



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900621769
Data Deposito	09/09/1997
Data Pubblicazione	09/03/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	P		

Titolo

METODO DO RILEVAMENTO E CONTROLLO DELLA DETONAZIONE PER UN MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA.

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,
a 10043 ORBASSANO (TORINO), STRADA TORINO, 50
Inventori: MORRA Gianluca, RE FIORENTIN Stefano,

TUBETTI Paolo, EINAUDI Gianpiero

*** ***** *T*O 97A 00008000

La presente invenzione riguarda un metodo di
rilevamento e controllo della detonazione per un motore
a combustione interna.

Come è noto, in determinate condizioni di
funzionamento dei motori a combustione interna, si
verifica il fenomeno della detonazione, ovvero di
combustione non controllata della miscela. La
detonazione, di forte intensità e presente in molti
cicli motore, è indesiderata in quanto produce una
diminuzione del rendimento del motore ed il suo
surriscaldamento pericoloso, nonché una vita limitata ed
il rischio di rotture improvvise di talune parti del
motore stesso.

Di conseguenza, sono allo studio e sono stati
proposti alcuni sistemi per il rilevamento della
detonazione, in modo da consentire l'intervento sui
parametri della combustione per ridurre la probabilità e

CERLARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)

l'incidenza della detonazione.

Tali sistemi si basano principalmente sull'osservazione diretta o indiretta del diagramma del ciclo di pressione nel cilindro in funzione della posizione del pistone all'interno del cilindro stesso. Questo diagramma ha una forma a campana, con il picco posizionato in prossimità del punto morto superiore; quando la combustione è normale il picco presenta la classica forma arrotondata, mentre quando si verifica una detonazione il picco presenta numerose frastagliature (figure 1a e 1b).

L'analisi di queste frastagliature permette di ricavare informazioni utili per il rilevamento del fenomeno della detonazione.

Sono noti metodi che utilizzano sensori posizionati all'interno della camera di combustione per rilevare in modo diretto i valori dell'ampiezza delle suddette frastagliature. Questa disposizione dei sensori permette di ottenere valori molto precisi e affidabili, tuttavia richiede tecnologie sofisticate e quindi risulta costosa e applicabile unicamente in laboratorio e su prototipi.

Altri metodi, invece, utilizzano sensori posizionati sul basamento del motore per il rilevamento delle vibrazioni presenti sul basamento stesso. Questo tipo di disposizione dei sensori è realizzabile

CARLARO Elenco
Isotipica Anno 1940/BM

tecnologicamente in maniera più semplice e a costi ridotti, tuttavia presenta lo svantaggio che i valori rilevati sono più disturbati di quelli ottenuti attraverso un rilevamento diretto, in quanto le vibrazioni misurate sul basamento sono la somma di effetti dovuti ad altri fenomeni, oltre a quelli causati dalle variazioni di pressione all'interno del cilindro filtrate dal basamento.

Nel brevetto GB-A-2 265 006 a nome Nippondenso Co Ltd, è ad esempio presentato un sistema di controllo di detonazione che sfrutta sensori di detonazione posizionati sul basamento. Tale sistema rileva la presenza della detonazione comparando l'intensità del segnale fornito dal sensore con una soglia di decisione e controlla parametri operativi del motore, quali, ad esempio, l'anticipo di iniezione, per eliminare la detonazione. In particolare, il sistema effettua una conversione logaritmica dell'intensità del segnale fornito dal sensore, ne ricava la distribuzione, calcola un valore corrispondente alla deviazione standard di tale distribuzione e compara tale valore con una soglia, calcolata in base al precedente valore calcolato e ad un valore medio della suddetta distribuzione.

La determinazione della distribuzione è ottenuta elaborando valori numerici che rappresentano le ampiezze

GERBARD Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

di componenti spettrali ottenute filtrando a banda stretta il segnale d'uscita dei sensori; infatti tale segnale è composto di numerose armoniche ed il filtraggio a banda stretta è utilizzato per estrarre unicamente l'armonica avente il maggior contenuto energetico.

E' importante notare come, in tale brevetto, la soglia di detonazione viene adattata ad ogni ciclo.

Per la gestione del funzionamento del motore, tuttavia, considerare una sola frequenza dello spettro e un solo ciclo motore alla volta risulta, in alcuni casi, limitativo.

Infatti, considerare una frequenza singola può dare origine al rischio di trascurare frequenze diverse da quella considerata ed eccitate comunque dalla detonazione, mentre adottare una gestione che si limiti unicamente ad eliminare localmente le detonazioni, ciclo per ciclo, può non essere la soluzione ottimale, in quanto per il rendimento e la funzionalità del motore risulta in alcuni casi più conveniente tollerare la presenza di un certo numero di detonazioni ogni determinato numero di cicli del motore e/o in solo alcuni cilindri. Infatti la detonazione in traccia, consentendo un alto rendimento del motore, è una condizione di utilizzo del motore favorevole e dunque da

CERRARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BM

perseguire.

Infine l'adattamento della soglia di decisione richiede numerose elaborazioni numeriche, le quali vanno a complicare ulteriormente l'implementazione del metodo.

Per superare gli inconvenienti sopra descritti, è stato proposto il metodo di rilevamento di detonazione descritto nella domanda di brevetto WO-97/21084 depositata in data 29.11.1996 a nome della stessa richiedente e pubblicata in data 12.06.1997.

