



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102012902101390
Data Deposito	15/11/2012
Data Pubblicazione	15/05/2014

Classifiche IPC

Titolo

ESPANSORE/COMPRESSORE VOLUMETRICO ROTATIVO A DOPPIO FLUSSO BILANCIATO, IN PARTICOLARE IMPIEGABILE IN CICLI TERMODINAMICI DIRETTI E/O INVERSI DI TIPO RANKINE

DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE avente per titolo
**“ESPANSORE/COMPRESSORE VOLUMETRICO ROTATIVO A DOPPIO
FLUSSO BILANCIATO, IN PARTICOLARE IMPIEGABILE IN CICLI
5 TERMODINAMICI DIRETTI E/O INVERSI DI TIPO RANKINE”**

A nome: I.V.A.R. S.p.A. società di nazionalità italiana con sede a PREVALLE
- 25080 (BRESCIA).

Inventore: OLIVOTTI SERGIO, di nazionalità italiana, residente in Altavilla
Vicentina (Vicenza), Via Dante Alighieri n. 20

10 Mandatari: Ing. Gianmarco Ponzellini, Albo n° 901BM, Ing. Alessandro Galassi
Albo n° 996 BM, Ing. Luca Sutto, Albo n° 556BM, domiciliati
professionalmente presso PONZELLINI GIOIA E ASSOCIATI
S.R.L. con sede a Milano, Via Mascheroni, 31.

15 La presente invenzione ha per oggetto un espansore/compressore volumetrico di tipo
rotativo a doppio flusso bilanciato (che di seguito, per brevità, verrà indicato come
“espansore/compressore”), e trova particolare impiego in macchine che realizzano
cicli termodinamici diretti e/o inversi, di tipo Rankine. La presente invenzione trova
particolare collocazione nella produzione di energia elettrica e termica mediante
20 impianti di cogenerazione e micro-cogenerazione, e riguarda inoltre un impianto di
micro-cogenerazione comprendente il suddetto espansore/compressore.

Si espongono di seguito alcune considerazioni storiche relative a cicli termodinamici
e relative macchine termodinamiche.

Nel 1816 Robert Stirling introdusse il motore con ciclo termico ad aria calda a
25 circuito aperto, caratterizzato da un flusso intermittente composto da quattro fasi:

aspirazione di aria a pressione atmosferica alla temperatura ambiente, compressione dell'aria aspirata, repentino riscaldamento ed espansione dell'aria precompressa, espulsione dell'aria esausta. In una successiva evoluzione, allo scopo di aumentare il rendimento termico, mantenendo invariato il ciclo a quattro fasi, vennero sviluppate
5 molteplici soluzioni con diverse tipologie di motori alternativi e rotativi a circuito chiuso e venne inserito nel circuito uno scambiatore di calore bidirezionale definito "rigeneratore".

A partire dal 1824 Sadi Carnot affermò il principio secondo cui affinché una macchina termica funzioni è necessario disporre di due sorgenti a temperature
10 differenti. Nell'ambito della sua trattazione, Carnot teorizzò il cosiddetto "ciclo di Carnot", ossia un ciclo puramente teorico che possiede la caratteristica di essere il ciclo termodinamico, che evolve tra le due sorgenti a temperature differenti, avente il rendimento termodinamico maggiore. La realizzazione di tale ciclo richiede lo studio di una macchina termica teorica in grado appunto di ottenere la massima prestazione
15 termica possibile attraverso l'utilizzo di materiali perfettamente isolanti, l'assenza di attrito ed un gas perfetto quale fluido operativo. Il ciclo, nel suo insieme, è rappresentato in figura 1a. Esso è costituito da due trasformazioni adiabatiche e da due trasformazioni isoterme. L'area compresa tra le quattro trasformazioni che definiscono il ciclo rappresenta il lavoro netto L ottenuto mediante tale ciclo. Tale
20 lavoro si ottiene per differenza tra i lavori positivi $L_2 = AB + BC$ ed i lavori negativi $L_1 = CD + DA$ cioè: $L = L_2 - L_1$. Anche il calore complessivo Q che la macchina termica trattiene per sé è dato dalla differenza tra quello che ha assorbito e quello che ha scaricato. La conclusione evidente è che il lavoro L che la macchina è in grado di produrre è dato dal calore che ha assorbito meno quello ceduto $L = Q_2 - Q_1$. Da
25 quanto esposto possiamo trarre la conclusione che, come è noto, soltanto una parte

del calore fornito alla macchina si trasforma in lavoro, mentre la parte restante viene necessariamente scaricata verso l'esterno del sistema. Per le macchine termiche è quindi possibile definire il rendimento corrispondente al rapporto tra il lavoro che la macchina produce ed il calore che è necessario fornire in ingresso alla macchina, e cioè $\eta = L / Q_2$. Dal momento che $L = Q_2 - Q_1$, si ricava la seguente espressione: $\eta = (Q_2 - Q_1) / Q_2 = 1 - Q_1 / Q_2$. Nel caso di una macchina di Carnot, il rendimento può essere così definito: $\eta = 1 - Q_1/Q_2 = 1 - T_1 / T_2$ dove si è sostituito il calore con le temperature assolute espresse in gradi Kelvin. In sostanza, al fine di migliorare il rendimento termico è necessario rendere sempre più piccola la quantità Q_1 / Q_2 , che si sottrae al valore 1 abbattendo il rendimento. Per fare ciò occorre che i valori del numeratore e del denominatore siano i più distanti possibile, ossia che la sorgente calda lavori alla temperatura più alta possibile e la sorgente fredda sia alla temperatura più bassa possibile. Sulla temperatura della sorgente calda vi sono limitazioni tecnologiche di ciclo e di materiali, così come sulla temperatura della sorgente fredda vi sono limitate possibilità: è tipicamente necessario utilizzare la temperatura dell'ambiente esterno o quella di un fluido di raffreddamento che viene fatto circolare in un apposito scambiatore.

Il grafico di figura 1a è rappresentativo del ciclo di Carnot cosiddetto “ordinario” ma, utilizzando le stesse regole termodinamiche, è possibile rappresentare anche il ciclo “frigorifero” di Carnot (figura 1b). In pratica, le trasformazioni possono avvenire in verso opposto, disponendo di un volume dal quale viene sottratto calore (anziché al quale viene apportato). Per eseguire questa operazione occorre fare del lavoro. Quindi, contrariamente alla macchina ordinaria di Carnot già esaminata, nella macchina frigorifera è necessario fornire lavoro per sottrarre calore. La migliore applicazione della macchina termica reversibile, che utilizza il ciclo di Carnot, è

quella che viene definita “pompa di calore”. Tuttavia, mentre per il ciclo ordinario di Carnot il rendimento è abbastanza facilmente calcolabile, per il ciclo frigorifero il rendimento è di difficile calcolo e, quindi, per le pompe di calore viene semplicemente definito un “effetto utile refrigerante” o “coefficiente di prestazione”,
5 ovvero il rapporto tra il calore sottratto a bassa temperatura ed il lavoro che è necessario spendere per sottrarlo.

