



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

UTBM

DOMANDA NUMERO	101996900532380
Data Deposito	17/07/1996
Data Pubblicazione	17/01/1998

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	M		

Titolo

PROCEDIMENTO DI TARATURA PER UN SISTEMA DI INIEZIONE PROVVISIO DI INIETTORI.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Procedimento di taratura per un sistema di iniezione
provvisto di iniettori"

di: C.R.F. Società Consortile per Azioni, naziona-
lità italiana, Strada Torino, 50 - Orbassano (Tori-
no)

Inventori designati: Luigi DI LEO, Mario PALAZZETTI,
Cesare PONTI

TO 96A000620

Depositata il: 17 luglio 1996

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce in generale ad un procedimento di taratura per un sistema di iniezione di carburante, provvisto di una pluralità di iniettori, di un motore a combustione interna, attuato mediante una centralina elettronica dedicata alla gestione del motore stesso. Più specificamente la presente invenzione si riferisce ad un procedimen- to di taratura di iniettori atto a consentire di eli- minare gli inconvenienti dovuti alle tolleranze di produzione degli iniettori stessi.

La presente invenzione è stata sviluppata in particolare per iniettori di motori a benzina, tut- tavia il suo impiego può eventualmente essere esteso anche ad altri tipi di motori, ad esempio diesel.

E' noto come ormai praticamente tutti i motori a combustione interna a benzina per autoveicoli siano provvisti di un sistema di iniezione elettronica e di un dispositivo catalizzatore per l'abbattimento delle sostanze inquinanti presenti nei gas di scarico allo scopo di rispettare le normative di legge vigenti sulle emissioni di gas di scarico e nel contempo garantire prestazioni ottimali. I motori di tale tipo sono quindi dotati di un sistema di iniezione che comprende uno o più iniettori atti a consentire l'immissione di carburante nei condotti di aspirazione del motore stesso.

Allo scopo di raggiungere gli obiettivi desiderati, per quel che riguarda le emissioni di gas di scarico e le prestazioni del motore, è di primaria importanza poter effettuare un preciso controllo della quantità di carburante iniettata in ogni cilindro del motore. A causa di ciò sono sempre più diffusi i sistemi di iniezione cosiddetti del tipo multi-point ad iniezione sequenziale fasata. Si tratta in pratica di sistemi di iniezione comprendenti un iniettore per ogni cilindro del motore in cui la centralina elettronica controlla individualmente ognuno degli iniettori.

Si verifica tuttavia un inconveniente tecnico

dovuto alle caratteristiche degli iniettori attualmente disponibili sul mercato. E' infatti noto che gli iniettori prodotti hanno una notevole tolleranza sulla portata. Per portata si intende la quantità di carburante che passa attraverso l'iniettore nell'unità di tempo ad una pressione data del carburante.

Poiché gli iniettori di un motore a combustione interna sono tutti alimentati con carburante alla stessa pressione (che è anche sostanzialmente costante) ne consegue che la quantità di carburante iniettata da ogni iniettore nell'unità di tempo dipende dalla portata caratteristica del singolo iniettore.

Tale portata caratteristica di ogni singolo iniettore può subire delle variazioni di più o meno il 20% rispetto alla portata nominale prevista nelle specifiche di progetto di un dato tipo di iniettore a causa del processo produttivo degli iniettori stessi.

Si ha quindi che, benché la centralina elettronica controlli con esattezza il tempo di apertura di ogni singolo iniettore, la quantità di carburante iniettata da ogni singolo iniettore non sia controllabile con precisione a causa delle differenze di portata caratteristica riscontrabili tra gli iniettori installati in uno stesso sistema di iniezione.

Ciò ha reso necessario l'introduzione di procedure di controllo e di collaudo in modo da produrre iniettori aventi minore tolleranza sulla portata. In tal modo si è giunti a produrre iniettori aventi una tolleranza del più o meno 4% sulla portata, a prezzo tuttavia di un elevato aumento dei costi di produzione.

Anche una tolleranza del più o meno 4% risulta tuttavia piuttosto elevata per l'impiego nei moderni sistemi di iniezione elettronica.

La tendenza verso un crescente inasprimento della normativa sulle emissioni di gas di scarico e la previsione di una richiesta di integrità del sistema di abbattimento delle stesse fino a 100.000 miglia (circa 160.000 Km), fanno emergere la necessità di individuare le tecniche più idonee per raggiungere questi obiettivi.

Con questa finalità, ad esempio, la normativa americana CARB (California Air Resources Board) - OBD II (On Board Diagnostics), di prossima applicazione anche sul territorio europeo, richiede, tra l'altro, il rilievo delle mancate combustioni su veicolo nel suo uso corrente.

L'identificazione di tale anomalia dovrà essere segnalata con l'attivazione di una spia luminosa sul

cruscotto del veicolo, la quale, una volta attivata, non potrà essere spenta, se non con l'intervento di un centro di assistenza tecnica autorizzato alla manutenzione del veicolo. Questo accorgimento consente di proteggere il catalizzatore, o marmitta catalitica, che verrebbe rapidamente deteriorato dalla formazione di fronti caldi, dovuti a mancate combustioni, in grado di distruggerne la parte attiva.

L'applicazione della normativa OBD II, in questa forma, potrebbe provocare una sgradevole componente ansiogena all'utente, il quale sarebbe costretto a ricorrere al centro di assistenza tecnica ad ogni intervento della spia di allarme.

E' quindi necessario integrare tale funzione con sistemi di controllo che siano, non solo in grado di proteggere il catalizzatore, ma anche di mantenere il motore in condizioni tali da ridurre od eliminare la generazione di mancate combustioni.

Ad esempio, operando una taratura, o ricentraggio, degli iniettori secondo la presente invenzione, al fine di eliminare gli effetti delle differenti portate degli stessi, si fa in modo che in tutti i cilindri del motore la combustione avvenga in modo ottimale, con l'esatto rapporto aria/carburante determinato dalla centralina elettronica senza gli er-

rori dovuti alla tolleranza delle portate. Inoltre, così facendo i vari cilindri hanno una buona uniformità nella composizione dei gas di scarico. In tal modo si permette al sistema di abbattimento delle emissioni di operare in modo ottimale, e soprattutto si consente il funzionamento del motore in condizioni di massima sicurezza rispetto all'eventuale insorgere di mancate combustioni.

Lo scopo della presente invenzione è quello di realizzare un procedimento di taratura che permetta di risolvere in modo soddisfacente tutti i problemi sopra indicati.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto grazie ad un procedimento di taratura avente le caratteristiche indicate nelle rivendicazioni che seguono la presente descrizione.

Ulteriori vantaggi e caratteristiche della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente dettagliata descrizione, effettuata con l'ausilio degli annessi disegni, forniti a titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una rappresentazione schematica a blocchi di un sistema di iniezione configurato per l'attuazione del procedimento secondo la presente invenzione,

- la figura 2 comprende tre diagrammi cartesiani illustranti la taratura dell'offset di zero degli iniettori effettuata mediante il procedimento secondo l'invenzione,

- la figura 3 è un diagramma cartesiano illustrante la taratura dell'offset di zero degli iniettori effettuata mediante il procedimento secondo l'invenzione,

- le figure 4 a 9 rappresentano un diagramma di flusso illustrante una possibile forma di attuazione della taratura del guadagno di portata effettuata mediante il procedimento secondo l'invenzione,

- le figure 10 a 15 rappresentano un diagramma di flusso illustrante la taratura dell'offset di zero effettuata mediante il procedimento secondo l'invenzione,

- le figure 16 a 18 rappresentano un diagramma di flusso illustrante la taratura delle finestre angolari effettuata mediante il procedimento secondo l'invenzione.

La presente invenzione si basa fundamentalmente sull'impiego di una metodologia di rilievo di mancate combustioni realizzata mediante una misura dinamica di coppia che, oltre a questa funzione (validata dalla richiedente sia su modello teorico che mediante

sperimentazione su diversi fondi stradali) consente di realizzare la taratura, o ricentraggio, degli iniettori sia a bassi tempi di introduzione (offset di zero) sia ad alti tempi di introduzione (guadagno di portata).

Per bassi tempi di introduzione si intende che il tempo di apertura degli iniettori è breve, ad esempio perché il motore sta funzionando al regime di minimo. Per alti tempi di introduzione si intende invece che il tempo in cui gli iniettori sono aperti è lungo, il che vuol dire che la quantità di carburante introdotta nei cilindri è elevata poiché al motore è richiesta l'erogazione di una potenza elevata, ad esempio in una fase di accelerazione.

Sono note nella tecnica alcune metodologie impiegate per la rilevazione e la misura degli impulsi di coppia impartiti dalle combustioni che si verificano nel motore. Ad esempio nella domanda di brevetto italiana n. TO93A000581, depositata il 4 agosto 1993 a nome della stessa Richiedente, è descritto un procedimento per la misura dinamica della coppia su di un albero di un motore a combustione interna.

Un tecnico del settore può facilmente realizzare una centralina elettronica di controllo attuante il procedimento secondo la presente invenzione mediante

una di tali metodologie per la rilevazione e la misura degli impulsi di coppia nel motore.

Secondo tale metodologia, mediante la misura degli impulsi di coppia trasmessi all'albero motore da ognuno dei cilindri del motore stesso è possibile determinare, per via indiretta, la quantità di carburante iniettata in ognuno dei cilindri. Poiché il tempo di apertura di ogni iniettore è noto, la quantità di carburante iniettata in ogni cilindro è proporzionale alla portata caratteristica dell'iniettore associato a tale cilindro. Il procedimento secondo la presente invenzione prevede quindi la rilevazione di tali misure, ottenute mediante la suddetta metodologia dinamica della coppia, relative alle portate caratteristiche degli iniettori installati nel motore a combustione interna.

Tali informazioni vengono quindi successivamente utilizzate per tarare il sistema di iniezione, o più precisamente la centralina elettronica adibita al controllo del sistema di iniezione, in funzione delle portate caratteristiche di ognuno degli iniettori del sistema stesso. In pratica, dopo l'esecuzione del procedimento secondo la presente invenzione, la centralina elettronica non aziona più tutti gli iniettori del motore con uno stesso tempo di apertura, per

iniettare una data quantità di carburante, ma aziona ogni singolo iniettore con un differente tempo di apertura in modo tale per cui, in tutte le condizioni di funzionamento, ogni iniettore introduca la stessa quantità (o comunque la quantità esatta calcolata dalla centralina) di carburante nel cilindro a cui è associato. In tal modo il funzionamento del motore a combustione interna risulta molto più regolare in quanto vi è una simmetrizzazione della combustione nei vari cilindri.

La taratura degli iniettori e quindi la simmetrizzazione della combustione viene eseguita, a veicolo fermo con il cambio motore in folle, su richiesta di un operatore mediante un elaboratore elettronico (ad esempio un personal computer) connesso tramite linea seriale ad una presa diagnostica di una centralina elettronica di controllo del motore. In queste condizioni la centralina esegue un ciclo di misure al termine del quale dispone degli elementi per tarare i tempi di apertura degli iniettori in modo da minimizzare le dissimmetrie di combustione, sia al minimo che in potenza.

Queste informazioni consentono di ritardare o ricomparare il sistema di iniezione cilindro per cilindro, fornendo inoltre un notevole contributo alla dia-

gnostica del motore sia in officina che "a bordo".

Tale procedimento può essere messo in atto in fabbrica, con possibilità di montare iniettori non tarati o con tolleranze elevate con una sensibile riduzione dei costi di produzione degli stessi, o da un centro di assistenza tecnica (ad esempio durante i tagliandi periodici), e può poi essere integrato da un'analogha operazione realizzata nell'impiego corrente del veicolo da parte dell'utente.

Questo procedimento è inoltre estendibile alla messa a punto di motori caratterizzati da un regime minimo ridotto a 600-650 Rpm, nell'ottica di una riduzione dei consumi, integrata da un corrispondente ridimensionamento di parte della componentistica ed all'ottimizzazione dell'efficienza organica.

Il procedimento proposto può inoltre operare anche in assenza del segnale di fase, essendo in grado di sincronizzare al cilindro voluto la temporizzazione di ingresso del segnale di giri e sincronismo (PMS), mediante generazione di una mancata iniezione ad ogni avviamento del motore. Una metodologia di sincronizzazione, in assenza di segnale di fase, è descritta ad esempio nella domanda di brevetto italiana n. TO95A000467 depositata il 5 giugno 1995 nome della stessa Richiedente.

Verrà ora descritto in maggior dettaglio il procedimento di taratura degli iniettori in una forma di attuazione al momento considerata preferenziale.

Per una migliore comprensione del procedimento secondo la presente invenzione, in figura 1 è illustrato un sistema di iniezione configurato in modo da consentire l'attuazione del procedimento stesso.

Naturalmente il sistema di iniezione, come ampiamente noto nella tecnica, è associato o è parte integrante di un motore a combustione interna M. Il procedimento, come risulta evidente da quanto precede, trova impiego nei motori a combustione interna dotati di un sistema di iniezione comprendente più iniettori i quali vengono controllati individualmente. Tali sistemi, oggigiorno sempre più diffusi, sono noti come sistemi del tipo multi-point ad iniezione sequenziale fasata.

Tipicamente tali sistemi comprendono un iniettore per ogni cilindro del motore M. Nel caso più comune di un motore M a quattro cilindri comprendono quindi quattro iniettori, indicati collettivamente con I, come rappresentato in figura. Tali iniettori I sono controllati, come si è detto, da una centralina ECU adibita al controllo del sistema di iniezione del carburante del motore M.

Tipicamente la centralina di controllo ECU è una centralina elettronica adibita alla gestione complessiva del motore M, per cui oltre al sistema di iniezione controlla anche l'accensione ed eventualmente altre funzioni del motore M stesso. La centralina ECU è quindi collegata, mediante linee elettriche, ad attuatori, quali gli iniettori I, posti sul motore M, ed è inoltre collegata a sensori, anch'essi posti sul motore M ed atti a rilevarne grandezze di funzionamento, in modo da potere svolgere le proprie funzioni di controllo.

Uno di tali sensori, come si è detto, è un sensore di ruota fonica RF, tipicamente costituito da un rilevatore (o pick-up) elettromagnetico associato ad una puleggia dentata, o comunque presentante degli intagli, calettata sull'albero motore del motore M. Tale sensore di ruota fonica RF permette di rilevare una serie di informazioni utili alla gestione del motore M quali ad esempio la velocità, o numero di giri RPM, ed un segnale di sincronizzazione o di punto morto superiore (PMS).

Tale sensore di ruota fonica RF permette inoltre, come detto in precedenza, di rilevare e misurare gli impulsi di coppia impartiti all'albero motore da ogni scoppio che si verifica nei cilindri del motore

M mediante la metodologia di misura dinamica della coppia citata in precedenza.

La centralina di controllo ECU è inoltre provvista di una presa diagnostica PD atta a consentire il collegamento a dispositivi di elaborazione esterni aventi funzione ad esempio di diagnosi, rilevazione o controllo. Tale presa diagnostica PD, consistente dal punto di vista fisico essenzialmente in un connettore, è tipicamente presente in tutte le centraline elettroniche moderne. Nel corso dell'esecuzione del procedimento secondo l'invenzione è quindi possibile collegare un elaboratore esterno, ad esempio un personal computer PC, tramite una linea di comunicazione seriale LS alla presa diagnostica PD della centralina ECU.

