

# UIBM

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102023000000576</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>17/01/2023</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>17/07/2024</b>

#### Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	D	37	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	D	41	28

#### Titolo

METODO DI REGOLAZIONE DI UN MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA E MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA

## DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO DI REGOLAZIONE DI UN MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA E  
MOTORE A COMBUSTIONE INTERNA"

di FERRARI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA EMILIA EST 1163  
41100 MODENA (MO)

Inventori: LARAIA Lorenzo, GENOVA Daniele, SARTONI Giovanni

\*\*\* \*\*\* \*\*\*

La presente invenzione è relativa a un metodo di regolazione di un motore a combustione interna.

La presente invenzione è altresì relativa a un motore a combustione interna.

Sono noti motori a combustione interna del tipo comprendente:

- una pluralità di cilindri al cui interno sono scorrevoli rispettivi pistoni, a seguito dell'esecuzione di un ciclo termodinamico; e

- un albero motore accoppiato ai pistoni tramite una pluralità di rispettivi meccanismi a biella e manovella.

In modo noto, ciascun cilindro comprende, inoltre, una relativa testa definente con il relativo pistone una relativa camera di volume variabile a seguito dello scorrimento del pistone.

In particolare, ciascun pistone è scorrevole all'interno del relativo cilindro tra un rispettivo punto morto inferiore e un rispettivo punto morto superiore.

In corrispondenza del relativo punto morto inferiore, il volume della camera assume valore massimo. In corrispondenza del relativo punto morto superiore, il volume della camera assume valore minimo.

Il motore a combustione interna comprende, per ciascun cilindro e relativo pistone, inoltre:

- una relativa valvola di aspirazione azionabile per introdurre una quantità di aria fresca all'interno della relativa camera;
- un relativo organo di iniezione azionabile per iniettare un carburante all'interno delle relativa camera;
- un relativo organo di accensione, ad esempio, una candela azionabile per causare l'accensione di una miscela di carburante e aria fresca all'interno della camera; e
- una relativa valvola di scarico azionabile per scaricare i gas di scarico formati dalla combustione della suddetta miscela all'esterno della relativa camera.

In estrema sintesi, all'interno di ciascun cilindro, vengono ciclicamente iniettati del carburante e dell'aria fresca e viene determinata l'accensione della miscela di carburante e aria fresca. Tale accensione determina un innalzamento della pressione all'interno della camera che

causa lo spostamento del pistone verso il punto morto inferiore e la rotazione dell'albero motore. Di seguito la miscela di aria e carburante viene espulsa dalla camera.

In modo noto, durante una rotazione completa dell'albero motore, la pressione agente su ciascun pistone presenta un valore variabile al variare dell'angolo di rotazione dell'albero motore, ossia dell'angolo tra una direzione solidale all'albero motore a una direzione fissa.

A causa di tale variazione di pressione, anche la coppia motrice erogata all'albero motore da un singolo cilindro e dal relativo pistone presenta un valore variabile al variare dell'angolo dell'albero motore stesso.

La coppia motrice risultante sull'albero motore corrisponde alla somma delle coppie motrici applicate dai singoli cilindri e relativi pistoni, e presenta anch'essa un andamento variabile al variare dell'angolo di rotazione dell'albero motore.

Sfasando opportunamente i cicli termodinamici dei singoli cilindri, è possibile ottenere un andamento della coppia motrice risultante maggiormente regolare al variare dell'angolo di rotazione dell'albero motore.

Ancora più precisamente, l'andamento variabile della coppia motrice risultante corrisponde alla presenza di una frequenza fondamentale di oscillazione corrispondente alla frequenza dei cicli termodinamici svolti nei cilindri e di

frequenze secondarie corrispondenti a multipli interi della frequenza fondamentale di oscillazione.

E' possibile identificare la frequenza di oscillazione con riferimento alla frequenza di rotazione dell'albero motore. In particolare, l'ordine delle frequenze di oscillazione corrisponde alla metà del numero di eventi per ogni due rotazioni complete dell'albero motore corrispondenti all'esecuzione di un ciclo termodinamico completo.

Ad esempio, una frequenza di oscillazione pari al doppio della frequenza di rotazione dell'albero motore è identificata come frequenza del secondo ordine.

E' altresì noto disporre i cilindri dei motori a combustione interna pluri-cilindro in due bancate definienti un determinato angolo rispetto ad un asse di rotazione dell'albero motore. In tal modo, si realizzano le cosiddette configurazioni a V del motore a combustione interna.

Tra tali configurazioni, è particolarmente utilizzata nelle autovetture di tipo sportivo o da competizione quella a 12 cilindri complessivi con angolo di 60 gradi tra le bancate comprendenti, ciascuna, sei cilindri.

In un motore a combustione interna avente tale configurazione, la coppia motrice presenta ampiezze particolarmente rilevanti in corrispondenza del mezzo ordine, del terzo ordine e del sesto ordine.

Al fine di ridurre gli ingombri complessivi del motore a combustione a interna, è stata proposta una configurazione con due bancate aventi ciascuna sei cilindri e con angolo di 65 gradi tra le bancate.

La Richiedente ha osservato che tale configurazione determina un andamento meno regolare della coppia motrice al variare dell'angolo motore rispetto alla configurazione con angolo di 60 gradi tra le bancate, e la conseguente comparsa di una significativa ampiezza del terzo ordine.

E' avvertita nel settore l'esigenza di ridurre l'ampiezza del terzo ordine, al fine di contenere l'irregolarità della coppia motrice, ridurre le vibrazioni complessive associate al funzionamento del motore a combustione interna e rendere più regolare il rumore generato da tale funzionamento specialmente ad un regime di minimo.

