



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

|                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| DOMANDA NUMERO     | 102007901487136 |
| Data Deposito      | 24/01/2007      |
| Data Pubblicazione | 24/07/2008      |

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| G       | 21     | C           |        |             |

Titolo

|                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|
| SISTEMA DI EVACUAZIONE DEL CALORE RESIDUO DA UN REATTORE NUCLEARE |
|-------------------------------------------------------------------|

DESCRIZIONE

di Brevetto per Invenzione Industriale,

di 1) **DEL NOVA VIS S.R.L.**

e 2) **CINOTTI LUCIANO**

5 entrambi di nazionalità italiana,

con sede rispettivamente:

1) VIA DURINI, 23 - 20122 MILANO

2) VIA VITTORIO VENETO, 49 - 16036 RECCO (GE)

Inventore: CINOTTI Luciano

10 \*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*

La presente invenzione è relativa ad un sistema di evacuazione del calore residuo di un reattore nucleare, in particolare un reattore refrigerato a metallo liquido o a sali fusi.

15 È noto che nei reattori nucleari sussiste la necessità di evacuare il calore residuo dopo l'arresto del reattore. Per motivi di sicurezza, i sistemi di evacuazione del calore residuo devono essere particolarmente affidabili.

20 Una soluzione affidabile consiste nel dissipare verso l'esterno il calore emesso per irraggiamento e marginalmente anche per convezione dalla tanca del reattore tramite tubi di scambio termico contenenti aria esterna in circolazione naturale.

25 In particolare, per reattori del tipo a doppia

tanca, vale a dire in cui la tanca del reattore è alloggiata in una tanca di sicurezza, appoggiata per esempio alle strutture di supporto in cemento armato del reattore, sono noti sistemi in cui i tubi di scambio termico sono alloggiati nello spazio anulare disponibile tra la tanca di sicurezza e le strutture di supporto in cemento armato e disposti in corone ad una certa distanza dalla tanca di sicurezza. Lo spazio tra la tanca del reattore e la tanca di sicurezza deve d'altra parte essere ridotto al minimo per non complicare eccessivamente il sistema di supporto della tanca del reattore e della tanca di sicurezza.

Il numero dei tubi di scambio termico non deve essere eccessivo per ridurre al minimo il loro ingombro in parte alta, dove devono correre tra i supporti della tanca del reattore, e per facilitare il loro collegamento ai necessari collettori rispettivamente di alimentazione di aria fredda e di convogliamento di aria riscaldata.

Sono noti per esempio sistemi in cui i tubi di scambio termico sono conformati a U e sono disposti con rispettivi rami più freddi (in cui scende aria più fredda) costituenti una corona radialmente esterna e con rispettivi rami più caldi (in cui

risale aria più calda) costituenti una corona radialmente interna; i tubi di ciascuna corona sono disposti adiacenti e sostanzialmente a contatto uno con l'altro. Queste soluzioni presentano gli  
5 inconvenienti di richiedere un grande numero di tubi, occupare una grande porzione dello spazio del pozzo reattore ed utilizzare ai fini dello scambio termico solo circa un quarto della superficie dei tubi, ovvero la parte affacciata alla tanca del reattore.

10 Altri sistemi noti prevedono il ricorso a un'unica corona di tubi muniti di un setto interno che delimita all'interno di ciascun tubo un condotto freddo, rivolto verso il pozzo reattore e in cui circola aria discendente più fredda, ed un condotto  
15 caldo, rivolto verso la tanca reattore e in cui circola aria ascendente più calda. Queste soluzioni occupano meno spazio delle precedenti, ma mantengono elevato il numero di collegamenti da effettuarsi con i collettori esterni, utilizzano ai fini dello  
20 scambio termico solo circa la metà della superficie dei tubi, creano un gradiente termico tra le generatrici cilindriche della parte dei tubi riscaldata rispetto a quella in ombra con rischi di deformazione (tipo "imbananamento"). Inoltre i tubi  
25 richiedono ciascuno una saldatura di chiusura del

fondo, saldatura che dovrà essere periodicamente sottoposta a controlli perché facente parte della barriera di confinamento del reattore dall'ambiente esterno.

