

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902089263A1

Publication Date

20140404

Applicant

SAIPEM S.P.A.

Title

MODULO, SISTEMA E METODO PER GENERARE ENERGIA ELETTRICA
ALL'INTERNO DI UNA TUBAZIONE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"MODULO, SISTEMA E METODO PER GENERARE ENERGIA ELETTRICA
ALL'INTERNO DI UNA TUBAZIONE"

di SAIPEM S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA MARTIRI DI CEFALONIA, 67

SAN DONATO MILANESE (MI)

Inventore: MINOLA Paolo

*** ***** ***

La presente invenzione riguarda un modulo per generare energia elettrica all'interno di una tubazione, in particolare in una tubazione in fase di posa.

Nel settore del trasporto degli idrocarburi è noto installare delle tubazioni subacquee sul letto di un corpo d'acqua. Le tubazioni subacquee, una volta posate trasportano gli idrocarburi lungo percorsi di centinaia di chilometri. In particolare, le tubazioni del tipo sopra identificato sono generalmente costruite a bordo di un natante di posa, e sono varate nel corpo d'acqua fino a posarle sul letto del corpo d'acqua stesso.

La costruzione e il varo delle tubazioni sono realizzati tramite differenti natanti di posa strutturati per realizzare rispettivi metodi di posa, i quali sono selezionati in funzione della profondità del fondale. Un

natante di posa, particolarmente adatto per fondali relativamente bassi, presenta una linea di assemblaggio sostanzialmente orizzontale per costruire la tubazione e una rampa di varo per realizzare un varo cosiddetto a S, il quale prende il nome dalla forma assunta dalla tubazione fra il natante di posa e il letto del corpo d'acqua. Un altro tipo di natante di posa, particolarmente adatto per fondali profondi, è strutturato per giuntare spezzoni di tubo lungo una linea di assemblaggio sostanzialmente verticale e presenta una rampa di varo per realizzare un varo cosiddetto a J che prende anch'esso il nome dalla forma assunta dalla tubazione fra il natante di posa e il letto del corpo d'acqua.

In entrambi i casi, la tubazione è sollecitata a flessione lungo il tratto che si estende fra il natante di posa e il letto del corpo d'acqua. Di fatto, la tubazione forma una curva nel caso di posa a J e due curve nel caso di posa a S. Ovviamente nella fase di varo fino alla messa in esercizio della tubazione, la tubazione è vuota e la pressione esterna, in particolare a profondità molto elevata, è molto maggiore della pressione che regna all'interno della tubazione. Si ricorda che le tubazioni possono essere posate fino a una profondità di 3.000 metri sotto il livello del mare. Di conseguenza, curve brusche associate alla differenza di pressione fra esterno e interno

della tubazione possono causare lo schiacciamento e la rottura della tubazione. La rottura della tubazione determina l'allagamento della tubazione stessa. Questo evento è particolarmente dannoso per una serie di motivi. In particolare, almeno una parte della tubazione è irrimediabilmente danneggiata e deve essere rimossa e sostituita. Inoltre, lo svuotamento della tubazione allagata è un procedimento costoso e che richiede molto tempo.

Per minimizzare questi inconvenienti è noto disporre almeno un tappo all'interno della tubazione, di avanzare tale tappo all'interno della tubazione, e di espandere il tappo in modo da impedire l'allagamento della porzione di tubazione a monte del tappo in caso di rottura della tubazione.

Sono note diverse tecniche per avanzare il tappo nella tubazione. Ad esempio, dai documenti US 4,498,811 e WO 03/042594 è noto tirare il tappo tramite un cavo, il quale è alloggiato all'interno del tubo ed è azionato da un verricello disposto a bordo del natante di posa. Un'altra tecnica, nota come il termine "pigging", prevede di spingere il tappo tramite aria in pressione alimentata da una stazione di pompaggio preferibilmente disposta in corrispondenza di un terminale della tubazione. Il documento WO 2007/040403 mostra appunto un tappo, il quale è avanzato all'interno della tubazione tramite la differenza di

pressione a valle e a monte del tappo.

Un'ulteriore tecnica per avanzare il tappo prevede di associare al tappo un veicolo motorizzato, il quale però richiede una sorgente di energia autonoma come mostrato nei documenti US 3,837,214 e US 3,978,678.

Ciascuna delle tecniche di avanzamento del tappo sopra identificate presenta dei punti a favore e dei punti a sfavore rispetto alle altre tecniche in termini di precisione di posizionamento del tappo, di autonomia di esercizio, di costi e di complessità di realizzazione e di installazione.

In particolare, il veicolo motorizzato ha dato prova di essere particolarmente performante per tubazioni che si estendono lungo tratti particolarmente brevi per i quali non è necessaria una grande autonomia di energia.

Uno scopo della presente invenzione è quello di realizzare un modulo che sia in grado di produrre energia elettrica all'interno della tubazione in modo da svincolare il veicolo motorizzato da una scorta di energia elettrica e ne renda agevole l'impiego anche per percorsi particolarmente lunghi.

Secondo la presente invenzione è realizzato un modulo per generare energia elettrica in una tubazione, in particolare in una tubazione in fase di posa sul letto di un corpo d'acqua, il modulo comprendendo una turbina

configurata per intercettare un flusso di aria alimentato in una direzione di avanzamento all'interno della tubazione; e una macchina elettrica rotante, la quale è collegata alla turbina, è disposta attorno alla turbina, ed è configurata per produrre energia elettrica.

Grazie alla presente invenzione, il modulo è in grado di produrre energia elettrica all'interno della tubazione con una macchina elettrica rotante di diametro relativamente grande e, quindi, particolarmente efficiente anche a basso numero di giri.

Secondo una preferita forma di attuazione della presente invenzione, il modulo è configurato per essere avanzato all'interno della tubazione nella direzione di avanzamento.

