



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

| | |
|--------------------|-----------------|
| DOMANDA NUMERO | 102001900949419 |
| Data Deposito | 03/08/2001 |
| Data Pubblicazione | 03/02/2003 |

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| F | 02 | M | | |

Titolo

METODO DI AUTOINNESCO DELLA RIGENERAZIONE DI UN FILTRO PARTICOLATO PER UN MOTORE DIESEL AD INIEZIONE DIRETTA PROVVISORIO DI UN IMPIANTO DI INIEZIONE A COLLETTORE COMUNE.

2001A 000 786

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale
di C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI
di nazionalità italiana,

5 con sede a 10043 ORBASSANO (TORINO), STRADA TORINO, 50

Inventori: TONETTI Marco,

ROSSI SEBASTIANO Giovanni Maria,

MUGNAINI Maurizio, RELLECATI Pierluigi

*** ***** ***

10 La presente invenzione è relativa ad un metodo di
autoinnesco della rigenerazione di un filtro particolato
per un motore diesel ad iniezione diretta provvisto di
un impianto di iniezione a collettore comune.

Come è noto, per ridurre l'inquinamento atmosferico
15 le normative di parecchi paesi stanno ponendo limiti
sempre più stringenti alla composizione dei gas di
scarico prodotti dai motori a combustione interna.

In particolare, per quanto riguarda i motori
diesel, i problemi principali sono dati dalla presenza,
20 nei gas di scarico, di ossidi di azoto (NOx) e di
particolato, mentre non pongono particolari problemi gli
ossidi di carbonio (CO) e gli idrocarburi (HC).

Molti sono i metodi fino ad oggi proposti per
portare a valori minimi la quantità di particolato
25 presente nei gas di scarico immessi nell'ambiente. Fra

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8400)

questi, però, senza alcun dubbio la predisposizione sul condotto di scarico dei gas di un filtro di particolato è da molti anni riconosciuta in campo motoristico come la risposta finale al problema delle emissioni di
5 particolato dei motori Diesel.

In particolare, un filtro particolato diesel (DPF - dall'inglese Diesel Particulate Filter), noto anche con il nome di "trappola particolato" ("sooth catcher" o "bare trap"), è in genere costituito da canali paralleli
10 alternativamente ostruiti da pareti porose.

In particolare, le ostruzioni forzano i gas di scarico ad attraversare le pareti laterali dei canali, cosicché le particelle non combuste costituenti il particolato vengono dapprima trattenute nelle porosità
15 delle pareti laterali stesse e quindi, quando queste ultime sono completamente riempite, si accumulano sulle superfici interne delle pareti dei canali formando uno strato poroso.

Con il crescere dell'accumulo di particolato sulle
20 superfici interne delle pareti dei canali cresce anche la caduta di pressione sul filtro e quindi la contropressione ("backpressure") generata dal filtro stesso.

Il particolato non può quindi essere accumulato
25 indefinitamente in quanto accumuli elevati provocano:

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 2436)

- deterioramento di prestazioni, guidabilità e consumi del motore, fino a giungere, al limite, allo stallo del motore; e

- la distruzione del filtro stesso in caso di
5 autoinnesco e combustione incontrollata del particolato; infatti, in presenza di elevati accumuli di particolato, in particolari condizioni di guida possono innescarsi fenomeni di rigenerazione "critica" che possono portare all'improvvisa e incontrollata combustione del
10 particolato e conseguenti elevate temperature all'interno della matrice ceramica del filtro, provocando il danneggiamento del filtro stesso.

È quindi necessario rimuovere periodicamente il particolato intrappolato, effettuando la cosiddetta
15 "rigenerazione" del filtro particolato. In particolare, in campo motoristico per "rigenerazione" del filtro particolato si intende la combustione del particolato accumulato (sostanzialmente Carbone C), che, a contatto con l'ossigeno presente nei gas di scarico, si trasforma
20 in CO e CO₂.

Tuttavia, questa reazione avviene naturalmente (cioè senza l'uso di additivi) solo a temperature superiori a circa 600 °C e tali livelli termici sono molto superiori a quelli che si misurano all'ingresso
25 del filtro in condizioni di funzionamento normale del

motore.

E' quindi necessario sotto certe condizioni, e cioè quando si rilevano determinati livelli di accumulo di particolato nel filtro, innalzare artificialmente la temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro fino a 600 °C ed ottenere l'autoinnesco della combustione del particolato.

La rigenerazione di un filtro particolato costituisce la principale problematica connessa con l'utilizzo di tale tipologia di filtro in campo automobilistico.

Numerosi sono i metodi fino ad ora proposti ed utilizzati per innalzare artificialmente la temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro ed ottenere l'autoinnesco della combustione del particolato.

In particolare, i metodi di autoinnesco della combustione del particolato possono a grandi linee essere suddivisi in due grandi categorie, a seconda del tipo di approccio utilizzato: alla prima categoria appartengono basati sull'impiego di un additivo nel gasolio che, agendo da catalizzatore, consente di ridurre la temperatura di innesco della rigenerazione di circa 100÷150°C, mentre alla seconda categoria appartengono quei metodi di autoinnesco della combustione del particolato non basati sull'impiego di

un additivo nel gasolio.

In particolare, i metodi di autoinnesco della combustione del particolato basati sull'impiego di un additivo richiedono:

- 5 - un sistema di scarico comprendente un catalizzatore ed un filtro particolato integrati in un unico involucro (cannister);
- un filtro particolato avente un volume molto elevato, tipicamente pari a circa due volte la
10 cilindrata del motore;
- un additivo nel gasolio (a base di Cerio) che consente di ridurre la temperatura di autoinnesco della rigenerazione di 100÷150 °C;
- un sistema di additivazione e dosaggio automatico
15 dell'additivo a bordo veicolo molto complesso; e
- strategie di controllo motore per aumentare la temperatura all'ingresso del filtro, in quanto i livelli termici necessari non sono comunque raggiungibili in condizioni di normale impiego del motore; infatti,
20 questa tipologia di sistema opera correttamente solo in caso di funzionamento del motore a carichi medi, mentre in caso di funzionamento prolungato a carichi bassi (ad esempio nella guida in città) e/o in presenza di temperature esterne basse (in inverno), la temperatura
25 dei gas di scarico non riesce in molti casi a

BERGADANO MIRKO
(scritto all'Albo n. 8438)

raggiungere quella di autoinnesco.

I metodi di autoinnesco della combustione del particolato basati sull'impiego di un additivo, sebbene consentano un autoinnesco della rigenerazione del filtro
5 particolato intorno ai 450+500 °C ed il filtro particolato generi una bassa contropressione, presentano i seguenti significativi svantaggi che non consentono un adeguato e completo sfruttamento di tutti i loro pregi:

- complessità, in particolare per il sistema di
10 additivazione e dosaggio automatico dell'additivo;

- necessità di installazione di un filtro
particolato di volume elevato in quanto l'additivo presente nel gasolio lascia un deposito di ceneri all'interno del filtro particolato stesso che
15 progressivamente aumenta;

- necessita di "ripulire" comunque il filtro
particolato dalle ceneri circa ogni 80.000 km, nonostante il volume elevato del filtro particolato stesso; il Cerio, infatti, produce una grande quantità
20 di ceneri che si accumulano all'interno del filtro insieme con il particolato e che non possono essere eliminate attraverso la rigenerazione; ciò determina pertanto un progressivo aumento della contropressione del filtro sul motore all'aumentare della distanza
25 percorsa dal veicolo e la conseguente necessità di

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)

effettuare periodicamente lo smontaggio e la pulitura del filtro per eliminare elce ceneri accumulate; e

- costi elevati, sia per il sistema di additivazione e dosaggio automatico dell'additivo sia
5 per il filtro particolato di volume elevato.

A causa dei numerosi svantaggi sopra elencati, i metodi di autoinnesco della combustione del particolato non basati sull'impiego di un additivo sono ormai da quasi tutti i costruttori automobilistici preferiti ai
10 metodi di autoinnesco della combustione del particolato basati sull'impiego di un additivo.

Una delle soluzioni proposte ed utilizzate in passato per innalzare artificialmente la temperatura dei gas di scarico nel filtro particolato senza ricorrere
15 all'impiego di un additivo prevedeva di dotare i filtri particolato stessi di elementi riscaldatori che venivano attivati periodicamente per portare il filtro alla temperatura di autoinnesco della combustione del particolato intrappolato.

20 Più recentemente, invece, sono state proposte soluzioni in cui l'aumento della temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato viene ottenuto con strategie di controllo motore.

In particolare, le strategie comunemente impiegate
25 per innalzare la temperatura all'ingresso del filtro

BERGADIANO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 0438)

particolato sono:

- agire sull'iniezione principale per ottenere una combustione ritardata;
- attuare una post-iniezione; oppure
- 5 - agire sull'aria aspirata per ridurla (ad esempio riducendo la sovralimentazione o parzializzando l'aspirazione).