Il metodo di rilevamento descritto in tale domanda di brevetto prevede di filtrare a banda larga e di raddrizzare il segnale d'uscita di un sensore accelerometrico posizionato sul basamento del motore, di integrare il segnale raddrizzato in una finestra temporale posizionata opportunamente rispetto alla combustione considerata, e di effettuare una conversione logaritmica del risultato dell'integrazione.

Ripetendo tali operazione ad ogni combustione del motore viene così definita una distribuzione di valori della quale, ad ogni combustione, viene calcolato un valore medio ed un valore numerico correlato alla deviazione standard in base ai valori ottenuti nelle combustioni precedenti. In base a quest'ultimo valore numerico e ad un valore di soglia prefissato costante al variare del numero di giri del motore, viene quindi

CERBANO Elenco
[iscrizione Albo nr 426/BM]

calcolato, ad ogni combustione del motore, il valore di un coefficiente di detonazione indicativo della "propensione" del motore 2 alla detonazione.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo di rilevamento della detonazione migliorato rispetto a quello descritto nella domanda di brevetto WO-97/21084.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un metodo di rilevamento e controllo della detonazione per un motore a combustione interna, comprendente le fasi di:

a) acquisire un segnale di vibrazione proporzionale all'intensità delle vibrazioni esistenti sul basamento del motore;

b) filtrare a larga banda detto segnale di vibrazione, generando un primo segnale intermedio;

c) raddrizzare detto primo segnale intermedio, generando un secondo segnale intermedio;

d) integrare detto secondo segnale intermedio, generando un primo valore numerico;

e) calcolare un logaritmo di detto primo valore numerico, ottenendo un secondo valore numerico;

f) calcolare un valore medio in funzione di detto secondo valore numerico;

caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

g) calcolare una differenza tra detto secondo valore

CERARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)

numerico e detto valore medio, ottenendo un terzo valore numerico;

h) confrontare detto terzo valore numerico con un valore di soglia prefissato;

m) determinare una condizione di presenza di detonazione qualora detto terzo valore numerico presenti una prima relazione prefissata con detto valore di soglia prefissato;

n) costruire un indice di detonazione indicativo del comportamento del motore rispetto alla detonazione; e

o) calcolare, a partire da detto indice di detonazione, un valore di correzione da sommare all'anticipo di accensione.

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

- le figure 1a e 1b sono due diagrammi di cicli di pressione ottenuti in assenza e, rispettivamente, in presenza di detonazione;

- la figura 2 è uno schema semplificato di un impianto di combustione che utilizza il metodo di rilevamento oggetto dell'invenzione;

- la figura 3 è un diagramma di flusso relativo ad

CERVARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/3M)

una prima forma di realizzazione del metodo di rilevamento oggetto dell'invenzione; e

- le figure 4 e 5 riportano gli andamenti di alcune grandezze relative al presente metodo di rilevamento.

In figura 2 è indicato con 1, nel suo insieme, un dispositivo di rilevamento di detonazioni accoppiato ad un motore 2 a combustione interna, del quale sono mostrati soltanto un basamento 3 e cilindri 4.

Il dispositivo di rilevamento 1 comprende un sensore accelerometrico 5, di tipo noto e quindi non descritto in dettaglio, fissato al basamento 3 del motore 2 e generante in uscita un segnale di vibrazione D correlato all'intensità delle vibrazioni presenti sul basamento 3, e una centralina di elaborazione 6 ricevente in ingresso il segnale di vibrazione D ed implementante le operazioni relative al metodo oggetto della presente invenzione e qui di seguito descritte con riferimento al diagramma di flusso di figura 3.

In particolare, le operazioni descritte con riferimento alle figura 3 vengono ripetute ad ogni combustione del motore 2 in modo da monitorare continuamente il fenomeno della detonazione nei vari cicli motore e ciascuno dei valori calcolati nella generica ripetizione i-esima verrà nel seguito contrassegnato con il pedice "i".

CERLARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

Inoltre, nella descrizione che segue si farà riferimento ad un contatore I_i il quale è associato al cilindro 4 del motore 2 nel quale avviene la combustione presa in considerazione. In particolare, a ciascun cilindro 4 è associato un rispettivo contatore I e nella descrizione che segue, al fine di identificare i vari contatori I , ciascuno di essi sarà seguito dal termine "[n]" indicativo dell' n -esimo cilindro 4 a cui tale contatore è associato.

Inoltre, i valori di tali contatori sono inizializzati, ad esempio al valore 0, all'inizio delle operazioni di rilevamento (ad esempio all'accensione del motore 2) e vengono successivamente modificati in funzione del rilevamento o meno di una detonazione nei rispettivi cilindri 4.

In dettaglio, come sarà più chiaro nel seguito della descrizione, i valori assunti da un contatore I definiscono un indice di detonazione del motore 2, il quale è rappresentativo del comportamento del motore 2 rispetto al fenomeno della detonazione.

Secondo quanto illustrato in figura 3, dopo ogni combustione del motore 2 viene generato, mediante il sensore accelerometrico 5, il segnale di vibrazione D, il quale viene acquisito dalla centralina di elaborazione 6 (blocco 10).

COPYRIGHT 1984
... di 470/844

Successivamente, il segnale di vibrazione D viene filtrato a larga banda (blocco 11), raddrizzato (blocco 12) ed integrato in una apposita finestra temporale (blocco 13).

