

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901694981A1

Publication Date

20100719

Applicant

WAM S.P.A.

Title

APPARECCHIATURA A COCLEA PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA
IDROELETTRICA

DESCRIZIONE

del brevetto per Invenzione Industriale dal titolo:

"APPARECCHIATURA A COCLEA PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA"

di WAM S.P.A.

di nazionalità Italiana

con sede: STRADA DEGLI SCHIOCCHI, 12

MODENA (MO)

Inventore: CANTARINI Iuri

* * *

La presente invenzione è relativa ad una apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica.

Nell'arte sono conosciute delle apparecchiature a coclea per la produzione di energia idroelettrica.

Apparecchiature di questo genere presentano diversi vantaggi dovuti al fatto di poter sfruttare salti idraulici anche di modesta entità mantenendo rendimenti elevati e costanti se comparati con i rendimenti delle consuete turbine idrauliche (di tipo Francis, Pelton o Kaplan) utilizzate normalmente negli impianti di produzione di energia idroelettrica.

Inoltre, le apparecchiature a coclea presentano l'ulteriore vantaggio di non essere invasive dal punto di vista dell'impatto ambientale e di permettere il passaggio

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

delle specie ittiche in transito nel corso d'acqua in cui si trova la coclea.

Normalmente, una apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica comprende:

- un canale allocato tra un pelo libero superiore e un pelo libero inferiore di un corso d'acqua;

- una coclea (vite di Archimede) alloggiata nel canale; e

- dei mezzi generatori di energia elettrica accoppiati alla coclea; i mezzi generatori sono atti a trasformare in energia elettrica l'energia idraulica prodotta dal flusso di liquido tra il pelo libero superiore ed il pelo libero inferiore.

Per esempio, una apparecchiatura di questo tipo è descritta nella domanda di brevetto europeo EP-A2-1 930 597 dove la macchina elettrica collegata meccanicamente alla coclea può essere utilizzata sia come pompa che come generatore.

Attualmente le apparecchiature a coclea per la produzione di energia idroelettrica utilizzano almeno una macchina elettrica asincrona.

Come è noto, tale macchina elettrica asincrona viene utilizzata come generatore soltanto quando le potenze in gioco sono contenute e principalmente quando la macchina elettrica è collegata ad una rete elettrica prevalente (per

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

esempio la rete elettrica nazionale).

Come è noto, un motore asincrono per poter funzionare come generatore deve poter prelevare energia reattiva dalla rete per magnetizzare il circuito rotorico (poiché i circuiti rotorici a "gabbia di scoiattolo" sono privi d'eccitazione). Il rotore viene poi avviato tramite una sorgente energetica esterna (fonte meccanica) portandolo in ipersincronismo (il campo magnetico del rotore ruota più velocemente del campo magnetico dello statore), diventando in questo modo un generatore di energia.

In queste condizioni il generatore, mentre eroga potenza attiva verso la rete prevalente, assorbe contemporaneamente potenza reattiva per tenere alimentato il campo magnetico rotante.

Secondo alcuni studi il rendimento di tali macchine asincrone si dovrebbe attestare intorno a 0,6 (60%), per scendere fino al 0,4 (40%) risultando quindi molto inferiore in confronto al sistema sincrono, ma col vantaggio d'essere robusto e semplice da gestire, in quanto in caso d'aumento della velocità del rotore non si ha il fenomeno della sovralfrequenza (frequenza più elevata), ma un fenomeno di frenatura del rotore stesso.

In altre parole, utilizzando un generatore asincrono quando la coclea accelera, per esempio per un sopravvenuto aumento della portata d'acqua, il generatore asincrono

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

frena la coclea; il contrario avviene quando la coclea rallenta.

Tuttavia, l'uso di un generatore asincrono presenta lo svantaggio principale di avere bisogno di un moltiplicatore meccanico, normalmente sotto forma di una cascata di rotismi, nell'ottica di portare il numero di giri della coclea idraulica (molto basso) al numero di giri necessario al funzionamento del generatore asincrono (1000/1500 giri/min) stesso.

Quindi, se si somma la perdita di energia dovuta all'uso obbligato di un moltiplicatore meccanico con i bassi rendimenti elettrici tipici dei motori asincroni si capisce che un sistema per la produzione di energia idroelettrica che contempla l'utilizzo di un generatore asincrono non è molto vantaggioso dal punto di vista di un corretto bilancio energetico.

Partendo da queste osservazioni nella presente invenzione si è pensato di utilizzare un generatore sincrono al posto del suddetto generatore asincrono, già ampiamente usato nell'arte anteriore.

In questo modo, si ottengono dei rendimenti superiori anche perché non è più necessario l'uso di un moltiplicatore meccanico complesso ed a basso rendimento.

Difatti, come è noto un generatore sincrono è una macchina elettrica costituita da una parte fissa,

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

chiamata statore, nel cui interno ruota una parte cilindrica calettata sull'albero di rotazione, detta rotore.

Sullo statore sono presenti gli avvolgimenti elettrici su cui vengono indotte le forze elettromotrici che sostengono la corrente elettrica prodotta.