In dettaglio, la strategia basata sul ritardo dell'iniezione principale presenta dei limiti costituiti dal fatto che l'iniezione principale non può essere ritardata oltre un certo limite, altrimenti determinerebbe una combustione instabile che darebbe origine a mancate combustioni ("misfiring"), con conseguente produzione di fumo bianco/azzurro e problemi di guidabilità, in particolare fenomeni di "mancamento". Per questi motivi, questa strategia non consente di ottenere, in particolare a bassi regimi e bassi carichi motore, temperature elevate all'ingresso del filtro.

Nella domanda di brevetto europeo WO 96/03571 a nome della richiedente, è invece proposta una strategia in cui l'aumento della temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato è ottenuta effettuando, oltre all'iniezione principale, una post-iniezione durante la fase di espansione.

25 In particolare, la fasatura della post-iniezione

rispetto all'iniezione principale e la quantità di combustibile iniettato vengono determinati in modo tale che la combustione del combustibile nella fase di espansione sia tale da determinare un aumento della temperatura dei gas di scarico sufficiente a causare l'autoinnesco della rigenerazione del filtro particolato.

Nella domanda di brevetto europeo WO 96/03572, sempre a nome della richiedente, è inoltre proposta una strategia in cui l'aumento della temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato è ottenuta effettuando, oltre all'iniezione principale, una post-iniezione durante la fase di scarico.

In particolare, siccome in genere il filtro particolato è integrato in un unico involucro (cannister) insieme ad un catalizzatore DeNOx disposto a monte del filtro particolato stesso, una post-iniezione eseguita prevalentemente nella fase di scarico del motore fa sì che il combustibile iniettato non contribuisca, se non in misura ridotta, alla combustione, e quindi raggiunga, incombusto, direttamente il catalizzatore.

Gli idrocarburi incombusti così introdotti nel catalizzatore innescano una reazione esotermica di ossidazione che determina un innalzamento della

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 643B)

temperatura dei gas di scarico all'uscita del catalizzatore, e conseguentemente un aumento della temperatura dei gas di scarico in ingresso al filtro particolato.

5 Rispetto ai metodi di autoinnesco della combustione del particolato basati sull'impiego di un additivo, i metodi di autoinnesco della combustione del particolato non basati sull'impiego di un additivo richiedono:

10 - un filtro particolato avente un volume sostanzialmente pari alla la cilindrata del motore, cioè metà di quello richiesto dai metodi di autoinnesco della combustione del particolato basati sull'impiego di un additivo;

- un sistema di scarico che può alternativamente:

15 - avere una configurazione simile a quella richiesta dai metodi di autoinnesco della combustione del particolato basati sull'impiego di un additivo, ossia comprendente un catalizzatore ed un filtro particolato integrati in un unico involucro (cannister); oppure

20 - comprendere un unico filtro con sopra depositati sia gli elementi ossidanti del catalizzatore, sia metalli (Ce + Pt) che riducono la temperatura di autoinnesco (filtro catalizzato -
25 Catalysed Soot Filter);

BERGADANO MIRCO
(iscritto all'Albo n. 9438)

- nessun additivo nel gasolio;
- nessun sistema di additivazione e dosaggio automatico dell'additivo a bordo veicolo; e
- strategie di controllo motore per aumentare la
5 temperatura all'ingresso del filtro particolato.

In particolare, la differenza fra l'utilizzo di un sistema di scarico comprendente un catalizzatore ed un filtro particolato integrati in un unico involucro (cannister) e l'utilizzo di un sistema di scarico
10 comprendente un unico filtro con sopra depositati sia gli elementi ossidanti del catalizzatore sia metalli che riducono la temperatura di autoinnesco sta nel fatto che nella prima tipologia di sistema di scarico l'autoinnesco della rigenerazione avviene intorno ai 600
15 °C ed il filtro particolato presenta una bassa contropressione, mentre nella seconda tipologia di sistema di scarico l'autoinnesco della rigenerazione avviene intorno ai 450 °C, ma il filtro particolato presenta una elevata contropressione ed esiste sia il
20 rischio di una ridotta efficienza di rigenerazione determinata dal contatto fra il Cesio ed il particolato, che il rischio di deriva ("drift") dell'efficienza di rigenerazione, ossia di un aumento della temperatura di innesco della rigenerazione.

25 Scopo della presente invenzione è quello di fornire

un metodo perfezionato di autoinnesco della
rigenerazione di un filtro particolato che consenta di
superare gli inconvenienti dei metodi sopra descritti,
ossia che non richieda l'aggiunta di un additivo nel
5 combustibile, che garantisca il raggiungimento di
temperature dei gas di scarico all'ingresso del filtro
particolato superiori a 600 °C, e quindi l'autoinnesco
della rigenerazione del filtro particolato stesso, in
tutte le condizioni di funzionamento del motore, e che
10 permetta di ottenere una combustione stabile durante la
fase di rigenerazione in modo da garantire una buona
guidabilità de veicolo con assenza di fenomeni di
"mancamento" e fumosità bianca/blu allo scarico dovuti a
mancate combustioni (misfiring).

15 Secondo la presente invenzione viene realizzato un
metodo di autoinnesco della rigenerazione di un filtro
particolato per un motore diesel provvisto di un
impianto di iniezione a collettore comune, come definito
nella rivendicazione 1.

20 Per una migliore comprensione della presente
invenzione viene ora descritta una forma di
realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non
limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei
quali:

25 - la figura 1 mostra schematicamente un motore ed i

relativi impianti di aspirazione, di iniezione, di scarico e di ricircolo dei gas di scarico; e

- la figura 2 mostra sei iniezioni multiple secondo l'arte nota che un impianto di iniezione a collettore comune consente di realizzare consecutivamente in ciascun ciclo motore ed in ciascun cilindro del motore.

Nella figura 1 è indicato con 1 un motore Diesel ad iniezione diretta sovralimentato provvisto di una pluralità di cilindri 2, di un albero motore 3; di un turbocompressore 4 a geometria variabile con relativo attuatore 5 a comando elettrico (modulatore di pressione); di un impianto di iniezione a collettore comune 6; di un impianto di scarico 7 dei gas prodotti dalla combustione; di un impianto di ricircolo dei gas di scarico 8 (EGR - Exhaust Gas Recirculation); e di un sistema di controllo elettronico 9 per la gestione dell'iniezione e la diagnosi di perdite nell'impianto di iniezione.

L'impianto di iniezione 1 comprende essenzialmente un collettore di aspirazione dell'aria 10 lungo il quale è disposta una valvola a farfalla 11 a comando elettrico di tipo proporzionale, una pluralità di iniettori 12, uno per ogni cilindro 2 del motore 1, fornenti combustibile ad alta pressione ai cilindri 2 del motore 1; una pluralità di candeelette di preriscaldamento 13,

BERGADANO MIRKO
(scritto all'Atto n. 843B)

una per ogni cilindro 2; un circuito di alimentazione ad alta pressione 14 alimentante combustibile ad alta pressione agli iniettori 12; ed un circuito di alimentazione a bassa pressione 15 alimentante combustibile a bassa pressione al circuito di alimentazione ad alta pressione 14.

Il circuito di alimentazione a bassa pressione 15 comprende un serbatoio 16 del combustibile; una pompa di mandata 17, ad esempio di tipo elettrico, disposta nel serbatoio 16 ed immersa nel combustibile (mostrata esternamente al serbatoio 16 per motivi illustrativi); una linea di mandata a bassa pressione 18 collegante la pompa di mandata 17 ad una pompa ad alta pressione 19 del circuito di alimentazione ad alta pressione 14; ed un filtro 20 del combustibile disposto lungo la linea di mandata a bassa pressione 18, tra la pompa di mandata 17 e la pompa ad alta pressione 19.

Il circuito di alimentazione ad alta pressione 14 comprende, oltre alla pompa ad alta pressione 19, un collettore comune 21 di tipo noto collegato alla pompa ad alta pressione 19 attraverso una linea di mandata ad alta pressione 22 e, attraverso rispettivi condotti di alimentazione ad alta pressione 23, agli iniettori 12, i quali sono inoltre collegati, attraverso rispettivi condotti di ricircolo 24, ad una linea di scarico 25

collegata a sua volta al serbatoio 16 per riportare nel serbatoio 16 stesso parte del combustibile utilizzato, in modo noto, dagli iniettori 12 per il loro funzionamento.

5 Alla linea di scarico 25 sono anche collegati sia la pompa ad alta pressione 19 attraverso un rispettivo condotto di ricircolo 26 che la pompa di mandata 17 ed il filtro 20 del combustibile attraverso rispettivi condotti di ricircolo 27 e rispettive valvole di
10 sovrappressione 28.

Inoltre, la pompa ad alta pressione 19 è provvista di una valvola di tipo on/off, rappresentata schematicamente e comunemente nota col nome di valvola di shut-off 29, atta a consentire l'alimentazione dei
15 pompanti (non mostrati) della pompa ad alta pressione 19 stessa quando vi è una differenza di pressione fra la linea di mandata a bassa pressione 18 ed il condotto di ricircolo 26.

