondario 138.

Inoltre, il secondo campo magnetico ha direzione costante (si noti che con il termine direzione non si include anche il verso).

Il dispositivo di condizionamento 50 è collegato al secondo avvolgimento secondario 147.

Con riferimento alle figura 3 e 4, il sistema di trasferimento di potenza elettrica 135 dalla navicella 3 al gruppo rotante 7 comprendente un terzo trasformatore 153 comprendente un terzo avvolgimento primario 154, solidale alla navicella 3, e un terzo avvolgimento secondario 155 avvolto attorno all'asse A2 e solidale al gruppo rotante 7 per trasferire potenza elettrica. Il terzo avvolgimento primario 154 è accoppiato al terzo avvolgimento secondario 155 in modo da trasferire potenza elettrica.

Con riferimento alle figure 3 e 4, il terzo avvolgimento primario 154 comprende delle bobine 157 alloggiate nelle sedi 129c del cilindro 125 e avvolte attorno all'asse A2.

Il terzo avvolgimento secondario 155 comprende delle bobine 158 alloggiate nelle sedi 124c dell'elemento anulare 120 e avvolte attorno all'asse A2.

Il funzionamento del terzo trasformatore 153 e l'accoppiamento del terzo avvolgimento primario 154 e del

terzo avvolgimento secondarie 155 è uguale al funzionamento del primo trasformatore 136 e all'accoppiamento del primo avvolgimento primario 137 e del primo avvolgimento secondario 138.

Inoltre, la distanza tra la sede 124c e la sede 124b e la distanza tra la sede 129c e 129b è calcolata in modo che il secondo campo magnetico prodotto dal secondo avvolgimento primario 146 non si concateni con il terzo avvolgimento secondario 155, e il terzo campo magnetico prodotto dal terzo avvolgimento primario 154 non si concateni con il primo avvolgimento secondario 138 e con il secondo avvolgimento secondario 147. Di conseguenza, il terzo avvolgimento primario 154 e il terzo avvolgimento secondario 155 sono sostanzialmente disaccoppiati dal primo avvolgimento primario 137, dal primo avvolgimento secondario 138, dal secondo avvolgimento primario 146 e dal secondo avvolgimento secondario 147.

Inoltre, il terzo avvolgimento primario 154 ha un diametro uguale al secondo avvolgimento primario 146 e il terzo avvolgimento secondario 155 ha un diametro uguale al secondo avvolgimento secondario 147.

Il dispositivo di condizionamento 61 dell'energia elettrica è collegato al terzo avvolgimento secondario 155.

Inoltre il terzo campo magnetico ha direzione costante (con il termine direzione non si include anche il verso).

Secondo una forma di attuazione alternativa e non illustrata nelle figure allegate, i dispositivi di condizionamento 42, 50 e 61 sono rimossi e il sistema di trasferimento di potenza elettrica 135 comprende un dispositivo di condizionamento trifase collegato al primo avvolgimento secondario 138, al secondo avvolgimento secondario 147 e al terzo avvolgimento secondario 155 da un lato e al gruppo di dispositivi alimentati 30 dall'altro lato per fornire potenza elettrica sotto forma di corrente e tensione adeguata al gruppo di dispositivi alimentati 30.

Dalla descrizione è evidente che il primo trasformatore 136, il secondo trasformatore 145 e il terzo trasformatore 153 possono funzionare in modo indipendente, di conseguenza l'invenzione può essere realizzata anche solo con il primo trasformatore 136 o con il secondo trasformatore 145 o con il terzo trasformatore 153.

Risulta infine evidente che all'impianto qui descritto possono essere apportate modifiche e varianti senza uscire dall'ambito delle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Impianto eolico per la generazione di energia elettrica comprendente una navicella (3); una macchina elettrica (6) per generare energia elettrica dal vento, avente uno statore (12) e un rotore (13); un gruppo rotante (7) girevole rispetto alla navicella (3) attorno ad un asse (A2) e comprendente il rotore (13) della macchina elettrica (6); e un sistema di trasferimento di potenza elettrica (35; 135) per trasferire potenza elettrica dalla navicella (3) al gruppo rotante (7); in cui il sistema di trasferimento di potenza elettrica (35; 135) comprende un primo avvolgimento primario (37; 137), solidale alla navicella (3), e un primo avvolgimento secondario (38; 138) avvolto attorno all'asse (A2), solidale al gruppo rotante (7) e accoppiato elettromagneticamente al primo avvolgimento primario (37; 137).