In particolare, la finestra temporale di integrazione ha inizio nella fase di combustione del cilindro 5 in quel momento preso in considerazione immediatamente dopo il punto morto superiore e presenta una durata costante in angolo rispetto al regime del motore 2, mentre la banda di filtraggio del segnale di vibrazione D è tarata in modo sperimentale e generalmente è compresa tra 5 e 20 kHz.

Viene quindi calcolato il logaritmo x_i del risultato dell'integrazione (blocco 14) e successivamente viene determinato un corrispondente valore medio μ_i in funzione del valore x_i del logaritmo (blocco 15).

In particolare, il calcolo del valore medio μ_i viene effettuato utilizzando la seguente formula:

$$\begin{cases} \mu_i = (1 - \lambda_i) \cdot x_i + \lambda_i \cdot \mu_{i-1} & i \geq 2 \\ \mu_1 = x_1 \end{cases}$$

in cui μ_i è il valor medio calcolato alle ripetizione i -esima, μ_{i-1} è il valor medio calcolato nella ripetizione precedente $i-1$, x_i è il valore del logaritmo calcolato

CERDARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

alla ripetizione i -esima, e λ_1 è un parametro predefinito.

Analizzando la precedente formula si può notare come nella prima ripetizione il valore medio μ_1 calcolato coincide con il valore x_1 del logaritmo calcolato, mentre dalla seconda ripetizione in poi il valore medio μ_i viene aggiornato in base sia al valore x_i del logaritmo calcolato alla ripetizione i -esima sia al valore medio μ_{i-1} calcolato nella ripetizione $i-1$, ciascuno pesati secondo il parametro λ_1 .

Inoltre, caratteristica peculiare dell'algoritmo sopra descritto per l'aggiornamento del valor medio μ_i , è che tale algoritmo definisce un filtro avente una costante di tempo molto piccola e tale che consente al valor medio calcolato di seguire in modo molto rapido le variazioni dei valori x_i ottenuti dopo la conversione logaritmica del risultato dell'integrazione. Tale caratteristica risulta estremamente favorevole nei transitori dove garantisce una eccellente capacità di seguire la dinamica del segnale di vibrazione D.

Successivamente al calcolo del valor medio μ_i , viene calcolato il valore δ_i della differenza tra il valore x_i ed il valor medio μ_i (blocco 16).

Il valore δ_i viene quindi confrontato con un valore di soglia δ_0 prefissato (blocco 17) per verificare se vi

LIBRARY Elena
Iscrizione Albo nr 426/BAM

è assenza o presenza di una detonazione e modificare, in base a tale verifica, il valore del contatore $I_i[n]$ associato al cilindro considerato.

Secondo la presente invenzione, il valore di soglia δ_0 è costante in tutte le ripetizioni delle operazioni di rilevamento, è costante al variare del numero di giri del motore 2 ed è correlato al valore σ della deviazione standard della distribuzione dei valori x_i in assenza di detonazioni.

In particolare, il valore σ della deviazione standard della distribuzione dei valori x_i in assenza di detonazioni è convenientemente calcolato in laboratorio mediante prove su un motore il cui anticipo di iniezione è posto ad un valore tale per cui il motore stesso è esente dal fenomeno della detonazione. Noto quindi il valore σ della deviazione standard viene quindi calcolato il corrispondente valore di soglia δ_0 , il quale è poi convenientemente memorizzato nella centralina di elaborazione 6. Prove sperimentali hanno dimostrato che un valore di soglia δ_0 ottimale per un rilevamento affidabile del fenomeno della detonazione è pari a circa 3-4 volte il valore della deviazione standard σ .

Nel blocco 17 viene verificato se il valore δ_i è maggiore o uguale del valore di soglia δ_0 prefissato. Se

ALFA ROMEO ELAND
Rivestimento Albo nr 426/BM

δ_i è maggiore o uguale di soglia δ_0 (uscita SÌ dal blocco 17) allora viene verificata presenza di detonazione nel cilindro 4 considerato (blocco 18) e viene modificato il valore del contatore $I_i[n]$ associato a tale cilindro secondo la seguente relazione (blocco 19):

$$I_i[n] = I_{i-1}[n] - M \cdot (\delta_i - \delta_0)$$

in cui M è un coefficiente di proporzionalità funzione in generale del numero di giri del motore 2 e del cilindro n -esimo in quel momento considerato. In altre parole, il coefficiente di proporzionalità M tiene conto, nella sua dipendenza dal cilindro 4 considerato, della funzione di trasferimento del basamento 3 nella combustione considerata.

In particolare, alla ripetizione i -esima, il valore assunto dall' n -esimo contatore $I_i[n]$ viene calcolato decrementando il valore assunto dall' n -esimo contatore $I_i[n]$ stesso alla ripetizione $i-1$ di una quantità proporzionale alla differenza tra il valore δ_i ed il valore di soglia δ_0 .

Se invece δ_i è minore del valore di soglia δ_0 (uscita NO dal blocco 17) allora viene verificata assenza di detonazione nel cilindro 4 considerato (blocco 20) e viene modificato il valore del contatore $I_i[n]$ associato a tale cilindro secondo la seguente

GERBARD Eling
Licitazione Albo n° 426/BM

relazione (blocco 21):

$$I_i[n] = I_{i-1}[n] + 1$$

ossia alla ripetizione i -esima, il valore assunto dal n -esimo contatore $I_i[n]$ viene calcolato incrementando di una unità il valore assunto dal n -esimo contatore $I_i[n]$ stesso alla ripetizione $i-1$.

