

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901773558A1

Publication Date

20110414

Applicant

MAGNETI MARELLI S.P.A.

Title

METODO DI CONTROLLO DELLA DETONAZIONE IN UN MOTORE A  
DELLA APERTURA DELLE VALVOLE DI ASPIRAZIONE.

## DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO DI CONTROLLO DELLA DETONAZIONE IN UN MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA PROVVISIO DI UN DISPOSITIVO DI CONTROLLO DELLA APERTURA DELLE VALVOLE DI ASPIRAZIONE"

di MAGNETI MARELLI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIALE ALDO BORLETTI 61/63

CORBETTA (MI)

Inventori: GARAGNANI Nicola, SENSI Fabio, CAVANNA Filippo,  
SGATTI Stefano

\*\*\* \*\*

### SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un metodo di controllo della detonazione in un motore a combustione interna provvisto di un dispositivo di controllo della apertura delle valvole di aspirazione.

### ARTE ANTERIORE

Un motore a combustione interna ad accensione comandata comprende un numero di cilindri, ciascuno dei quali è provvisto di un pistone che scorre ciclicamente all'interno del cilindro e di una candela che viene ciclicamente pilotata da una centralina elettronica per fare scoccare una scintilla tra i propri elettrodi e determinare quindi l'accensione dei gas compressi all'interno del cilindro stesso. La centralina di controllo

**Matteo MACCAGNAN**  
(Iscrizione Albo N.987/BM)

comprende una memoria, in cui vengono memorizzate una serie di mappe che forniscono i valori di pilotaggio delle candele in funzione del punto motore corrente; in particolare, per ciascuna candela le mappe forniscono il valore dell'anticipo di accensione, cioè il valore dell'intervallo angolare che intercorre tra l'accensione, cioè tra lo scocco della scintilla tra gli elettrodi della candela, ed il punto morto superiore o PMS del pistone; se il valore dell'anticipo di accensione è zero, allora l'accensione, cioè lo scocco della scintilla tra gli elettrodi della candela, avviene esattamente in corrispondenza del punto morto superiore o PMS del pistone.

I valori dell'anticipo di accensione memorizzati nella mappe contenute nella centralina di controllo vengono determinati nella fase di messa a punto del motore per cercare di garantire una buona combustione in tutte le possibili condizioni di funzionamento in modo tale da avere un buon rendimento termico del motore e contemporaneamente salvaguardare l'integrità del motore stesso, cioè evitare la presenza di eccessivi fenomeni di detonazione all'interno dei cilindri. La detonazione è una combustione di tipo esplosivo di parte della miscela aria-carburante che ha luogo prima che essa sia raggiunta dal fronte della fiamma generato dalla candela; in seguito alla detonazione si crea una serie di onde di pressione che attraversano la

camera di combustione andando a urtare con violenza contro le pareti metalliche. La detonazione avviene quando all'interno della camera si superano determinati valori critici di temperatura e di pressione (che possono variare anche considerevolmente da motore a motore). Quando la detonazione ha luogo ai regimi medio-bassi spesso causa una tipica rumorosità metallica, chiaramente avvertibile, conosciuta come "battito in testa"; quando la detonazione è di entità rilevante viene denominata "megaknock" e può avere effetti disastrosi per l'integrità di organi meccanici come il pistone. La detonazione si verifica di norma quando l'anticipo di accensione è eccessivo, quando si impiega un carburante con numero di ottano troppo basso (il potere antidetonante di un carburante viene appunto indicato dal suo numero di ottano) o, nei motori sovralimentati, quando la pressione di sovralimentazione è troppo alta.

L'andamento della combustione è influenzato da molti fattori (tra i più importanti le caratteristiche del carburante, la temperatura della testata del motore, il degrado delle candele) il cui effetto è sostanzialmente impossibile da prevedere con precisione. Per tale motivo risulta necessario utilizzare un sensore di detonazione, il quale rileva l'eventuale presenza di eccessiva detonazione; in caso di eccessiva detonazione in un cilindro, la

centralina di controllo provvede a ridurre per tale cilindro il valore dell'anticipo di accensione in modo tale da eliminare la detonazione nel cilindro stesso (in questo modo la massima pressione nel cilindro si riduce e viene raggiunta più tardi rispetto al PMS, rendendo "meno probabile" l'evento detonante).

Tuttavia, in termini di efficienza della combustione, ridurre l'anticipo di accensione di un cilindro corrisponde ad una perdita di rendimento termodinamico: la massa d'aria al cilindro e di conseguenza anche la massa di benzina iniettata vengono mantenute costanti, ma, riducendo l'anticipo di accensione, si riduce il rendimento di combustione, ovvero la frazione di energia chimica convertita in energia meccanica. Ciò evidentemente ha ripercussioni negative sul consumo di combustibile e sulla generazione di sostanza inquinanti.

