

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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	**102009901780060**
Data Deposito	**03/11/2009**
Data Pubblicazione	**03/05/2011**

Classifiche IPC

Titolo

SISTEMA DI STOCCAGGIO E TRASPORTO AD ALTO LIVELLO DI EFFICIENZA ENERGETICA.

SISTEMA DI STOCCAGGIO E TRASPORTO AD ALTO LIVELLO DI EFFICIENZA ENERGETICA

DESCRIZIONE

Settore dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un sistema di accumulo dell'energia termica, in particolare di origine solare, e di riutilizzo della stessa per la produzione di energia elettrica.

Background dell'invenzione

È tecnica nota l'accumulo ed il riutilizzo di energia solare concentrata da eliostati, fissi o ad inseguimento, all'interno di un ricettore costituito da un blocco di materiale ad elevata conducibilità termica associato ad una cavità opportunamente orientata su cui puntano i concentratori (eliostati) e ad uno scambiatore di calore per il trasferimento del calore accumulato ad un opportuno fluido di servizio, quest'ultimo a sua volta associato ad un generatore di energia elettrica.

In un sistema di accumulo di energia solare in un blocco di grafite le temperature che si possono raggiungere sono nell'ordine di 1000 – 2000 °C.

Il limite superiore di temperatura è però determinato dalla capacità dello scambiatore, costituito di solito da tubi metallici in cui fluisce il fluido di servizio (o fluido vettore, tipicamente acqua) allo stato di liquido o di vapore ad alta temperatura.

In relazione alla differenza di temperatura tra il fluido in ingresso ed i tubi dello scambiatore, le condizioni termodinamiche del fluido possono variare tanto velocemente da creare forti sollecitazioni nel metallo dei tubi (shock termici e meccanici) e tali da sottoporre gli scambiatori di calore a condizioni fisiche estreme, con il rischio di eccessive tensioni interne e conseguenti rotture.

Inoltre, di non facile realizzazione è la continuità della portata di calore asportato dall'accumulatore, essendo la fase di accumulo legata all'andamento delle condizioni atmosferiche.

Un ulteriore inconveniente dei sistemi noti è poi rappresentato dalla complessità costruttiva dell'assieme integrato blocco di grafite – fasci tubieri.

In generale, poi, i sistemi noti risultano non ottimizzati in termini di efficienza di sfruttamento e conversione dell'energia solare termica in ingresso.

Ancora, come accennato sopra i sistemi noti risultano poco versatili in termini di capacità di adattamento alle esigenze energetiche a valle.

Sintesi dell'invenzione

Il problema tecnico alla base della presente invenzione è pertanto quello di ovviare agli inconvenienti sopra menzionati con riferimento alla tecnica nota.

La presente invenzione fornisce un dispositivo di accumulo di energia termica di origine solare, un apparato di accumulo e trasmissione di tale energia, un relativo impianto di produzione di energia elettrica ed un associato metodo di accumulo di energia solare concentrata e di trasferimento di detta energia sotto forma di calore ad un fluido di servizio utilizzato in connessione ad un generatore di energia elettrica.

Il suddetto problema viene risolto da un dispositivo e da un apparato secondo le rivendicazioni indipendenti riportate più avanti.

Caratteristiche preferite dell'invenzione sono previste nelle rivendicazioni dipendenti.

Un importante vantaggio dell'invenzione consiste nel fatto che essa consente di realizzare in modo efficiente ed affidabile un accumulo di energia termica di origine solare, minimizzando gli stress termici degli scambiatori, semplificando la fase di produzione dell'accumulatore ed aumentando la disponibilità del sistema in modo meno dipendente sia dalle condizioni atmosferiche sia dal generatore di energia alimentato mediante il fluido di servizio.

In particolare, la realizzazione del blocco di grafite come miscela di particolato carbonioso e/o micro polveri di grafite e frammenti di grafite di specifica granulometria consente una riduzione dei tempi ed una semplificazione delle fasi di produzione dell'accumulatore, con una estrema semplicità costruttiva dell'assieme blocco – fasci tubieri, ed aumenta considerevolmente anche il flusso termico trasferito al fluido. In relazione a

quest'ultimo aspetto, tali modalità realizzative determinano un incremento di efficienza dello scambio termico fra l'accumulatore ed il fluido di servizio grazie alla maggiore superficie di contatto del mezzo di accumulo con i tubi dello scambiatore realizzata mediante l'utilizzo di particolato carbonioso e/o micro polveri di grafite come riempimento della miscela di sfere/frammenti di grafite. Il particolato carbonioso e/o le micro polveri di grafite svolgono la funzione di filler degli spazi interstiziali realizzando continuità termica fra le particelle della miscela di sfere/frammenti di grafite.

L'incremento di efficienza dello scambio termico fra l'accumulatore ed il fluido di servizio è ottenuta anche, secondo una variante preferita dell'invenzione, mediante l'utilizzo di gas inerte ricircolato entro l'accumulatore stesso.

Inoltre, l'utilizzo della miscela di particolato carbonioso e/o micro polveri di grafite e di frammenti di grafite a granulometria decrescente permette di impiegare cavità riceventi e scambiatori di calore di geometria varia (cilindrica, cubica, sferica, o altro), ottenendo il duplice risultato di assicurare sempre un'ampia superficie di contatto tra mezzo di accumulo e scambiatore di calore e di semplificare la realizzazione dell'assieme involucro-mezzo di accumulo-scambiatore di calore nel suo complesso. Ancora, la soluzione mista di particolato carbonioso e frammenti di grafite compensa le differenti dilatazioni termiche fra lo scambiatore tubolare (metallico) ed il materiale che lo circonda.

Inoltre, l'invenzione consente, grazie alla possibilità di puntamento selettivo degli eliostati ed alla presenza di un riflettore secondario all'ingresso della cavità ricevente dell'accumulatore, il massimo sfruttamento ed accumulo dell'energia solare e la riduzione drastica delle perdite di efficienza.

L'alimentazione in continuo di gas inerte fra blocco di grafite e fasci tubieri consente poi di rendere il sistema estremamente versatile anche rispetto alle esigenze energetiche a valle.

Analoga versatilità è possibile anche grazie alla disposizione in serie – con temperatura crescente – degli accumulatori, la quale disposizione consente inoltre di limitare drasticamente gli stress termici e quindi meccanici a carico dei fasci tubieri e di incrementare l'affidabilità e la continuità di esercizio dell'apparecchiatura, con possibilità di aumentare la temperatura di esercizio dell'accumulatore.

Altri vantaggi, caratteristiche e le modalità di impiego della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di

alcune forme di realizzazione, presentate a scopo esemplificativo e non limitativo.

Descrizione breve delle figure

Verrà fatto riferimento alle figure dei disegni allegati, in cui:

- la Fig. 1 mostra una schematica vista in prospettiva di una forma di realizzazione preferita di un dispositivo di accumulo secondo l'invenzione, costituito da una miscela di particolato carbonioso e/o micro polveri di grafite e sfere/frammenti di grafite con distribuzione granulometrica decrescente, preferibilmente bimodale;
- la Fig. 1A mostra un ingrandimento della miscela di particolato carbonioso e/o micro polveri e sfere/frammenti di grafite del dispositivo di Fig.1;
- la Fig. 2 mostra una schematica vista in sezione frontale del dispositivo di Fig. 1, che evidenzia il ricircolo sull'accumulatore di una corrente di gas inerte;
- la Fig. 2A mostra un dettaglio ingrandito di un tubo di scambio del dispositivo di Fig. 2, in vista prospettica ed in sezione trasversale;
- la Fig. 3 mostra una schematica vista in sezione del dispositivo di Fig. 1 corredato, secondo uno degli aspetti dell'invenzione, da un riflettore/concentratore parabolico all'ingresso della cavità ricevente;
- la Fig. 3A mostra la medesima vista di Fig. 3 nella quale viene evidenziato anche il funzionamento del riflettore/concentratore parabolico in associazione con gli eliostati;
- la Fig. 4 mostra parte di un apparato di accumulo e trasmissione di energia solare termica secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione, che incorpora due dispositivi di accumulo secondo la Fig. 1 connessi in serie termica e ciascuno con una propria cavità ricevente e prevede un ricircolo di gas inerte;
- la Fig. 4A mostra parte di un apparato di accumulo e trasmissione di energia solare termica secondo una diversa forma di realizzazione dell'invenzione, che incorpora due dispositivi di accumulo secondo la Fig. 1 connessi in serie termica ed aventi cavità ricevente comune;
- la Fig. 5 mostra una variante di un modulo di accumulo dell'apparato di cui alla Figura 4, basato sul dispositivo di accumulo delle Figure 1-3 ed

in una configurazione con accumulatore di riserva e campo riflettori/concentratori con orientamento variabile; e

- la Fig. 6 mostra uno schema generale di processo di produzione di energia elettrica in un impianto in cui è inserito un apparato secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione.