A partire dal ciclo di Carnot, la tecnica si è evoluta tramite gli studi di numerosi ingegneri, scienziati e tecnologi. Tra questi, Rankine fu il primo che studiò scientificamente a fondo la macchina a vapore (con condensatore separato). Egli, tra
10 il 1858 ed il 1859, realizzò un ciclo di funzionamento di tale macchina. In figura 2a è riportato lo schema di funzionamento di un sistema a vapore con ciclo Rankine, nel quale la caldaia costituisce la sorgente calda che fornisce il calore Q_c al motore ed il condensatore costituisce la sorgente fredda Q_{cond} nella quale confluisce il calore residuo, dopo aver prodotto il lavoro L_t ; il lavoro meccanico L_t è ottenuto
15 dall’espansore volumetrico (turbina) e può essere utilizzato per qualsiasi uso (trazione, produzione elettrica, ecc.). In figura 3a è rappresentato schematicamente il ciclo di Rankine, dove con linea continua è riportato il ciclo teorico e con linea tratteggiata il ciclo reale. Naturalmente, in un progetto viene tipicamente ipotizzata una situazione ideale per ciascuna trasformazione, mentre le trasformazioni reali non
20 sono mai perfette in quanto è impossibile avere perfette isobare, perfette adiabatiche, perfette isoterme, perfette isocore. Entrando nel merito del ciclo: per prima cosa è necessario che la caldaia fornisca il calore necessario Q_c per trasformare l’acqua di condensa in vapore saturo ad alta temperatura e pressione (trasformazione D-A). A questo punto il vapore entra nella turbina e si espande mediante una isobara
25 (trasformazione da A-B), e poi continua ad espandersi mediante una adiabatica

(trasformazione B-C). In questo tratto si ottiene lavoro dalla macchina. Nella successiva trasformazione C-D il fluido esausto viene compresso (a pressione costante) e costretto a transitare attraverso lo scambiatore-condensatore, cedendo calore (Q_{cond}) e trasformandosi in acqua di condensa che poi, tramite il lavoro (L_p) della pompa ad alta pressione, viene riportato nella caldaia. Dal punto D al punto A, il fluido condensato viene riscaldato a volume costante (trasformazione isocora) per essere riportato alla pressione di taratura.

Per concludere si ricorda George Brayton, il quale nel 1873 realizzò un motore in grado di sfruttare la completa espansione del gas fino alla pressione atmosferica; si trattava di fatto del precursore della turbina a gas a flusso continuo che, attualmente, è quella maggiormente utilizzata nei grandi impianti di cogenerazione e/o produzione di energia elettrica.

Complessivamente, sono state sviluppate diverse macchine che realizzano un ciclo termodinamico di Rankine o altri cicli termodinamici. Tuttavia, la Richiedente ha riscontrato che tali soluzioni presentano inconvenienti e sono migliorabili sotto diversi aspetti. In particolare, le macchine che utilizzano espansori e compressori alternativi risultano meccanicamente complicate e funzionano a basso numero di giri. Gli espansori rotativi Wankel, di contro, presentano problemi di tenuta e inoltre necessitano di valvole di carico e scarico. Ancora, gli espansori e compressori centrifughi Scroll risultano inadatti per cicli a vapore surriscaldato ad alta pressione.

In generale, le soluzioni note, oltre a problemi di complessità meccanica e di funzionamento, sono tipicamente adatte soltanto all'uso per uno specifico ciclo termodinamico e difficilmente utilizzabili in cicli diversi o in modo reversibile. Un ulteriore inconveniente delle soluzioni note risiede nel limitato rendimento complessivo ottenibile.

In questa situazione lo scopo alla base della presente invenzione, nei suoi vari aspetti e/o forme realizzative, è mettere a disposizione un espansore/compressore volumetrico rotativo a doppio flusso bilanciato impiegabile in particolare in macchine termiche che realizzano cicli termodinamici diretti e/o inversi di tipo Rankine che possa essere in grado di ovviare ad uno o più degli inconvenienti citati.

5 Ulteriore scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione un espansore/compressore caratterizzato da un elevato rendimento termodinamico. Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di proporre un espansore/compressore caratterizzato da una struttura meccanica semplice e/o di rapida realizzazione. Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di proporre un espansore/compressore caratterizzato da un ridotto costo di realizzazione.

10 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione un impianto di cogenerazione o micro-cogenerazione in grado di produrre energia elettrica e calore in modo efficiente e/o con un elevato rendimento termodinamico.

15 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di realizzare un impianto di cogenerazione o micro-cogenerazione di semplice e/o economica realizzazione e/o di ingombro ridotto.

Tali scopi, e altri eventuali, che meglio risulteranno nel corso della seguente descrizione, vengono sostanzialmente raggiunti da un espansore/compressore, e/o da

20 un impianto di cogenerazione comprendente tale espansore/compressore, secondo una o più delle unite rivendicazioni, ciascuna delle quali presa da sola (senza le relative dipendenze) o in qualsiasi combinazione con le altre rivendicazioni, nonché secondo i seguenti aspetti e/o forme realizzative, variamente combinati, anche con le

25 suddette rivendicazioni.

In un primo aspetto, l'invenzione riguarda un espansore/compressore, utilizzabile in particolare per la realizzazione di macchine termiche atte a realizzare cicli termodinamici diretti e/o inversi di tipo Rankine.

In un aspetto l'espansore/compressore comprende:

- 5 - un involucro dotato di una cavità interna definente un cilindro toroidale (o cilindro anulare) ;
- due coppie di pistoni rotabilmente alloggiati all'interno del cilindro toroidale (o cilindro anulare), ciascuna coppia di pistoni essendo collegata ad un rispettivo disco di trascinamento;
- 10 - un carter e una giunzione cinetica a tre alberi alloggiata in detto carter e configurata e predisposta per operare una trasmissione del moto da e/o verso dette due coppie di pistoni, detta giunzione cinetica comprendendo un albero primario, un primo albero secondario e un secondo albero secondario, ciascun albero secondario essendo collegato ad una rispettiva coppia di pistoni.

- 15 In un aspetto, una rotazione continua dell'albero primario determina una variazione ciclica periodica della velocità di rotazione del primo e del secondo albero secondario.

- In un aspetto, l'albero primario determina una variazione ciclica periodica della velocità angolare del primo e del secondo albero secondario e delle corrispondenti
- 20 coppie di pistoni rotanti all'interno del cilindro toroidale (o cilindro anulare), consentendo la generazione di quattro distinte camere a volume e rapporto variabile, alle quali corrispondono, per ciascuna rotazione completa dell'albero primario, otto fasi di riduzione e otto fasi di aumento dinamico di volume.

- In un aspetto l'espansore/compressore è atto ad essere impiegato come apparato in
- 25 grado di produrre energia meccanica utilizzando flussi di fluido pressurizzato, cicli esotermici o endotermici, oppure di pompare, aspirare, comprimere mediante dette

fasi di riduzione e aumento dinamico del volume delle camere.

In un aspetto la giunzione cinetica comprende un doppio giunto cardanico concentrico tramite il quale il primo e il secondo albero secondario sono collegati al primo albero, caratterizzato dal fatto che mentre l'albero primario ruota con velocità
5 angolare costante i due alberi secondari ruotano a velocità angolare periodicamente più alta, uguale o più bassa rispetto all'albero primario.

In un aspetto il primo albero secondario è pieno e solidale ad una estremità con un semigiunto e all'estremità opposta con il disco di trascinamento della prima coppia di pistoni. In un aspetto il secondo albero secondario è cavo e solidale ad una estremità
10 con un rispettivo semigiunto e all'estremità opposta con il disco di trascinamento della seconda coppia di pistoni. In un aspetto l'albero primario è solidale con un primo semigiunto e un secondo semigiunto, posizionati a 90° tra loro e posti su due diverse circonferenze di lavoro, il primo semigiunto avendo un diametro minore del secondo semigiunto. In un aspetto la giunzione cinetica comprende un disco interno
15 sul quale sono rigidamente fissati quattro perni di trascinamento, posizionati a 90° tra loro, destinati al collegamento meccanico del primo semigiunto solidale all'albero primario con il semigiunto del primo albero secondario. In un aspetto la giunzione cinetica comprende un anello esterno sul quale sono rigidamente fissati quattro perni di trascinamento, posizionati a 90° tra loro, destinati al collegamento meccanico del
20 secondo semigiunto solidale all'albero primario con il semigiunto del secondo albero secondario.