Il rotore genera un campo magnetico rotante per mezzo di elettromagneti che sono uno per fase e coppia polari; quindi in caso di generatore trifase a due poli (una coppia polare) si hanno tre elettromagneti, in caso di generatore trifase a quattro poli (due coppie polari) si hanno sei elettromagneti, i quali sono a loro volta opportunamente alimentati; in alternativa possono essere utilizzati dei magneti permanenti i quali non necessitano di alimentazione e in quest'ultimo caso si ha soltanto una coppia polare (Nord e Sud) per ogni coppia di poli statorici.

Come è noto, il rendimento di questi generatori sincroni è molto alto, intorno allo 0,97 (97%) per scendere fino allo 0,85 (85%).

Tuttavia, per utilizzare un tale generatore sincrono c'è bisogno di un dispositivo ad inventer atto a portare la tensione e la frequenza dell'energia elettrica generata dal motore sincrono stesso a valori accettati dalla rete o in generale dall'utilizzatore.

Come vedremo nel prosieguo della presente descrizione,

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

una ulteriore conseguenza dell'uso di un motore sincrono con il relativo inverter è quella di dover utilizzare un particolare sistema di frenatura della coclea, poiché, in questo tipo di impianto, non è conveniente utilizzare il sistema di frenatura tradizionale (come appunto accade se si utilizza un generatore asincrono).

Pertanto, in accordo con la presente invenzione viene fornita una apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica secondo quanto definito nella rivendicazione indipendente allegata, e preferibilmente, in una qualsiasi delle rivendicazioni dipendenti direttamente o indirettamente dalla menzionata rivendicazione indipendente.

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano vari esempi di attuazione non limitativi, in cui:

- la figura 1 illustra una prima forma di attuazione della apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica oggetto della presente invenzione;

- la figura 2 mostra una seconda forma di attuazione della apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica oggetto della presente invenzione;

- la figura 3 fa vedere una terza forma di attuazione della apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica oggetto della presente invenzione;

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

- la figura 4 illustra una vista frontale di un sistema di frenatura di una coclea appartenente ad una qualsiasi delle apparecchiature mostrate nelle figure 1, 2, 3; e

- la figura 5 mostra una vista laterale del sistema di frenatura illustrato in figura 4.

In figura 1, con 10 è indicata, nel suo complesso, una prima forma di attuazione di una apparecchiatura a coclea per la produzione di energia idroelettrica oggetto della presente invenzione.

L'apparecchiatura 10 comprende, a sua volta, una coclea idraulica 11 contenuta in un rispettivo canale 12 di convogliamento delle acque da un primo corso d'acqua 13 superiore, presentante un pelo libero 13A, ad un secondo corso d'acqua 14 inferiore con un pelo libero 14A. Ovviamente il salto idraulico (H) tra i due peli liberi 13A e 14A rappresenta l'energia idraulica utilizzabile nell'apparecchiatura 10.

Inoltre, nel primo corso d'acqua 13 si trova una diga (DG) di sbarramento attigua ad un canale 15 attraverso il quale l'acqua proveniente dal primo corso d'acqua 13 fluisce verso il canale 12.

Più in particolare, la coclea idraulica 11 è avvolta intorno ad un cilindro 16, il quale, a sua volta, in uso, ruota intorno ad un perno 17 fisso rispetto al terreno

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

(GR).

Come mostrato sempre in figura 1, il cilindro 16 è accoppiato con un generatore sincrono 18 anch'esso fisso rispetto al terreno (GR).

Il generatore sincrono 18, a sua volta, è collegato elettricamente con una linea elettrica (non illustrata) tramite un inverter (anch'esso non mostrato in figura 1) per i motivi summenzionati.

Riassumendo, si può dire che nella prima forma di attuazione illustrata in figura 1 è stato adottato un accoppiamento diretto tra il rotore (non mostrato) del generatore sincrono 18 ed il cilindro 16 su cui è avvolta la coclea idraulica 11.

Il funzionamento dell'apparecchiatura 10 è facilmente deducibile da quanto detto in precedenza.

Un flusso di acqua (secondo una freccia (F1)) proveniente dal primo corso d'acqua 13 viene convogliato dapprima nel canale 15 e poi nel canale 12.

Il deflusso dell'acqua nel canale 12 induce la rotazione della coclea idraulica 11 e del cilindro 16, che, a sua volta, mette in rotazione il rotore del generatore sincrono 18. L'acqua viene quindi scaricata nel secondo corso d'acqua 14 dove fluisce secondo una freccia (F2).

Viene prodotta in questo modo una certa quantità di energia elettrica che, dopo essere stata rielaborata da un

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

inverter (non mostrato) collegato elettricamente con il generatore sincrono 18, viene immessa in rete (non illustrata), oppure inviata ad un qualsiasi utilizzatore (non mostrata). La quantità di energia elettrica prodotta è ovviamente data dal valore del salto idraulico (H) al netto dei rendimenti della coclea idraulica 11, del generatore sincrono 18 e dell'inverter.

