

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000021071
Data Deposito	04/08/2021
Data Pubblicazione	04/02/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C	7	22

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C	7	232

Titolo

Improved Method for Estimating and Setting Exhaust Purge Time in a Combustion System and Combustion System Thereof.

**Metodo migliorato per stimare e impostare il tempo di spurgo dello scarico in
un sistema di combustione e relativo sistema di combustione**

Descrizione

CAMPO TECNICO

- 5 **[0001]** La presente divulgazione riguarda un metodo per stimare e impostare il tempo di spurgo dello scarico in un sistema di combustione, in particolare in un sistema di combustione comprendente una turbina a gas. Nella presente è divulgato anche un sistema di combustione per eseguire un tale metodo.

STATO DELL'ARTE

- 10 **[0002]** I sistemi di combustione comprendenti turbine a gas e i relativi condotti di scarico devono essere spurgati dai gas residui prima di avviare o riavviare la turbina poiché i gas o i vapori residui possono creare un'atmosfera esplosiva nel sistema.

- 15 **[0003]** Vi sono standard di sicurezza che stabiliscono come eseguire i cicli di spurgo in tali sistemi di scarico di turbine a gas, ovvero: API616, ISO21789, ISO3977-3, NFPA37 e NFPA85. Specificamente, tutti gli standard menzionati stabiliscono che prima di avviare la turbina a gas, deve essere generalmente incluso ed eseguito un ciclo di spurgo. Solitamente, durante tale ciclo di spurgo, vengono intrapresi almeno tre cambi di volume completi della turbina a gas e dei condotti di scarico a valle.

- 20 **[0004]** Entrambi gli standard ISO21789 e NFPA85 introducono anche la possibilità che un tale ciclo di spurgo completo possa essere evitato nel caso in cui siano adottate misure di sicurezza alternative. In particolare, lo standard NFPA85 introduce il concetto del credito di spurgo (purge credit).

- 25 **[0005]** Tuttavia, tale concetto di valutazione del rischio prevista dagli standard ISO21789 e NFPA85 o il credito di spurgo introdotto dallo standard NFPA85 non è mai stato analizzato approfonditamente. Di fatto, l'attuale approccio seguito dalla maggior parte dei produttori è conservativo, in cui il ciclo di spurgo non può essere inferiore a 5 volte il volume dello scarico (numero massimo definito dallo standard NFPA85). Il volume da spurgare è considerato essere fino all'uscita del condotto di scarico (incluse le parti verticali) e il ciclo di spurgo viene sempre eseguito a ciascun

avvio o riavvio della turbina a gas.

5 **[0006]** Tuttavia, un tale approccio conservativo, sebbene efficace in termini di sicurezza, può influire sulla disponibilità del sistema di combustione, poiché può richiedere tempi lunghi per l'esecuzione, con un conseguente avvio prolungato della turbina a gas.

[0007] Ciò può portare a un ritardo nel collegamento di rete della turbina (nel caso di un turbogeneratore) e un sovraccarico di alcuni sistemi ausiliari, come l'avviatore, il che richiede una progettazione specifica per tempi operativi prolungati. Questo implica un aumento nei costi di produzione.

10 **[0008]** A titolo di esempio, nel caso di un sistema di combustione comprendente una turbina a gas con un volume dello scarico elevato, e in cui anche una caldaia di recupero è installata in linea, il tempo di spurgo per completare i cinque cambi di volume nei condotti a valle può durare circa 96 minuti. Tale valore dipende anche dalle dimensioni dei condotti di scarico.

15 **[0009]** Sulla base di quanto precede, un metodo migliorato per impostare il tempo di spurgo dello scarico in sistemi di combustione, in grado di ridurre il tempo operativo durante l'avvio della turbina, è bene accetto nel settore, consentendo di aumentare la disponibilità della turbina a gas, nonché di ridurre i costi operativi correlati.

SOMMARIO

20 **[0010]** In un aspetto, l'oggetto divulgato nella presente si riferisce a un metodo per stimare e impostare il tempo di spurgo dello scarico in sistemi di combustione. Il metodo comprende una turbina, in particolare una turbina a gas, alimentata con gas combustibile mediante un compartimento di gas combustibile dotato di valvole di intercettazione. Specificamente, il compartimento di gas combustibile comprende un ingresso
25 di gas combustibile, per il gas combustibile che entra nel sistema di combustione; una prima valvola di intercettazione interna disposta a valle dell'ingresso di gas combustibile, con riferimento allo spostamento dei gas combustibili verso la turbina, quando in uso, e una seconda valvola di intercettazione interna disposta a valle della prima valvola di intercettazione interna. Almeno un rilevatore di pressione è disposto tra la
30 prima valvola di intercettazione interna e la seconda valvola di intercettazione interna.

Il metodo secondo tale aspetto comprende le fasi di avviare la turbina e controllare la prima valvola di intercettazione interna e la seconda valvola di intercettazione interna, ricevendo la pressione rilevata dall'almeno un rilevatore di pressione e verificando che non venga rilevata alcuna perdita. Se il controllo viene completato e se la turbina è stata arrestata almeno una volta, allora viene letta almeno una variabile. In particolare, almeno una variabile viene associata all'arresto precedente della turbina e indica se è disponibile un credito di spurgo. Pertanto, se l'almeno una variabile indica che è disponibile un credito di spurgo, allora il tempo di spurgo dello scarico viene impostato su zero, il che indica che il ciclo di spurgo successivo viene saltato. Altrimenti, se l'almeno una variabile indica che non è disponibile alcun credito di spurgo, allora il tempo di spurgo dello scarico viene impostato su un valore di tempo di spurgo predefinito.

[0011] In particolare, il ciclo di spurgo può essere saltato per un numero limitato di volte se è disponibile un credito di spurgo. In altri termini, il metodo menzionato consente di valutare se il sistema ha dei crediti di spurgo residui, consentendo in tal modo di avviare la turbina senza un ciclo di spurgo.

[0012] Secondo un aspetto, se l'almeno una variabile indica che non è disponibile alcun credito di spurgo e che l'arresto precedente era un arresto normale, allora il valore di tempo di spurgo predeterminato può essere impostato su un primo tempo per ridurre i gas di scarico all'interno del sistema di combustione al di sotto di una soglia di sicurezza, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un primo volume di gas predeterminato. D'altra parte, se l'almeno una variabile indica che l'arresto precedente non era un arresto normale, allora il tempo di spurgo predeterminato può essere impostato su un secondo tempo per ridurre i gas di scarico residui all'interno del sistema di combustione al di sotto di una soglia di sicurezza, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un secondo volume di gas predeterminato.

[0013] Secondo un aspetto, il controllo può essere eseguito pressurizzando, per mezzo del gas combustibile che entra nel compartimento di gas combustibile dall'ingresso di gas combustibile, un primo volume del compartimento di gas combustibile tra l'ingresso di gas combustibile e la prima valvola di intercettazione, mentre la prima valvola di intercettazione è chiusa, e verificando che la pressione rilevata dall'almeno un rilevatore di pressione non aumenti al di sopra di un primo limite di pressione. Dopo

5 tale pressurizzazione del primo volume, la prima valvola di intercettazione può essere aperta, mentre la seconda valvola di intercettazione può essere chiusa. Successivamente, la prima valvola di intercettazione può essere richiusa e un tempo predeterminato può essere atteso per verificare che la pressione rilevata dall'almeno un rilevatore di pressione non scenda al di sotto di una soglia di perdita predefinita.

10 **[0014]** Secondo un aspetto, l'almeno una variabile può essere calcolata durante l'arresto precedente della turbina. In particolare, quando la turbina viene arrestata, la prima valvola di intercettazione e la seconda valvola di intercettazione possono essere chiuse e un segnale correlato alla perdita di fiamma può essere ricevuto prima o dopo la chiusura della prima valvola di intercettazione e della seconda valvola di intercettazione. Se il segnale correlato alla perdita di fiamma arriva dopo la chiusura della prima valvola di intercettazione e della seconda valvola di intercettazione, allora il gas combustibile residuo all'interno di un secondo volume del compartimento di gas combustibile viene controllato. Tale secondo volume è a valle della prima valvola di intercettazione e a monte della seconda valvola di intercettazione. In particolare, se il gas combustibile residuo controllato è al di sotto di un valore predefinito, allora un valore indicante che è disponibile un credito di spurgo può essere assegnato all'almeno una variabile. D'altra parte, se il gas combustibile residuo controllato non è al di sotto di un valore predefinito, allora un valore indicante che non è disponibile alcun credito di spurgo e che l'arresto era normale può essere assegnato all'almeno una variabile.

25 **[0015]** Secondo un aspetto, se un tempo predeterminato è trascorso senza uno spurgo, il metodo può assegnare all'almeno una variabile un valore indicante che non è disponibile alcun credito di spurgo all'avvio successivo della turbina.

30 **[0016]** Secondo un aspetto, l'oggetto divulgato nella presente si riferisce anche a un sistema di combustione comprendente un'unità di controllo configurata per eseguire il metodo, una turbina, in particolare una turbina a gas, collegata all'unità di controllo, e un compartimento di gas combustibile accoppiato alla turbina per alimentare la turbina con gas combustibile e che è accoppiato all'unità di controllo. In particolare, il

- compartimento di gas combustibile comprende: un ingresso di gas combustibile per il gas combustibile che entra nel sistema di combustione; una prima valvola di intercettazione interna, disposta a valle dell'ingresso di gas combustibile, con riferimento allo spostamento del gas combustibile verso la turbina, e collegata all'unità di controllo;
- 5 una seconda valvola di intercettazione interna disposta a valle della prima valvola di intercettazione e collegata all'unità di controllo; e almeno un rilevatore di pressione è disposto tra la prima valvola di intercettazione interna e la seconda valvola di intercettazione interna.

DESCRIZIONE DEI DISEGNI

- 10 **[0017]** Una comprensione più completa delle forme di realizzazione divulgate dell'invenzione e di molti dei relativi vantaggi correlati sarà facilmente ottenuta man mano che la stessa viene meglio intesa con riferimento alla seguente descrizione dettagliata quando considerata in combinazione con gli uniti disegni ed esempi, in cui:

- la figura 1 mostra una vista frontale di una prima forma di realizzazione di un sistema di combustione secondo un aspetto della presente invenzione, in cui il sistema di combustione comprende una turbina a gas e un compartimento di gas combustibile per alimentare la turbina a gas con gas combustibile;
- 15

- la figura 2 mostra una vista frontale di una seconda forma di realizzazione di un sistema di combustione secondo un aspetto della presente invenzione, in cui il sistema di combustione comprende una turbina a gas e un compartimento di gas combustibile per alimentare la turbina a gas con gas combustibile;
- 20

la figura 3 mostra un diagramma a blocchi di un compartimento di gas combustibile di un sistema di combustione secondo un aspetto della presente invenzione;

- la figura 4 mostra un diagramma a blocchi di un'unità di controllo di un sistema di combustione secondo un aspetto della presente invenzione;
- 25

la figura 5 mostra un diagramma di flusso di un metodo secondo un aspetto della presente invenzione, in cui il diagramma di flusso comprende le fasi di avvio della turbina, controllo delle valvole e stima del tempo di spurgo in un sistema di combustione secondo un aspetto della presente invenzione;

la figura 6 mostra un diagramma di flusso che analizza la fase di controllo delle valvole del diagramma di flusso della figura 1; e

la figura 7 mostra un diagramma di flusso di un metodo secondo un aspetto della presente invenzione, in cui il diagramma di flusso comprende le fasi per controllare l'arresto della turbina in un sistema di combustione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELLE FORME DI REALIZZAZIONE

[0018] Una turbina a gas è una macchina rotante in grado di trasformare l'energia chimica, ovvero un combustibile chimico, in energia meccanica per far funzionare un carico o produrre energia elettrica. Le turbine a gas vengono implementate per diversi servizi, dall'azionamento di carichi meccanici alla produzione di energia elettrica. Per via della combustione che si verifica nelle turbine a gas, i tubi collegati alla turbina a gas devono essere spurgati a intervalli regolari per motivi di sicurezza, più specificamente per impedire possibili esplosioni. Tuttavia, questa manutenzione causa diversi tempi di inattività e l'interruzione dei servizi forniti dalle turbine a gas. Pertanto, è apprezzata una riduzione dei tempi di spurgo richiesti.

