

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102023000006051</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>29/03/2023</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>29/09/2024</b>

Classifiche IPC

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
F	01	K	25	08

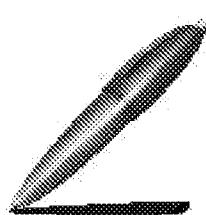
<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
F	01	K	25	04

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
F	01	K	25	06

Titolo

DISPOSITIVO PER LA SEPARAZIONE CONTINUA DI OLIO IN UN IMPIANTO A CICLO RANKINE ORGANICO



Firmato digitalmente da:

BRUNI GIOVANNI

Firmato il 29/03/2023 11:20

Seriele Certificato: 18844548

Valido dal 19/06/2020 al 19/06/2023

InfoCert Firma Qualificata 2

## **DISPOSITIVO PER LA SEPARAZIONE CONTINUA DI OLIO**

### **IN UN IMPIANTO A CICLO RANKINE ORGANICO**

5

#### **DESCRIZIONE**

##### **Settore tecnico dell'invenzione**

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo per la separazione continua di olio in un impianto a ciclo Rankine organico.

10                   **Tecnica nota**

Com'è noto, si definisce ciclo termodinamico una successione finita di trasformazioni termodinamiche (ad esempio isoterme, isocore, isobare o adiabatiche) al termine delle quali il sistema torna al suo stato iniziale.

Tale ciclo può essere diretto, ad esempio un ciclo Rankine diretto, in  
15 cui una sorgente termica è utilizzata per la produzione di energia meccanica/elettrica e calore a temperatura inferiore rispetto a quella della sorgente termica; il ciclo termodinamico può altresì essere inverso, in cui l'energia elettrica/meccanica è utilizzata per trasferire calore da una sorgente a temperatura minore ad una a temperatura maggiore.

20                   Nel caso di cicli diretti, un ciclo Rankine ideale è un ciclo termodinamico composto da due trasformazioni adiabatiche e due isobare. Nel caso di ciclo diretto, il suo scopo è quello di trasformare il calore in lavoro. Questo ciclo è in genere adottato soprattutto nelle centrali termoelettriche per la produzione di energia elettrica ed utilizza come fluido

motore l'acqua, sia in forma liquida che sotto forma di vapore, con la cosiddetta turbina a vapore.

Più specificamente, sono stati ipotizzati e realizzati cicli Rankine organici (ORC) che utilizzano fluidi organici ad alta massa molecolare per le 5 applicazioni più diverse, in particolare anche per lo sfruttamento di sorgenti termiche a bassa-media entalpia. Come in altri cicli a vapore, l'impianto 100 per un ciclo ORC (con riferimento alla figura 1) comprende una o più pompe 110 per l'alimentazione del fluido organico di lavoro, almeno uno scambiatore di calore 120 (anche detto preriscaldatore o evaporatore, a 10 seconda della funzione espletata) per realizzare le fasi di preriscaldamento, vaporizzazione ed eventuale surriscaldamento o di riscaldamento in condizioni supercritiche del medesimo fluido di lavoro, una turbina 130 per l'espansione del fluido, meccanicamente connessa ad un generatore elettrico 140, un condensatore 150 che riporta il fluido organico di lavoro 15 allo stato liquido.

È altresì noto che nei cicli ORC l'utilizzo di fluidi organici ad alta massa molecolare comporta molto spesso la necessità di introdurre a valle della turbina e a monte del condensatore un ulteriore scambiatore di calore detto 'rigeneratore' 160 o 'recuperatore' che recupera buona parte del 20 calore sensibile del vapore di fluido organico a bassa pressione, calore che viene utilizzato per preriscaldare il fluido organico di lavoro in fase liquida a valle della pompa di alimentazione del ciclo e a monte del preriscaldatore.

Il ciclo prevede, quindi, organi rotanti per la conversione dell'entalpia 25 del fluido di lavoro in lavoro meccanico, cioè la turbina, e in genere anche per il trasporto del fluido liquido dal condensatore al circuito di scambio

termico con la sorgente calda, cioè la pompa.

L'impianto ORC funziona con delle pressioni diverse da quella ambiente: per impedire la contaminazione del fluido in ambiente, e viceversa, è opportuno utilizzare delle tenute meccaniche rotanti con 5 l'utilizzo di olio come barriera tra l'ambiente interno e quello esterno al componente.

La zona di contatto tra i due componenti in moto relativo fra loro necessita di una lubrificazione costante e in pressione per garantirne il perfetto funzionamento e la durata nel tempo poiché, di fatto, limita l'usura 10 dovuta al contatto diretto tra le due parti. In detti impianti è presente una centralina che alimenta gli organi di tenuta con olio in pressione. Tale centralina deve avere un volume di accumulo di olio importante, tipicamente 100-300 l/MW di potenza elettrica, per ottemperare alla lubrificazione dei mezzi di tenuta e dei cuscinetti della/e turbina/e.

15 Le tenute rotanti sono soggette a perdite fisiologiche di olio e, in alcuni casi, si possono verificare anche perdite più gravi dovute alla rottura meccanica della tenuta, a seguito di inconvenienti tecnici, ad esempio, sovraccarichi termici o meccanici. Le perdite fisiologiche in un impianto ORC di alcuni MW possono andare da pochi decilitri al giorno in impianti con 20 ottima tenuta, fino a 1 litro al giorno, ma ci possono essere impianti con tenute particolarmente usurate che introducono nell'impianto anche alcuni litri al giorno di olio di lubrificazione.

Per limitare e minimizzare l'ingresso d'olio nell'impianto è nota l'esistenza di sistemi di separazione "fisica" dell'olio, come ad esempio gli 25 anelli rotanti, anche chiamati "*lanciaolio*", che inseriti all'interno della tenuta

lanciano l'olio verso la parete laterale della tenuta medesima, favorendone la raccolta.

Un altro sistema può essere quello di prevedere dei labirinti tra parte rotante e parte fissa della tenuta, in modo da incanalare il flusso in un 5 percorso tortuoso in cui le particelle d'olio sono costrette a sbattere contro le pareti del labirinto stesso, cambiando molte volte direzione, favorendo l'accumulo d'olio sulle pareti esterne del labirinto, per un più facile recupero.