5        È uno scopo della presente invenzione quello di fornire un sistema di evacuazione del calore residuo da un reattore nucleare volto a migliorare le soluzioni note eliminandone o riducendone gli inconvenienti; in particolare, è uno scopo del  
10 trovato quello di fornire un sistema che richieda un ridotto numero di tubi di scambio termico, che non richieda saldature dei tubi nelle parti dei tubi alloggiate nel pozzo reattore, che permetta lo sfruttamento pressoché totale della superficie dei  
15 tubi ai fini dello scambio termico e che provochi limitati gradienti termici circonferenziali.

In accordo con tali scopi, la presente invenzione è relativa ad un sistema di evacuazione del calore residuo da un reattore nucleare, in  
20 particolare un reattore a metallo liquido, a sali fusi o a gas, come definito in termini essenziali nell'annessa rivendicazione 1 e, per sue caratteristiche preferite, nelle rivendicazioni dipendenti.

25        L'invenzione è descritta tramite i seguenti

esempi non limitativi di attuazione, con riferimento alle figure dei disegni annessi, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica parziale in sezione longitudinale, con un dettaglio ingrandito, di un reattore nucleare munito di un sistema di evacuazione del calore residuo in accordo al trovato;
- la figura 2 è una vista schematica parziale in sezione trasversale del reattore di figura 1;
- la figura 3 è una vista prospettica schematica, con parti asportate per chiarezza, del sistema di evacuazione del calore residuo di figura 1.

Nelle figure annesse è indicato nel suo complesso con 1 un sistema di evacuazione del calore residuo di un reattore 2 nucleare di tipo sostanzialmente noto, in particolare un reattore impiegante come fluido primario metallo liquido o a sali fusi.

Il reattore 2 comprende una tanca 3 principale che si estende sostanzialmente lungo un asse A e in cui sono alloggiati i vari componenti del reattore 2, non rappresentati in quanto noti e non riguardanti la presente invenzione.

La tanca 3 è chiusa superiormente da un tetto 4 ed è alloggiata in un pozzo reattore 5, che nella fattispecie è delimitato da una tanca di sicurezza 6

appoggiata a una struttura 7 di supporto reattore, per esempio in calcestruzzo. La tanca 3 è contenuta all'interno della tanca di sicurezza 6 ed è disposta a distanza prestabilita dalla tanca di sicurezza 6 in  
5 modo tale che tra la tanca 3 e la tanca di sicurezza 6 sia definita una intercapedine 8 sostanzialmente anulare. La tanca 3 è supportata da una pluralità di supporti 9 che sono disposti lungo un bordo 10 perimetrale superiore della struttura 7 e sono  
10 distanziati circonferenzialmente uno dall'altro.

Il sistema 1 comprende una pluralità di moduli  
11 di raffreddamento, sostanzialmente uguali uno all'altro e disposti circonferenzialmente attorno alla tanca 3 e quindi all'asse A; ciascun modulo 11  
15 comprende un collettore freddo 12 e un collettore caldo 13, disposti circonferenzialmente attorno al tetto 4 all'esterno del pozzo reattore 5, e una pluralità di tubi 15 di scambio termico, conformati sostanzialmente a U, che collegano il collettore  
20 freddo 12 con il collettore caldo 13 e che sono disposti all'interno dell'intercapedine 8 in prossimità della tanca di sicurezza 6 e affacciati alla tanca 3.

Ciascun tubo 15 è conformato sostanzialmente a  
25 forcella e presenta: una coppia di rami 16 affiancati

sostanzialmente verticali, disposti da lati opposti di un asse X centrale e gradualmente convergenti uno verso l'altro; una porzione 17 curva a U che unisce inferiormente i due rami 16 in prossimità di una zona  
5 di fondo della tanca 3; e due tratti 18 sostanzialmente orizzontali, che collegano superiormente i rami 16 al collettore freddo 12 e, rispettivamente, al collettore caldo 13. In particolare, ogni tubo 15 presenta un ramo 16a  
10 discendente, collegato tramite un tratto 18a al collettore freddo 12, e un ramo 16b ascendente, collegato tramite un tratto 18b al collettore caldo 13.