Con riferimento inizialmente alla Figura 1, un dispositivo di accumulo secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione è complessivamente denotato con 1. Il dispositivo 1 comprende innanzitutto un corpo principale 12 che funge da mezzo di accumulo e che è realizzato in un materiale ad elevate conducibilità e capacità termica, in modo da poter realizzare una rapida diffusione del calore al proprio interno e massimizzare la quantità di calore accumulato.

Il dispositivo 1 comprende una cavità ricevente 13, ricavata entro il mezzo di accumulo 12 ed all'interno della quale vengono concentrati i raggi solari per mezzo di eliostati fissi o ad inseguimento. Preferibilmente, le pareti della cavità 13 presentano un rivestimento metallico 131.

Il mezzo di accumulo 12 è circondato da un involucro – o carter - metallico 14 isolato termicamente al suo interno in modo da ridurre al minimo la dispersione di calore dal mezzo di accumulo 12 all'ambiente esterno. In particolare, in Figura 1 è rappresentato uno strato isolante 15 disposto sulle facce interne dell'involucro 14, ossia su quelle a contatto con il mezzo 12.

Nel presente esempio, il dispositivo 1 presenta geometria complessivamente cubica o parallelepipeda.

La Figura 1 mostra anche un corpo cilindrico 16 che funge da separatore gas-liquido del fluido vettore. La funzione del corpo cilindrico è tecnica nota, per cui non se ne amplia oltre la descrizione.

All'interno del mezzo di accumulo 12 sono disposti fasci tubieri di uno scambiatore di calore associato al dispositivo 1 e che ricevono un fluido di servizio (o vettore) atto appunto a ricevere calore dal mezzo di accumulo 12. A titolo esemplificativo, uno di tali tubi è denotato con 17 in Figura 2.

Secondo un aspetto dell'invenzione e sempre con riferimento alla Figura 1, il mezzo di accumulo 12 è ottenuto come miscela vibro-compattata costituita da sfere di grafite o altre forme geometriche di frammenti di grafite di opportune dimensioni decrescenti, preferibilmente con una

distribuzione granulometrica bimodale, con aggiunta di particolato carbonioso e/o micro polveri di grafite. Questa soluzione consente di ottenere una diffusività termica del mezzo di accumulo finale molto prossima a quella di un blocco unico di grafite, con i vantaggi di semplificare notevolmente la fase di costruzione e di lavorazione rispetto al blocco di grafite massiva, che deve prevedere lavorazione meccanica per le sedi di posizionamento dei tubi dello scambiatore.

La specifica realizzazione particellare qui considerata consente, in fase di produzione del dispositivo 1, di posizionare all'interno dell'involucro metallico 14 i tubi dello scambiatore di calore e successivamente introdurre la miscela di particolato carbonioso e frammenti di grafite. Il tutto è poi sottoposto a vibrazione per consentire la compattazione di detta miscela all'interno dell'involucro metallico 14 ed attorno ai tubi in esso posizionati. Il riempimento e la vibro-compattazione prosegue fino a completo riempimento del volume disponibile nell'involucro metallico 14.

Con questa procedura è assicurato che i tubi dello scambiatore abbiano molti più punti di contatto con il mezzo di accumulo 12 rispetto al caso in cui le sedi dei tubi siano realizzate meccanicamente all'interno del blocco continuo di grafite. In questo ultimo caso infatti una minima tolleranza della lavorazione meccanica porterebbe a zone della superficie del tubo non in contatto con il mezzo di accumulo, abbassando di molto la quantità di calore localmente ceduta.

Per evitare fenomeni ossidativi estremamente violenti alle temperature di esercizio del dispositivo 1 (anche 1000°C), tipicamente è prevista l'evacuazione dell'aria dall'ambiente interno di questo o l'immissione in esso di gas inerte.

In base ad un aspetto dell'invenzione e con riferimento alla Figura 2, nel sistema qui considerato all'interno del dispositivo di accumulo 1 è previsto il flussaggio di gas inerte (preferibilmente azoto o elio) in continuo mediante un apposito sistema di alimentazione di tale gas denotato complessivamente con 20 e dotato di un ventilatore o mezzo equivalente 21. Particolarmente vantaggioso risulta l'invio di detto gas in corrispondenza della zona dei tubi 17 dello scambiatore o preferibilmente in una apposita sezione anulare concentrica a questi. Variando la velocità di attraversamento del gas inerte, in particolar modo quando flussato nell'intercapedine tra tubi 17 e mezzo di accumulo 12, può essere controllato e modificato il coefficiente di scambio termico complessivo fra mezzo di accumulo 12 e fluido vettore.

Infatti, anche se con dipendenza non lineare, l'aumento della velocità del gas modifica il numero di Reynolds, e quindi il coefficiente di scambio convettivo, aumentando la quantità di potenza termica scambiata. Questo effetto diventa particolarmente utile per la regolazione della quantità di calore trasferita dal mezzo di accumulo al fluido di lavoro, date le condizioni di irraggiamento solare in funzione del carico richiesto. Il controllo della velocità di attraversamento del mezzo di accumulo da parte del gas inerte consente quindi una maggiore flessibilità di regolazione dello scambio termico complessivo fra il mezzo di accumulo 12 stesso ed i tubi 17 dello scambiatore.

In una configurazione preferita, il gas inerte viene anche ricircolato nel dispositivo di accumulo 1, e quindi, riutilizzando il calore sottratto al dispositivo 1 stesso, il gas funge da rigeneratore di calore.

Più in dettaglio, facendo corrispondere l'ingresso del gas inerte alla zona del dispositivo 1 dove i tubi dello scambiatore sono più freddi perché ricevono il fluido da riscaldare, ed all'opposto facendo corrispondere l'uscita del gas dal dispositivo 1 alla zona dove i tubi sono più caldi, il calore asportato dal gas in uscita ricircolato al punto di ingresso è ceduto al tratto di scambiatore iniziale a temperatura inferiore preriscaldando i tubi stessi e realizzando come detto un rigeneratore di calore.

Si adatta così il funzionamento dell'impianto, basato su dispositivi di accumulo a scambio termico regolato, a diverse possibili condizioni di esercizio che si possono presentare durante la giornata o nelle diverse stagioni.

L'utilizzo del gas inerte ricircolato sull'accumulatore migliora inoltre lo scambio termico fra le sfere/frammenti di grafite durante la fase di riscaldamento, particolarmente in assenza di micro polveri di grafite o particolato carbonioso nella miscela del mezzo di accumulo.

In relazione a questo aspetto dell'invenzione, sarà compreso che essa fornisce anche un metodo di accumulo di energia termica in un mezzo di accumulo come sopra descritto, il quale metodo prevede la circolazione continua di gas inerte ed il controllo del flusso di questo in modo tale da variare il coefficiente di scambio termico complessivo fra detto mezzo di accumulo ed il fluido vettore ed all'interno del mezzo di accumulo stesso.

Maggiore effetto sullo scambio termico anche in associazione all'utilizzo di gas inerte nella sede anulare dei tubi dello scambiatore è l'utilizzo di tubi alettati, uno dei quali rappresentato a titolo esemplificativo in Figura 2A e presentante sezione trasversale sostanzialmente a stella.

Ancora in una configurazione di apparato preferita, il fascio tubiero costituente lo scambiatore di calore presenta i punti di giunzione nella zona lontana dalla cavità ricevente 13 o comunque non immersi nel mezzo di accumulo 12, bensì adiacenti alla superficie isolante esterna a tale mezzo.

In base ad un altro aspetto dell'invenzione cui si riferiscono le Figure 3 e 3A, al dispositivo di accumulo 1 è associato un riflettore/concentratore secondario 30 posizionato all'ingresso della cavità 13, attorno quindi all'apertura dell'involucro metallico 14 che permette l'accesso della radiazione concentrata dagli eliostati, questi ultimi denotati ciascuno con 40.

Tale riflettore secondario 30, grazie ad una superficie interna a specchio opportunamente sagomata ad esempio con un profilo parabolico o iperbolico, consente di recuperare parte della radiazione riflessa che non raggiungerebbe la cavità 13. Infatti, una parte della radiazione riflessa dagli eliostati, per motivi dovuti a imperfezioni delle superfici e/o del puntamento degli stessi, non entra nell'apertura della cavità 13, ed andrebbe pertanto persa.