Secondo una ulteriore forma di attuazione della presente invenzione illustrata in figura 2, in cui gli elementi corrispondenti sono indicati con gli stessi numeri e sigle della figura 1, in una apparecchiatura 10* a coclea tra il cilindro 16 ed il generatore sincrono 18 vi è un dispositivo di accoppiamento 20.

Tale dispositivo di accoppiamento 20 può essere un semplice giunto meccanico, oppure un ingranaggio magnetico che moltiplica i giri della coclea idraulica 11 in relazione al generatore sincrono 18.

In una ulteriore forma particolare di attuazione l'ingranaggio magnetico 20 è integrato nel rotore del generatore sincrono 18.

Secondo una terza forma di attuazione della presente invenzione mostrata in figura 3, in cui gli elementi corrispondenti sono indicati con gli stessi numeri e sigle delle figure 1 e 2, in una apparecchiatura 10** a coclea per la produzione di energia idroelettrica tra il cilindro

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

16 e il generatore sincrono 18 è stata frapposta una trasmissione a catena 30.

Il motivo delle soluzioni illustrate nelle figure 2 e 3 sta nella ricerca di una riduzione del costo del generatore sincrono 18.

Difatti, tale generatore 18, se accoppiato in modo diretto con la coclea idraulica 11 e, quindi, se ruota alla sua stessa velocità angolare (molto lenta), risulterebbe molto grande per l'elevato numero di poli. Pertanto, con un ingranaggio magnetico, oppure con una trasmissione a catena ad alto rendimento, l'impatto negativo del problema verrebbe circoscritto fino a quando i generatori sincroni lenti multipolari risulteranno più economici.

L'apparecchiatura a coclea 10, come nel caso della presente invenzione, comporta l'esigenza di avere un sistema di frenatura per evitarne la fuga in caso di improvviso distacco del carico elettrico.

Il sistema è già noto nelle macchine tradizionali come freno elettromeccanico accoppiato all'albero veloce del moltiplicatore di giri. Tuttavia tale sistema non è conveniente nelle apparecchiature che usano un generatore sincrono a causa del numero di giri troppo basso, che comporta delle coppie di trasmissione troppo elevate.

Per ovviare a questo inconveniente si è pensato di utilizzare due differenti metodologie:

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

(1) quando il sistema avverte, mediante opportuni dispositivi, il distacco del carico, la riduzione del carico, oppure che vi sono delle accelerazioni anomale, la corrente elettrica prodotta, invece di essere inviata in rete come accade durante il funzionamento normale, viene deviata verso una zavorra elettrica (non mostrata) che frena elettricamente la coclea idraulica 11 ed il cilindro 16; ed

(2) in caso di distacco improvviso del carico elettrico, se venisse bloccato immediatamente soltanto il deflusso di acqua attraverso il canale 15, il canale 12 rimarrebbe, comunque, ancora pieno d'acqua; lo svuotamento naturale del canale 12 verso il secondo corso d'acqua 14 indurrebbe una accelerazione della coclea idraulica 11; per evitare questo si è pensato di dotare la parete cilindrica del canale 12 di una apparecchiatura 10*** di uno o più portelloni 40 (preferibilmente a settore cilindrico), ciascuno azionato da un rispettivo attuatore 41, come è stato mostrato nelle figure 4 e 5; pertanto, lo scarico rapido dell'acqua avviene attraverso un canale di scarico 42 (secondo una freccia (F3)) che si estende parallelamente al canale 12.

Una centralina elettronica (non illustrata) collegata alla rete si incarica di azionare, alla bisogna, i portelloni 40.

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

I vantaggi principali dell'apparecchiatura sopra descritta sono i seguenti:

- eliminazione di costosi ed ingombranti moltiplicatori di giri tra la coclea idraulica ed il generatore elettrico;

- innalzamento del rendimento totale dell'apparecchiatura dovuto alla eliminazione dei moltiplicatori;

- utilizzo di generatori elettrici (generatori sincroni) aventi rendimenti decisamente superiori a quelli di comune uso nell'arte anteriore (generatori asincroni);

- risparmio di potenza elettrica reattiva attinta dalla rete;

- perfetto controllo delle accelerazioni anomale della coclea idraulica senza l'utilizzo di costosi freni elettromeccanici ad attrito;

- possibilità di funzionamento per la produzione di energia per utenze locali;

- possibilità di utilizzo del carico elettrico zavorra anche per la produzione di calore (co-generazione);

- mantenimento del livello d'acqua a monte già insito nel funzionamento della macchina con generatore sincrono; difatti il generatore elettrico abbassa il numero di giri alla diminuzione della portata d'acqua;

- minori manutenzioni e sistema più affidabile

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

rispetto ai sistemi tradizionali;

- rumorosità inferiore (macchina lenta senza moltiplicatore);

- macchina più compatta e robusta;

- migliore strategia dell'utilizzo dell'energia idraulica ricavata, e migliore controllo anche in remoto;

- sistema più adatto, in caso di guasto, a sostenere le centrali convenzionali nel ripristino della tensione;