In un aspetto la giunzione cinetica è caratterizzata da un angolo di inclinazione fra l'albero primario e i due alberi secondari, e tale angolo di inclinazione può essere selezionato e/o variato, manualmente o automaticamente, in modo tale da
25 determinare un aumento o una diminuzione della differenza fra la velocità media e le

velocità minima e massima delle corrispondenti coppie di pistoni, tale selezione e/o variazione consentendo di modificare, anche dinamicamente, il rapporto di volume fra le camere, ovvero il loro rapporto di compressione.

In un aspetto il cilindro toroidale (o cilindro anulare) è dotato di due luci di immissione per l'ingresso nel cilindro di vapore ad alta pressione e di due luci di espulsione per lo scarico di vapore esausto. In un aspetto dette luci di immissione e dette luci di espulsione sono ricavate su detto involucro. In un aspetto dette luci di immissione e dette luci di espulsione sono simmetriche e poste a 180° tra di loro. In un aspetto, mediante una rotazione angolare, manuale o automatica, del carter rispetto alle luci di immissione e scarico è possibile anticipare o posticipare le fasi del ciclo termico allo scopo di ottimizzare il rendimento termodinamico e/o per facilitare l'avviamento autonomo dell'espansore/compressore.

In un aspetto l'espansore/compressore è completamente privo di valvole di carico-scarico e relativi meccanismi. In un aspetto dette coppie di pistoni, in movimento nel cilindro toroidale (o cilindro anulare), determinano esse stesse l'apertura e la chiusura delle luci di immissione e di espulsione del fluido termodinamico.

In un suo aspetto indipendente, la presente invenzione riguarda inoltre un impianto di cogenerazione di energia elettrica e calore comprendente il suddetto espansore/compressore configurato per realizzare un ciclo termodinamico di Rankine per produrre energia elettrica e calore per una o più unità abitative, o per altre utenze di qualsiasi genere.

In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende un generatore di vapore dotato di un bruciatore di combustibile disposto a monte dell'espansore/compressore e collegato ad esso per fornire un flusso di vapore ad alta temperatura e pressione in grado di porre in rotazione le due coppie di pistoni di detto espansore/compressore.

In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende un alternatore/generatore elettrico disposto a valle dell'espansore/compressore e collegato ad esso per ricevere energia meccanica dalle due coppie di pistoni rotanti nel cilindro e quindi per produrre una quantità di energia elettrica destinata ad essere inviata ad un impianto
5 utilizzatore, preferibilmente di una o più unità abitative (o altre utenze di qualsiasi genere). In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende uno scambiatore/condensatore disposto a valle dell'espansore/compressore e collegato ad esso per ricevere dal cilindro toroidale (o cilindro anulare) di detto espansore/compressore un flusso di vapore esausto a bassa pressione in modo tale da
10 estrarre da esso una quantità di calore destinata ad essere inviata ad un impianto di riscaldamento e/o di produzione di acqua calda sanitaria, preferibilmente di una o più unità abitative (o altre utenze di qualsiasi genere). In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende un pressostato, operativamente collegato al generatore di vapore e configurato per regolare la pressione del vapore all'interno del generatore di
15 vapore. In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende un'apparecchiatura elettronica di controllo configurata per rilevare una richiesta di energia elettrica e/o di calore da parte di un'utenza dell'impianto elettrico a valle del cogeneratore, e/o in cui detta apparecchiatura elettronica di controllo essendo operativamente collegata al generatore di vapore e/o al pressostato in modo tale da settare un valore di taratura
20 del pressostato sulla base di detta richiesta di energia elettrica, detta apparecchiatura elettronica di controllo essendo preferibilmente configurata per rilevare un valore di pressione e/o un valore di temperatura del vapore all'interno del generatore di vapore. In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende una valvola di intercettazione operativamente connessa a, e comandabile da, detta apparecchiatura
25 elettronica di controllo in modo tale che, al raggiungimento della pressione richiesta

nel generatore di vapore, detta valvola si porta in una configurazione di apertura consentendo la fuoriuscita del vapore ad alta pressione dal generatore di vapore e, attraverso luci di immissione dell'involucro dell'espansore/compressore, tale vapore si immetta nel cilindro toroidale (o cilindro anulare) e determini la progressiva
5 rotazione delle due coppie di pistoni. In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende un regolatore operativamente connesso a detto alternatore/generatore elettrico e configurato per comandarne la produzione di energia elettrica e controllarne i valori di tensione e/o corrente. In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende un serbatoio di raccolta, posto a valle dello
10 scambiatore/condensatore e configurato per ricevere da quest'ultimo acqua di condensa. In un aspetto l'impianto di cogenerazione comprende una pompa, meccanicamente azionata dall'espansore/compressore e configurata per riportare l'acqua di condensa, preferibilmente contenuta nel serbatoio, all'interno del generatore di vapore per essere nuovamente riscaldata e trasformata in vapore, in
15 modo tale assicurare la continuità del ciclo termodinamico di Rankine.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi risulteranno maggiormente dalla descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione, tra cui anche una forma di esecuzione preferita, esemplari ma non esclusive, di un espansore/compressore in accordo con la presente invenzione. Tale descrizione verrà esposta qui di seguito con riferimento
20 agli uniti disegni, forniti a solo scopo indicativo e, pertanto, non limitativo, nei quali:

- le figure 1a e 1b rappresentano i grafici dei cicli teorici di Carnot, rispettivamente ordinario e frigorifero;
- le figure 2a e 2b rappresentano gli schemi termodinamici dei cicli di Rankine, rispettivamente ordinario e frigorifero, e mostrano schematicamente i rispettivi
25 componenti meccanici che realizzano le fasi del ciclo;

- le figure 3a e 3b mostrano i grafici riguardanti l'azione dell'espansore/compressore oggetto della presente invenzione rispettivamente come espansore (nel ciclo ordinario di Rankine) e come compressore (nel ciclo frigorifero di Rankine);
- la figura 4 mostra una rappresentazione schematica, a blocchi, di una possibile
5 forma realizzativa di un micro-cogeneratore di calore ed energia elettrica secondo la presente invenzione, comprendente un espansore/compressore in accordo con la presente invenzione impiegato in un ciclo termodinamico ordinario di Rankine;
- le figure 5a-5h mostrano una rappresentazione schematica delle posizioni assunte da una coppia di pistoni dell'espansore/compressore della presente invenzione
10 all'interno di un cilindro toroidale (o cilindro anulare), ripetute ciclicamente ad ogni giro di detto espansore/compressore;
- la figura 6 mostra una sezione di un esempio realizzativo di un espansore/compressore secondo la presente invenzione, realizzato mediante un cilindro toroidale (o cilindro anulare) e una giunzione cinetica che aziona una coppia
15 di pistoni alloggiati in detto cilindro toroidale ;
- le figure 7 e 8 mostrano rispettivamente l'anello esterno e il disco interno di trascinamento della giunzione cinetica.

Con riferimento alle figure citate, con 1 è stato complessivamente indicato un espansore/compressore volumetrico rotativo in accordo con la presente invenzione,
20 mentre con il numero di riferimento 50 è indicato un micro-cogeneratore in accordo con la presente invenzione.

Le figure 6-8 mostrano l'espansore/compressore 1 volumetrico a doppio flusso bilanciato, di cui alla presente idea inventiva, in grado di operare vantaggiosamente in una macchina termica che realizza un ciclo termodinamico, diretto o inverso, di
25 Rankine.