In ogni caso, questi sistemi non possono garantire la completa separazione dei due flussi.

10 Nei casi in cui l'olio è a pressione maggiore rispetto alla pressione operativa di processo, l'olio fluisce all'interno dell'impianto ORC e si mescola con il fluido di lavoro andando ad alterarne le caratteristiche; una volta entrato nell'impianto, per effetto del trascinamento dovuto al moto del fluido di lavoro, l'olio di lubrificazione potrebbe trovarsi in qualsiasi 15 condotto, tipicamente in forma nebulizzata lungo le pareti dei tubi nei quali la velocità del fluido di lavoro è alta, oppure in fase liquida mescolato con il fluido di lavoro stesso laddove le velocità sono basse (ad esempio, in corrispondenza di bruschi aumenti di sezione in collettori o vessel).

Le conseguenze di tale mescolamento sono essenzialmente:

20 - la variazione delle caratteristiche termodinamiche del fluido organico di lavoro, che in minima parte si miscela con dell'olio e varia le sue grandezze termodinamiche, tra cui la sua pressione di condensazione, nonché, e anche sensibilmente, i punti del ciclo termodinamico;

25 - la variazione della composizione del fluido organico di lavoro e l'aumento della portata globale (somma di quelle del fluido ORC e dell'olio):

nell'impianto si avranno conseguenze sui coefficienti di scambio termico e sulla pressione del ciclo a discapito del rendimento. Inoltre, in turbina sarà elaborato un fluido che non scambia quantità di moto con la turbina stessa e non genera potenza come il fluido organico di lavoro;

5 - nelle situazioni meno favorevoli, l'olio può concentrarsi anche in zone non facilmente drenabili, sfuggendo all'azione di un separatore in linea, oppure, soprattutto negli impianti operanti ad alta temperatura, potrebbe subire cracking formando dei composti che si depositano sulle superfici di scambio aumentandone la resistenza termica, o sulle palette della turbina. Questo fenomeno è noto con il termine *fouling*, ovvero deposito di film di olio crackizzato. In particolare, in espansori relativamente piccoli questo fenomeno può ridurre l'area di passaggio del fluido di lavoro anche del 20%;

15 - inoltre, la presenza di un deposito solido, seppur di minimo spessore, sulle palette della turbina, va inevitabilmente ad alterare la loro geometria, che man mano presenta una forma sempre più diversa da quella di progetto, pensata per massimizzare lo scambio di quantità di moto con il vapore del fluido di lavoro.

Questi depositi, creati da olio che sfugge all'azione di un separatore in linea, difficilmente possono essere rimossi senza interventi invasivi che portano ad un fermo impianto.

20 Si è verificato sul campo che le prestazioni del rendimento di un impianto ORC calano sino anche al 10% rispetto al rendimento massimo, con una percentuale significativa (sino a circa il 10%) di olio in circolo nell'impianto rispetto alla portata del fluido di lavoro.

Esiste pertanto una prima esigenza che è quella di separare e rimuovere l'olio dal fluido di lavoro all'interno dell'impianto, al fine di garantire il rendimento ottimale dell'impianto nel tempo.

Il brevetto europeo n. EP3055518 della scrivente presenta una soluzione al problema qui descritto, descrivendo un dispositivo "in linea", ovvero un separatore 170 di olio (come indicato in figura 1) che opera separando l'olio prelevando e separando una portata in un punto dell'impianto – che può essere lungo la linea di bypass 180 tra una porzione dell'evaporatore 120 e il condensatore 150 (o, come nel caso illustrato in figura 1, il rigeneratore 160) – senza dover necessariamente fermare l'impianto.

Risulta evidente, però, che non è sufficiente solo il prevedere soluzioni che attuino la separazione dell'olio una volta entrato nell'impianto per risolvere i problemi legati alla sua coesistenza con il fluido di lavoro, ma è fondamentale anche valutare la posizione in cui andare ad inserire il separatore stesso.

Allo stato dell'arte attuale, si ammette l'ingresso dell'olio nell'impianto accettando di separarlo con delle soluzioni "in linea" in punti a pressione nettamente maggiore rispetto alla pressione di condensazione (ad esempio, su una apposita linea di by-pass prelevando la miscela alla pressione di vaporizzazione che si raggiunge a valle dell'evaporatore 120), per ricongiungersi poi nell'impianto in zone a pressione più bassa, consentendo così il deflusso. Normalmente si inserisce il separatore olio tra l'evaporatore e il rigeneratore o condensatore: la portata che serve a separare l'olio, quindi, bypassa la turbina e si ricongiunge al condensatore.

Nonostante il sistema separi correttamente l'olio di lubrificazione dal fluido di lavoro, risolvendo il problema fin qui descritto, questa separazione "in linea" comporta due svantaggi:

- la portata spillata non concorre alla produzione di potenza  
5 meccanica in turbina;

- l'olio è lasciato fluire in tutti i componenti dell'impianto poiché non viene separato al suo ingresso ossia nella zona evidenziata con il riferimento 190 in prossimità di cuscinetti e tenute della turbina 130, ovvero dell'albero della turbina medesima.

10 Così operando, pur separando l'olio, ci si ritrova ad avere porzioni di impianto in cui lo stesso olio circola assieme al fluido di lavoro prima di essere separato. Si tratta di porzioni d'impianto rimarchevoli: fluido di lavoro in fase di vapore e olio dalla turbina 130 al rigeneratore 160 e quindi al condensatore 150; di seguito fluido di lavoro in fase liquida e olio dal 15 condensatore 150 alla pompa 110, quindi di nuovo al rigeneratore 160 e all'evaporatore 120. Soltanto all'uscita dall'evaporatore questa miscela potrà arrivare tramite la linea di bypass 180 al separatore 170 di olio. Pertanto l'olio attraverserà, in particolare, tutti gli scambiatori di calore con conseguente stress termico e di pressione. A prescindere da dove viene 20 prelevata la miscela, il sistema di separazione comunque agisce su una piccola portata in by-pass quindi non esclude che l'olio lubrificante rimanga in circolo a lungo

In impianti operanti a temperature particolarmente elevate l'olio può deteriorarsi formando composti solidi che, depositandosi sulle pareti dello 25 scambiatore, ne inficiano il rendimento.