- quando si utilizza un ingranaggio magnetico, oppure una trasmissione a catena, vi è la possibilità di impiegare generatori sincroni a magneti permanenti di dimensioni inferiori.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchiatura (10; 10*; 10**; 10***) a coclea per la produzione di energia idroelettrica; detta apparecchiatura (10; 10*; 10**; 10***) essendo posta tra un pelo libero superiore (13A) di un corso d'acqua superiore (13) ed un pelo libero inferiore (14A) di un corso d'acqua inferiore (14);

detta apparecchiatura (10; 10*; 10**; 10***) comprendendo:

- un canale (12) allocato tra il pelo libero superiore (13A) ed il pelo libero inferiore (14A);

- una coclea (vite di Archimede) idraulica (11) alloggiata nel canale (12); e

- dei mezzi (18) generatori di energia elettrica accoppiati alla coclea idraulica (11); i mezzi generatori (18) essendo atti a trasformare in energia elettrica l'energia idraulica prodotta dal flusso di acqua tra il pelo libero superiore (13A) ed il pelo libero inferiore (14A);

- apparecchiatura (10; 10*; 10**; 10***) caratterizzata dal fatto che detti mezzi (18) generatori di energia elettrica comprendono un generatore sincrono (18).

2. Apparecchiatura (10; 10*; 10**; 10***), come rivendicato alla rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto di comprendere, inoltre, un inverter posto tra detti mezzi

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

(18) generatori di energia elettrica e la rete elettrica.

3. Apparecchiatura (10), come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di prevedere un accoppiamento diretto tra il rotore di detti mezzi (18) generatori di energia elettrica e la coclea idraulica (11).

4. Apparecchiatura (10*), come rivendicato in una qualsiasi delle 1, 2, caratterizzata dal fatto di prevedere un dispositivo di accoppiamento (20) tra il rotore di detti mezzi (18) generatori di energia elettrica e la coclea idraulica (11).

5. Apparecchiatura (10*), come rivendicato alla rivendicazione 4, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di accoppiamento (20) è un giunto meccanico.

6. Apparecchiatura (10*), come rivendicato alla rivendicazione 4, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di accoppiamento (20) è un ingranaggio magnetico (20) che moltiplica i giri della coclea idraulica (11).

7. Apparecchiatura (10*), come rivendicato alla rivendicazione 6, caratterizzata dal fatto che l'ingranaggio magnetico (20) è integrato al rotore di detti mezzi (18) generatori di energia elettrica.

8. Apparecchiatura (10**), come rivendicato in una qualsiasi delle 1, 2, caratterizzata dal fatto di prevedere

una trasmissione a catena (30) tra il rotore di detti mezzi (18) generatori di energia elettrica e la coclea idraulica (11).

9. Apparecchiatura (10; 10*; 10**; 10***), come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto che, quando vengono rilevate delle accelerazioni anomale della coclea idraulica (11), la corrente elettrica prodotta viene deviata verso una zavorra elettrica, per realizzare una frenatura elettrica della coclea idraulica (11) stessa.

10. Apparecchiatura (10***), come rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto che, quando vengono rilevate delle accelerazioni anomale della coclea idraulica (11) viene aperto almeno un portellone (40) sulla parete cilindrica del canale (12), portellone (40) azionato da un rispettivo attuatore (41) per effettuare uno scarico rapido dell'acqua contenuta nel canale (12) attraverso un canale di scarico (42).

p.i.: WAM S.P.A.

Raffaele BORRELLI

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N.533/BM)

CLAIMS

1. An Archimedeian screw apparatus (10; 10*; 10**; 10***) for the production of hydroelectrical power; said apparatus (10; 10*; 10**; 10***) being placed between a free upper surface (13A) of an upper watercourse (13) and a free lower surface (14A) of a lower watercourse (14);

said apparatus (10; 10*; 10**; 10***) comprising:

- a channel (12) located between the free upper surface (13A) and the free lower surface (14A);

- an Archimedeian screw (11) housed in the channel (12); and

- electric power generating means (18) coupled to the Archimedeian screw (11); the generating means (18) being adapted to convert the water power produced by the water flow between the free upper surface (13A) and the free lower surface (14A) into electric power.

- the apparatus (10; 10*; 10**; 10***) being characterised in that said electric power generating means (18) comprise a synchronous generator (18).

2. Apparatus () according to Claim 1, characterised in that it further comprises an inverter placed between said electric power generating means (18) and the electric network.

3. Apparatus (10) according to any of the preceding Claims, characterised in that it provides a direct coupling

between the rotor of said electric power generating means (18) and the Archimedean screw (11).

4. Apparatus (10*) according to any of Claims 1, 2, characterised in that it provides a coupling device (20) between the rotor of said electric power generating means (18) and the Archimedean screw (11).