Si nota quindi come il sistema di iniezione illustrato in figura 1 sia sostanzialmente, dal punto di vista dei componenti fisici, pressoché identico ad un sistema di iniezione di tipo convenzionale realizzato secondo la tecnica nota. Le differenze rispetto ai sistemi di iniezione secondo la tecnica nota consistono essenzialmente nelle procedure aggiuntive che il procedimento secondo l'invenzione comporta e che devono essere programmate nella centralina elettronica ECU e/o nell'elaboratore PC.

Tali procedure, come risulterà evidente ad un tecnico esperto del settore, non devono necessariamente essere eseguite dall'elaboratore PC o dalla centralina ECU ma possono essere eseguite sia dall'uno che dall'altra così come in parte dall'uno ed in parte dall'altra. Le decisioni relative all'unità (l'elaboratore PC e/o la centralina ECU) che deve eseguire tali procedure dipendono essenzialmente da scelte di progetto.

Vi sono tuttavia delle caratteristiche in cui il sistema ad iniezione configurato per attuare il procedimento secondo l'invenzione può differire dai sistemi secondo la tecnica nota. Ad esempio, in una forma di attuazione al momento considerata preferenziale, il procedimento prevede che i valori atti a compensare le differenti portate degli iniettori, ottenuti nel corso della taratura, vengano memorizzati in una memoria del tipo a lettura e scrittura non volatile (non illustrata), ad esempio una memoria del tipo EEPROM, prevista nella centralina di controllo ECU e collegata ad un microprocessore (non illustrato) che costituisce l'unità elaborativa della centralina ECU. Nel caso in cui la centralina di controllo ECU non sia provvista di una memoria non volatile è necessario quindi dotarla di una memoria di tale tipo

per consentire l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione.

Si nota comunque che un sistema di iniezione atto a consentire l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione può essere prodotto a costi sostanzialmente identici a quelli di un sistema di iniezione secondo la tecnica nota.

La caratteristica di portata di un iniettore negli intervalli di normale utilizzo (da 3 a 20 msec circa di tempo di apertura) è approssimabile ad una retta, in quanto i transitori di apertura e chiusura dell'otturatore dell'iniettore avvengono in tempi marginali rispetto al tempo complessivo di comando del medesimo. Come è noto una retta è individuabile se sono noti almeno due punti, meglio se distanti tra loro per ragioni di precisione, appartenenti alla retta stessa.

Per individuarne la caratteristica di introduzione, cioè di portata di un iniettore, con precisione è quindi sufficiente conoscere lo scostamento dallo zero, o offset di zero, ai valori minimi di introduzione ed il coefficiente angolare calcolato ai valori massimi di introduzione.

Per queste ragioni, il procedimento secondo l'invenzione prevede che la taratura degli iniettori

I venga realizzata in due fasi distinte:

1. taratura del guadagno di portata (eseguita a piena introduzione con una serie di accelerate libere);
2. taratura dell'offset di zero (eseguita operando sul motore al regime minimo [900 Rpm circa]).

Su un motore catalizzato M la taratura dell'offset di zero e del guadagno di portata degli iniettori I fornisce i seguenti vantaggi:

- consente di allargare le tolleranze di produzione (riduzione di scarti e di costi di lavorazione e calibrazione) degli iniettori I;

- allunga la vita del catalizzatore (la centralina di controllo ECU del sistema di iniezione lavora su segnali di sonda lambda più ripetibili e prevedibili);

- migliora le prestazioni del motore M (consumi, inquinamento, ruvidezza).

Per rendere questo procedimento ripetibile, la taratura viene abilitata solo al raggiungimento dei 90°C di temperatura del liquido di raffreddamento e la contemporanea verifica che la farfalla del motore M sia chiusa.

Durante le due fasi della taratura, l'elettroventola per il raffreddamento del radiatore del moto-

re M dev'essere inattiva al fine di evitare perturbazioni di velocità dovute alla sua attivazione/disattivazione. Questo fenomeno allunga i tempi di esecuzione della taratura, in quanto occorre scartare il rilievo realizzato in presenza dell'intervento della ventola e ripeterlo nuovamente.

Per la corretta esecuzione della taratura degli iniettori I, le due fasi devono essere eseguite in sequenza rispettando il seguente ordine:

1. taratura del guadagno di portata,
2. taratura dell'offset di zero.

Il primo passo del procedimento (taratura del guadagno di portata) prevede la taratura degli iniettori I a piena introduzione. Durante questa fase, vengono calcolate alcune grandezze indispensabili alla corretta esecuzione della fase di taratura dell'offset: le basi angolari corrette, le soglie di rilievo di mancata combustione dei quattro cilindri e la soglia d'uscita dalla taratura dell'offset. Al completamento della taratura del guadagno, il motore M viene spento automaticamente. Dopo averlo riacceso, occorre eseguire la seconda fase del procedimento (taratura dell'offset di zero) per completare la taratura degli iniettori I.

Al termine di queste due fasi, vengono identifi-

cati e memorizzati nella centralina ECU i coefficienti correttivi dei tempi di iniezione.

Nel seguito verranno descritte in dettaglio le fasi della taratura. Tali fasi sono illustrate inoltre dai diagrammi di flusso rappresentati nelle figure 4 a 18.

In tali figure, e nel seguito della presente descrizione, sono stati adottati, per brevità i seguenti riferimenti:

- TJ: Tempo di apertura dell'iniettore.
- NRIP: Numero di accelerate da eseguire per ogni singolo passo della taratura.
- TIT: Percentuale di smagrimento del TJ applicata sul singolo cilindro per ogni passo della taratura durante la ricerca della SGLTJ% (percentuale del TJ nominale che consente l'uscita dalla mancata combustione).
- ANG1-2: Finestre angolari corrette per offset.
- SGLOFFS: Soglia d'uscita della taratura offset.
- OFFSmsf []: Soglia di mancata combustione di ciascun cilindro.
- RPMRIF: Regime motore di riferimento.
- TIT: Percentuale di smagrimento/arricchimento del TJ applicata sul singolo cilindro

per ogni passo della taratura.

%TJCIL: Percentuale del TJ nominale attuata sul
[0,1,2,3] singolo cilindro. Da questo valore si
ricava la percentuale di correzione.

VmCop: Valor medio di coppia.

max, min: Valor medio di coppia massimo e minimo
estrapolati fra i VmCop dei 4 cilindri.

RPMmed: Valor medio giri motore.

DCop: Dispersione di coppia attuale.

FINANG: Valore reale della finestra angolare.

RPMmin Intervallo giri motore fra cui eseguire

RPMmax: la taratura angolare.

STEP_TAR: Passo d'incremento/decremento delle fine-
stre angolari da correggere.

FINANG14: Finestra angolare CIL. 1 e 4.

FINANG32: Finestra angolare CIL. 3 e 2.

delta: Differenza fra i valori medi delle cop-
pie resistenti del CIL.1 e 4 e CIL.3 e
2.

Vm14: Valor medio coppia resistente CIL. 1 e
4.

Vm32: Valor medio coppia resistente CIL. 3 e
2.

Verrà ora descritta la fase di taratura del gua-
dagno di portata

La metodologia di taratura del guadagno di portata si basa sul rilievo dei "margini" di accensione di cui dispongono i singoli cilindri rispetto ai valori nominali di introduzione di carburante, ipotizzando che questi giungano alla mancata combustione per lo stesso rapporto aria/carburante.

La taratura del guadagno di portata viene realizzata a veicolo fermo con il motore M in folle, ed attivata, su richiesta dell'operatore, mediante un personal computer PC connesso tramite linea seriale LS alla presa diagnostica PD della centralina elettronica ECU di controllo del motore M.

Dopo aver ricevuto l'abilitazione all'esecuzione della taratura (cioè verifica della regimazione termica del motore M e della presenza della farfalla chiusa), l'operatore deve premere a fondo il pedale dell'acceleratore, mantenendolo in tale posizione fino al termine della taratura, segnalata dallo spegnimento del motore M.

E' da ricordare che l'intera taratura viene eseguita ad anello aperto per evitare interventi correttivi da parte della sonda lambda durante la procedura.

A questo punto, vengono eseguite una serie di accelerate libere, a farfalla completamente aperta,

durante le quali si opera un progressivo aumento del rapporto aria/carburante della miscela, in un intervallo di giri circoscritto, ad esempio 1200-3600 RPM, fino a provocare la mancata combustione, che viene rilevata con la metodologia di misura dinamica della coppia.

Lo smagrimiento viene attuato su un cilindro alla volta (rispettando l'ordine di scoppio), riducendo i tempi di apertura nominali degli iniettori I, per un solo ciclo motore compreso fra 2200 e 2700 RPM.

Le accelerate libere vengono eseguite in modo automatico, in quanto inizialmente la centralina ECU stabilisce gli intervalli di giri modificando i valori mappati per il limitatore di massimo. Questo intervallo è compreso fra 1200 e 3600 Rpm.

La taratura del guadagno di portata è suddivisa in quattro fasi:

- 1.1 Identificazione parametri per la taratura dell'offset di zero.
- 2.1 Identificazione soglia di mancata combustione del singolo cilindro.
- 3.1 Ricerca margine accensione del singolo cilindro.
- 4.1 Calcolo e memorizzazione delle percentuali di correzione.

che verranno ora descritte

1.1 Identificazione parametri per la taratura dell'offset di zero

Questa fase comprende le prime due accelerate libere in ordine temporale, eseguite in un intervallo di giri compreso fra 800-3600 Rpm.

Nella fase di decelerazione della prima accelerata, vengono calcolati e memorizzati i parametri da utilizzare per la taratura dell'offset di zero:

ANG1, ANG2: basi angolari corrette per la lettura della velocità per l'elaborazione di misura dinamica della coppia. Il valore nominale della base angolare è di 90°.

OFFSmsf[0,1,2,3]: soglia adattativa di rilievo della mancata combustione dei quattro cilindri, riferita alla coppia resistente al minimo.

SGLOFFS: soglia d'uscita dalla taratura dell'offset di zero, pari all'8% coppia resistente misurata al regime di riferimento (RPMRIF = 900 Rpm).

La seconda accelerata, che può essere denominata di sincronizzazione, consente la modifica dell'intervallo di giri usato (800-3600 Rpm), in quello di default (1200-3600 Rpm) da mantenere fino al termine della taratura.

In questa fase i tempi di iniezione nominali non subiscono alterazioni.

2.1 Identificazione soglia di mancata combustione del singolo cilindro

Questa fase viene realizzata con tre accelerate e consente di identificare la soglia di mancata combustione del cilindro (SGLMSF), sul quale si andrà ad agire successivamente per il rilievo del margine di accensione (si parte dal cilindro n. 1).

Durante ciascuna accelerata, si attua sul cilindro in esame, per un solo ciclo motore compreso fra 2200 - 2700 Rpm, un tempo di iniezione pari all'1% del valore nominale (indicato come TJCIL% = 100), in modo da generare una singola mancata iniezione.

La soglia di mancata combustione del cilindro in esame (SGLMSF) viene calcolata dal valor medio della coppia misurata (CMSF) in corrispondenza delle tre mancate combustioni generate.

3.1 Ricerca del margine di accensione del singolo cilindro

Esaurite le prime due fasi della taratura, appena descritte, che si possono definire di preparazione, si passa all'identificazione del margine di accensione del singolo cilindro.

Quest'ultima fase della taratura comprende tre passi distinti:

3.1.1 Smagrimento del tempo di iniezione nominale (TJCIL% = 100), a partire dal 30% iniziale (RIDTJ% = 30) per cui:

$$TJCIL\% = TJCIL\% - RIDTJ\% = 70$$

con decrementi successivi del 10% (RIDTJ% = 40, 50, ...) fino al rilievo della mancata combustione.

3.1.2 Arricchimento del tempo di iniezione nominale attuale (cioè ridotto nel passo precedente $TJCIL\% = 100 - RIDTJ\%$), con incrementi successivi del 10% (RIDTJ = 50, 40, 30, ...), che consentono l'uscita dalla mancata combustione.

3.1.3 Smagrimento progressivo del 2% (TIT) del tempo di iniezione nominale attuale (cioè conseguente alle alterazioni subite nel passo precedente), fino ad identificare con maggior precisione con quale percentuale del tempo di iniezione nominale si entra in mancata combustione.

Al termine di questa fase, viene calcolata la percentuale del tempo di iniezione nominale, che consente l'uscita dalla mancata combustione ($SGLTJ \% [0, \dots] = TJCIL\% + TIT$), indispensabile per il calcolo delle percentuali di correzione.

E' importante ricordare che, anche in questa parte della taratura, ogni intervento in arricchimen-

to/smagrimento sul tempo di iniezione nominale (TJCIL%) si attua in fase di accelerazione sul cilindro in esame, per un solo ciclo motore compreso fra 2200 - 2700 Rpm. I passi 3.1.2 e 3.1.3, appena descritti, vengono ripetuti per tutti i cilindri, rispettando l'ordine di scoppio.

4.1 - Calcolo e memorizzazione delle percentuali di correzione

Al termine dei passi descritti in precedenza, vengono calcolate e memorizzate in una memoria non volatile, ad esempio del tipo EEPROM come detto in precedenza, le quattro percentuali di correzione (una per cilindro, GAIN[0,1,2,3]) del tempo di iniezione nominale, che consentono la taratura del guadagno di portata. Per ricavare questi parametri, occorre calcolare:

- il valor medio (VmSGLTJ%) delle percentuali del tempo di iniezione nominale di ciascun cilindro, che consentono l'uscita dalla mancata combustione (SGLTJ%[0,1,2, 3]);

- lo scostamento di ciascuna percentuale dal valor medio.

La percentuale di correzione viene così calcolata, come la somma (in segno) fra il tempo di iniezione nominale (TJCIL% = 100) e lo scostamento per cia-

scun cilindro.

Il coefficiente moltiplicativo per la correzione del tempo di iniezione nominale, verrà poi ricavato al momento dell'uso, come il rapporto fra la percentuale di correzione del singolo cilindro e 100.

Esempio:

- Percentuali del tempo iniezione dei 4 cilindri, che consentono l'uscita dalla mancata combustione:

$$\text{SGLTJ}\%[0] = 60$$

$$\text{SGLTJ}\%[1] = 75$$

$$\text{SGLTJ}\%[2] = 70$$

$$\text{SGLTJ}\%[3] = 75$$

$$\text{VmSGLTJ}\% = 70$$

- Calcolo dello scostamento di ciascuna percentuale dal valor medio:

$$\text{scs}\%[0] = \text{SGLTJ}\%[0] - \text{VmSGLTJ}\% = -10$$

$$\text{scs}\%[1] = \text{SGLTJ}\%[1] - \text{VmSGLTJ}\% = +5$$

$$\text{scs}\%[2] = \text{SGLTJ}\%[2] - \text{VmSGLTJ}\% = 0$$

$$\text{scs}\%[3] = \text{SGLTJ}\%[3] - \text{VmSGLTJ}\% = +5$$

- Calcolo delle percentuali di correzione:

$$\text{GAIN}[0] = \text{TJCIL}\% + \text{scs}\%[0] = 90$$

$$\text{GAIN}[1] = \text{TJCIL}\% + \text{scs}\%[1] = 105$$

$$\text{GAIN}[2] = \text{TJCIL}\% + \text{scs}\%[2] = 100$$

$$\text{GAIN}[3] = \text{TJCIL}\% + \text{scs}\%[3] = 105$$

Verrà ora descritta la fase di taratura dell'offset di zero al minimo

La fase di taratura dell'offset di zero segue temporalmente la fase di taratura del guadagno di portata, ma in ordine di importanza è sicuramente la procedura da applicare con più frequenza, in quanto l'offset è soggetto a maggiori derive rispetto al guadagno.