Esiste pertanto un ulteriore esigenza, cioè quella di separare e rimuovere l'olio dal fluido di lavoro all'interno dell'impianto nel momento stesso in cui l'olio medesimo viene immesso in circolo (riferimento 190, nei pressi della turbina 130), al fine di garantire il corretto funzionamento e un 5 elevato rendimento globale dell'impianto ORC nel tempo.

Questo ulteriore problema tecnico non può essere risolto con i dispositivi "in linea" e che elaborano una piccola portata in by-pass secondo tecnica nota: infatti, il punto di ingresso dell'olio di lubrificazione nell'impianto è inevitabilmente in corrispondenza della tenuta della turbina, 10 connessa all'albero, nella zona degli stadi di bassa pressione. Si tratta di una zona non favorevole, per l'inserimento di un dispositivo di separazione dell'olio poiché questa zona si trova a pressione molto prossima a quella di condensazione: l'inserimento di un separatore di olio in questa zona, che sarebbe al contempo la più indicata per la separazione dell'olio stesso 15 perché eviterebbe il suo fluire negli altri componenti dell'impianto, è reso complicato dalla mancanza di forza motrice (ovvero di un sufficiente salto di pressione) per generare il flusso di portata da elaborare, dal momento che la pressione in questa zona, già molto prossima a quella di condensazione, verrebbe ulteriormente abbassata dalla presenza del 20 separatore 170 di olio (il quale introduce una perdita di carico, seppur minima) e soprattutto per la presenza del piping e delle valvole per la conduzione e la regolazione di questo spillamento nel separatore 170 di olio e da qui all'impianto.

#### Sintesi dell'invenzione

25 La soluzione di tutti i problemi tecnici di cui al paragrafo precedente

si ottiene, secondo la presente invenzione, con un dispositivo per la separazione continua di olio in un impianto a ciclo Rankine organico, comprendente un separatore di olio e un elettore, a valle della turbina di espansione.

5           La presente soluzione consente al flusso di fluido di lavoro e olio da separare di avere la forza motrice per ricongiungersi allo scarico turbina, consentendo la separazione continua dell'olio in prossimità della sua entrata nell'impianto, prevenendo i problemi che altrimenti questa entrata comporterebbe.

10          Secondo un aspetto della presente invenzione è, quindi, descritto un dispositivo per la separazione continua di olio in un impianto a ciclo Rankine organico avente le caratteristiche enunciate nella rivendicazione indipendente di prodotto annessa alla presente descrizione.

15          Ulteriori modi di attuazione del suddetto impianto, preferiti e/o particolarmente vantaggiosi, sono descritti secondo le caratteristiche enunciate nelle rivendicazioni dipendenti annesse.

#### Breve descrizione dei disegni

20          L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che illustrano alcuni esempi di attuazione non limitativi di un rigeneratore per impianti ORC, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente un impianto ORC con separatore di olio, secondo la tecnica nota,
- la figura 2 illustra schematicamente un dispositivo per la separazione continua di olio in un impianto a ciclo Rankine organico, 25 secondo una prima e preferita forma di attuazione della presente

invenzione,

- la figura 3 illustra uno schema di un elettore del dispositivo di figura 2, e

- la figura 4 illustra uno schema di separatore di olio del dispositivo 5 di figura 2.

Descrizione dettagliata

Con riferimento alla figura 2, una turbina 1, nota, di un impianto ORC, anch'esso noto e per il quale si continuerà a fare riferimento alla figura 1, è schematizzata assieme ad una linea di ammissione 9 del vapore saturo 10 o surriscaldato del fluido organico di lavoro, proveniente da uno scambiatore di calore (noto e pertanto non mostrato in figura 2, ma comunque illustrato in figura 1) e ad una linea di scarico 10 del vapore espanso del fluido di lavoro che lo conduce al rigeneratore o, direttamente, 15 al condensatore (entrambi noti e pertanto non mostrati in figura 2, ma comunque illustrati in figura 1).

Secondo la presente invenzione, il dispositivo 20 per la separazione continua di olio in un impianto a ciclo Rankine organico comprende:

- una prima linea 2, in uscita dalla zona dell'albero della turbina, ovvero a valle di una tenuta 8 della turbina 1 e con essa in comunicazione 20 di fluido. Nella prima linea 2 fluisce tutta la portata di olio entrante nel sistema attraverso la tenuta 8, posizionata sulla bassa pressione della turbina 1. Quindi, in questa prima linea 2 è presente una miscela di vapore del fluido di lavoro e olio di lubrificazione. Per mezzo di un elettore 5, come si vedrà, si crea una zona di depressione rispetto alla pressione di scarico 25 della turbina, che richiama questa portata proprio attraverso la prima linea

2 e la conduce all'interno di un separatore 3 di olio;

- una seconda linea 6 di spillamento di un flusso di vapore del fluido di lavoro, la cui portata ha un valore compreso tra lo 0,1% e lo 0,2% della portata totale in ingresso turbina (ovvero per mezzo della linea di ammissione 9), che funge da "forza motrice" dell'elettore 5 per la creazione di una zona di bassa pressione allo scarico di un suo ugello convergente-divergente. Il punto di prelievo di questo flusso 6 è frutto di un'ottimizzazione tra il minor livello di pressione disponibile sufficiente per il funzionamento dell'elettore, e della portata massima spillabile (la quale influenza il diametro di questo condotto). In via teorica, tanto minore è il salto di pressione operato dall'elettore, tanto maggiore è la sua efficienza; tanto minore è il salto, però, tanto maggiore è la portata necessaria a parità di effetto utile, quindi tanto maggiore sarà il dimensionamento del sistema-elettore;