Più precisamente, tale esigenza è avvertita sia nel caso che la suddetta oscillazione dipenda dalla geometria costruttiva del motore a combustione interna come nella configurazione V12 a 65 gradi tra le bancate sia nel caso dipenda da ulteriori parametri o anomalie funzionali con riferimento a differenti configurazioni del motore a combustione interna.

Scopo della presente invenzione è la realizzazione di un metodo di regolazione di un motore a combustione interna, il quale consenta di soddisfare l'esigenza sopra menzionata.

Il suddetto scopo è raggiunto dalla presente invenzione, in quanto essa è relativa a un metodo di regolazione di un motore a combustione interna secondo quanto definito dalla rivendicazione 1.

La presente invenzione è altresì relativa a un motore a combustione interna secondo quanto definito dalla rivendicazione 14.

Per una migliore comprensione della presente invenzione, viene descritta nel seguito una forma preferita di attuazione, a titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati nei quali:

- la figura 1 è una vista prospettica di un autoveicolo con un motore a combustione interna realizzato secondo i dettami della presente invenzione;
- la figura 2 è una vista prospettica in scala ingrandita di un motore a combustione interna incorporato nell'autoveicolo di figura 1 e realizzato secondo i dettami della presente invenzione;
- la figura 3 illustra l'andamento della pressione all'interno dei cilindri del motore a combustione interna di figura 2 al variare di un angolo di rotazione di un albero motore, in una prima fase operativa del motore a combustione interna di figura 2;
- la figura 4 illustra l'andamento corretto della pressione all'interno dei cilindri del motore a combustione

interna di figura 2 al variare dell'angolo di rotazione di un albero motore, in una seconda fase operativa del motore a combustione interna di figura 2;

- la figura 5 illustra l'andamento della coppia motrice all'interno dei cilindri del motore a combustione di figura 2 e della coppia motrice risultante, al variare dell'angolo di rotazione di un albero motore, nella prima fase operativa del motore a combustione interna di figura 2;

- la figura 6 illustra l'andamento corretto della coppia motrice all'interno dei cilindri del motore a combustione di figura 2 e della coppia motrice risultante, al variare dell'angolo di rotazione di un albero motore, nella seconda fase operativa del motore a combustione interna di figura 2;

- la figura 7 illustra l'ampiezza di oscillazione della coppia motrice in corrispondenza di rispettive frequenze multiple di una frequenza di rotazione dell'albero motore stesso, nella prima fase operativa del motore a combustione interna di figura 2;

- la figura 8 illustra l'ampiezza di oscillazione della coppia motrice corretta in corrispondenza di rispettive frequenze multiple di una frequenza di rotazione dell'albero motore stesso, nella seconda fase operativa del motore a combustione interna di figura 2;

- la figura 9 è un diagramma di flusso illustrante schematicamente la fasi del metodo di regolazione secondo la

presente invenzione;

- la figura 10 illustra in modo schematico primi componenti del motore a combustione interna realizzato secondo la presente invenzione;

- la figura 11 illustra in modo schematico secondi componenti del motore a combustione interna realizzato secondo la presente invenzione;

- la figura 12 illustra in vista prospettica e scala ulteriormente ingrandita ulteriori componenti del motore a combustione interna realizzato secondo la presente invenzione; e

- la figura 13 illustra l'andamento della coppia motrice erogata da un cilindro del motore a combustione interna realizzato secondo la presente invenzione al variare di un angolo di anticipo di accensione, per un valore costante di portata di aria e di velocità di rotazione dell'albero motore.

Con riferimento alla Figura 1, è indicato con 1 un autoveicolo comprendente una scocca 2 definente un abitacolo 3 e una pluralità di ruote 4, 5.

In modo noto, l'autoveicolo 1 comprende un motore a combustione interna 6 illustrato in Figura 2 e atto a fornire la coppia motrice alle ruote 4, 5.

In maggiore dettaglio, il motore a combustione interna 6 comprende:

- un basamento 7 definente una coppia di bancate 8, 9;
- una pluralità di cilindri 10 definiti dalla bancata 8 ed aventi rispettivi assi D;
- una pluralità di cilindri 11 definiti dalla bancata 9 ed aventi rispettivi assi C; e
- un albero motore 12 (solo parzialmente illustrato in Figura 1) a gomiti e girevole intorno a un asse A.

Ciascuna bancata 8, 9 definisce, nella fattispecie illustrata, rispettivi sei cilindri 10, 11.

Le bancate 8, 9 presentano rispettivi direzioni di estensione parallele all'asse A e rispettivi piani mediani P, Q ortogonali all'asse A e contenenti le suddette direzioni di estensione.

In particolare, i piani P, Q sono paralleli a rispettivi assi B, D di corrispondenti cilindri 10, 11.

In modo noto, ciascun cilindro 10, 11 alloggia, inoltre, in modo scorrevole un relativo pistone 15, 16 lungo un rispettivo asse B, C.

Le bancate 8, 9 sono disposte simmetricamente rispetto all'asse A e formano una V convergente verso l'asse A stesso.

Più precisamente, gli assi B, C giacciono in rispettivi piani disposti simmetricamente rispetto all'asse A e formano la V convergente verso l'asse A stesso.

Il motore a combustione interna 6 realizza così una configurazione a V12.

Nella fattispecie illustrata, un angolo  $\beta$  tra gli assi D e i corrispondenti assi C è di 65 gradi.

Con riferimento alla Figura 10, ciascun cilindro 10, 11 comprende, inoltre, una relativa testa 13.

Ciascun pistone 15, 16 e la testa 13 del relativo cilindro 10, 11 definiscono una relativa camera 17, 18 di volume variabile.