5. Apparatus (10*) according to Claim 4, characterised in that the coupling device (20) is a mechanical coupling.

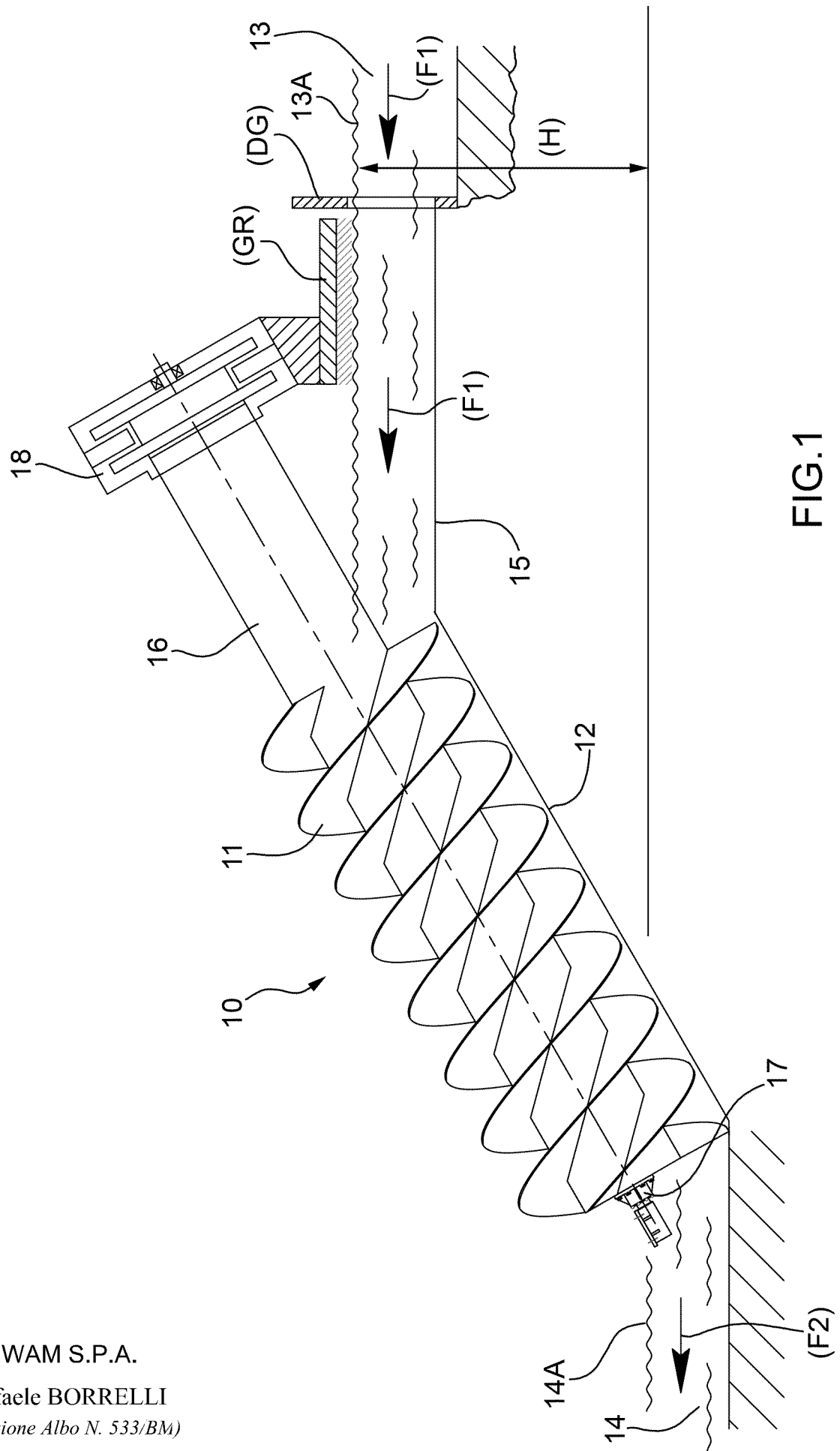
6. Apparatus (10*) according to Claim 4, characterised in that the coupling device (20) is a magnetic gear (20) that multiplies the revolutions of the Archimedean screw (11).

7. Apparatus (10*) according to Claim 6, characterised in that the magnetic gear (20) is integrated with the rotor of said electric power generating means (18).

8. Apparatus (10**) according to any of Claims 1, 2, characterised in that it provides a chain drive (30) between the rotor of said electric power generating means (18) and the Archimedean screw (11).

9. Apparatus (10; 10*; 10**; 10***) according to any of the preceding Claims, characterised in that, when anomalous accelerations of the Archimedean screw (11) are detected, the produced electric current is deviated towards an electric ballast to achieve a dynamic braking of the Archimedean screw (11).

10. Apparatus (10^{***}) according to any of the preceding Claims, characterised in that, when anomalous accelerations of the Archimedean screw (11) are detected, at least one port (40) is opened on the cylindrical wall of the channel (12), the port (40) being driven by a respective actuator (41) to achieve a rapid discharge of the water contained in the channel (12) through a discharge channel (42).