La taratura dell'offset di zero viene realizzata, anch'essa, a veicolo fermo con il motore M in folle. L'attivazione viene fornita sempre dall'operatore mediante un personal computer PC connesso tramite linea seriale LS alla presa diagnostica PD della centralina elettronica ECU.

L'abilitazione della taratura avviene, anche in questo caso, dopo la verifica della regimazione termica del motore M e della presenza della farfalla chiusa. Questa attesa è praticamente nulla, se la taratura dell'offset segue immediatamente quella del guadagno.

Inizialmente, vengono disabilitate le strategie di controllo del minimo, forzando, tramite programma, una posizione della farfalla diversa da zero, e della sonda lambda (anello aperto). Questa operazione consente di evitare interventi indesiderati durante l'e-

secuzione della procedura. Agendo su una valvola aria (bypassante la farfalla) controllata dalla centralina ECU e con anticipo accensione fissato e bloccato, ad esempio a 15 gradi, si porta la velocità di rotazione del motore ad esempio a 900 Rpm (indicato con RPM-RIF). Al raggiungimento del regime di riferimento indicato, viene memorizzato il duty cycle della valvola aria controllata (indicato con DCVAE).

L'anticipo accensione e il duty cycle DCVAE della valvola aria verranno mantenuti fissi per tutta la durata della taratura, qualunque siano le condizioni di lavoro del motore M.

Completata la fase di preparazione, la taratura dell'offset di zero prevede almeno quattro fasi principali (descritte più dettagliatamente dal diagramma di flusso nelle figure 10 a 15), delle quali le prime tre vengono ripetute ad ogni singola fase della taratura:

1. Attuazione dei tempi di iniezione corretti
2. Applicazione delle metodologie di misura dinamica della coppia,
3. Confronto della dispersione di coppia con la soglia di uscita dalla taratura,
4. Memorizzazione delle percentuali di correzione, e che verranno ora descritte.

1. Attuazione dei tempi di iniezione corretti

Il primo passo della taratura viene realizzato con i tempi di iniezione nominali (%TJCIL[0,1,2,3] = 100) attuati dalla centralina ECU, nelle condizioni di lavoro del motore M descritte in precedenza (RPMRIF, anticipo e DCVAE). Durante l'esecuzione della taratura i valori dei tempi di introduzione vengono alterati di una percentuale nota, in base agli interventi in smagrimento/arricchimento operati.

2. Applicazione delle metodologie di misura dinamica della coppia

Completata la fase precedente, viene eseguita una misura dinamica della coppia per un tempo prefissato. Al termine del rilievo, si procede all'applicazione delle metodologie di misura dinamica della coppia per calcolare:

- il valor medio di coppia di ciascun cilindro (VmCop[0,1,2,3]) relativo alla misura della coppia, depurato di eventuali mancate combustioni (tramite confronto dei singoli valori calcolati con la soglia OFFSmsf[0,1,2,3]);

- il valor medio dei giri motore (RPMmed) a cui è stata eseguita la misura;

- la dispersione di coppia (DCop).

Inoltre si individua il cilindro che eroga la

coppia motrice più alta (CILalto) e più bassa (CILbasso).

3. Confronto della dispersione di coppia con la soglia di uscita dalla taratura

Lo scopo principale della taratura è quello di ridurre al minimo le dissimmetrie di combustione fra i cilindri. Per questo motivo, dopo ogni intervento operato sui tempi di iniezione e rilievi di misura della coppia, si confronta la DCop con la soglia SGLOFFS. Questa verifica può dar luogo a due risultati:

1. DCop è inferiore ad SGLOFFS

Si ripetono nuovamente i punti precedenti (1-2) per cercare una conferma a quanto rilevato. Se per la seconda volta, si ottiene lo stesso risultato, cioè DCop è ancora minore di SGLOFFS, vuol dire che è stata raggiunta la minima dispersione di coppia possibile fra i cilindri (a meno delle dissimmetrie di combustione intrinseche al motore M). Si passa così, alla memorizzazione delle percentuali di correzione per l'offset di zero e si interrompe la taratura.

2. DCop è superiore ad SGLOFFS

Per determinare quali interventi eseguire nel seguito della taratura, si procede in tre modi diversi, nel caso che ci si trovi nella prima, nella

seconda o nelle successive fasi della taratura.

Nella prima fase della taratura eseguita con i tempi di iniezione nominali, attuati dalla centralina ECU, si interviene riducendo contemporaneamente questi valori del 10% (%TJCIL[0,1,2,3] = 90) su tutti i cilindri. Questa operazione viene eseguita come primo passo della taratura, per verificare che il cilindro che eroga la coppia più bassa non sia affetto da eccesso di carburante, in quanto, nel proseguimento della taratura, si tenderebbe ad arricchire quel cilindro (CILbasso).

Nella seconda fase della taratura, come nei passi successivi, si comincia a lavorare sul cilindro che eroga la coppia motrice più bassa (CILbasso) con una riduzione del 2% (TIT) del tempo di iniezione nominale attuale (%TJCIL[0,1,2,3] = 90).

Occorre ricordare, che questo smagrimento del 2% viene eseguito sempre come primo intervento, ogni qualvolta si passa da un cilindro ad un altro.

Nei controlli successivi, se DCop è superiore a SGLOFFS, si passa direttamente ad una verifica contemporanea sulla DCop e sul regime di rotazione medio (indicato con RPMmed), in quanto una riduzione della dispersione di coppia fra i cilindri dovrebbe determinare il conseguente aumento dei giri del motore.

Per cui:

- se DCop si riduce e/o RPMmed aumenta vuol dire che si sta procedendo nella direzione corretta (CONVERGENza).

I provvedimenti che possono essere presi in questa situazione sono di tre tipi:

- se il CILbasso non è cambiato, allora si procede con un intervento sul tempo di iniezione di CILbasso simile al precedente (in smagrimento o arricchimento);

- se il CILBasso è cambiato, si esegue il primo intervento sul nuovo cilindro sempre in riduzione del 2% (-TIT);

- se CILalto eroga una coppia motrice eccessiva (cioè VmCop di CILalto è maggiore del 62.5% della DCop), occorre smagrire di un ulteriore 10% il tempo d'introduzione su questo cilindro.

- se DCop aumenta ed RPMmed diminuisce significa che l'intervento eseguito non ha portato gli effetti sperati (CONVERGENza) e quindi si sta procedendo nella direzione sbagliata (DIVERGENza). In questa condizione, si interviene in due modi:

- se CILbasso non è cambiato, occorre invertire la strategia utilizzata su quel cilindro da smagrimento ad arricchimento o viceversa;

- se CILbasso è cambiato, viene ripristinata la situazione precedente alla variazione eseguita sul tempo di iniezione di CILbasso.

Le varie operazioni indicate in queste tre fasi, vengono eseguite anche più volte sui vari cilindri finché la DCop non risulti inferiore alla soglia SGLOFFS.

4. La memorizzazione delle percentuali di correzione

Al termine della taratura vengono memorizzate, nella memoria non volatile, le quattro percentuali di correzione (una per cilindro, OFFSET[0,1,2,3] del tempo di iniezione nominale, che consentono la calibrazione dell'offset di zero.

In pratica, questi parametri rappresentano le percentuali del tempo di iniezione nominale di ciascun cilindro (%TJCIL[0,1,2,3]), ricavate al completamento della taratura.

Il coefficiente moltiplicativo per la correzione del tempo di iniezione nominale verrà poi ricavato al momento dell'uso, come il rapporto fra la percentuale di correzione del singolo cilindro e 100.

Attuazione della taratura

Al completamento delle due fasi di taratura (guadagno ed offset) le percentuali di correzione dei tem-

pi di iniezione sono residenti nella memoria non volatile, collegata al microprocessore della centralina ECU, pronte ad essere utilizzate.

L'attuazione della taratura, durante il normale utilizzo del veicolo, avviene aggiornando, mediante interpolazione, i tempi di iniezione calcolati dalla centralina ECU dalle mappe residenti in memoria.

In questo modo è possibile calcolare le portate corrette degli iniettori I, anche sui valori intermedi di introduzione (funzionamento del motore M in parzializzato) dell'intero piano quotato del motore M.

Le misure eseguite durante la taratura richiedono elevata precisione nel taglio delle pulegge utilizzate per il sensore di ruota fonica RF che generano il segnale di sincronizzazione o di punto morto superiore PMS (4 o 60-2 impulsi al giro).

Per compensare gli errori angolari di taglio delle pulegge nella dispersione di produzione, si è implementata una procedura, si veda in proposito il diagramma di flusso della taratura delle finestre angolari delle figure 16 a 18, che calcola automaticamente le due basi di lettura (ANG1, ANG2), nella fase di rilascio di velocità eseguita dalla fase di taratura del guadagno (fase 1.1 - Identificazione

parametri per la taratura dell'offset di zero).

Le misure di velocità devono essere realizzate su angoli di 90° . Perciò, qualora si operi su una puleggia a 60-2 denti, si dovrà implementare una divisione in elaborazione per ricondurre le basi angolari a quattro al giro, fasate come per una puleggia a 4 impulsi.

Il procedimento di taratura qui descritto è valido se eseguito su un motore M non soggetto a dissimmetrie di compressione. Nel caso siano presenti tali anomalie queste devono essere comunque identificate mediante un'ulteriore fase di misura, facente parte del procedimento secondo la presente invenzione in una forma di attuazione al momento ritenuta preferenziale, e descritta nel seguito.

Il rilievo della tenuta di compressione cilindro per cilindro, eseguito con tecnica di misura della coppia, ricopre un ruolo interessante nella diagnostica del motore. Questa misura, piuttosto laboriosa da realizzare con metodi convenzionali, è il primo passo da eseguire per procedere alla messa a punto o alla taratura del sistema di iniezione.

Può accadere infatti, rilevando una coppia indicata scarsa su un dato cilindro di attribuirne la causa ad una scarsa introduzione di carburante, quan-

do in effetti la vera anomalia dipende dalla scarsa compressione dovuta, ad esempio, alla tenuta delle valvole o dei segmenti. In questo caso la procedura di taratura tenderebbe ad aumentare il tempo di iniezione, e quindi l'introduzione di carburante, in un cilindro che già opera in carenza d'aria, peggiorando ulteriormente le condizioni di lavoro di quel cilindro.

Quando si procede alla caratterizzazione o alla messa a punto di un veicolo correlandone le prestazioni con le emissioni, si riscontra sovente la difficoltà di mantenere i limiti delle varie sostanze inquinanti emesse nella norma, anche su motori apparentemente a punto. In questi casi il rilievo delle dissimmetrie di compressione evidenzia spesso piccole anomalie di tenuta delle valvole che, pur non incidendo sulle prestazioni, sono sufficienti a portare in scarico idrocarburi incombusti, che in breve tempo danneggiano il catalizzatore.

La prova di compressione consente di attribuire univocamente l'anomalia al cilindro interessato avvisando l'operatore della comparsa di un problema di riempimento del cilindro.

La caratterizzazione delle dissimmetrie di compressione può essere eseguita, ad esempio, durante le

accelerate libere relative alla taratura del guadagno, prendendo in esame l'intervallo 1500-1200 Rpm ad ogni decelerata.

Metodologia sperimentale

Mediante rilievi effettuati con la metodologia di misura dinamica della coppia si determinano le perdite di compressione per cilindro, acquisendo, in una forma di attuazione al momento considerata preferenziale, la velocità in fase di rilascio a motore M spento, cioè in assenza di iniezione, su un campo di velocità compreso, ad esempio, tra 900 e 350 Rpm.

Su un campo di giri così circoscritto il numero di misure utili realizzabile complessivamente sui quattro cilindri è ridotto a 6-10 valori per ogni spegnimento del motore M; è quindi necessario tenere in memoria la storia di almeno 10 spegnimenti.

Il valore medio di coppia resistente cilindro per cilindro è correlato alle sezioni di perdita dei vari cilindri.

Per giungere a tale parametro i dati ottenuti devono essere elaborati, in quanto la scarsa tenuta di un cilindro ha effetto anche sui dati relativi al cilindro precedente in ordine di scoppio che deve svolgere un lavoro di compressione ridotto dalla sezione di perdita del cilindro successivo.

La sezione di perdita, e la conseguente perdita di compressione, incidono in maniera più evidente sull'andamento delle curve di coppia resistente di ciascun cilindro a velocità molto basse in quanto a regimi elevati il flusso di perdita, se non di elevata entità, non ha modo di manifestare il suo effetto sul riempimento e quindi sul funzionamento del motore M. Il trattamento dei dati relativi alle curve di coppia resistente può risultare critico se non si riesce ad acquisire un numero sufficiente di campioni su diversi spegnimenti in condizioni termiche simili.

La coppia resistente del motore M è infatti particolarmente sensibile alla temperatura del lubrificante (e quindi del blocco motore stesso) per cui la comparazione di dati acquisiti in spegnimenti eseguiti a diverse temperature porterebbe a conclusioni errate sullo stato del motore M.

E' allora necessario che l'acquisizione dei dati relativi ai pacchetti di spegnimenti sia condizionata alla regimazione termica del motore M, abilitando le misure sulla base dell'indicazione del sensore di temperatura del liquido refrigerante.

Allestimento veicolo e prove effettuate

La validazione sperimentale della metodologia è stata eseguita su una vettura LANCIA DEDRA 2000 i.e.

(8 valvole) catalizzata (iniezione IAW) acquisendo i segnali dei sensori elettromagnetici di punto morto superiore PMS e fase, necessari per effettuare i rilievi mediante metodologia di misura dinamica della coppia, a temperature del liquido refrigerante regolata (88°C-92°C) per l'omogeneità dei dati e fornendo il segnale di inizio acquisizione allo spegnimento del motore M (tensione sul pin 20 della centralina di controllo IAW a 0 volt).

E' stato quindi preso in esame l'intervallo 900-350 Rpm considerando più rilievi, effettuati nelle medesime condizioni, in modo da infittire le curve di coppia di ogni cilindro. Per escludere il rumore di misura generato dalla coppia di reazione sui tasselli di supporto motore M i calcoli sono stati eseguiti sui dati acquisiti nell'intervallo 600-350 Rpm.

La simulazione delle perdite è stata effettuata montando su un cilindro una candela con un foro di diametro via via crescente in modo da aumentare la perdita; sono quindi stati effettuati rilievi in assenza di perdite ed a compressione nulla, estraendo totalmente la candela da uno dei cilindri.

Risultati ottenuti

Sono state rilevate le curve di coppia al minimo misurate in assenza di perdite e con una perdita ta-

rata equivalente ad un impuntamento di 0,02 mm. Si è potuta notare una netta differenza tra la curva di coppia del cilindro soggetto a perdita e le curve degli altri cilindri, e come questa differenza diverga all'aumentare della perdita stessa.

La sperimentazione condotta ha messo in evidenza la possibilità di determinare, mediante analisi con metodologia di misura dinamica della coppia, un fattore indicativo delle perdite di compressione in funzione della sezione di perdita, che nella sua forma sperimentalmente più comoda fornisce un'indicazione relativa a ciascun cilindro rispetto agli altri.

Tale indicazione consente di prendere una decisione di intervento sul motore M, essendo molto improbabile il caso di un motore M con perdite uguali su tutti i cilindri, il che verrebbe comunque messo in evidenza mediante l'analisi con metodologia di misura dinamica della coppia tradizionale (misura della coppia resistente media).

I rilievi eseguiti hanno evidenziato la possibilità di individuare in modo ripetibile sezioni di perdita equivalenti ad un impuntamento di una valvola dell'ordine di 0,01 mm.