In particolare, ciascun pistone 15, 16 è scorrevole all'interno del relativo cilindro 10, 11 tra un rispettivo punto morto inferiore PMI e un rispettivo punto morto superiore PMS.

In corrispondenza del relativo punto morto inferiore PMI, il volume della camera 17, 18 assume valore massimo. In corrispondenza del relativo punto morto superiore PMS, il volume della camera 17, 18 assume valore minimo.

Ciascun cilindro 10, 11 comprende, inoltre (Figura 11):

- una valvola di aspirazione 20, 21 azionabile per introdurre una quantità di aria Q1, Q2 fresca all'interno della relativa camera 17, 18;

- un organo di iniezione 26, 27 azionabile per iniettare un carburante all'interno delle camera 17, 18;

- un organo di accensione 22, 23, ad esempio, una candela, azionabile per causare l'accensione di una miscela di carburante e aria fresca all'interno della camera 17, 18;

e

- una valvola di scarico 24, 25 azionabile per scaricare i gas di scarico formati dalla combustione della suddetta miscela all'interno della relativa camera 17, 18.

Nella fattispecie illustrata, il motore a combustione interna 6 è un motore ad accensione comandata a quattro tempi.

La posizione angolare dell'albero motore 12 intorno all'asse A è identificata da un angolo  $\alpha$  definito tra una direzione solidale all'albero motore 12 e una direzione fissa rispetto al basamento 7.

Il motore a combustione interna 6 comprende, inoltre, una frizione 50 e un acceleratore 51 (solo schematicamente illustrati in Figura 10) azionabili da un guidatore.

In modo noto, la frizione 50 è azionabile dal guidatore per disaccoppiare meccanicamente l'albero motore 12 e le ruote 4, 5. L'acceleratore 51 è azionabile dal guidatore per regolare le quantità di aria Q1, Q2.

Con riferimento alla figura 12, il motore a combustione interna 6 comprende, inoltre, un trasduttore 40 atto a generare un segnale associato alla velocità angolare  $n$  dell'albero motore 12.

Nella fattispecie illustrata, il trasduttore 40 è una ruota fonica e comprende:

- un disco 41 comprendente una pluralità i di scanalature o sporgenze 42 e montato sull'albero motore 12

in modo da essere girevole solidalmente all'albero motore 12 stesso; e

- un sensore 45 di prossimità (solo schematicamente illustrato in Figura 12) portato dal basamento 7 ed atto a rilevare la presenza delle scanalature o sporgenze 42 senza contatto fisico, rotazionalmente fisso rispetto all'asse A e affacciato al disco 41.

Il sensore 45 può essere di tipo ottico, capacitivo o induttivo.

Il sensore 45 interagisce, inoltre, progressivamente con ciascuna scanalatura o sporgenze 42, a seguito della rotazione dell'albero motore 12 e del trasduttore 40 un numero i di volte per ciascuna rotazione completa dell'albero motore 12 intorno all'asse A con una velocità angolare n.

Il motore a combustione interna 6 comprende, inoltre, un'unità di controllo 30 (solo schematicamente illustrata in Figura 10) programmata per comandare le valvole di aspirazione 20, 21, gli organi di iniezione 26, 27, gli organi di accensione 22, 23 e le valvole di scarico 24, 25 secondo una predeterminata sequenza, a seconda della posizione angolare dell'albero motore 12.

L'unità di controllo 30 è altresì operativamente collegata con la frizione 50 e l'acceleratore 51.

In tal modo, all'interno di ciascun cilindro 10, 11 viene realizzato un ciclo termodinamico che converte parte

dell'energia termica rilasciata dalla combustione della miscela in energia meccanica così determinare lo scorrimento dei pistoni 15, 16 e l'applicazione di una relativa coppia motrice C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 sull'albero motore 12.

La somma delle coppie motrici C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 è pari ad una coppia motrice risultante C agente sull'albero motore 12.

Per quanto rilevanti ai fine della presente invenzione, è possibile definire, per ciascun cilindro 10, 11 e il relativo pistone 15, 16, un angolo di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  di accensione come la distanza tra il punto di attivazione del relativo organo di accensione 22, 23 e il punto morto superiore PMS del relativo pistone 15, 16, misurata secondo l'angolo di rotazione  $\alpha$  dell'albero motore 12.

Con riferimento alla Figura 13, a parità di velocità angolare n dell'albero motore 12, l'andamento della coppia motrice C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 generata dai cilindri 10; 11 e relativi pistone 15, 16 sull'albero motore 12 al variare dell'angolo di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  comprende:

- un tratto 150 crescente per valori degli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  inferiori a rispettivi valori  $\theta_{1*}$ ,  $\theta_{2*}$ ; e
- un tratto 151 decrescente per angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  superiori a rispettivi valori  $\theta_{1*}$ ,  $\theta_{2*}$ .

E', inoltre, possibile associare, a ciascun cilindro 10, 11 e relativo pistone 15, 16, un valore di coppia motrice massima C1max, C2max, C3max, C4max, C5max, C6max; C7max, C8max, C9max, C10max, C11max, C12max erogata in corrispondenza dell'angolo di anticipo  $\theta_1^*$ ,  $\theta_2^*$ , a parità di velocità angolare n dell'albero motore 12 e di portata d'aria Q1, Q2.

In altre parole, gli angoli di anticipo  $\theta_1^*$ ,  $\theta_2^*$  corrispondono a rispettivi valori ottimi per cui la coppia motrice C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12 raggiunge il rispettivo valore massimo C1max, C2max, C3max, C4max, C5max; C7max, C8max, C9max, C10max, C11max, C12max, a parità di velocità angolare n dell'albero motore 12 e di portata d'aria Q1, Q2. A parità di velocità angolare n dell'albero motore 12 e di rispettivo angolo di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , inoltre, la coppia motrice C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 generata dal cilindro 10, 11 e dal relativo pistone 15, 16 sull'albero motore 12 è crescente al variare della portata di aria Q1, Q2 addotta tramite le relative valvole di aspirazione 20, 21.

