



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102011901955699
Data Deposito	17/06/2011
Data Pubblicazione	17/12/2012

Classifiche IPC

Titolo

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA CON EVENTUALE COGENERAZIONE DI CALORE UTILIZZANTE COMBUSTIBILE RINNOVABILE, IN PARTICOLARE BIOGAS.

- 1 -

Impianto di produzione di energia elettrica con eventuale cogenerazione di calore utilizzando combustibile rinnovabile, in particolare biogas

La presente invenzione riguarda un impianto per la produzione di energia elettrica con eventuale cogenerazione di calore, utilizzando combustibile rinnovabile, in particolare biogas.

Più dettagliatamente, l'invenzione riguarda un impianto del tipo detto che consente la generazione di energia elettrica, potendo essere dimensionato a seconda delle specifiche necessità.

Nel seguito, la descrizione sarà rivolta ad un impianto che utilizza biogas, ma è da intendersi che ciò non deve in alcun modo essere utilizzato per limitare l'ambito di protezione dell'invenzione, che potrà essere applicata ad impianti utilizzando qualsiasi ulteriore combustibile rinnovabile, ivi compresa l'energia termica solare.

Attualmente, gli impianti a biogas realizzati hanno una potenza di almeno 250 kW, e spesso di almeno 1MW. Questo tipo di impianto non può ovviamente essere utilizzato da piccoli utilizzatori, quali ad esempio piccoli allevatori, in quanto l'alimentazione di questo tipo e dimensione di impianti richiede allevamenti con migliaia di capi bovini o decine di migliaia di capi suini e/o ovini.

Alla luce di questa situazione, il Richiedente ha

studiato e messo a punto un impianto realizzabile anche per dimensioni molto più piccole, e quindi applicabile ad una platea di utilizzatori molto più ampia.

Questi ed altri risultati sono ottenuti, secondo la presente invenzione, proponendo un impianto che utilizza combustibili rinnovabili, e che prevede almeno due stadi di turbina separati, al fine di poter ottimizzare il ciclo di generazione.

Forma pertanto oggetto specifico della presente invenzione un impianto per la produzione di energia elettrica con eventuale cogenerazione di calore, utilizzante combustibile rinnovabile, in particolare biogas, comprendente un bruciatore, che viene alimentato da detto combustibile rinnovabile da mezzi di accumulo, alimentazione e pre-lavorazione, almeno due macchine rotative, senza valvole, disposte in serie lungo il percorso del gas, rispettivamente di alta pressione e di bassa pressione, e collegate meccanicamente ad un generatore elettrico tramite un riduttore, tra dette almeno due macchine volumetriche essendo disposti mezzi di ri-surriscaldamento o mezzi di ri-generazione, un condensatore termico o torre di condensazione, collegato in uscita alla macchina volumetrica a bassa pressione, e mezzi di pompaggio che trasferiscono il fluido, allo stato liquido, di nuovo verso il bruciatore.

In una prima forma di realizzazione, in caso di ri-generazione tra dette almeno due macchine volumetriche,

il vapore proveniente dal ripartitore posto tra gli stadi viene fatto passare attraverso uno scambiatore di calore, ove cede calore al fluido in fase liquida arrivante dal condensatore termico.

In una seconda forma di realizzazione, in caso di risurriscaldamento tra dette almeno due macchine volumetriche, è previsto un primo scambiatore, che preleva il calore direttamente dai gas combusti al bruciatore, e un secondo scambiatore, a valle della macchina volumetrica di bassa pressione che recupera il calore ancora disponibile nel vapore dopo le due espansioni, ed immediatamente a monte del condensatore termico.

Preferibilmente, all'interno del bruciatore, il combustibile rinnovabile viene bruciato con eccesso d'aria, in modo da cedere il calore necessario per il funzionamento del gruppo di generazione elettrica.

Preferibilmente, secondo l'invenzione, detti mezzi di ri-generazione comprendono un ripartitore di portata, che divide il vapore in uscita dalla macchina volumetrica ad alta pressione, inviandone la maggior parte alla macchina volumetrica a bassa pressione e la restante parte ad uno scambiatore rigenerativo di calore.