- un separatore 3 di olio, preferibilmente a coalescenza, in comunicazione di fluido con la prima linea 2. Nel separatore (con riferimento anche alla figura 4) il flusso di fluido di lavoro, contaminato da olio, entra per mezzo di un bocchello 41. Una prima separazione dell'olio si verifica per effetto del brusco calo di velocità del flusso a causa della grossa differenza di sezione tra il bocchello 41 di ingresso e una zona di calma 40 di ingresso separatore; una seconda separazione avviene a causa del cambio di direzione del flusso, e in minima parte si verifica una separazione per collisione dello stesso con le pareti 42 in prossimità dell'ingresso. L'olio separato è raccolto nella parte inferiore del separatore, mentre il fluido di lavoro allo stato gassoso prosegue attraverso il condotto 43 che mette in

comunicazione l'ingresso 41 con l'uscita 45 per mezzo di un filtro 44, a coalescenza. Le gocce di olio raccolte dalla membrana del filtro scendono per gravità, si accumulano nella parte inferiore dello stesso e da qui passano in una linea di drenaggio 11, per mezzo della quale, optionalmente, 5 possono far ritorno nel circuito di lubrificazione della turbina 1. Il flusso depurato, invece, viene espulso dal bocchello di uscita 45. Vantaggiosamente, il separatore 3 di olio viene scaldato con una coperta termica o altro mezzo di riscaldamento per evitare la condensazione del fluido di lavoro, il quale è necessario rimanga allo stato gassoso;

10 - a valle del separatore 3 di olio, una linea di scarico 4 conduce all'elettore 5, al quale sono connesse due flussi di vapore del fluido di lavoro: un primo flusso di bassa pressione, quello in uscita dal separatore che percorre la linea di scarico 4 e un secondo flusso a pressione maggiore che deriva dallo spillamento di fluido di lavoro surriscaldato e in pressione 15 da uno stadio intermedio di turbina 1 e che fluisce lungo la seconda linea 6 di spillamento; la linea 4 è convenientemente dotata di valvola di non ritorno 46, per impedire al flusso di tornare nel separatore 3 qualora si verifichino delle condizioni transitorie che lo consentano;

20 - l'elettore 5 che, com'è noto, è un compressore statico che sfrutta l'effetto Venturi prodotto da un ugello convergente – divergente per convertire l'energia data da un fluido motore ad elevata pressione in un aumento di velocità dello stesso, in modo che possa aspirare un secondo fluido, miscelandolo con il fluido motore, e comprimerlo in modo che all'uscita dall'elettore tale secondo fluido avrà una pressione maggiore di 25 quella di aspirazione. Per comodità, si descrivono nel seguito le

caratteristiche innovative dell'elettore 5;

- infine, una terza linea 7 a valle dell'elettore 5 riconduce il flusso di vapore complessivo, somma dei flussi provenienti dallo spillamento turbina e dal separatore 3 di olio, alla linea 10 che dalla turbina porta il vapore del

5 fluido di lavoro al rigeneratore o al condensatore.

A titolo esemplificativo, le pressioni nelle diverse linee in condizioni di progetto potrebbero essere:

	- linea 6:	10 bar
	- uscita turbina, inizio linea 2:	1 bar
10	- scarico linea 4, ingresso elettore:	0,7 bar
	- inizio linea 7:	1,3 bar

La prevalenza necessaria al flusso della linea di scarico 4 per rientrare allo scarico della turbina è generata dall'elettore 5.

In un sistema ideale, tutta la portata di olio entrante nella tenuta è convogliata dalla prima linea 2, in uscita dalla tenuta 8 della turbina 1, al separatore 3 di olio. Non è tuttavia certo, in alcune configurazioni di impianto, che la totalità dell'olio delle tenute che contamina il fluido di lavoro venga intercettata dal sistema secondo la presente invenzione. In tal caso, si accetterà di ammettere una piccola percentuale di olio di lubrificazione nell'impianto, separandola poi con opportuno separatore in linea, ad esempio con il sistema descritto nel brevetto europeo della scrivente già citato in precedenza. Anche in questo caso comunque non verrebbero meno i vantaggi qui descritti, poiché la portata di olio entrante nell'impianto sarebbe comunque minima rispetto ad uno scenario ad uguali condizioni al contorno ma senza elettore.

Il flusso a bassa pressione (per esempio, 0.7 bar), dopo aver attraversato il separatore 3, entra nell'elettore 5 assieme al flusso proveniente dallo spillamento di una zona di alta pressione della turbina 1 (per esempio 10 bar).

5 Il flusso della terza linea 7, che si trova a temperatura più alta rispetto al condensatore 150, può convenientemente essere usato per riscaldare il separatore 3, mantenendolo ad una temperatura sufficiente ad evitare la condensazione del fluido di lavoro al suo interno.

Con riferimento alla figura 3, l'elettore comprende:

10 - un primo tratto 4e di ingresso del flusso di fluido di lavoro a pressione più bassa, ad esempio 0,7 bar. In pratica, il primo tratto 4e costituisce la porzione terminale della linea di scarico 4 che convoglia il primo flusso di vapore del fluido di lavoro dall'uscita del separatore 3 di olio all'elettore 5;

15 - un secondo tratto 6e di ingresso del flusso di fluido di lavoro a pressione più alta, ad esempio 10 bar. Questo secondo tratto 6e costituisce la porzione terminale della seconda linea 6, quella che convoglia il secondo flusso di vapore del fluido di lavoro, spillato in corrispondenza di uno stadio intermedio della turbina 1;

20 - un ugello 31 che viene interessato solo dal secondo flusso del secondo tratto 6e di ingresso. Tale flusso, nell'ugello 31, converte la sua energia di pressione in energia cinetica, creando a valle dello stesso una regione con moto ad alta velocità, con numero di Mach maggiore di 1 e regime turbolento, che favorisce la miscelazione. L'ugello 31 potrà 25 assumere la forma convergente – divergente qualora si voglia operare con