Una possibile alternativa consisterebbe nella realizzazione di un'apertura della cavità più estesa: questa soluzione farebbe però aumentare significativamente l'irraggiamento dalla cavità stessa verso l'ambiente esterno, con il risultato di perdere comunque una parte consistente della potenza incidente. L'uso di un concentratore secondario permette di rilassare anche il vincolo di progetto sulla precisione nella curvatura degli eliostati, che fa variare la dimensione del fascio riflesso sul ricevitore.

Inoltre, l'utilizzo di detto concentratore secondario, consente di impiegare eliostati piani, di area non superiore alla superficie dell'apertura. Questo aspetto ha una grande influenza sul costo totale della tecnologia: gli specchi piani sono molto economici e le spese per gli eliostati rappresentano tipicamente oltre la metà del costo totale di un impianto.

L' orientamento del concentratore segue l'orientamento e la posizione della cavità che è rivolta a favore del campo di eliostati come rappresentato in Fig. 5.

Con riferimento ora alla Figura 4 ed in base ad un ulteriore aspetto dell'invenzione, quando le temperature che si realizzano nel dispositivo di accumulo 1 sono tanto elevate da provocare stress termici alle tubazioni dello scambiatore, una configurazione di apparato particolarmente vantaggiosa consiste in una organizzazione di più dispositivi di accumulo del tipo descritto disposti in serie termica.

In particolare, tale disposizione fa sì che i dispositivi in serie ricevano calore in modo da ottenere la massima efficienza di scambio e di consentire al fluido il raggiungimento della temperatura più alta in una serie di riscaldamenti a stadi successivi.

Il riscaldamento del fluido avviene attraversando due o più dispositivi di accumulo collegati in serie – denotati con 1 e 10 in Figura 4 - ed aventi temperature di esercizio crescenti. Pertanto, la quantità di energia solare concentrata, il volume dei relativi mezzi di accumulo, la densità (l'efficienza) dello scambiatore associato a ciascun dispositivo di accumulo e la logica di controllo degli stessi sono realizzati in modo sia da ridurre lo stress termodinamico dei tubi dello scambiatore sia da massimizzare l'efficienza del sistema.

La soluzione al problema dello stress termico e meccanico dei fasci tubieri associati ai dispositivi di accumulo è individuata quindi nel riscaldamento frazionato, ossia nella suddivisione del salto termico complessivo del fluido, utile al ciclo termodinamico, in stadi termici successivi, ottenendo in tal modo per ciascuno stadio un opportuno delta di temperatura fra il fluido in ingresso allo scambiatore ed i tubi dello scambiatore stesso limitando fino ad annullare le sollecitazioni ai tubi metallici.

Nella configurazione di Figura 4 – nella quale "L" denota la fase liquida e "V" quella di vapore del fluido vettore – ciascun dispositivo di accumulo 1, 10 è dotato di propria rispettiva cavità ricevente 13, 130.

In tale configurazione, i due (o più) dispositivi di accumulo in serie realizzano complessivamente un apparato di accumulo costituito da due (o più) distinti volumi di grafite (mezzi di accumulo), aventi le caratteristiche descritte in precedenza, dotati ciascuno di una propria cavità e relativa parete riscaldante.

In tal caso la temperatura e quindi la quantità di energia termica accumulata in ciascun volume di grafite dipende dalla combinazione dei fattori superficie degli eliostati/specchi che puntano verso la cavità, condizioni atmosferiche e durata del puntamento.

In una configurazione alternativa mostrata in Fig. 4A, i dispositivi di accumulo in serie termica crescente possono avere cavità ricevente comune, con un medesimo involucro metallico termicamente isolato. In tal caso, la cavità comune riscalda a differente temperatura le previste zone dell'accumulatore.

Pertanto, all'interno dell'involucro metallico unico sono realizzati due o più volumi di grafite isolati termicamente fra di loro e ciascuno in contatto con una rispettiva porzione della superficie riscaldante della cavità. L'estensione della superficie riscaldante (della cavità) in contatto con ciascun volume di grafite sarà dimensionata a seconda della temperatura di esercizio che si intende raggiungere a fine riscaldamento per il determinato volume di accumulo. Allo stesso modo la temperatura finale di ciascun volume di grafite è proporzionale alla superficie della cavità ed alla massa di grafite in contatto con essa.

Opzionalmente, in questo caso, la frazione di energia riflessa e ri-emessa nell'ambiente può essere ridotta grazie alla geometria delle superfici interne della cavità e/o a lenti opportune poste in corrispondenza dell'accesso alla cavità, che consentano un "effetto serra" localizzato. L'effetto può essere amplificato mediante il ricorso a verniciature della superficie irraggiata della cavità con materiali idonei a trattenere il calore incidente.

In entrambi i casi sopra descritti - ossia apparato di accumulo seriale a singola cavità ricevente o a cavità dedicate - i diversi volumi di accumulo sono isolati termicamente fra loro e la necessaria regolazione di portata, temperatura e pressione del vapore che circola nei diversi volumi a temperatura crescente potrà essere ottenuta attraverso l'impiego di un separatore o corpo cilindrico 160.

Nel contesto sopra indicato, l'invenzione fornisce anche un metodo di accumulo e trasmissione di energia termica di origine solare concentrata mediante eliostati, che prevede la disposizione termicamente in serie di mezzi di accumulo come sopra descritti, in modo tale che essi siano attraversati in sequenza dai fasci tubieri, la configurazione complessiva essendo tale che detti mezzi di accumulo sono atti ad assumere temperatura crescente, rispetto al verso di attraversamento del fluido vettore, a seguito dell'irradiazione degli eliostati.

Con riferimento ora alla Figura 5, è rappresentato un tipico modulo di un apparato di accumulo e trasmissione di energia termica secondo una ulteriore forma di realizzazione preferita dell'invenzione.

Tale modulo comprende un dispositivo di accumulo primario 1 realizzato come già descritto e posizionato su una torre 5 ad opportuna altezza.

L'apparato prevede una pluralità di eliostati 40 già introdotti sopra che realizzano un campo specchi dedicato.

Per ulteriore margine di indipendenza dalle condizioni atmosferiche, il modulo qui considerato prevede almeno un ulteriore dispositivo di accumulo 20 di riserva posizionato sulla medesima torre 5. Tale o tali accumulatori di riserva 20 sono predisposti a ricevere la radiazione incidente in caso di saturazione della capacità di accumulo termico del dispositivo principale 1. Tale predisposizione risulta particolarmente vantaggiosa in caso di indisponibilità temporanea del generatore elettrico associato all'apparato di accumulo.

Per consentire il passaggio del fluido anche nei dispositivi addizionali 20 è previsto che le tubazioni degli scambiatori connessi al dispositivo principale 1 siano adeguatamente sezionate a mezzo di valvole automatiche poste in linea.

La scelta di riservare degli accumulatori ausiliari risulta estremamente consigliabile perché consente di prevedere ulteriori ricevitori senza aggravi eccessivi in relazione al costo di un modulo completo.

La collocazione di ulteriore accumulatore sulla stessa torre prevista per il sistema di accumulo principale permette, a fronte di un modesto aumento di costo, l'accumulo di una frazione di energia che non sarebbe utilizzata e quindi persa in caso di saturazione della capacità di accumulo dell'apparato principale. L'evento di saturazione può verificarsi per tre principali motivi, ossia per picchi di potenza solare incidente (soprattutto in estate), per arresti dell'impianto dovuto a manutenzione e per impossibilità o non convenienza ad immettere energia elettrica nella rete di distribuzione.

In presenza di tale evento è previsto che l'orientamento degli eliostati dedicati all'accumulatore saturo sia cambiato e diretto verso la cavità dell'accumulatore di riserva.

In base ad un ulteriore aspetto dell'invenzione - e particolarmente nel caso sopra considerato di dispositivi di accumulo collegati in serie per realizzare il riscaldamento del fluido in stadi termici crescenti o in caso di dispositivi di accumulo di riserva - è prevista la possibilità di cambiare l'orientamento degli eliostati dedicati a ciascun dispositivo di accumulo, una volta raggiunta la temperatura prestabilita, verso altro dispositivo dello stesso modulo o di altro modulo ancora in fase di riscaldamento.

Quindi sarà possibile azionare l'orientamento degli eliostati all'occorrenza, ossia una volta raggiunta la temperatura prestabilita, e cambiare l'orientamento degli specchi verso un altro accumulatore dello stesso o di altro modulo.

La logica di puntamento degli eliostati tiene conto dei vari parametri di esercizio ed insegue la migliore efficienza dell'impianto.