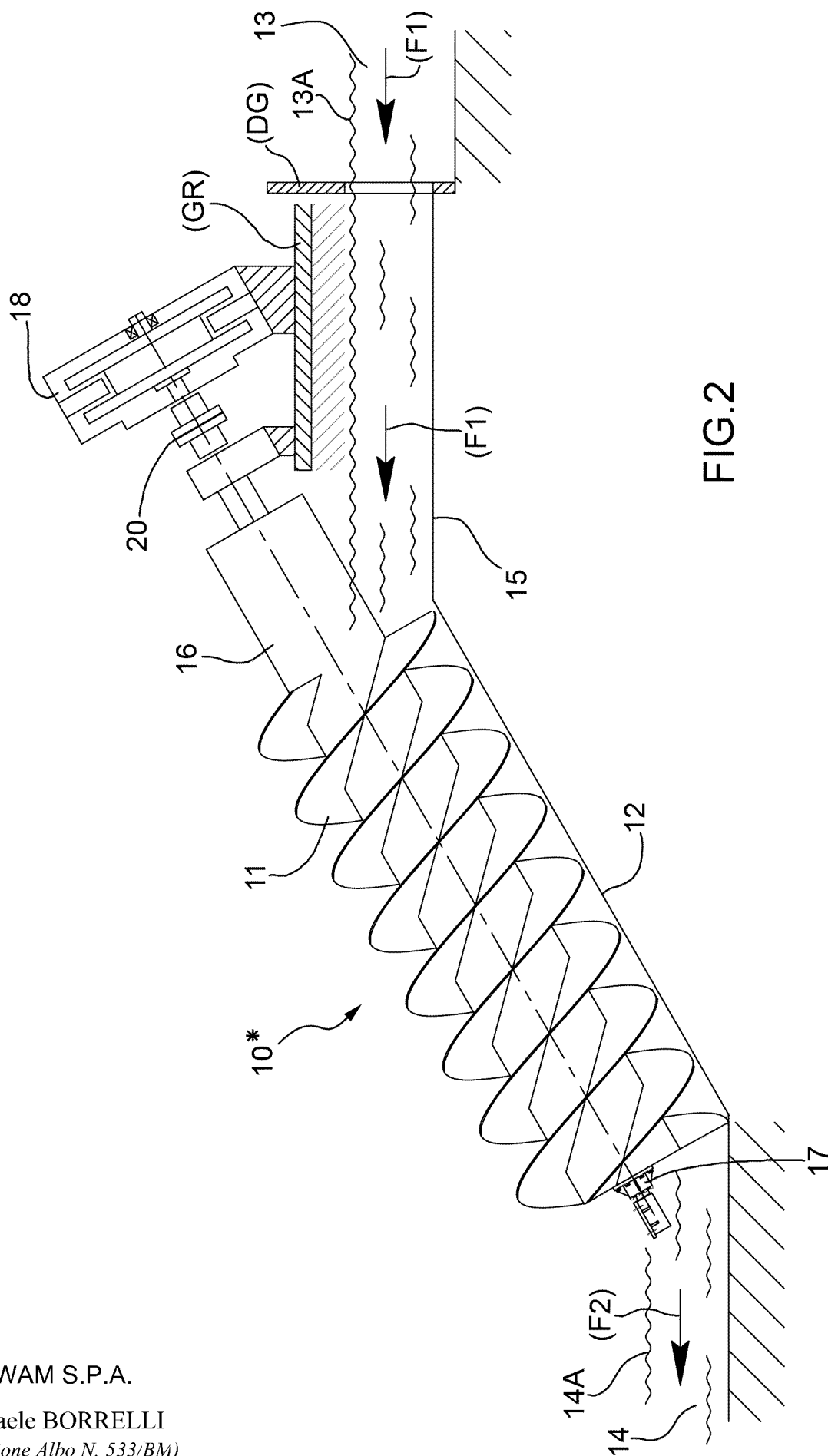
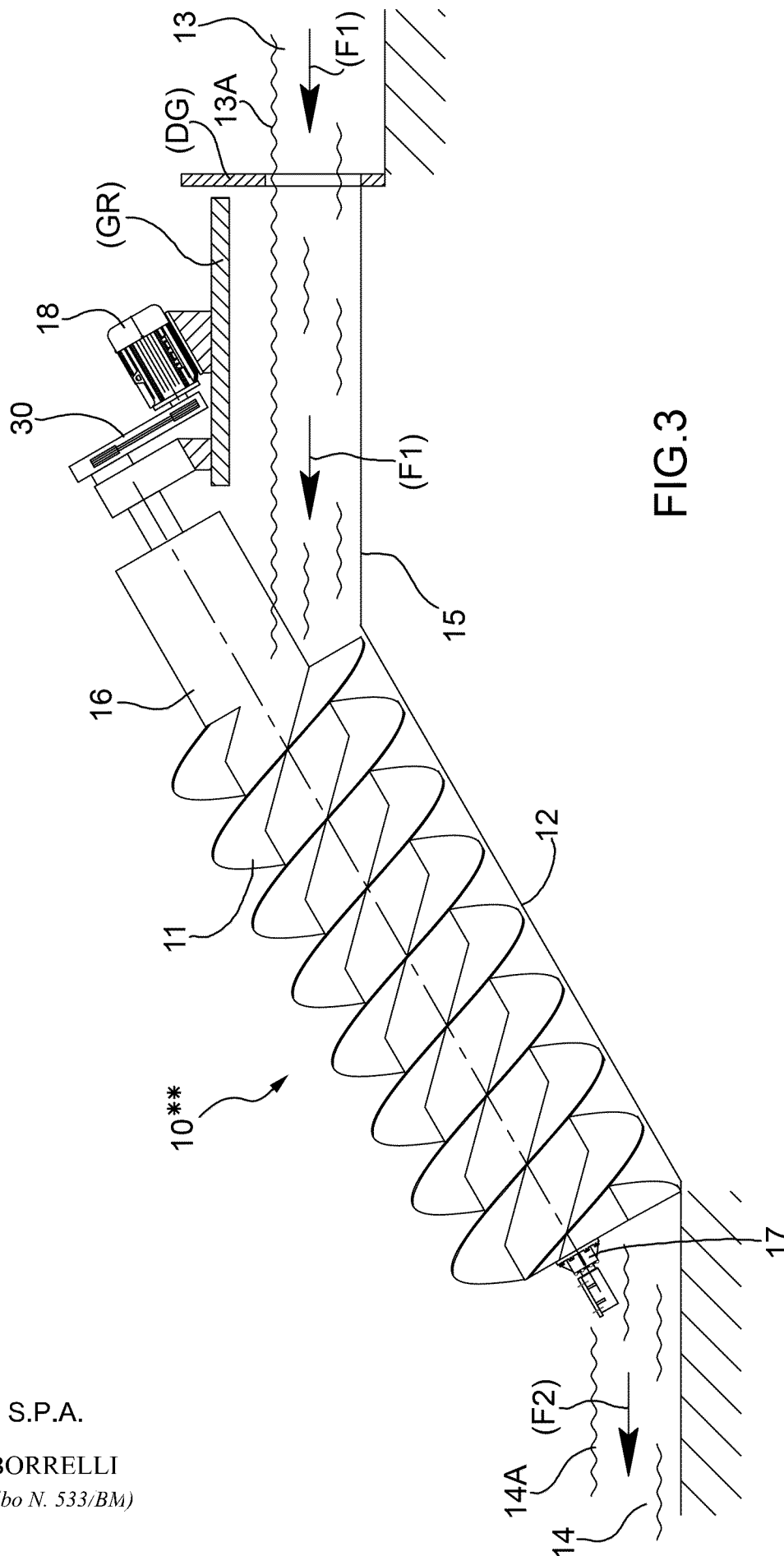