5 salti di pressione superiori a quello critico: nel caso in esempio infatti la pressione nel secondo tratto 6e è molto più alta della pressione nel primo tratto 4e, di almeno dieci volte superiore. Per il corretto funzionamento dell'elettore 5, a valle dell'ugello, ove i flussi del primo tratto 4e e del secondo tratto 6e si ricongiungono, deve crearsi una zona a pressione minore rispetto alla pressione nel primo tratto 4e, quindi il salto di pressione che deve operare l'ugello 31 è ben maggiore di quello critico. L'ugello 31 nella forma convergente-divergente consente di superare il rapporto di pressione critico e di far raggiungere al fluido, a valle dell'ugello, una 10 pressione minore rispetto a quella del primo tratto 4e;

15 - un terzo tratto 32, sostanzialmente cilindrico e pressoché isobaro a meno delle perdite di carico, avente funzione di miscelazione e scambio della quantità di moto tra i flussi provenienti dal primo tratto 4e e dal secondo tratto 6e che, sostanzialmente vanno a formare un terzo flusso di vapore somma del primo e del secondo flusso di vapore,

20 - un quarto tratto 33, divergente, che opera la riconversione dell'energia cinetica in energia di pressione, in modo che il terzo flusso di vapore del fluido di lavoro arrivi all'uscita 7e dell'elettore 5 e, quindi, alla terza linea 7, con una pressione maggiore di quella di condensazione. In questo modo il flusso in uscita dall'elettore 5, per mezzo della terza linea 7, potrà ricongiungersi al flusso di vapore espanso della linea di scarico 10 dalla turbina 1.

Il dispositivo 20 per la separazione continua di olio, secondo la presente invenzione, comporta i seguenti vantaggi:

25 - separandolo immediatamente a valle della turbina, l'olio non viene

interessato dallo stress termico e di pressione che subisce negli scambiatori di calore; quindi, non si deteriora e non forma composti nocivi al buon funzionamento dell'impianto ORC;

- in pratica l'olio non entra pressoché per nulla nell'impianto ORC e, 5 quindi, non influenza il ciclo termodinamico;
- l'olio, non subendo alcuno stress termico, una volta separato può essere recuperato facendolo rientrare direttamente nel circuito di lubrificazione dell'impianto ORC;
- la portata di alta pressione viene spillata non a monte del primo 10 stadio della turbina ma in una regione intermedia dell'espansione e, quindi, dopo aver già parzialmente contribuito alla generazione di potenza in turbina.

Il dispositivo 20 secondo la presente invenzione potrà quindi convenientemente essere utilizzato in un impianto a ciclo Rankine organico, 15 ad esempio come quello illustrato in figura 1, comprendente almeno una pompa di alimentazione, almeno uno scambiatore di calore, almeno una turbina di espansione e almeno un condensatore. Vantaggiosamente l'impianto ORC potrà essere provvisto anche di un rigeneratore.

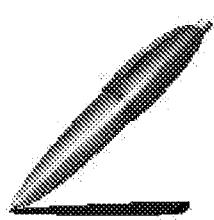
Il dispositivo secondo la presente invenzione potrà essere 20 convenientemente utilizzato anche in punti differenti da quello precedentemente descritto (a valle della turbina). Ad esempio, l'elettore può aspirare anche da altri punti a bassa pressione dell'impianto nei quali ci può essere una commistione di fluido di lavoro e olio di lubrificazione: riduttori di giri comunicanti con la turbina tramite tenute a labirinto, 25 centraline di lubrificazione, ecc.

- In particolare, in impianti con turbine, la tenuta in turbina può non essere meccanica ma a labirinti. Anche in questa variante, la soluzione del dispositivo 20 per la separazione continua di olio comprendente l'elettore, così come precedentemente descritta, rimane valida in tutti i suoi elementi.
- 5 L'unica variazione è il punto di aspirazione, che non sarà più in corrispondenza dell'albero della turbina ma in prossimità della centralina di lubrificazione. In questo caso è il fluido di lavoro, che normalmente è a pressione maggiore rispetto all'olio, a superare il labirinto e a contaminare l'olio, al contrario di quanto avviene nel caso precedentemente descritto.
- 10 La funzione della separazione e dell'elettore, pur essendo fisicamente la stessa, in questa applicazione ha la funzione di recupero del fluido di lavoro che altrimenti rimarrebbe nella centralina di lubrificazione.

Analogamente all'utilizzo dell'elettore, per lo stesso scopo potrebbe essere usato un compressore, con il medesimo scopo. L'elettore, tuttavia, 15 a differenza del compressore ha il notevole vantaggio di essere un componente statico e di non aver bisogno di alcuna tenuta, regolazione, o alimentazione di tipo meccanico. Inoltre, per le condizioni di lavoro considerate, il compressore dovrebbe essere posto in posizioni difficilmente accessibili, rendendone complicate le attività di manutenzione. I vantaggi 20 dell'elettore appaiono quindi evidenti: è di dimensioni ridotte rispetto al compressore, è un componente statico, quindi più affidabile, è più economico.

Oltre ai modi di attuazione dell'invenzione, come sopra descritti, è da intendere che esistono numerose ulteriori varianti. Deve anche 25 intendersi che detti modi di attuazione sono solo esemplificativi e non

limitano l'oggetto dell'invenzione, né le sue applicazioni, né le sue configurazioni possibili. Al contrario, sebbene la descrizione sopra riportata rende possibile all'uomo di mestiere l'attuazione della presente invenzione almeno secondo una sua configurazione esemplificativa, si deve intendere 5 che sono concepibili numerose variazioni dei componenti descritti, senza che per questo si fuoriesca dall'oggetto dell'invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.