Il circuito di alimentazione ad alta pressione 14
20 comprende inoltre un regolatore di pressione 30 collegato fra la linea di mandata ad alta pressione 22 e la linea di scarico 25 attraverso un condotto di ricircolo 31 per riportare, quando attivato, nel serbatoio 16 parte del combustibile alimentato dalla
25 pompa ad alta pressione 19 al collettore comune 21 e

BERGADANO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 8438)

regolare così, in modo noto e quindi non descritto in dettaglio, la pressione del combustibile alimentato dalla pompa ad alta pressione 19 stessa, e quindi la pressione del combustibile nel collettore comune 21 e la
5 pressione di iniezione.

Il circuito di alimentazione ad alta pressione 14 comprende inoltre un limitatore di pressione 32 collegato da un lato al collettore comune 21 e dall'altro, attraverso un condotto di ricircolo 33, alla
10 linea di scarico 25 ed avente lo scopo di impedire alla pressione del combustibile presente nel collettore comune 21 stesso di superare un valore massimo prefissato.

L'impianto di scarico 7 comprende un collettore di
15 scarico 34 dei gas prodotti dalla combustione lungo il quale sono disposti in cascata il succitato turbocompressore 4, un pre-catalizzatore 35 DeNOx, un catalizzatore 36 DeNOx vero e proprio, ed un filtro particolato 37, il catalizzatore 36 ed il filtro
20 particolato 37 essendo integrati in un unico involucro 38 (cannister).

Le funzioni del catalizzatore 36 e del filtro particolato 37 possono essere alternativamente svolte da un unico componente noto con il nome di filtro
25 catalizzato (non mostrato).

BERGADANO MIRKO
(scritto all'Albo n. 8408)

Sul filtro particolato 37, sia che esso sia
distinto dal catalizzatore 36 che integrato con il
catalizzatore 36 stesso, possono inoltre essere aggiunti
componenti chimici che riducono la temperatura di
5 combustione del particolato.

L'impianto di ricircolo dei gas di scarico 8 ha lo
scopo di consentire la reimmissione nel collettore di
aspirazione 10 di parte dei gas di scarico presenti nel
collettore di scarico 34 del motore 1 al fine di
10 abbassare la temperatura di combustione e ridurre la
formazione di ossidi di azoto (NOx), ed è rappresentato
schematicamente con un condotto di ricircolo dei gas di
scarico 39 collegante il collettore di scarico 34, in un
punto a monte del turbocompressore 4, con il collettore
15 di aspirazione dell'aria 10, in un punto a valle della
valvola a farfalla 11, e con una valvola di regolazione
40, nota anche con il nome di valvola EGR, disposta
lungo il condotto di ricircolo dei gas di scarico 39,
nel punto di collegamento al condotto di aspirazione
20 dell'aria 10.

Il sistema di controllo elettronico 9 comprende un
misuratore di portata aria (debimetro) 41 disposto lungo
il condotto di aspirazione dell'aria 10, a monte della
valvola a farfalla 11, e generante un segnale di portata
25 aria indicativo della portata dell'aria nel condotto di

aspirazione dell'aria 10; un sensore di pressione differenziale 42 avente un primo ed un secondo ingresso collegati all'ingresso del catalizzatore 36 e, rispettivamente, all'uscita del filtro particolato 37, ed una uscita fornente un segnale di pressione indicativo della caduta di pressione fra l'ingresso e l'uscita del filtro particolato 37, la quale, come è noto, è a sua volta indicativa della quantità di particolato accumulato nel filtro particolato 37 stesso; un primo sensore di temperatura 43 disposto sull'uscita del filtro particolato 37 e fornente un primo segnale di temperatura indicativo della temperatura dei gas di scarico all'uscita del filtro particolato 37; ed un secondo sensore di temperatura 44 disposto sull'ingresso del filtro particolato 37 e fornente un secondo segnale di temperatura indicativo della temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato 37. _____

Alternativamente, il secondo sensore di temperatura 44 potrebbe anche essere collegato all'ingresso del catalizzatore 36.

Il sistema di controllo elettronico 9 comprende inoltre un primo sensore di pressione 45 disposto lungo il collettore di aspirazione dell'aria 10, a valle della valvola EGR 40, e generante un primo segnale di pressione indicativo della pressione dell'aria nel

collettore di aspirazione 10 a valle della valvola EGR 40, e quindi indicativo della pressione di sovralimentazione del motore 1; un secondo sensore di pressione 46 disposto sul collettore comune 21 e
5 generante un secondo segnale di pressione indicativo della pressione del combustibile all'interno del collettore comune 21 stesso, e quindi della pressione di iniezione del combustibile; un misuratore della velocità e della posizione angolare dell'albero motore 47,
10 comprendente una ruota fonica 48 di tipo noto calettata sull'albero motore 3, ed un sensore elettromagnetico 49 affacciato alla ruota fonica 48 e generante un segnale di posizione e velocità indicativo della velocità e della posizione angolare della ruota fonica 48 stessa, e
15 quindi della velocità e della posizione angolare dell'albero motore 3; ed una centralina di controllo elettronica 50 (ECU - Electronic Control Unit), ad esempio costituita dalla centralina di controllo motore, collegata ai sensori di temperatura 43, 44, ai sensori
20 di pressione 45, 46, al misuratore di portata aria 41, al misuratore della velocità e della posizione angolare dell'albero motore 47, e fornente in uscita segnali di pilotaggio per gli iniettori 12, per le candele di preriscaldamento 13, per la valvola a farfalla 11, per
25 la valvola EGR 40, per il modulatore di pressione 5 del

BERGADANO MIRO
(iscritto all'Albo n. 3406)

turbocompressore 4, per il regolatore di pressione 30, e per la pompa di mandata 17.

La presente invenzione è il risultato di uno studio approfondito svolto dalla richiedente per indagare la possibilità di autoinnesco della rigenerazione di un
5 filtro particolato tramite la realizzazione, in ciascun ciclo motore ed in ciascun cilindro del motore, di iniezioni multiple temporalmente consecutive.

In particolare, nella domanda di brevetto europeo
10 EP 1035314 depositata il 03.03.2000 a nome della richiedente, il cui contenuto si considera qui interamente incorporato, vengono descritte strategie di iniezione che prevedono l'attuazione, di iniezioni multiple consecutive, fino ad un massimo di sei, e la
15 presente invenzione rappresenta il risultato del lavoro svolto dalla richiedente per verificare la possibilità di sfruttamento di tali iniezioni multiple al fine di autoinnescare la rigenerazione del filtro particolato.

Per una migliore comprensione della presente
20 invenzione verranno quindi ora brevemente riprese alcune delle caratteristiche principali dell'invenzione descritta nella succitata domanda di brevetto europeo, alla quale comunque si rimanda per maggiori dettagli relativi alle tempistiche delle sei iniezioni multiple,
25 alle loro possibili combinazioni, al loro effetto sul

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 6439)

funzionamento del motore, alla quantità di combustibile iniettato in ciascuna iniezione, ed alle possibili strategie di iniezione, intese come numero e tipo di iniezioni, in funzione del punto di funzionamento del motore, definito dal numero di giri e dalla coppia erogata, e dalle condizioni di funzionamento del motore, ad esempio dalla temperatura del motore, ecc.

Nella figura 2 sono mostrate le sei iniezioni multiple che l'impianto di iniezione a collettore comune 10 6 consente di realizzare consecutivamente in ciascun ciclo motore ed in ciascun cilindro del motore.

In particolare, le sei iniezioni multiple comprendono due iniezioni principali ravvicinate fra loro, indicate con "MAIN1" e "MAIN2"; due pre-iniezioni precedenti le iniezioni principali, indicate con "PILOT" 15 e "PRE"; e due post-iniezioni successive alle iniezioni principali, indicate con "AFTER" e "POST".

In dettaglio:

- le due iniezioni principali "MAIN1", "MAIN2" sono 20 attuate in un intorno del punto morto superiore di fine compressione, ossia per valori di angolo motore compresi in un intervallo posto a cavallo fra la parte terminale della fase di compressione e la parte iniziale della fase di espansione;
- 25 - la pre-iniezione "PRE" è attuata sufficientemente

ravvicinata alle iniezioni principali "MAIN1", "MAIN2" da partecipare, congiuntamente alle iniezioni principali stesse, alla combustione vera e propria del combustibile, mentre la pre-iniezione "PILOT" è
5 relativamente più distante dalle iniezioni principali "MAIN1", "MAIN2" ed è attuata durante la fase di compressione;

- la post-iniezione "AFTER" è attuata sufficientemente ravvicinata alle iniezioni principali
10 "MAIN1", "MAIN2" da partecipare, congiuntamente alle iniezioni principali stesse ed alla prima pre-iniezione PRE, alla combustione vera e propria del combustibile, mentre la post-iniezione "POST" è relativamente più
15 è attuata durante la fase di scarico o al termine della fase di espansione.