Inoltre, in un motore a combustione interna sovralimentato si possono verificare degli eventi detonanti di elevata intensità (denominati comunemente "megaknock") che per la loro violenza sono particolarmente pericolosi per l'integrità del motore; infatti in caso di "megaknock" i picchi di pressione che possono venire raggiunti all'interno del cilindro sono talmente elevati che pochi eventi possono mettere a rischio l'integrità del motore. Una delle caratteristiche del "megaknock" è che si tratta

di un evento assimilabile ad una preaccensione, ovvero una autoaccensione indipendente dalla scintilla prodotta dalla candela; è evidente che non è possibile controllare un fenomeno di questo tipo aumentando il ritardo di accensione: anzi, un'azione di questo tipo potrebbe risultare addirittura controproducente. Quando viene rilevato un "megaknock", la centralina di controllo normalmente non riduce l'anticipo di accensione ma provvede a ridurre l'afflusso di aria (e, quindi di conseguenza, la quantità di carburante per mantenere il rapporto aria/carburante desiderato) a tutti i cilindri chiudendo la valvola a farfalla dell'aspirazione e riducendo la pressione di sovralimentazione per spostare il punto di funzionamento del motore verso condizioni più "sicure" (cioè con pressioni minori nei cilindri). Tuttavia, questa azione ha ovviamente la conseguenza di diminuire la coppia motrice generata dal motore determinando un "buco di coppia" che è chiaramente avvertibile dal guidatore con un peggioramento sia del piacere di guida, sia del comfort; inoltre, questa azione è decisamente lenta, in quanto a regimi elevati l'effetto di una chiusura della valvola a farfalla si avverte nei cilindri dopo alcuni cicli motore a causa delle inevitabili inerzie legate alla distanza esistente tra la valvola a farfalla ed i cilindri ed alla dinamica di svuotamento del collettore di aspirazione.

## DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è fornire un metodo di controllo della detonazione in un motore a combustione interna provvisto di un dispositivo di controllo della apertura delle valvole di aspirazione, il quale metodo di controllo sia privo degli inconvenienti sopra descritti e, in particolare, sia di facile ed economica implementazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo di controllo della detonazione in un motore a combustione interna provvisto di un dispositivo di controllo della apertura delle valvole di aspirazione secondo quanto rivendicato dalle rivendicazioni allegate.

## BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica di un motore a combustione interna provvisto di una unità di controllo che implementa il metodo di controllo della detonazione oggetto della presente invenzione; e
- la figura 2 è una vista schematica di un cilindro del motore a combustione interna della figura 1.

## FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo complesso un motore a combustione interna ad accensione

comandata comprendente quattro cilindri 2 disposti in linea. Ciascun cilindro 2 alloggia un rispettivo pistone 3 meccanicamente collegato mediante una biella ad un albero 4 motore per trasmettere all'albero 4 motore stesso la forza generata dalla combustione all'interno del cilindro 2.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, il motore 1 a combustione interna comprende un collettore 5 di aspirazione che è collegato a ciascun cilindro 2 mediante due valvole 6 di aspirazione (solo una delle quali è illustrata nella figura 2) e riceve aria fresca (cioè aria proveniente dall'ambiente esterno) attraverso una valvola 7 a farfalla mobile tra una posizione di chiusura ed una posizione di massima apertura. Inoltre, il motore 1 a combustione interna comprende un collettore 8 di scarico che è collegato a ciascun cilindro 2 mediante due valvole 9 di scarico (solo una delle quali è illustrata nella figura 2) che confluisce in un condotto di emissione (non illustrato) per emettere i gas prodotti dalla combustione nell'atmosfera.

La posizione di ciascuna valvola 9 di scarico viene direttamente controllata da un albero 10 a camme che riceve il moto dell'albero 4 motore; invece, la posizione delle valvole 6 di aspirazione viene controllata da un dispositivo 11 di controllo di apertura valvole che comanda le valvole 6 di aspirazione gestendone angolo di apertura

ed alzata in modo da controllare la coppia erogata mediante le valvole 6 di aspirazione. Il dispositivo 11 di controllo di apertura valvole utilizza un tradizionale albero 12 a camme che riceve il moto dell'albero 4 motore e per ciascuna valvola 6 di aspirazione comprende un attuatore 13 idraulico elettrocontrollato (cioè controllato mediante una elettrovalvola), il quale è interposto tra uno stelo della valvola 6 di aspirazione e l'albero 12 a camme. Pilotando opportunamente ciascun attuatore 13 idraulico è possibile regolare il moto trasmesso dall'albero 12 a camme allo stelo della valvola 6 di aspirazione e quindi è possibile regolare l'effettiva alzata della valvola 6 di aspirazione. Quindi, l'azione del dispositivo 11 di controllo permette di variare per ciascun cilindro 2 e ad ogni ciclo motore l'effettiva alzata di ciascuna valvola 6 di aspirazione in modo indipendente dalle altre valvole 6 di aspirazione.

Per ciascun cilindro 2 è previsto un corrispondente iniettore 14; secondo la forma di attuazione illustrata nella figura 2, l'iniezione è di tipo indiretto e quindi ciascun iniettore 14 è disposto a monte del cilindro 2 in un condotto di aspirazione che collega il collettore 5 di aspirazione al cilindro 2. Secondo una alternativa forma di attuazione non illustrata, l'iniezione è di tipo diretto e quindi ciascun iniettore 14 è parzialmente disposto all'interno del cilindro 2.

Inoltre, ciascun cilindro 2 comprende una candela 15, la quale è disposta attraverso il cielo del cilindro 2 in posizione centrale tra le valvole 5 di aspirazione e le valvole 9 di scarico e viene ciclicamente attivata per determinare l'accensione dei gas compressi all'interno del cilindro 2 al termine di ciascuna fase di compressione.