2. Impianto eolico secondo la rivendicazione 1, in cui il primo avvolgimento primario (37; 137) e il primo avvolgimento secondario (38; 138) sono configurati in modo che un coefficiente di mutua induzione tra il primo avvolgimento primario (37; 137) e il primo avvolgimento secondario (38; 138) sia indipendente dalla posizione angolare del rotore (13) rispetto allo statore (12).

3. Impianto eolico secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il primo avvolgimento secondario (138) è accoppiato

con trasferimento di potenza elettrica al primo avvolgimento primario (137) e in cui il primo avvolgimento primario (137) è configurato in modo da produrre un campo magnetico che si concatena prevalentemente con il primo avvolgimento secondario (138).

4. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il primo avvolgimento primario (37; 137) e il primo avvolgimento secondario (38; 138) definiscono un trasformatore (36; 136).

5. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il primo avvolgimento primario (37; 137) e il primo avvolgimento secondario (38; 138) sono almeno in parte affacciati indipendentemente dalla posizione angolare del rotore (13) rispetto allo statore (12).

6. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui la distanza tra il primo avvolgimento primario (37; 137) e il primo avvolgimento secondario (38; 138) è indipendente dalla posizione angolare del rotore (13) rispetto allo statore (12).

7. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il campo magnetico definito dal primo avvolgimento primario (37; 137) e concatenante il primo avvolgimento secondario (38; 138) ha direzione costante.

8. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il primo avvolgimento primario (37) e il primo avvolgimento secondario (38) sono affacciati assialmente rispetto all'asse (A2).

9. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il primo avvolgimento primario (37) e il primo avvolgimento secondario (38) presentano diametri uguali.

10. Impianto eolico secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7, in cui il primo avvolgimento primario (137) e il primo avvolgimento secondario (138) sono concentrici.

11. Impianto eolico secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7, in cui il primo avvolgimento primario (137) e il primo avvolgimento secondario (138) giacciono su uno stesso piano.

12. Impianto eolico secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7, in cui il primo avvolgimento primario (137) e il primo avvolgimento secondario (138) sono affacciati radialmente all'asse (A2).

13. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui il sistema di trasferimento di potenza elettrica (35; 135) comprende un secondo avvolgimento primario (46; 146), solidale alla navicella (3), e un secondo avvolgimento secondario (47; 147), disposto sul rotore (13) e avvolto attorno all'asse

(A2); e in cui il secondo avvolgimento primario (46; 146) e il secondo avvolgimento secondario (47; 147) sono elettromagneticamente accoppiati tra loro.

14. Impianto eolico secondo la rivendicazione 13, in cui il secondo avvolgimento primario (146) e il secondo avvolgimento secondario (147) sono sostanzialmente disaccoppiati dal primo avvolgimento primario (137) e dal primo avvolgimento secondario (138).

15. Impianto eolico secondo la rivendicazione 13 o 14, in cui il primo avvolgimento primario (37) e il secondo avvolgimento primario (38) sono concentrici.

16. Impianto eolico secondo la rivendicazione 13 o 14, in cui il primo avvolgimento primario (137) e il secondo avvolgimento primario (138) presentano diametri uguali.

17. Impianto eolico secondo una delle rivendicazioni da 13 a 16, in cui il sistema di trasferimento di potenza elettrica (35; 135) comprende un terzo avvolgimento primario (54; 154) disposto sullo statore (12) e un terzo avvolgimento secondario (55; 155) disposto sul rotore (13), il terzo avvolgimento primario (54; 154) e il terzo avvolgimento secondario (55; 155) essendo accoppiati tra loro; preferibilmente il terzo avvolgimento primario (154) e il terzo avvolgimento secondario (155) essendo sostanzialmente disaccoppiati dal primo avvolgimento

primario (137), dal primo avvolgimento secondario (138), dal secondo avvolgimento primario (146) e dal secondo avvolgimento secondario (147).