[0019] Viene divulgato un nuovo sistema di combustione, che viene fatto funzionare per stimare se è necessario o no un ciclo di spurgo, in base a valori di pressione raccolti mediante rilevatori di pressione disposti a monte dello stadio di combustione della turbina a gas e in particolare all'interno del compartimento di gas combustibile, che alimenta la turbina stessa. Mediante la soluzione, la fase di spurgo viene eseguita solo quando necessaria e non necessariamente a ciascun avvio della turbina a gas, mantenendo gli stessi livelli di sicurezza.

[0020] Con riferimento alle figure 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, viene qui descritto un sistema di combustione 1 (mostrato in particolare nelle figure 1 e 2) configurato per eseguire un metodo 100, che è mostrato nelle figure 5, 6 e 7. Il metodo 100 stima e imposta il tempo di spurgo dello scarico nel sistema di combustione 1 stesso.

[0021] Il sistema di combustione 1 comprende una turbina a gas 10 e un compartimento di gas combustibile 11, accoppiato alla turbina 10. In alcune forme di realizzazione, la turbina a gas 10 è fissata al compartimento di gas combustibile 11. In alcune altre forme di realizzazione, la turbina a gas 10 è formata in modo solidale con il

compartimento di gas combustibile 11. Quando in uso, il compartimento di gas combustibile alimenta la turbina 10 con gas combustibile.

5 [0022] Il sistema di combustione 1 comprende anche un compartimento di scarico 13, accoppiato alla turbina a gas 10. In alcune forme di realizzazione, il compartimento di scarico 13 può essere fissato alla turbina 10. Quando in uso, il compartimento di scarico 13 riceve i gas di scarico della turbina 10, in modo da estrarre tali gas di scarico prodotti dalla combustione nella turbina a gas 10.

10 [0023] Infine, il sistema di combustione 1 comprende un'unità di controllo 14 collegata alla turbina 10 e al compartimento di gas combustibile 11. L'unità di controllo 14 può essere installata in una carcassa vicina alla turbina a gas 10, o in una posizione lontana, come mostrato nelle figure 1 e 2, collegata alla turbina a gas 10 attraverso canali di comunicazione, come Internet, cavi Ethernet e simili.

15 [0024] Facendo riferimento alla figura 4, è illustrata una forma di realizzazione dell'unità di controllo 14, comprendente un bus 141, un processore 142, collegato al bus 141, una memoria leggibile da computer 143, collegata al bus 141, per memorizzare dati e qualsiasi possibile programma richiesto, e una porta di immissione/emissione 144, configurata per collegarsi a un'interfaccia elettrica della turbina a gas 10 del sistema di combustione 1, per controllarlo.

20 [0025] Inoltre, la memoria leggibile da computer 143 memorizza un codice leggibile da computer, che, quando il processore 142 vi accede, induce il processore 142 a eseguire un programma per eseguire il metodo 100 come meglio spiegato in dettaglio di seguito.

25 [0026] In alcune forme di realizzazione, il processore 142 può essere un PLC di sicurezza. Un esempio è il 3701/55 ADAPT ESD di Baker Hughes. In aggiunta, il processore 142 può anche essere di tipi programmabili diversi.

[0027] Il compartimento di gas combustibile 11 può essere isolato da qualsiasi altro compartimento del sistema di combustione 1. Di fatto, il sistema di combustione 1 comprende un alloggiamento di filtro 12 per alimentare la turbina 10 con aria esterna. L'alloggiamento di filtro 12 è disposto in un'area sicura, il che significa che è disposto in un'area in cui i gas combustibili non possono entrare. Grazie a questa disposizione

30

del sistema di combustione 1, l'unico modo per cui i gas combustibili entrino nella turbina 10 è attraverso il compartimento di gas combustibile 11, che è isolato durante tutte le attività di messa in servizio.

5 **[0028]** Specificamente, il compartimento di gas combustibile 11 (mostrato nella figura 3) comprende un ingresso di gas combustibile 7, attraverso il quale il gas combustibile può entrare nel sistema di combustione 1. Il compartimento di gas combustibile 11 comprende, inoltre, una prima valvola di intercettazione interna 3, disposta a valle dell'ingresso di gas combustibile 7, con riferimento allo spostamento del gas combustibile verso la turbina 10, quando in uso, e una seconda valvola di intercettazione interna 4 disposta a valle della prima valvola di intercettazione interna 3.

[0029] Inoltre, un primo rilevatore di pressione 5 è disposto a monte della prima valvola di intercettazione interna 3 e un secondo rilevatore di pressione 6 è disposto tra la prima valvola di intercettazione interna 3 e la seconda valvola di intercettazione interna 4.

15 **[0030]** Il secondo rilevatore di pressione 6 è preferibilmente certificato Safety Integrity Level (SIL) ed è collegato all'unità di controllo 14, ad esempio essendo cablato al PLC di sicurezza, per garantire una sicurezza maggiore del sistema di combustione 1. Altri sistemi di collegamento possono essere tuttavia previsti per il collegamento tra il rilevatore di pressione 6 e l'unità di controllo 14.

20 **[0031]** L'ingresso di gas combustibile 7 mostrato nella figura 3 è una valvola di intercettazione esterna 7. Pertanto, il compartimento di gas combustibile 11 può essere diviso in un primo volume 15, tra la valvola di intercettazione esterna 7 e la prima valvola di intercettazione interna 3, e un secondo volume 16, tra la valvola di intercettazione interna 3 e la seconda valvola di intercettazione interna 4.

25 **[0032]** Infine, il compartimento di gas di scarico 11 comprende una valvola di sfiato esterna 8, disposta nel primo volume 15, e una valvola di sfiato interna 9, disposta nel secondo volume 16. La valvola di sfiato esterna 8 e la valvola di sfiato interna 9 consentono la depressurizzazione del secondo volume 16, quando necessario, come meglio spiegato di seguito. Il compartimento di gas combustibile 11 comprende anche
30 una valvola di riscaldamento 90, sempre per consentire la depressurizzazione del primo volume 15.

5 [0033] Vi sono anche valvole di dosaggio 40 disposte a valle della seconda valvola di intercettazione interna 4 e a monte della turbina a gas 10 per misurare il flusso di gas verso la turbina 10. Un feedback delle valvole di dosaggio 40 è collegato all'unità di controllo 14, preferibilmente essendo cablato al PLC di sicurezza, per migliorare la sicurezza del sistema di combustione 1. Ulteriori componenti fisici che possono essere installati a valle della seconda valvola di intercettazione interna 4 non sono presi in considerazione per lo scopo di questa divulgazione.

10 [0034] Grazie al secondo rilevatore di pressione 6, è possibile valutare, per mezzo del metodo per computer 100 eseguito dall'unità di controllo 14, se è necessario uno spurgo prima dell'avvio della turbina 10 e il tempo richiesto per tale spurgo, come meglio divulgato di seguito.

15 [0035] Il compartimento di scarico 13 comprende un condotto verticale e uno o più condotti orizzontali (come mostrato nelle figure 1 e 2). Per via dell'isolamento del compartimento di gas combustibile 11 durante le attività di messa in servizio, non vi è uno scenario attendibile per cui il gas combustibile possa entrare all'interno del compartimento di scarico 13. Per questo motivo, si presume ragionevolmente che il compartimento di scarico 13 sia privo di gas combustibile quando il compartimento di gas combustibile 11 sarà in servizio per la prima volta.

20 [0036] Come menzionato sopra, il metodo 100 per stimare e impostare il valore RPT1, RPT2, RPT3 del tempo di spurgo nel sistema di combustione 1 comprende le fasi mostrate nella figura 5.

25 [0037] Alla fase 101, la turbina a gas 10 si avvia e quindi viene eseguita una fase di controllare 102 la prima valvola di intercettazione interna 3 e la seconda valvola di intercettazione interna 4. La fase di controllare 102 viene eseguita ricevendo la pressione rilevata dal secondo rilevatore di pressione 6 e verificando che non venga rilevata alcuna perdita.

30 [0038] Successivamente, se la fase di controllare 102 viene completata e se la turbina a gas 10 è stata arrestata almeno una volta, il metodo 100 comprende la fase di leggere 103 almeno una variabile V, associata all'arresto precedente e che indica se è disponibile un credito di spurgo. Se l'almeno una variabile V indica che è disponibile un credito di spurgo, allora viene eseguita la fase di impostare 104 il tempo di spurgo

dello scarico su zero; altrimenti, se l'almeno una variabile V indica che non è disponibile alcun credito di spurgo, allora il metodo 100 comprende le fasi di impostare (si vedano i numeri di riferimento 105, 106, 108) il tempo di spurgo dello scarico su un valore di tempo di spurgo predeterminato RPT1, RPT2, RPT3.

- 5 **[0039]** L'almeno una variabile V può essere anche il valore di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 da impostare, che è stato stimato durante l'ultimo arresto della turbina a gas 10.

[0040] Il metodo 100 è progettato anche per controllare un'autorizzazione aggiuntiva prima di passare all'avviamento ("AVVIO RIUSCITO")

- 10 **[0041]** Di fatto, durante il controllo 102, viene eseguita una prova di corsa completa sulle valvole di dosaggio 40, per controllare la loro funzionalità. Una prima prova viene eseguita spostando le valvole con una velocità di corsa/sec del 5%, da completamente chiuse a completamente aperte e viceversa. Questo controllo delle valvole può essere eseguito su tutte le valvole di dosaggio 40 allo stesso tempo. Durante questa
- 15 fase, un azionatore di valvola può generare un disinnesto in base alla sua propria parametrizzazione (ovvero: le impostazioni del produttore). Come parte di questa prova, un sistema di controllo di sicurezza di processo di base (BPCS, facente parte dell'unità di controllo 14) comanderà le valvole di dosaggio 40 mentre il PLC di sicurezza eseguirà un controllo di "domanda vs feedback" sulle valvole di dosaggio 40. Il feedback
- 20 della/e valvola/e è direttamente collegato al PLC di sicurezza. La domanda deve essere condivisa con il PLC di sicurezza dal BPCS. Se la prova viene superata, il metodo 100 procede con le sue ulteriori fasi. Altrimenti, l'unità di controllo 14 genera un allarme specifico e l'avvio 101 della turbina a gas 10 viene annullato se vi è una discrepanza al di sopra di una soglia predefinita. A titolo di esempio, l'avvio 101 della turbina a gas
- 25 10 può essere annullato se vi è una discrepanza superiore al 3% per più di 0,5 secondi.