In questo modo è possibile produrre energia elettrica in qualsiasi punto della tubazione senza la necessità di collegare il modulo con cavi elettrici a una postazione disposta in prossimità di un'estremità della tubazione. Preferibilmente la turbina è una turbina assiale.

Questo tipo di turbina ha mostrato di essere particolarmente efficiente anche per flussi di aria relativamente esigui anche in considerazione del fatto che generare elevati flussi di aria nella tubazione avrebbe un costo molto elevato.

Preferibilmente, il modulo comprende un canale anulare,

nel quale è alloggiata la turbina.

Incanalare il flusso di aria in corrispondenza della turbina accresce l'efficienza della turbina.

Preferibilmente, la macchina elettrica rotante è disposta all'esterno del canale anulare.

Questa soluzione non espone la macchina elettrica a possibili contaminanti contenuti nel flusso di aria.

Preferibilmente, il canale anulare è del tipo convergente/divergente, in modo da definire una sezione trasversale minima; la turbina essendo disposta in corrispondenza della sezione trasversale minima.

In questo modo, è possibile accelerare il flusso di aria in corrispondenza della turbina e accrescere l'efficienza della turbina.

Secondo una preferita forma di attuazione della presente invenzione, la turbina comprende una pluralità di palette statoriche; e una pluralità di palette rotoriche disposte a valle della pluralità di palette statoriche nella direzione di avanzamento.

Anche questa soluzione permette di ottimizzare l'efficacia della turbina.

Preferibilmente, la macchina elettrica rotante è disposta attorno alle palette rotoriche.

Questa soluzione permette di collegare direttamente le palette rotoriche al rotore della macchina elettrica.

Secondo una preferita forma di realizzazione della presente invenzione il modulo comprende un telaio configurato per essere inserito e avanzato all'interno della tubazione e per supportare la turbina e la macchina elettrica rotante.

Il telaio ha la funzione di carrello e di supporto della turbina e della macchina elettrica.

Preferibilmente, il modulo comprende una pluralità di corpi volventi configurati per essere disposti a contatto della tubazione e supportati dal telaio, preferibilmente in modo elastico.

In pratica il telaio di forma sostanzialmente cilindrica è spaziato dalla tubazione dai corpi volventi che ne agevolano l'avanzamento nella direzione di avanzamento.

Secondo una preferita forma di attuazione, il modulo comprende un anello sigillante, il quale è supportato dal telaio, ed è selettivamente espandibile per impedire l'eventuale flusso di aria fra il telaio e la tubazione.

L'anello sigillante permette di concentrare il flusso di aria nella zona in cui è disposta la turbina senza dispersioni.

Secondo una preferita forma di attuazione della presente invenzione, il telaio comprende una struttura tubolare, e una struttura assiale disposta all'interno della struttura tubolare in modo da definire un canale anulare del

tipo convergente/divergente.

La posizione relativa e le rispettive forme della struttura cilindrica e della struttura assiale consentono di realizzare un canale anulare del tipo convergente/divergente in cui la sezione trasversale minima ha un diametro relativamente elevato.

Preferibilmente, la struttura tubolare e la struttura assiale sono collegate fra loro da razze che si estendono all'interno del canale anulare.

Le due parti del telaio sono saldamente collegate fra loro.

Preferibilmente la struttura tubolare è configurata per alloggiare la macchina elettrica rotante e per proteggerla dagli agenti esterni.

Preferibilmente, la struttura assiale supporta in modo girevole parte della turbina e parte della macchina elettrica rotante.

La presente invenzione è inoltre relativa a un sistema per produrre energia elettrica in una tubazione.

In accordo con la presente invenzione è realizzato, un sistema per produrre energia elettrica all'interno di una tubazione, in particolare una tubazione subacquea in fase di posa, il sistema comprendendo una tubazione, una stazione di pompaggio collegata con la tubazione e configurata per alimentare un flusso di aria all'interno della tubazione in

una direzione di avanzamento; e un modulo per intercettare il flusso di aria e generare energia elettrica per mezzo della turbina accoppiata alla macchina elettrica rotante.

Grazie alla presente invenzione è possibile trasferire energia da una postazione disposta all'estremità di una tubazione in un punto qualsiasi della tubazione in modo relativamente semplice ed efficace.

La presente invenzione è inoltre relativa, a un metodo per produrre energia elettrica all'interno di una tubazione.

In accordo con la presente invenzione è fornito un metodo per produrre energia elettrica all'interno di una tubazione, in particolare una tubazione subacquea in fase di posa, il metodo comprendendo le fasi di alimentare un flusso di aria all'interno di una tubazione in una direzione di avanzamento; e generare energia elettrica tramite un modulo, il quale è disposto all'interno della tubazione per intercettare il flusso di aria.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione appariranno chiari dalla descrizione che segue di suoi esempi non limitativi di attuazione, con riferimento alle figure dei disegni annessi, in cui:

- la figura 1 è una vista in pianta, con parti asportate per chiarezza, di un natante di posa nella fase di varo una tubazione in un corpo d'acqua;

- la figura 2 è una vista in elevazione in sezione, con

parti asportate per chiarezza, del natante di posa della figura 1;

- la figura 3 è una vista in sezione laterale, con parti asportate per chiarezza e in scala ingrandita, di un particolare della figura 2;

- la figura 4 è una vista in elevazione laterale, con parti asportate per chiarezza e parti in sezione, di un modulo realizzato in accordo con la presente invenzione; e

- la figura 5 è una vista in sezione, con parti asportate per chiarezza e in scala ingrandita, del modulo della figura 4.

Con riferimento alla figura 1, con 1 è indicato nel suo complesso un natante di posa mentre vara una tubazione 2 in un corpo d'acqua 3. La tubazione 2 in corso di costruzione è progressivamente varata dal natante di posa 1 nel corpo d'acqua 3 e si estende fra una stazione di pompaggio 4 a terra e il natante di posa 1.

Nella figura 2 è raffigurato un natante di posa 1 per il varo a S, beninteso che la presente invenzione trova applicazione anche quando la tubazione 2 è varata con natanti di posa configurati per il varo a J.