I tubi 15 sono disposti a corona attorno alla  
15 tanca 3 e tutti i rami 16 dei tubi 15 sono affacciati alla tanca 3, ovvero i tubi 15 sono disposti a formare una singola corona in cui tutti i rami 16 sono sostanzialmente disposti alla stessa distanza dalla tanca 3; i rami 16 sono disposti essenzialmente  
20 lungo una superficie interna 19 della tanca di sicurezza 6 rivolta verso la tanca 3 e seguono il profilo (eventualmente curvo verso l'asse A) della tanca di sicurezza 6.

I tubi 15 sono meccanicamente supportati dalla  
25 tanca di sicurezza 6; in particolare, i tubi 15 sono

fissati, con possibilità di scorrimento verticale per consentire l'adattamento alle dilatazioni termiche, in un certo numero di punti alla superficie interna 19 della tanca di sicurezza 6, per esempio tramite  
5 collari 20 posti attorno ai rami 16 e ancorati alla superficie interna 19.

Preferibilmente, ciascun tubo 15 è costituito, almeno per la parte contenuta all'interno del pozzo reattore 5, da un corpo tubolare monolitico 21  
10 piegato a U e privo di saldature. In altri termini, i rami 16 e la porzione 17 curva a U, ed opzionalmente anche i tratti 18, di ciascun tubo 15 costituiscono un corpo tubolare monolitico 21 privo di saldature.

In ciascun modulo 11, i rami 16a discendenti e i  
15 rami 16b ascendenti dei tubi 15 sono disposti simmetricamente su lati opposti di un asse X centrale comune; tutti i rami 16 sono distanziati uno dall'altro e separati lateralmente da spazi vuoti; i rami 16 sono maggiormente distanziati uno dall'altro  
20 in corrispondenza di rispettive estremità superiori (unite ai tratti 18), e sono più ravvicinati uno all'altro in corrispondenza di rispettive estremità inferiori (unite alle porzioni 17), in corrispondenza della zona di fondo della tanca 3.

25 Vantaggiosamente, i tubi 15 di ciascun modulo 11

sono disposti a cavallo di un supporto 9 posto sostanzialmente lungo un asse X; ulteriori supporti 9 sono disposti eventualmente anche tra un modulo 11 e l'altro.

5 I collettori freddi 12 dei vari moduli 11 confluiscono in uno o più condotti di alimentazione 22 (uno solo rappresentato schematicamente in figura 3 per semplicità) che terminano con una presa d'aria 23 esterna, posta all'esterno di un edificio 24 che  
10 alloggia il reattore 2; i collettori caldi 13 confluiscono a loro volta in uno o più condotti di uscita 25 (uno solo rappresentato schematicamente in figura 3 per semplicità) che terminano con un camino 26 posto all'esterno dell'edificio 24.

15 Il sistema 1 comprende inoltre una parete 30 riflettente il calore radiante, disposta radialmente esterna e posteriormente ai tubi 15 rispetto alla tanca 3 per rinviare sui tubi 15 il calore radiante che attraversa gli spazi vuoti tra un tubo 15 e  
20 l'altro.

La parete 30 è addossata alla superficie interna 19 della tanca di sicurezza 6 ed è interposta tra la superficie interna 19 e i tubi 15, a distanza prestabilita relativamente piccola dai tubi 15,  
25 ovvero in stretta prossimità dei tubi 15; la parete

30 è sagomata in modo tale da essere parzialmente interposta tra i rami 16 dei tubi 15 e circondare rispettive porzioni posteriori dei rami 16, definendo in sostanza un canale 31 longitudinale disposto  
5 sostanzialmente attorno a ciascun ramo 16.

La parete 30, per esempio realizzata in lamiera metallica, presenta una superficie riflettente 32, rivolta verso i tubi 15, ad alto potere riflettente, per esempio lavorata a specchio.