[0042] Inoltre, durante il controllo 102 viene eseguita una prova a bottiglia (mostrata nella figura 6) sulla prima valvola di intercettazione interna 3 e sulla seconda valvola di intercettazione interna 4, come spiegato di seguito.

- [0043]** Per effettuare tale prova a bottiglia, prima dell'avvio 101 della turbina a gas
- 30 10, ovvero mentre la turbina a gas 10 è in una condizione di fermo (stato di arresto), la valvola di sfiato esterna 8 e la valvola di sfiato interna 9 o la valvola di riscaldamento

90 e la valvola di sfiato interna 9 vengono spostate in una condizione aperta mentre le valvole di intercettazione (valvola di intercettazione esterna 7, prima valvola di intercettazione interna 3 e seconda valvola di intercettazione interna 4) sono in una condizione chiusa. Non è previsto nessun altro controllo per questa fase/condizione e non
5 deve essere effettuato alcun controllo di sicurezza. Questa condizione è precedente all'avvio della turbina a gas.

[0044] Dopo l'avvio 101 della turbina a gas 10, ha inizio la fase di controllare le valvole 102 e la valvola di intercettazione esterna 7 si apre per pressurizzare il primo volume 15, mentre la valvola di sfiato esterna 8 e lo sfiato interno 9 rimangono chiusi
10 (fase 1020 della figura 6). Tutte le altre valvole 3, 4 rimangono nella stessa condizione di prima. Questo è precedente all'avviamento.

[0045] In questa fase, quando la pressione misurata dal primo sensore di pressione 5 raggiunge la stessa soglia per l'autorizzazione all'avviamento $P1_{avviamento}$, vi è un controllo sullo strumento del secondo sensore di pressione 6, al fine di monitorare se i
15 secondi valori di pressione $P2$ rilevati superano un limite di pressione $P2_{soglia1}$. Tale monitoraggio viene effettuato per una quantità di tempo predeterminata.

[0046] L'unità di controllo 14 genera un allarme specifico e l'avvio della turbina a gas viene annullato se il secondo sensore di pressione 6 rileva una pressione elevata, come mostrato nella fase 1022 della figura 6. Per pressione elevata nel presente con-
20 testo tecnico si intende maggiore di $P2_{soglia1}$.

[0047] Invece, se la valvola di sfiato interna 9 si apre (prima parte della fase 1021 nella figura 6) ed è possibile procedere con una sequenza standard per il riscaldamento del gas combustibile.

[0048] Specificamente, dopo che le summenzionate fasi 1020, 1021 sono state completate correttamente, durante l'accelerazione della velocità di avviamento, quando la
25 turbina a gas 10 non è più a "velocità zero", la valvola di intercettazione esterna 7 si chiude. Allo stesso tempo, può essere eseguita una fase di depressurizzazione 1021 per depressurizzare il primo volume 15 aprendo la valvola di riscaldamento 90 finché il primo rilevatore di pressione 5 rileva un primo valore di pressione $P1$ all'interno del
30 primo volume 15 pari a una pressione predeterminata $P1_{soglia}$.

[0049] Un controllo di tempo di durata massima per depressurizzare 1021 il primo volume 15 può essere fornito all'unità di controllo 14, al fine di verificare che la pressione predeterminata $P1_{soglia}$ sia raggiunta in una quantità di tempo predeterminata.

[0050] L'unità di controllo 14 genera un allarme specifico e l'avvio 101 della turbina a gas 10 viene annullato nel caso in cui tale pressione predeterminata $P1_{soglia}$ non viene raggiunta (fase 1024 della figura 6).

[0051] Dopo che la depressurizzazione 1021 del primo volume 15 viene completata correttamente e con la turbina a gas 10 alla velocità di spurgo, alla prima valvola di intercettazione 3 viene comandato di aprirsi per un tempo fisso per pressurizzare 1023 il volume del secondo volume 16 e per controllare un doppio blocco su pattino e una perdita di sfiato. Dopo che il "comando di apertura" 1023 della prima valvola di intercettazione 3 viene reimpostato, può iniziare una prova di perdita dopo un ritardo di tempo $t_{ritardo}$, preferibilmente impostato pari a 1 secondo. Questo ritardo di tempo $t_{ritardo}$ è previsto per consentire la verifica di una perdita una volta che la pressione è stata rilevata in corrispondenza del secondo rilevatore di pressione 6.

[0052] Specificamente, dopo che un secondo valore di pressione $P2$ viene rilevato in corrispondenza del secondo rilevatore di pressione 6, può essere effettuata un'ulteriore prova che consiste nel monitorare tale secondo valore di pressione $P2$ e confrontare la depressurizzazione effettiva rilevata con una curva di perdita teorica. Questa verifica dura per una quantità di tempo predeterminata. Se la depressurizzazione effettiva scende al di sotto di una soglia di perdita predefinita della curva di perdita teorica, la prova di controllo delle valvole 102 non è riuscita (fase 1027 della figura 6). In tal caso, l'unità di controllo 14 genera un allarme specifico e l'avvio 101 della turbina a gas 10 viene annullato per iniziare una sequenza di post-spurgo nel caso di un rilevamento di un doppio blocco su pattino e di perdita delle valvole di sfiato. Altrimenti, il controllo delle valvole 102 viene completato (fase 1026 della figura 6) e il metodo 100 passa alle ulteriori fasi 103-105 per stimare e impostare il tempo di spurgo. Altre valvole, non menzionate nei paragrafi correnti, rimangono alla stessa condizione iniziale.

[0053] In breve, la fase di controllare le valvole 102 descritta sopra comprende almeno la sottofase di pressurizzare 1020, per mezzo del gas combustibile che entra nel compartimento di gas combustibile 11 dall'ingresso di gas combustibile 7, il primo

volume 15, mentre la prima valvola di intercettazione 3 è chiusa e verificare che la pressione $P2$ rilevata dal secondo rilevatore di pressione 6 non aumenti al di sopra di un limite di pressione $P2_{soglia1}$.

5 **[0054]** Dopo la sottofase di pressurizzazione 1020, la prima valvola di intercettazione 3 viene aperta (sottofase 1023), mentre la seconda valvola di intercettazione 4 è chiusa. Dopo che l'apertura (sottofase 1023) è completata, la prima valvola di intercettazione 3 viene chiusa 1025 e deve trascorrere un tempo predeterminato, dopo il quale si può verificare che la pressione $P2$ rilevata dal secondo rilevatore di pressione 6 non scenda al di sotto di una soglia di perdita predefinita, in particolare una curva di perdita
10 teorica.

15 **[0055]** Specificamente, prima della sottofase di chiusura 1025 e dopo la sottofase di apertura 1023, il primo volume 15 può essere depressurizzato nella fase di depressurizzazione 1021 aprendo la valvola di sfiato esterna 8 o la valvola di riscaldamento 90 finché il primo rilevatore di pressione 5 rileva una pressione intermedia predefinita
15 $P1_{soglia}$.

[0056] Pertanto, la fase di controllare 102 controlla se la pressione rilevata all'interno del compartimento di gas combustibile 11 è all'interno di un intervallo di pressione operativa, ovvero tra $P1_{soglia}$ e $P2_{soglia1}$.

20 **[0057]** Nel caso in cui viene rilevato che la prima valvola di intercettazione interna 3 perde, ad esempio con una perdita di classe IV, l'avvio successivo della turbina richiederà uno spurgo. In questo caso, il tempo di spurgo può essere stimato in funzione dei gas di scarico residui all'interno del sistema di combustione 1, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un primo volume di gas predefinito. Specificamente, tale volume di gas predefinito può essere stimato presumendo che si verifichi
25 lo scenario peggiore, ovvero che la prima valvola di intercettazione interna 3 perda mentre la seconda valvola di intercettazione interna 4 e la valvola di sfiato interna 9 sono completamente aperte. La funzione di tali gas residui stimati può stimare il tempo necessario per pulire un volume del sistema di combustione 1 in modo da raggiungere un livello di gas residui stimati al di sotto del 25% del limite inferiore di esplosione
30 (LEL).

5 **[0058]** Nel caso in cui viene rilevato che la seconda valvola di intercettazione interna 4 perde, anche il tempo di spurgo successivo può essere stimato in un modo simile. Tuttavia, in un tale scenario, il volume di gas predefinito può essere stimato presumendo che le due valvole di intercettazione interne 3, 4 siano aperte durante il disinnesto.

[0059] Inoltre, dopo la fase di controllare le valvole 102, il metodo 100 è configurato per stimare il valore di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 da impostare per lo spurgo, con le seguenti fasi.

10 **[0060]** Se si tratta del primo avvio della turbina a gas 10, il valore di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 è impostato 109 su un valore pari al massimo tra un valore di tempo minimo e il tempo necessario per introdurre un volume di aria pari a un volume stimato del sistema di combustione 1. Un primo avvio della turbina a gas 10 indica il primo avvio 101 della turbina a gas 10 dopo che il sistema di combustione 1 è stato installato in corrispondenza del sito, con la turbina a gas 10 accoppiata al compartimento di scarico 13. In questo caso, non è disponibile alcun dato di arresto precedente.

20 **[0061]** Il valore di tempo minimo impostato 109 al primo avvio della turbina a gas è preferibilmente pari a 2 minuti, mentre il volume stimato del sistema di combustione 1 è pari almeno al volume del compartimento di scarico 13, come discusso di seguito. Il ragionamento dietro tale primo tempo di spurgo stimato è che durante la messa in servizio, i condotti di scarico del compartimento di scarico 13 vengono riempiti con aria (nessun gas combustibile può entrare al loro interno), l'alloggiamento di filtro 12 viene installato in un'area sicura e il sistema di gas combustibile può essere intercettato meccanicamente (con un disco a otto o una valvola manuale fino alla prima accensione). Se le ipotesi precedenti non si applicano, deve essere effettuato uno spurgo completo con l'introduzione di un volume di aria pari a cinque volte i volumi stimati del sistema di combustione 1. Dopo il primo spurgo dello scarico della turbina a gas 10, i seguenti valori di tempo degli spurghi RPT1, RPT2, RPT3 saranno calcolati come segue. In tutti i casi, i valori di tempo di spurgo stimati RPT1, RPT2, RPT3 sono preferibilmente non inferiori a 2 minuti, per garantire la sicurezza del sistema di combustione 1.