Il natante di posa 1 è raffigurato in modo schematico e comprende una struttura galleggiante 5 che supporta una rampa di varo 6 parzialmente immersa nel corpo d'acqua 3 per guidare, in parte, la tubazione 2 in uscita dalla struttura

galleggiante 5; e una unità di controllo 7 configurata per controllare le operazioni di varo.

Nel caso illustrato nelle figure allegate, la tubazione 2 assume la caratteristica configurazione a S fra il natante di posa 1 e il letto 8 del corpo d'acqua 3, e forma due curve 9 e 10. La tubazione 2 è supportata dalla rampa di varo 6 in corrispondenza della curva 9, mentre è libera in corrispondenza della curva 10, la quale è disposta in prossimità del letto 8 o meglio del punto di atterraggio 11 della tubazione 2 sul letto 8. Il punto di atterraggio 11 si sposta da sinistra verso destra nella figura 2 in funzione dell'avanzamento del natante di posa 1 in una direzione D1.

All'interno della tubazione 2 è alloggiato un veicolo motorizzato 12 configurato per otturare la tubazione 2 in caso di allagamento della stessa per cause accidentali. Le probabili zone di rottura e, quindi, di allagamento della tubazione 2 sono identificate nella parte sospesa fra il natante di posa 1 e il letto 8. Di conseguenza, il veicolo 12 ha la funzione di impedire l'allagamento della porzione di tubazione 2 disposta sul letto 8. Per questo motivo, il veicolo 12 viene progressivamente avanzato all'interno della tubazione 2 in una direzione di avanzamento D2 man mano il natante di posa 1 avanza nella direzione D1. Le definizioni "a monte" e "a valle" si riferiscono appunto alla direzione di avanzamento D2.

Con riferimento alla figura 3, il veicolo 12 è configurato per avanzare nella direzione di avanzamento D2 e comprende una pluralità di moduli 13, 14, 15, 16, i quali presentano una forma grossomodo cilindrica, sono disposti in successione nella direzione di avanzamento D2, sono collegati in modo snodato fra loro e sono configurati per rotolare lungo la parete della tubazione 2. Preferibilmente, ciascuno dei moduli 13, 14, 15, e 16 è strutturato e configurato per svolgere una funzione specifica:

- il modulo 13 ha la funzione di generare energia elettrica;
- il modulo 14 è configurato per immagazzinare e gestire l'energia elettrica prodotta dal modulo 13;
- il modulo 15 è provvisto di ruote motorizzate e frenanti per avanzare e arrestare il veicolo 12;
- il modulo 16 ha la funzione di tappo e presenta camere espandibili (non illustrate nelle figure allegate) configurate per aderire alla superficie interna della tubazione 2 e otturare la tubazione 2 all'occorrenza.

In alternativa, tutti i moduli 13, 14, 15 e 16 possono essere motorizzati. Inoltre, il veicolo 12 può comprendere un numero di moduli diverso da quello descritto.

Inoltre, il veicolo 12 è preferibilmente equipaggiato con un sistema di telecomunicazione in modo da poter essere

controllato a distanza ad esempio dal natante di posa 1 (figura 2).

Con riferimento alla figura 4, il modulo 13 comprende una turbina 17 configurata per intercettare un flusso di aria alimentato nella direzione di avanzamento D2 all'intero della tubazione 2; e una macchina elettrica rotante 18 collegata alla turbina 17. In pratica, la turbina 17 trasforma in energia cinetica di rotazione, l'energia del flusso d'aria, mentre la macchina elettrica rotante 18 trasforma l'energia cinetica di rotazione in energia elettrica.

Con riferimento alla figura 2, il flusso di aria è generato dalla stazione di pompaggio 4, la quale è in comunicazione diretta con un'estremità della tubazione 2. La stazione di pompaggio 4 è configurata per realizzare una lieve sovrappressione all'interno della tubazione 2 in modo da generare il flusso d'aria che percorre l'intera tubazione 2 in fase di costruzione. La sovrappressione generata dalla stazione di pompaggio 4 è relativamente bassa e compresa preferibilmente fra 0,2 e 0,5 bar.

Il modulo 13 presenta un canale anulare 19 del tipo convergente/divergente e che quindi presenta una sezione trasversale minima, dove il flusso di aria raggiunge la velocità massima. La turbina 17 è disposta nel canale anulare 19 in corrispondenza della sezione trasversale

minima.

La turbina 17 è preferibilmente una turbina assiale con un asse di rotazione A e comprende una pluralità di palette statoriche 20; e una pluralità di palette rotoriche 21 disposte a valle della pluralità di palette statoriche 20 nella direzione di avanzamento D2.

La macchina elettrica rotante 18 presenta una forma anulare, ed è disposta attorno alle palette rotoriche 21.

La macchina elettrica rotante 18 comprende un rotore 22 e uno statore 23. Il rotore 22 è fissato direttamente all'estremità distale delle palette rotoriche 21. La macchina elettrica rotante 18 è disposta all'esterno del canale anulare 19 in modo da non essere investita dal flusso di aria.

Da un punto di vista strutturale il modulo 13 comprende un telaio 24, il quale è configurato per essere inserito e avanzato all'interno della tubazione 2 e per supportare la turbina 17 e la macchina elettrica rotante 18, e all'interno del quale si estende il canale anulare 19.

Per ridurre la resistenza all'avanzamento all'interno della tubazione 2 il modulo 13 comprende una pluralità di corpi volventi 25 configurati per essere disposti a contatto della tubazione 2 e supportati dal telaio 24, preferibilmente in modo elastico, in particolare realizzando il collegamento fra i corpi volventi 25 e il telaio 24 con

blocchi di elastomero 26.

Siccome i corpi volventi 25 distanziano il telaio 24 dalla tubazione 2, il modulo 13 comprende un anello sigillante 27 selettivamente espandibile per impedire che il flusso di aria fluisca all'esterno del telaio 24.