18. Impianto eolico secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui lo statore (12) comprende un avvolgimento di potenza (15) e il rotore (13) comprende dei magneti permanenti (17); e in cui il primo avvolgimento primario (37; 137) e il primo avvolgimento secondario (38; 138) sono distinti dall'avvolgimento di potenza (15).

p.i.: WILIC S.AR.L.

Elena CERBARO

TITLE: WIND POWER SYSTEM FOR GENERATING ELECTRIC ENERGY

CLAIMS

1) A wind power system for generating electric energy, and comprising a nacelle (3); an electric
5 machine (6) for generating electric energy from the wind, and having a stator (12) and a rotor (13); a rotary assembly (7), which rotates with respect to the nacelle (3) about an axis (A2), and comprises the rotor (13) of the electric machine (6); and an electric power
10 transfer system (35; 135) for transferring electric power from the nacelle (3) to the rotary assembly (7); wherein the electric power transfer system (35; 135) comprises a first primary winding (37; 137) integral with the nacelle (3), and a first secondary winding (38;
15 138) wound about the axis (A2), integral with the rotary assembly (7), and coupled electromagnetically to the first primary winding (37; 137).

2) A wind power system as claimed in Claim 1, wherein the first primary winding (37; 137) and first
20 secondary winding (38; 138) are designed so that the coefficient of mutual induction between the first primary winding (37; 137) and first secondary winding (38; 138) is independent of the angular position of the rotor (13) with respect to the stator (12).

25 3) A wind power system as claimed in Claim 1 or 2, wherein the first secondary winding (38; 138) is coupled to transfer electric power to the first primary winding

(37; 137), and the first primary winding (37; 137) is designed to produce a magnetic field that links predominantly with the first secondary winding (38; 138).

5 4) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the first primary winding (37; 137) and first secondary winding (38; 138) define a transformer (36; 136).

10 5) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the first primary winding (37; 137) and first secondary winding (38; 138) at least partly face each other, regardless of the angular position of the rotor (13) with respect to the stator (12).

15 6) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the distance between the first primary winding (37; 137) and first secondary winding (38; 138) is independent of the angular position of the rotor (13) with respect to the stator (12).

20 7) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the magnetic field defined by the first primary winding (37; 137) and linking the first secondary winding (38; 138) has a constant direction.

25 8) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the first primary winding (37) and first secondary winding (38) face axially with respect to the axis (A2).

9) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the first primary winding (37) and first secondary winding (38) are equal in diameter.

10) A wind power system as claimed in one of Claims 1 to 7, wherein the first primary winding (137) and first secondary winding (138) are concentric.

11) A wind power system as claimed in one of Claims 1 to 7, wherein the first primary winding (137) and first secondary winding (138) are coplanar.

12) A wind power system as claimed in one of Claims 1 to 7, wherein the first primary winding (137) and first secondary winding (138) face radially with respect to the axis (A2).

13) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the electric power transfer system (35; 135) comprises a second primary winding (46; 146) integral with the nacelle (3), and a second secondary winding (47; 147) located on the rotor (13) and wound about the axis (A2); and the second primary winding (46; 146) and second secondary winding (47; 147) are coupled electromagnetically.

14) A wind power system as claimed in Claim 13, wherein the second primary winding (146) and second secondary winding (147) are substantially decoupled from the first primary winding (137) and first secondary winding (138).

15) A wind power system as claimed in Claim 13 or 14, wherein the first primary winding (37) and second

primary winding (38) are concentric.

16) A wind power system as claimed in Claim 13 or 14, wherein the first primary winding (137) and first secondary winding (138) are equal in diameter.

5 17) A wind power system as claimed in Claims 13 to 16, wherein the electric power transfer system (35; 135) comprises a third primary winding (54; 154) located on the stator (12), and a third secondary winding (55; 155) located on the rotor (13) and coupled to the third
10 primary winding; the third primary winding (154) and third secondary winding (155) preferably being substantially decoupled from the first primary winding (137), first secondary winding (138), second primary winding (146), and second secondary winding (147).