Con riferimento alla Figura 3 e a una condizione in cui gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  sono uguali tra loro e le portate di aria Q1, Q2 sono uguali tra loro, è, inoltre, possibile associare a ciascun cilindro 10; 11, un grafico rappresentativo dell'andamento della pressione P1, P2, P3,

P4, P5, P6; P7, P8, P9, P10, P11, P12 agente sul relativo pistone 15; 16 in funzione dell'angolo di rotazione  $\alpha$  dell'albero motore 12.

Nella fattispecie illustrata, gli andamenti P1, P2, P3, P4, P5, P6 associati ai cilindri 10 della bancata 8 e P7, P8, P9, P10, P11, P12 associati ai cilindri 11 sono uguali tra loro, a causa del fatto che le attuazioni sono identiche.

In particolare, gli andamenti P1, P7, P2, P8, P3, P9, P4, P10, P5, P11, P6, P12 sono consecutivi tra loro con riferimento a valori crescenti dell'angolo  $\alpha$  di rotazione dell'albero motore 12.

Ciascun andamento P7 (P8, P9, P10, P11, P12) è sfasato rispetto al rispettivo andamento P1 (P2, P3, P4, P5, P6) immediatamente precedente di un angolo  $\alpha$  di rotazione dell'albero motore 12 pari a 65 gradi di rotazione dell'albero motore 12.

Ciascun andamento P2 (P3, P4, P5, P6) è sfasato rispetto al rispettivo andamento P7 (P8, P9, P10, P11, P12) immediatamente precedente di un angolo  $\alpha$  di rotazione dell'albero motore 12 pari a 55 gradi di rotazione dell'albero motore 12.

Con riferimento alla figura 3, ciascun andamento P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12 è formato essenzialmente da:

- un tratto 100 crescente;

- un massimo 101;
- un tratto 102 decrescente;
- un minimo 103 locale;
- un tratto 104 crescente;
- un massimo 105 locale a cui corrispondono valori di pressione P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>; P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub> inferiori a quelli del massimo 101;
- un tratto 106 decrescente; e
- un minimo 107 a cui corrispondono valori di pressione P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>; P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub> inferiori a quelli del minimo 105, e da cui si origina il successivo tratto 100.

Con riferimento alla Figura 5 e a una condizione in cui gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  sono uguali tra loro e le portata di aria Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> sono uguali tra loro, è possibile associare a ciascun cilindro 10; 11, un grafico rappresentativo dell'andamento della coppia motrice C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>; C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> trasmessa dal relativo pistone 15; 16 all'albero motore 12, in funzione dell'angolo di rotazione  $\alpha$  dell'albero motore 12 stesso.

Gli andamenti della coppia motrice C<sub>1</sub>, C<sub>7</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>12</sub> sono consecutivi tra loro e presentano conformazioni e sfasamenti corrispondenti ai rispettivi andamenti P<sub>1</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>12</sub>, al variare dell'angolo di rotazione  $\alpha$ .

dell'albero motore 12 stesso.

La coppia motrice C complessiva sull'albero motore 12 è pari alla somma delle coppie motrici grafici C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 generate dai cilindri 10, 11.

Tale coppia motrice C complessiva ha andamento variabile al variare dell'angolo di rotazione  $\alpha$  dell'albero motore 12, a causa della variazione della pressione all'interno delle camere 17, 18 e allo sfasamento tra i grafici C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12.

Con particolare riferimento alla Figura 5, l'andamento della coppia motrice risultante C comprende essenzialmente, una ripetizione periodica di:

- un massimo 200;
- un tratto 201 decrescente con concavità verso l'alto;
- un flesso 202;
- un tratto 203 decrescente con concavità verso il basso;
- un minimo 204 locale;
- un tratto 205 crescente;
- un massimo 206 locale a cui corrisponde un valore di coppia motrice risultante C inferiore di quello del massimo 200;
- un tratto 207 decrescente;
- un minimo 208 a cui corrisponde un valore di coppia

motrice risultante C inferiore di quello del massimo 204; e - un tratto 209 crescente terminante nel successivo massimo 200.

La coppia motrice C complessiva presenta un valore medio Cavg in un intervallo di 360 gradi dell'angolo  $\alpha$  dell'albero motore 12.

In modo noto, l'andamento temporale della coppia motrice C illustrato in Figura 7 può essere rappresentato come somma di una pluralità di segnali sinusoidali aventi, ciascuno, una rispettiva frequenza  $f_1, f_2, \dots, f_n$  ed una rispettiva ampiezza  $A_1, A_2, \dots, A_n$ .

In particolare, ciascuna frequenza  $f_k$  e la relativa ampiezza  $A_k$  sono identificate come corrispondenti al k-esimo ordine, ossia a una frequenza pari a k volte la frequenza di rotazione  $n/2\pi$  corrispondente alla velocità di rotazione n dell'albero motore 12.

Ad esempio, l'ampiezza  $A_3$  del terzo ordine corrisponde alla frequenza  $f_3$  è pari a tre volte la frequenza di rotazione  $n/2\pi$  corrispondente alla velocità di rotazione n dell'albero motore 12.

La figura 7 fa riferimento a una condizione in cui gli angoli di anticipo  $\theta_1, \theta_2$  sono uguali tra loro e le portate di aria  $Q_1, Q_2$  sono uguali tra loro e la frizione 50 e/o l'acceleratore 51 non è azionato.