Il modulo 13 presenta anche un deflettore anulare 28 montato sul telaio 24 per incanalare nel canale anulare 19 il flusso d'aria che fluisce nella tubazione 2.

Il modulo 13 comprende inoltre un ulteriore deflettore anulare 29 montato sul telaio 24 per guidare il flusso in uscita da canale anulare 19.

I deflettori anulari 28 e 29 sono realizzati preferibilmente in gomma o in materiali aventi caratteristiche similari alla gomma.

Il telaio 24 comprende una struttura tubolare 30, e una struttura assiale 31 disposta all'interno della struttura tubolare 30. La struttura tubolare 30 e la struttura assiale 31 sono conformate in modo da definire il canale anulare 19 convergente/divergente. In particolare, la struttura tubolare 30 presenta una faccia interna 32 a forma di tubo di venturi. Per ulteriormente accrescere la velocità del fluido nella zona centrale, la struttura assiale 31 presenta una superficie esterna 33 a forma di ogiva in corrispondenza della sezione minima della superficie interna 32.

La struttura tubolare 30 e la struttura assiale 31 sono collegate fra loro da razze 34 che si estendono all'interno del canale anulare 19 a valle della turbina 17.

La struttura tubolare 30 presenta un vano 35 di forma anulare disposto attorno alla pluralità di palette rotoriche 21 e configurato per alloggiare la macchina elettrica rotante 18.

La pluralità di palette statoriche 20 si estendono dalla struttura assiale 31 alla struttura tubolare 30 e preferibilmente sono fissate sia alla struttura tubolare 30, sia alla struttura assiale 31.

Le palette rotoriche 21 sono supportate in modo girevole dalla struttura assiale 31.

Il telaio 24 è collegato al modulo 14, il quale comprende un telaio 36. Nella fattispecie illustrata, il collegamento è realizzato fra la struttura assiale 31 e il telaio 36 per mezzo di un tubo 37 articolato sia alla struttura assiale 31 sia al telaio 36.

Il modulo 14 comprende un deflettore 38 configurato per deviare verso il canale anulare compreso il flusso di aria in uscita dal canale anulare 19 all'esterno del telaio 36.

Nella fattispecie illustrata nella figura 5, la macchina elettrica rotante 18 è di tipo a doppio traferro assiale e comprende due parti attive 39 statoriche, le quali sono definite, per esempio, da avvolgimenti elettrici

rispettive guide magnetiche e sono montate sulla struttura tubolare 30 all'interno del vano 35, e due parti attive rotoriche 40, le quali sono definite, per esempio, da magneti permanenti e rispettive guide magnetiche montati su un cerchione solidale alle estremità distali delle palette rotoriche 21.

Il modulo 13 comprende un dispositivo di controllo 41 della macchina elettrica rotante 18. Il dispositivo di controllo 41 è collegato alle parti attive 39 e gestisce la trasmissione dell'energia elettrica fra la macchina elettrica rotante 18 e il modulo 14 (figura 4) adibito allo stoccaggio dell'energia elettrica.

La struttura tubolare 30 alloggia il dispositivo di controllo 41 e parte dei cavi di collegamento 42 fra le parti attive 39 e il modulo 14 (figura 4). I cavi di collegamento 42 sono alloggiati anche all'interno di almeno una delle razze 34, della struttura assiale 31, e del tubo 37.

La struttura assiale 31 presenta al proprio interno un mozzo 43 di supporto delle palette rotoriche 21 e una coppia di cuscinetti 44 configurati per supportare il mozzo 43 rispetto alla struttura assiale 31.

Con riferimento alla figura 2, l'energia elettrica viene prodotta tramite il sistema che comprende la tubazione 2, la stazione di pompaggio 4, e il modulo 13.

In uso, la stazione di pompaggio 4 realizza una sovrappressione compresa fra 0,2 e 0,5 bar all'interno della tubazione 2. La sovrappressione determina un flusso d'aria nella direzione di avanzamento D2, il flusso di aria investe la turbina 17 (figura 4), la quale si pone in rotazione attorno all'asse A e ruota il rotore 22 (figura 5) della macchina elettrica rotante 18, la quale produce energia elettrica nello statore 23.

Con riferimento alla figura 4, in fase di avvio della turbina 17 potrebbe essere necessario pilotare la macchina elettrica rotante 18 tramite il dispositivo di controllo 41 in modo che operi come motore anziché come generatore e fornisca alla turbina 17 l'energia necessaria al suo avviamento.

Preferibilmente, la turbina 17 una volta avviata non viene mai arrestata indipendentemente dal fatto che la turbina 17 sia in una fase di avanzamento o in una fase di sosta. È evidente che la turbina 17 sarà in grado di generare più energia elettrica nelle fasi di sosta per due motivi:

- nelle fasi di sosta del modulo 13 la velocità relativa del flusso d'aria rispetto alla turbina 17 è maggiore della velocità relativa fra il flusso d'aria e la turbina 17 nelle fasi di avanzamento;
- nelle fasi di sosta è possibile impedire il

trafilamento del flusso d'aria all'esterno del telaio 24 e convogliare completamente il flusso di aria all'interno del canale anulare 19.

Il fatto di disporre la macchina elettrica rotante 18 all'esterno della turbina 17 consente di massimizzare le dimensioni della macchina elettrica rotante 18, di realizzare nella macchina elettrica rotante 18 molte espansioni polari e di avere un buon rendimento della macchina elettrica rotante 18 anche per velocità di rotazione della turbina 17 relativamente basse.

È evidente infine che alla presente invenzione possono essere apportate varianti alla forma di attuazione descritta senza peraltro uscire dall'ambito di protezione delle rivendicazioni allegate.