Il motore 1 comprende una unità 16 di controllo, la quale sovrintende al funzionamento del motore 1 a combustione e, tra le altre cose, pilota le candele 15 per determinare l'accensione dei gas compressi all'interno di ciascun cilindro 2. L'unità 16 di controllo comprende una memoria 17, in cui vengono memorizzate una serie di mappe che forniscono i valori di pilotaggio delle candele 15 in funzione del punto motore corrente; in particolare, per ciascuna candela 15 (cioè per ciascun cilindro 2) le mappe memorizzate nella memoria 17 forniscono un anticipo di accensione standard.

Per ogni combustione di ciascun cilindro 2, l'unità 16 di controllo calcola un indice  $I_{KN}$  di detonazione che rappresenta il livello di detonazione della combustione in esame ed è variabile tra un valore nullo che indica la completa assenza di detonazione ed un valore massimo che indica una combustione completamente detonante. L'indice di detonazione viene calcolato dalla unità 16 di controllo attraverso un opportuno trattamento di un segnale

proveniente da uno o più sensori di detonazione connessi alla unità 16 di controllo. Ad esempio, ciascun sensore di detonazione comprende un misuratore di corrente, il quale è disposto in serie al circuito elettrico di una candela 15 per misurare la corrente ionizzante che circola attraverso gli elettrodi della candela 15 durante la combustione. In alternativa, ciascun sensore di detonazione comprende un misuratore di pressione che rileva l'intensità delle onde di pressione generate nei cilindri 2 del motore 1 a combustione interna.

Un modesto livello di detonazione non è (sempre) negativo, in quanto permette di ottimizzare la combustione (e quindi massimizzare l'efficienza termica) e nel contempo non compromette l'integrità del motore 1 a combustione interna. Per tale motivo l'unità 16 di controllo potrebbe implementare una strategia "aggressiva" per il controllo dell'anticipo di accensione, secondo la quale per ciascun cilindro 2 l'anticipo di accensione standard fornito dalle mappe memorizzate nella memoria 17 viene aumentato per avvicinarsi all'insorgenza della detonazione o, addirittura, per ottenere un modesto livello di detonazione in modo da ottimizzare la combustione. Tipicamente, tale strategia "aggressiva" prevede per ciascun cilindro 2 di aumentare progressivamente l'anticipo di accensione effettivo a partire dall'anticipo di accensione standard

fornito dalle mappe memorizzate nella memoria 17 mediante una crescita a rampa lineare fino a quando non si raggiunge un livello di detonazione desiderato; una volta raggiunto il livello di detonazione desiderato, l'anticipo di accensione effettivo viene mantenuto sostanzialmente costante fino a quando il livello di detonazione non si discosta in eccesso o in difetto dal livello di detonazione desiderato.

L'unità 16 di controllo confronta l'indice  $I_{KN}$  di detonazione di ciascun cilindro 2 con un primo valore di soglia  $S_1$  che indica la massima detonazione accettabile (che può essere zero o leggermente superiore a zero in quanto un modesto livello di detonazione potrebbe essere desiderabile) e con un secondo valore di soglia  $S_2$  che indica la presenza di eventi detonanti di elevata intensità (denominati comunemente "megaknock") che per la loro violenza sono particolarmente pericolosi per l'integrità del motore 1 a combustione interna (preferibilmente, i valori di soglia  $S_1$  e  $S_2$  non sono costanti, ma dipendono dal punto motore). E' importante osservare che i "megaknock" si manifestano normalmente in presenza di sovralimentazione e quindi non sono generalmente presenti quando l'aspirazione avviene a pressione atmosferica.

Quando l'indice  $I_{KN}$  di detonazione di un cilindro 2 è inferiore al primo valore di soglia  $S_1$ , cioè quando la

detonazione effettiva è inferiore alla massima detonazione accettabile, l'unità 16 di controllo non effettua alcun tipo di intervento per limitare la detonazione; anzi, al contrario, se l'indice  $I_{KN}$  di detonazione è significativamente inferiore al primo valore di soglia  $S_1$  (cioè, come detto in precedenza, è inferiore al livello di detonazione desiderato) l'unità 16 di controllo potrebbe provare ad aumentare la detonazione aumentando gradualmente l'anticipo di accensione effettivo per il cilindro 2 in esame come descritto in precedenza. Invece, quando l'indice  $I_{KN}$  di detonazione di un cilindro 2 è superiore al primo valore di soglia  $S_1$ , o, ancora peggio, è superiore anche al secondo valore di soglia  $S_2$ , l'unità 16 di controllo interviene per limitare la detonazione nel cilindro 2.

Quando l'indice  $I_{KN}$  di detonazione di un cilindro 2 è superiore al primo valore di soglia  $S_1$  ed inferiore al secondo valore di soglia  $S_2$ , l'unità 16 di controllo può effettuare due tipi di intervento per limitare la detonazione nel cilindro 2: ridurre l'anticipo di accensione a partire dal ciclo motore successivo al ciclo motore in cui è stata determinata la presenza di una detonazione eccessiva e/o diminuire la massa di aria aspirata dal cilindro 2 stesso a partire dal ciclo motore successivo al ciclo motore in cui è stata determinata la presenza di una detonazione eccessiva agendo sul

dispositivo 11 di controllo di apertura valvole che comanda le valvole 6 di aspirazione del cilindro 2 (riducendo la densità della carica nel cilindro 2 si riduce l'energia sviluppata e si allontana la probabilità di detonazione). Ovviamente, quando l'unità 16 di controllo diminuisce la massa di aria aspirata da un cilindro 2 effettua anche e contestualmente una analoga diminuzione della massa del carburante iniettato nel cilindro 2 in modo tale da non variare il rapporto aria/carburante che deve rimanere pari ad un valore desiderato.