In tale condizione, la rappresentazione della coppia

motrice C risultante presenta tre componenti aventi ampiezza A<sub>0</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub> e corrispondenti frequenze f<sub>0</sub>, f<sub>3</sub> e f<sub>6</sub>. L'ampiezza A<sub>0</sub> corrisponde al valore medio della coppia motrice C e alla componente non variabile con l'angolo  $\alpha$  della coppia motrice C risultante stessa.

Vantaggiosamente, l'unità di controllo 30 è programmata per:

- elaborare il valore di un'ampiezza A<sub>k</sub>, l'ampiezza A<sub>3</sub> nella fattispecie illustrata, associata ad una desiderata frequenza f<sub>k</sub>, f<sub>3</sub> nella fattispecie illustrata;
- rilevare che l'ampiezza A<sub>3</sub> del segnale alla frequenza f<sub>3</sub> è superiore a un valore soglia A<sub>3<sub>th</sub></sub>; e
- correggere l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria Q<sub>1</sub> e/o l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di aria Q<sub>2</sub>, in modo da mantenere costante il valore medio Cavg della coppia motrice risultante C in corrispondenza di due rotazioni complete dell'albero motore 12 intorno all'asse A.

A seguito di tale variazione degli angoli di anticipo  $\theta_1$  e/o  $\theta_2$  e delle portate di aria Q<sub>1</sub> e/o Q<sub>2</sub>, gli andamenti delle coppie motrici C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> sono traslati verso angoli di rotazione  $\alpha$  inferiori dell'albero motore 12 e/o gli andamenti delle coppie motrici C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> sono traslati verso angoli di rotazione  $\alpha$  superiori dell'albero motore 12.

Conseguentemente, la correzione degli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e delle portate di aria  $Q_1$ ,  $Q_2$  determina un grafico della coppia motrice risultante corretta  $C_{adj}$  (Figura 6) diverso da quello della coppia motrice  $C$  risultante quando  $\theta_1=\theta_2$  e  $Q_1=Q_2$ .

Il valore medio  $C_{avg}$  della coppia motrice risultante  $C$  e della coppia motrice risultante corretta  $C_{adj}$  rimane costante.

In maggiore dettaglio, gli andamenti delle coppie motrici  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ;  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  di Figura 5 vengono corretti nei rispettivi andamenti  $C_{1adj}$ ,  $C_{2adj}$ ,  $C_{3adj}$ ,  $C_{4adj}$ ,  $C_{5adj}$ ,  $C_{6adj}$ ;  $C_{7adj}$ ,  $C_{8adj}$ ,  $C_{9adj}$ ,  $C_{10adj}$ ,  $C_{11adj}$ ,  $C_{12adj}$  illustrati in Figura 6.

Analogamente, gli andamenti delle pressioni  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ ;  $P_7$ ,  $P_8$ ,  $P_9$ ,  $P_{10}$ ,  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  di Figura 3 vengono corretti negli andamenti  $P_{1adj}$ ,  $P_{2adj}$ ,  $P_{3adj}$ ,  $P_{4adj}$ ,  $P_{5adj}$ ,  $P_{6adj}$ ;  $P_{7adj}$ ,  $P_{8adj}$ ,  $P_{9adj}$ ,  $P_{10adj}$ ,  $P_{11adj}$ ,  $P_{12adj}$  illustrati in Figura 4.

Preferibilmente, l'unità di controllo 30 è programmata per:

- correggere l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria  $Q_1$ , in modo da mantenere costante il valore medio  $(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6)_{avg}$  della somma delle coppie  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ; e
- correggere l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di

aria Q2, in modo da mantenere costante il valore medio  $(C7+C6+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  della somma delle coppie C7, C8, C9, C10, C11, C12 e uguale al valore medio  $((C7+C6+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  della somma delle coppie C7, C8, C9, C10, C11, C12.

In tale forma di realizzazione, l'unità di controllo 30 è programmata per mantenere bilanciati i valori medi  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6) \text{ avg}$  e  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  associati a rispettive bancate 8, 9.

Più precisamente, l'unità di controllo 30 è programmata per:

- ridurre l'angolo di anticipo  $\theta_1$  rimanendo sul tratto 151 e aumentare la quantità di aria Q1; e
- aumentare l'angolo di anticipo  $\theta_2$  rimanendo sul tratto 151 e ridurre la quantità di aria Q2.

La riduzione degli angoli di anticipo  $\theta_1$  porterebbe a una riduzione del valore medio  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6) \text{ avg}$  della somma delle coppie C1, C2, C3, C4, C5, C6 erogate dai cilindri 10 e relativi pistoni 11 della bancata 8. Tale riduzione viene compensata, nella fattispecie illustrata, dall'aumento sostanzialmente della medesima entità delle coppie C1, C2, C3, C4, C5, C6 determinato dall'aumento della portata d'aria Q1.

Analogamente, l'aumento degli angoli di anticipo  $\theta_2$  porterebbe a un incremento del valore medio

$(C7+C8+C9+C10+C11+C12)$  avg della somma delle coppie C7, C8, C9, C10, C11, C12 erogate dai cilindri 10 e relativi pistoni 11 della bancata 9. Tale aumento viene compensato, nella fattispecie illustrata, dalla riduzione sostanzialmente della medesima entità delle coppie C7, C8, C9, C10, C11, C12 determinato dall'aumento della portata d'aria Q2.

Alternativamente, l'unità di controllo 30 è programmata per correggere sia l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria Q1 sia l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di aria Q2, in modo che il valore medio  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6)$  avg sia differente dal valore medio il valore medio  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12)$  avg.

In tale forma di realizzazione, l'unità di controllo 30 è programmata per sbilanciare i valori medi valore medio  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6)$  avg e  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12)$  avg associati a rispettive bancate 8, 9.