La presente invenzione trova inoltre applicazione anche per veicoli configurati per essere avanzati all'interno di tubazioni per svolgere operazioni di pulizia, collaudo, ispezione, e manutenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Un modulo per generare energia elettrica in una tubazione, in particolare in una tubazione in fase di posa sul letto di un corpo d'acqua, il modulo (13) comprendendo una turbina (17) configurata per intercettare un flusso di aria alimentato in una direzione di avanzamento (D2) all'interno della tubazione (2); e una macchina elettrica rotante (18), la quale è collegata alla turbina (17), è disposta attorno alla turbina (17), ed è configurata per produrre energia elettrica.

2. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 1, e configurato per essere selettivamente avanzato all'interno della tubazione (2) nella direzione di avanzamento (D2).

3. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 1, o 2, in cui la turbina (17) è una turbina assiale.

4. Un modulo come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, e comprende un canale anulare (19); la turbina (17) essendo disposta nel canale anulare (19).

5. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 4, in cui la macchina elettrica rotante (18) è disposta all'esterno del canale anulare (19).

6. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 4 o 5, in cui il canale anulare (19) è del tipo convergente/divergente, in modo da definire una sezione trasversale minima; la turbina (17) essendo disposta in corrispondenza della sezione trasversale minima.

7. Un modulo come rivendicato in una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui la turbina (17) comprende una pluralità di palette statoriche (20); e una pluralità di palette rotoriche (21) disposte a valle della pluralità di palette statoriche (20) nella direzione di avanzamento (D2).

8. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 7, in cui la macchina elettrica rotante (18) è disposta attorno alle palette rotoriche (21).

9. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 8, in cui la macchina elettrica rotante (18) comprende un rotore (22) fissato all'estremità distale delle palette rotoriche (21).

10. Un modulo come rivendicato in una qualsiasi fra le precedenti rivendicazioni, e comprendente un telaio (24) configurato per essere inserito e avanzato all'interno della tubazione (2) e per supportare la turbina (17) e la macchina elettrica rotante (18).

11. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 10, e comprendente una pluralità di corpi volventi (25) configurati per essere disposti a contatto della tubazione (2) e supportati dal telaio (24), preferibilmente in modo elastico.

12. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 10 o 11, e comprendente un anello sigillante (27), il quale è supportato dal telaio (24), ed è selettivamente espandibile per impedire l'eventuale flusso di aria fra il telaio (24) e

la tubazione (2).

13. Un modulo come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni da 10 a 12, in cui il telaio (24) comprende una struttura tubolare (30), e una struttura assiale (31) disposta all'interno della struttura tubolare (30) in modo da definire un canale anulare (19) del tipo convergente/divergente.

14. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 13, in cui la struttura tubolare (30) e la struttura assiale (31) sono collegate fra loro da razze (34) che si estendono all'interno del canale anulare (19).

15. Un modulo come rivendicato nella rivendicazione 13 o 14, in cui la struttura tubolare (30) è configurata per alloggiare la macchina elettrica rotante (18).

16. Un modulo come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 15, e comprendente un dispositivo di controllo (41) della macchina elettrica rotante (18); il dispositivo di controllo (41) essendo alloggiato nella struttura tubolare (30).

17. Un modulo come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 16, in cui la struttura assiale (31) supporta in modo girevole parte della turbina (17) e parte della macchina elettrica rotante (18).

18. Un sistema per produrre energia elettrica all'interno di una tubazione, in particolare una tubazione subacquea in fase di posa, il sistema comprendendo una tubazione (2), una

stazione di pompaggio (4) collegata con la tubazione (2) e configurata per alimentare un flusso di aria all'interno della tubazione (2) in una direzione di avanzamento (D2); e un modulo (13) realizzato in accordo con una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni per intercettare il flusso di aria e generare energia elettrica per mezzo della turbina (17) accoppiata alla macchina elettrica rotante (18).

19. Un sistema come rivendicato nella rivendicazione 18, e comprendente un veicolo (12), il quale è configurato per avanzare all'interno della tubazione (2) e comprende il detto modulo (13).

20. Un metodo per produrre energia elettrica all'interno di una tubazione, in particolare una tubazione subacquea in fase di posa, il metodo comprendendo le fasi di alimentare un flusso di aria all'interno di una tubazione (2) in una direzione di avanzamento (D2); e generare energia elettrica tramite un modulo (13), il quale è realizzato in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 17, ed è disposto all'interno della tubazione (2) per intercettare il flusso di aria.

p.i.: SAIPEM S.P.A.

Mauro ECCETTO

TITLE: "MODULE, SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING ELECTRIC POWER IN A PIPELINE"

CLAIMS

1. A module for generating electric power in a pipeline, in particular in a pipeline during laying of the same on a bed of a body of water, the module (13) comprising a turbine (17) configured to intercept an air flow fed in an advancing direction (D2) inside the pipeline (2), and an electric machine (18), which is connected to the turbine (17), is arranged about the turbine (17), and is configured to produce electric power.

2. A module as claimed in Claim 1, and configured to be selectively advanced inside the pipeline (2) in the advancing direction (D2).

3. A module as claimed in Claim 1 or 2, wherein the turbine (17) is an axial turbine, with an axis of rotation (A).

4. A module as claimed in any one of Claims 1 to 3, and comprises an annular channel (19); the turbine (17) being located in the annular channel (19).

5. A module as claimed in Claim 4, wherein the electric machine (18) is arranged outside of the annular channel (19).

6. A The module as claimed in Claim 4 or 5, wherein the annular channel (19) is of convergent/divergent type so

as to define a minimum cross section; the turbine (17) being located at the minimum cross section.

7. A module as claimed in any one of preceding Claims, wherein the turbine (17) comprises a plurality of stator vanes (20), and a plurality of rotor blades (21) arranged downstream of the plurality of stator vanes (20) in the advancing direction (D2).

8. A module as claimed in Claim 7, wherein the electric machine (18) is arranged around the rotor blades (21).

9. A module as claimed in Claim 8, wherein the electric machine (18) comprises a rotor (22) fixed to the distal end of the rotor blades (21).