In dettaglio, la prima iniezione principale "MAIN1" ha una durata temporale compresa fra 100 e 4000 μ s ed inizia ad un valore di angolo motore compreso fra 30°
20 prima e 10° dopo il punto morto superiore di fine compressione e funzione principalmente del numero di giri, del carico e della temperatura dell'acqua di raffreddamento del motore.

La seconda iniezione principale "MAIN2" ha una
25 durata temporale compresa fra 100 e 2000 μ s ed è attuata

dopo la prima iniezione principale "MAIN1" con le seguenti caratteristiche di fasatura:

- inizia ad un valore di angolo motore compreso fra 30° prima e 10° dopo il punto morto superiore di fine
5 compressione del motore; e

- inizia almeno 80 μ s dopo l'istante in cui ha termine la prima iniezione principale "MAIN1".

La prima post-iniezione "AFTER" ha una durata temporale compresa fra 100 e 1000 μ s ed è attuata dopo
10 la seconda iniezione principale "MAIN2" con le seguenti caratteristiche di fasatura:

- inizia ad un valore di angolo motore compreso fra 0° (ossia in corrispondenza del punto morto superiore di fine compressione) e 100° dopo il punto morto superiore
15 di fine compressione stesso; e

- inizia almeno 80 μ s dopo l'istante in cui ha termine la seconda iniezione principale "MAIN2".

La seconda post-iniezione "POST" ha una durata temporale compresa fra 100 e 500 μ s ed è attuata dopo la
20 prima post-iniezione "AFTER" con le seguenti caratteristiche di fasatura:

- inizia ad un valore di angolo motore compreso fra 20° prima e 210° dopo il punto morto superiore di fine compressione oppure fra 270° e 360° dopo il punto morto
25 superiore di fine compressione stesso; e

BERGADANO MIRKO
(scritto all'Albo n. 8.008)

- inizia almeno 280 μ s dopo l'istante in cui ha termine la prima post-iniezione "AFTER".

La prima pre-iniezione "PILOT" ha una durata temporale compresa fra 100 e 1000 μ s ed è attuata prima della seconda pre-iniezione "PRE" con le seguenti caratteristiche di fasatura:

- inizia ad un valore di angolo motore compreso fra 60° prima del punto morto superiore di fine compressione e 0° (ossia in corrispondenza del punto morto superiore di fine compressione stesso); e

- termina almeno 280 μ s prima dell'istante in cui ha inizio la seconda pre-iniezione "PRE".

La seconda pre-iniezione "PRE" ha una durata temporale compresa fra 100 e 1000 μ s ed è attuata dopo la prima pre-iniezione "PILOT" e prima della prima iniezione principale "MAIN1" con le seguenti caratteristiche di fasatura:

- inizia ad un valore di angolo motore compreso fra 60° prima del punto morto superiore di fine compressione e 0° (ossia in corrispondenza del punto morto superiore di fine compressione stesso); e

- termina almeno 80 μ s prima dell'istante in cui ha inizio la prima iniezione principale "MAIN1".

Le tempistiche delle iniezioni sopra elencate sono memorizzate nella centralina di controllo 38, la quale

per effettuare tali iniezioni multiple calcola inizialmente i valori di angolo motore di inizio e di fine della prima iniezione principale "MAIN1" in funzione del numero di giri, del carico e della
5 temperatura dell'acqua di raffreddamento del motore, e determina quindi, utilizzando le tempistiche memorizzate, i valori di angolo motore a cui devono avere inizio e fine ciascuna delle altre iniezioni.

A ciascuna delle iniezioni sopra elencate
10 corrisponde uno specifico effetto sul funzionamento del motore che consente di raggiungere un ben preciso scopo.

In particolare:

- l'attuazione di due iniezioni principali "MAIN1" e "MAIN2" al posto della tradizionale iniezione
15 principale unica determina una riduzione dei picchi di temperatura generati dalla combustione e tale riduzione determina conseguentemente una riduzione della quantità di ossidi di azoto NOx generati durante la combustione stessa;

20 - l'attuazione della post-iniezione "AFTER", che come detto partecipa alla combustione vera e propria, determina una post-ossidazione dei gas di scarico all'interno del cilindro 4 e tale post-ossidazione determina conseguentemente una riduzione della quantità
25 di particolato generato durante la combustione;

- l'attuazione della post-iniezione "POST" determina l'iniezione di una quantità di combustibile durante la fase di scarico che, essendo la combustione vera e propria già terminata, non viene bruciata e giunge allo scarico inalterata, determinando così un incremento degli idrocarburi HC presenti allo scarico, i quali, a loro volta, attivano il catalizzatore determinandone un aumento dell'efficienza;

- l'attuazione della pre-iniezione "PRE", che come detto partecipa alla combustione vera e propria, determina una riduzione del ritardo di accensione, ossia del tempo che intercorre tra l'iniezione del combustibile all'interno del cilindro nella iniezione principale "MAIN1" e l'inizio vero e proprio della combustione nel cilindro stesso; la riduzione del ritardo di accensione determina conseguentemente una riduzione del rumore di combustione generato dal motore;

e

- l'attuazione della pre-iniezione "PILOT" determina un aumento della pressione presente all'interno del cilindro alla fine della fase di compressione e tale aumento determina conseguentemente una riduzione dei tempi di avviamento del motore, una riduzione del rumore e della fumosità del motore durante la fase transitoria di riscaldamento del motore ("Warm-

BERGADANO MIRKO
(scritto all'Alfa n. 8438)

up") e l'incremento della coppia erogata dal motore ai bassi regimi.

In ciascun ciclo motore ed in ciascun cilindro del motore possono poi essere attuate o tutte e sei le iniezioni sopra descritte con le tempistiche descritte oppure sottogruppi di tali iniezioni, a seconda dello scopo che la strategia di iniezione si prefigge di raggiungere.

Nel caso in cui non tutte e sei le iniezioni sopra descritte vengano attuate, le condizioni di fasatura relative ai valori di angolo motore in cui le iniezioni effettivamente attuate devono iniziare rimangono quelle sopra elencate, mentre le condizioni di fasatura delle iniezioni effettivamente attuate relative ai ritardi o agli anticipi rispetto alle iniezioni precedenti diventano le seguenti:

- in assenza della seconda pre-iniezione "PRE" l'anticipo della prima pre-iniezione "PILOT" sopra elencato è da considerarsi riferito alla prima iniezione principale "MAIN1", ossia la prima pre-iniezione "PILOT" termina almeno 280 μ s prima dell'istante in cui ha inizio la prima iniezione principale "MAIN1";

- in assenza della seconda iniezione principale "MAIN2" il ritardo della prima post-iniezione "AFTER" sopra elencato è da considerarsi riferito alla prima

iniezione principale "MAIN1", ossia la prima post-
iniezione "AFTER" inizia almeno 80 μ s dopo l'istante in
cui ha termine la prima iniezione principale "MAIN1",
mentre il ritardo della seconda post-iniezione "PILOT"
5 rispetto alla prima post-iniezione "AFTER" rimane quello
sopra elencato;

- in assenza della prima post-iniezione "AFTER" il
ritardo della seconda post-iniezione "POST" sopra
elencato è da considerarsi riferito alla seconda
10 iniezione principale "MAIN2", ossia la seconda post-
iniezione "POST" inizia almeno 280 μ s dopo l'istante in
cui ha termine la seconda iniezione principale "MAIN2";
e

- in assenza infine sia della seconda iniezione
15 principale "MAIN2" che della prima post-iniezione
"AFTER" il ritardo della seconda post-iniezione sopra
elencato è da considerarsi riferito alla prima iniezione
principale "MAIN1", ossia la seconda post-iniezione
"POST" inizia almeno 280 μ s dopo l'istante in cui ha
20 termine la prima iniezione principale "MAIN1".

Come precedentemente detto, per ciascun gruppo di
iniezioni attuate è poi anche possibile modulare la
quantità di combustibile iniettata in ciascuna delle
iniezioni multiple, ed inoltre è possibile realizzare
25 differenti strategie di iniezione in funzione del punto

di funzionamento del motore. Per una discussione più dettagliata sull'argomento si veda la succitata domanda di brevetto europeo.

Lo studio approfondito svolto dalla richiedente per
5 indagare la possibilità di autoinnesco della
rigenerazione di un filtro particolato tramite la
realizzazione, in ciascun ciclo motore ed in ciascun
cilindro del motore, di iniezioni multiple temporalmente
consecutive, ha portato all'individuazione, per ciascun
10 punto di funzionamento del motore, di particolari
combinazioni e temporizzazioni delle iniezioni multiple
sopra descritte che consentono l'autoinnesco della
rigenerazione del filtro particolato.

Oltre a ciò, lo studio della richiedente ha portato
15 a verificare come l'effetto di tali particolari
temporizzazioni e combinazioni delle iniezioni multiple
sulla rigenerazione del filtro particolato possa essere
ulteriormente migliorato agendo su altre grandezze del
motore e/o dell'impianto di iniezione, quali la portata
20 dell'aria aspirata, la pressione di iniezione e la
quantità di gas di scarico ricircolati.