15 18) A wind power system as claimed in any one of the foregoing Claims, wherein the stator (12) comprises a power winding (15), and the rotor (13) comprises permanent magnets (17); and the first primary winding (37; 137) and first secondary winding are distinct from
20 the power winding (15).

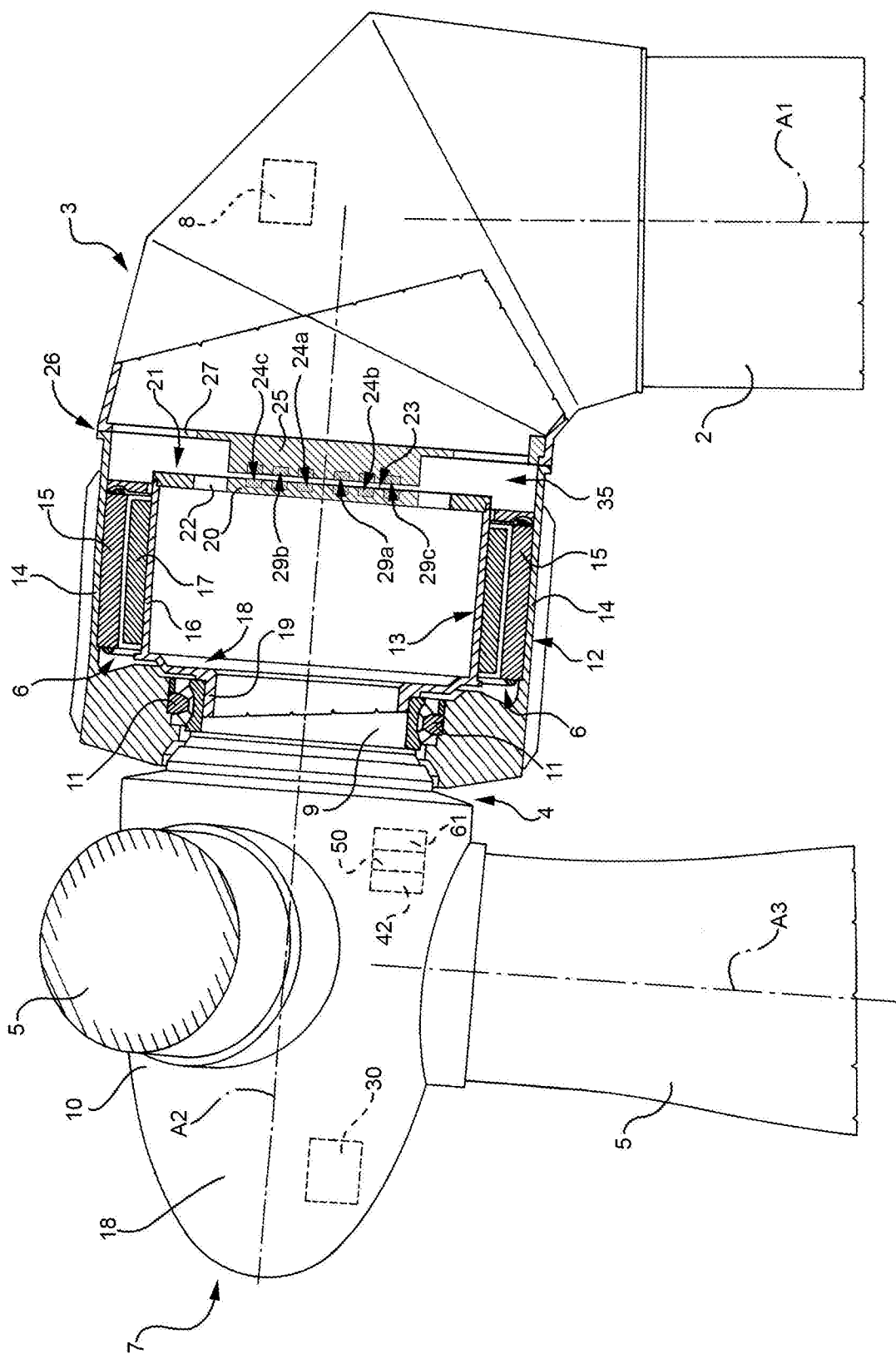


FIG. 1

p.i.: WILIC S.A.R.L.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

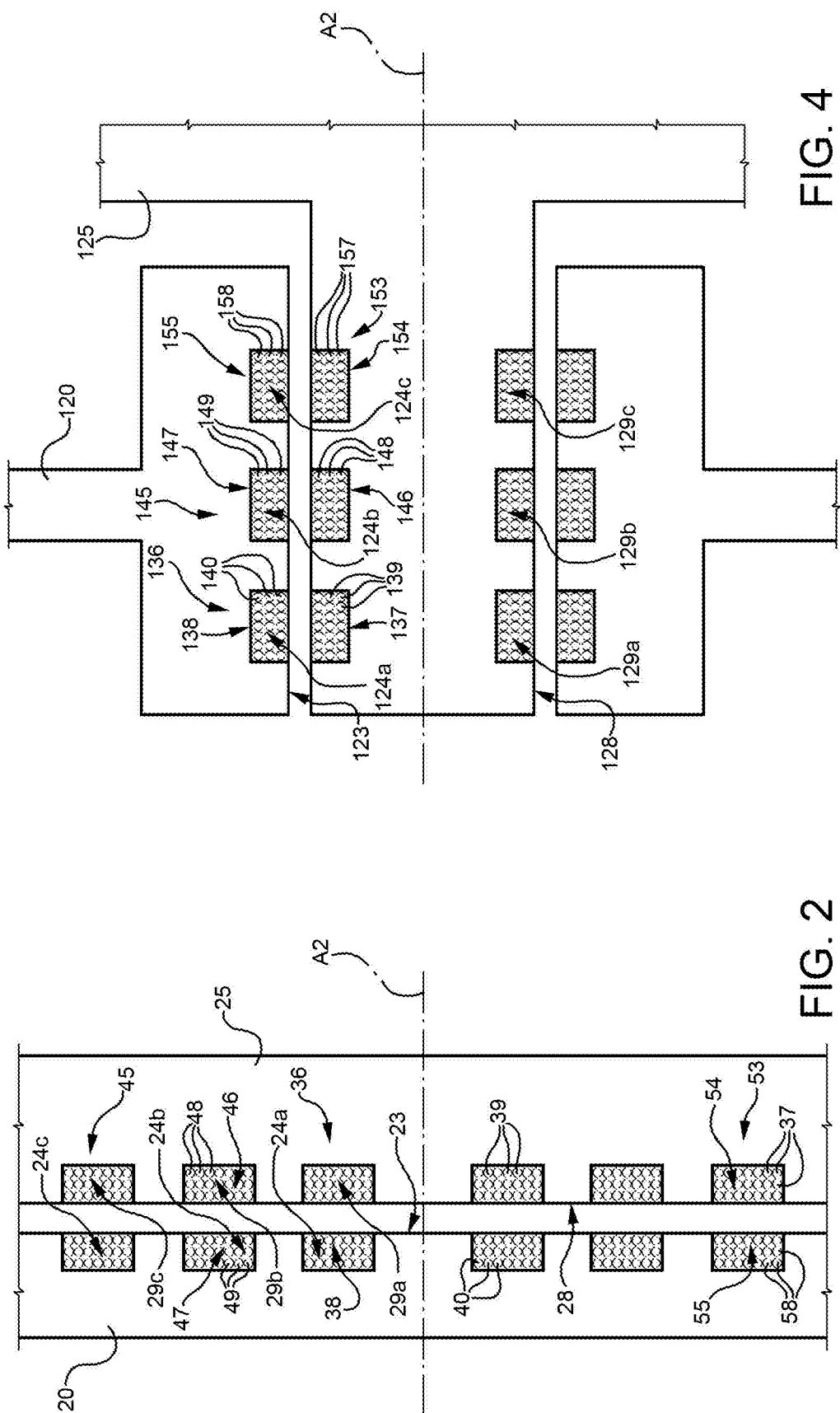