10. A module as claimed in any one of the preceding Claims, and comprising a frame (24) configured to be inserted and advanced inside the pipeline (2) and to support the turbine (17) and the electric machine (18).

11. A module as claimed in Claim 7, and comprising a plurality of rolling bodies (25) configured to be arranged in contact with the pipeline (2) and supported by the frame (24), preferably in an elastic manner.

12. A module as claimed in Claim 10 or 11, and comprising a sealing ring (27), which is supported by the frame (24), and is selectively expandable to prevent an air flow between the frame (24) and the pipeline (2).

13. A module as claimed in any one of Claims 10 to 12, wherein the frame (24) comprises a tubular structure (30), and an axial structure (31) located within the tubular structure (30) so as to define a divergent/convergent annular channel (19).

14. A module as claimed in Claim 13, wherein the tubular structure (30) and the axial structure (31) are connected to one another by spokes (34) which extend inside the annular channel (19).

15. A module as claimed in Claim 13 or 14, wherein the tubular structure (30) is configured to house the electric machine (18).

16. A module as claimed in any one of Claims 13 to 15, and comprising a control device (41) of the electric machine (18); the control device (41) being housed in the tubular structure (30).

17. A module as claimed in any one of Claims 13 to 16, wherein the axial structure (31) rotatably supports part of the turbine (17) and part of the electric machine (18).

18. A system for producing electric power inside a pipeline, in particular an underwater pipeline during laying of the same, the system comprising a pipeline (2), a pumping station (4) connected to the pipeline (2) and configured to generate an air flow fed inside the pipeline (2) in a advancing direction (D2), and a module (13) made

in accordance with any one of the preceding Claims and configured to intercept the air flow and generate electric power by means of the turbine (17) and the electrical machine (18).

19. A system as claimed in claim 18, and comprising a vehicle (12), which is configured to advance inside the pipeline (2) and includes said module (13).

20. A method for producing electric power inside a pipeline, in particular an underwater pipeline during laying of the same, the method comprising the steps of feeding an air flow inside a pipeline (2) in an advancing direction (D2), and generating electric power via a module (13), which is made in accordance with any one of Claims 1 to 17, and is located inside the pipeline (2) to intercept the air flow.