Per decidere quale tipo di intervento utilizzare, l'unità 16 di controllo confronta l'anticipo di accensione effettivo del cilindro 2 con un anticipo di accensione minimo (tipicamente ma non necessariamente pari all'anticipo di accensione standard fornito dalle mappe memorizzate nella memoria 17) e se l'anticipo di accensione effettivo è maggiore dell'anticipo di accensione minimo allora l'unità 16 di controllo diminuisce l'anticipo di accensione effettivo; in questo caso, la diminuzione dell'anticipo di accensione effettivo è tanto più rilevante quanto più elevato è l'indice  $I_{KN}$  di detonazione. In ogni caso, l'unità 16 di controllo non diminuisce l'anticipo di accensione effettivo oltre l'anticipo di accensione minimo, cioè l'anticipo di accensione effettivo non viene mai ridotto al di sotto dell'anticipo di accensione minimo:

quando l'anticipo di accensione effettivo è pari all'anticipo di accensione minimo allora l'unità 16 di controllo non diminuisce ulteriormente l'anticipo di accensione effettivo e per limitare la detonazione nel cilindro 2 interviene riducendo la massa di aria aspirata dal cilindro 2 stesso a partire dal successivo ciclo motore.

Normalmente, in caso di eccessiva detonazione in un cilindro 2 l'unità 16 di controllo inizia con ridurre l'anticipo di accensione effettivo fino, se necessario, all'anticipo di accensione minimo e solo quando l'anticipo di accensione effettivo ha raggiunto l'anticipo di accensione minimo allora l'unità 16 di controllo procede con la riduzione della massa di aria aspirata dal cilindro 2. Quanto la detonazione è significativa (cioè l'indice  $I_{KN}$  di detonazione è abbastanza superiore al primo valore di soglia  $S_1$  pur rimanendo inferiore al secondo valore di soglia  $S_2$ ), l'unità 16 di controllo può decidere di operare contemporaneamente sia la riduzione dell'anticipo di accensione effettivo (che viene normalmente ridotto all'anticipo di accensione minimo), sia la riduzione della massa di aria aspirata dal cilindro 2.

La diminuzione dell'anticipo di accensione e/o la diminuzione della massa di aria aspirata in un cilindro 2 che presenta una detonazione eccessiva sono tanto più

elevate quanto più elevata è la detonazione; ad esempio quando l'indice  $I_{KN}$  di detonazione è solo leggermente superiore al primo valore di soglia  $S_1$  la diminuzione dell'anticipo di accensione e/o la diminuzione della massa di aria aspirata sono modeste mentre quando l'indice  $I_{KN}$  di detonazione è significativamente superiore al primo valore di soglia  $S_1$  (pur rimanendo inferiore al secondo valore di soglia  $S_2$ ) la diminuzione dell'anticipo di accensione e/o la diminuzione della massa di aria aspirata sono elevate.

Quando l'indice  $I_{KN}$  di detonazione di un cilindro 2 è superiore anche al secondo valore di soglia  $S_2$ , cioè in caso di "megaknock", l'unità 16 di controllo effettua immediatamente una diminuzione rilevante della massa di aria aspirata dal cilindro 2 stesso a partire dal successivo ciclo motore ed agendo sul dispositivo 11 di controllo di apertura valvole che comanda le valvole 6 di aspirazione del cilindro 2. Tale diminuzione della massa di aria aspirata dal cilindro 2 è sempre rilevante per salvaguardare l'integrità del motore 1 a combustione interna. In caso di "megaknock", l'unità 16 di controllo normalmente non effettua alcun intervento sull'anticipo di accensione, in quanto il "megaknock" non è influenzato dall'anticipo di accensione. Inoltre, in caso di "megaknock" l'unità 16 di controllo potrebbe anche ridurre la pressione di sovralimentazione intervenendo ad esempio

sulla valvola wastegate del turbocompressore per ridurre ulteriormente la densità della carica nel cilindro 2 e quindi preservare meglio l'integrità del motore 1 a combustione interna.

La modalità di controllo sopra descritta viene applicata in modo individuale a ciascun cilindro 2, cioè per ciascun cilindro 2 viene determinato un corrispondente indice  $I_{kn}$  di detonazione e quindi per ciascun cilindro 2 viene determinato se è necessario diminuire l'anticipo di accensione e/o diminuire la massa di aria aspirata (e conseguentemente la massa del carburante iniettato) per limitare una detonazione eccessiva. In questo modo è possibile tenere conto delle inevitabili differenze che esistono tra i vari cilindri 2 sia per effetto delle tolleranze costruttive, sia per effetto delle differenze di temperatura delle pareti dei cilindri 2 dovute alle diverse posizione dei cilindri 2 all'interno del motore 1 a combustione interna. In altre parole, per limitare la detonazione in un cilindro 2 l'unità 16 di controllo diminuisce l'anticipo di accensione e/o la massa di aria aspirata del cilindro 2 stesso a partire dal successivo ciclo motore lasciano inalterati l'anticipo di accensione e/o la massa di aria aspirata dagli altri cilindri 2 (ovviamente se gli altri cilindri 2 non presentano una detonazione eccessiva).