[0062] Come menzionato, il metodo 100 imposta il valore di tempo di spurgo RPT1,

RPT2, RPT3 in base alle informazioni correlate all'arresto precedente. Specificamente, l'unità di controllo 14 legge 103 almeno una variabile V associata all'arresto precedente e che indica se è disponibile un credito di spurgo. Il credito di spurgo è disponibile solo se l'arresto precedente della turbina a gas 10 è stato un arresto normale. Seguendo

5 la definizione di arresto normale delle turbine fornita dallo standard NFP85, questo è la sequenza normale di eventi che forniscono automaticamente un arresto corretto della turbina a gas 10 senza alcuna condizione anomala nel sistema di combustione 1. Pertanto, vi sono due scenari possibili. In un primo scenario, si è verificato un arresto normale 200, che può essere qualsiasi interruzione o ES/ESN normale quando la perdita di fiamma è successiva alla chiusura 201 della prima valvola di intercettazione

10 interna 3 e della seconda valvola di intercettazione interna 4 del e non viene rilevata alcuna anomalia nel compartimento di gas combustibile (si veda la figura 7). In un secondo scenario, si è verificato un arresto anomalo 200, con una perdita di fiamma prima della chiusura 201 della prima valvola di intercettazione interna 3 e della seconda valvola di intercettazione interna 4 o possono essere state rilevate altre anomalie

15 nel compartimento di gas combustibile 11.

[0063] Come già affermato, un arresto normale 200 della turbina a gas 10 si verificherà quando il segnale di perdita di fiamma arriva dopo la chiusura 201 degli interruttori della prima valvola di intercettazione interna 3 e della seconda valvola di intercettazione interna 4. Questi segnali devono essere valutati dall'unità di controllo 14,

20 preferibilmente dal PLC di sicurezza. Quando viene rilevato un arresto normale, si presume che nessun gas combustibile non bruciato sia entrato all'interno del compartimento di scarico 13 e specificamente nei condotti di scarico.

[0064] La sequenza 203 e i controlli seguenti possono pertanto essere eseguiti per

25 ottenere un credito di spurgo.

[0065] Dopo la perdita di fiamma, con le due valvole di intercettazione interne 3, 4 chiuse (confermato dai due interruttori di finecorsa) la valvola di sfiato interna 9 si apre 2030 per depressurizzare il secondo volume 16 fino a una pressione predeterminata, preferibilmente pari a 0,3 barG. A questo valore, la valvola di sfiato interna 9 può

30 essere chiusa di nuovo per controllare se vi è una perdita nella prima valvola di intercettazione 3 leggendo la seconda pressione P_2 rilevata dal secondo rilevatore di pressione e verificando 2031 che non superi un secondo limite di pressione $P_{2_{soglia2}}$. Tale

monitoraggio viene effettuato per una quantità di tempo predeterminata. Se la seconda pressione $P2$ è maggiore del secondo limite di pressione $P2_{soglia2}$, allora l'unità di controllo 14 genera 205 un allarme specifico e il credito di spurgo viene perso. In un tale caso, il sistema di combustione 1 può essere controllato per verificare che il tempo
5 necessario per depressurizzare il volume sia inferiore al tempo necessario per scendere al di sotto della velocità di avviamento nel caso di un arresto della turbina a gas 10. In caso contrario, tale tempo può essere ridotto con l'aiuto di un utilizzatore, in particolare un ingegnere.

[0066] Dopo che la fase di verificare 2031 la pressione all'interno del secondo vo-
10 lume 16 è completata, la valvola di sfiato interna 9 viene aperta.

[0067] I seguenti dati possono essere monitorati dall'unità di controllo 14, in particolare dal PLC di sicurezza 14 fino a 2 ore dopo la perdita di fiamma:

- gli interruttori di finecorsa di chiusura per la prima valvola di intercettazione 3 e la seconda valvola di intercettazione 4 vengono raggiunti e mantenuti (o interruttore di finecorsa virtuale);
15

- l'interruttore di finecorsa di apertura della valvola di sfiato interna 9 viene raggiunto e mantenuto (o interruttore di finecorsa virtuale);

- $P2$ è inferiore al secondo limite di pressione $P2_{soglia2}$, in particolare 0,3 barG;

20 - la pressione del gas in corrispondenza dell'ingresso di gas combustibile 7 GPI è inferiore a 0,3 barG (questi dati possono essere verificati mediante un pannello di controllo dell'unità collegato all'unità di controllo 14 e non nel PLC di sicurezza).

[0068] Se tutte le condizioni di cui sopra sono soddisfatte, l'unità di controllo 14 imposta 204 la variabile predeterminata V su un valore che indica che l'ultimo arresto
25 era un arresto normale e che è disponibile un credito di spurgo. Tale credito di spurgo può essere impostato per durare fino a un limite di tempo predeterminato. È stato scoperto che 8 giorni erano il limite di tempo ottimale per ottimizzare la disponibilità della turbina a gas 10, garantendo al contempo la sicurezza del sistema di combustione 1. Ciò significa che se la turbina a gas 10 si avvierà entro 8 giorni dall'arresto precedente,

non deve essere effettuato alcuno spurgo dello scarico.

5 **[0069]** Pertanto, l'almeno una variabile V può comprendere un contatore di tempo, che è impostato su un primo valore predeterminato dopo che l'arresto della turbina 10 indica che è disponibile un credito di spurgo, se l'arresto della turbina 10 segue un ciclo di spurgo, in cui il contatore di tempo varia nel tempo e, quando il contatore di tempo è pari al limite di tempo predeterminato, l'unità di controllo 14 assegna 208 un primo valore all'almeno una variabile V, indicante che non è disponibile alcun credito di spurgo all'avvio successivo della turbina 10. Un tale contatore di tempo può essere configurato per andare da 8 giorni a 0.

10 **[0070]** È pertanto importante che la memoria del temporizzatore sia conservata. Nel caso di perdita della memoria del temporizzatore (perdita DC) deve essere eseguito uno spurgo completo, ad esempio introducendo una quantità di aria pari a cinque volte i volumi del compartimento di scarico 13. In altri termini, se il sistema di combustione 1 è interessato da una perdita di memoria, allora l'almeno una variabile viene impostata
15 su un valore, che indica che non è disponibile alcun credito di spurgo e il tempo di spurgo dello scarico viene stimato come un valore di tempo di spurgo massimo predeterminato, in particolare il tempo necessario per completare i cinque scambi di volumi almeno del compartimento di scarico 13.

20 **[0071]** Se almeno una delle condizioni monitorate dall'unità di controllo 14 durante l'arresto della turbina a gas 200 non è soddisfatta, l'unità di controllo 14 imposta 205 la variabile predeterminata V su un valore che indica che l'ultimo arresto era un arresto normale, ma che non è disponibile un credito di spurgo per via di anomalie rilevate nel compartimento di gas combustibile 11.

25 **[0072]** Sia quando il credito di spurgo non è più disponibile poiché il limite di tempo predeterminato è trascorso sia quando almeno una delle condizioni mediante l'unità di controllo 14 durante l'arresto della turbina a gas 200 non è soddisfatta, il tempo di spurgo viene impostato 105 per essere pari a un primo valore predeterminato RPT1, la funzione dei gas di scarico residui stimati all'interno del sistema di combustione 1, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un volume di gas predefinito. In
30 particolare, il valore RPT1 può essere calcolato come il tempo necessario per diminuire la quantità di gas di scarico residui stimati all'interno del sistema di combustione

1 al di sotto di una soglia di sicurezza predefinita, preferibilmente pari al 25% del limite inferiore di esplosione (LEL).

5 [0073] Pertanto, la filosofia del tempo di spurgo migliorato portata avanti dal metodo 100 descritto sopra in dettaglio garantisce che la quantità massima di gas combustibile potenzialmente presente nel compartimento di scarico 13 sarà sempre pari o inferiore alla soglia di sicurezza, che è preferibilmente pari al 25%, come richiesto dallo standard NFPA69.

10 [0074] Questa condizione può essere monitorata e garantita monitorando la pressione $P2$ rilevata in corrispondenza del secondo rilevatore di pressione 6 e verificando che sia al di sotto di un determinato secondo limite di pressione $P2_{soglia2}$ durante la fase di avviamento. Questo secondo limite di pressione $P2_{soglia2}$ non è attivo durante il controllo delle valvole 102 e nel caso di una fase con un'analisi del livello di protezione (LOPA).

15 [0075] Pertanto, se durante il tempo di avviamento la pressione misurata dal secondo rilevatore di pressione 6 rimane al di sotto del secondo limite di pressione $P2_{soglia2}$, la sequenza può procedere per l'accensione; altrimenti, la sequenza deve essere annullata, la valvola di intercettazione esterna 7, la prima valvola di intercettazione interna 3 e la seconda valvola di intercettazione interna 4 essendo chiuse e la valvola di sfiato esterna 8 (o la valvola di riscaldamento 90) e la valvola di sfiato interna 9 sono aperte, 20 con l'unità di controllo 14 che genera un allarme specifico.

[0076] In questo caso, il valore di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 necessario per lo spurgo successivo può essere calcolato come il tempo necessario per diminuire la quantità di gas di scarico residui stimati all'interno del sistema di combustione 1 al di sotto della soglia di sicurezza predefinita, in cui tali gas di scarico residui stimati 25 possono essere calcolati presumendo che si sia verificata la condizione peggiore, ovvero la prima valvola di intercettazione interna 3 si apre mentre la seconda valvola di intercettazione interna 4 e la valvola di sfiato interna 9 sono completamente aperte.

30 [0077] Nel caso di un arresto anomalo della turbina a gas 10, ovvero un arresto anomalo della turbina a gas 10 in cui il segnale di perdita di fiamma arriva prima della chiusura degli interruttori della prima valvola di intercettazione interna 3 e della

seconda valvola di intercettazione interna 4, l'unità di controllo 14 imposta 106 l' almeno una variabile V su un secondo valore V2 indicante che si è verificato un arresto anomalo. In questo caso, il valore di tempo di spurgo RPT2 viene stimato presumendo che il gas combustibile non bruciato all'interno del compartimento di scarico 13 finisca
 5 specificamente nel plenum di scarico e nei condotti di scarico. Pertanto, in questo scenario, non può essere disponibile alcun credito di spurgo e il valore di tempo di spurgo RPT2 può essere calcolato come il tempo necessario per ridurre il gas combustibile nel compartimento di scarico 13 a un valore al di sotto del 25% del LEL.

[0078] Con riferimento alla figura 5, il metodo 100 è anche configurato per verificare
 10 se, durante la fase di ignizione della turbina a gas 10, non viene rilevata alcuna fiamma (condizione di impossibilità di accensione). In questo caso, almeno una variabile V sarà impostata su un valore che indica che non è disponibile alcun credito di spurgo e il valore di tempo di spurgo dello scarico RPT1-RPT3 viene impostato 107 per essere pari a un terzo valore RPT3, la funzione dei gas di scarico residui all'interno del sistema
 15 di combustione 1, in cui si presume che tali gas di scarico residui siano pari a un volume di gas predefinito.

[0079] Di fatto, se si verifica un'impossibilità di accensione, il gas combustibile non bruciato può entrare nel compartimento di scarico 13 e specificamente nel plenum di scarico. In questo caso, l'unità di controllo 14 e specificamente il PLC di sicurezza
 20 possono ordinare l'apertura massima della/e valvola/e di dosaggio 40 per evitare che un combustibile in eccesso venga intrappolato nel sistema di combustione 11. Il valore di apertura massima può essere valutato come una funzione dipendente da un valore massimo associato alla pressione del gas combustibile, da un valore minimo associato alla temperatura del gas combustibile, da un valore massimo associato al peso mole-
 25 colare del gas combustibile, dalla capacità di apertura massima della/e valvola/e di dosaggio 40 e dall'intero tempo di ignizione del combustibile. Il valore di tempo di spurgo RPT3 può essere determinato come il tempo necessario per ridurre la concentrazione di gas combustibile all'interno del sistema di combustione 1 e in particolare nel compartimento di scarico 13 al di sotto del 25% del LEL.