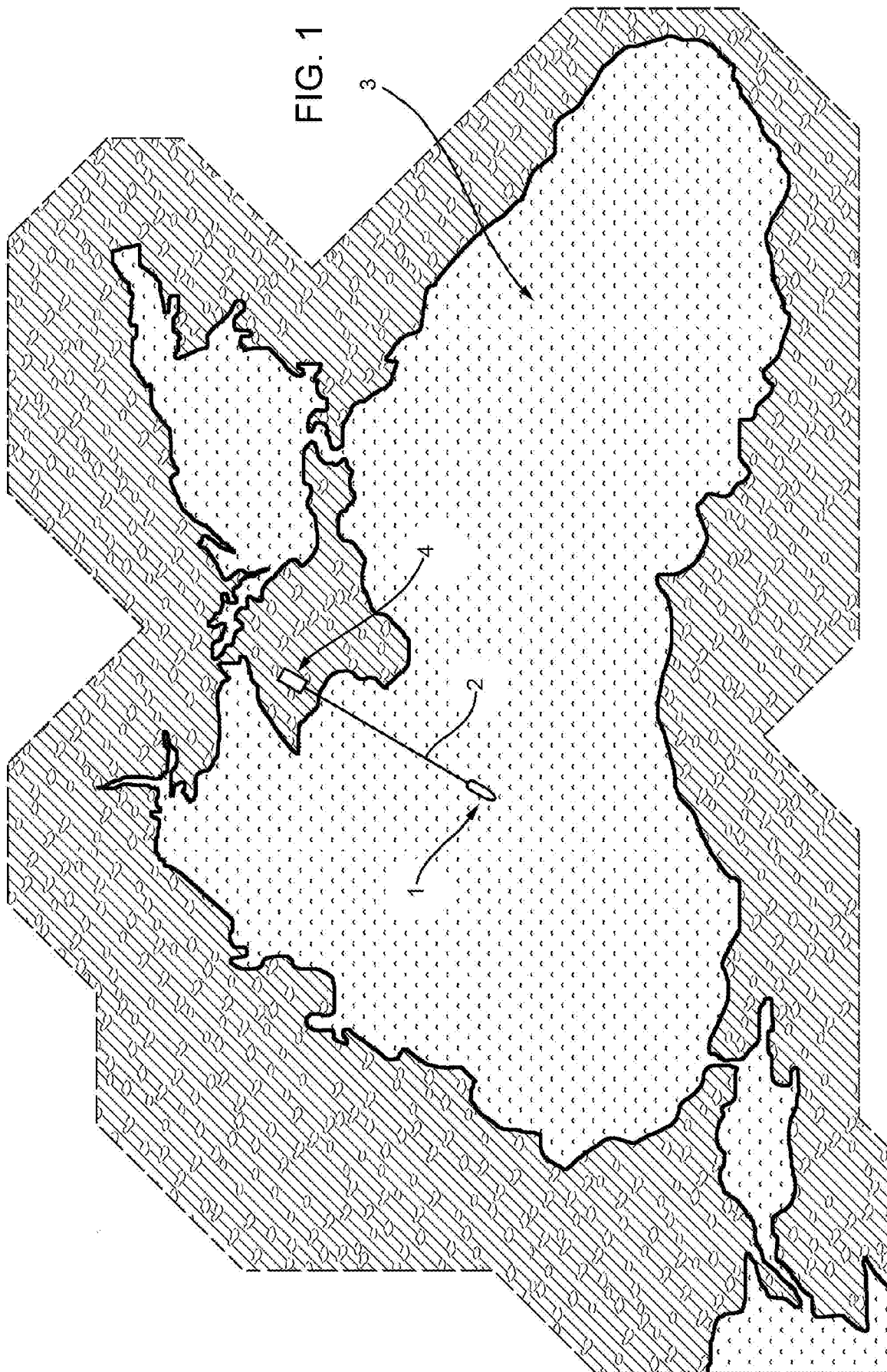


FIG. 1

FIG. 3

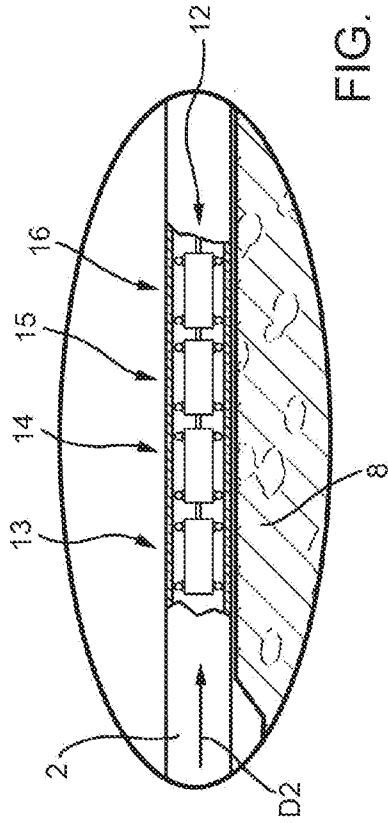
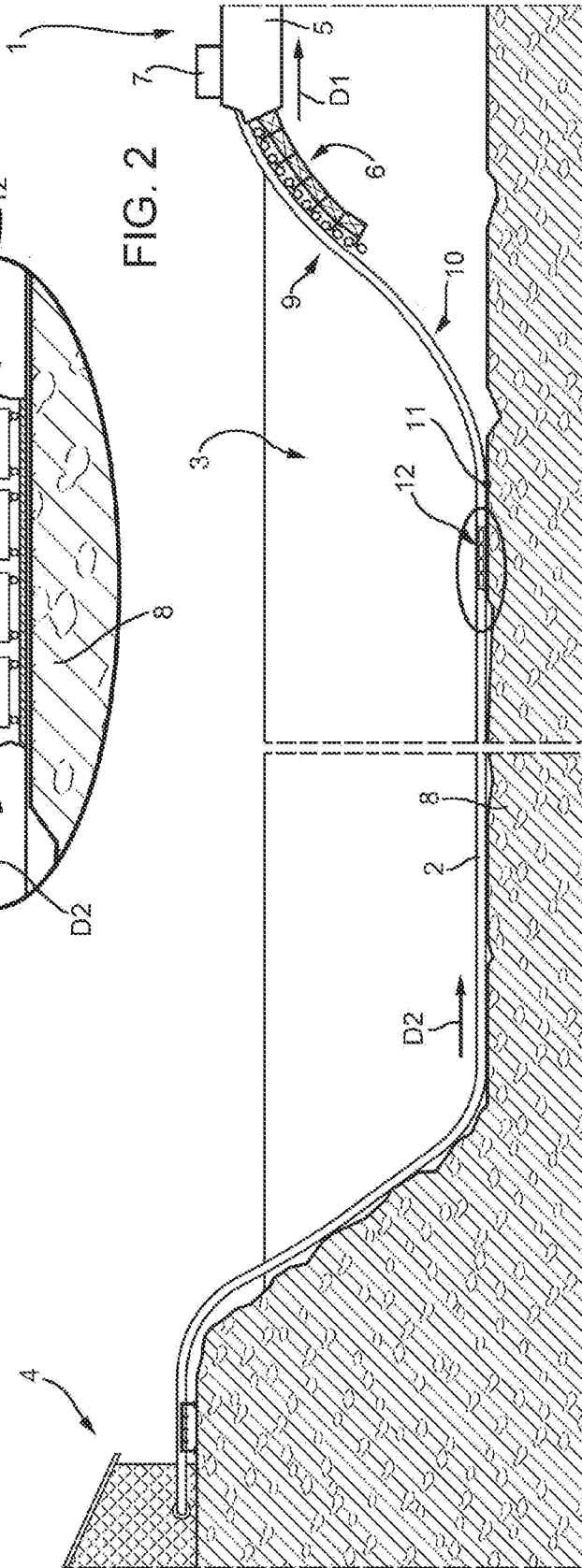