In una ulteriore configurazione preferita, è previsto che l'apparato formato da un numero opportuno di moduli a seconda della potenza dell'impianto sia dotato di uno o più moduli o dispostivi di accumulo per il preriscaldamento del fluido di servizio. Tali moduli o dispositivi di preriscaldamento mantengono costantemente una riserva d'acqua ad alta temperatura in pressione (non meno di 200°C a 40 bar) per consentire lo start up quotidiano e fintantoché a valle del transitorio iniziale non si renda disponibile vapore. L'utilizzo di tale preriscaldatore è limitato ai tempi di start up. Opzionalmente il pre-riscaldatore può essere integrato in ciascun modulo.

La presente invenzione è stata fin qui descritta con riferimento a forme preferite di realizzazione. È da intendersi che possano esistere altre forme di realizzazione che afferiscono al medesimo nucleo inventivo, come definito dall'ambito di protezione delle rivendicazioni qui di seguito riportate.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di accumulo (1) di energia termica, presentante una cavità ricevente (13) entro la quale viene concentrata, mediante eliostati, una radiazione di origine solare, il quale dispositivo (1) comprende:

- un mezzo di accumulo (12), in forma di una miscela vibro-compattata di frammenti di grafite e particolato carbonioso e/o micro polveri di grafite; e
- fasci tubieri (17), estendentisi entro detto mezzo di accumulo (12) ed atti a ricevere un fluido vettore di scambio termico.

2. Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 1, in cui detti frammenti di grafite presentano una granulometria a distribuzione bimodale.

3. Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detti frammenti di grafite sono sostanzialmente sferici.

4. Dispositivo di accumulo (1) di energia termica secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente mezzi di circolazione (20) di gas inerte, atti a determinare un flusso continuo di gas inerte in corrispondenza del mantello esterno di detti fasci tubieri (17) ed a controllare la velocità di tale gas inerte in modo tale da variare il coefficiente di scambio termico complessivo fra detto mezzo di accumulo (12) ed il fluido vettore.

5. Dispositivo di accumulo (1) secondo la rivendicazione precedente, in cui la disposizione complessiva è tale che detti mezzi di circolazione (20) sono atti a far fluire il gas inerte in una intercapedine tra detti fasci tubieri (17) e detto mezzo di accumulo (12).

6. Dispositivo di accumulo (1) secondo la rivendicazione precedente, in cui la disposizione complessiva è tale che il gas inerte viene ri-circolato entro detto mezzo di accumulo (12).

7. Dispositivo di accumulo (1) secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui la disposizione complessiva è tale che l'ingresso del gas inerte nel dispositivo (1) è realizzato in corrispondenza di una zona a monte dello scambio termico fra fasci tubieri (17) e mezzo di accumulo (12) e l'uscita del gas inerte è realizzata in corrispondenza di una zona a valle di tale scambio termico.

8. Dispositivo di accumulo (1) di energia termica secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un riflettore/concentratore (30), disposto in corrispondenza dell'ingresso di detta cavità (13) e

posizionato o posizionabile in modo tale da riflettere all'interno di questa una radiazione solare riflessa o residua.

9. Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un involucro metallico termicamente isolato (14) che alloggia detto mezzo di accumulo (12).

10. Apparato di accumulo e trasmissione di energia termica di origine solare concentrata mediante eliostati, comprendente una pluralità di dispositivi di accumulo (1, 10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

11. Apparato secondo la rivendicazione precedente, in cui detti mezzi di accumulo (1, 10) sono disposti termicamente in serie, essendo attraversati in sequenza da detti fasci tubieri (17), la disposizione complessiva essendo tale che detti mezzi di accumulo (1, 10) sono atti ad assumere temperatura crescente, rispetto al verso di attraversamento del fluido vettore, a seguito dell'irradiazione degli eliostati.

12. Apparato secondo la rivendicazione 10 o 11, in cui detti mezzi di accumulo presentano una cavità ricevente comune.

13. Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 10 a 12, comprendente una pluralità di eliostati (40) e mezzi di controllo dell'orientamento di detti eliostati, atti a modificare il mezzo di accumulo irradiato da uno o più di questi.

14. Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 10 a 13, comprendente almeno un modulo formato da un mezzo di accumulo principale (1) e da un mezzo di accumulo di riserva (20) selettivamente irradiabili.