L'espansore/compressore 1 comprende un involucro, preferibilmente composto da

due metà 11 e 12 tra loro accoppiate, che definisce al suo interno una cavità che costituisce il cilindro toroidale (o cilindro anulare) di detto espansore/compressore. L'espansore/compressore 1 comprende inoltre due coppie di pistoni 24-25 e 34-35 (mostrati nelle figure 5a-5h), ciascuna delle quali è collegata ad un rispettivo disco di

5 trascinamento 23 e 33; i dischi di trascinamento, con la loro sagoma, determinano il completamento della circonferenza interna del cilindro toroidale (o cilindro anulare). Il cilindro dell'espansore/compressore è rappresentato esemplarmente in figura 6 come un cilindro toroidale; infatti è possibile osservare la sezione circolare del cilindro (e, corrispondentemente, la forma della coppia di pistoni 24-25 visibile in

10 sezione). Il cilindro può, in alternativa, essere un cilindro anulare, ovvero avente una conformazione ad anello e una sezione, ad esempio, quadrata o rettangolare.

L'espansore/compressore 1 comprende un carter 13 che alloggia i cinematismi per la trasmissione del moto e che comprende: un supporto 15 per un albero motore primario 41. Quest'ultimo è predisposto con la calettatura necessaria per il fissaggio

15 di un volano 71 e di un generico sistema di posizionamento 72 il quale è configurato per far ruotare il volano 71 al fine di posizionare le coppie di pistoni in un punto idoneo per l'auto-avviamento di detto espansore/compressore. Il suddetto sistema di posizionamento 72 può disporre, esemplarmente, di un pignone o di un altro meccanismo meccanico che si accoppia (al momento opportuno) con una

20 cremagliera o altro componente del volano 71, per mettere quest'ultimo in rotazione nel verso opportuno allo scopo di posizionare i pistoni 24-25 e 34-35 in modo adatto a ricevere il flusso di vapore e quindi poter dare avvio al ciclo termico.

Le due coppie di pistoni 24-25 e 34-35, poste all'interno del cilindro toroidale (o cilindro anulare), realizzano tra loro, in modo dinamico, quattro distinte camere

25 rotanti (C1-C2-C3-C4 in figura 5a-5h) aventi un volume variabile, durante la rotazione delle coppie di pistoni stesse, tra un valore minimo e un valore massimo.

La diversa velocità angolare delle due coppie di pistoni 24-25 e 34-35 è ottenuto mediante il particolare sistema di giunzione cinematica dove l'albero primario 41 è solidale con due forcelle 42 e 43 (o, rispettivamente, primo e secondo semigiunto) posizionate perpendicolarmente tra loro e operanti su diverse circonferenze di lavoro.

5 La prima forcella 42 tramite il disco interno di trascinamento 51 e i suoi quattro perni 52, 53, 54 e 55 è meccanicamente collegata ad una forcella 22 (o semigiunto) di un albero secondario pieno 21 che fa capo al disco di trascinamento 23 e alla coppia di pistoni 24-25. Una seconda forcella 43, tramite il disco esterno di trascinamento 61 e i suoi quattro perni 62, 63, 64 e 65, è meccanicamente collegata ad una forcella 32 (o
10 rispettivo semigiunto) di un albero secondario cavo 31 che fa da capo al disco di trascinamento 33 e alla coppia di pistoni 34-35.

L'albero primario 41 ha un determinato angolo di inclinazione W rispetto agli alberi secondari 21 e 31; sfruttando la configurazione reciproca delle forcelle e degli alberi (ovvero ciò che viene tipicamente indicato come "l'anomalia" del giunto di Cardano)
15 si ottiene che: l'albero motore primario 41 è costretto dal volano 71 a ruotare a velocità costante, ed invece i due alberi secondari 21 e 31, pur avendo la stessa velocità media, ruotano con velocità angolare periodicamente variabile. Ciò determina che, nel movimento rotatorio, le due coppie di pistoni 24-25 e 34-35 si avvicinano e si allontanano tra di loro ciclicamente creando una variazione ciclica
20 periodica continuativa del volume delle quattro camere (C1-C2-C3-C4 in figura 5a-5h) delimitate dai pistoni stessi.

L'espansore/compressore della presente invenzione è particolarmente adatto ad impiegare come fluido operativo il vapore acqueo o, in alternativa, altri gas o liquidi. L'espansore/compressore, di cui alla presente idea inventiva, è definito a "doppio
25 flusso bilanciato" in quanto nello stesso cilindro sono presenti due luci di immissione 81-82 (figure 4 e 5) del vapore ad alta pressione e due luci di espulsione (o di

scarico) 91-92 (figure 4 e 5) del vapore esausto, preferibilmente perfettamente simmetriche e poste a 180° tra di loro. Questa disposizione mantiene un perfetto equilibrio dinamico delle masse in movimento e la rotazione può avvenire, anche ad altissima velocità, senza produrre vibrazioni. L'espansore/compressore è
5 caratterizzato dal fatto che per ogni giro dell'albero motore primario si realizzano quattro doppi cicli termici completi di immissione ed espulsione del vapore, rendendolo, come funzionamento, molto simile ad una turbina.

Si descrive di seguito il funzionamento dell'espansore/compressore 1, facendo riferimento ad una applicazione preferita dello stesso, ovvero all'interno di un micro-
10 cogeneratore 50 di energia elettrica e calore, vantaggiosamente impiegabile - ad esempio - in ambito domestico per la produzione di energia elettrica e termica per una o più unità abitative. Tale micro-cogeneratore (si veda figura 4) comprende uno o più dei seguenti componenti: un espansore/compressore 1, un generatore di vapore 10 dotato di un bruciatore di combustibile 10a, un pressostato 10b, una valvola di intercettazione 6b, uno scambiatore-condensatore 3 un serbatoio di raccolta acqua di
15 condensa 4, una pompa ad alta pressione per acqua di condensa 5, un alternatore elettrico 2a, un regolatore di tensione-corrente 2b.

In dettaglio, l'impianto di cogenerazione 50 di energia elettrica e calore comprende il suddetto espansore/compressore 1 ed è configurato e predisposto per utilizzare un
20 qualsiasi generatore di vapore che si avvale di un bruciatore di combustibile oppure di una qualsiasi fonte di calore esterna, quale energia solare, biomassa, combustibile non raffinato, scarico industriale ad alta temperatura, fusione fredda, o altro, atta a produrre vapore acqueo ad alta temperatura e pressione. L'impianto di cogenerazione 50 comprende preferibilmente:

25 - un generatore di vapore 10 dotato di un bruciatore di combustibile 10a e disposto a monte dell'espansore/compressore 1 e collegato ad esso per fornirgli un flusso di

vapore ad alta pressione in grado di porre in rotazione le due coppie di pistoni (24-25; 34-35);

- un alternatore/generatore elettrico 2a disposto a valle dell'espansore/compressore 1 e collegato ad esso per ricevere energia meccanica dalle due coppie di pistoni rotanti e produrre una quantità di energia elettrica destinata ad essere inviata ad un impianto utilizzatore, preferibilmente di una o più unità abitative o altre utenze di qualsiasi genere;

- uno scambiatore/condensatore 3 disposto a valle dell'espansore/compressore 1 e collegato ad esso per ricevere dallo stesso un flusso di vapore scarico a bassa pressione in modo tale da estrarre da esso una quantità di calore destinata ad essere inviata ad un impianto di riscaldamento e/o di produzione di acqua calda sanitaria, preferibilmente di una o più unità abitative o altre utenze di qualsiasi genere;

L'impianto di cogenerazione 50 può inoltre comprendere:

- un pressostato 10b, operativamente collegato al generatore di vapore 10a e configurato per regolare la pressione del vapore all'interno del generatore di vapore;