In particolare, a grandi linee le strategie di
rigenerazione individuate dalla richiedente prevedono le
seguenti azioni per innalzare la temperatura dei gas di
25 scarico all'ingresso del filtro particolato:

- effettuare tre o quattro delle iniezioni PILOT, PRE, MAIN1 ed AFTER opportunamente ritardate rispetto alle fasature delle iniezioni stesse in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato, le quali partecipano al processo di combustione e consentono di ottenere una combustione ritardata e stabile, innalzando le temperature dei gas di scarico (si fa notare come, per quanto riguarda l'innesco della rigenerazione del filtro particolato, la seconda iniezione principale MAIN2 e la prima post-iniezione AFETR sono considerate alternative);

- effettuare l'iniezione POST per fornire HC al catalizzatore 36 e sfruttarne la conseguente reazione esotermica di ossidazione, innalzando così ulteriormente la temperatura dei gas di scarico all'uscita del catalizzatore 36 stesso, e quindi in ingresso al filtro particolato 37; questa iniezione viene anche attuata in funzione della temperatura dei gas di scarico in ingresso al filtro particolato 37, se il sensore di temperatura 44 è disposto su tale ingresso, oppure in ingresso al catalizzatore 36, se il sensore di temperatura 44 è disposto su tale ingresso, e/o in funzione della temperatura dei gas di scarico in uscita al filtro particolato 37 nel caso di uso di un filtro catalizzato;

BERGADANO MIRKO
(iscritt. all'Albo n. 6432)

- ridurre la portata dell'aria attraverso la parzializzazione dell'aria in aspirazione effettuata tramite la valvola a farfalla 11, e/o la riduzione della pressione di sovralimentazione effettuata tramite l'attuatore 5 del turbocompressore 4 controllato in anello chiuso;

- ridurre la pressione di iniezione del combustibile;

- variare la quantità di gas di scarico ricircolati agendo sulla valvola EGR 40;

- attivare o meno le candele di preriscaldamento 13.

In questo modo, soprattutto grazie all'utilizzo delle iniezioni multiple, è possibile ottenere elevate temperature dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato 37 maggiori o uguali a 600 °C (soglia di autoinnesco della combustione del particolato) in ogni condizione di funzionamento del motore, e quindi ottenere la rigenerazione del filtro particolato 37 steso senza misfiring che comporterebbero problemi di guidabilità e di fumosità azzurra.

Secondo un primo aspetto della presente invenzione, le strategie di rigenerazione vengono attuate solo quando sono verificate le condizioni di attivazione qui di seguito illustrate.

BERGADANO MIRKO
(Autore di n. 8438)

In particolare:

- le strategie di rigenerazione vengono attuate quando, sulla base di informazioni derivanti dalla misura della caduta di pressione sul filtro particolato 37 e/o delle temperature del filtro particolato 37 stesso, si sia stimata una determinata quantità di particolato accumulato. Tali strategie di rigenerazione possono essere anche attuate solo sulla base del chilometraggio percorso, oppure sulla base di entrambe le informazioni, oppure ancora sulla base di un tempo variabile;

- le strategie di rigenerazione vengono attuate solo quando la temperatura del liquido di raffreddamento supera una determinata soglia (40 ± 60 °C - motore regimato termicamente);

- le strategie di rigenerazione vengono attuate per un tempo fisso. Tale tempo è quello in cui ~~la~~ temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato 37 supera una certa soglia (un contatore calcolerà il tempo per cui la temperatura è rimasta oltre la soglia predefinita). Nel caso in cui la temperatura sia inferiore alla soglia, il tempo non viene considerato come effettivo, ma le strategie di rigenerazione rimangono attivate. In particolare, il tempo di attivazione può variare da 1 a 60 minuti,

mentre la soglia di temperatura può variare da 400 a 650 °C. In pratica, si deve garantire che per tutto il tempo stabilito la temperatura dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato 37 (o all'uscita nel caso di 5 filtro catalizzato) sia rimasta oltre la soglia stabilita.

Secondo un ulteriore aspetto della presente invenzione, nelle diverse condizioni di funzionamento del motore, definite dal regime di rotazione e dalla 10 quantità di gasolio iniettata per ciclo, vengono attuate differenti strategie di rigenerazione.

In particolare, nel piano quotato del motore, definito dalla velocità angolare del motore e dalla pressione media effettiva (BMPE - Brake Mean Effective 15 Pressure), vengono identificate diverse aree corrispondenti a differenti condizioni di funzionamento del motore e in ognuna di esse vengono attuate differenti strategie.

In dettaglio, le diverse condizioni di 20 funzionamento del motore sono:

- pieno carico: regime motore da 800 RPM a 5000 RPM e carico motore dal 90% al 100% del carico massimo;

- normale funzionamento: regime motore da 1000 RPM 5000 RPM e carico motore dal 5% al 90% del carico 25 massimo;

- minimo: regime motore da 800 RPM a 1000 RPM e carico motore da 0% al 5% del carico massimo;

- cut-off: regime motore da 1000 RPM a 5000 RPM e carico motore da 0% al 5% del carico massimo.

5 La condizione di normale funzionamento può essere ulteriormente suddivisa considerando:

- una condizione di guida urbana: regime motore inferiore a 3000 RPM e carico motore inferiore al 30% del carico massimo; e

10 - una condizione di guida extraurbana: regime motore inferiore a 3000 RPM e carico motore superiore al 30% del carico massimo, oppure regime motore superiore a 3000 RPM e carico motore dal 5% al 90% del carico massimo.

15 Qui di seguito verranno descritte le strategie di rigenerazione attuate nelle condizioni di funzionamento del motore sopra elencate.

1. MINIMO

In questa condizione di funzionamento del motore è
20 prevista l'attuazione delle cinque iniezioni PILOT, PRE, MAIN1, AFTER e POST che partecipano alla combustione.

In particolare l'iniezione POST viene attuata circa
180° o 315° dopo il punto morto superiore di fine
compressione se la temperatura del catalizzatore 36 è
25 sufficientemente elevata (maggiore di 200° C) da

permettere l'ossidazione degli HC prodotti. In caso contrario, l'iniezione POST viene attuata quando le valvole di scarico del motore sono ancora completamente chiuse, ovvero 120° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

La quantità di gasolio iniettata nella iniezione POST viene regolata in modo proporzionale in funzione della temperatura dei gas di scarico all'uscita del catalizzatore 36, nel modo seguente:

- 10 - 0% fino a 200 °C;
- da 0% a 100% proporzionalmente da 200 a 400 °C;
- 100% oltre 400 °C.

L'iniezione PILOT viene ritardata anche di circa 15° rispetto alla fasatura dell'iniezione PILOT stessa in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato, in modo da consentire l'utilizzo di una iniezione PRE attuata con una fasatura tale che il combustibile da essa iniettato bruci sostanzialmente al punto morto superiore di fine compressione.

20 Queste due iniezioni PILOT e PRE consentono di ritardare l'iniezione MAIN1 fino a 35° rispetto alla fasatura dell'iniezione MAIN1 stessa in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato.

L'iniezione AFTER, infine, viene posizionata di conseguenza fino anche a 80° dopo il punto morto

superiore di fine compressione.

Gli anticipi delle iniezioni vengono scelti in modo tale da garantire la completa ossidazione del gasolio iniettato: ogni iniezione deve creare nella camera di
5 combustione le migliori condizioni possibili per consentire all'iniezione seguente di bruciare correttamente al fine di ottenere una combustione stabile.

La pressione di iniezione viene ridotta rispetto
10 alla condizione di non rigenerazione del filtro particolato per allungare la durata della combustione.

Nelle condizioni di minimo viene inoltre parzializzata l'aria fresca in ingresso al motore e non viene attuato il ricircolo dei gas combusti per non
15 diminuire la percentuale di ossigeno presente nell'aria aspirata. Inoltre vengono attivate le candele di preriscaldamento del motore per aumentare il carico di quest'ultimo.

2. NORMALE FUNZIONAMENTO

20 Come precedentemente detto, questa condizione operativa del motore può essere ulteriormente suddivisa considerando una tipologia di guida urbana oppure extraurbana.

2.1 GUIDA URBANA

25 In condizioni di guida urbana (regime motore

inferiore a 3000 RPM e carico motore inferiore al 30% del carico massimo) vengono attuate le cinque iniezioni PILOT, PRE, MAIN1, AFTER e POST.

L'iniezione PILOT viene ritardata mediamente da 2° a 15° rispetto alla fasatura dell'iniezione PILOT stessa in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato, in modo tale da consentire al combustibile iniettato dall'iniezione PRE di bruciare circa da 10° a 15° dopo il punto morto superiore di fine compressione, realizzando le condizioni per ritardare l'iniezione MAIN1 da 15° a 35° rispetto al punto morto superiore di fine compressione.