10 La parete 30 definisce una struttura 33 di contenimento di un riempimento di coibentazione 34 ad elevata capacità di isolamento termico, il quale è disposto tra la parete 30 e la superficie interna 19 della tanca di sicurezza 6.

15 Tra la tanca di sicurezza 6 e la struttura 7 di supporto reattore è interposto uno strato 35 di materiale refrattario; nel materiale della struttura 7 (calcestruzzo) sono inoltre annegati, in prossimità dello strato 35 di materiale refrattario, una  
20 pluralità di tubi supplementari 36, in cui circola acqua di raffreddamento, disposti circonferenzialmente spazati uno dall'altro attorno alla tanca di sicurezza 6. Lo strato 35 di materiale refrattario è quindi interposto tra i tubi  
25 supplementari 36 e la tanca di sicurezza 6.

Il sistema 1 comprende inoltre tubi di aspirazione 40 d'aria, inseriti sostanzialmente verticali nel pozzo reattore 5 e specificamente nell'intercapedine 8, per il raffreddamento dell'aria  
5 contenuta nel pozzo reattore 5 e per creare all'occorrenza una corrente di aria fredda entrante nel pozzo reattore 5. I tubi di aspirazione 40 sono disposti essenzialmente lungo la superficie interna 19 della tanca di sicurezza 6 e ne seguono il  
10 profilo; i tubi di aspirazione 40 si estendono fino in prossimità della zona di fondo della tanca 3 e sono aperti inferiormente. Vantaggiosamente, i tubi di aspirazione 40 sono disposti in corrispondenza dei supporti 9, e quindi sostanzialmente lungo gli assi X  
15 dei moduli 11 (ovvero all'interno del tubo 15 più interno di ciascun modulo 11) e/o tra un modulo 11 e l'altro.

I tubi di aspirazione 40 sono collegati ad un sistema ausiliario 41 di circolazione e  
20 raffreddamento aria, comprendente uno o più condotti 42 in cui confluiscono i tubi di aspirazione 40, almeno uno scambiatore di calore 43, per esempio aria-acqua, e almeno una soffiante 44 di circolazione.

25 L'intercapedine 8 è chiusa superiormente da

strutture di chiusura 45 rimovibili.

Nei moduli 11 circola un fluido di raffreddamento destinato a evacuare all'atmosfera esterna il calore residuo o potenza di decadimento  
5 del nocciolo del reattore 2 che viene irraggiato dalla tanca 3.

Preferibilmente, il fluido di raffreddamento circolante nel sistema 1 è aria; nel sistema 1 e specificamente all'interno dei tubi 15 circola quindi  
10 aria di raffreddamento esterna, prelevata all'esterno del reattore 2.

La circolazione dell'aria nel sistema 1 avviene preferibilmente in circolazione naturale, grazie per esempio al camino 26 a cui sono collegati i condotti  
15 di uscita 25 provenienti dai collettori caldi 13, in grado di assicurare un idoneo tiraggio; chiaramente, può anche essere prevista una circolazione forzata dell'aria nel sistema 1, a mezzo di una o più soffianti.

20 L'aria entra da una o più prese d'aria 23 poste all'esterno dell'edificio 24 che alloggia il reattore 2 e si dirama nei condotti di alimentazione 22 dei collettori freddi 12 dei moduli 11; l'aria scende nei rami 16a discendenti dei tubi 15 e si scalda, risale  
25 nei rami 16b ascendenti riscaldandosi ulteriormente,

circola nei collettori caldi 13 e nei condotti di uscita fino al camino 26 per essere emessa in atmosfera.

L'evacuazione del calore all'atmosfera esterna  
5 avviene quindi per irraggiamento dalla tanca 3 alla superficie esterna dei tubi 15, per conduzione termica attraverso le pareti dei tubi 15, e per trasferimento del calore all'aria esterna che circola all'interno dei tubi 15.