Ulteriormente, secondo l'invenzione, detti mezzi di risurriscaldamento comprendono uno scambiatore, che risurriscalda il vapore, mediante scambio di calore con i gas combusti dal bruciatore, prima di essere

trasferito alla macchina volumetrica a bassa pressione. Preferibilmente, secondo l'invenzione, sono previste più di due macchine volumetriche in serie lungo il percorso del gas.

Preferibilmente, dette macchine volumetriche sono turbine.

In una forma preferita di realizzazione dell'impianto secondo l'invenzione ciascuna di dette macchine volumetriche prevede uno statore e un rotore, detti statore e rotore avendo assi orizzontali eccentrici, creandosi quindi uno spazio tra statore e rotore ad altezza variabile.

In particolare, detto rotore prevede una pluralità di cavità, all'interno dei quali sono previsti setti, scorrevolmente mobili all'interno di dette cavità, in maniera tale da adattarsi all'altezza di detto spazio tra statore e rotore.

Inoltre, su detto statore è prevista una entrata del vapore, avente una o più luci di immissione, in prossimità della zona di minor luce radiale tra il rotore e lo statore, ed una uscita del vapore stesso, anch'essa avente una o più luci di scarico, sostanzialmente opposta all'entrata.

La presente invenzione verrà ora descritta a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo sue forme preferite di realizzazione illustrate nelle figure dei disegni allegati, in cui:

la figura 1 mostra uno schema di una prima forma di

realizzazione di un impianto secondo l'invenzione;
la figura 2 mostra un diagramma di un ciclo termodinamico di un impianto secondo la figura 1;
la figura 3 mostra uno schema di una seconda forma di realizzazione di un impianto secondo l'invenzione;
la figura 4 mostra un diagramma di un ciclo termodinamico di un impianto secondo la figura 3;
la figura 5 mostra una vista laterale di una forma di realizzazione di una turbina da utilizzarsi nell'impianto secondo l'invenzione, e
la figura 6 è una vista in sezione secondo un piano di taglio di traccia B-B in figura 5.

Osservando inizialmente la figura 1 dei disegni allegati, è mostrata una prima forma di realizzazione di un impianto secondo l'invenzione, indicato genericamente con il riferimento numerico 100, che prevede un bruciatore A, che riceve il combustibile rinnovabile (biogas o altro) da mezzi di accumulo, alimentazione e pre-lavorazione (non mostrati).

All'interno del bruciatore A, il biogas viene bruciato con eccesso d'aria, in modo da cedere il calore necessario per il funzionamento del gruppo di generazione elettrica, che nell'impianto 100 secondo l'invenzione comprende due turbine volumetriche F e D, rispettivamente di alta pressione e di bassa pressione, collegate meccanicamente ad un generatore elettrico L tramite un riduttore I. In uscita dalla turbina di bassa pressione D, il vapore viene condensato in una

torre di condensazione, indicata in figura come condensatore termico C.

Tra la turbina di alta pressione F e la turbina di bassa pressione D è previsto, in questa forma di realizzazione, un ripartitore E di portata, che divide il vapore in uscita dalla turbina di alta pressione F, inviandone la maggior parte alla turbina a bassa pressione D e la restante parte ad uno scambiatore rigenerativo di calore H.

Il circuito del fluido evolvente nell'impianto (nel caso illustrato acqua/vapore) prevede inoltre una pompa B, che trasferisce il fluido, allo stato liquido, di nuovo verso il bruciatore A, dopo averlo fatto passare attraverso lo scambiatore di calore H, ove riceve calore dal vapore arrivante dal ripartitore E.

Nella seguente tabella, sono riportati i valori per un ciclo in un impianto 100 come illustrato in figura 1, e il cui ciclo termodinamico è riprodotto in figura 2.