In questa condizione di guida, inoltre, l'anticipo dell'iniezione AFTER ha valori che possono variare circa da 45° a 75° in ritardo rispetto al punto morto superiore di fine compressione, mentre l'iniezione POST viene attuata vicino al punto morto inferiore di fine espansione (quindi a valvole di scarico completamente aperte), oppure circa da 315° a 360° dopo il punto morto superiore di fine compressione per limitare l'effetto della diluizione dell'olio.

La pressione di iniezione viene diminuita di 50-200 bar per ottenere una durata dell'iniezione maggiore a parità di gasolio iniettato: questo consente di avere combustioni più lunghe e quindi temperature dei gas di

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 0438)

scarico più alte.

Anche in queste condizioni vengono utilizzate le
candelette di preriscaldamento e si ha una
parzializzazione dell'aria fresca aspirata (l'accensione
5 delle candelette viene gestita in funzione del punto
motore, ovvero del regime di rotazione e del carico).

È necessario ricordare che al di sotto di 3000 RPM
viene mantenuta l'iniezione PILOT fino alle condizioni
di pieno carico del motore per consentire all'iniezione
10 MAIN1 di bruciare correttamente anche in potenza.

2.2 GUIDA EXTRAURBANA

In condizioni di guida extraurbana con regime
motore inferiore a 3000 RPM e carico motore dal 30% al
90% del carico massimo vengono attuate le iniezioni
15 PILOT, MAIN1, AFTER e POST. Invece, con regime motore
superiore a 3000 RPM e carico motore dal 5% al 90% del
carico massimo, vengono attuate le iniezioni MAIN1,
AFTER e POST.

L'iniezione PILOT, quando presente, non viene
20 ritardata rispetto alla condizione di non rigenerazione
del filtro particolato.

L'iniezione MAIN1 viene comunque ritardata di circa
5°+15° rispetto alla fasatura dell'iniezione MAIN 1
stessa in condizioni di non rigenerazione del filtro
25 particolato, mentre l'anticipo dell'iniezione AFTER

varia da 35° a 50° in ritardo rispetto al punto morto superiore di fine compressione.

L'iniezione POST viene attuata 180° oppure 315° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

5 In queste condizioni viene utilizzato il ricircolo di gas combusti per diminuire la quantità di ossidi di azoto prodotti dal motore e contemporaneamente per aumentare la temperatura dell'aria in ingresso al motore.

10 La pressione di iniezione è uguale a quella utilizzata in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato oppure viene lievemente aumentata (20+50 bar) per consentire una migliore vaporizzazione del gasolio iniettato e quindi una minor produzione di HC.

15 Sia nella condizione di guida urbana che nella condizione di guida extraurbana, la quantità di gasolio iniettata nella iniezione POST viene regolata in modo proporzionale in funzione della temperatura dei gas di scarico all'uscita del catalizzatore 36, nel modo
20 precedentemente descritto.

3. PIENO CARICO

Le condizioni di pieno carico sono i punti motore che hanno dal 90% al 100% della coppia massima erogabile a quel determinato regime motore. In questo caso, è
25 necessario garantire le prestazioni del motore, per cui

vengono attuate le tre iniezioni PILOT, MAIN1 e POST per regimi motore inferiori a 3000 RPM circa, e le iniezioni MAIN1 e POST per regimi motore superiori a 3000 RPM circa.

5 Gli anticipi delle iniezioni PILOT e MAIN1 sono gli stessi utilizzati nelle normali condizioni di funzionamento del motore in cui non si effettua la rigenerazione del filtro particolato proprio per conservare le prestazioni del motore stesso.

10 Per questo motivo, inoltre, il ritardo degli anticipi rispetto alla condizioni di non rigenerazione del filtro particolato deve diminuire all'aumentare del carico del motore, fino ad annullarsi in condizioni di pieno carico.

15 L'iniezione POST viene attuata circa a 180° o 315° dopo il punto morto superiore di fine compressione per produrre gli ~~HC~~ necessari ad innalzare la temperatura all'ingresso del filtro particolato 37 fino alla soglia di autoinnesco del particolato.

20 La quantità di gasolio iniettata nella iniezione POST viene regolata in modo proporzionale in funzione della temperatura dei gas di scarico all'uscita del catalizzatore 36, nel modo precedentemente descritto.

25 La pressione di iniezione è esattamente la stessa che si ha in curva di potenza.

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8408)

4. CUT-OFF

In queste condizioni di funzionamento del motore, è possibile distinguere la condizione di cut-off prolungato dalla condizione di cut-off breve che si ha
5 ad esempio durante un cambio marcia.

4.1 CUT-OFF PROLUNGATO

In condizioni di cut-off prolungato viene parzializzata l'aria fresca aspirata dal motore in modo da non raffreddare i catalizzatori e non viene
10 utilizzato il ricircolo dei gas combusti, e viene attuata l'iniezione POST 180° o 315° dopo il punto morto superiore di fine compressione per sfruttare la reazione esotermica di ossidazione degli HC nel catalizzatore 36.

La quantità di gasolio iniettata nella iniezione
15 POST viene regolata in modo proporzionale in funzione della temperatura dei gas di scarico all'uscita del catalizzatore 36, nel modo precedentemente descritto.

4.2 CUT-OFF BREVE

Durante il cut-off breve che si ha ad esempio in un
20 cambio marcia non viene invece adottata alcuna particolare strategia.

Da un esame delle caratteristiche della presente invenzione sono evidenti i vantaggi che essa consente di ottenere.

25 In particolare, la presente invenzione, senza

richiedere l'aggiunta di un additivo nel combustibile, garantisce il raggiungimento di temperature dei gas di scarico all'ingresso del filtro particolato 37 superiori a 600 °C, e quindi l'autoinnesco della rigenerazione del
5 filtro particolato 37 stesso, in tutte le condizioni di funzionamento del motore, in particolare in condizioni di basso carico e regime motore che si hanno nella guida urbana ed al minimo, e permette di ottenere una combustione stabile durante la fase di rigenerazione in
10 modo da garantire una buona guidabilità de veicolo con assenza di fenomeni di "mancamento" e fumosità bianca/blu allo scarico dovuti a mancate combustioni (misfiring).

Oltre a risolvere il problema della combustione del
15 particolato, la presente invenzione consente di ottenere una riduzione delle emissione gassose tale da permettere il rispetto dello standard di emissione EURO 4 2005, a fronte di una piccola penalizzazione del consumo di combustibile e delle prestazioni a pieno carico.

20 Infatti, è stato sperimentalmente verificato della richiedente che, sebbene una rigenerazione del filtro particolato 37 avente una durata di 10 minuti determina un incremento del consumo di combustibile del 200%, effettuando una rigenerazione del filtro particolato 37
25 ogni 500 Km, l'incremento del medio del consumo di

combustibile è solo dell'1,2%.

Risulta infine chiaro che a quanto qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione definito dalle rivendicazioni
5 allegate.

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 6408)

R I V E N D I C A Z I O N I

1. Metodo di autoinnesco della rigenerazione di un
filtro particolato (37) per un motore (1) diesel
provvisto di un impianto di iniezione a collettore
5 comune (6), detto impianto di iniezione a collettore
comune (6) consentendo la realizzazione, in ciascun
ciclo motore ed in ciascun cilindro (3) del motore (1),
di una strategia di iniezione di combustibile che
prevede l'attuazione di una o più delle seguenti
10 iniezioni: una iniezione principale (MAIN1), una prima
pre-iniezione (PILOT) precedente la detta iniezione
principale (MAIN1) ed attuata durante la fase di
compressione; una seconda pre-iniezione (PRE) precedente
la detta iniezione principale (MAIN1) e successiva alla
15 detta prima pre-iniezione, una prima post-iniezione
(MAIN2, AFTER) successiva alla detta iniezione
principale (MAIN1), ed una seconda post-iniezione (POST)
successiva alla detta prima post-iniezione (MAIN2,
AFTER) ed attuata durante la fase di scarico, la detta
20 seconda pre-iniezione (PRE) e la detta prima post-
iniezione (MAIN2, AFTER) essendo attuate
sufficientemente ravvicinate alla detta iniezione
principale (MAIN1) da partecipare, congiuntamente a
quest'ultima, alla fase di combustione vera e propria
25 del combustibile;

BERGAMINI & C. S.p.A.
(Iscritto all'Albo n. 84304)

detto metodo di autoinnesco della rigenerazione essendo caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di:

- realizzare, in ciascun ciclo motore ed in ciascun cilindro (3) del motore (1), una strategia di iniezione di combustibile in cui vengono attuate una o più fra le dette prima e seconda pre-iniezione (PILOT, PRE), la detta iniezione principale (MAIN1), e le dette prima e seconda post-iniezione (MAIN2, AFTER, POST), ed in cui la fasatura di una o più delle iniezioni attuate viene variata rispetto alla fasatura delle iniezioni stesse in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato.

2. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il numero ed il tipo di iniezioni attuate per innescare la rigenerazione del filtro particolato variano in funzione delle condizioni di funzionamento del motore.

3. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che la fasatura delle iniezioni attuate per innescare la rigenerazione del filtro particolato viene variata rispetto alla fasatura delle iniezioni stesse in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato in funzione delle condizioni di funzionamento del motore.

4. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la variazione della fasatura delle iniezioni attuate per innescare la
5 rigenerazione del filtro particolato diminuisce all'aumentare del carico del motore, fino a sostanzialmente annullarsi in condizioni di pieno carico.

5. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
10 secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la quantità di combustibile iniettata nella detta seconda post-iniezione (POST) per innescare la rigenerazione del filtro particolato viene regolata in funzione della temperatura dei gas di
15 scarico.

6. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che la quantità di combustibile iniettata nella detta
20 seconda post-iniezione (POST) per innescare la rigenerazione del filtro particolato viene regolata proporzionalmente alla temperatura dei gas di scarico.

7. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 6, caratterizzato dal fatto che nella condizione di
25 funzionamento del motore al minimo la strategia di

iniezione di combustibile realizzata per innescare la
rigenerazione del filtro particolato prevede
l'attuazione delle dette prima e seconda pre-iniezione
(PILOT, PRE), della detta iniezione principale (MAIN1) e
5 delle dette prima e seconda post-iniezione (AFTER,
MAIN2, POST).

8. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
secondo la rivendicazione 7, per un motore (1) provvisto
di un sistema di scarico (7) dei gas prodotti dalla
10 combustione comprendente mezzi catalizzatori (35),
caratterizzato dal fatto che nella condizione di
funzionamento del motore al minimo la detta seconda
post-iniezione (POST) viene attuata circa 180° o 315°
dopo il punto morto superiore di fine compressione se la
15 temperatura dei detti mezzi catalizzatori (35) è
sufficientemente elevata da permettere l'ossidazione
degli idrocarburi in essi presenti, oppure circa 120°
dopo il punto morto superiore di fine compressione in
caso contrario.

20 9. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
secondo la rivendicazione 7 o 8, caratterizzato dal
fatto che nella condizione di funzionamento del motore
al minimo la fasatura della detta prima pre-iniezione
(PILOT) viene ritardata di circa 15° rispetto alla
25 fasatura della prima pre-iniezione (PILOT) stessa in

condizioni di non rigenerazione del filtro particolato.

10. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 7 a 9, caratterizzato dal fatto che nella condizione di
5 funzionamento del motore al minimo la detta seconda pre-iniezione (PRE) viene attuata con una fasatura tale che il combustibile da essa iniettato bruci sostanzialmente al punto morto superiore di fine compressione.

11. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
10 secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 10, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore al minimo la fasatura della detta iniezione principale (MAIN1) può essere ritardata fino a 35° rispetto alla fasatura della iniezione
15 principale (MAIN1) stessa in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato.

12. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 11, caratterizzato dal fatto che nella condizione di
20 funzionamento del motore al minimo la detta prima post-iniezione (MAIN2, AFTER) è attuata fino a 80° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

13. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6,
25 caratterizzato dal fatto che nella condizione di

funzionamento del motore durante una guida urbana, la strategia di iniezione di combustibile realizzata per innescare la rigenerazione del filtro particolato prevede l'attuazione delle dette prima e seconda pre-
5 iniezione (PILOT, PRE), della detta iniezione principale (MAIN1) e delle dette prima e seconda post-iniezione (MAIN2, AFTER, POST).

14. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto
10 che nella condizione di funzionamento del motore durante una guida urbana, la fasatura della detta prima pre-iniezione (PILOT) viene ritardata mediamente da 2° a 15° rispetto alla fasatura della prima pre-iniezione (PILOT) stessa in condizioni di non rigenerazione del filtro
15 particolato.

15. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 13 o 14, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore durante una guida urbana la detta seconda pre-iniezione
20 (PRE) viene attuata con una fasatura tale che il combustibile da essa iniettato bruci sostanzialmente da 10° a 15° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

16. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
25 secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 15,

caratterizzato dal fatto che nella condizione di
funzionamento del motore durante una guida urbana la
fasatura della detta iniezione principale (MAIN1) può
essere ritardata circa da 15° a 35° rispetto al punto
5 morto superiore di fine compressione.

17. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 16,
caratterizzato dal fatto che nella condizione di
funzionamento del motore durante una guida urbana la
10 detta prima post-iniezione (AFTER, MAIN2) è attuata
circa da 45° a 75° dopo il punto morto superiore di fine
compressione.

18. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 17,
15 caratterizzato dal fatto che nella condizione di
funzionamento del motore durante una guida urbana la
detta seconda post-iniezione (POST) viene attuata vicino
al punto morto inferiore di fine espansione oppure circa
da 315° a 360° dopo il punto morto superiore di fine
20 compressione.

19. Metodo di autoinnesco della rigenerazione
secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6,
caratterizzato dal fatto che nella condizione di
funzionamento del motore durante una guida extraurbana,
25 la strategia di iniezione di combustibile realizzata per

BERGADANO MIKRO
(iscritto all'Albo n. 843B)

innescare la rigenerazione del filtro particolato prevede l'attuazione almeno della detta iniezione principale (MAIN1), e delle dette prima e seconda post-iniezione (AFTER, MAIN2, POST).

5 20. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 19, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore durante una guida extraurbana, la strategia di iniezione di combustibile realizzata per innescare la rigenerazione
10 del filtro particolato prevede l'attuazione anche della detta prima pre-iniezione principale (PILOT) per regimi motore inferiori ad una prima soglia prefissata.

 21. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 19 o 20, caratterizzato dal
15 fatto che nella condizione di funzionamento del motore durante una guida extraurbana la fasatura della detta iniezione principale (MAIN1) viene ritardata di circa 5°-15° rispetto alla fasatura della iniezione principale (MAIN1) stessa in condizioni di non rigenerazione del
20 filtro particolato.

 22. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 21, caratterizzato dal fatto che nella condizione di
funzionamento del motore durante una guida extraurbana
25 la detta prima post-iniezione (AFTER, MAIN2) è attuata

circa da 35° a 50° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

23. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 22, 5 caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore durante una guida extraurbana la detta seconda post-iniezione (POST) è attuata circa 180° o 315° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

10 24. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore a pieno carico, la strategia di iniezione di combustibile realizzata per innescare la 15 rigenerazione del filtro particolato prevede l'attuazione almeno della detta iniezione principale (MAIN1) e della detta seconda post-iniezione (POST).___

25. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 24, caratterizzato dal fatto 20 che nella condizione di funzionamento del motore a pieno carico, la strategia di iniezione di combustibile realizzata per innescare la rigenerazione del filtro particolato prevede l'attuazione anche della detta prima pre-iniezione (PILOT) per regimi motore inferiori ad una 25 seconda soglia prefissata.

BERGADANO MIRKO
(scritto all'Albo n. 6436)

26. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 24 o 25, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore a pieno carico le fasature della detta prima pre-iniezione (PILOT) e della detta iniezione principale (MAIN1) sono le stesse di quelle utilizzate in condizioni di non rigenerazione del filtro particolato.

27. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 24 a 26, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore a pieno carico la detta seconda post-iniezione (POST) viene attuata 180° o 315° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

28. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore durante un cut-off prolungato, la strategia di iniezione di combustibile realizzata per innescare la rigenerazione del filtro particolato prevede l'attuazione della sola seconda post-iniezione (POST).

29. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 28, caratterizzato dal fatto che nella condizione di funzionamento del motore durante un cut-off prolungato, la detta seconda post-iniezione

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 2428)

(POST) è attuata 180° o 315° dopo il punto morto superiore di fine compressione.

30. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, per un motore (1) provvisto di un impianto di aspirazione dell'aria (10) provvisto di mezzi di regolazione della portata d'aria aspirata (11), di un impianto di ricircolo dei gas di scarico (8) prodotti dalla combustione del combustibile, e di candele di preriscaldamento (13), caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre la fase di effettuare una o più delle seguenti azioni:

- parzializzare l'aria in aspirazione;
- ridurre la pressione di iniezione del combustibile;
- variare la quantità di gas di scarico ricircolati;
- attivare/disattivare le candele di preriscaldamento (13).

31. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 30, caratterizzato dal fatto che la detta fase di parzializzare l'aria in aspirazione comprende la fase di controllare detti mezzi di regolazione della portata d'aria aspirata.

32. Metodo di autoinnesco della rigenerazione

secondo la rivendicazione 30, per un motore provvisto di mezzi di sovralimentazione, caratterizzato dal fatto che detta fase di parzializzare l'aria in aspirazione comprende la fase di ridurre la pressione di
5 sovralimentazione del motore.

33. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre le fasi di:

- rilevare la presenza di condizioni di attivazione
10 della rigenerazione del detto filtro particolato;

- al rilevamento delle dette condizioni di attivazione della rigenerazione, realizzare detta strategia di iniezione di combustibile per innescare la rigenerazione del filtro particolato.