10 Una prima parte 47 di energia radiante emessa dalla tanca 3 raggiunge direttamente i tubi 15, mentre una seconda parte 48, che passa attraverso gli spazi vuoti tra i tubi 15, è riflessa verso i tubi 15 dalla parete 30, che assolve al contempo alla  
15 funzione di contenere il riempimento di coibentazione 34. L'energia riflessa è rinviata verso la parte di tubo 15 in ombra rispetto alla radiazione diretta, distribuendo più uniformemente la potenza raggianti sulla superficie esterna dei tubi 15 e riducendo i  
20 gradienti termici circonferenziali ed il rischio di "imbananamento" dei tubi stessi.

Affacciando direttamente alla tanca 3 sia i rami  
16a discendenti dei tubi 15 (in cui entra l'aria di raffreddamento), sia i rami 16b (da cui esce l'aria  
25 riscaldata), e mantenendo i tubi 15 ad una certa

distanza uno dall'altro è possibile ridurre significativamente il numero di tubi necessari rispetto alle soluzioni note e migliorarne il comportamento meccanico.

5        Preferibilmente, la superficie esterna della tanca 3 è realizzata in maniera tale da aumentare l'emissività termica, essendo per esempio verniciata con vernice ad alta emissività (almeno sulle  
superfici fuori saldatura); anche la superficie  
10 esterna dei tubi 15 è verniciata con vernice ad alta emissività.

Le strutture di chiusura 45 impediscono il disperdersi del calore per moti convettivi di aria tra il pozzo reattore 5 e l'atmosfera dell'edificio  
15 24.

Per interventi di ispezione della tanca 3 da effettuarsi con reattore 2 all'arresto ma con il fluido primario del reattore a temperatura convenientemente più alta del suo punto di fusione, è  
20 necessario rimuovere almeno parzialmente le strutture di chiusura 45. Per mantenere in tal caso quanto più bassa possibile la temperatura dell'aria nell'intercapedine 8 ed evitare la fuoriuscita  
violenta di aria calda dall'intercapedine 8, l'aria  
25 calda contenuta nell'intercapedine 8 può essere

aspirata tramite i tubi di aspirazione 40 e raffreddata prima di essere rilasciata all'interno dell'edificio 24. Una pari corrente di aria fredda circolerà dall'edificio 24 all'intercapedine 8  
5 proteggendo sia il personale che si trovasse in prossimità dei supporti 9, sia le attrezzature adibite all'intervento di ispezione.

I tubi supplementari 36 hanno la funzione di mantenere sostanzialmente uniforme la temperatura del  
10 materiale della struttura 7 asportando la modesta potenza termica trasmessa attraverso il riempimento di coibentazione 34, la tanca di sicurezza 6 e lo strato 35 di materiale refrattario.

In caso di rottura della tanca 3 con allagamento  
15 del pozzo reattore 5 con il fluido primario, il sistema 1 mantiene la propria funzione di asportazione del calore residuo con i tubi 15 che scambiano direttamente col fluido primario.

Nel caso il fluido primario sia piombo, il  
20 riempimento di coibentazione 34 immerso nel piombo si degrada facendo aumentare la temperatura della tanca di sicurezza 6 ed incrementando le fughe termiche che tuttavia possono ancora essere limitate dallo strato 35 di materiale refrattario ed evacuate dai tubi  
25 supplementari 36.

Resta infine inteso che al sistema qui descritto ed illustrato possono essere apportate numerose modifiche e varianti che non escono dall'ambito delle annesse rivendicazioni.

5        È anche inteso che, sebbene si sia fatto genericamente riferimento, a titolo esemplificativo, a reattori a metallo liquido o sali fusi, il sistema secondo l'invenzione trova applicazione anche in reattori diversi, per esempio reattori a gas, fatte  
10        ovviamente le modifiche del caso nella conformazione e disposizione dei tubi di scambio termico in modo da adattarsi al diverso schema di reattore.