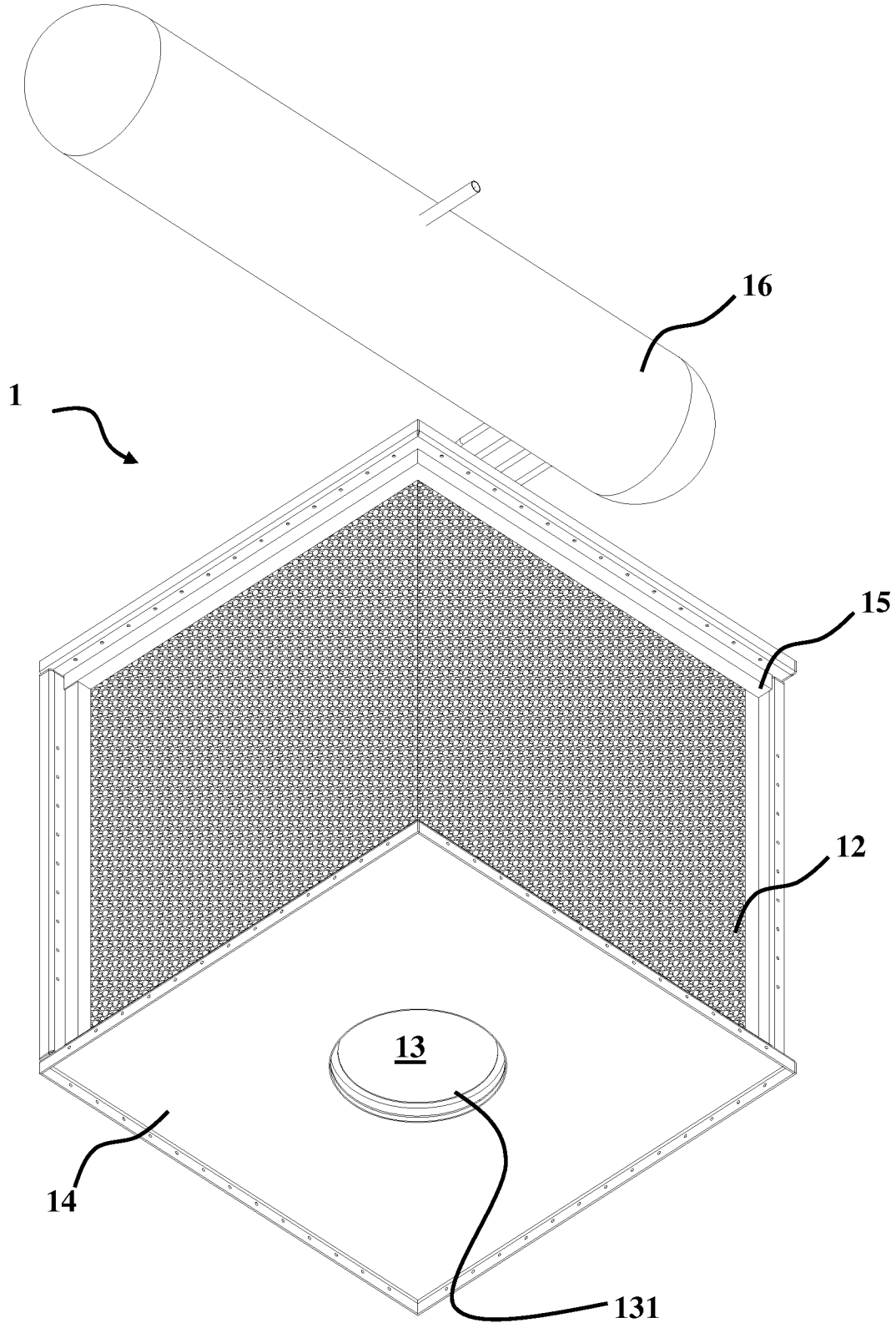


FIG 1

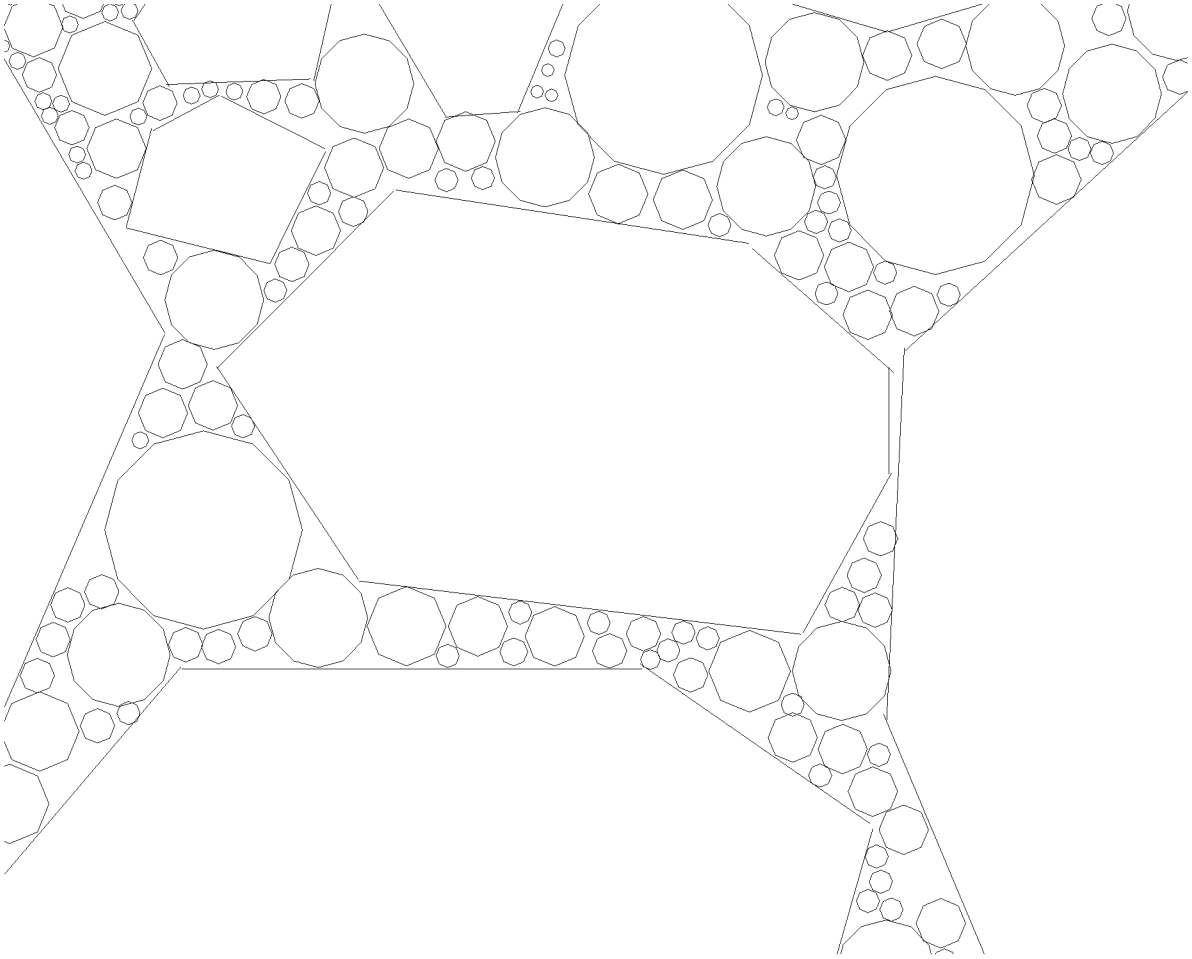


FIG. 1A

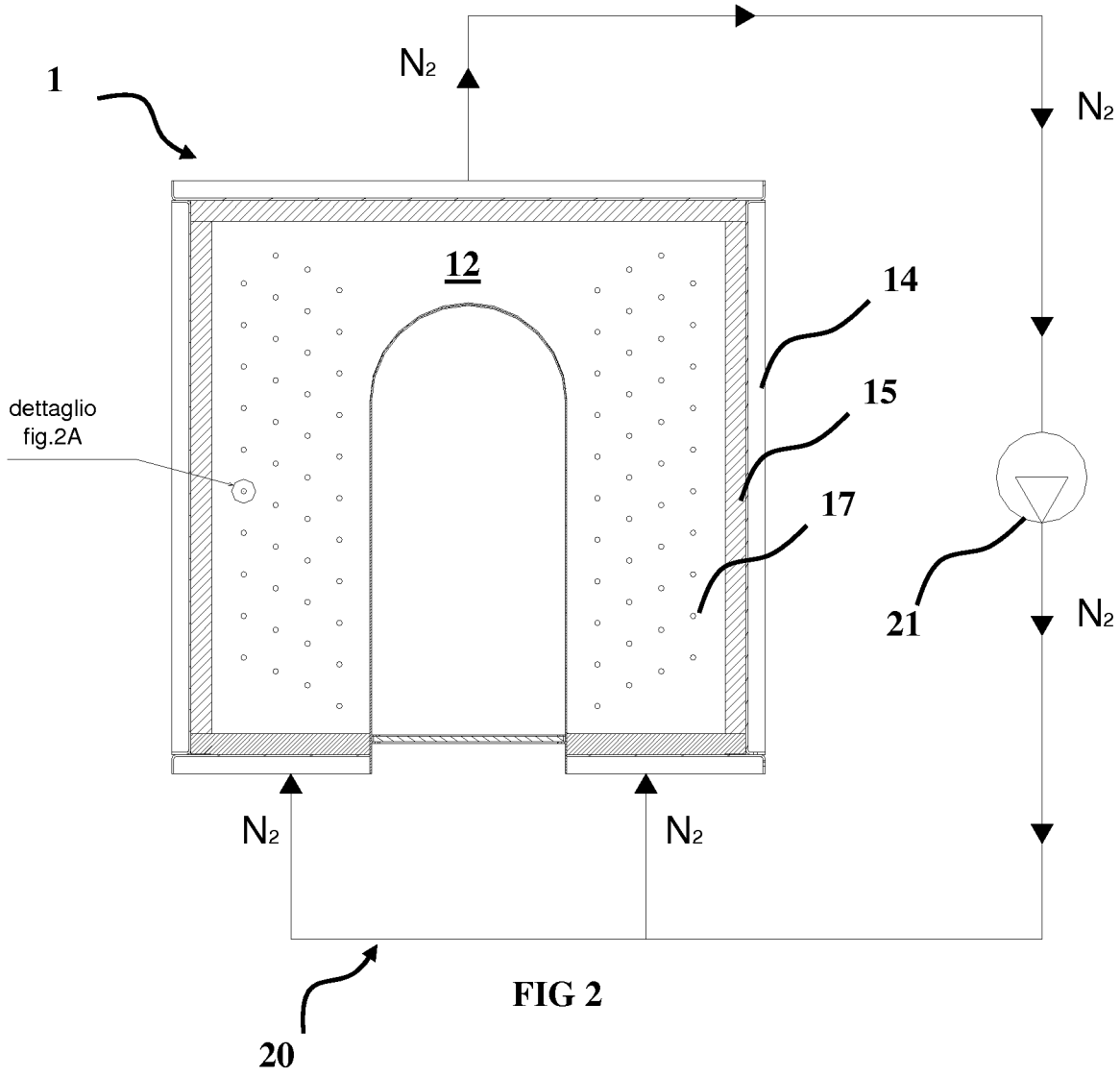


FIG 2

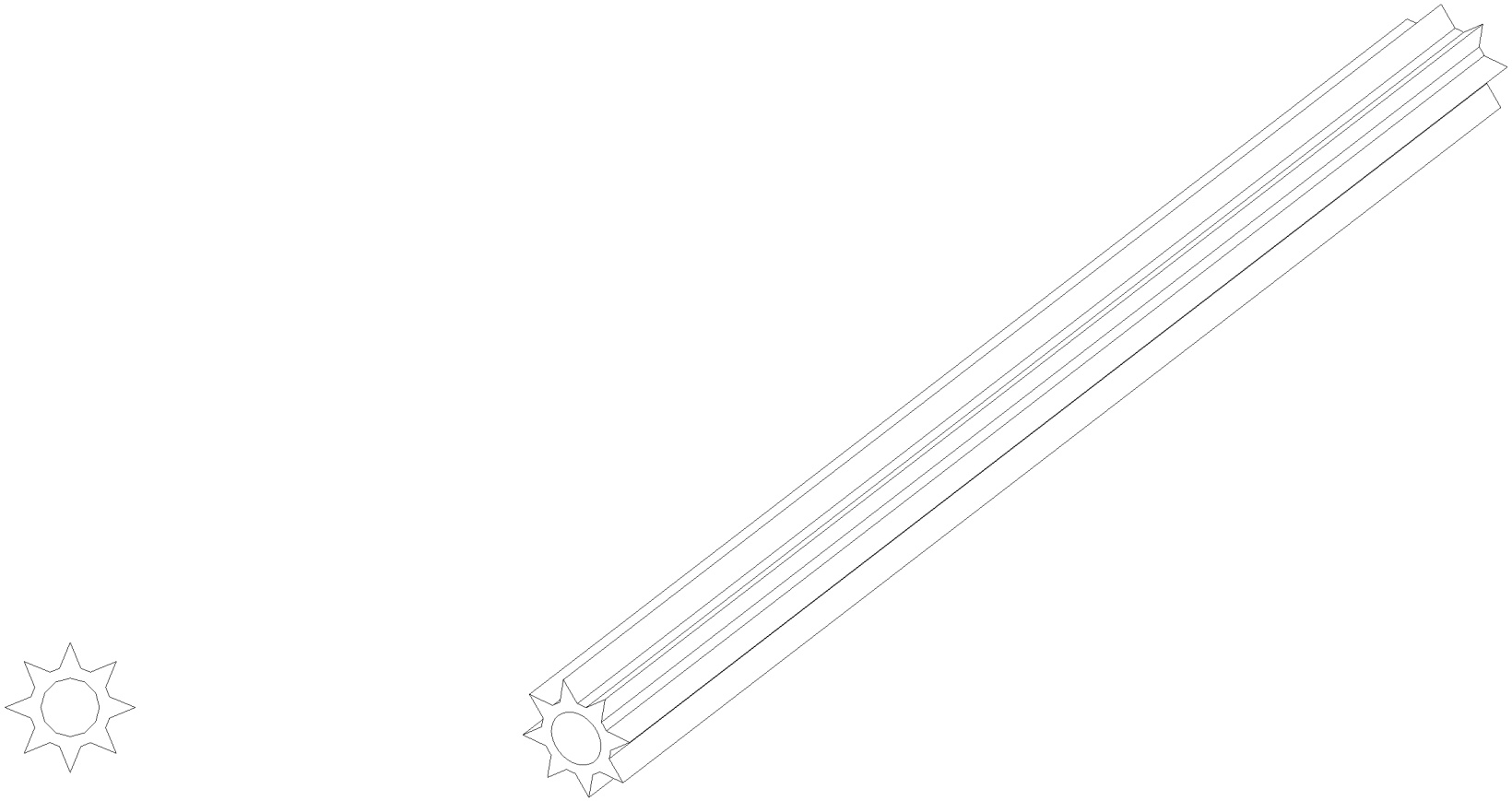