Come precedentemente detto, il valore corrente di un contatore $I_i[n]$ definisce un indice di detonazione del motore 2 rappresentativo del comportamento del motore 2 rispetto al fenomeno della detonazione, ossia rappresentativo della propensione del motore 2 a detonare. Infatti, incrementando il valore di tale contatore in caso di rilevamento di assenza di detonazione nel cilindro ad esso associato e decrementandone il valore in caso di rilevamento di presenza di detonazione, risulta evidente come valori positivi e grandi di tale contatore sono indicativi della propensione del motore 2 a non detonare o ad avere detonazioni in cicli motore tra loro temporalmente molto distanti, mentre valori negativi e di valore assoluto grande di tale contatore sono indicativi della propensione del motore 2 a detonare.

Modificato il valore del contatore $I_i[n]$ a seconda che sia stata verificata presenza o assenza di una

CERVARO Elena
(iscrittione Albo nr 426/BW)

detonazione nel cilindro considerato (blocchi 19 o 21), il valore corrente $I_i[n]$ del contatore stesso viene infine utilizzato per determinare un valore di correzione anticipo iniezione $CA_i[n]$ relativo al n -esimo cilindro 4 considerato e definente la correzione ottimale che occorre effettuare sull'anticipo dell'iniezione in tale cilindro per gestire nel modo desiderato il fenomeno della detonazione in tale cilindro (blocco 22).

Il valore di correzione anticipo iniezione $CA_i[n]$ è determinato mediante la seguente formula:

$$CA_i[n] = K_p \cdot I_i[n]$$

in cui $I_i[n]$ è il valore corrente assunto dall' n -esimo contatore alla ripetizione i -esima e K_p è un fattore che definisce la legge di correzione dell'anticipo che si desidera implementare.

In particolare, K_p può essere costante al variare del numero di giri del motore 2 o una funzione del numero di giri del motore 2 stesso.

A puro titolo di esempio, nella figura 4 è riportato l'andamento, in cicli motore successivi, del valore $I_i[n]$ assunto da un contatore associato ad un cilindro 4 del motore 2, mentre nella figura 5 è riportato l'andamento del valore di correzione anticipo

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMJ

$CA_i[n]$ per tale cilindro calcolato con la formula sopra riportata in funzione del valore $I_i[n]$ del suddetto contatore. In particolare, nella figura 5 la variazione del valore di correzione anticipo $CA_i[n]$ non avviene in modo continuo ma per valori discreti pari a 0.5° .

I vantaggi del metodo oggetto del presente invenzione sono i seguenti.

Innanzitutto, il presente metodo opera, per la discriminazione della condizione di presenza o assenza di detonazione, sulla base della differenza tra il valore x_i del logaritmo ed il valor medio μ_i , senza dover calcolare, come invece avviene nel metodo descritto nella domanda di brevetto WO-97/21084, un valore numerico correlato alla deviazione standard della distribuzione dei valori x_i . Ciò comporta ovviamente una notevole semplificazione delle elaborazioni necessarie per determinare il comportamento del motore rispetto al fenomeno della detonazione e per avere una buona gestione del funzionamento del motore 2, con conseguente riduzione dei requisiti in termini di componenti richiesti.

Inoltre, il presente metodo modella il fenomeno della detonazione attraverso la definizione di un valore di soglia δ_0 valido in tutte le situazioni di funzionamento e tipologia del motore 2 e ciò consente di semplificare ulteriormente le elaborazioni necessarie ed

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/8M)

i requisiti in termini di componenti richiesti.

Secondo tale metodo, inoltre, la determinazione del valore di correzione anticipo $CA_i[n]$ viene effettuata attraverso una legge di correzione che consente di "dosare" nel modo desiderato il numero di detonazioni presenti a qualsiasi regime del motore 2 e di fornire una correzione di anticipo direttamente proporzionale all'entità della detonazione verificatasi.

Inoltre, il presente metodo opera prendendo in considerazione un segnale filtrato a larga banda, in modo da utilizzare il maggior numero di informazioni possibili, anche se ciò ovviamente comporta il rilevamento degli effetti di altri fenomeni non legati alla detonazione.

Infine, il presente metodo utilizza un algoritmo di aggiornamento del valor medio μ_i che consente al valor medio calcolato di seguire in modo molto rapido le variazioni dei valori x_i ottenuti dopo la conversione logaritmica del risultato dell'integrazione.

Risulta infine chiaro che al metodo qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.

CERDARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

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

1. Metodo di rilevamento e controllo della detonazione per un motore (2) a combustione interna, comprendente le fasi di:

- a) acquisire (10) un segnale di vibrazione (D) proporzionale all'intensità delle vibrazioni esistenti sul basamento del motore;
- b) filtrare (11) a larga banda detto segnale di vibrazione (D), generando un primo segnale intermedio;
- c) raddrizzare (12) detto primo segnale intermedio, generando un secondo segnale intermedio;
- d) integrare (13) detto secondo segnale intermedio, generando un primo valore numerico;
- e) calcolare (14) un logaritmo di detto primo valore numerico, ottenendo un secondo valore numerico (x_1);
- f) calcolare (15) un valore medio (μ_1) in funzione di detto secondo valore numerico (x_1);
caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:
- g) calcolare (16) una differenza tra detto secondo valore numerico (x_1) e detto valore medio (μ_1), ottenendo un terzo valore numerico (δ_1);
- h) confrontare (17) detto terzo valore numerico (δ_1) con un valore di soglia prefissato (δ_0);
- m) determinare (18) una condizione di presenza di

CERBARO Elena
licenzia Atto nr 426/8MJ

detonazione qualora detto terzo valore numerico (δ_i) presenti una prima relazione prefissata con detto valore di soglia prefissato (δ_0)

n) costruire un indice di detonazione indicativo del comportamento del motore rispetto alla detonazione;
e

o) calcolare, a partire da detto indice di detonazione, un valore di correzione da sommare all'anticipo di accensione.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase i) comprende la fase di determinare (18) detta condizione di presenza di detonazione qualora detto terzo valore numerico (δ_i) sia maggiore o uguale di detto valore di soglia prefissato (δ_0).

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre la fase di:

n) determinare (20) una condizione di assenza di detonazione qualora detto terzo valore numerico (δ_i) non presenti detta prima relazione prefissata con detto valore di soglia prefissato (δ_0).

4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre le fasi di:

CERRARO Elena
licenziazione Albo nr 426/BM

q) calcolare (19, 21) un indice di detonazione ($I_i[n]$) indicativo del comportamento di detto motore (2) rispetto alla detonazione; e

r) calcolare (22) un valore di correzione anticipo iniezione ($CA_i[n]$) in funzione di detto indice di detonazione ($I_i[n]$).

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta fase r) comprende la fase di calcolare (22) detto valore di correzione anticipo iniezione ($CA_i[n]$) mediante la seguente formula:

$$CA_i[n] = K_p \cdot I_i[n]$$

in cui $CA_i[n]$ è detto valore di correzione anticipo iniezione, $I_i[n]$ è detto indice di detonazione e K_p definisce una legge di correzione per l'anticipo dell'iniezione.

6. Metodo secondo la rivendicazione 4 o 5, caratterizzato dal fatto che detta fase q) comprende la fase di:

s) calcolare (19) detto indice di detonazione ($I_i[n]$) in funzione di detto terzo valore numerico (δ_i) e di detto valore di soglia prefissato (δ_0) qualora detto terzo valore numerico (δ_i) presenti detta prima relazione prefissata con detto valore di soglia prefissato (δ_0).

7. Metodo secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto di ripetere dette fasi da a) a r), generando una pluralità (i) di detti secondi valori numerici (x_i), di detti valori medi (μ_i), di detti terzi valori numerici (δ_i), di detti indici di detonazione ($I_i[n]$) e di detti valori di correzione anticipo iniezione ($CA_i[n]$).

8. Metodo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti indici di detonazione ($I_i[n]$) viene calcolato (19) mediante la seguente formula qualora detto terzo valore numerico (δ_i) presenti detta prima relazione prefissata con detto valore di soglia prefissato (δ_0):

$$I_i[n] = I_{i-1}[n] - M \cdot (\delta_i - \delta_0)$$

in cui $I_i[n]$ è l'indice di detonazione calcolato alla ripetizione i-esima, $I_{i-1}[n]$ è l'indice di detonazione calcolato alla ripetizione precedente i-1, δ_i è il terzo valore numerico calcolato alla ripetizione i-esima, δ_0 è detto valore di soglia prefissato e M è un coefficiente di proporzionalità.

9. Metodo secondo la rivendicazione 7 o 8, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti indici di detonazione ($I_i[n]$) viene calcolato (21) mediante la seguente formula qualora detto terzo valore numerico (δ_i) non presenti detta prima relazione prefissata con detto

valore di soglia prefissato (δ_0):

$$I_i[n] = I_{i-1}[n] + 1$$

in cui $I_i[n]$ è l'indice di detonazione calcolato alla ripetizione i -esima e $I_{i-1}[n]$ è l'indice di detonazione calcolato alla ripetizione precedente $i-1$.

10. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 9, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti valori medi (μ_i) viene calcolato (15) utilizzando la seguente formula:

$$\begin{cases} \mu_i = (1 - \lambda_i) \cdot x_i + \lambda_i \cdot \mu_{i-1} & i \geq 2 \\ \mu_1 = x_1 \end{cases}$$

in cui μ_i è il valor medio calcolato alla ripetizione i -esima, μ_{i-1} è il valor medio calcolato alla ripetizione precedente $i-1$, x_i è il secondo valore numerico calcolato alla ripetizione i -esima, e λ_i è un parametro prefissato.

11. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase b) comprende la fase di filtrare detto segnale di vibrazione (D) tra 5 e 25 kHz.

12. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase d) comprende la fase di integrare detto secondo segnale intermedio in una prefissata finestra

LIBRARY Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

temporale durante la fase di combustione.

13. Metodo secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che detta finestra temporale di integrazione ha inizio, durante detta fase di combustione, immediatamente dopo il punto morto superiore e presenta una durata angolare costante rispetto al regime di detto motore (2).

14. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto valore di soglia (δ_0) utilizzato nella fase h) è prefissato e costante al variare del numero di giri al minuto di detto motore (2).

15. Metodo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che detto valore di soglia (δ_0) utilizzato nella fase h) è correlato al valore della deviazione standard della distribuzione di secondi valori numerico (x_1) ottenuti in condizione di assenza di detonazione.

16. Metodo di rilevamento e controllo della detonazione per un motore a combustione interna, come descritto con riferimento ai disegni allegati.

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

CERBARO Elena
(iscrittura Albo n° 426/BMI)

CERBARO Elena
(iscrittura Albo n° 426/BMI)



TO 97A 000800

Caso T101

Fig. 1a

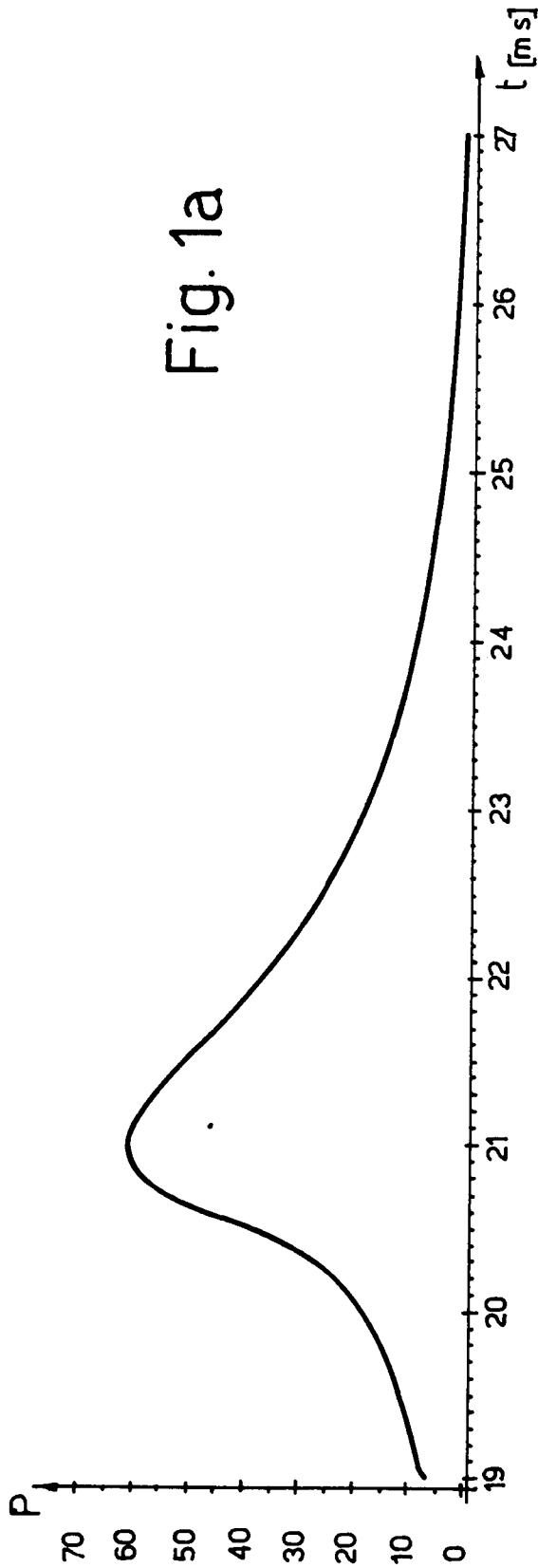
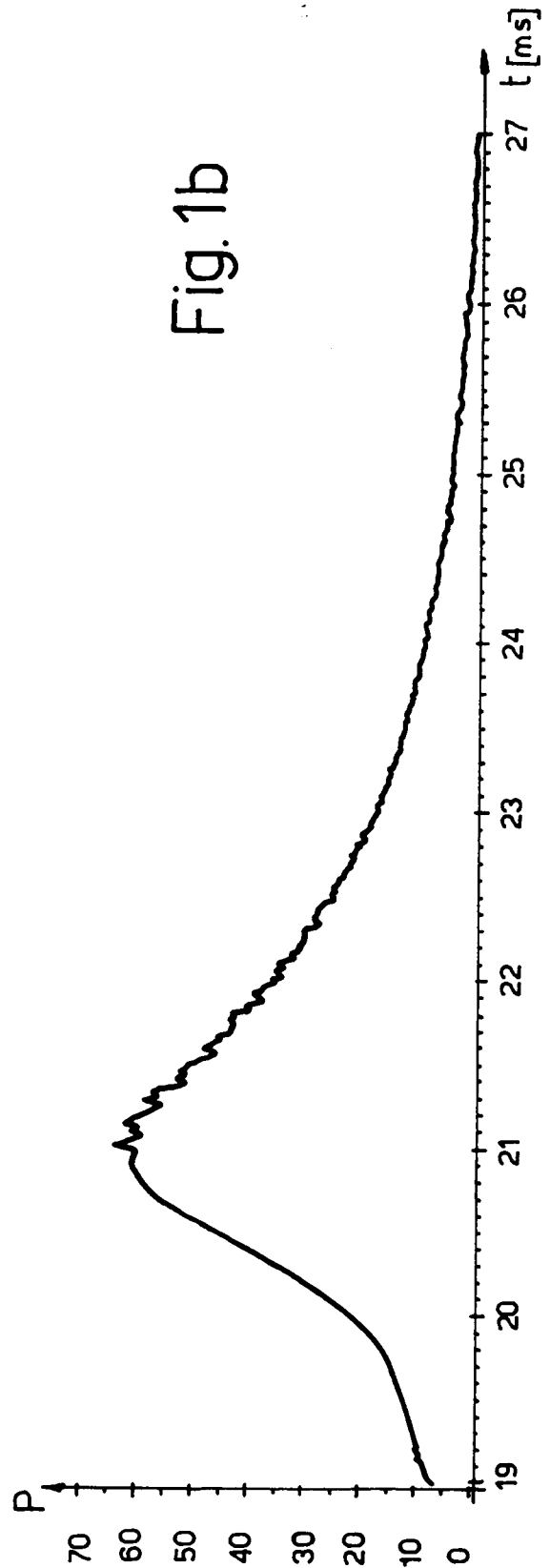