## RIVENDICAZIONI

1. Sistema (1) di evacuazione del calore residuo da un reattore (2) nucleare, in particolare un reattore a metallo liquido o a sali fusi, il  
5 sistema comprendendo una pluralità di moduli (11) di raffreddamento, disposti circonferenzialmente attorno a una tanca (3) principale del reattore in un pozzo reattore (5) e aventi tubi (15) di scambio termico in cui circola un fluido di raffreddamento; il sistema  
10 essendo caratterizzato dal fatto che ciascun modulo (11) comprende una pluralità di tubi (15) di scambio termico conformati sostanzialmente a U, aventi rispettive coppie di rami (16) affiancati affacciati alla tanca (3) e disposti su lati opposti di un asse  
15 (X) centrale comune e separati lateralmente da spazi vuoti; e dal fatto di comprendere una parete (30) riflettente il calore radiante, disposta posteriormente ai tubi (15) rispetto alla tanca (3) per rinviare sui tubi (15) il calore radiante che  
20 attraversa gli spazi vuoti tra un tubo (15) e l'altro.

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui la parete (30) riflettente è sagomata in modo tale da essere parzialmente interposta tra i rami (16) dei  
25 tubi (15) per definire un canale (31) longitudinale

disposto sostanzialmente attorno a ciascun ramo (16).

3. Sistema secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la parete (30) riflettente è provvista di una superficie riflettente (32), per esempio lavorata a specchio, rivolta verso i tubi (15).

4. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, ciascun modulo (11) comprende un collettore freddo (12) e un collettore caldo (13), disposti all'esterno del pozzo reattore (5), e nei quali confluiscono rispettivi rami (16) dei tubi (15).

5. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i rami (16) di ciascun tubo (15) sono maggiormente distanziati uno dall'altro in corrispondenza di rispettive estremità superiori, e sono ravvicinati uno all'altro in corrispondenza di rispettive estremità inferiori.

6. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i tubi (15) di scambio termico sono verniciati esternamente con vernice ad alta emissività.

7. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui nei tubi (15) di scambio termico circola aria di raffreddamento.

8. Sistema secondo la rivendicazione 7, in cui

l'aria di raffreddamento circola all'interno dei tubi (15) per tiraggio naturale promosso per esempio a mezzo di un camino (26).

9. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui la parete (30) riflettente definisce una struttura (33) di contenimento di un riempimento di coibentazione (34), il riempimento di coibentazione (34) e i tubi (15) di scambio termico essendo disposti su lati opposti della parete (30) riflettente.

10. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui ciascun tubo (15) è costituito, almeno per la parte contenuta all'interno del pozzo reattore (5), da un corpo tubolare monolitico (21) piegato a U e privo di saldature.

11. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i tubi (15) di scambio termico sono essenzialmente disposti lungo una superficie interna (19) di una tanca di sicurezza (6) del reattore (2), disposta attorno alla tanca (3) principale, e sono meccanicamente supportati da detta superficie interna.

12. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, comprendente tubi di aspirazione (40) d'aria, inseriti sostanzialmente verticali nel pozzo

reattore (5) e aperti inferiormente, per il raffreddamento dell'aria contenuta nel pozzo reattore (5) e per creare una corrente di aria fredda entrante nel pozzo reattore (5).

5        13. Sistema secondo la rivendicazione 12, in cui i tubi di aspirazione (40) sono collegati ad un sistema ausiliario (41) di circolazione e raffreddamento aria.

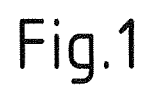
10       14. Sistema secondo la rivendicazione 12 o 13, in cui i tubi di aspirazione (40) sono disposti tra un modulo (11) e l'altro e/o lungo gli assi (X) centrali dei moduli (11).

p.i.: 1) **DEL NOVA VIS S.R.L.**

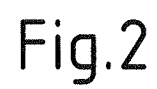
2) **CINOTTI LUCIANO**

15

**Paolo LOVINO**



Paolo LOVINO  
(Iscrizione Albo nr. 999/B)



Paolo LOVINO  
(Iscrizione Albo nr. 999/B)