FIG 2A

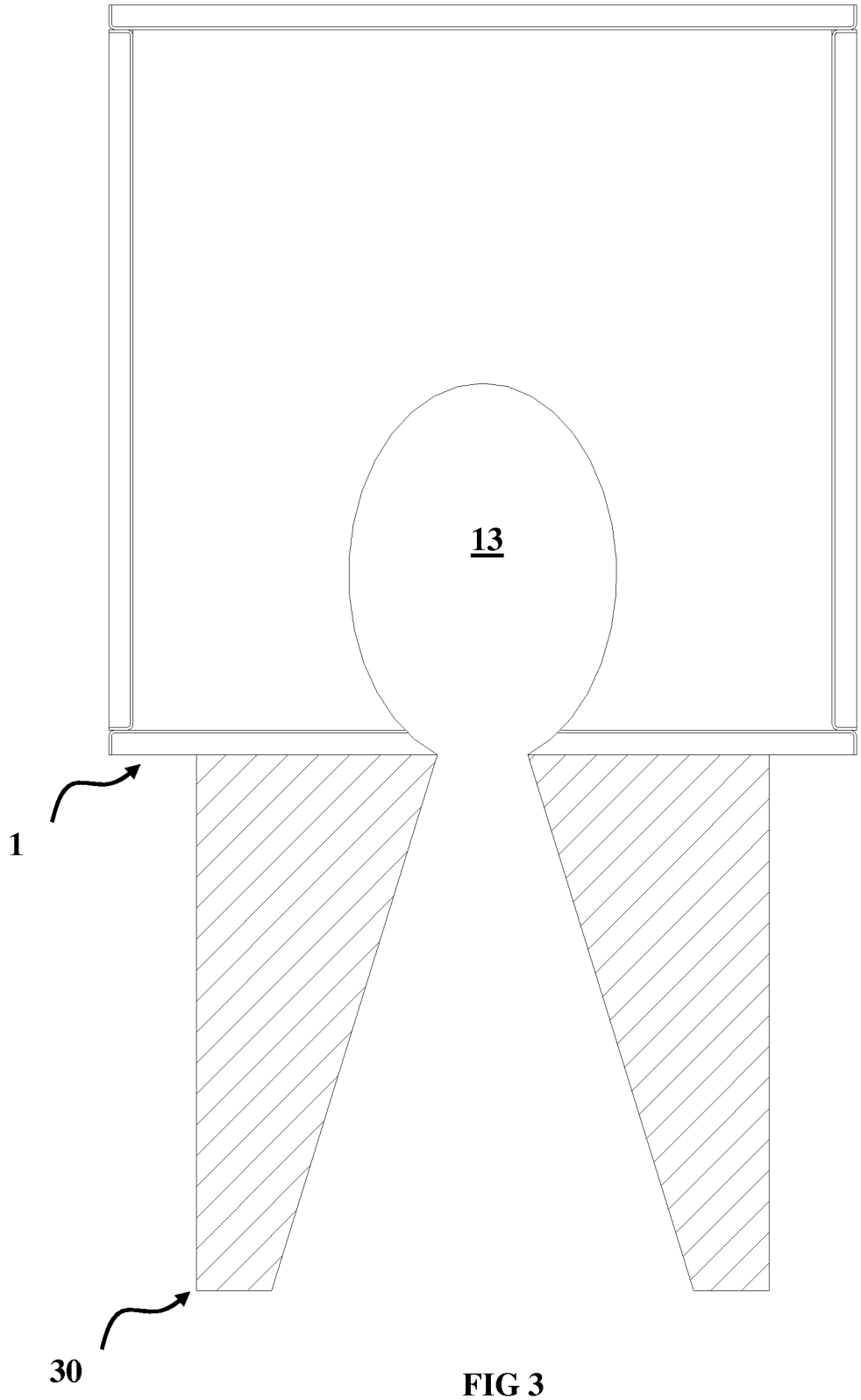


FIG 3

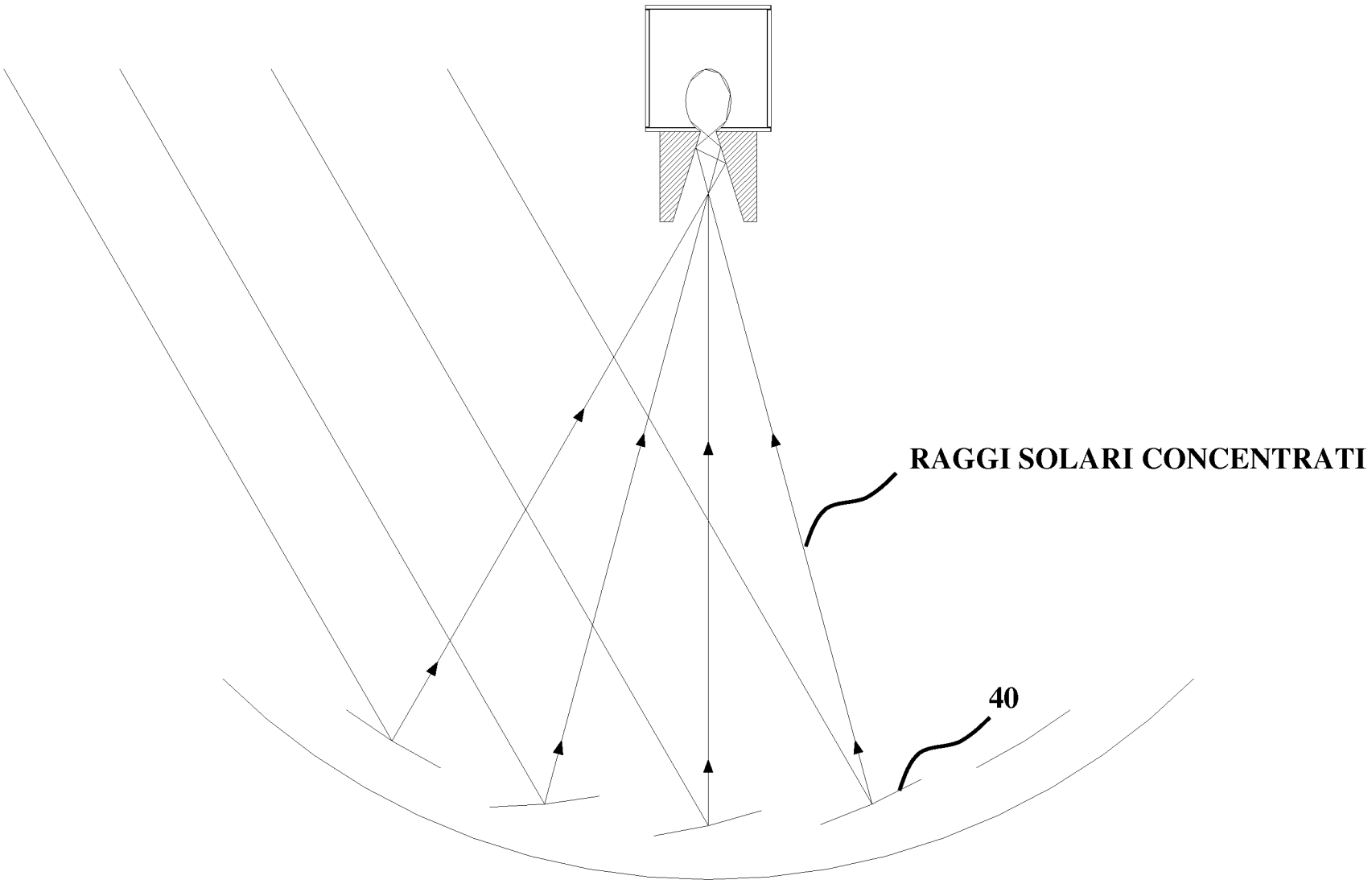


FIG 3A

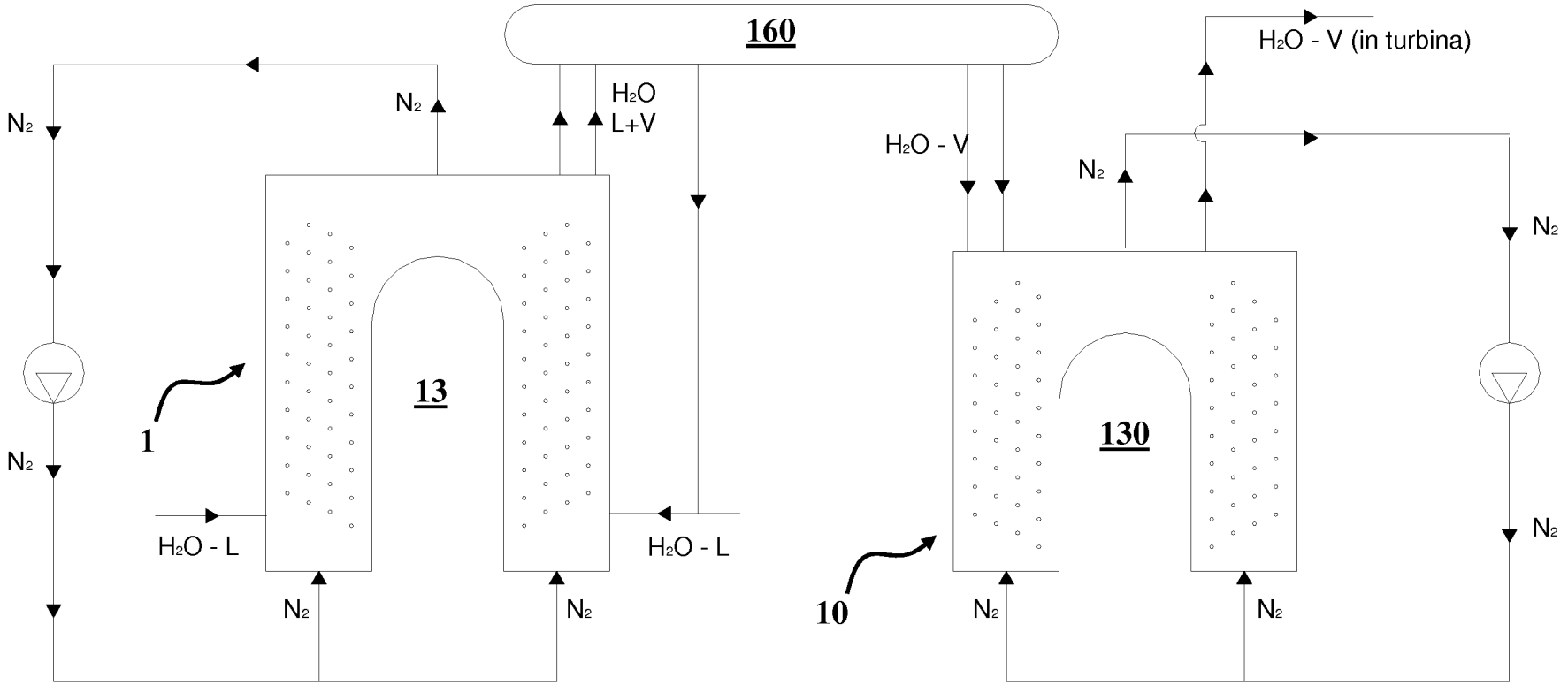

160
H₂O - V (in turbina)
N₂
H₂O
L+V