- un'apparecchiatura elettronica di controllo 6 configurata per rilevare una richiesta di energia elettrica e/o di calore da parte di un'utenza dell'impianto elettrico o di riscaldamento a valle del cogeneratore, e/o in cui detta apparecchiatura elettronica di controllo essendo operativamente collegata al generatore di vapore e/o al pressostato in modo tale da settare un valore di taratura del pressostato 10b sulla base di detta richiesta di energia elettrica e/o di calore, detta apparecchiatura elettronica di controllo 6 essendo preferibilmente configurata per rilevare un valore di pressione e/o un valore di temperatura del vapore all'interno del generatore di vapore;

- una valvola di intercettazione 6b operativamente connessa a, e comandabile da, detta apparecchiatura elettronica di controllo 6 in modo tale che, al raggiungimento della pressione richiesta nel generatore di vapore, detta valvola 6b si porta in una

configurazione di apertura consentendo la fuoriuscita del vapore ad alta pressione dal generatore di vapore e, attraverso luci di immissione 81, 82 dell'involucro dell'espansore/compressore, tale vapore si immetta nel cilindro toroidale e determini la progressiva rotazione delle due coppie di pistoni 24-25 e 34-35.

5 L'impianto di cogenerazione 50 può inoltre comprendere:

- un regolatore 2b operativamente connesso a detto alternatore/generatore elettrico 2a e configurato per comandarne la produzione di energia elettrica e controllarne i valori di tensione e/o corrente.

- un serbatoio di raccolta 4, posto a valle dello scambiatore/condensatore 3 e
10 configurato per ricevere da quest'ultimo acqua di condensa, e una pompa 5, meccanicamente azionata dallo stesso espansore/compressore e configurata per riportare l'acqua di condensa, contenuta nel serbatoio 4, all'interno generatore 10 per essere nuovamente riscaldata e trasformata in vapore, in modo tale assicurare la continuità del ciclo termodinamico di Rankine.

15 Con riferimento alle figure 5a-5h, per semplicità espositiva si prende in considerazione l'evoluzione dinamica delle sole camere simmetriche C1-C3 in quanto, nel corso di una medesima rotazione completa dell'albero motore primario (nel senso di rotazione oraria indicato dalla freccia), nelle ulteriori due camere C2-C4 si realizza esattamente lo stesso ciclo termico, sfasato di 90°.

20 In figura 5a sono rappresentate le due coppie di pistoni 24-25 e 34-35 nella posizione di avviamento dell'espansore. Per dare inizio al ciclo termodinamico di Rankine, si suppone che nel generatore di vapore 10, dotato di bruciatore di combustibile 10a, il vapore si trovi ad un prestabilito valore di temperatura-pressione, regolato dal pressostato 10b in modo tale che, all'apertura della valvola di intercettazione 6b, il
25 vapore fuoriesca dal generatore ad alta pressione e, attraverso le luci di immissione 81-82 entri (figura 5a) nelle camere C1-C3 dell'espansore/compressore e determini

lo spostamento progressivo delle due coppie di pistoni 24-25 e 34-35 (figure 5b e 5c).

Proseguendo nel loro movimento rotatorio, le due coppie di pistoni 24-25 e 34-35 (figura 5d) comprimono il vapore esausto attraverso le luci di scarico 91-92 e lo costringono ad attraversare lo scambiatore-condensatore 3 per poi riversarsi, sotto forma di acqua di condensa, nel serbatoio di raccolta 4. Da quest'ultimo, tramite la pompa 5, meccanicamente azionata dallo stesso espansore/compressore 1, l'acqua di condensa viene riportata nel generatore 10 per essere nuovamente riscaldata e trasformata in vapore, e tutto questo, allo scopo di assicurare la continuità del ciclo termodinamico ordinario di Rankine. Il ciclo descritto, compiuto con un movimento angolare dell'albero motore di 180° si ripete nello stesso modo negli altri 180° di rotazione, per ritornare esattamente al punto originario di partenza (figura 5a).

Per meglio chiarire la forma preferita di utilizzazione dell'espansore/compressore, ovvero all'interno di un micro-cogeneratore domestico di energia elettrica e calore, si precisa che ad ogni giro completo dell'albero motore corrispondono quattro doppie fasi simmetriche di espansione del vapore ad alta pressione ed altrettante fasi di compressione del vapore esausto.

Volendo meglio esplicitare, nella forma di realizzazione preferita, il ciclo termodinamico ordinario di Rankine viene funzionalmente realizzato preferibilmente attraverso le seguenti fasi:

- fase di attesa, in mancanza di richiesta di energia elettrica: mantenimento del vapore nel generatore alla pressione minima di taratura.

Per poter rapidamente attivare il ciclo, il bruciatore 10a assicura sempre la produzione del calore necessario per mantenere nel generatore 10 la pressione del vapore corrispondente al valore di taratura del pressostato 10b, automaticamente determinata mediante un'apparecchiatura elettronica di controllo 6.

- fase di avvio: surriscaldamento del vapore per aumentarne la pressione.

Al manifestarsi di una richiesta di energia elettrica da parte dell'utenza, l'apparecchiatura elettronica di controllo 6 calcola il nuovo valore di taratura del pressostato 10b adeguandolo alla effettiva necessità. In questo caso anche il
5 bruciatore 10a entra automaticamente in funzione, adeguandosi alla richiesta.

- fase di normale funzionamento: controllo automatico della pressione del vapore.

Quando la pressione richiesta viene raggiunta, l'apparecchiatura elettronica di controllo 6 comanda l'apertura della valvola di intercettazione 6b; il vapore fuoriesce determinando la rotazione dell'espansore/compressore e dell'alternatore elettrico 2a
10 ad esso connesso, dando luogo alla produzione di energia elettrica nella quantità richiesta dall'utenza ed alla tensione controllata automaticamente dal regolatore 2b.

La presente invenzione consente di ottenere numerosi vantaggi e supera uno o più degli inconvenienti descritti per le soluzioni note. Anzitutto, l'espansore/compressore presenta minori perdite meccaniche e migliora il rendimento volumetrico,
15 consentendo un notevole miglioramento dei rendimenti complessivi del ciclo di Rankine. Un ulteriore vantaggio è dato dal fatto che l'espansore/compressore è completamente privo di valvole di carico-scarico e dei relativi meccanismi, in quanto sono gli stessi pistoni in movimento a svolgere anche questa funzione. L'ampio spazio disponibile sulla circonferenza del cilindro toroidale (o cilindro anulare)
20 permette molteplici soluzioni per la disposizione delle luci di immissione e di espulsione, finalizzate al miglioramento dinamico dei percorsi del fluido operativo. L'espansore/compressore presenta inoltre i seguenti ulteriori vantaggi:

- tutti i suoi componenti sono facilmente producibili in serie, con un notevole abbassamento dei costi di produzione;

25 - non vi è necessità di materiali o leghe particolari se non quelle normalmente utilizzate nei motori tradizionali;

- la lubrificazione del cilindro, dei pistoni e dei dischi di trascinamento degli stessi viene assicurata dallo stesso fluido termodinamico (vapore acqueo demineralizzato) utilizzato in circuito chiuso (senza necessità di alcuna manutenzione);
- la lubrificazione della trasmissione cinematica può essere assicurata con olio minerale di tipo noto, potendo essere la stessa contenuta in un carter a perfetta tenuta idraulica;
- nelle applicazioni ad alto numero di giri, allo scopo di ridurre gli attriti meccanici ed aumentare i rendimenti, i pistoni possono essere privi di fasce elastiche e costruiti per sfruttare le caratteristiche di viscosità del fluido;
- 10 - per le applicazioni a medio/basso numero di giri che necessitano di alta tenuta alla pressione, il cilindro e i pistoni possono essere realizzati di forma toroidale utilizzando le stesse fasce elastiche dei motori rotativi tradizionali.