Misure da eseguire (tutte tramite il connettore della centralina ECU):

- PMS velocità istantanea (4 campioni al ciclo motore),
- Fase sincronismo a cilindro noto,
- Temp. refrig. abilitazione alla misura se $88^{\circ}\text{C} < \text{Th}_{20} < 92^{\circ}\text{C}$,
- Pin 20 abilitazione alla misura con tensione $V = 0$ Volt.

Trattamento dati acquisiti

1. Rilievo di 30 spegnimenti del motore M da 900 Rpm a 0, sempre nelle stesse condizioni di misura:

- TH20 compresa fra 88°C e 92°C ,
- GIRI MOTORE intorno ai 900 Rpm.

2. Applicazione della metodologia di misura dinamica della coppia per il calcolo della coppia. Tutti i valori compresi nell'intervallo fra 500 e 300 Rpm vengono memorizzati in quattro file (archivi) temporanei distinti per cilindro:

cilindro 1 -> File: 0.TMP

cilindro 3 -> File: 1.TMP

cilindro 4 -> File: 2.TMP

cilindro 2 -> File: 3.TMP

3. Calcolo del valor medio di coppia resistente per cilindro (Vmed). Si utilizzano i dati memorizzati nei quattro file "*.TMP":

$$VmedX = \frac{\text{Sommatoria valori letti dal file X.TMP}}{\text{Numero dati presenti nel file X.TMP}}$$

dove X = [0 per cil.1], [1 per cil.3], [2 per cil.4],
[3 per cil.2].

4. Calcolo del valor medio dei Vmed dei 4 cilindri (Valmed), che rappresenta la soglia da considerare per identificare il cilindro anomalo:

$$\text{somved} = Vmed0 + Vmed1 + Vmed2 + Vmed3$$

$$\text{Valmed} = \frac{\text{somved}}{4}$$

5. Individuazione del cilindro con perdita di compressione. Escludendo un cilindro alla volta, si calcola il valor medio dei 3 Vmed restanti e si confronta con Valmed. In questo modo si ottiene un coefficiente (coefX), che consente di rilevare sul cilindro X una perdita di compressione:

$$\text{coefX} = \frac{\text{somved} - VmedX}{3} \times \frac{1}{\text{Valmed}}$$

dove X = [0 per cil.1], [1 per cil.3], [2 per cil.4],
[3 per cil.2].

Il cilindro X è affetto da perdita di compressione, se:

$$\text{coefX} < 0.99$$

altrimenti, se:

$$\text{coef} \geq 0.99$$

sul cilindro X non è rilevata alcuna anomalia.

Applicazione della metodologia ai rilievi sperimentali

Rilievi su LANCIA DEDRA 2.0 i.e

1. Misure in spegnimento con motore tal quale da 900 Rpm a 0:

$$\text{Valmed} = -2.231306$$

	Vmed	coef
CIL.1	-2.238839	0.998
CIL.3	-2.228468	1.000
CIL.4	-2.206959	1.003
CIL.2	-2.250959	0.997

2. Misure in spegnimento con candela con foro su cil.1:

$$\text{Valmed} = -2.362913$$

	Vmed	coef
CIL.1	-2.617024	0.964 (*) < -rilevato
CIL.3	-2.328510	1.004
CIL.4	-2.234702	1.018
CIL.2	-2.271419	1.012

3. Misure in spegnimento con candela con foro su cil.3:

$$\text{Valmed} = -2.338006$$

	Vmed	coef
CIL.1	-2.254583	1.011

CIL.3	-2.589498	0.964 (*) < -rilevato
CIL.4	-2.221982	1.016
CIL.2	-2.285959	1.007

Rilievi su LANCIA DEDRA 2.0 i.e. TURBO

1. Misure in spegnimento con motore tal quale da 900 Rpm a 0:

Valmed = -2.201725

	Vmed	coef
CIL.1	-2.139604	1.009
CIL.3	-2.316294	0.983 (*) < -rilevato
CIL.4	-2.103809	1.015
CIL.2	-2.247192	0.993

2. Misure in spegnimento con candela con foro su cil.3:

Valmed = -2.289621

	Vmed	coef
CIL.1	-2.160205	1.019
CIL.3	-2.589622	0.956 (*) < -rilevato
CIL.4	-2.126348	1.024
CIL.2	-2.282310	1.001

Risultati sperimentali

In figura 3 è rappresentato l'andamento di segnali di sonde misuranti il rapporto aria/carburante nei vari cilindri, impiegate a puro titolo sperimentale allo scopo di verificare il corretto funziona-

mento del procedimento secondo l'invenzione, col progredire della procedura di taratura dell'offset al minimo.

Dal valore iniziale (passo 0, realizzato con due iniettori tarati con portata uguale al valore nominale (cil. 1 e 4) e due iniettori tarati a -10% rispetto al valore nominale di portata (cil. 2 e 3) si procede allo smagrimento simmetrico dei quattro valori di introduzione per porsi in condizioni di maggiore sensibilità alle successive variazioni del rapporto aria/carburante.

Si nota come la taratura tenda comunque a far convergere i valori del rapporto aria/carburante per riportarli a livelli che tendono al rapporto stechiometrico con dispersioni fra i cilindri non superiori ad un punto di aria/carburante, per quanto disperso possa essere l'insieme iniziale di iniettori I.

In figura 2 sono mostrate le seguenti tre grandezze, campionate su 35 cicli motore:

- la coppia istantanea cilindro per cilindro
 - i tempi di iniezione TJ assegnati ad ogni cilindro
 - la velocità di rotazione istantanea RPM del motore M ,
- relative all'ultimo passo di taratura.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento di taratura di un sistema di iniezione, associato ad un motore a combustione interna (M), controllato da un'unità di elaborazione elettronica (ECU), detto sistema di iniezione comprendendo una pluralità di iniettori (I) atti ad introdurre carburante in una pluralità di cilindri di detto motore (M), detto procedimento essendo atto a consentire a detta unità di elaborazione (ECU) di azionare detti iniettori (I) in modo da introdurre in ognuno di detti cilindri una quantità di carburante nota con precisione, in presenza di iniettori (I) aventi differenti portate,

caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

- fare funzionare detto motore (M) azionando detti iniettori (I) con tempi di apertura identici,

- rilevare un impulso di coppia fornito da ogni cilindro di detto motore (M),

- determinare, in base a detto impulso di coppia rilevato, la portata di ognuno di detti iniettori (I),

- memorizzare informazioni relative a dette portate di detti iniettori (I) in una memoria di detta unità di elaborazione (ECU),

- utilizzare dette informazioni memorizzate, relative a dette portate di detti iniettori (I), nel corso del normale funzionamento di detto motore (M), come fattori correttivi dei tempi di apertura di detti iniettori (I), in modo da compensare le differenti portate di detti iniettori (I).

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che:

detta fase di fare funzionare detto motore (M) azionando detti iniettori (I) con tempi di apertura identici comprende le fasi di:

- fare funzionare detto motore (M) azionando detti iniettori (I) con tempi di apertura elevati,

- fare funzionare detto motore (M) azionando detti iniettori (I) con tempi di apertura ridotti,

e detta fase di determinare, in base a detto impulso di coppia rilevato, la portata di ognuno di detti iniettori (I) comprende le fasi di:

- rilevare la quantità di carburante introdotta da ognuno di detti iniettori (I) per detti tempi di apertura elevati,

- rilevare la quantità di carburante introdotta da ognuno di detti iniettori (I) per detti tempi di apertura ridotti.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, carat-

terizzato dal fatto che:

detta fase di fare funzionare detto motore (M) azionando detti iniettori (I) con tempi di apertura elevati comprende la fase di fare accelerare detto motore (M), senza carico, con massima apertura di una valvola posta sui condotti di aspirazione,

detta fase di fare funzionare detto motore (M) azionando detti iniettori (I) con tempi di apertura ridotti comprende la fase di fare funzionare detto motore (M), senza carico, al regime di minimo.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 2 o la 3, caratterizzato dal fatto che detta fase di utilizzare dette informazioni relative a dette portate memorizzate comprende la fase di approssimare la quantità di carburante introdotta da ognuno di detti iniettori (I) in funzione del tempo di apertura con una retta determinata in funzione di detta quantità di carburante introdotta rilevata per detti tempi di apertura elevati e di detta quantità di carburante introdotta rilevata per detti tempi di apertura ridotti.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 4, caratterizzato dal fatto che comprende inoltre la fase di misurare la tenuta di compressione di ognuno di detti cilindri al fine di compensare dette misure di detti impulsi di coppia in

vista di aumentarne la precisione.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta fase di misurare la tenuta di compressione di ognuno di detti cilindri comprende la fase di misurare la coppia resistente di ognuno di detti cilindri in assenza di combustione.

7. Procedimento secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta fase di misurare detta coppia resistente viene eseguita in una fase di rilascio, successiva a detta fase di fare accelerare detto motore (M), in cui detto motore (M) decelera in assenza di combustione.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta fase di misurare detta coppia resistente viene eseguita in una fase di spegnimento di detto motore (M), a bassa velocità di rotazione, in cui detto motore (M) decelera in assenza di combustione.

9. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 8, caratterizzato dal fatto che dette misure di coppia vengono eseguite mediante elaborazione di un segnale indicativo della velocità angolare di un albero motore di detto motore (M).

10. Procedimento secondo la rivendicazione 8 o la 9, caratterizzato dal fatto che dette misure di coppia

vengono eseguire analizzando variazioni di detta velocità angolare di detto albero motore.

11. Procedimento secondo la rivendicazione 9 o la 10, caratterizzato dal fatto che detto segnale indicativo di detta velocità angolare di detto albero motore è un segnale di ruota fonica (RF).

12. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 11, caratterizzato dal fatto che detta portata di ognuno di detti iniettori (I) viene misurata aumentando, in passi successivi, il rapporto aria/carburante in ognuno di detti cilindri e rilevando la prima mancata combustione.

13. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 12, caratterizzato dal fatto che dette informazioni relative a dette portate vengono memorizzate in una memoria a lettura e scrittura non volatile associata a detta unità di elaborazione (ECU).

14. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 13, caratterizzato dal fatto che comprende una fase preliminare in cui detto motore (M) raggiunge una condizione termica stabile.

15. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 14, caratterizzato dal fatto che detto procedimento viene eseguito con anticipo, regolazione


valvola aria e regolazione relativa ad una sonda lambda costanti.

16. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 15, caratterizzato dal fatto che dette misure vengono ripetute nel caso in cui si verifichi l'attivazione o la disattivazione di un utilizzatore elettrico nel corso delle misure stesse.

17. Sistema di iniezione, per un motore a combustione interna (M), comprendente una unità elettronica di controllo (ECU) configurata in modo da consentire l'esecuzione di un procedimento di taratura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 16.

Il tutto sostanzialmente come descritto ed illustrato e per gli scopi specificati.

PER INCARICO


Dott. Francesco SERRA
N. Iz. ALBO 90
(in proprio e per gli altri)

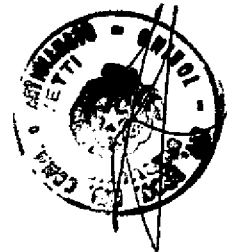
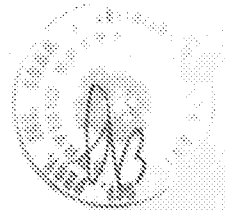
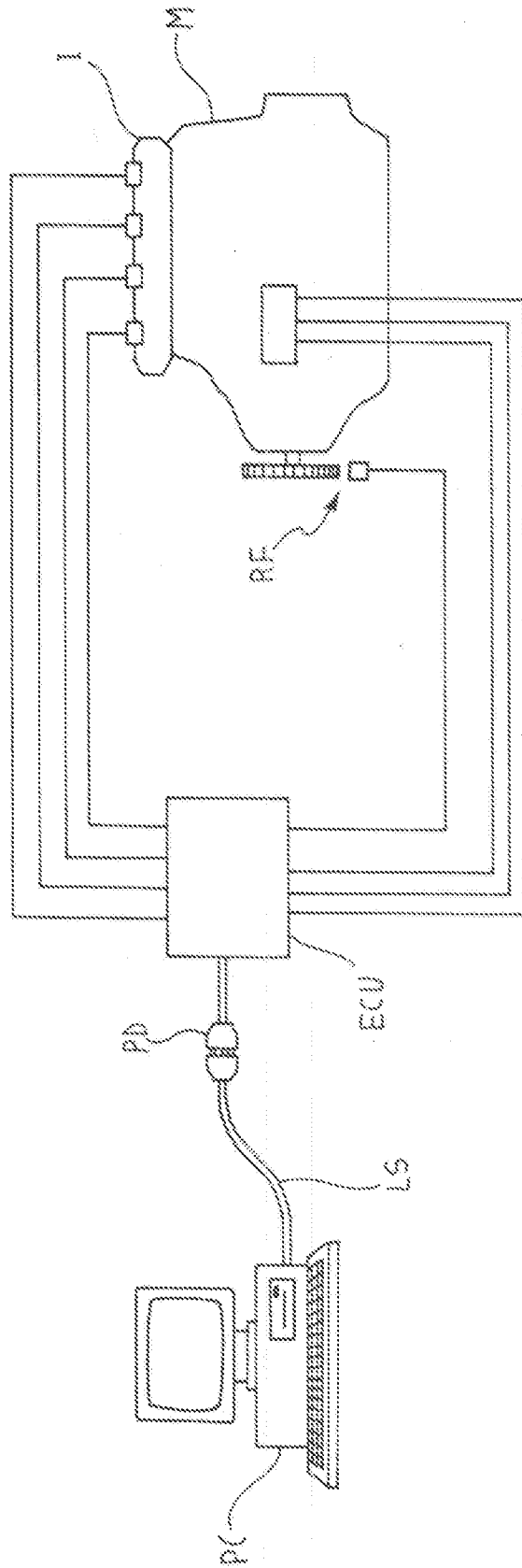
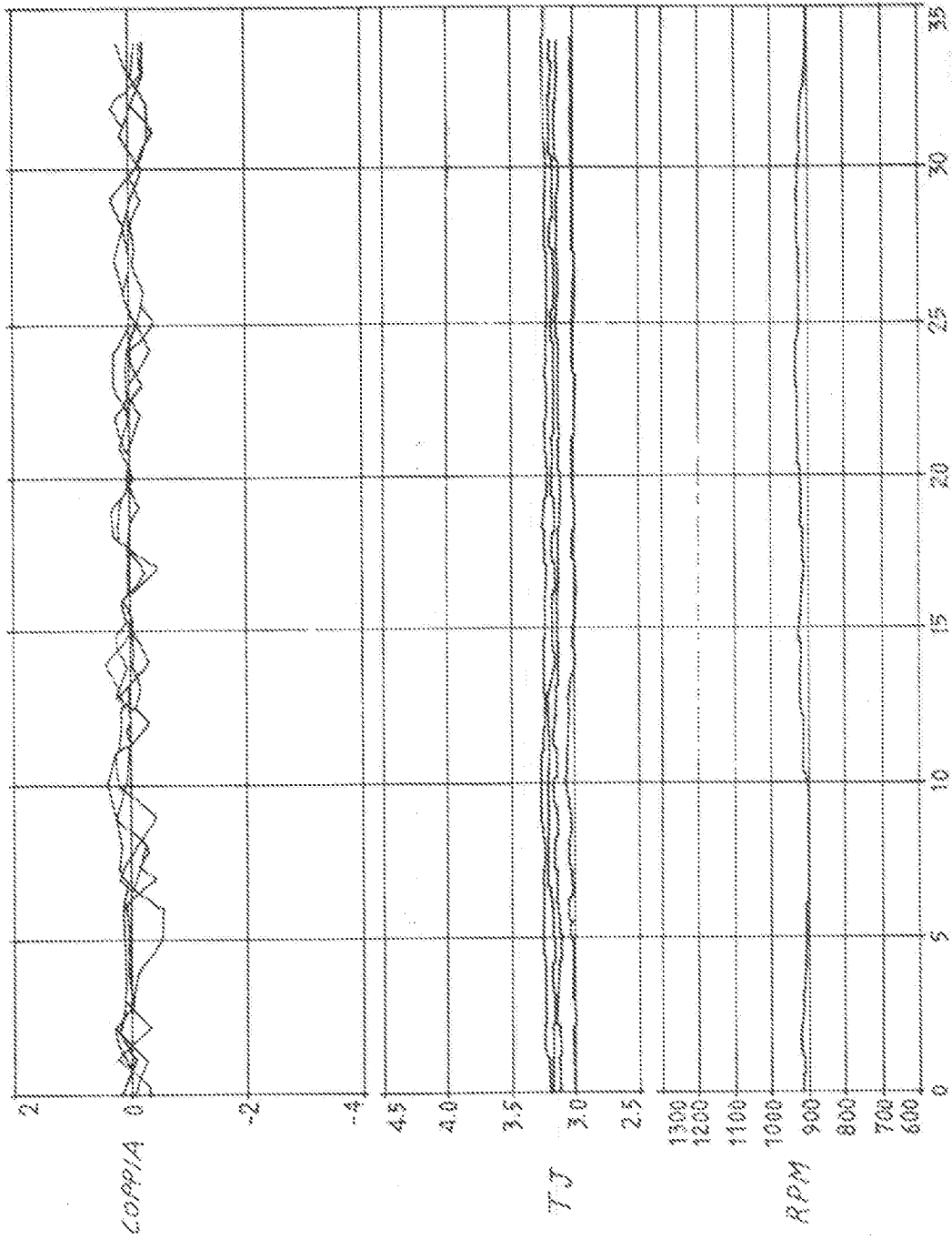