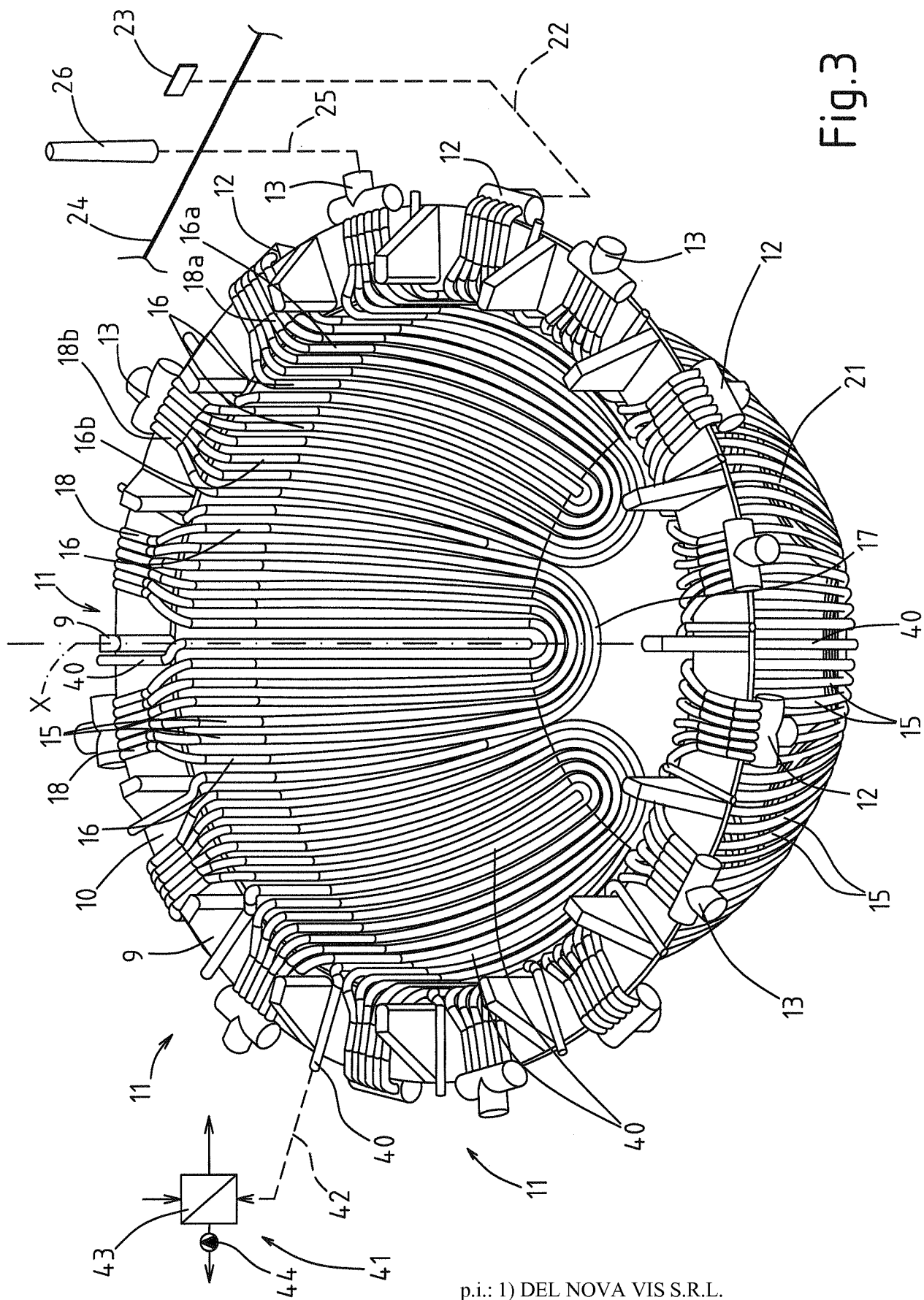


Fig.3

p.i.: 1) DEL NOVA VIS S.R.L.  
2) CINOTTI LUCIANO

Paolo LOVINO  
(Iscrizione Albo nr. 999/B)