Il sopra descritto metodo di controllo della detonazione presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, il sopra descritto metodo di controllo della detonazione è di semplice ed economica implementazione in una centralina elettronica di controllo di un motore a combustione interna provvisto di un dispositivo di controllo di apertura valvole che comanda le valvole di aspirazione in quanto non richiede alcuna modifica fisica ed impegna una modesta capacità di calcolo della unità 6 di controllo.

Inoltre, il sopra descritto metodo di controllo della detonazione permette di mantenere sotto controllo la detonazione nei vari cilindri 2 senza effetti negativi rilevanti sul rendimento termodinamico delle combustioni che viene mantenuto prossimo ai massimi valori possibili con evidenti benefici sui consumi e sul contenimento degli inquinanti. Questo risultato viene ottenuto grazie al fatto che in caso di detonazione l'anticipo di accensione effettivo non viene mai ridotto al di sotto dell'anticipo di accensione minimo che tipicamente è pari all'anticipo di accensione standard fornito dalle mappe memorizzate nella memoria 17; in questo modo la combustione nei cilindri 2 non avviene mai con un anticipo di accensione effettivo troppo piccolo e quindi con rendimenti termodinamici modesti.

Per ridurre la detonazione è possibile agire sia mediante la tradizionale riduzione dell'anticipo di accensione, sia mediante l'innovativa riduzione della massa di aria aspirata; in entrambi i casi l'azione correttiva determina una riduzione della coppia prodotta nella combustione del cilindro 2 sul quale viene applicata l'azione correttiva (se la riduzione non è eccessiva, la coppia prodotta complessivamente dal motore 1 a combustione interna non ha una flessione avvertibile dal guidatore). Tuttavia è evidente il vantaggio della correzione mediante riduzione della massa di aria aspirata: ritardando l'anticipo di accensione e mantenendo costante la massa d'aria aspirata (e la massa del carburante iniettato) nel cilindro 2 che ha detonato si degrada l'efficienza termodinamica (particolarmente quando l'anticipo di accensione effettivo scende al di sotto dell'anticipo di accensione minimo), mentre riducendo la massa d'aria aspirata (e la massa del carburante iniettato) senza modificare l'anticipo di accensione (o meglio non riducendo l'anticipo di accensione effettivo al di sotto dell'anticipo di accensione minimo) si mantiene (circa) inalterato il rendimento termodinamico. Il metodo di controllo sopra descritto permette di ottenere un equilibrio ottimale tra la riduzione dell'anticipo di accensione e la riduzione della massa d'aria aspirata in caso di detonazione; infatti la combustione nei

cilindri 2 non avviene mai con un anticipo di accensione effettivo troppo piccolo (cioè inferiore all'anticipo di accensione minimo) e quindi con rendimenti termodinamici modesti.

Infine, in presenza di eventi detonanti di elevata intensità (denominati comunemente "megaknock"), il sopra descritto metodo di controllo della detonazione permette un intervento efficace, estremamente rapido (agisce già nel ciclo motore successivo al ciclo motore in cui si è manifestato il "megaknock"), e mirato unicamente sul cilindro 2 che presenta il problema (cioè gli altri cilindri 2 che non detonano continuano ad operare senza alcuna penalizzazione). In altre parole, la riduzione della massa d'aria aspirata dal cilindro 2 sul quale è stato rilevato il "megaknock" è ottenibile con una dinamica molto rapida (quindi con meno sollecitazioni dannose sul motore 1 a combustione interna) e viene applicata solo (o prevalentemente) sul cilindro 2 che ha presentato il problema; in questo modo, la riduzione di coppia complessiva erogata dal motore 1 a combustione interna risulta decisamente meno rilevante, quindi meno avvertibile dal guidatore.

## RIVENDICAZIONI

1) Metodo di controllo della detonazione in un motore (1) a combustione interna provvisto di un dispositivo (11) di controllo della apertura delle valvole (6) di aspirazione; il metodo di controllo comprende la fase di determinare la presenza di detonazione eccessiva nei cilindri (2) del motore (1) a combustione interna;

il metodo di controllo è **caratterizzato dal fatto di** comprende l'ulteriore fase di diminuire la massa di aria aspirata dal cilindro (2) in cui è presente una detonazione eccessiva agendo sul dispositivo (11) di controllo di apertura valvole che comanda le valvole (6) di aspirazione del cilindro (2).

2) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 1 comprendente l'ulteriore fase di diminuire la massa di aria aspirata dal cilindro (2) a partire dal ciclo motore successivo al ciclo motore in cui è presente una detonazione eccessiva.

3) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 1 o 2 comprendente l'ulteriore fase di non diminuire la massa di aria aspirata da altri cilindri (2) in cui non è presente una detonazione eccessiva.

4) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 1, 2 o 3 comprendente l'ulteriore fase di ridurre l'anticipo di accensione nel cilindro (2) in cui è presente una

**Matteo MACCAGNAN**  
*(Iscrizione Albo N.987/BM)*

detonazione eccessiva.

5) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 4 comprendente le ulteriori fasi di:

stabilire un anticipo di accensione minimo;

confrontare, in caso di detonazione eccessiva in un cilindro (2), l'anticipo di accensione effettivo del cilindro (2) con l'anticipo di accensione minimo; e

diminuire l'anticipo di accensione effettivo per limitare la detonazione nel cilindro (2) solo se l'anticipo di accensione effettivo è maggiore dell'anticipo di accensione minimo.

6) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 5 comprendente l'ulteriore fase di non diminuire l'anticipo di accensione effettivo oltre l'anticipo di accensione minimo.

7) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 6 comprendente l'ulteriore fase di intervenire riducendo la massa di aria aspirata dal cilindro (2) in cui è presente una detonazione eccessiva quando l'anticipo di accensione effettivo è pari all'anticipo di accensione minimo.

8) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 5, 6 o 7 comprendente le ulteriori fasi di:

iniziare, in caso di detonazione eccessiva in un cilindro (2), con una riduzione dell'anticipo di accensione effettivo fino, se necessario, all'anticipo di accensione

**Matteo MACCAGNAN**  
*(Iscrizione Albo N.987/BM)*

minimo; e

procedere con una riduzione della massa di aria aspirata dal cilindro (2) che presenta la detonazione eccessiva solo quando l'anticipo di accensione effettivo ha raggiunto l'anticipo di accensione minimo.

9) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 5, 6 o 7 comprendente l'ulteriore fase di operare contemporaneamente, nel cilindro (2) che presenta una detonazione eccessiva, sia una riduzione dell'anticipo di accensione effettivo, sia una riduzione della massa di aria aspirata.

10) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 5 a 9 comprendete le ulteriori fasi di:

determinare per ciascun cilindro (2) un anticipo di accensione standard; e

aumentare gradualmente l'anticipo di accensione effettivo a partire dall'anticipo di accensione standard fino a quando non si raggiunge un livello di detonazione desiderato in modo da ottimizzare la combustione.

11) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 10, in cui l'anticipo di accensione minimo è pari all'anticipo di accensione standard.

12) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 11 e comprendente l'ulteriore fase di effettuare, nel cilindro (2) in cui è presente un

**Matteo MACCAGNAN**  
(Iscrizione Albo N.987/BM)

"megaknock", una diminuzione rilevante della massa di aria aspirata senza effettuare alcun intervento sull'anticipo di accensione.

13) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 12 e comprendente le ulteriori fasi di:

calcolare per ogni combustione di ciascun cilindro (2) un indice ( $I_{KN}$ ) di detonazione che rappresenta il livello di detonazione della combustione in esame ed è variabile tra un valore nullo che indica la completa assenza di detonazione ed un valore massimo che indica una combustione completamente detonante;

confrontare l'indice ( $I_{KN}$ ) di detonazione con un primo valore di soglia ( $S_1$ ) che indica la massima detonazione accettabile; e

confrontare l'indice ( $I_{KN}$ ) di detonazione con un secondo valore di soglia ( $S_2$ ) che indica la presenza di eventi di "megaknock".

14) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 13 e comprendente l'ulteriore fase di effettuare, contestualmente alla diminuzione della massa d'aria aspirata ad un cilindro (2), una analoga diminuzione della massa del carburante iniettato nel cilindro (2) stesso in modo tale da non variare il rapporto aria/carburante.

**Matteo MACCAGNAN**  
(Iscrizione Albo N.987/BM)

15) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 14, in cui l'azione del dispositivo (11) di controllo permette di variare per ciascun cilindro (2) e ad ogni ciclo motore l'effettiva alzata di ciascuna valvola (6) di aspirazione in modo indipendente dalle altre valvole (6) di aspirazione.

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.

**Matteo MACCAGNAN**

**Matteo MACCAGNAN**  
*(Iscrizione Albo N.987/BM)*

## CLAIMS

1) Method of controlling knocking in an internal combustion engine (1) equipped with a device (11) to control the opening of the inlet valves (6); the control method comprises the step of determining the presence of excessive knocking in the cylinders (2) of the internal combustion engine (1);

the control method is **characterized by the fact of** comprising the further step of reducing the mass of air sucked into the cylinder (2) in which an excessive knocking occurs by acting on the device (11) for the control of the opening of the valves that controls the inlet valves (6) of the cylinder (2).

2) Control method according to claim 1 comprising the further step of reducing the mass of air sucked into the cylinder (2) starting from the engine cycle after the engine cycle where there is an excessive knocking.

3) Control method according to claim 1 or 2 comprising the further step of not decreasing the mass of air sucked in the cylinders (2) in which the knocking is not excessive.

4) Control method according to claim 1, 2 or 3 comprising the further step of reducing the ignition advance in the cylinder (2) where there is an excessive knocking.

5) Control method according to claim 4 comprising the further steps of:

establishing a minimum ignition advance;

comparing, in case of excessive knocking in a cylinder (2), the actual ignition advance of the cylinder (2) to the minimum ignition advance; and

decreasing the actual ignition advance in order to limit the knocking in the cylinder (2) only if the actual ignition advance is greater than the minimum ignition advance.