Tabella 1

SEZIONE #	dm/dt [Kg/s]	t [°C]	p [bar]	h [KJ/Kg]	s [KJ/(KgK)]	v [m ³ /Kg]	NOTE
1	0,0842	107,065	1,3	448,9	1,3859	0,0010	LIQUIDO SATURO
2	0,0842	164,38	32,5	696,9	1,9793	0,0011	LIQUIDO (DOPO RIG.)
3	0,0842	238,19	32,5	1029,0	2,6853	0,0012	LIQUIDO SATURO
4	0,0842	238,19	32,5	2802,1	6,1533	0,0618	VAPORE SATURO
5	0,0842	550	32,5	3564,2	7,3334	0,1152	INGRESSO 1° STADIO
6	0,0842	299,27	6,5	3059,4	7,3334	0,4023	USCITA 1° STADIO
7	0,0762	299,27	6,5	3059,4	7,3334	0,4023	INGRESSO 2° STADIO
8	0,0762	118,04	1,3	2709,1	7,3334	1,4117	USCITA 2° STADIO
9	0,0762	107,065	1,3	2686,8	7,2724	1,3322	VAPORE SATURO

Venendo ora ad osservare le figure 3 e 4, è mostrata una seconda forma di realizzazione dell'impianto secondo l'invenzione. In figura 3, le componenti dell'impianto 200 corrispondenti a quelle dell'impianto 100 della forma di realizzazione illustrata in figura 1 saranno indicate con gli stessi riferimenti.

A differenza dell'impianto 100, in questo caso a valle della turbina F ad alta pressione non è previsto il ripartitore E.

Il vapore in uscita dalla turbina ad alta pressione F viene tutto inviato ad uno scambiatore E', che risurriscalda il vapore, mediante scambio di calore con i gas combusti dal bruciatore A, prima di essere

trasferito alla turbina D a bassa pressione.

Un'altra differenza tecnica del circuito del vapore risiede nel fatto che, poiché il vapore che espande nella turbina di bassa pressione non raggiunge la condizione di vapore saturo, bensì resta nella condizione di vapore surriscaldato, si recupera la parte di calore sensibile del vapore per pre-riscaldare l'acqua, proveniente dalla pompa B, nello scambiatore H'.

Nella seguente tabella 2, sono riportati i valori per un ciclo in un impianto 200 come illustrato in figura 3, e il cui ciclo termodinamico è riprodotto in figura 4.

Tabella 2

SEZIONE	dm/dt	t	p	H	s	v	NOTE
#	[Kg/s]	[°C]	[bar]	[KJ/Kg]	[KJ/(KgK)]	[m ³ /Kg]	
1	0,0842	104,81	1,2	439,4	1,3609	0,0010	LIQUIDO SATURO
2	0,0842	159,05	30	673,4	1,9279	0,0011	LIQUIDO SATURO
3	0,0842	233,84	30	1008,3	2,6455	0,0012	LIQUIDO SATURO
4	0,0842	233,84	30	2802,3	6,1838	0,0666	VAPORE SATURO
5	0,0842	450	30	3344,5	7,0796	0,1077	INGRESSO 1° STADIO
6	0,0842	226,16	6	2903,0	7,0796	0,3740	USCITA 1° STADIO
7	0,0842	450	6	3376,7	7,8559	0,5527	INGRESSO 2° STADIO
8	0,0842	221,64	1,2	2917,4	7,8559	2,0451	USCITA 2° STADIO
9	0,0842	104,81	1,2	2683,4	7,2984	1,4281	VAPORE SATURO

Nelle due forme di realizzazione illustrate si sono previsti due stadi di turbina, ma è bene evidente come, in caso di salti di pressione maggiori, sia possibile prevedere anche un numero maggiore di stadi.

Al fine di ottimizzare il rendimento di un impianto realizzato secondo gli insegnamenti tecnici della presente invenzione, la struttura delle turbine sarà preferibilmente realizzata in maniera particolare, come verrà meglio descritto con riferimento alle figure 5 e 6.

In particolare, in figura 5 è mostrata una forma di realizzazione di una turbina, indicata genericamente con il riferimento numerico 300, per un impianto 100 o 200 secondo l'invenzione, che prevede un rotore 301 e uno statore 302, montati con un'eccentricità tra i relativi assi.

Il rotore 301 presenta una pluralità di cavità 303, in particolare 8 in figura 6, in cui sono alloggiati setti 304, scorrevolmente mobili all'interno di dette cavità 303.

Detti setti 304 sono preferibilmente realizzati in lega di ottone, mentre rotore 301 e statore 302 sono provvisti preferibilmente di nichelatura.