FIG. 4

FIG. 2

p.i.: WILIC S.AR.L.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

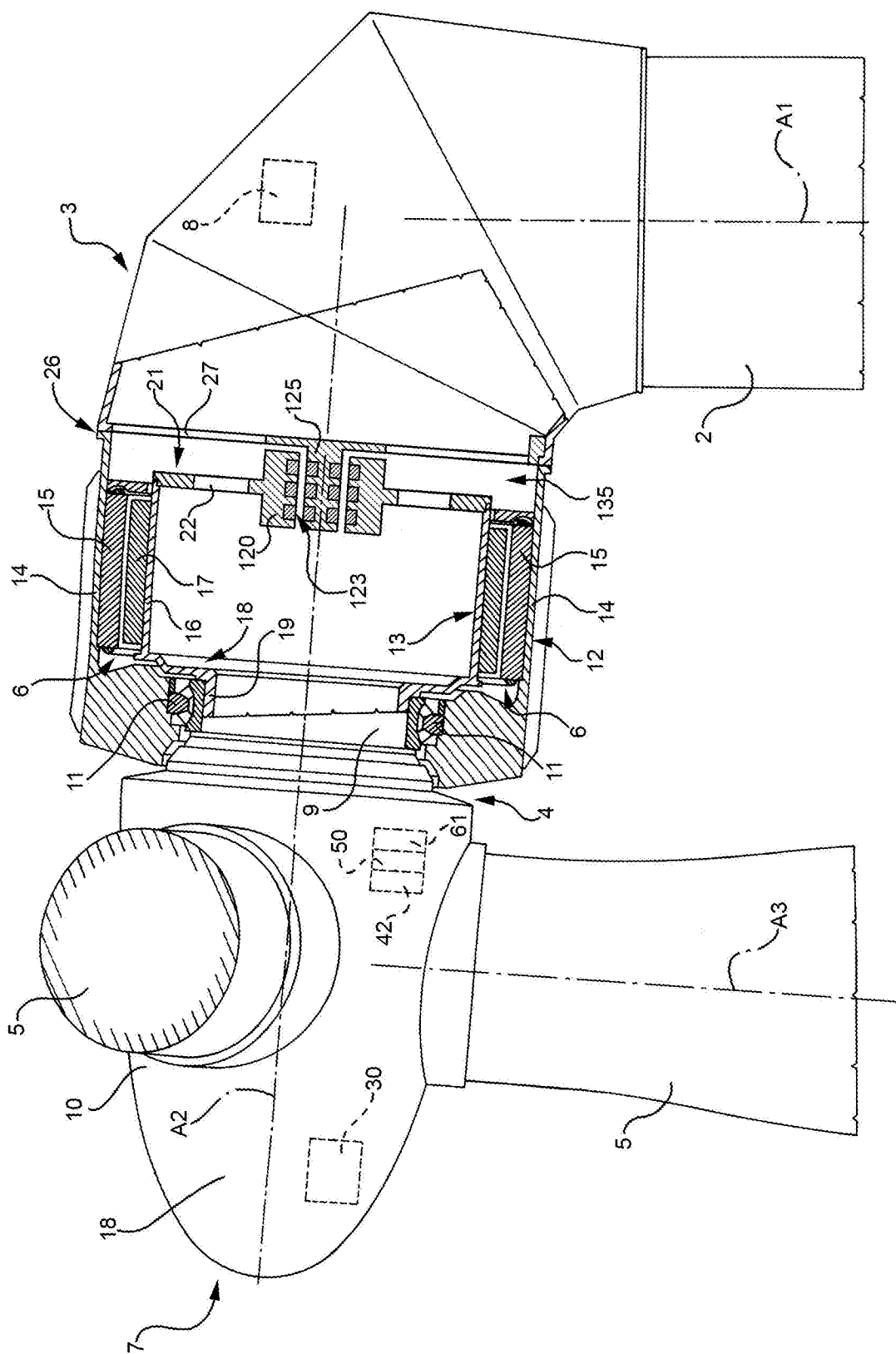


FIG. 3

p.i.: WILIC S.AR.L.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)