Firmato digitalmente da:

BRUNI GIOVANNI

Firmato il 29/03/2023 11:21

Seriele Certificato: 18844548

Valido dal 19/06/2020 al 19/06/2023

InfoCert Firma Qualificata 2

### RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo (20) per la separazione continua di olio idoneo per un impianto a ciclo Rankine organico, in cui

- l'impianto è operato da un fluido organico di lavoro, e

5 - l'impianto comprende almeno una turbina (1), provvista di mezzi di tenuta (8) in bassa pressione e di una linea di scarico (10) di vapore espanso del fluido organico di lavoro,

il dispositivo (20) comprendendo:

- una prima linea (2), a valle dei mezzi di tenuta (8) della turbina

10 (1) e con essa in comunicazione di fluido, in cui è presente una miscela di vapore del fluido organico di lavoro e di olio di lubrificazione della turbina (1),

- un separatore (3) di olio, a valle della prima linea (2) e con essa in comunicazione di fluido, che separa l'olio di lubrificazione dal flusso di vapore del fluido organico di lavoro, e

15 - una linea di scarico (4) a valle del separatore (3) di olio e con esso in comunicazione di fluido, in cui è presente un primo flusso di vapore del fluido organico di lavoro, deprivato dell'olio di lubrificazione,

20 il dispositivo (20) essendo caratterizzato dal fatto che è posizionato a valle della turbina (1),

e dal fatto di comprendere:

- una seconda linea (6) di spillamento, in cui è presente un secondo flusso di vapore del fluido organico di lavoro, spillato da uno stadio intermedio della turbina (1) e a pressione maggiore rispetto alla pressione del primo flusso di vapore del fluido organico di lavoro,

- un elettore (5) a valle e in comunicazione di fluido con la linea di scarico (4) e con la seconda linea (6), in cui il primo flusso di vapore del fluido organico di lavoro è il flusso che l'elettore (5) aspira e il secondo flusso di vapore del fluido organico di lavoro è il flusso motore dell'elettore (5),
  - una terza linea (7), a valle e in comunicazione di fluido con l'elettore (5), in cui è presente un terzo flusso di vapore del fluido organico di lavoro, somma del primo e del secondo flusso di vapore, e in cui la terza linea (7) è in comunicazione di fluido anche con la linea di scarico (10) del vapore espanso nella turbina (1).
2. Dispositivo (20) secondo la rivendicazione 1, in cui l'elettore (5) comprende:
- un primo tratto (4e) di ingresso del primo flusso di vapore del fluido organico di lavoro,
  - un secondo tratto (6e) di ingresso del secondo flusso di vapore del fluido organico di lavoro,
  - un ugello (31) in comunicazione di fluido con il secondo tratto (6e), in cui il secondo flusso di vapore del fluido organico di lavoro aumenta la sua energia cinetica, riducendo la sua energia di pressione,
  - un terzo tratto (32), sostanzialmente cilindrico e pressoché isobaro, configurato in modo che il primo flusso di vapore e il secondo flusso di vapore si miscelino generando il terzo flusso di vapore del fluido organico di lavoro, somma del primo e del secondo flusso di vapore,
  - un quarto tratto (33), divergente, configurato in modo che il terzo flusso di vapore del fluido organico di lavoro riduca la sua energia cinetica

e aumenti la sua energia di pressione sino a raggiungere una pressione maggiore della pressione di condensazione del vapore espanso nella turbina (1).

3. Dispositivo (20) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il separatore (3) di olio è a coalescenza.
4. Dispositivo (20) secondo la rivendicazione 3, in cui il separatore (3) di olio comprende:
  - un bocchello (41) d'ingresso in comunicazione di fluido con la prima linea (2),
  - 10 - una zona di calma (40) di ingresso del separatore (3) di olio, in cui si verifica una prima separazione dell'olio di lubrificazione dal vapore del fluido organico di lavoro,
  - un condotto (43) comprendente un filtro (44) a coalescenza, sulla cui membrana è raccolto l'olio di lubrificazione,
  - 15 - un'uscita (45) in comunicazione di fluido con la linea di scarico (4),
  - una linea di drenaggio (11) dell'olio di lubrificazione.
5. Dispositivo (20) secondo la rivendicazione 3, in cui il separatore (3) di olio comprende una coperta termica che previene la condensazione del vapore del fluido organico di lavoro.
- 20 6. Dispositivo (20) secondo la rivendicazione 3, in cui il terzo flusso di vapore del fluido organico di lavoro della terza linea (7), è usato per riscaldare il separatore (3), prevenendo la condensazione del vapore del fluido organico di lavoro.
7. Dispositivo (20) secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui 25 la linea di scarico (4) è provvista di valvola di non ritorno (46).

8. Dispositivo (20) secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui il secondo flusso di vapore del fluido organico di lavoro, spillato da uno stadio intermedio della turbina (1) ha una portata ponderale variabile tra lo 0,1% e lo 0,2% della portata ponderale totale di vapore in ingresso della turbina (1).
9. Impianto a ciclo Rankine organico comprendente almeno una pompa di alimentazione, almeno uno scambiatore di calore, almeno una turbina di espansione e almeno un condensatore, caratterizzato dal fatto di essere provvisto di un dispositivo (20) per la separazione continua di olio, secondo una delle rivendicazioni precedenti.
10. Impianto secondo la rivendicazione precedente, comprendente inoltre un rigeneratore.