FIG. 1

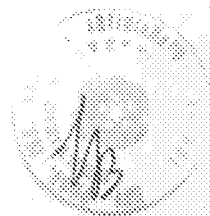


[Handwritten signature]

FIG. 2



[Handwritten signature]



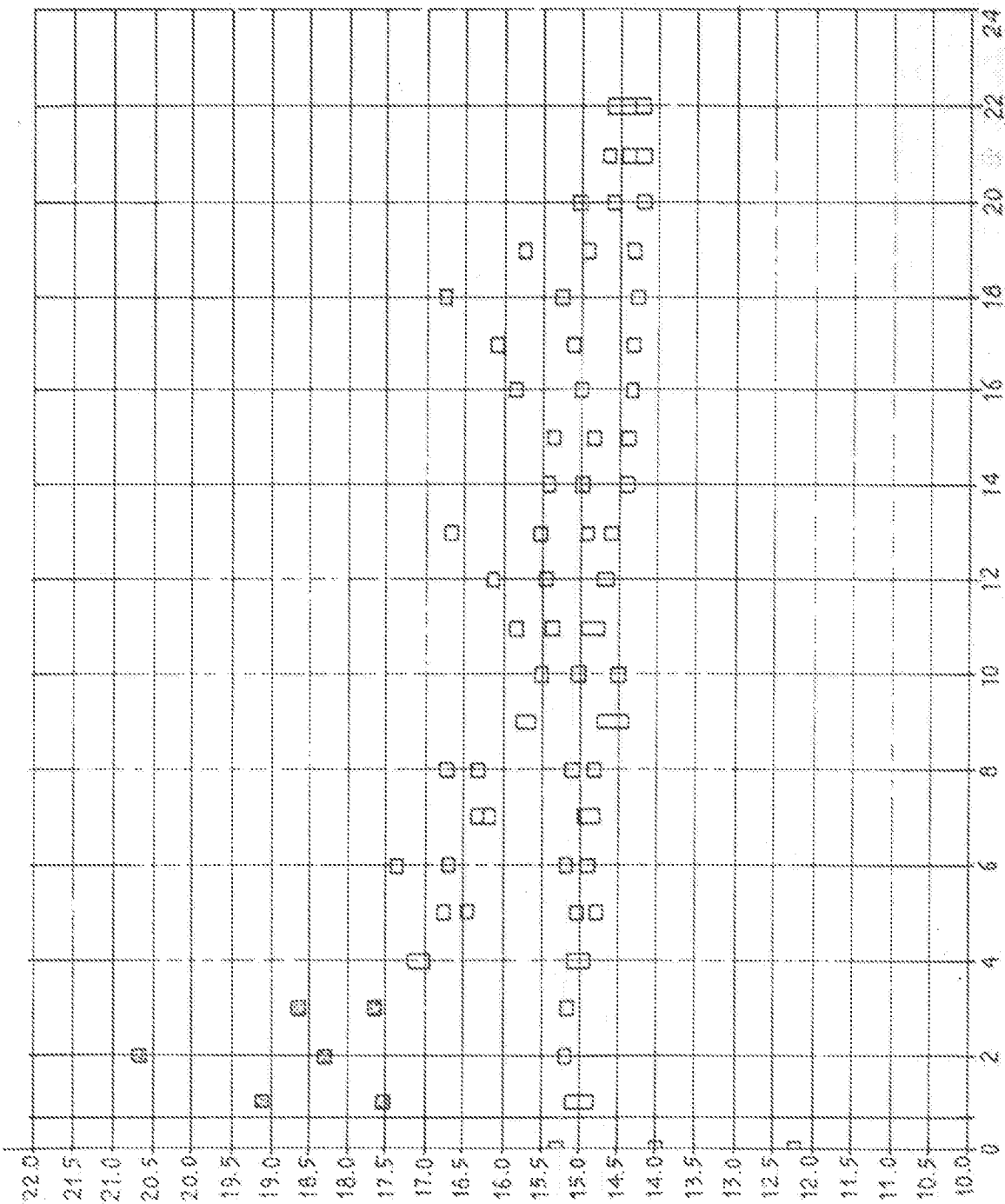


FIG. 3

[Handwritten signature]
[Circular stamp]

FIG. 4

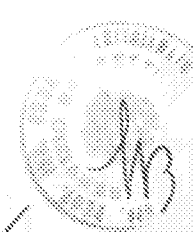
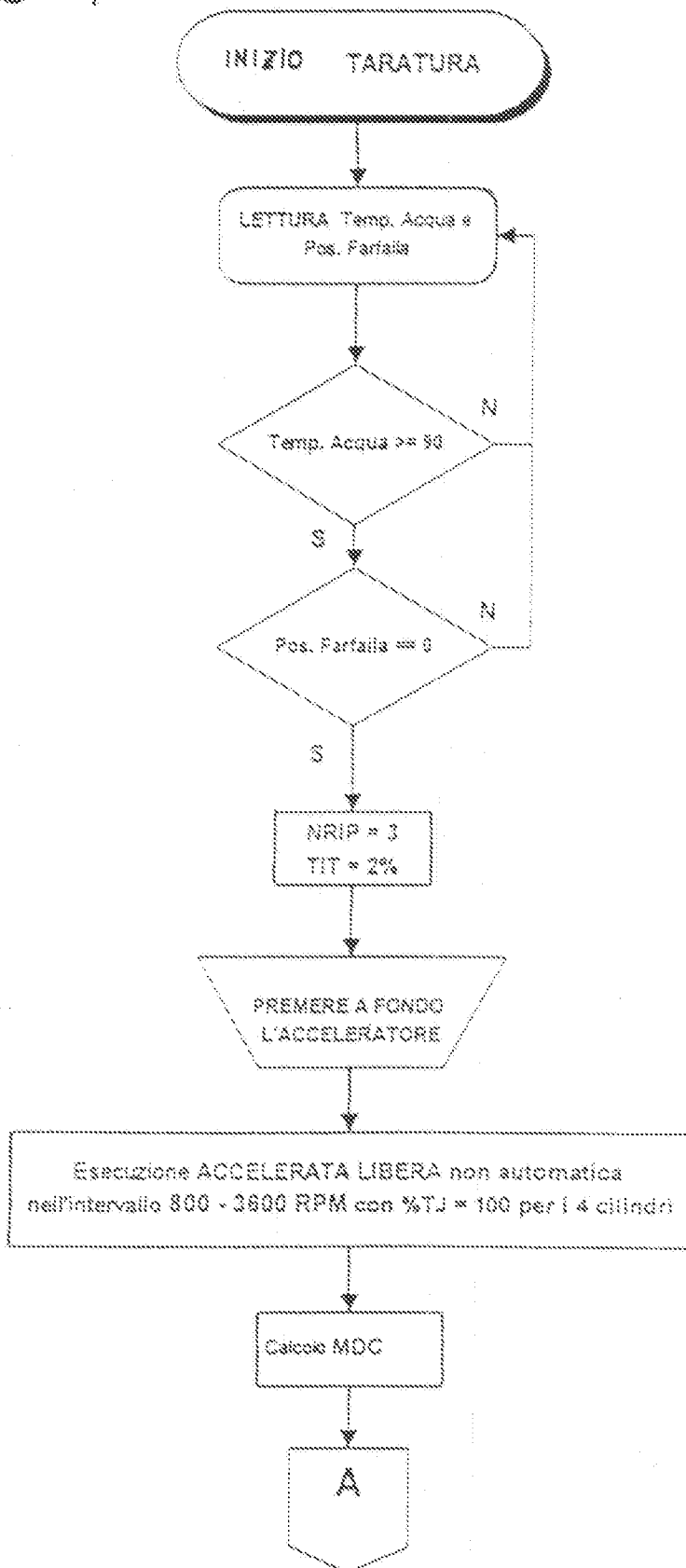
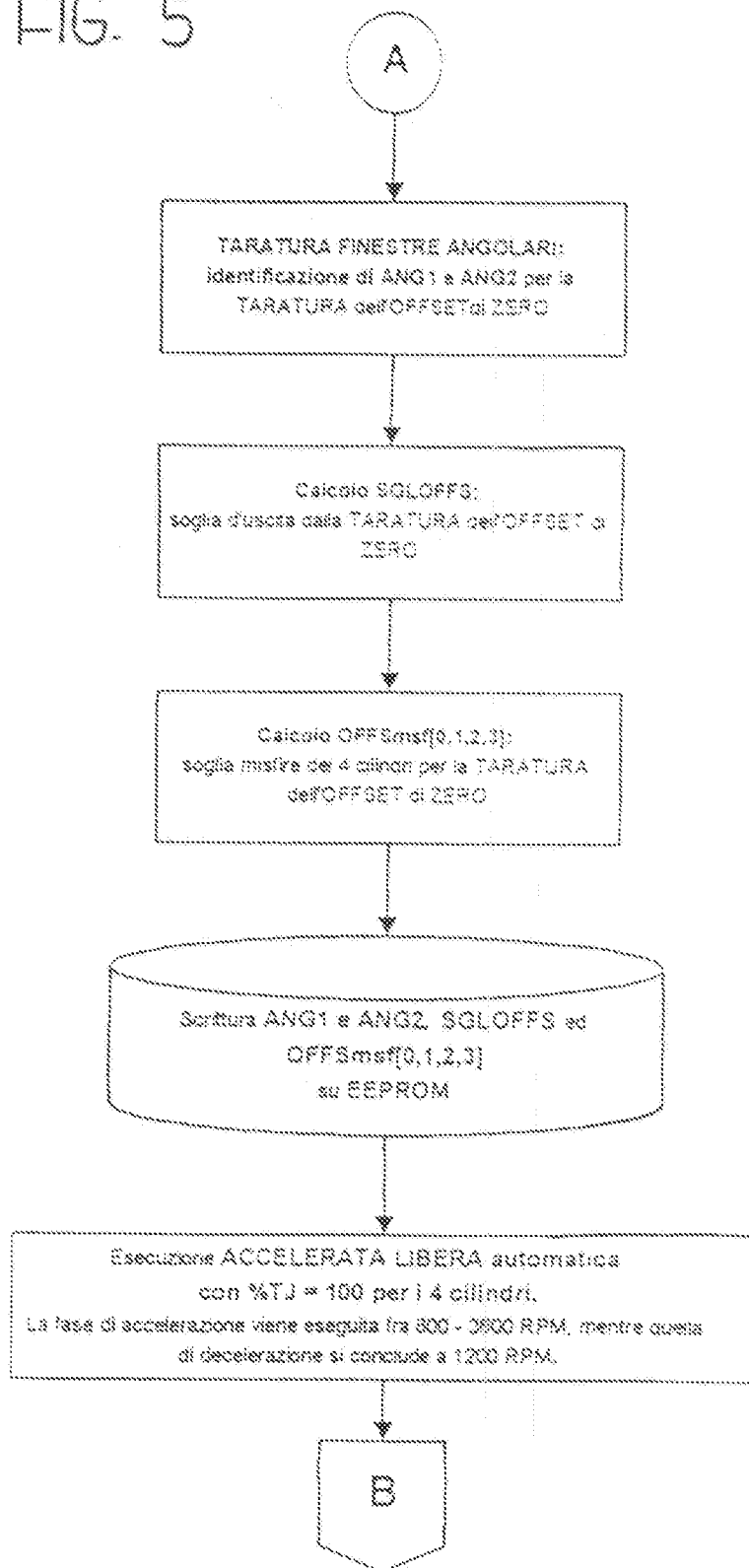


FIG. 5



[Handwritten signature and stamp]