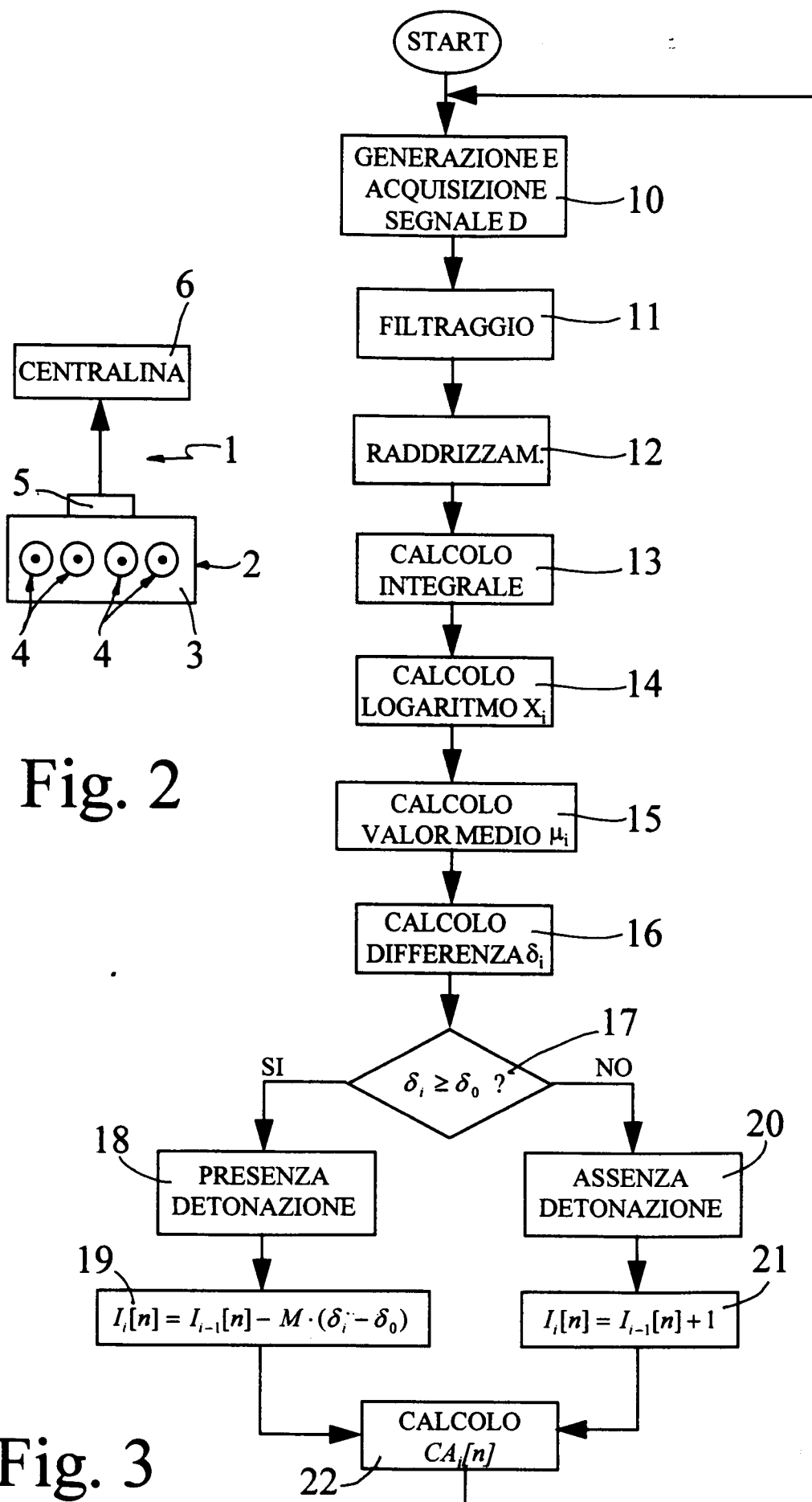
Fig. 1b



p.i.: C.R.F. SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI

CERBARI Elong
 Misurazione Aibo nr 420/BM

Stampa circolare con firma "lp" e data "21/10/97".