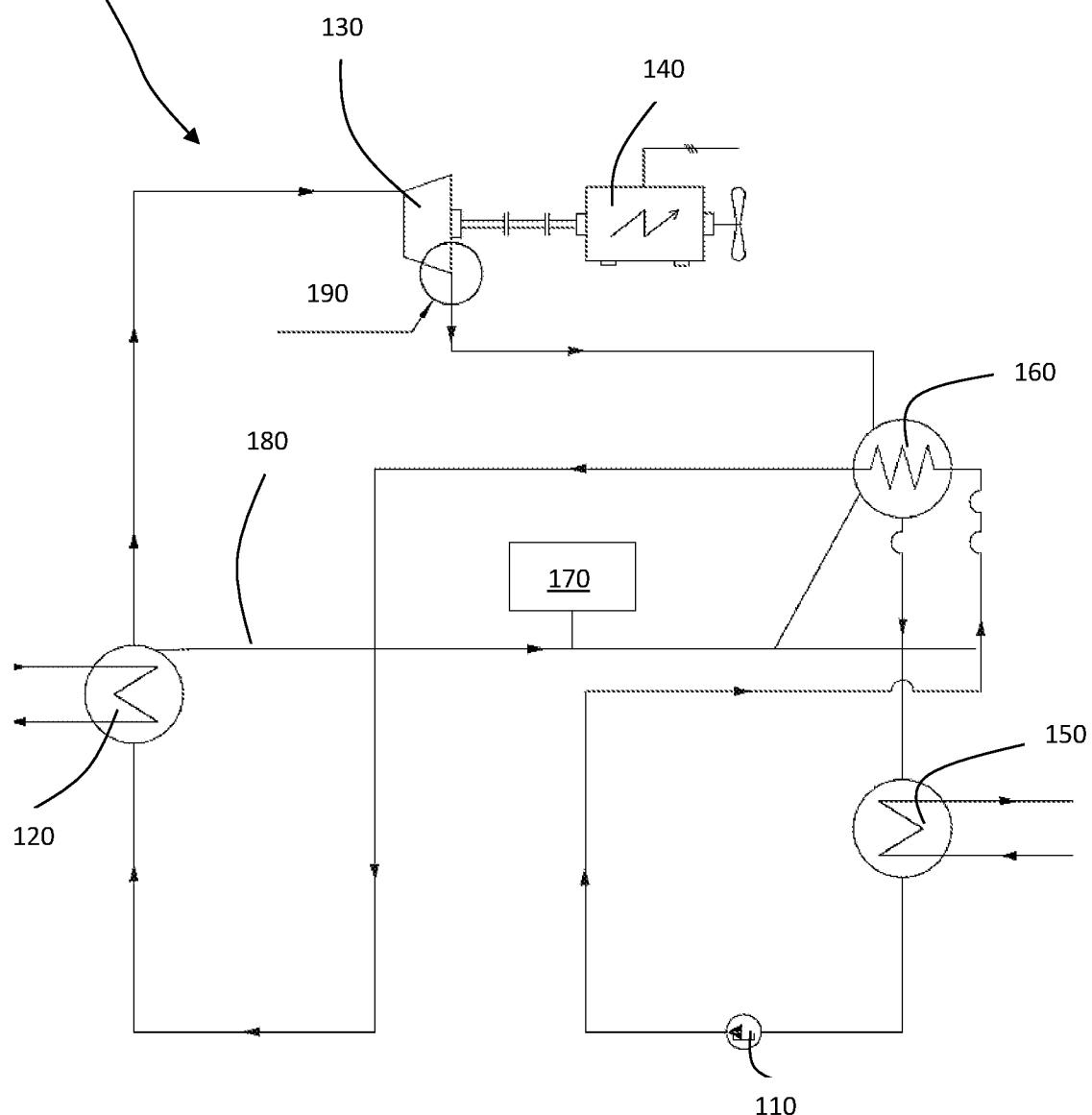


Fig. 1 – prior art

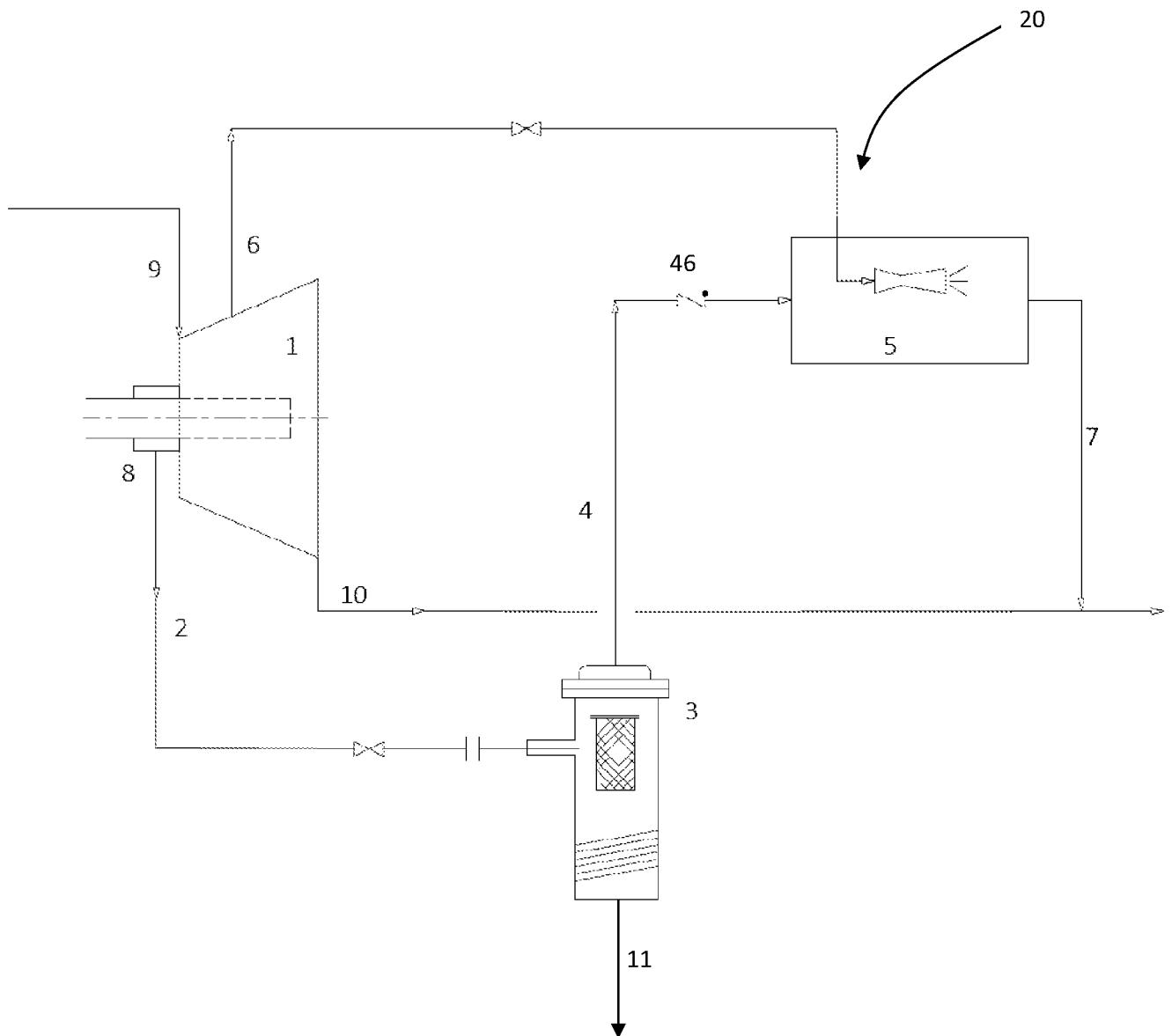