In definitiva, l'espansore/compressore della presente invenzione, grazie alla sua grande semplicità costruttiva e non avendo necessità di manutenzione, supera le
15 criticità tipiche degli espansori alternativi o rotativi noti, rendendo possibile l'industrializzazione di piccole unità di cogenerazione e/o trigenerazione, per singole unità abitative o piccole comunità.

RIVENDICAZIONI

1. Espansore/Compressore (1) volumetrico rotativo utilizzabile, in particolare per la realizzazione di macchine termiche atte a impiegare cicli termodinamici diretti e/o inversi di tipo Rankine, l'espansore/compressore comprendente:

- 5 - un involucro (11, 12) dotato di una cavità interna definente un cilindro toroidale o cilindro anulare;
- due coppie di pistoni (24-25; 34-35) rotabilmente alloggiati all'interno del cilindro toroidale o cilindro anulare;
- un carter (13) e una giunzione cinetica a tre alberi alloggiata in detto carter e
10 configurata e predisposta per operare una trasmissione del moto da e/o verso dette due coppie di pistoni, detta giunzione cinetica comprendendo un albero primario (41), un primo albero secondario (21) e un secondo albero secondario (31), ciascun albero secondario essendo collegato ad una rispettiva coppia di pistoni (24-25; 34-35),
- 15 in cui una rotazione continua dell'albero primario determina una variazione ciclica periodica della velocità di rotazione del primo e del secondo albero secondario.

2. Espansore/Compressore (1) secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che l'albero primario (41) determina una variazione ciclica periodica della velocità angolare del primo e del secondo albero secondario (21, 31)
- 20 e delle corrispondenti coppie di pistoni (24-25; 34-35) rotanti all'interno del cilindro toroidale, consentendo la generazione di quattro distinte camere (C1-C2-C3-C4) a volume e rapporto variabile, alle quali corrispondono, per ciascuna rotazione completa dell'albero primario (41), otto fasi di riduzione e otto fasi di aumento dinamico di volume, detto espansore/compressore essendo atto ad essere impiegato
- 25 come apparato rotativo in grado di produrre energia meccanica utilizzando flussi di fluido pressurizzato, cicli esotermici o endotermici, oppure di pompare, aspirare,

comprimere mediante dette fasi di riduzione e aumento dinamico del volume delle camere.

3. Espansore/Compressore (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detta giunzione cinetica comprende un doppio giunto cardanico concentrico tramite il quale il primo
5 e il secondo albero secondario sono collegati al primo albero, e/o in cui mentre l'albero primario (41) ruota con velocità angolare costante i due alberi secondari (21 e 31) ruotano a velocità angolare periodicamente più alta, uguale o più bassa rispetto all'albero primario (41), e/o in cui ciascuna coppia di pistoni è collegata ad un rispettivo disco di trascinamento (23; 33), e/o in cui:

10 - il primo albero secondario (21) è pieno e solidale ad una estremità con un semigiunto (22) e all'estremità opposta con il disco di trascinamento (23) della prima coppia di pistoni (24-25);

- il secondo albero secondario (31) è cavo e solidale ad una estremità con un
15 rispettivo semigiunto (32) e all'estremità opposta con il disco di trascinamento (33) della seconda coppia di pistoni (34-35);

- l'albero primario (41) è solidale con un primo semigiunto (42) e un secondo semigiunto (43), posizionati a 90° tra loro e posti su due diverse circonferenze di lavoro, il primo semigiunto avendo un diametro minore del secondo semigiunto;

la giunzione cinetica comprendendo inoltre un disco interno (51) sul quale sono
20 rigidamente fissati quattro perni di trascinamento (52, 53, 54, 55), posizionati a 90° tra loro, destinati al collegamento meccanico del primo semigiunto (42) solidale all'albero primario (41) con il semigiunto (22) del primo albero secondario (21);

- un anello esterno (61) sul quale sono rigidamente fissati quattro perni di
25 trascinamento (62, 63, 64, 65), posizionati a 90° tra loro, destinati al collegamento meccanico del secondo semigiunto (43) solidale all'albero primario (41) con il

semigiunto (32) del secondo albero secondario (31).

4. Espansore/Compressore (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta giunzione cinetica è caratterizzata da un angolo di inclinazione (W) fra l'albero primario (41) e i due alberi secondari (21, 31), e in cui
5 detto angolo di inclinazione (W) può essere selezionato e/o variato, manualmente o automaticamente, in modo tale da determinare un aumento o una diminuzione della differenza fra la velocità media e le velocità minima e massima delle corrispondenti coppie di pistoni (24-25; 34-35), tale selezione e/o variazione consentendo di modificare, anche dinamicamente, il rapporto di volume fra le camere (C1-C2-C3-
10 C4), ovvero il loro rapporto di espansione-compressione.

5. Espansore/Compressore (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto cilindro toroidale o cilindro anulare è dotato di due luci di immissione (81,82) per l'ingresso nel cilindro stesso di vapore ad alta pressione e di due luci di espulsione (91, 92) per lo scarico di vapore esausto, e/o in cui dette luci di
15 immissione e dette luci di espulsione sono ricavate su detto involucro (11, 12), e/o in cui dette luci di immissione e dette luci di espulsione sono simmetriche e poste a 180° tra di loro, e/o in cui mediante una rotazione angolare, manuale o automatica, del carter (13) rispetto alle luci di immissione e scarico (81, 82, 91, 92) è possibile anticipare o posticipare le fasi del ciclo termico allo scopo di ottimizzare il
20 rendimento termodinamico e/o per facilitare l'avviamento autonomo dell'espansore/compressore.

6. Espansore/Compressore (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di essere completamente privo di valvole di carico-scarico e relativi meccanismi, e/o in cui gli stessi pistoni (24-25; 34-35) in
25 movimento nel cilindro toroidale o cilindro anulare determinano l'apertura e la

chiusura delle luci di immissione e di espulsione del fluido termodinamico.

7. Impianto di cogenerazione (50) di energia elettrica e calore comprendente un espansore/compressore (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti e configurato per realizzare un ciclo termodinamico di Rankine per produrre energia elettrica e calore per una o più unità abitative o per altre utenze di qualsiasi genere, detto impianto essendo configurato e predisposto per utilizzare un qualsiasi generatore di vapore che si avvale di un bruciatore di combustibile oppure di una qualsiasi fonte di calore esterna, quale energia solare, biomassa, combustibile non raffinato, scarico industriale ad alta temperatura, fusione fredda, o altro, atta a produrre vapore acqueo ad alta temperatura e pressione.