30 **[0080]** Infine, se durante la fase di ignizione le valvole di dosaggio 40 si aprono più della soglia identificata in precedenza, la sequenza di avvio deve essere annullata e il tempo di spurgo può essere calcolato nello stesso modo come nel caso

dell'impossibilità di accensione. L'apertura delle valvole di dosaggio 40 sarà usata per calcolare la quantità di gas combustibile iniettato.

5 **[0081]** In questo caso, la quantità di gas combustibile iniettato all'interno del compartimento di scarico 13 può essere stimata moltiplicando il flusso di combustibile in eccesso per il tempo per l'accensione più il tempo necessario al sistema per reagire all'impossibilità di accensione.

10 **[0082]** Come già affermato sopra, il valore di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 da impostare nei diversi scenari può essere una funzione di un volume del sistema di combustione 1. Inoltre, il primo valore RPT1, il secondo valore RPT2 e il terzo valore RPT3 possono essere calcolati usando gli stessi parametri e pertanto possono essere gli stessi (come mostrato nella tabella 1 di seguito).

15 **[0083]** Specificamente, un volume di spurgo può essere definito come i volumi di scarico totali del compartimento di scarico 13 da spurgare a ciascun lavoro prendendo in considerazione la disposizione finale e le dimensioni geometriche del compartimento di scarico 13 stesso.

[0084] La stima del volume totale del compartimento di scarico 13 può prendere in considerazione tutti i volumi parziali del compartimento di scarico 13 a valle della sezione di scarico della turbina 10. Nel caso di un sistema di combustione 1 che funziona con un gas combustibile più leggero dell'aria, il volume da spurgare può essere:

20 - nel caso di un ciclo semplice senza un'unità di recupero di calore di scarto (WHRU) o un generatore di vapore a recupero di calore (HRSG), con condotti di scarico orizzontali e il silenziatore installato nel condotto orizzontale, il volume fino al camino, escludendo l'elemento verticale, poiché tali gas tendono per natura a diffondersi verso l'alto e quindi non richiedono lo spurgo delle parti verticali;

25 - nel caso di un ciclo semplice (senza una WHRU o un HRSG) con condotti di scarico orizzontali e il silenziatore installato nel condotto verticale, il volume fino al silenziatore incluso;

 - nel caso di un ciclo semplice (senza una WHRU o un HRSG) con condotti di scarico verticali, il volume fino al silenziatore incluso; o

- nel caso di un ciclo combinato (con una WHRU o un HRSG) con condotti di scarico orizzontali e verticali, il volume fino all'uscita dell'ultima sezione dell'evaporatore nell'HRSG o fino all'uscita del silenziatore; la scelta dipende da quale elemento è l'ultimo: se i due elementi sono entrambi installati nei condotti orizzontali, il volume da considerare sarà fino al camino escludendo l'elemento verticale.

[0085] La sezione di scarico della turbina a gas 10 può essere definita come il piano posizionato in corrispondenza della:

- flangia della carcassa dello scarico per i modelli di turbine a gas con lo scarico assiale (come mostrato nella figura 1); in questo caso, nessun volume della turbina a gas 10 deve essere incluso nella definizione di volume di spurgo;

- flangia della carcassa dello scarico a monte del plenum di scarico per i modelli di turbine a gas 10 con condotti di scarico radiali (verticali/laterali, come mostrato nella figura 2); in questo caso, il volume del plenum di scarico della turbina a gas 10 deve essere incluso nella definizione di volume totale di spurgo.

- [0086]** Nel caso di gas combustibili più pesanti dell'aria, il volume di spurgo deve prendere in considerazione anche i condotti verticali del compartimento di scarico 13.

[0087] Inoltre, per la stima dei volumi totali di spurgo, il compartimento di scarico 13 può essere diviso in sezioni parziali idonee per facilità di calcolo dei volumi geometrici. Il calcolo dei volumi può prendere in considerazione solo il volume vuoto per ciascuna sezione, ignorando i volumi occupati dai componenti interni come un deflettore sonoro, un deflettore o tubi. Nella disposizione di un sistema di scarico tipico con HRSG per una turbina a gas 10 con condotti di scarico radiali, i volumi geometrici da considerare possono essere i volumi per il camino semplice e per il camino avente l'HRSG. In questo caso, il volume totale dello scarico da spurgare sarà dato dalla somma dei volumi geometrici pertinenti a tutta la sezione considerata.

[0088] Infine, come affermato sopra, il valore di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 può essere sempre calcolato come il tempo necessario per ridurre i gas combustibili non bruciati stimati all'interno del sistema di combustione 1, e in particolare del compartimento di scarico 13, al di sotto di una soglia di sicurezza predefinita, ad esempio il 25% del LEL.

[0089] In altri termini, il valore di tempo di spurgo può essere definito come la durata minima di tempo per ridurre la concentrazione di gas combustibile/vapori infiammabili/idrocarburo a un limite sicuro effettuando lo spurgo con aria fresca nel sistema di scarico GT.

$$5 \quad \text{Valore di tempo di spurgo} = \text{Tasso di scambio} \times \frac{\text{Volume totale dello scarico}}{\text{Flusso di aria di spurgo del sito}}$$

[0090] Il tasso di scambio indica il numero minimo di volte in cui il volume totale dello scarico deve essere evacuato per garantire un ciclo di spurgo completo. Il volume totale dello scarico rappresenta la somma dei volumi geometrici dello scarico delle sezioni della turbina a gas 10 e delle sezioni del compartimento di scarico 13 da considerare, come spiegato in dettaglio sopra. Il flusso di aria di spurgo del sito è fornito dal flusso di aria fresca erogato dal compressore assiale della turbina a gas 10 che ruota alla velocità di spurgo, ad esempio 1700 rpm o 2200 rpm. Di fatto, il flusso di aria di spurgo rappresenta il flusso di aria fresca erogato dal compressore assiale e pertanto disponibile in corrispondenza della sezione di scarico, quando la turbina a gas 10 viene fatta funzionare alla velocità di spurgo. Dato che il compressore assiale può essere assimilato a una macchina volumetrica, il flusso di aria erogato dal compressore assiale può essere calcolato in funzione della sua velocità con un conseguente impatto sulla durata del ciclo di spurgo (una velocità di spurgo maggiore indica un flusso di spurgo maggiore, il che significa una durata del ciclo di spurgo più breve).

[0091] Solitamente, la sequenza di spurgo dello scarico può essere effettuata alla velocità di avviamento della turbina a gas 10 = velocità di spurgo nominale. Un altro aspetto che può influire sulla portata dell'aria disponibile in corrispondenza della sezione di scarico della turbina è la presenza di estrazioni di aria dal compressore assiale (ovvero, anti-pompaggio, sfiato eccessivo, sfiato per sistemi ausiliari esterni, ecc.). La presenza delle estrazioni di aria dirette nell'atmosfera può essere considerata per correggere la portata effettivamente disponibile per la sequenza di spurgo.

[0092] Nel caso in cui, per una data installazione, la velocità di spurgo debba essere regolata oltre l'intervallo definito sopra, un attento esame degli impatti sul comportamento rotodinamico e sul flusso di spurgo e una verifica della capacità del sistema di avvio devono essere valutati su una base caso per caso, essendo regolati con coefficienti di correzione predeterminati.

- [0093]** Di fatto, i valori di tempo di spurgo RPT1, RPT2, RPT3 possono essere stimati prendendo in considerazione la diversa configurazione dello scarico della turbina a gas 10 (assiale, verticale/laterale con plenum) e le altre opzioni nella progettazione del sistema di scarico (camino semplice, CHP con sistema di recupero di calore, ecc.)
- 5 e nell'applicazione (nuova unità o sostituzione/aggiornamento della turbina a gas 10 nell'impianto esistente). La durata del ciclo di spurgo può anche essere specificamente definita per ciascun lavoro prendendo in considerazione la disposizione finale, le caratteristiche della turbina a gas 10 e il relativo compartimento di scarico 13 e la composizione del gas combustibile.

10 ESEMPIO 1

[0094] Viene qui divulgata, a titolo esemplificativo, una tabella che confronta il tempo di spurgo necessario per l'avvio di una turbina a gas 10 usando un approccio classico e usando un metodo secondo la presente invenzione, in cui la turbina a gas 10 ha un flusso di massa di scarico elevato.

15 Tabella 1

	Approccio classico	Metodo 100				
		Credito di spurgo disponibile	RPT1	PERDITA DC	RPT2	RPT3
Tempo totale di spurgo	96 min	0 min	40 – 52 min	96 min	40 – 52 min	40 – 52 min

I vantaggi di usare un metodo 100 secondo la presente invenzione sono evidenti nell'aumento della disponibilità della turbina a gas 10.

- [0095]** Sebbene aspetti dell'invenzione siano stati descritti in termini di varie forme di realizzazione specifiche, risulterà evidente ai tecnici del ramo che numerose modifiche, variazioni e omissioni sono possibili senza discostarsi dallo spirito e dall'ambito delle rivendicazioni. Inoltre, salvo diversamente specificato nella presente, l'ordine o la sequenza di una qualsiasi fase di processo o metodo può essere variato/a o risequenziato/a secondo forme di realizzazione alternative.
- 20

- [0096] È stato fatto riferimento in dettaglio alle forme di realizzazione della divulgazione, di cui uno o più esempi sono illustrati nei disegni. Ciascun esempio è fornito a titolo esplicativo della divulgazione, non limitativo della divulgazione. Di fatto, risulterà evidente ai tecnici del ramo che varie modifiche e variazioni possono essere apportate alla presente divulgazione senza discostarsi dall'ambito o dallo spirito della divulgazione. Il riferimento in tutta la descrizione a "una forma di realizzazione" o "alcune forme di realizzazione" indica che il particolare aspetto, struttura o caratteristica descritto/a in relazione a una forma di realizzazione è incluso/a in almeno una forma di realizzazione dell'oggetto divulgato. Pertanto, l'occorrenza dell'espressione "in una forma di realizzazione" o "in alcune forme di realizzazione" in vari punti in tutta la descrizione non fa necessariamente riferimento alla/e stessa/e forma/e di realizzazione. Inoltre, i particolari aspetti, strutture o caratteristiche possono essere combinati in qualsiasi modo idoneo in una o più forme di realizzazione.

- [0097] Quando elementi di varie forme di realizzazione vengono introdotti, gli articoli "un", "uno", "una", "il", "lo", "la", "i", "gli", "le" e "detto/a/i/e" intendono indicare che vi sono uno o più degli elementi. I termini "comprendente", "includente" e "avente" intendono essere inclusivi e indicano che vi possono essere elementi aggiuntivi diversi dagli elementi elencati.

Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo (100) per stimare e impostare il tempo di spurgo dello scarico in un sistema di combustione (1) comprendente una turbina a gas (10) e un compartimento di gas combustibile (11), in cui il metodo (100) comprende le seguenti fasi:
- 5 avviare (101) la turbina (10) del sistema di combustione (1);
controllare (102) la pressione all'interno del compartimento di gas combustibile (11) del sistema di combustione (1) mediante almeno un rilevatore di pressione (6);
- 10 se la pressione rilevata all'interno del compartimento di gas combustibile (11) nella fase di controllare (102) è all'interno di un intervallo di pressione operativa e se la turbina a gas (10) è stata arrestata almeno una volta,
allora viene eseguita la fase di leggere (103) almeno una
variabile (V) associata all'arresto precedente della turbina (10), che
indica se è disponibile un credito di spurgo, in cui se l'almeno una
15 variabile (V) indica che è disponibile un credito di spurgo, allora
viene eseguita la fase di impostare (104) il tempo di spurgo dello
scarico su zero;
altrimenti, se l'almeno una variabile (V) indica che non è
disponibile alcun credito di spurgo, allora viene eseguita la fase di
20 impostare (105; 106; 107; 108) il tempo di spurgo dello scarico su
un valore di tempo di spurgo predeterminato (RPT1, RPT2, RPT3).
2. Metodo (100) secondo la rivendicazione precedente, in cui la fase di controllare (102) comprende le sottofasi di controllare una prima valvola di intercettazione interna (3) disposta a valle di un ingresso di gas combustibile (7), con riferimento
25 allo spostamento dei gas combustibili verso la turbina (10), quando in uso, e una seconda valvola di intercettazione interna (4) disposta a valle della prima valvola di intercettazione interna (3), mediante l'almeno un rilevatore di pressione (6) e verificare che non venga rilevata alcuna perdita.
- 30
3. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti,
in cui
se l'almeno una variabile (V) indica che non è disponibile alcun credito di
spurgo e che l'arresto precedente era un arresto normale,

allora il valore di tempo di spurgo predeterminato (RPT1, RPT2, RPT3) viene impostato (105) su un primo tempo (RPT1) per ridurre i gas di scarico residui all'interno del sistema di combustione (1) al di sotto di una soglia di sicurezza, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un primo volume di gas predeterminato;

altrimenti, se l'almeno una variabile (V) indica che l'arresto precedente non era un arresto normale,

allora il valore di tempo di spurgo predeterminato (RPT1, RPT2, RPT3) viene impostato (106) su un secondo tempo (RPT2) per ridurre i gas di scarico residui all'interno del sistema di combustione (1) al di sotto di una soglia di sicurezza, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un secondo volume di gas predeterminato.

4. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2 o 3, in cui la fase di controllare (102) comprende le seguenti sottofasi:

pressurizzare (1020), per mezzo del gas combustibile che entra nel compartimento di gas combustibile (11) dall'ingresso di gas combustibile (7), un primo volume (15) del compartimento di gas combustibile (11) tra l'ingresso di gas combustibile (7) e la prima valvola di intercettazione (3), mentre la prima valvola di intercettazione (3) è chiusa, e verificare che la pressione ($P2$) rilevata dall'almeno un rilevatore di pressione (6) non aumenti al di sopra di un primo limite di pressione ($P2_{soglia1}$);

dopo la fase di pressurizzare (1020), aprire (1023) la prima valvola di intercettazione (3), mentre la seconda valvola di intercettazione (4) è chiusa; e

dopo la fase di aprire (1023), chiudere (1025) la prima valvola di intercettazione (3) e attendere un tempo predeterminato per verificare che la pressione ($P2$) rilevata dall'almeno un rilevatore di pressione (6) non scenda al di sotto di una soglia di perdita predefinita.

5. Metodo (100) secondo la rivendicazione 4, in cui prima della fase di aprire (1023) e dopo la fase di pressurizzare (1020), vi è una fase di depressurizzare (1021) il primo volume (15) eseguendo una valvola di riscaldamento (90) finché un primo rilevatore di pressione (5) disposto nel primo volume (15) rileva una pressione intermedia predefinita ($P1_{soglia}$).

6. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-5, in cui la fase di controllare (102) comprende controllare il flusso di gas combustibile, che fluisce attraverso valvole di dosaggio (40) disposte a valle della seconda valvola di intercettazione interna (4).

7. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-6, in cui l'almeno una variabile (V) viene calcolata durante l'arresto precedente della turbina (10) con le seguenti fasi;

10 arrestare (200) la turbina (1) e chiudere (201) la prima valvola di intercettazione (3) e la seconda valvola di intercettazione (4);

ricevere (202) un segnale correlato alla perdita di fiamma;

se il segnale correlato alla perdita di fiamma ricevuto nella fase di ricevere (202) arriva dopo la chiusura della prima valvola di intercettazione (3) e della seconda valvola di intercettazione (4),

allora controllare (203) che il gas combustibile residuo all'interno di un secondo volume (16) del compartimento di gas combustibile (11), a valle della prima valvola di intercettazione (3) e a monte della seconda valvola di intercettazione (4), sia al di sotto di un valore predefinito, in cui:

20 se il gas combustibile residuo controllato nella fase di controllare (203) è al di sotto del valore predefinito, allora assegnare (204) all'almeno una variabile (V) un valore indicante che è disponibile un credito di spurgo;

25 altrimenti, se il gas combustibile residuo controllato nella fase di controllare (203) non è al di sotto del valore predefinito, allora assegnare (205) all'almeno una variabile (V) un valore indicante che non è disponibile alcun credito di spurgo e che l'arresto era normale;

30 altrimenti, se il segnale correlato alla perdita di fiamma ricevuto nella fase di ricevere (202) arriva prima della chiusura della prima valvola di intercettazione (3) e della seconda valvola di intercettazione (4),

allora viene eseguita una fase di assegnare (206) all'almeno una variabile (V) un valore indicante che non è disponibile alcun credito di spurgo e che l'arresto non era normale.

8. Metodo (100) secondo la rivendicazione precedente, in cui la fase di controllare (203) comprende le seguenti sottofasi:

5 con la prima valvola di intercettazione (3) e la seconda valvola di intercettazione (4) chiuse, aprire (2030) una valvola di sfiato interna (9) disposta all'interno di un secondo volume (16) del compartimento di gas combustibile (11), per depressurizzare, fino a una seconda pressione predefinita, il secondo volume (16) del compartimento di gas combustibile (11); e

10 dopo la sottofase di aprire (2030), controllare (2031) la pressione (P_2) rilevata mediante il secondo rilevatore di pressione (6) e verificare che questa sia al di sotto di un secondo limite di pressione ($P_{2soglia2}$), come una misurazione indiretta del valore di gas combustibile residuo.

9. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente la fase di assegnare (208) all'almeno una variabile (V) un valore indicante che non è disponibile alcun credito di spurgo all'avvio successivo della turbina dopo che un tempo predeterminato è trascorso senza uno spurgo.

10. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui se la turbina (10) non riesce ad avviarsi, allora l'almeno una variabile (V) indica che non è disponibile alcun credito di spurgo e il tempo di spurgo dello scarico (RPT1, RPT2, RPT3) viene impostato (107) su un terzo valore di tempo (RPT3) per ridurre i gas di scarico residui all'interno del sistema di combustione (1) al di sotto di una soglia di sicurezza, in cui si presume che i gas di scarico residui siano pari a un terzo volume di gas predeterminato.

11. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui se il sistema di combustione è interessato da una perdita di memoria, allora l'almeno una variabile (V) indica che non è disponibile alcun credito di spurgo e il tempo di spurgo dello scarico (RPT1, RPT2, RPT3) viene impostato (108) su un valore di tempo di spurgo massimo predeterminato.

12. Metodo (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti,

in cui nel caso in cui la turbina (10) viene avviata per la prima volta, il tempo di spurgo dello scarico (RPT1, RPT2, RPT3) viene stimato (109) come pari al massimo tra il valore di tempo minimo e il tempo necessario per introdurre un volume di aria pari a un volume stimato del sistema di combustione (1).

5

13. Sistema di combustione (1) comprendente:

una turbina (10);

un compartimento di gas combustibile (11), accoppiato alla turbina (10) per alimentare la turbina (10) con gas combustibile, in cui il compartimento di gas combustibile (11) comprende

un ingresso di gas combustibile (7) per il gas combustibile che entra nel sistema di combustione (1),

una prima valvola di intercettazione interna (3), disposta a valle dell'ingresso di gas combustibile (7), con riferimento allo spostamento del gas combustibile verso la turbina (10),

una seconda valvola di intercettazione interna (4), disposta a valle della prima valvola di intercettazione (3),

almeno un rilevatore di pressione (6) disposto tra la prima valvola di intercettazione interna (3) e la seconda valvola di intercettazione interna (4);

20 e

un'unità di controllo (14) collegata operativamente alla turbina (10) e al compartimento di gas combustibile (11), in cui l'unità di controllo (14) è configurata per eseguire un metodo (100) per stimare e impostare il tempo di spurgo dello scarico nel sistema di combustione (1) comprendente le seguenti fasi:

25 avviare (101) la turbina (10);

controllare (102) la pressione all'interno di un compartimento di gas combustibile (11) mediante almeno un rilevatore di pressione (6);

se la pressione rilevata all'interno del compartimento di gas combustibile (11) nella fase di controllare (102) è all'interno di un intervallo di pressione operativa e se la turbina (10) è stata arrestata almeno una volta,

allora leggere (103) almeno una variabile (V) associata all'arresto precedente della turbina (10), che indica se è disponibile un credito di spurgo; in cui se l'almeno una variabile (V) indica che è disponibile un credito di spurgo, allora impostare (104) il tempo di spurgo dello scarico su zero;

altrimenti, se l'almeno una variabile (V) indica che non è disponibile alcun credito di spurgo, allora impostare (105; 106; 107; 108) il tempo di spurgo dello scarico su un valore di tempo di spurgo predeterminato (RPT1, RPT2, RPT3).

- 5 14. Sistema di combustione (1) secondo la rivendicazione precedente, in cui il compartimento di gas combustibile (11) comprende:
- un primo rilevatore di pressione (5) disposto a monte della prima valvola di intercettazione interna (3);
- un secondo rilevatore di pressione (6) disposto tra la prima valvola di intercettazione interna (3) e la seconda valvola di intercettazione interna (4); e
- 10 una valvola di riscaldamento (90) disposta a monte della prima valvola di intercettazione (3) e collegata all'unità di controllo (14); e in cui l'unità di controllo (14) è configurata per
- 15 pressurizzare (1020), per mezzo del gas combustibile che entra nel compartimento di gas combustibile (11) dall'ingresso di gas combustibile (7), un primo volume (15) del compartimento di gas combustibile (11) tra l'ingresso di gas combustibile (7) e la prima valvola di intercettazione (3), mentre la prima valvola di intercettazione (3) è chiusa, e verificare che la pressione
- 20 (P_2) rilevata dall'almeno un rilevatore di pressione (6) non aumenti al di sopra di un primo limite di pressione ($P_{2soglia1}$);
- dopo la fase di pressurizzare (1020), depressurizzare (1021) il primo volume (15) aprendo la valvola di riscaldamento (90) finché un primo rilevatore di pressione (5) disposto nel primo volume (15) rileva una pressione intermedia predefinita ($P_{1soglia}$),
- 25 dopo la fase di depressurizzare (1022), aprire (1023) la prima valvola di intercettazione (3), mentre la seconda valvola di intercettazione (4) è chiusa; e
- dopo la fase di aprire (1023), chiudere (1025) la prima valvola di intercettazione (3) e attendere un tempo predeterminato per verificare che la pressione (P_2)
- 30 rilevata dal secondo rilevatore di pressione (6) non scenda al di sotto di una soglia di perdita predefinita.