In un'ulteriore forma di realizzazione, l'unità di controllo 30 è programmata per correggere solo l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria Q1, lasciando invariati sia l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di aria Q2.

In particolare, l'unità di controllo 30 è programmata per ridurre gli angoli di anticipo  $\theta_1$  dei cilindri 10 di un valore  $\Delta\theta_1$  ed aumentare gli angoli di anticipo  $\theta_1$  dei cilindri 11 di un rispettive correzioni  $\Delta\theta_1=\Delta\theta_2$ , e a partire da una condizione iniziale in cui gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,

$\theta_2$  sono maggiori dei rispettivi angoli di anticipo  $\theta_{1*}$ ,  $\theta_{2*}$  ottimi e uguali tra loro.

L'unità di controllo 30 è programmata per aumentare le portate di aria  $Q_1$  in ingresso ai cilindri 10 di un valore  $\Delta Q_1$  ed ridurre la portata di aria  $Q_2$  in ingresso ai cilindri 11 di rispettive correzioni  $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$ , e a partire da una condizione iniziale in cui  $Q_1 = Q_2$  in cui le portate di aria  $Q_1$ ,  $Q_2$  sono uguali tra loro.

E' importante sottolineare che in corrispondenza della condizione iniziale, i suddetti valori di portata di aria  $Q_1 = Q_2$  sono superiori a quelli necessari per ottenere la coppia motrice risultante C con angolo di anticipo  $\theta_{1*}$ ,  $\theta_{2*}$  ottimi diversi dagli angoli di anticipo  $\theta_1 = \theta_2$  della condizione iniziale. In tal modo, i cilindri 10 e i relativi pistoni 11 presentano una cosiddetta riserva di coppia pari al valore di coppia residua che potrebbero erogare con le medesime portate di aria  $Q_1$ ,  $Q_2$  e gli angoli di anticipo  $\theta_{1*}$ ,  $\theta_{2*}$  ottimi.

L'aumento della portata di aria  $Q_1$  di un valore  $\Delta Q_1$  e la conseguente riduzione dell'angolo di anticipo  $\theta_1$  di un valore  $\Delta\theta_1$  determina un aumento della riserva di coppia dei cilindri 10 e dei pistoni 11 della bancata 8.

Diversamente, la riduzione della portata di aria  $Q_2$  del valore  $\Delta Q_2$  e il conseguente aumento dell'angolo di anticipo  $\theta_2$  di un valore  $\Delta\theta_2$  determina una riduzione della riserva

di coppia dei cilindri 15 e dei pistoni 16 della bancata 9.

Nella fattispecie illustrata, l'unità di controllo 30 è programmata per correggere gli angoli di anticipo  $\theta_1$  e le portate di aria Q1 di tutti i cilindri 10, e gli angoli di anticipo  $\theta_2$  e le portate di aria Q2 di tutti i cilindri 11.

Nella fattispecie illustrata, l'unità di controllo 30 è, inoltre, programmata per correggere gli angoli di anticipo  $\theta_1$  e le portate di aria Q1 di tutti i cilindri 10 - ed eventualmente anche e gli angoli di anticipo  $\theta_2$  e le portate di aria Q2 di tutti i cilindri 11 -.

Preferibilmente, la suddetta correzione avviene in una condizione in cui la frizione 50 e/o l'acceleratore 51 non è azionato

Alternativamente, la suddetta correzione avviene qualora l'unità di controllo 30 verifichi che predeterminati parametri operativi del motore a combustione interna 6 assumano rispettivi desiderati valori.

L'unità di controllo 30 è altresì programmata per non variare gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e le portata d'aria Q1, Q2, qualora l'ampiezza A3 sia inferiore del valore  $A_{3\text{th}}$ .

L'unità di controllo 30 è programmata per:

- ripetere la rilevazione dell'ampiezza A3 un numero l di volte, qualora il valore attuale dell'ampiezza A3 sia maggiore del valore  $A_{\text{th}}$ ; e
- variare gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e le portate

d'aria Q1, Q2 dei cilindri 10, 11, sin quando l'ampiezza A3 sia inferiore del valore  $A_{th}$ .

Più precisamente, l'unità di controllo 30 è programmata per ripetere la rilevazione dell'ampiezza A3 un numero massimo  $l_{max}$  di volte, nel caso in cui ad ogni rilevazione l'ampiezza A3 sia sempre maggiore del valore  $A_{th}$ .

In particolare, l'unità di controllo 30 è programmata per:

- elaborare il valore minimo  $A_{3min}$  tra i valori di ampiezze A3 rilevate superiore al valore soglia  $A_{3th}$ , e il valore degli angoli di anticipo  $\theta_{1min}$ ,  $\theta_{2min}$  e portata d'aria minima  $Q_{1min}$   $Q_{2min}$  regolati corrispondenti al valore minimo  $A_{3min}$ ; e

- qualora il numero di ripetizioni l supera il numero massimo  $l_{max}$ , azionare le valvole di aspirazione 20, 21 e gli organi di accensione 22, 23, in modo da realizzare gli angoli anticipo  $\theta_{1min}$ ,  $\theta_{2min}$  e portata d'aria minima  $Q_{1min}$   $Q_{2min}$ .

L'unità di controllo 30 è, inoltre, programmata, nel caso in cui il numero di volte l sia minore del numero massimo  $l_{max}$ , per:

- rilevare se due valori consecutivi di A3 siano crescenti o decrescenti;
- nel caso in cui i suddetti due valori consecutivi di A3 siano crescenti, continuare ad azionare le valvole di

aspirazione 20, 21 e gli organi di accensione 22, 23, in modo da diminuire l'angolo di anticipo  $\theta_1$ , aumentare la portata d'aria  $Q_1$ , aumentare l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e diminuire la porta d'aria  $Q_2$ ; e

- nel caso in cui i suddetti due valori consecutivi di  $A_3$  siano decrescenti, continuare ad azionare le valvole di aspirazione 20, 21 e gli organi di accensione 22, 23 in modo da aumentare l'angolo di anticipo  $\theta_1$ , diminuire la portata d'aria  $Q_1$ , diminuire l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e aumentare la portata d'aria  $Q_2$ .