Fig. 2

3/3

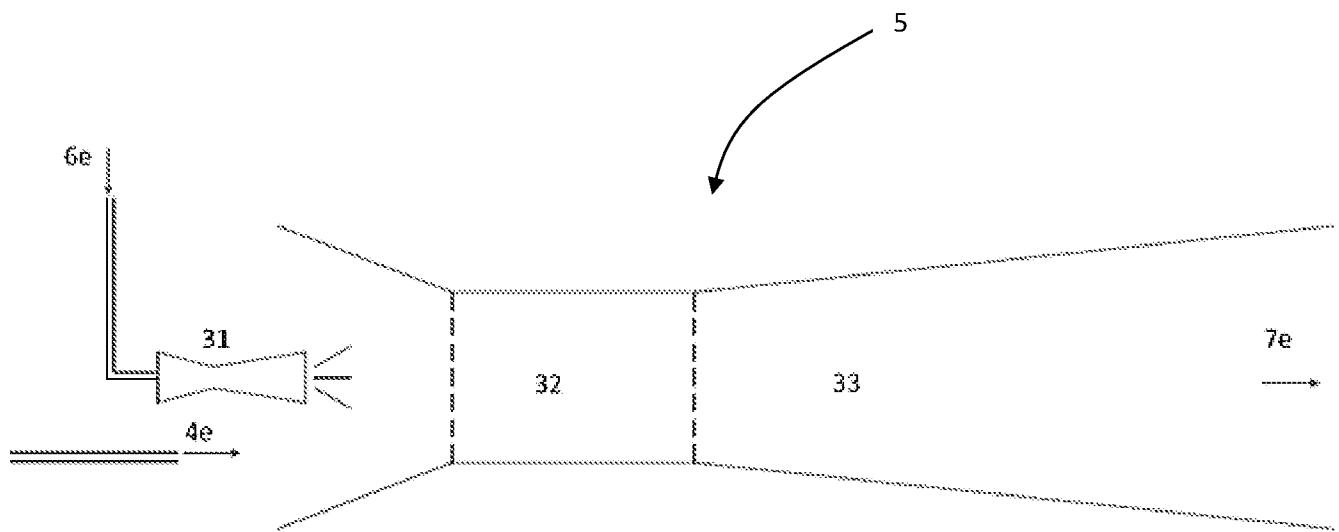


Fig.3

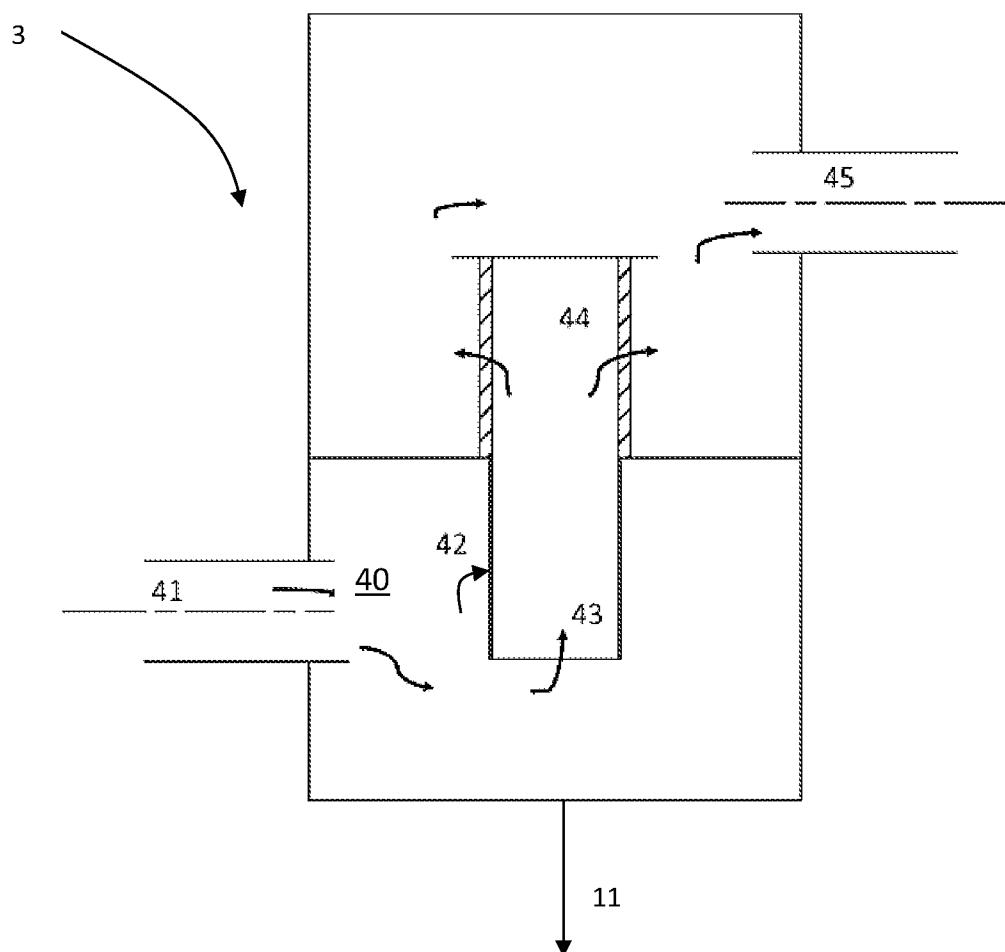


Fig.4