Il materiale dei setti 303 avrà una maggiore densità per consentire di vincere le forze di pressione nella turbina mediante la forza centrifuga generata dal movimento del rotore 301.

Sullo statore 302 è prevista una entrata 305 del vapore

(realizzata con una o più luci di immissione), in prossimità della zona di minor luce radiale tra il rotore 301 e lo statore 302, ed una uscita 306 del vapore stesso (realizzata con una o più luci di scarico), sostanzialmente opposta all'entrata 305.

Per quanto concerne i limiti di eccentricità tra rotore 301 e statore 302, da cui dipendono i rapporti volumetrici e di espansione ottenibili, i limiti e le scelte progettuali, sono legati alla necessità di assicurare assenza di interferenza tra rotore 301 e statore 302, da un lato, e dall'altro dalla necessità di mantenere una sufficiente parte di setto 304 all'interno della relativa cavità 303 sul rotore 301.

Con dei diametri fissati del rotore 301 e dello statore 302, si è calcolato che con un'eccentricità (e) di 5 mm (a progetto il valore è di 3.226 mm) è possibile ottenere un rapporto volumetrico di circa 10.8 ed un rapporto di espansione (pressione ingresso turbina/pressione in uscita turbina) di circa 23.9.

Sulla base delle sperimentazioni effettuate, si è giunti alla conclusione che non conviene eccedere con il valore dell'eccentricità in quanto si avrebbe:

- 1) un aumento dell'influenza della tolleranza dell'eccentricità rispetto al suo valore nominale sul rapporto di espansione della macchina;
- 2) un peggioramento del rendimento meccanico della macchina dovuto al fatto che se si equilibra in maniera teoricamente perfetta la forza di pressione e la forza

centrifuga nel punto di minima luce tra rotore e statore le forze radiali tra pala e statore aumentano in maniera drammatica all'aumentare del rapporto di espansione per tutte le altre posizioni della pala;

3) che all'aumentare del rapporto di espansione diviene più difficile introdurre più di uno stadio. Data la configurazione della macchina l'assenza di più stadi impedisce l'adozione delle tecniche di rigenerazione e ri-surriscaldamento con ulteriore danno sul rendimento complessivo dell'impianto

4) per forti rapporti di espansione i carichi radiali per il singolo stadio aumentano con conseguenti difficoltà progettuali (adozione di cuscinetti con maggior capacità di carico, adozione di sostegni di resistenza maggiore, ecc.)

La presente invenzione è stata descritta a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo sue forme preferite di realizzazione, ma è da intendersi che variazioni e/o modifiche potranno essere apportate dagli esperti nel ramo, senza per questo uscire dall'ambito di protezione della stessa come definito nelle rivendicazioni allegate.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Impianto (100) per la produzione di energia elettrica con eventuale cogenerazione di calore, utilizzante combustibile rinnovabile, in particolare biogas, comprendente un bruciatore (A), che viene alimentato da detto combustibile rinnovabile proveniente da mezzi di accumulo, alimentazione e pre-lavorazione, almeno due macchine rotative (F, D), senza valvole, disposte in serie lungo il percorso del gas, rispettivamente di alta pressione e di bassa pressione, e collegate meccanicamente ad un generatore elettrico (L) tramite un riduttore(I), tra dette almeno due macchine volumetriche (F, D) essendo disposti mezzi di ri-surriscaldamento o mezzi di ri-generazione, un condensatore termico (C) o torre di condensazione, collegato in uscita alla macchina volumetrica a bassa pressione (D), e mezzi di pompaggio (B) che trasferiscono il fluido, allo stato liquido, di nuovo verso il bruciatore (A).

2. Impianto secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, in caso di ri-generazione tra dette almeno due macchine volumetriche (F, D), il vapore proveniente dal ripartitore posto tra gli stadi viene fatto passare attraverso uno scambiatore di calore (H), ove cede calore al fluido in fase liquida arrivante dal condensatore termico (C).