FIG. 6

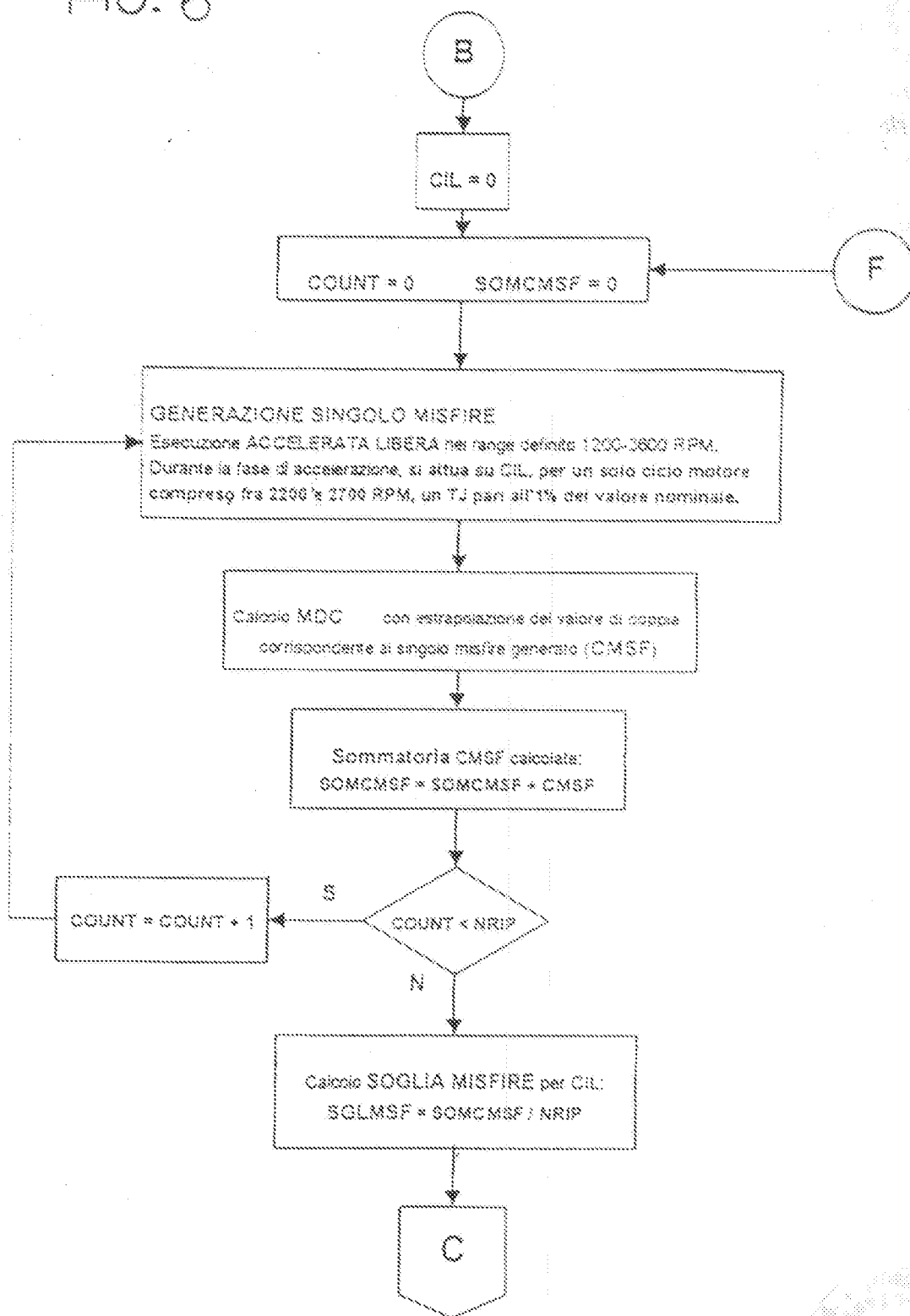


FIG. 7

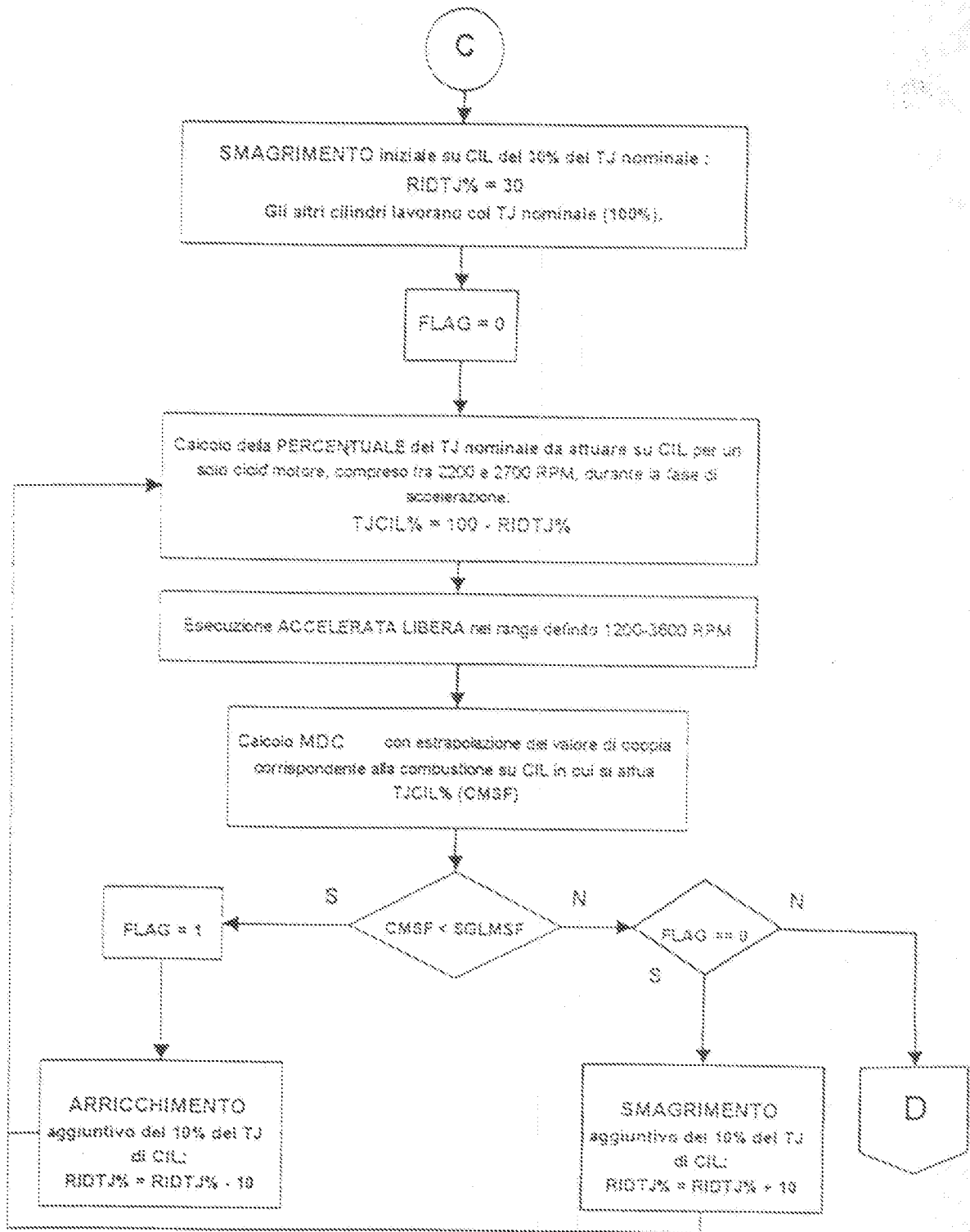


FIG. 8

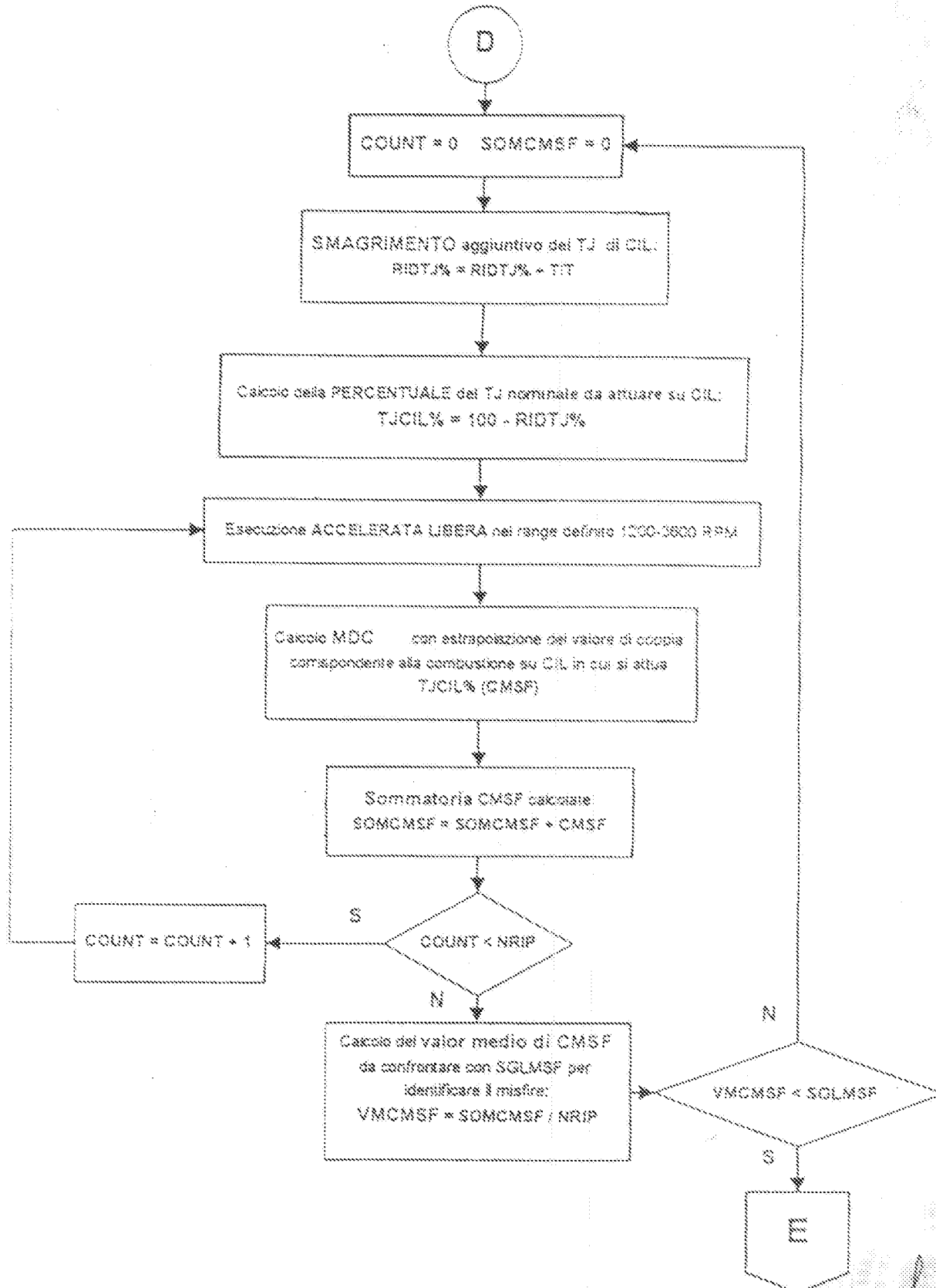


FIG. 9

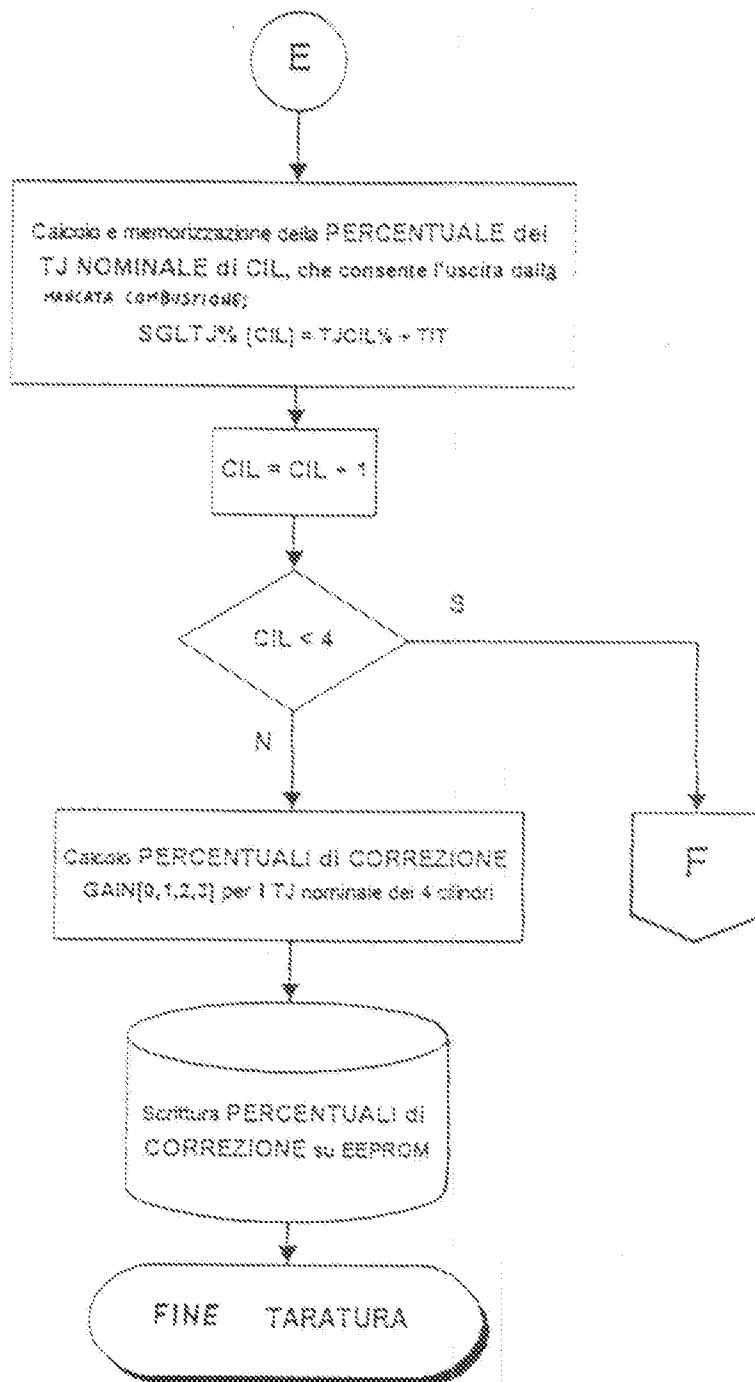
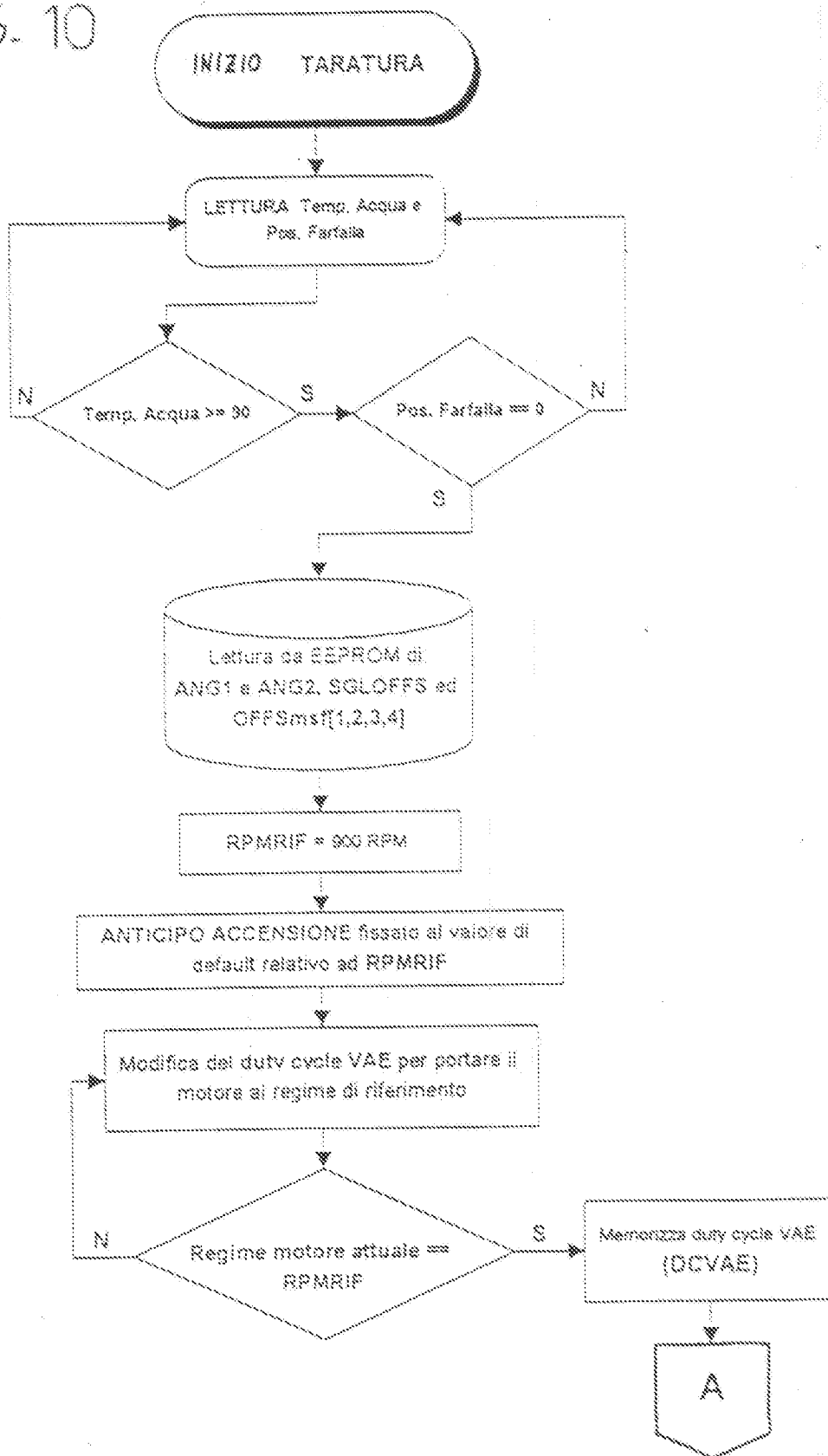


FIG. 10



Ing. ...
 In presenza di ...