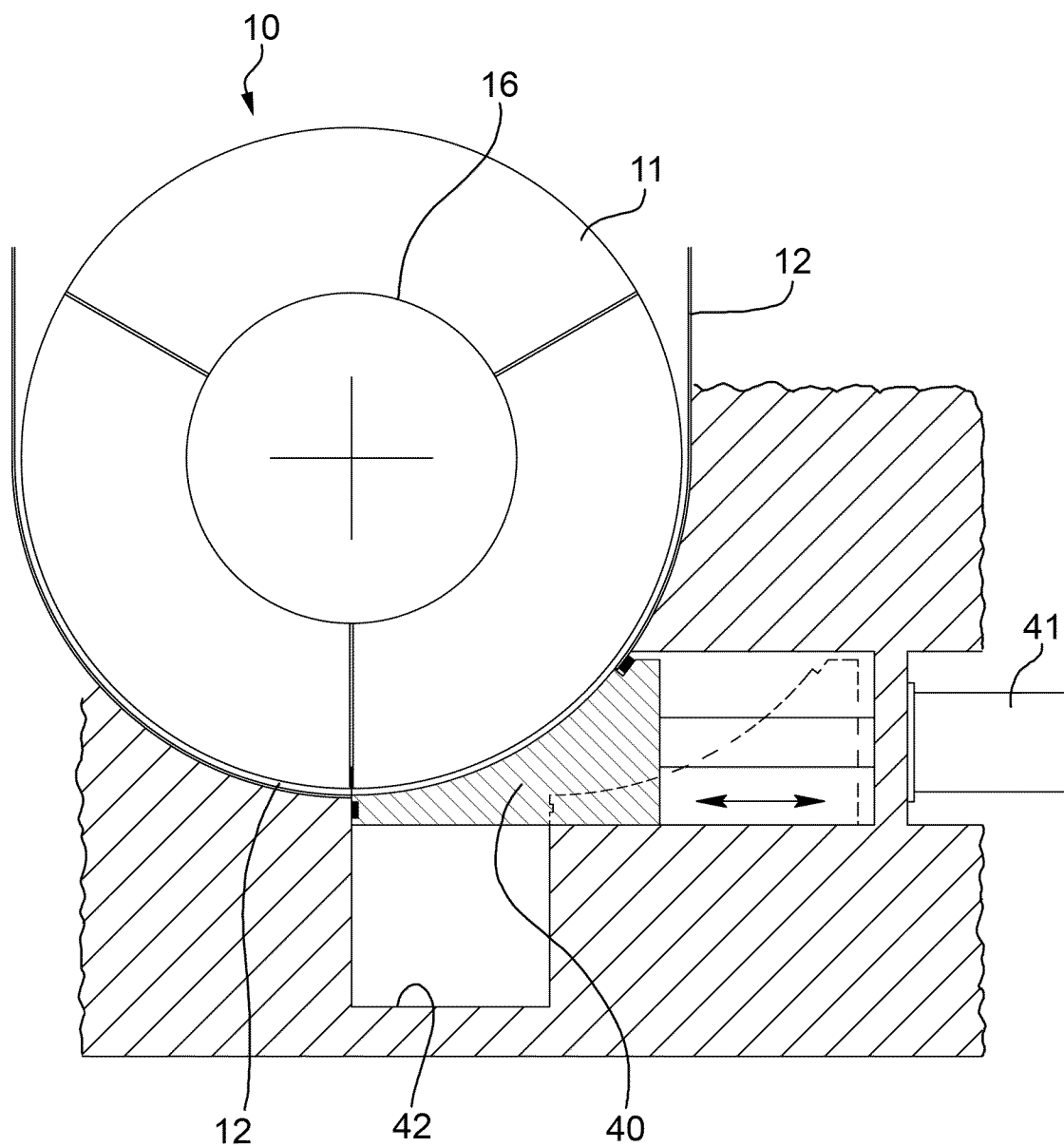