8. Impianto di cogenerazione (50) secondo la rivendicazione precedente, comprendente:

- un generatore di vapore (10) dotato di un bruciatore di combustibile (10a) e disposto a monte dell'espansore/compressore (1) e collegato ad esso per fornirgli un flusso di vapore ad alta pressione in grado di porre in rotazione le due coppie di pistoni (24-25; 34-35);

- un alternatore/generatore elettrico (2a) disposto a valle dell'espansore/compressore (1) e collegato ad esso per ricevere energia meccanica dalle due coppie di pistoni rotanti (24-25; 34-35) e produrre una quantità di energia elettrica destinata ad essere inviata ad un impianto utilizzatore, preferibilmente di una o più unità abitative o altre utenze di qualsiasi genere;

- uno scambiatore/condensatore (3) disposto a valle dell'espansore/compressore (1) e collegato ad esso per ricevere dallo stesso un flusso di vapore scarico a bassa pressione in modo tale da estrarre da esso una quantità di calore destinata ad essere inviata ad un impianto di riscaldamento e/o di produzione di acqua calda sanitaria,

preferibilmente di una o più unità abitative o altre utenze di qualsiasi genere;

9. Impianto di cogenerazione (50) secondo la rivendicazione 7 o 8, comprendente inoltre:

- un pressostato (10b), operativamente collegato al generatore di vapore (10a) e configurato per regolare la pressione del vapore all'interno del generatore di vapore;
- un'apparecchiatura elettronica di controllo (6) configurata per rilevare una richiesta di energia elettrica e/o di calore da parte di un'utenza dell'impianto elettrico o di riscaldamento a valle del cogeneratore, e/o in cui detta apparecchiatura elettronica di controllo essendo operativamente collegata al generatore di vapore e/o al pressostato in modo tale da settare un valore di taratura del pressostato (10b) sulla base di detta richiesta di energia elettrica e/o di calore, detta apparecchiatura elettronica di controllo (6) essendo preferibilmente configurata per rilevare un valore di pressione e/o un valore di temperatura del vapore all'interno del generatore di vapore;
- una valvola di intercettazione (6b) operativamente connessa a, e comandabile da, detta apparecchiatura elettronica di controllo (6) in modo tale che, al raggiungimento della pressione richiesta nel generatore di vapore, detta valvola (6b) si porta in una configurazione di apertura consentendo la fuoriuscita del vapore ad alta pressione dal generatore di vapore e, attraverso luci di immissione (81, 82) dell'involucro dell'espansore/compressore (1), tale vapore si immetta nel cilindro toroidale e determini la progressiva rotazione delle due coppie di pistoni (24-25; 34-35).
- opzionalmente, un regolatore (2b) operativamente connesso a detto alternatore/generatore elettrico (2a) e configurato per comandarne la produzione di energia elettrica e controllarne i valori di tensione e/o corrente.
- opzionalmente, un serbatoio di raccolta (4), posto a valle dello scambiatore/condensatore (3) e configurato per ricevere da quest'ultimo acqua di condensa, e una pompa (5), meccanicamente azionata dallo stesso

espansore/compressore (1) e configurata per riportare l'acqua di condensa, contenuta nel serbatoio (4), all'interno generatore (10) per essere nuovamente riscaldata e trasformata in vapore, in modo tale assicurare la continuità del ciclo termodinamico di Rankine.

5 10. Impianto di cogenerazione (50) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 9, configurato e predisposto per realizzare, con continuità, un ciclo operativo comprendente le seguenti fasi:

- una fase di attesa, nella quale il generatore di vapore mantiene il vapore al suo interno ad una determinata pressione di taratura, corrispondente al valore di taratura
10 del pressostato (10b), determinata mediante un'apparecchiatura elettronica di controllo (6), in modo tale da poter attivare rapidamente il ciclo,

- una fase di avvio, nella quale il generatore di vapore surriscalda il vapore al suo interno in modo tale da aumentarne la pressione, tale fase consentendo, al manifestarsi di una richiesta di energia elettrica da parte dell'utenza, di adeguare il
15 valore di taratura del pressostato (10b) adeguandolo alla effettiva necessità;

- una fase di normale funzionamento, nella quale l'apparecchiatura elettronica di controllo (6) comanda l'apertura della valvola di intercettazione (6b), provocando la fuoriuscita di vapore dal generatore di vapore e l'immissione di tale vapore nel cilindro toroidale o cilindro anulare dell'espansore/compressore (1), che determina la
20 rotazione delle due coppie di pistoni e, conseguentemente, il trascinamento dell'alternatore (2a), dando luogo alla produzione di energia elettrica nella quantità richiesta dall'utenza.