6) Control method according to claim 5 comprising the further step of not decreasing the actual ignition advance beyond the minimum ignition advance

7) Control method according to claim 6 comprising the further step of intervening by reducing the mass of air sucked into the cylinder (2) in which there is an excessive knocking when the ignition advance is equal to the minimum ignition advance.

8) Control method according to claim 5, 6 or 7 comprising the further steps of:

starting with, in case of excessive knocking in a cylinder (2), a reduction of the actual ignition advance down to, if necessary, the minimum ignition advance, and

proceeding with a reduction in the amount of air sucked into cylinder (2) in which the excessive knocking

occurred only when the actual ignition advance has reached the minimum ignition advance.

9) Control method according to claim 5, 6 or 7 comprising the further step of operating simultaneously in the cylinder (2) in which an excessive knocking occurs, both a reduction in actual ignition advance, and a reduction in the amount of air sucked.

10) Control method according to one of claims 5 to 9 comprising the further steps of:

determining for each cylinder (2) a standard ignition advance, and

gradually increasing the actual ignition advance starting from the standard ignition advance until a desired level of knocking is reached in order to optimize combustion.

11) Control method according to claim 10, in which the minimum ignition advance is equal to the standard ignition advance.

12) Control method according to one of claims 1 to 11 and comprising the further step of making, in the cylinder (2) where there is a "megaknock, a substantial decrease in the amount of air sucked without carrying out any work on the ignition advance.

13) Control method according to one of claims 1 to 12 and comprising the further steps of:

calculating for each combustion of each cylinder (2) an index ( $I_{KN}$ ) representing the level of knocking of combustion under consideration and ranges between a null value indicating the complete absence of knocking and a maximum value indicating a total detonating combustion;

comparing the knocking index ( $I_{KN}$ ) with a first threshold value ( $S_1$ ) which indicates the maximum acceptable knocking; and

comparing the knocking index ( $I_{KN}$ ) with a second threshold value ( $S_2$ ) which indicates the presence of "megaknock" events.

14) Control method according to one of claims 1 to 13 and comprising the further step of engaging, together with the decrease of the mass of air sucked into a cylinder (2), a similar decrease in the mass of fuel injected into the same cylinder (2) so as not to vary the air/fuel ratio.

15) Control method according to one of claims 1 to 14, wherein the operation of the control device (11) allows the variation for each cylinder (2) and for each engine cycle the actual opening of each inlet valve (6) independently of other inlet valves (6).

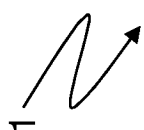
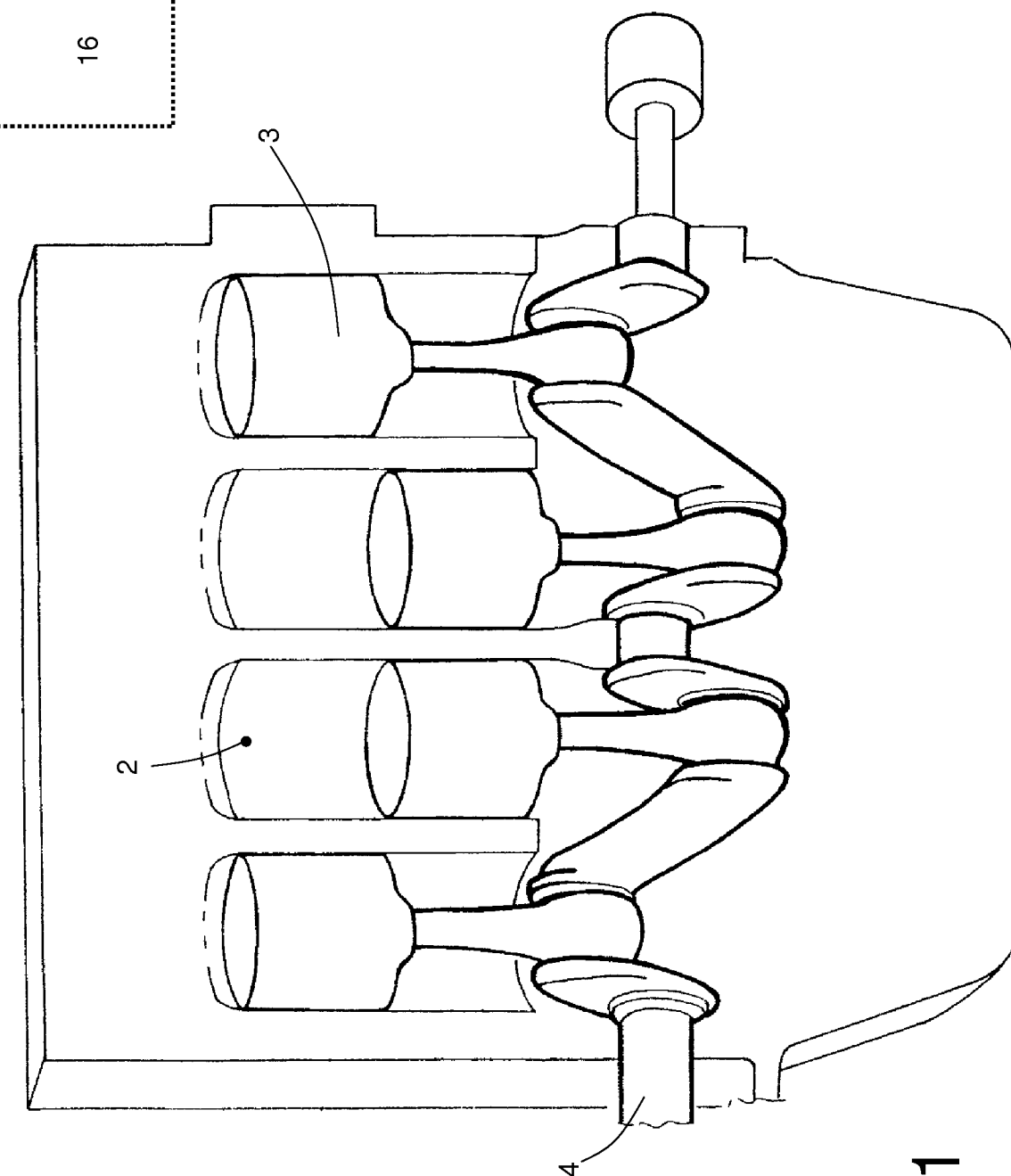
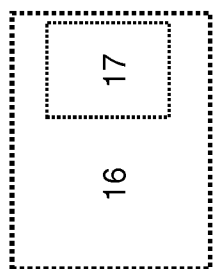