3. Impianto secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che, in caso di ri-surriscaldamento tra dette almeno due macchine volumetriche (F, D), è previsto un primo scambiatore (E'), che preleva il calore direttamente dai gas combusti al bruciatore (A), e un secondo scambiatore (H'), a valle della macchina volumetrica (D) di bassa pressione che recupera il calore ancora disponibile nel vapore dopo le due espansioni, ed immediatamente a monte del condensatore termico (C).

4. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che all'interno del bruciatore (A), il combustibile rinnovabile viene bruciato con eccesso d'aria, in modo da cedere il calore necessario per il funzionamento del gruppo di generazione elettrica.

5. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di ri-generazione comprendono un ripartitore (E) di portata, che divide il vapore in uscita dalla macchina volumetrica ad alta pressione (F), inviandone la maggior parte alla macchina volumetrica a bassa pressione (D) e la restante parte ad uno scambiatore rigenerativo di calore (H).

6. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di ri-surriscaldamento comprendono uno scambiatore (E'), che risurriscalda il vapore, mediante scambio di calore

con i gas combusti dal bruciatore (A), prima di essere trasferito alla macchina volumetrica (D) a bassa pressione.

7. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che sono previste più di due macchine volumetriche in serie lungo il percorso del gas.

8. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che dette macchine volumetriche sono turbine.

9. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che ciascuna di dette macchine volumetriche prevede uno statore (302) e un rotore (301), detti statore (302) e rotore (301) avendo assi orizzontali sfalsati, creandosi quindi uno spazio tra statore (302) e rotore (301) ad altezza variabile.

10. Impianto secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto rotore prevede una pluralità di cavità (303), all'interno dei quali sono previsti setti (304), scorrevolmente mobili all'interno di dette cavità (303), in maniera tale da adattarsi all'altezza di detto spazio tra statore (302) e rotore (301).

11. Impianto secondo la rivendicazione 9 o 10, caratterizzato dal fatto che su detto statore (302) è prevista una entrata (305) del vapore, avente una o più luci di immissione, in prossimità della zona di minor

luce radiale tra il rotore (301) e lo statore (302), ed una uscita (306) del vapore stesso, anch'essa avente una o più luci di scarico, sostanzialmente opposta all'entrata (305).