FIG. 11

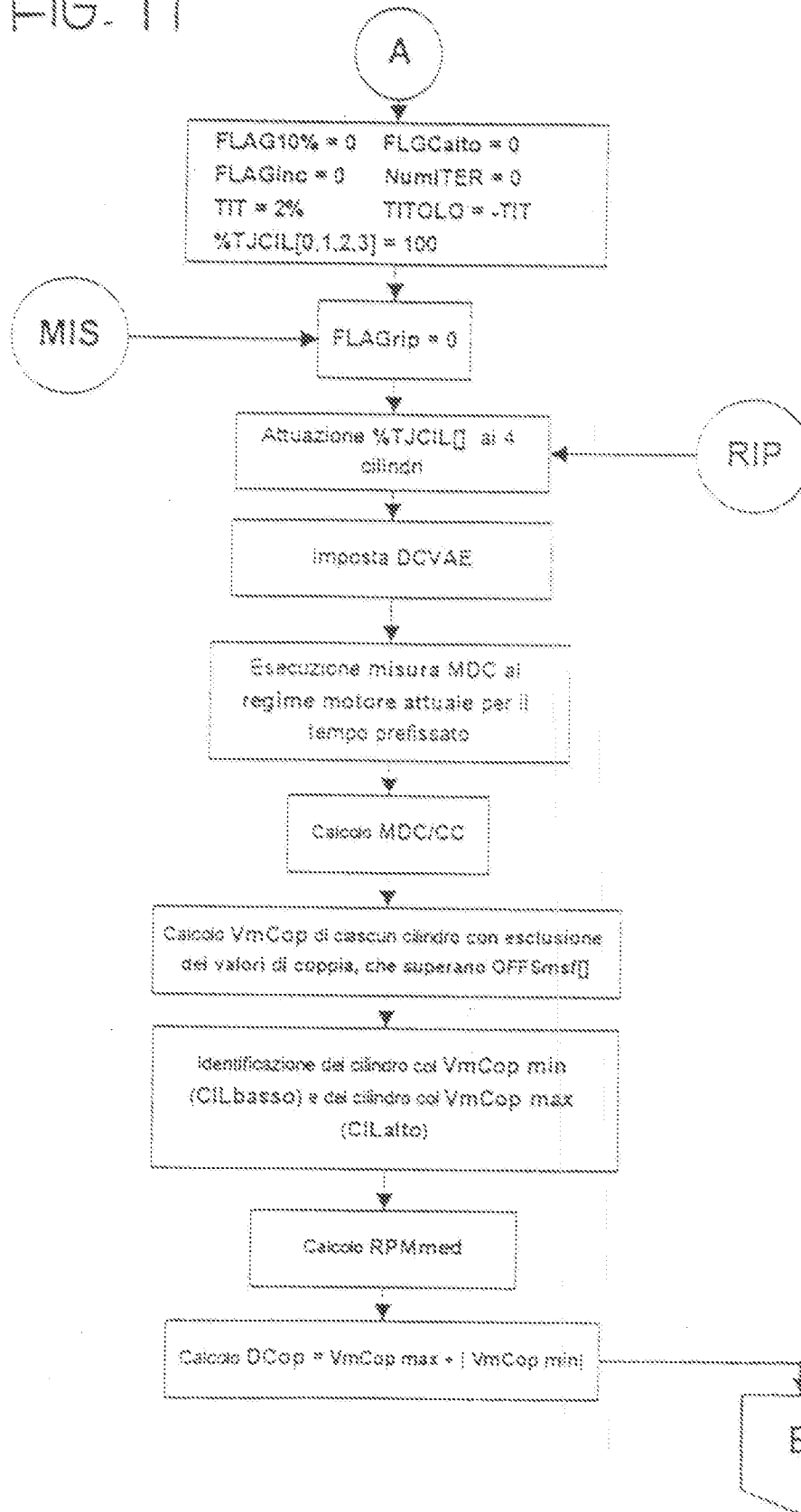
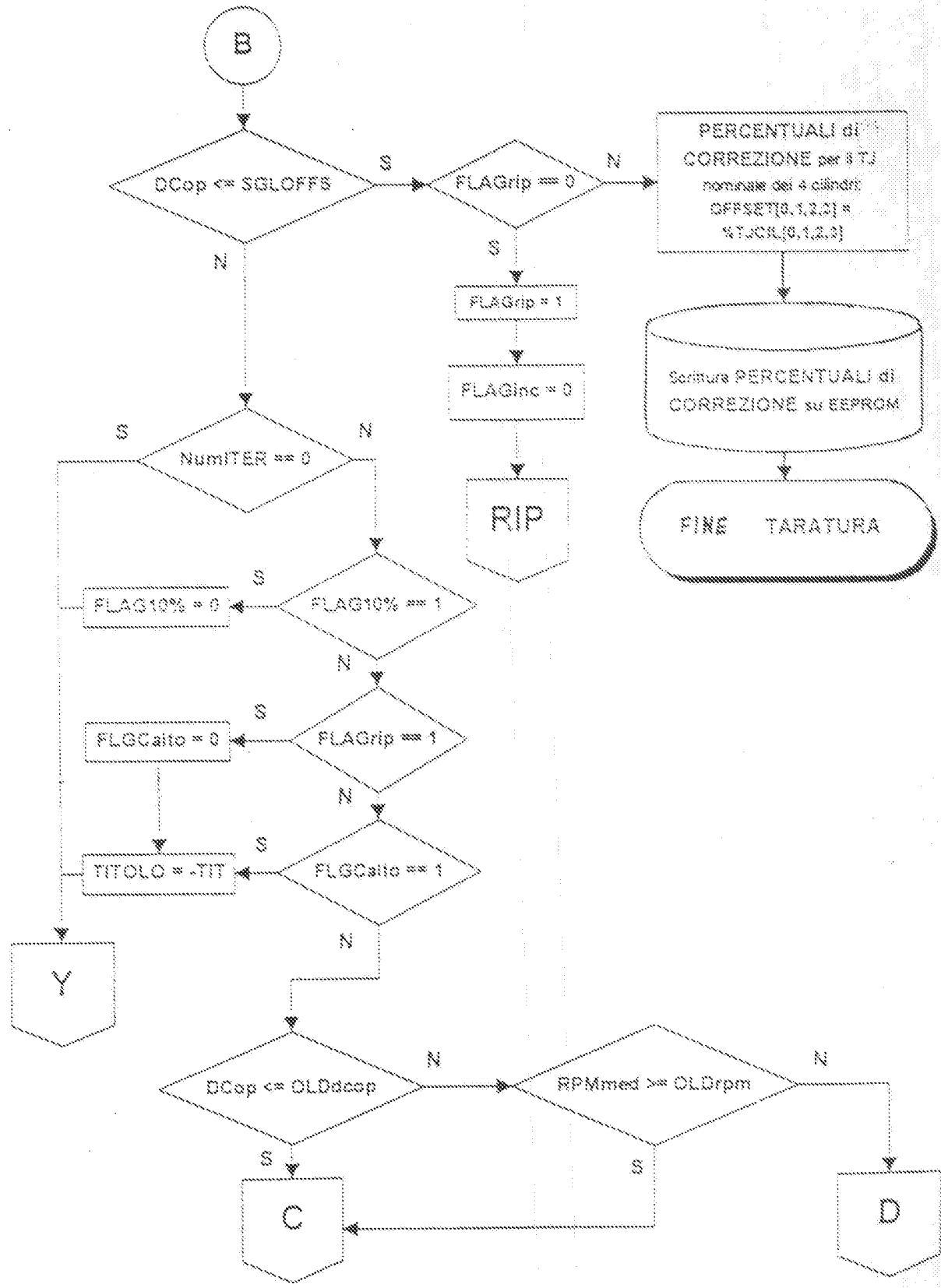