TO 97A 000000

Caso T101

Fig.4

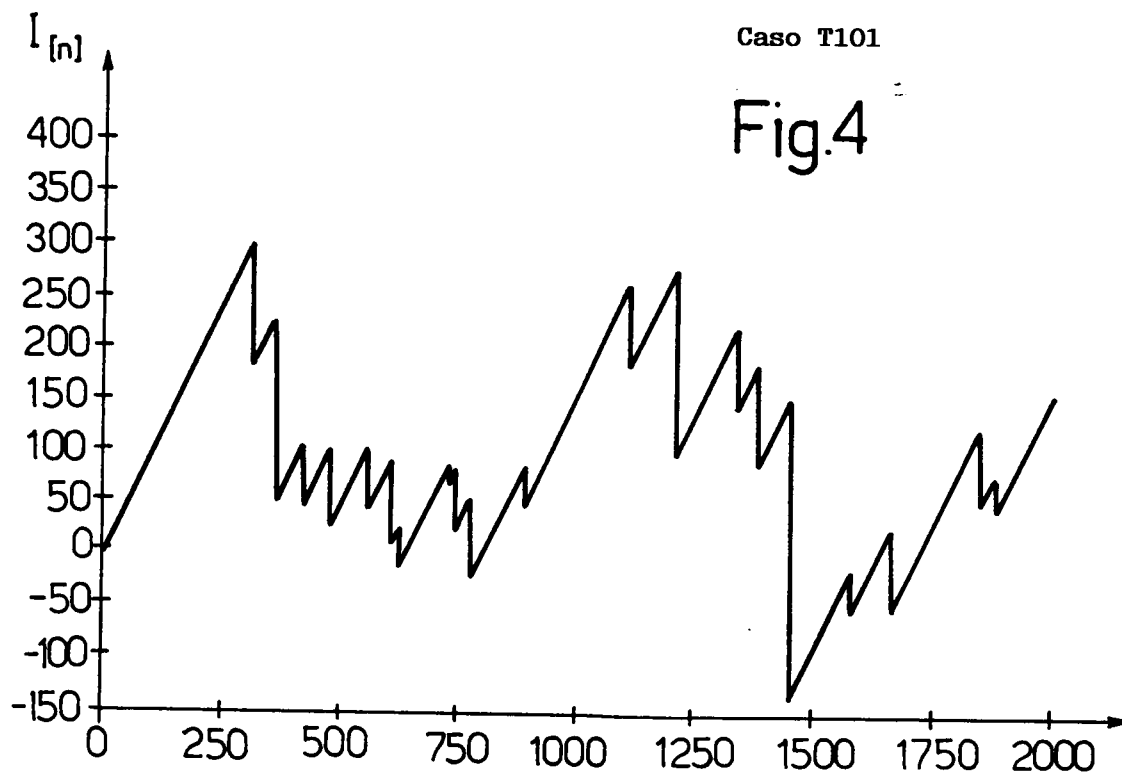
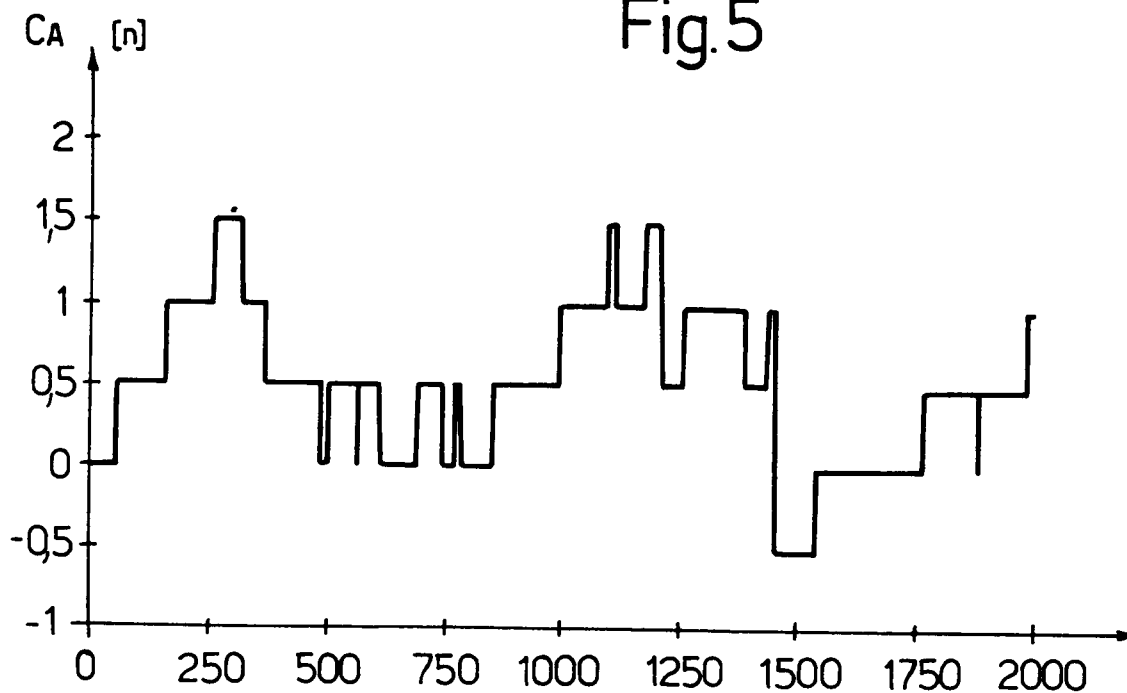


Fig.5



p.i.: C.R.F. SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI

ERBARO Elena
Circolazione Albo nr 426/BMI