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

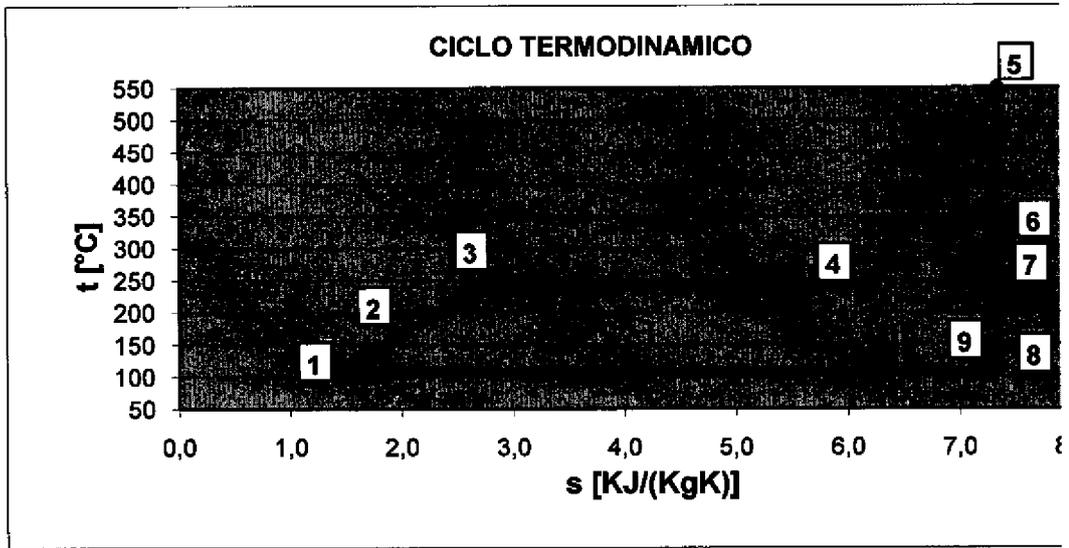
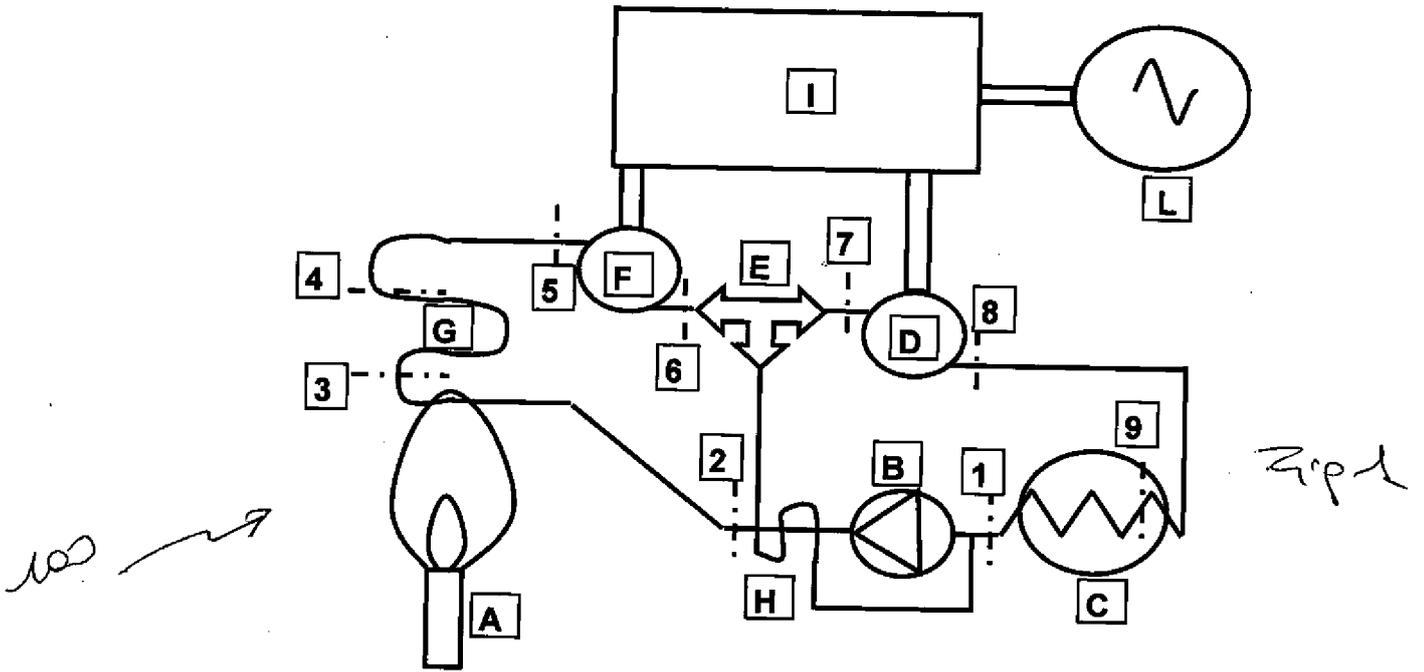