H₂O - V
N₂
N₂
N₂
13
1
130
N₂
H₂O - L
H₂O - L
10
N₂
N₂
N₂
N₂

FIG 4

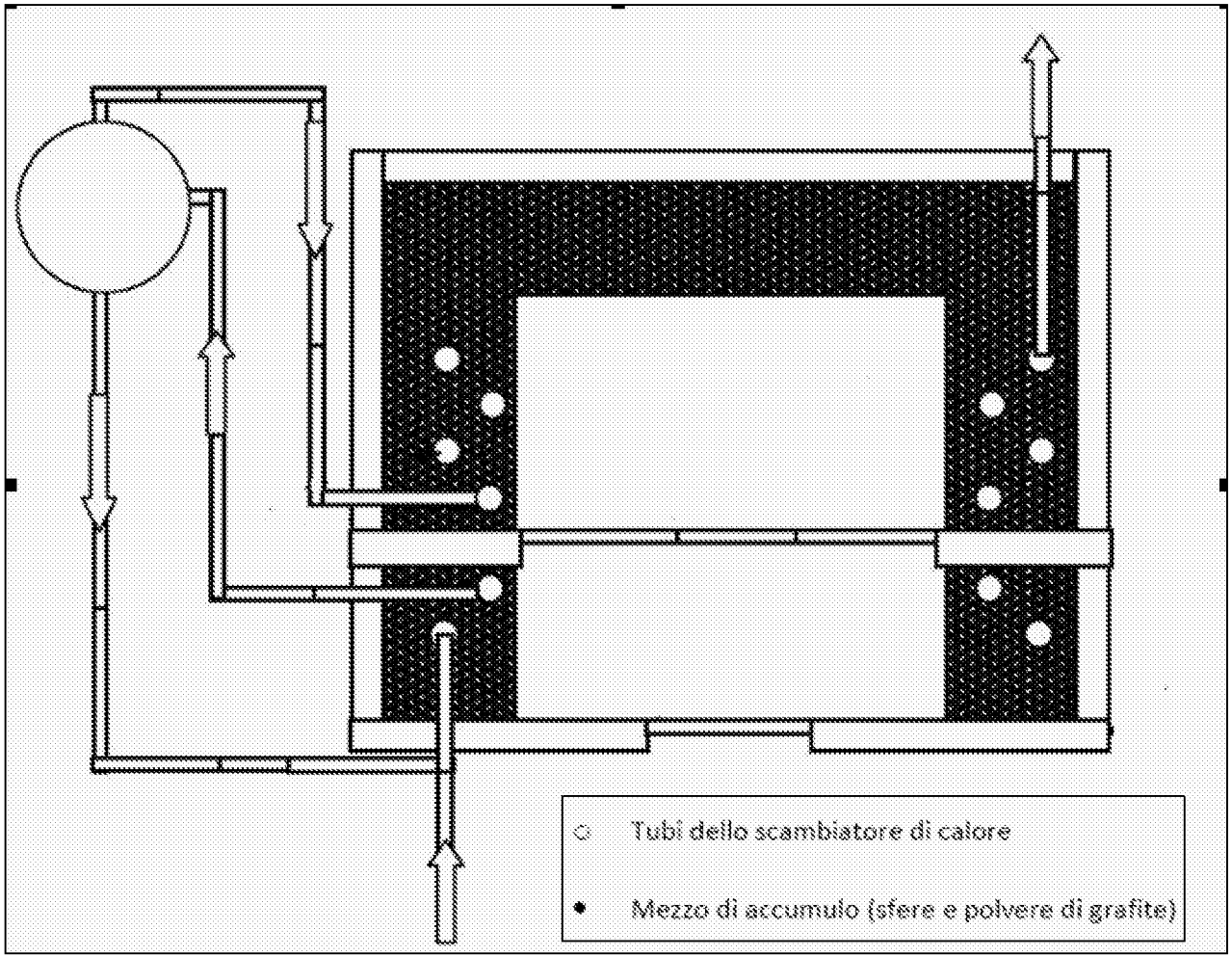

Tubi dello scambiatore di calore
Mezzo di accumulo (sfere e polvere di grafite)