FIG. 2



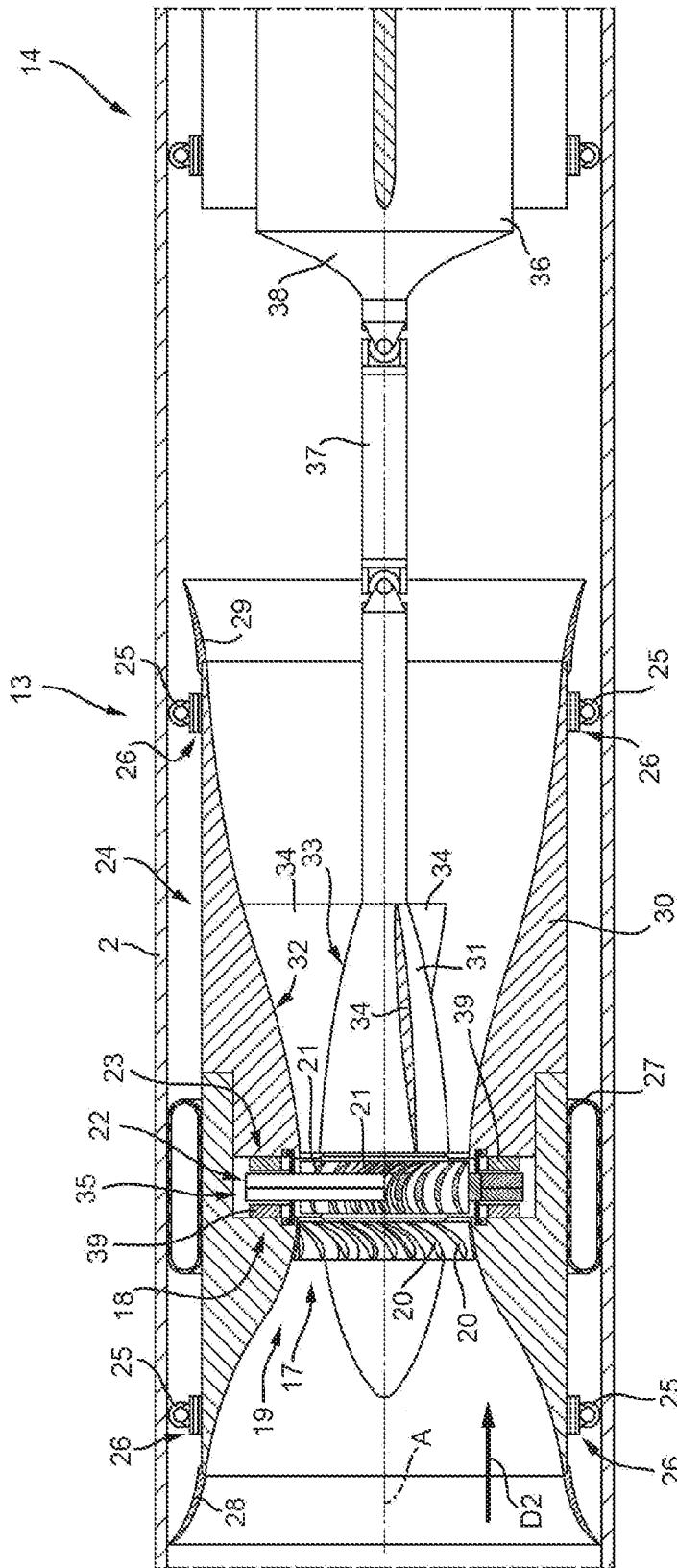


FIG. 4

p.i.: SAIPEM S.P.A.

Mauro ECCETTO
(Iscrizione Albo nr. 847/B)

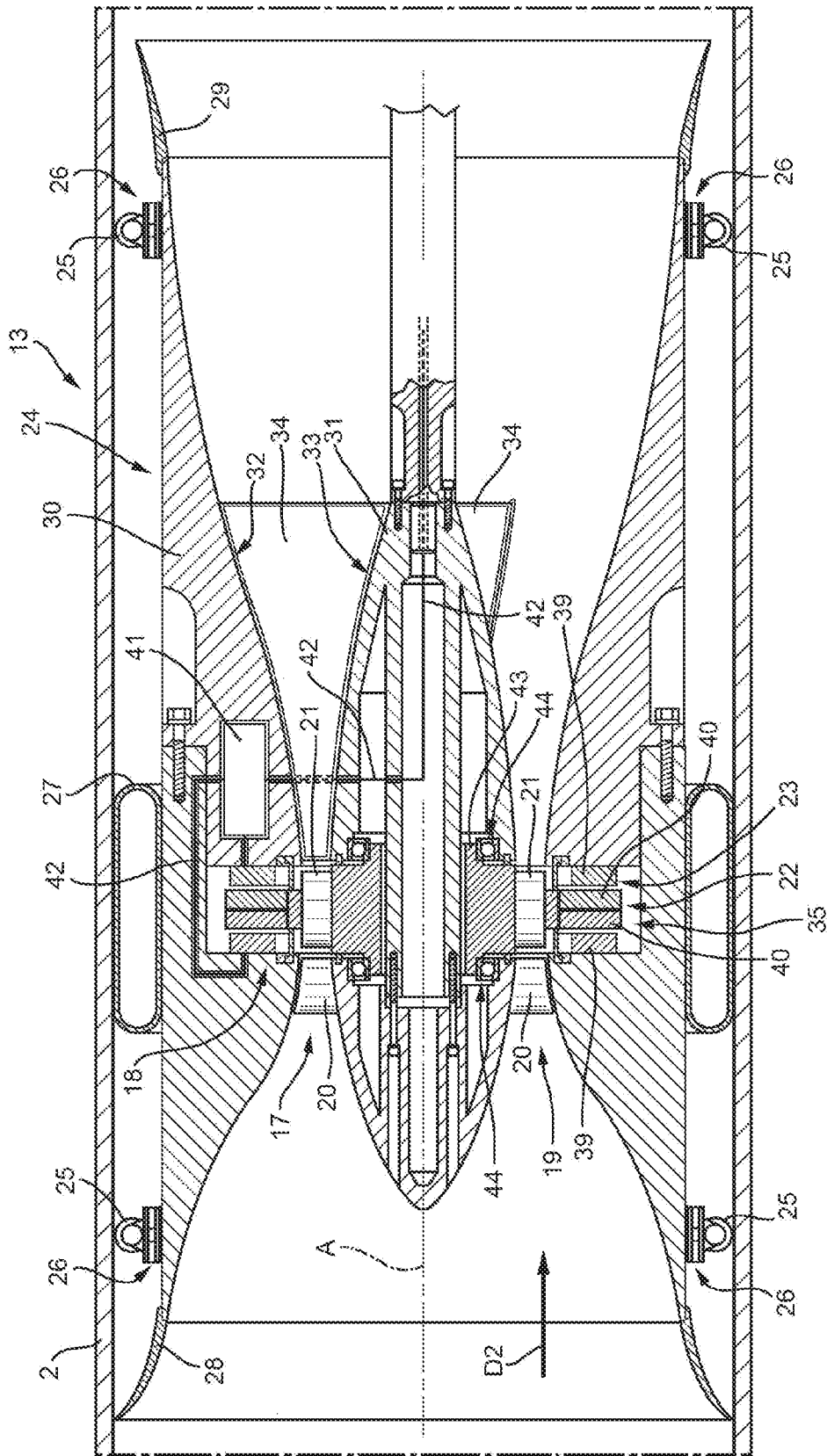


FIG. 5

p.i.: SAIPEM S.P.A.

Mauro ECCETTO
(Iscrizione Albo nr. 847/B)