15. Sistema di combustione (1) secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni 13-14, in cui il compartimento di gas combustibile (11) comprende una valvola di sfiato interna (9) tra la prima valvola di intercettazione (3) e la seconda valvola di intercettazione (4) e collegata all'unità di controllo (14).

5 Barzanò & Zanardo Roma S.p.A.

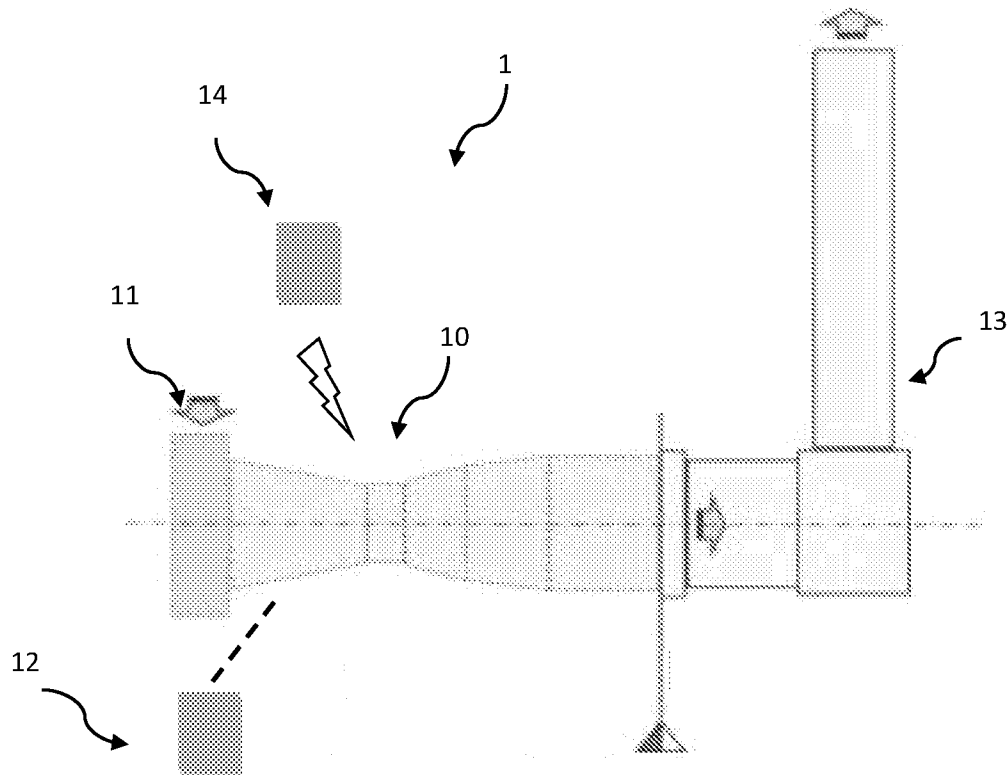


Fig. 1

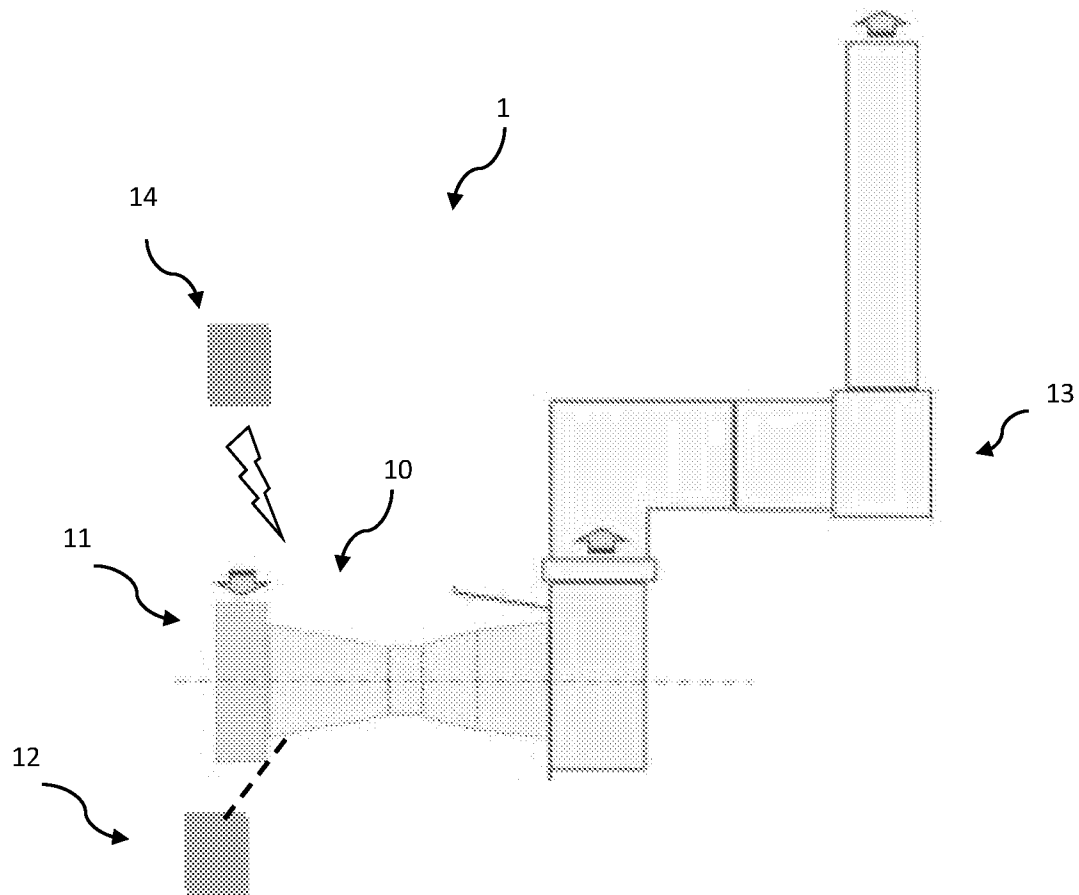


Fig. 2

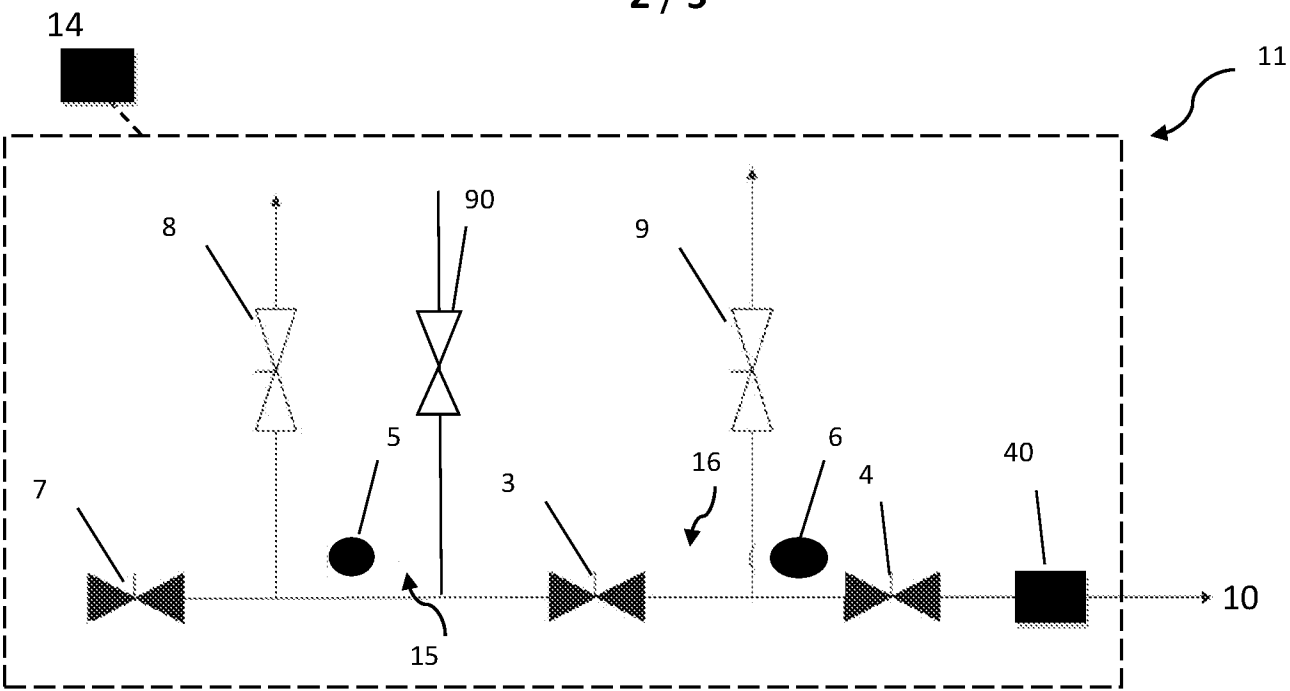


Fig. 3

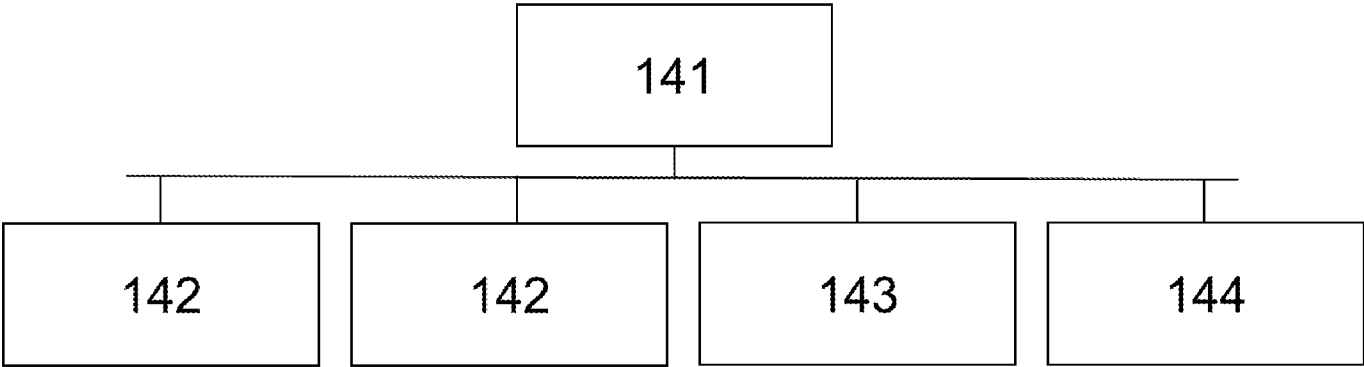
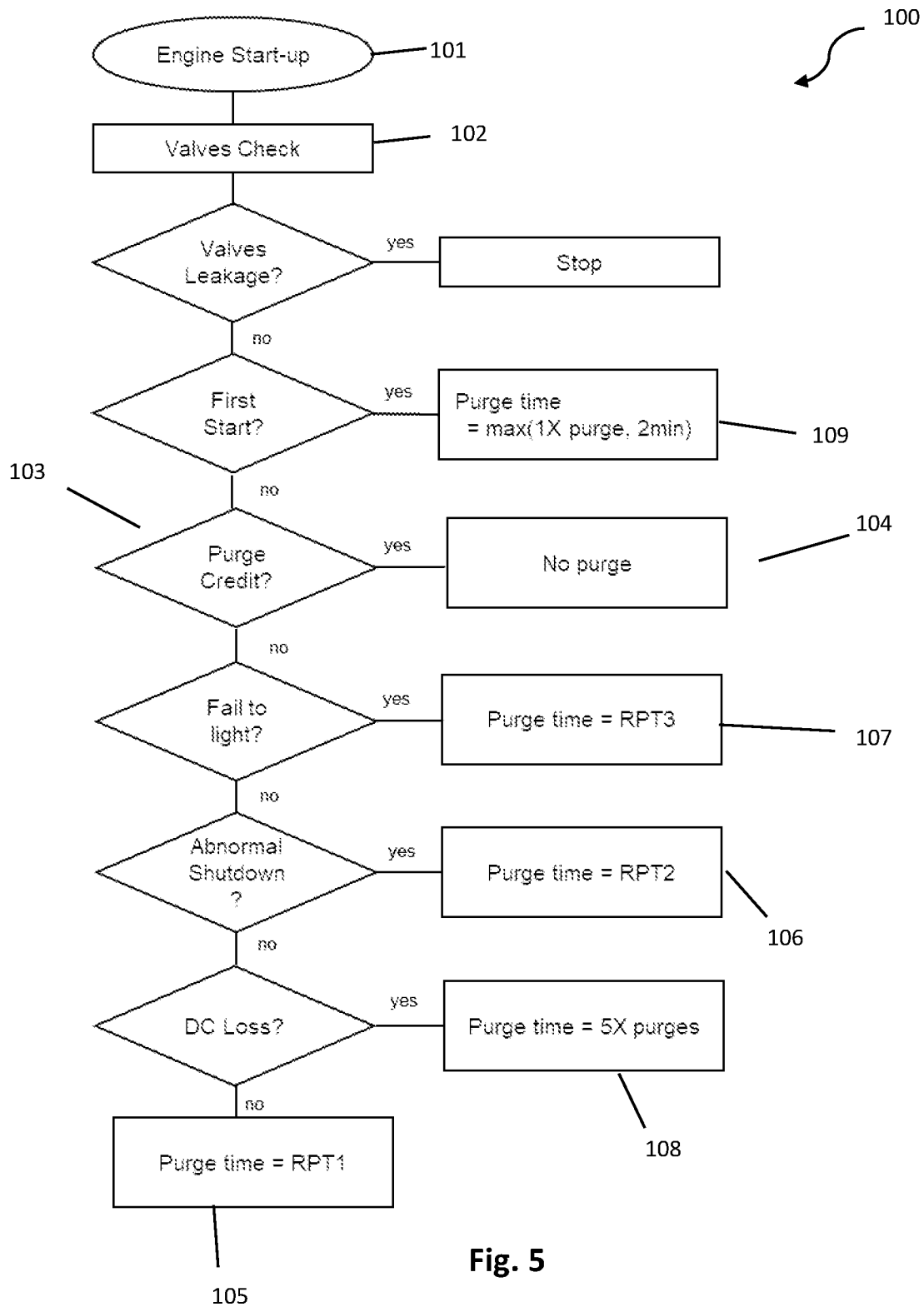


Fig. 4



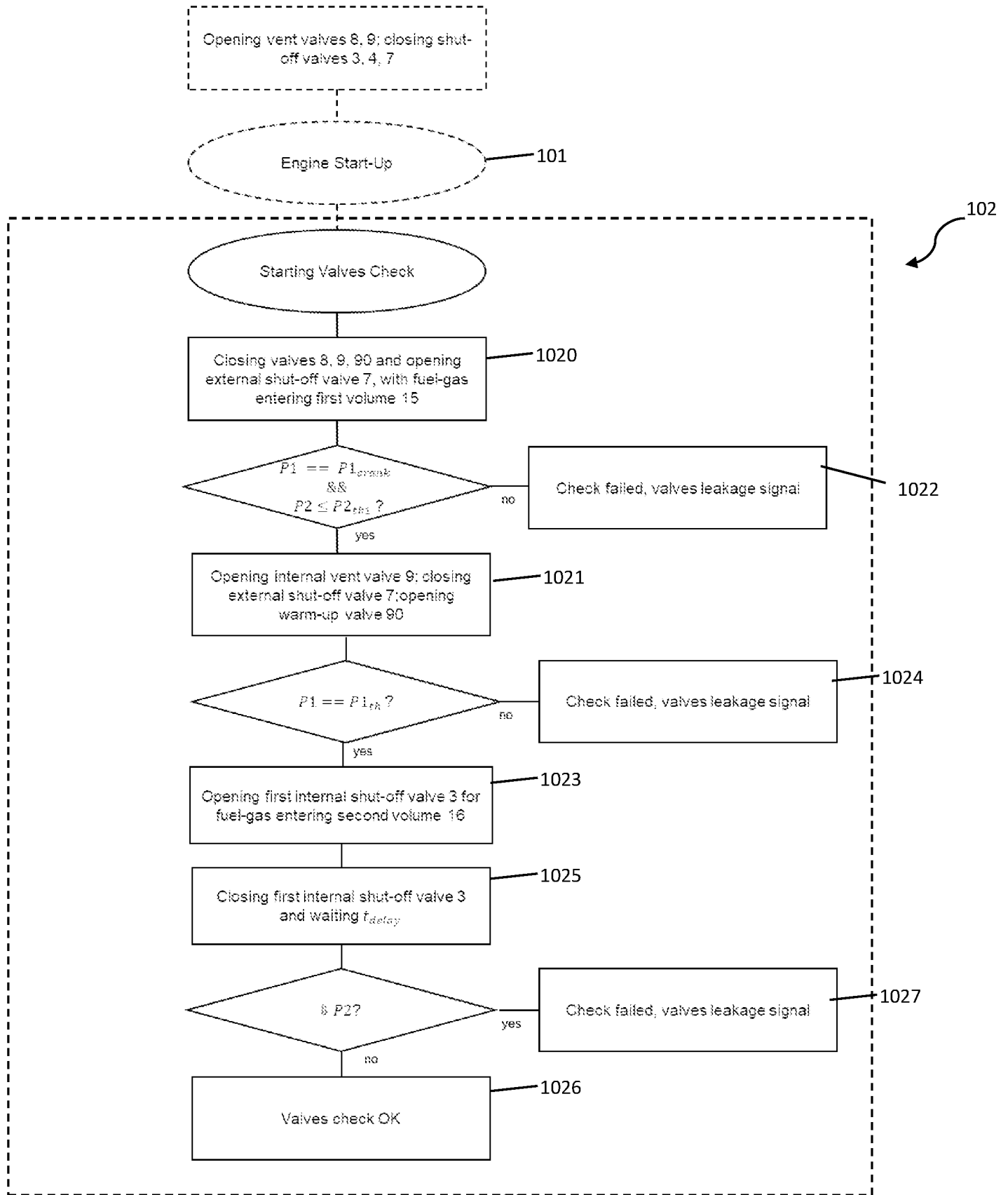


Fig. 6

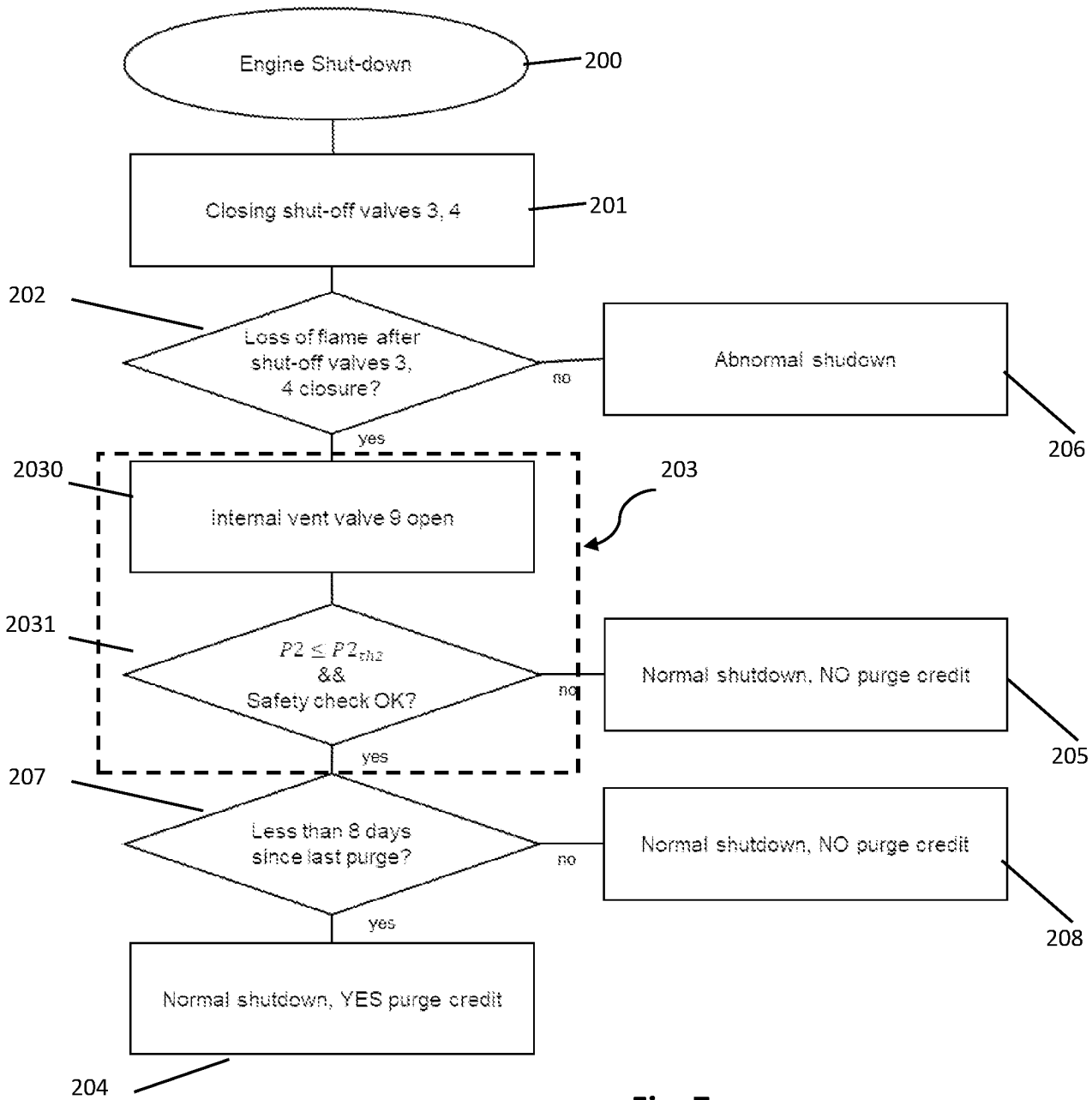


Fig. 7