FIG 4 A

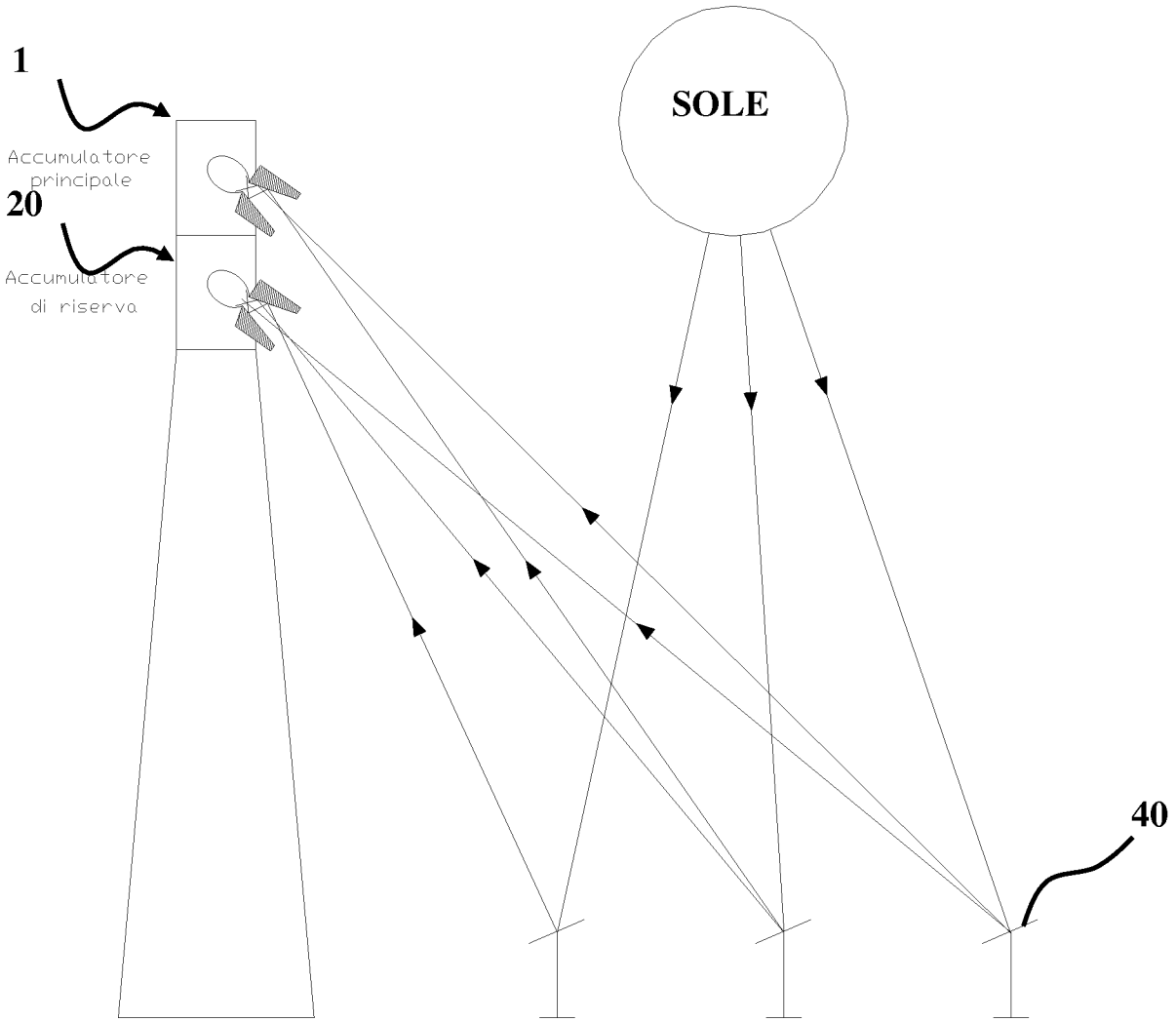

1
Accumulatore principale
20
Accumulatore di riserva
SOLE
40

FIG 5

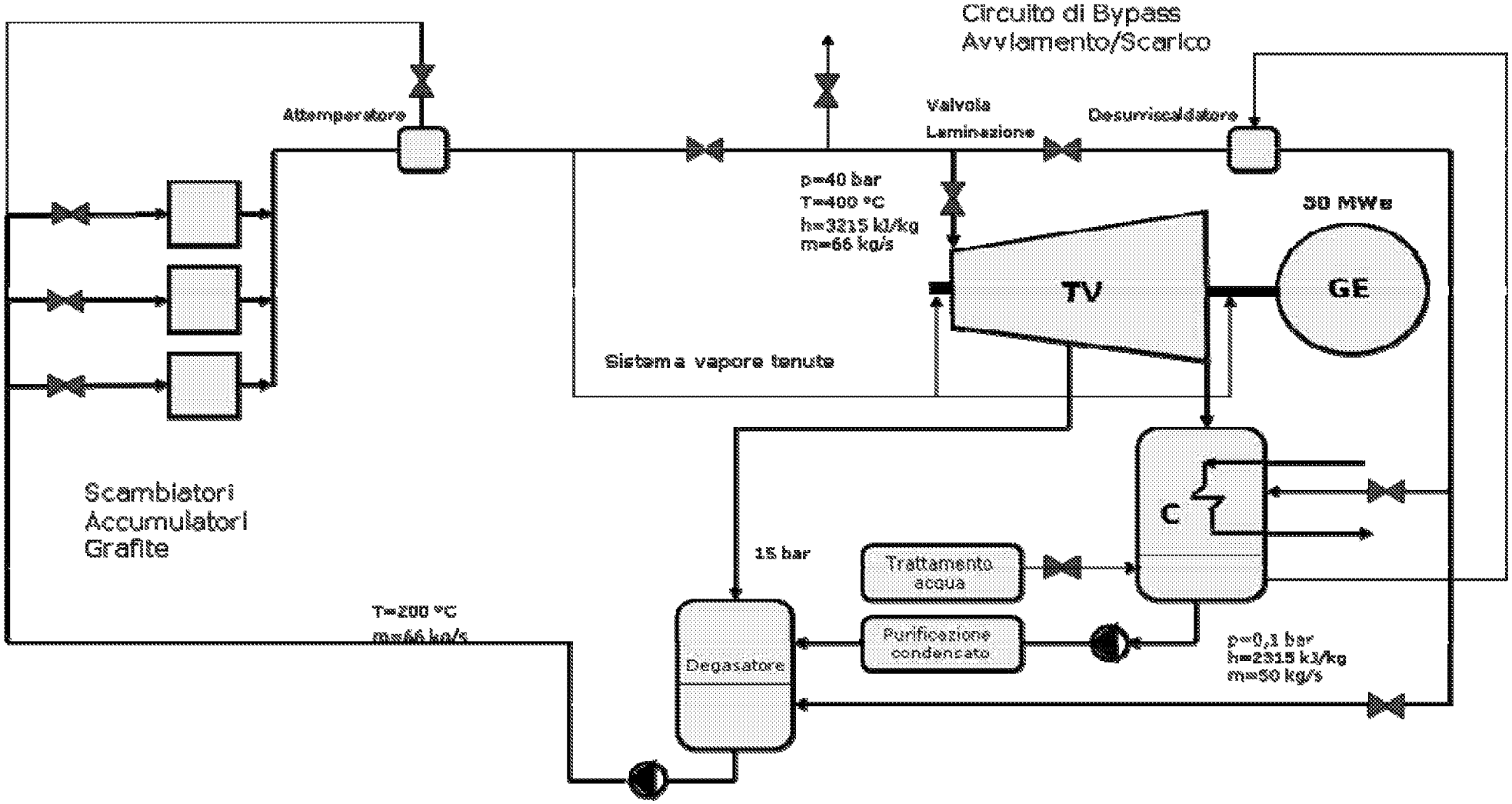

Circuito di Bypass
Avviamento/Scarico
Attemperatore
Valvola
Laminazione
Desurriscaldatore
p=40 bar
T=400 °C
h=3215 kJ/kg
m=66 kg/s
30 MWe
TV
GE
Sistema vapore tenute
Scambiatori
Accumulatori
Grafite
C
15 bar
Trattamento
acqua
T=200 °C
m=66 kg/s
Degasatore
Purificazione
condensato
p=0,1 bar
h=2315 kJ/kg
m=60 kg/s

FIG 6