15 34. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 33, caratterizzato dal fatto che la strategia di iniezione di combustibile per innescare la rigenerazione del filtro particolato viene
attuata quando almeno una delle seguenti condizioni è
20 verificata:

- quando sulla base di informazioni derivanti dalla misura della caduta di pressione sul filtro particolato (37) e/o delle temperature del filtro particolato (37) stesso, si sia stimata una determinata quantità di
25 particolato accumulato;

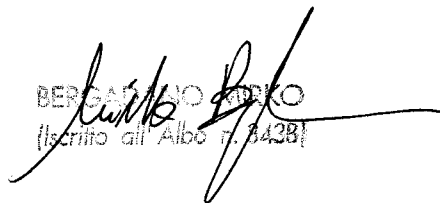
BERGADANO MIRKO
(scritto all'Atto n. 1/09)

- sulla base del chilometraggio percorso;
- sulla base di un tempo variabile;
- quando la temperatura del liquido di raffreddamento del motore supera una determinata soglia.

5 35. Metodo di autoinnesco della rigenerazione secondo la rivendicazione 33 o 34, caratterizzato dal fatto che la strategia di iniezione di combustibile per innescare la rigenerazione del filtro particolato ha una durata fissa pari al tempo in cui la temperatura dei gas
10 di scarico all'ingresso del filtro particolato (37) supera una certa soglia.

 36. Metodo di autoinnesco della rigenerazione di un filtro particolato per un motore diesel provvisto di un impianto di iniezione a collettore comune,
15 sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni allegati.

p.i.: C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI


BERGAMO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)

BERGAMO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)


C.G.I.A.A.
Torino

SEGNARE IL MARCHIO
iscritto all'Albo n. 34381

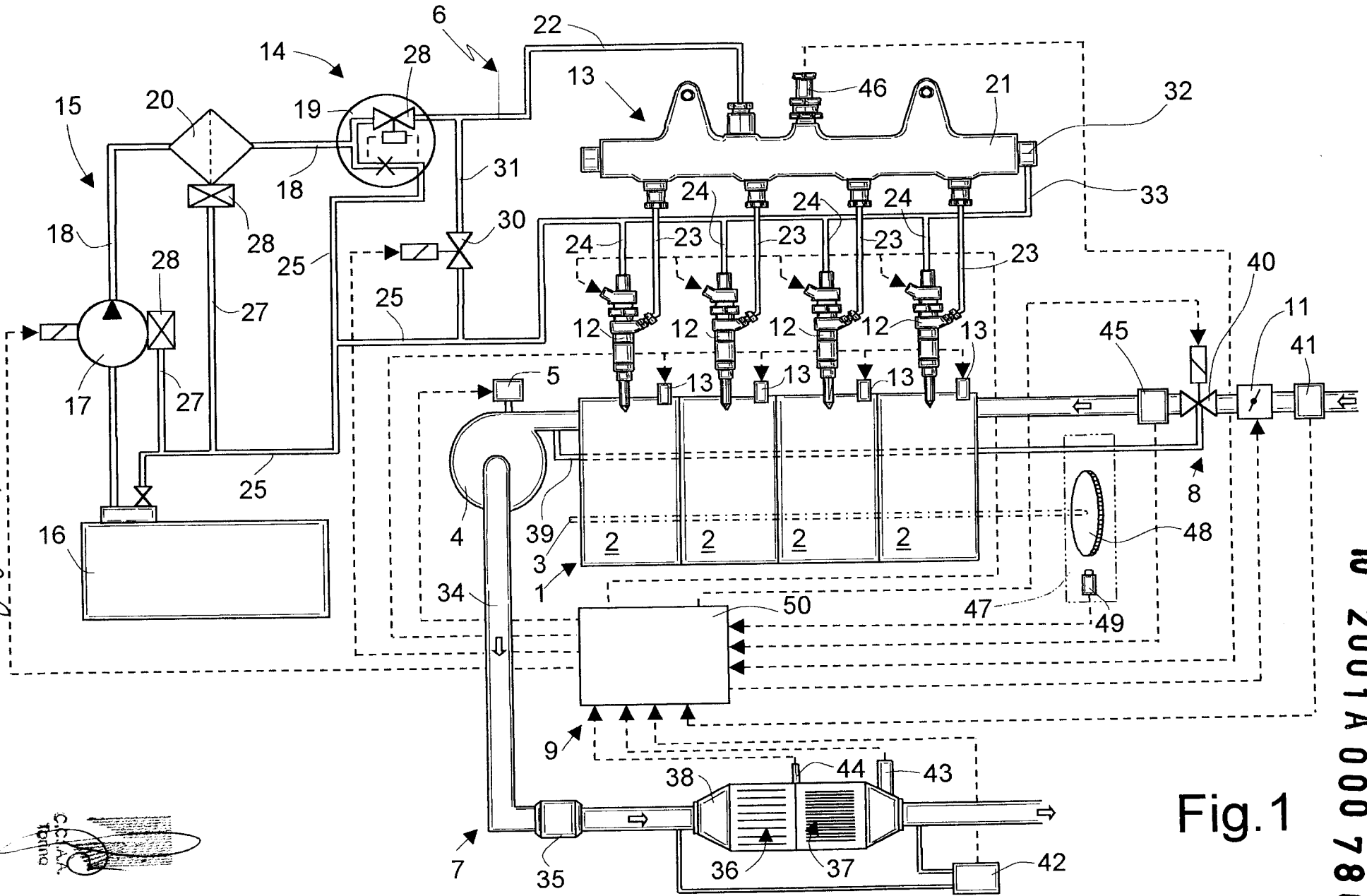
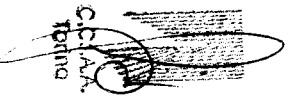


Fig. 1

TO 2001A 000 786



TO 2001A 000 786

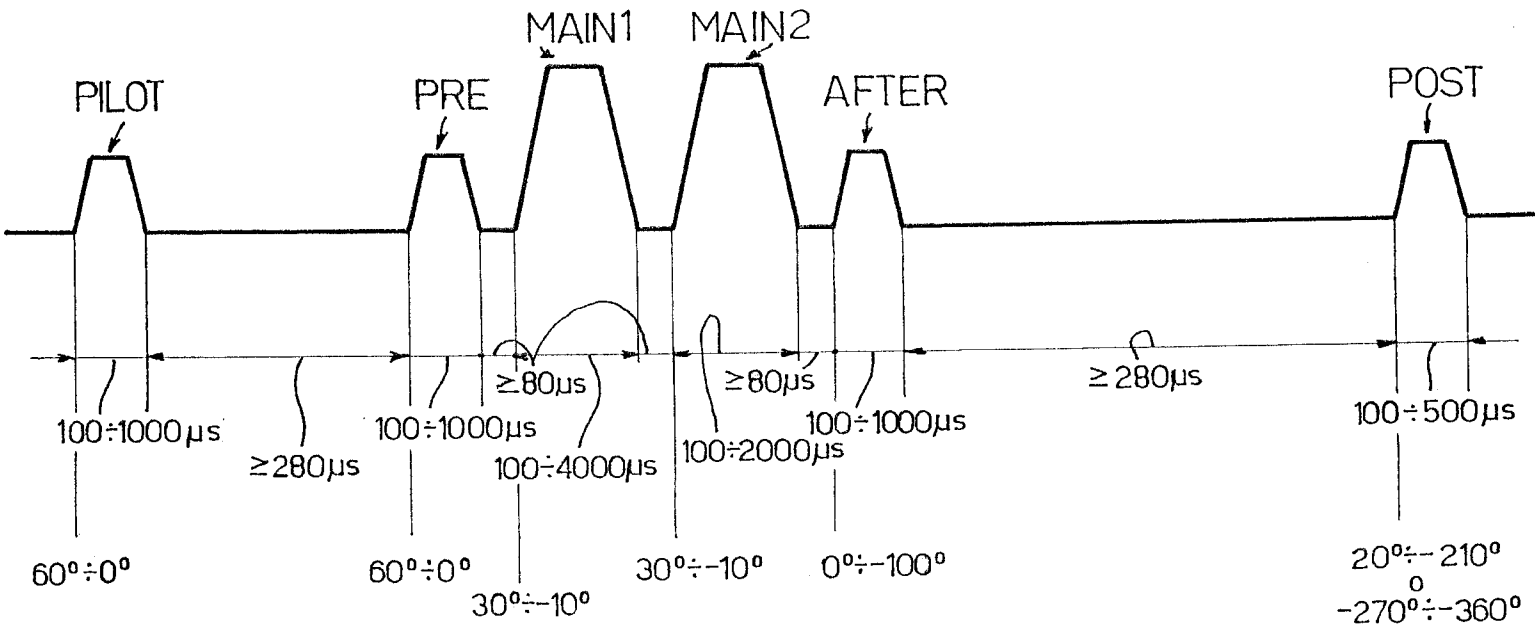


Fig.2

p.i.: C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI

BERNARDINO CIRKO
Iscritto all'Albo n. 84381
[Signature]