FIG.2

p.i. WAM S.P.A.
Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N. 533/BM)





p.i. WAM S.P.A.

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N. 533/BM)

p.i. WAM S.P.A.

Raffaele BORRELLI
(Iscrizione Albo N. 533/BM)

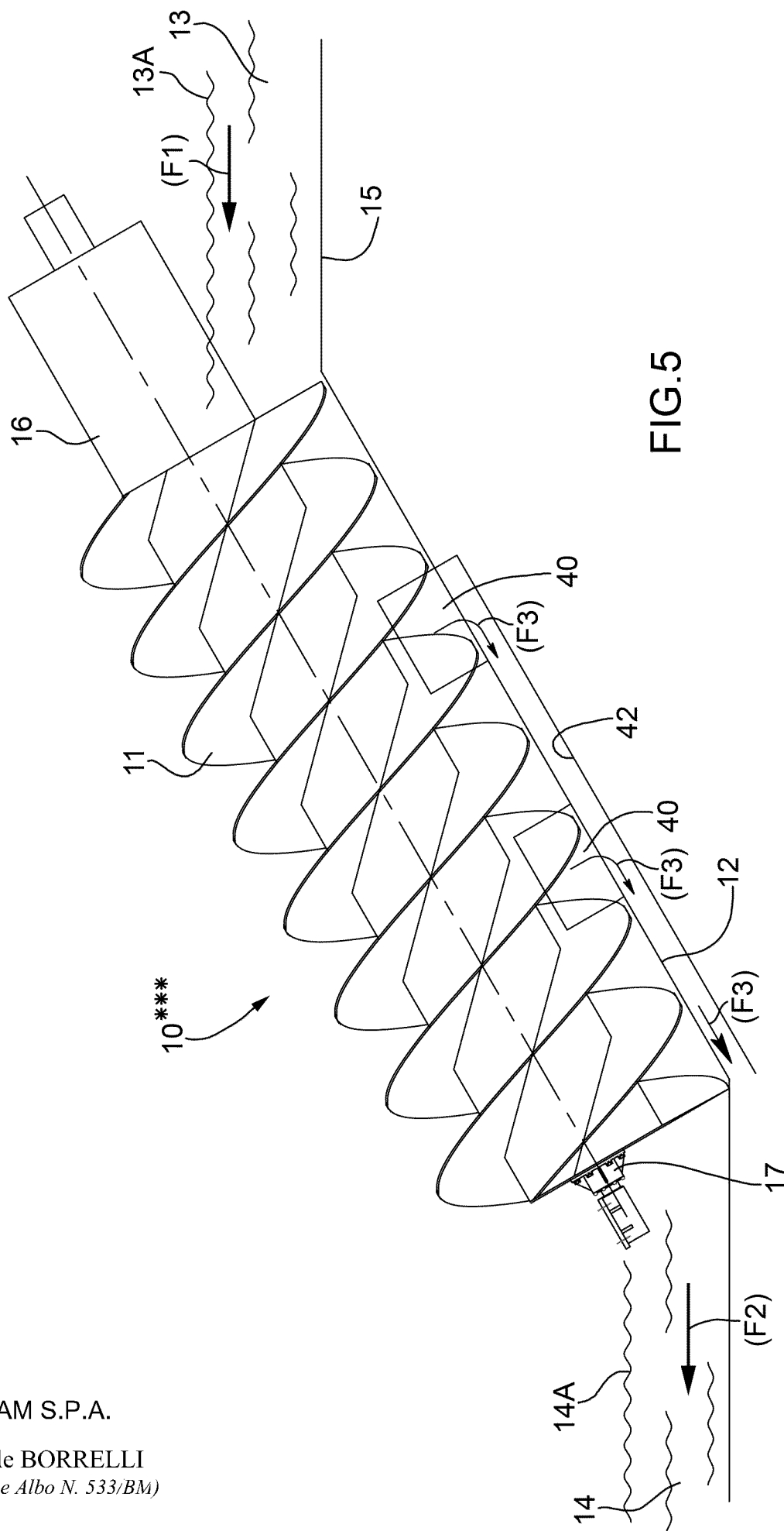


FIG. 5