L'unità di controllo 30 è, infine, programmata per stimare l'ampiezza  $A_3$  sulla base del valore di velocità angolare  $n$  dell'albero motore 12 stimato grazie ad una misura realizzata dal trasduttore 40 a ruota fonica.

In maggiore dettaglio, l'andamento temporale della velocità angolare  $n$  dell'albero motore 12 può essere rappresentato come somma di una pluralità di segnali sinusoidali aventi, ciascuno, una rispettiva frequenza  $f_1, f_2, \dots, f_k, \dots f_n$  ed una rispettiva ampiezza  $B_1, B_2, \dots, B_k, \dots, B_n$  corrispondenti al  $k$ -esimo ordine, in modo del tutto analogo a quanto precedentemente esposto con riferimento all'andamento temporale della coppia motrice risultante  $C$ .

L'unità di controllo 30 è programmata per:

- elaborare il valore dell'ampiezza  $B_k, B_3$  nella fattispecie illustrata; e

- nel caso in cui il valore dell'ampiezza  $B_k$  sia maggiore di un ulteriore valore soglia  $B_{3\text{th}}$  memorizzato nell'unità di controllo 30, rilevare che l'ampiezza  $B_{3\text{th}}$  è superiore al detto primo valore soglia  $A_{3\text{th}}$ .

Più precisamente, l'unità di controllo 30 è programmata per:

- rilevare, ad ogni rotazione completa dell'albero motore 12 intorno all'asse A, una pluralità di misure  $n_1, n_2, \dots n_i$  delle velocità di rotazione  $n$ , al passaggio di rispettive scanalature o sporgenze 42 di fronte al sensore 45;

- selezionare un numero  $j$  maggiore di  $2*k$  e minore di/o uguale a  $i$  di misure  $n_1, \dots, n_j$  tra le misure  $n_1, n_2, \dots n_i$  dove  $k$  è l'ordine della frequenza  $f_k$ ; e

- stimare il valore  $n$  come la media delle misure  $n_1, n_2, \dots n_j$ .

L'unità di controllo 40 è, in particolare, programmata per:

- elaborare i valori degli angoli di accensione  $\theta_1, \theta_2$  con un periodo  $T$  dipendente dal numero di cilindri 10, 11; ed

- elaborare il valore dell'ampiezza  $B_3$  come

$$B_3 = \sqrt{\left(\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \sin(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j)) \times \frac{2 \times T_s}{T}\right)^2 + \left(\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \cos(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j)) \times \frac{2 \times T_s}{T}\right)^2}$$

in cui:

$x_n$  è la differenza tra ciascun valore  $n_j$  misurato della velocità di rotazione  $n$  dell'albero motore 12 e la media delle misure  $n_1, n_2, \dots, n_j$ ;

$T_s$  è il rapporto tra periodo  $T$  e il detto numero  $j$  misure; e

`Linspace (0, 2*pi, j)` è un vettore con  $j$  elementi equispaziati tra 0 e  $2\pi$ .

In uso, l'unità di controllo 30 è programmata per comandare le valvole di aspirazione 20, 21, gli organi di iniezione 26, 27, gli organi di accensione 22, 23 e le valvole di scarico 24, 25 dei rispettivi cilindri 10, 11 secondo un predeterminato ciclo a seconda della posizione angolare dell'albero motore 12. Durante tale ciclo, l'energia termica rilasciata dalla combustione della miscela viene convertita in energia meccanica trasmessa dai pistoni 15; 16 e da questi ultimi nelle rispettive coppie motrice C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 trasmesse all'albero motore 12.

In particolare, l'unità di controllo 30 elabora i valori degli angoli di accensione  $\theta_1, \theta_2$  con un periodo  $T$  dipendente dal numero di cilindri 10, 11.

Il funzionamento del motore a combustione interna 6 è descritto nel dettaglio a partire da una condizione in cui gli angoli di anticipo  $\theta_1, \theta_2$  sono uguali tra loro e maggiori dei rispettivi angoli di anticipo  $\theta_{1*}, \theta_{2*}$  ottimi, e le

portate di aria Q1, Q2 sono uguali tra loro.

In tale condizione, e l'acceleratore 51 e/o la frizione 50 non è azionato e/o l'unità di controllo 30 ha verificato che i suddetti parametri assumano i rispettivi valori.

In tale condizione, i grafici C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12 delle coppie trasmesse dai pistoni 15, 16 all'albero motore 12 sono del tipo illustrato in Figura 3 e i grafici P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12 delle pressioni agenti sui pistoni 15, 16 sono del tipo illustrato in Figura 5.

In tale condizione, inoltre, la riserva di coppia dei cilindri 10 e pistoni 15 della bancata è uguale alla riserva di coppia dei cilindri 11 e pistoni 16 della bancata 9.

In dettaglio, l'unità di controllo 30 stima un valore di velocità angolare n dell'albero 12 tramite il trasduttore 40 a ruota fonica, e stima l'ampiezza B3 sulla base del valore stimato di velocità angolare n.