Fig. 1

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.  
 Matteo MACCAGNAN  
 (Iscrizione Albo nr. 987/BM)

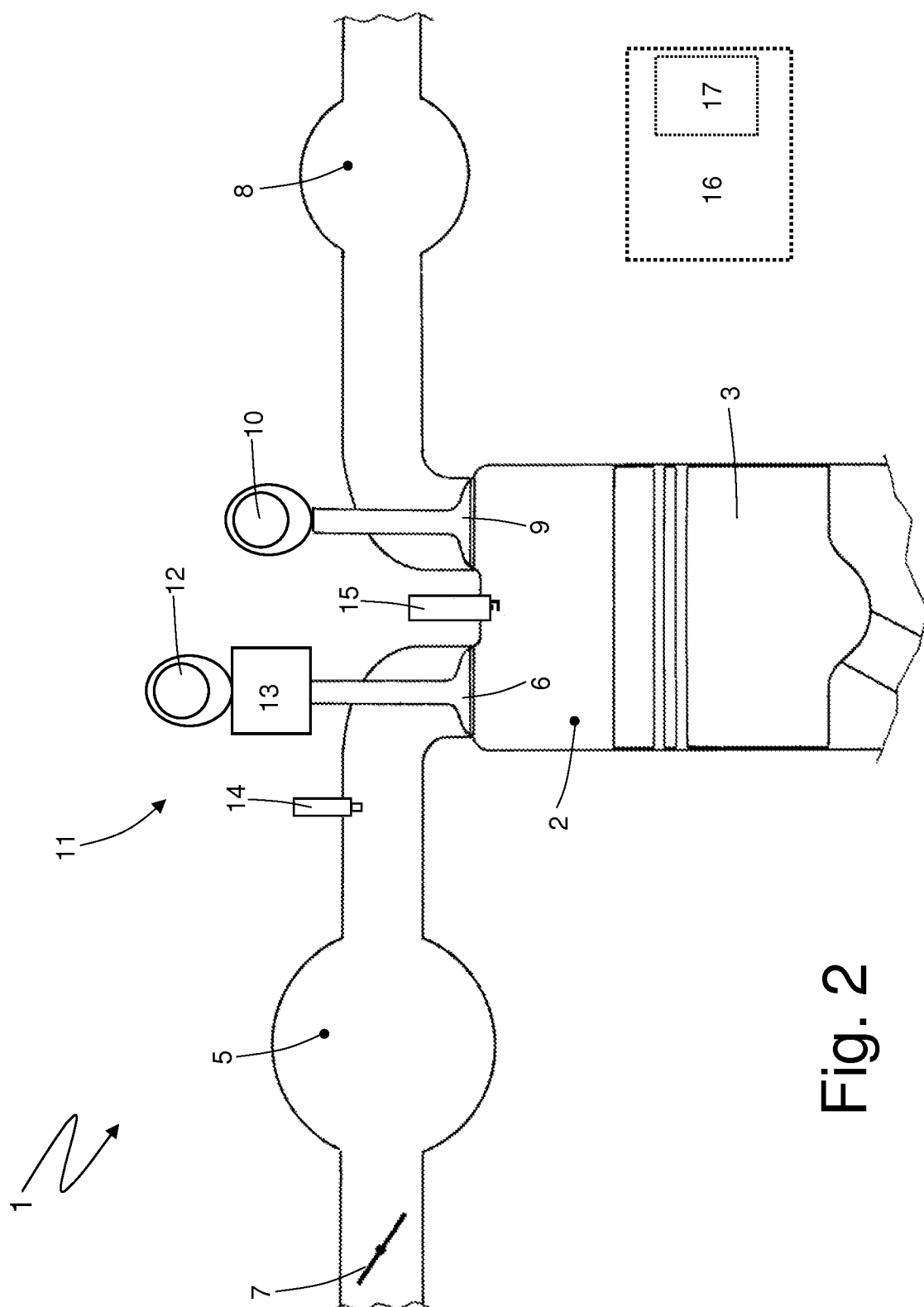


Fig. 2