FIG. 12



Handwritten signature and date: 17/07/95

FIG. 13

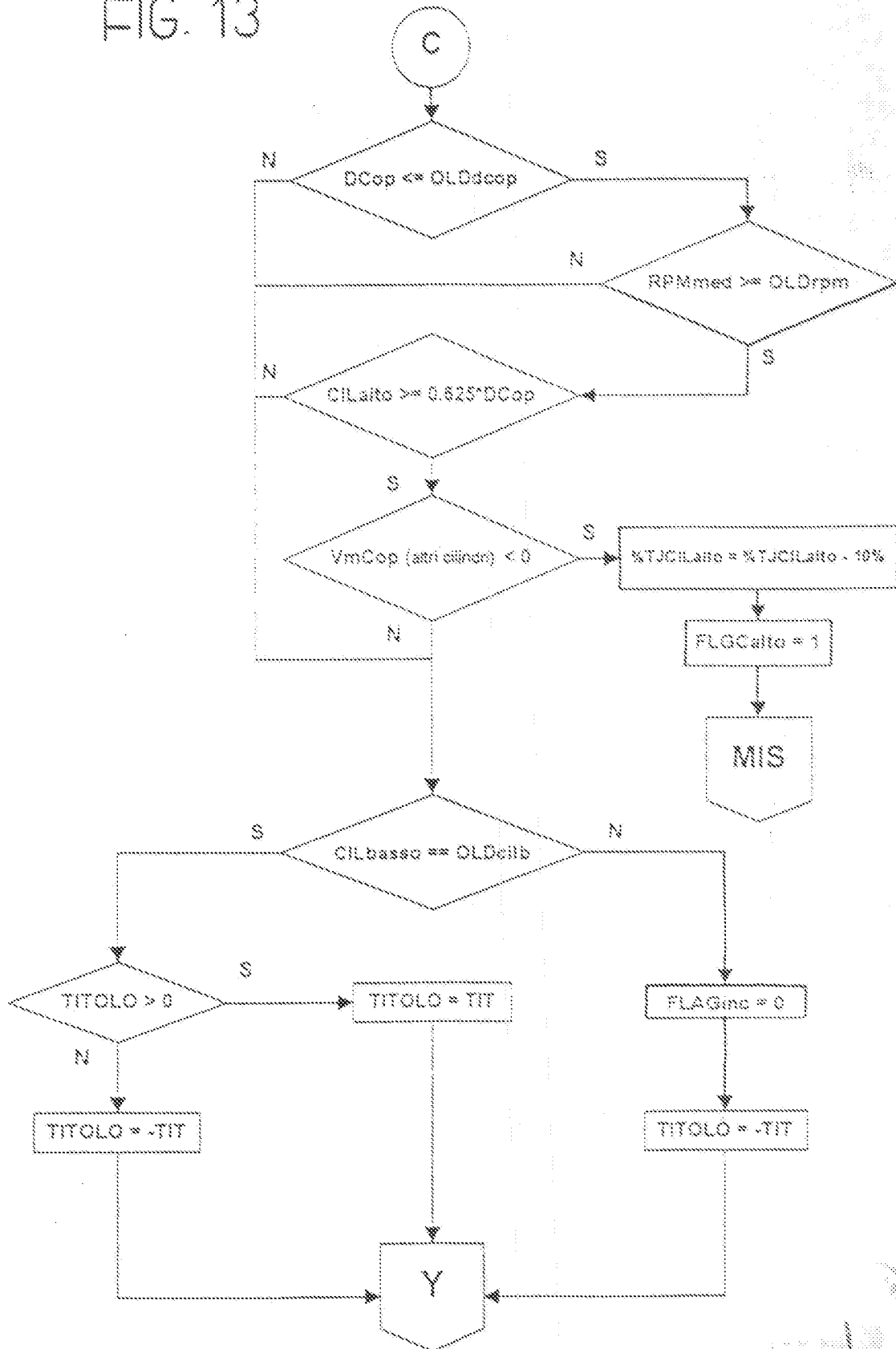


FIG. 14

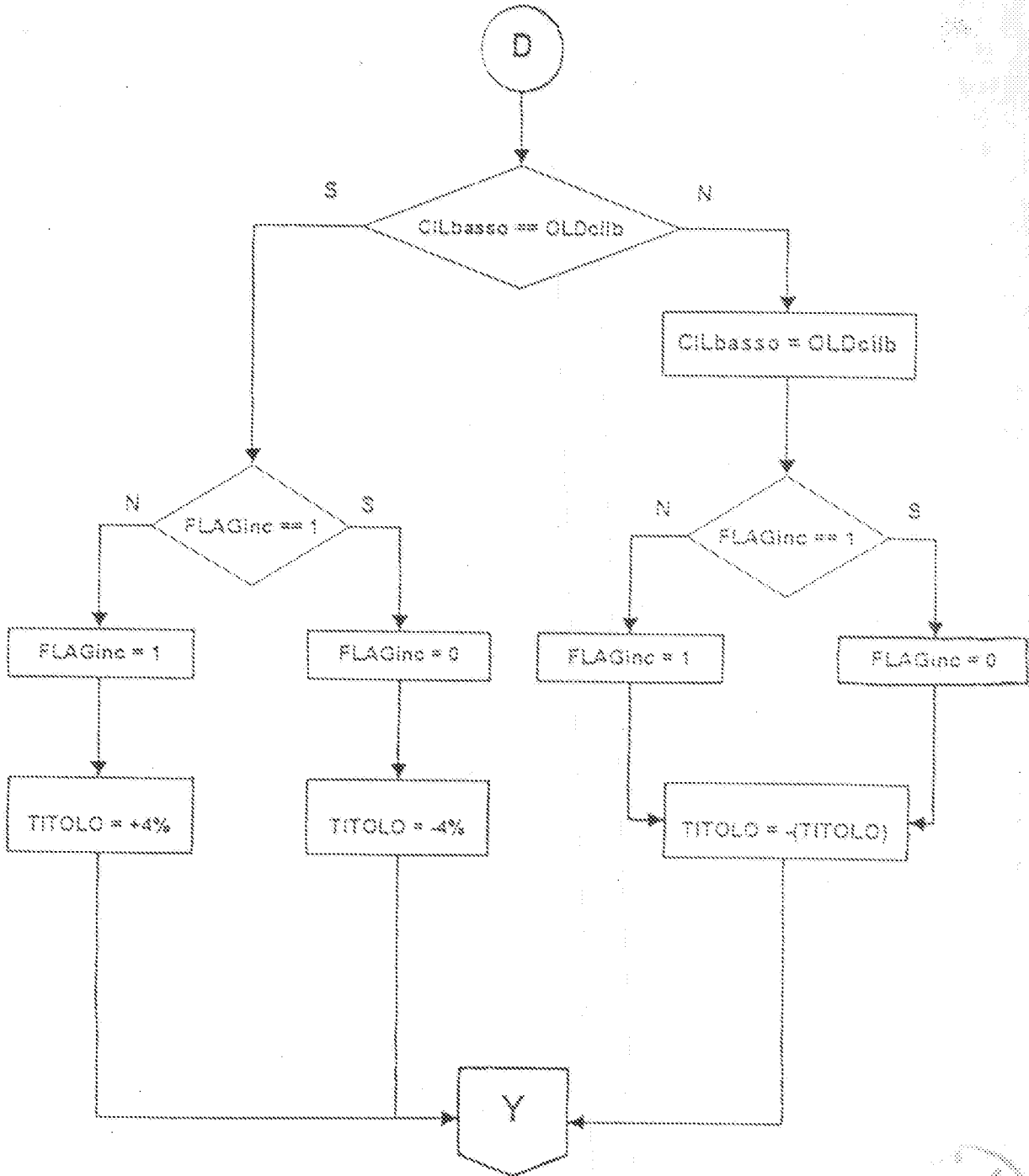


FIG. 15

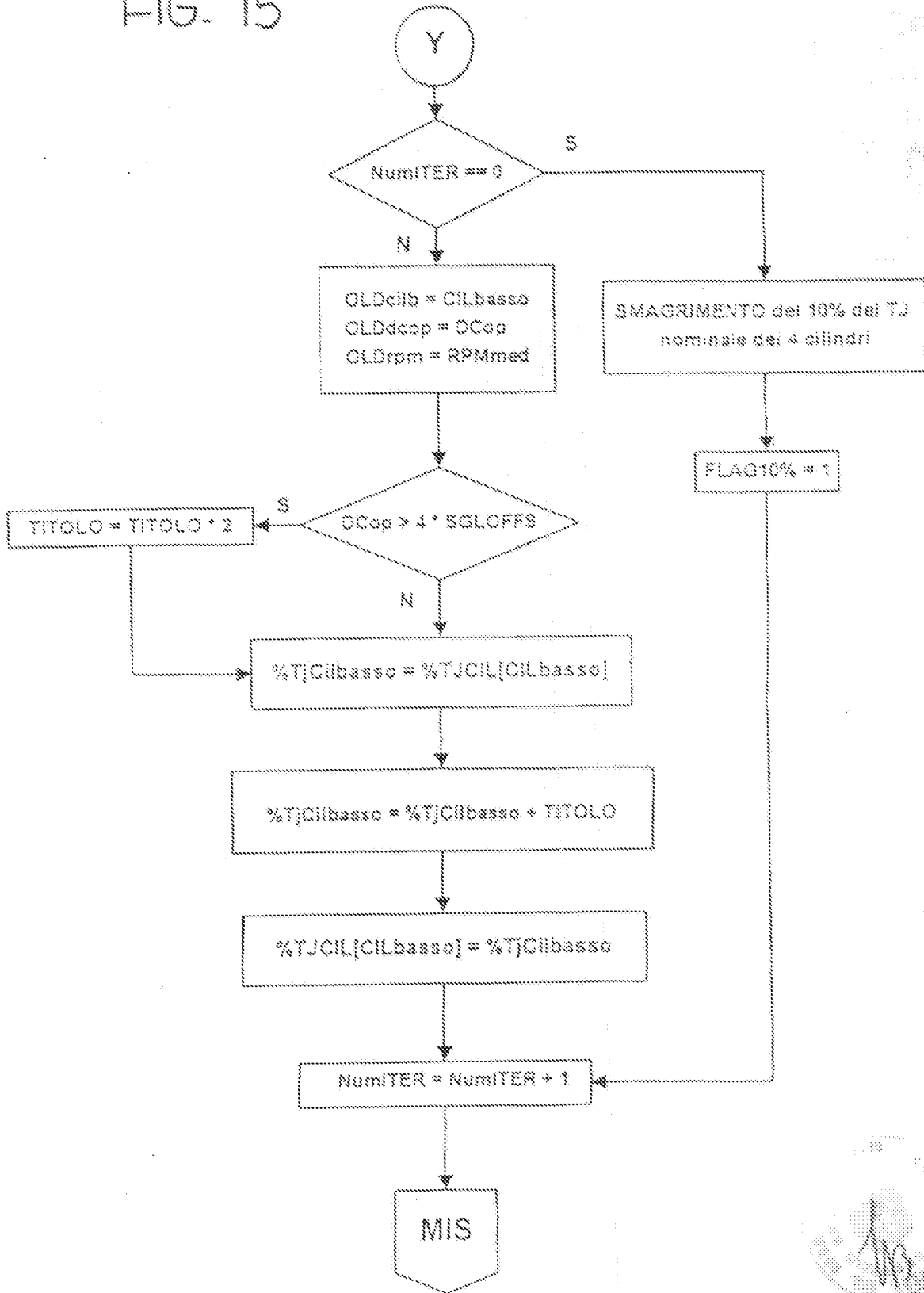


FIG. 16

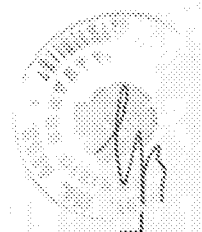
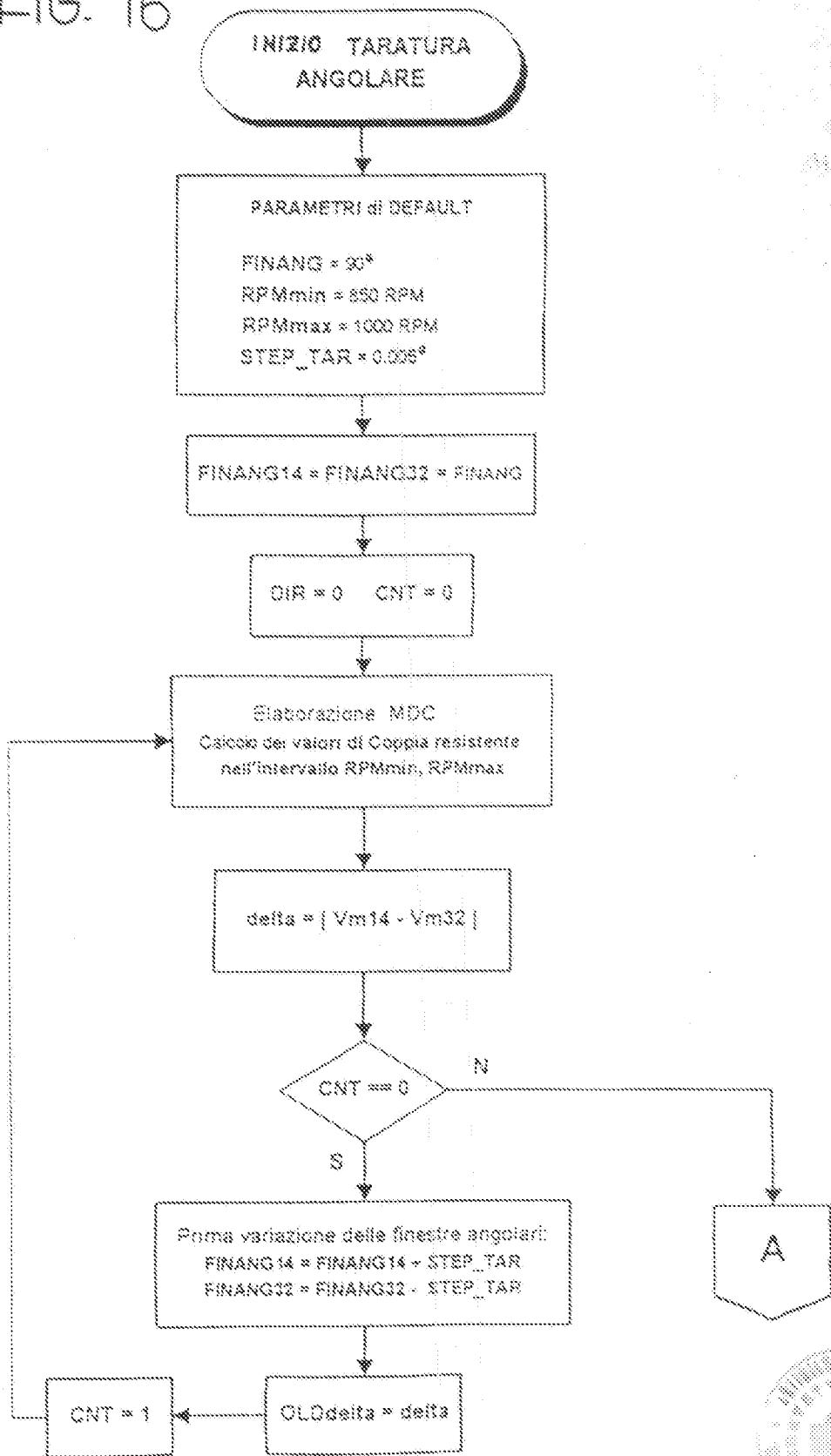
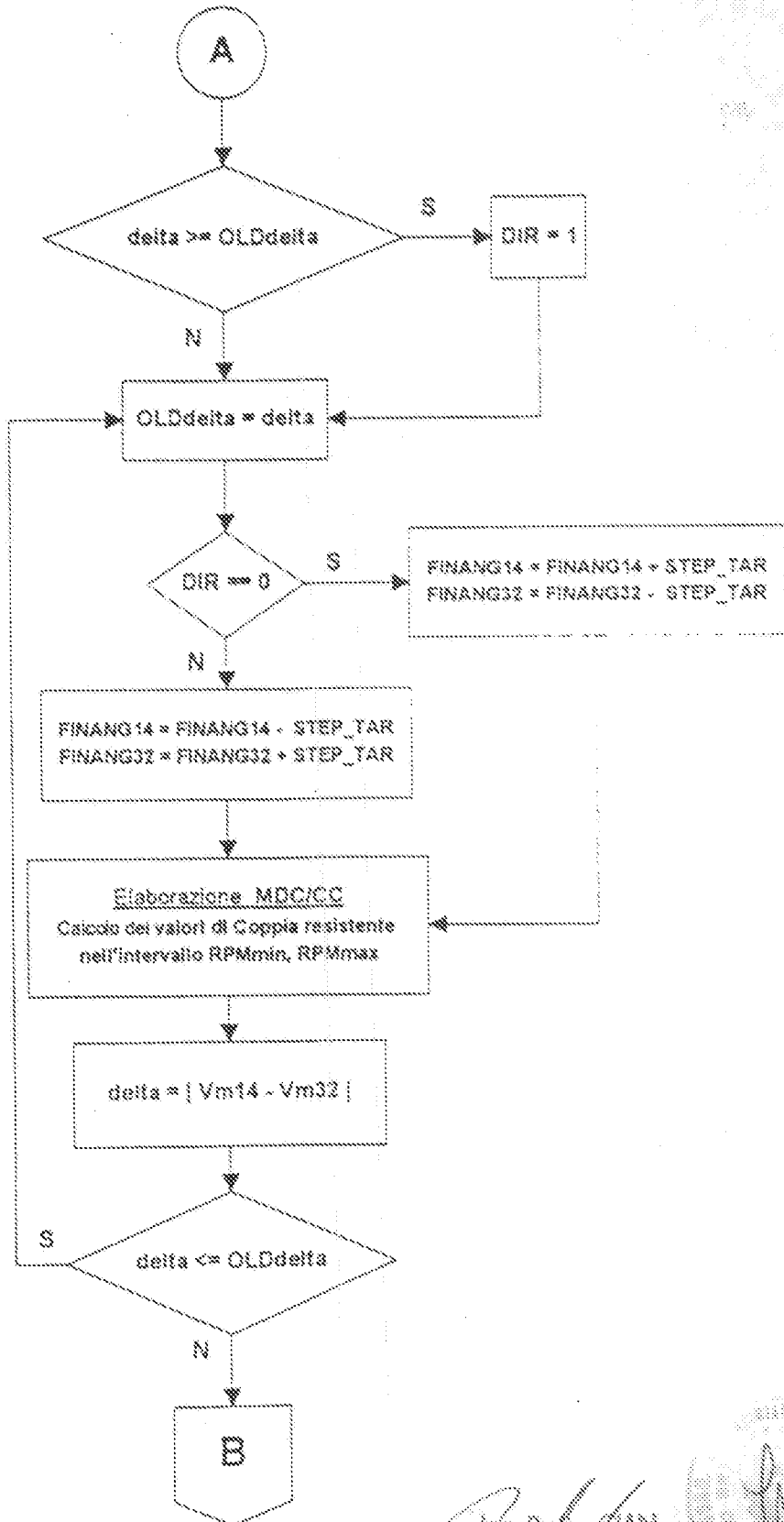
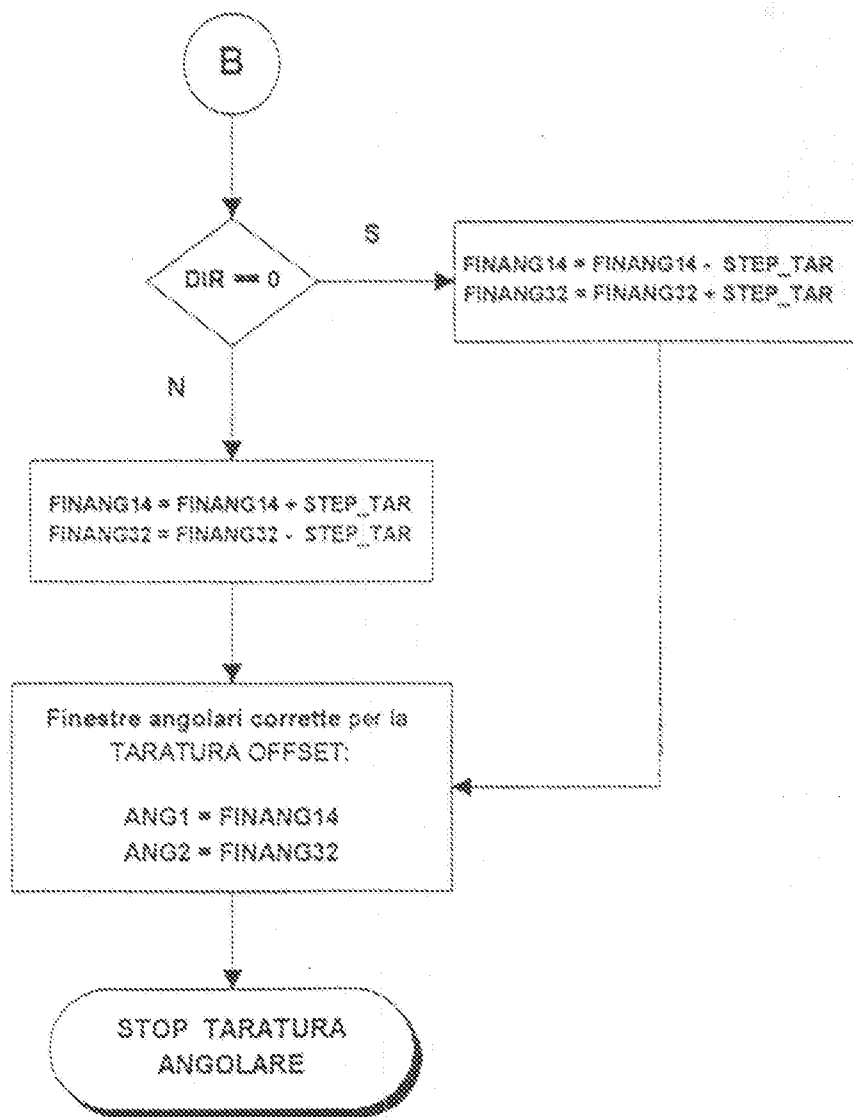


FIG. 17



[Handwritten signatures and stamps]

FIG. 18



[Handwritten signature and circular stamp]