Fig 2

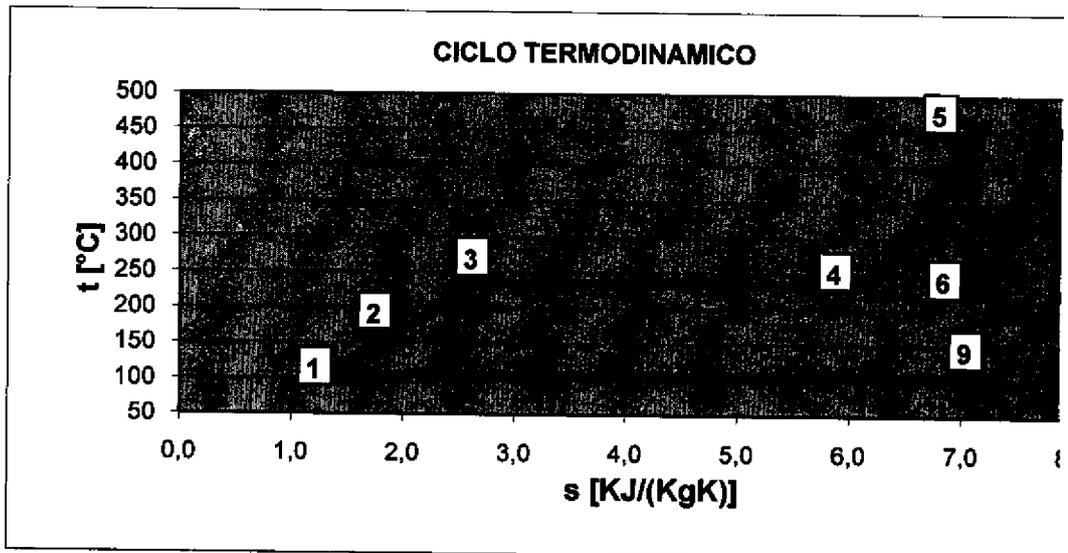
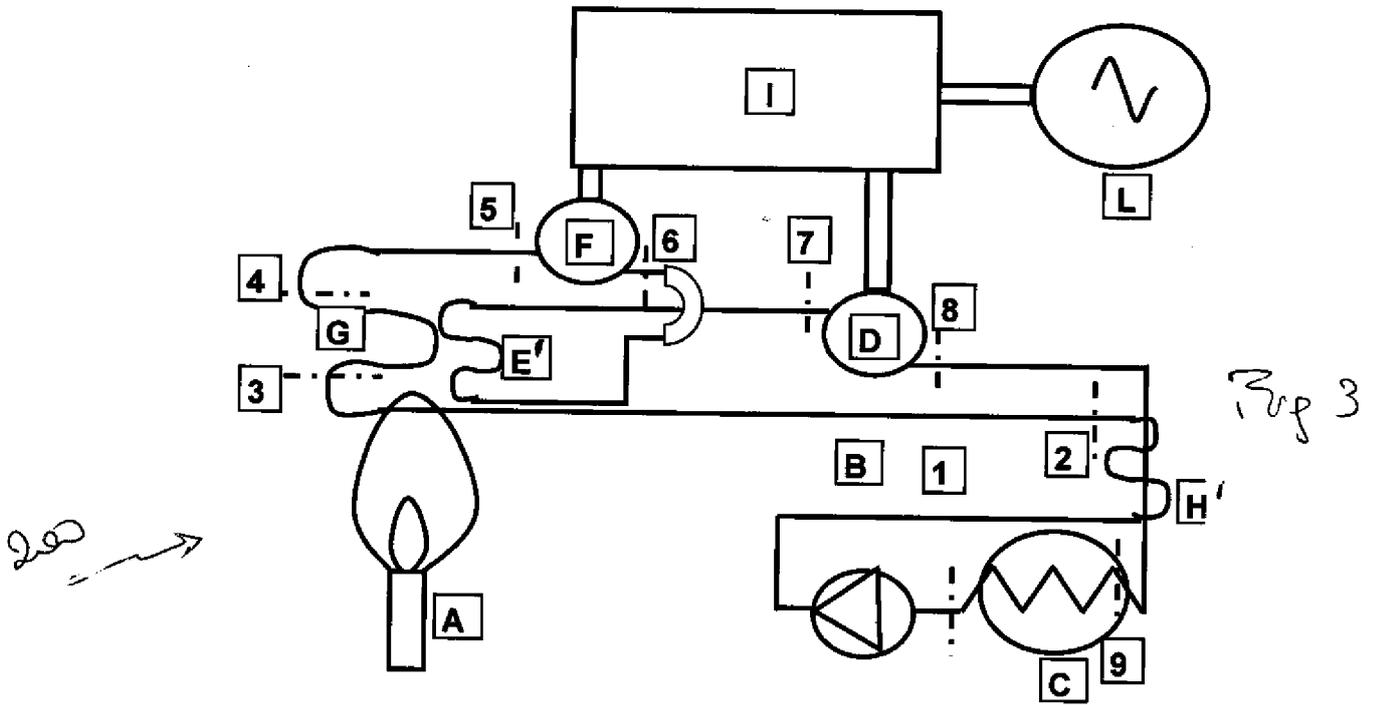


Fig 4

Fig. 6