IL MANDATARIO

Ing. Alessandro Galassi

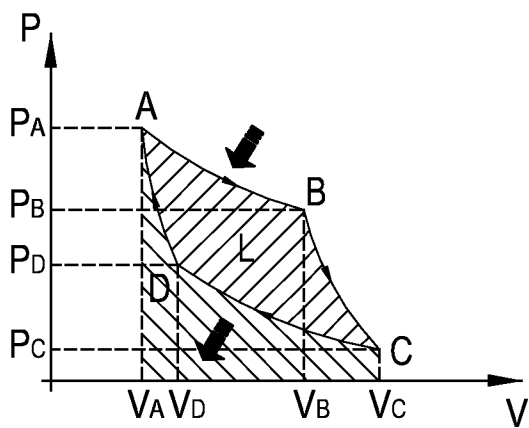


FIG.1a

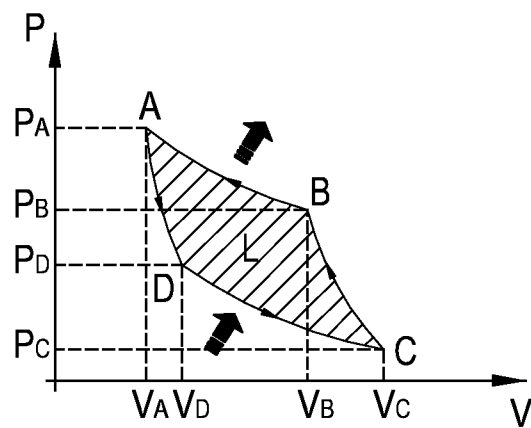


FIG.1b

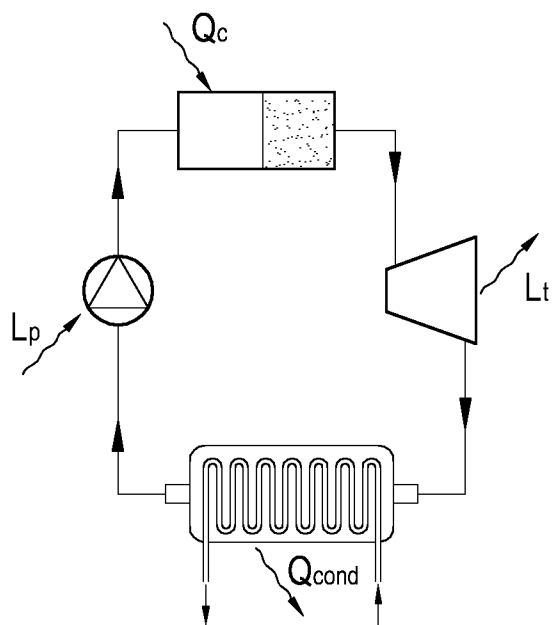


FIG.2a

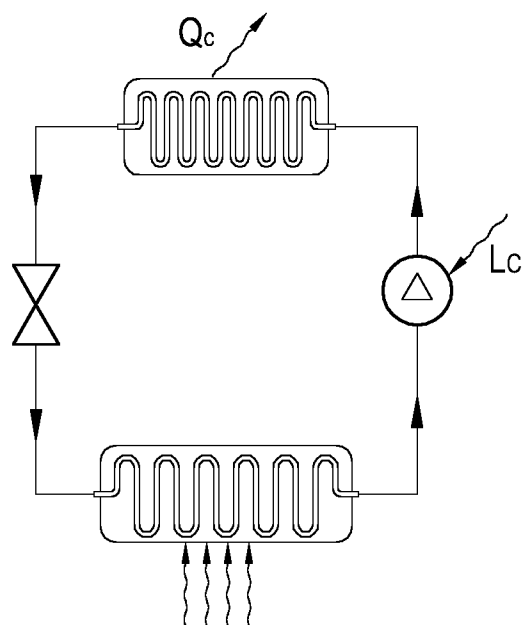


FIG.2b

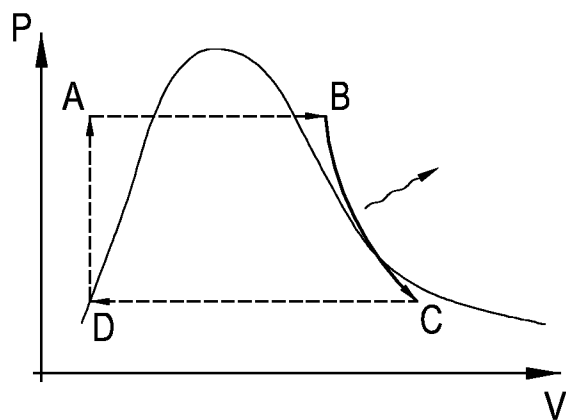


FIG.3a

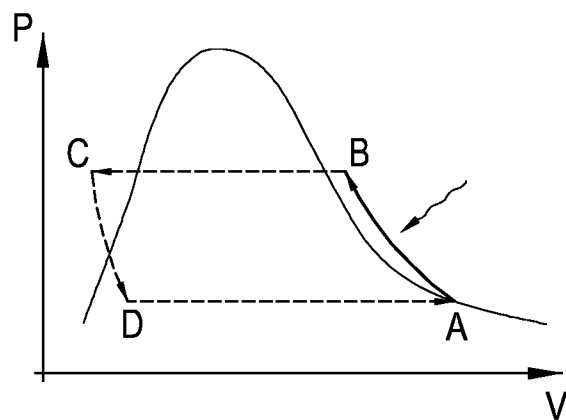


FIG.3b

FIG.4

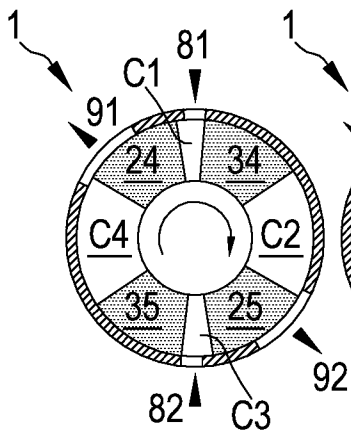
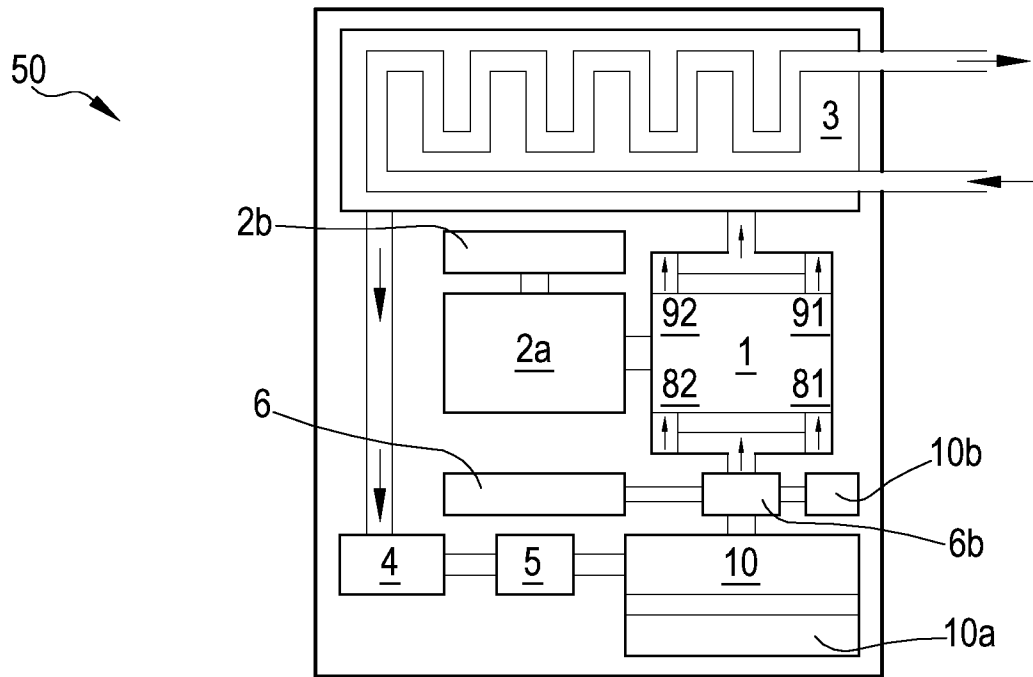


FIG.5a

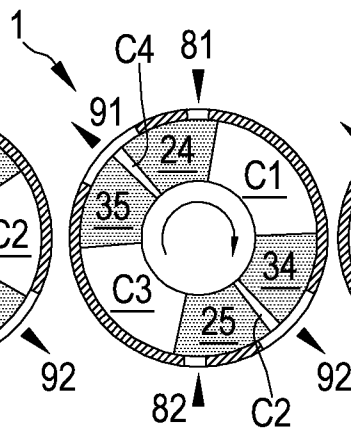


FIG.5b

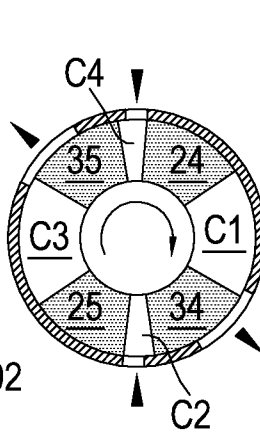


FIG.5c

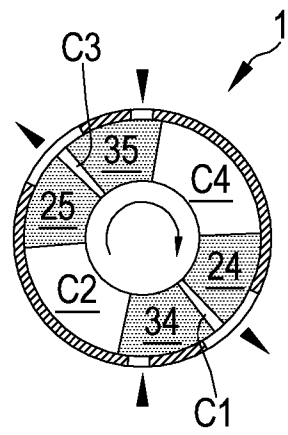


FIG.5d

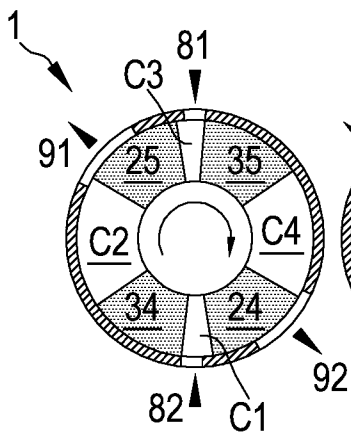


FIG.5e

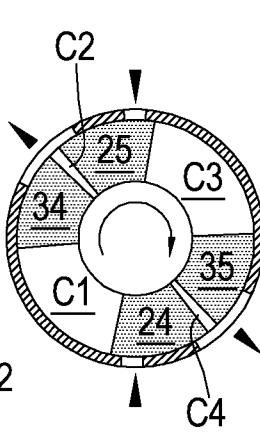


FIG.5f

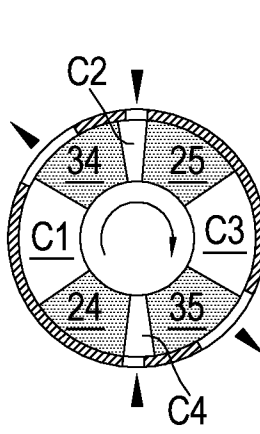


FIG.5g

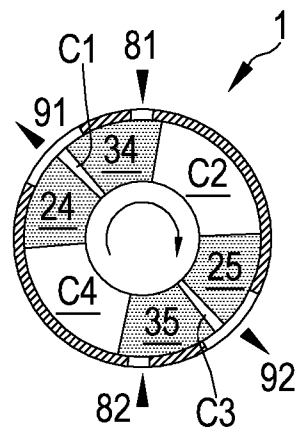


FIG.5h