Più precisamente, l'unità di controllo 30 rileva, ad ogni giro dell'albero motore 12, una pluralità di misure n1, n2, .. ni delle velocità di rotazione n, al passaggio di rispettive scanalature o sporgenze 42 di fronte al sensore 45; e seleziona un numero j maggiore di  $2*k$  e minore di/o uguale a i di misure n1, .. nj tra le misure n1, n2, .. ni, dove k è l'ordine di frequenza delle ampiezze A3 e B3 pari a tre nella fattispecie illustrata.

Infine, l'unità di controllo 30 stima il valore della velocità di rotazione n dell'albero motore 12 come la media aritmetica delle misure n1, n2, .. nj.

L'unità di controllo 40 elabora, inoltre, il valore dell'ampiezza

$$B3 = \sqrt{((\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \sin(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j)) \times \frac{2 * T_s}{T})^2 + ((\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \cos(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j)) \times \frac{2 * T_s}{T})^2)}$$

in cui:

$x_n$  è la differenza tra ciascun valore nj misurato della velocità di rotazione dell'albero motore 12 e la media delle misure n1, n2, .. nj;

$T_s$  è il rapporto tra periodo T è il detto numero j misure; e

Linspace è un vettore con j elementi equispaziati tra 0 e  $2 * \pi$ .

L'unità di controllo 30 confronta il valore dell'ampiezza B3 con il valore soglia  $B3_{th}$  e, nel caso in cui l'ampiezza B3 sia superiore del valore soglia  $B3_{th}$ , rileva la condizione che l'ampiezza A3 sia superiore al relativo valore soglia  $A3_{th}$ .

L'unità di controllo 30 verifica che i valori degli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  si trovino nel tratto 151 ossia siano maggiori dei rispettivi angoli di anticipo  $\theta_{1*}$ ,  $\theta_{2*}$  ottimi, prima di rilevare che l'ampiezza A3 del segnale alla frequenza f3 è superiore a un valore soglia  $A3_{th}$ .

Nel caso in cui l'ampiezza A3 rilevata sia superiore al

valore soglia  $A_{3\text{th}}$ , l'unità di controllo 30 corregge gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e le portate di aria  $Q_1$ ,  $Q_2$  dei rispettivi cilindri 10, 11.

Più precisamente, l'unità di controllo 30 riduce gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  dei rispettivi cilindri 10, 11 ed aumenta la detta portata di aria  $Q_1$ ,  $Q_2$ , in modo da mantenere costante il valore della coppia motrice risultante  $C_{avg}$ .

In particolare, l'unità di controllo 30 corregge gli angoli di anticipo  $\theta_1$  ( $\theta_2$ ) e le portate di aria  $Q_1$  ( $Q_2$ ) di tutti i cilindri 10 (11).

Come illustrato in figura 6, a seguito di tale variazione degli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e delle portate di aria  $Q_1$ ,  $Q_2$ , gli andamenti delle coppie motrici  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$  sono traslati verso angoli di rotazione  $\alpha$  inferiori dell'albero motore 12 e gli andamenti delle coppie motrici  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  sono traslati verso angoli di rotazione  $\alpha$  superiori dell'albero motore 12.

In maggiore dettaglio, gli andamenti delle coppie motrici  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ;  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  di Figura 5 vengono corretti negli andamenti  $C_{1adj}$ ,  $C_{2adj}$ ,  $C_{3adj}$ ,  $C_{4adj}$ ,  $C_{5adj}$ ,  $C_{6adj}$ ;  $C_{7adj}$ ,  $C_{8adj}$ ,  $C_{9adj}$ ,  $C_{10adj}$ ,  $C_{11adj}$ ,  $C_{12adj}$  illustrati in Figura 6.

Analogamente, gli andamenti delle pressioni  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ ;  $P_7$ ,  $P_8$ ,  $P_9$ ,  $P_{10}$ ,  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  di Figura 3 vengono corretti negli andamenti  $P_{1adj}$ ,  $P_{2adj}$ ,  $P_{3adj}$ ,  $P_{4adj}$ ,  $P_{5adj}$ ,

P<sub>6adj</sub>; P<sub>7adj</sub>, P<sub>8adj</sub>, P<sub>9adj</sub>, P<sub>10adj</sub>, P<sub>11adj</sub>, P<sub>12adj</sub> illustrati in Figura 4.

Conseguentemente, la correzione degli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e delle portate di aria Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> determina un grafico della coppia motrice risultante corretta C<sub>adj</sub> diverso da quello della coppia motrice C risultante quando  $\theta_1=\theta_2$  e Q<sub>1</sub>=Q<sub>2</sub>.

Più precisamente, a seguito di tale variazione degli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e delle portate di aria Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, l'andamento della coppia motrice risultante corretta C<sub>adj</sub> risulta periodico con un periodo di 120 gradi dell'angolo  $\alpha$  di rotazione e comprende essenzialmente (Figura 6), una ripetizione periodica di:

- un massimo 300;
- un tratto 301 decrescente con concavità verso l'alto;
- un minimo 302;
- un tratto 303 crescente
- un massimo 304 a cui corrisponde un valore di coppia motrice risultante C maggiore di quello del massimo 300;
- un tratto 305 decrescente;
- un minimo 306 a cui corrisponde un valore di coppia motrice risultante C maggiore di quello del minimo 302; e
- un tratto 307 crescente e terminante con il successivo massimo 301.

In particolare, la differenza tra i valori di coppie

motrice risultante corretta  $C_{adj}$  tra i massimi 300, 304 è inferiore alla differenza tra i massimi 202, 206 risultante C non corretta.

La differenza tra i valori di coppie motrice risultante corretta  $C_{adj}$  tra i minimi 302, 306 è inferiore alla differenza tra i massimi 204, 208 della coppia motrice risultante C non corretta.

Preferibilmente, l'unità di controllo 30 corregge l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria  $Q_1$ , in modo da mantenere costante il valore medio  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6) \text{ avg}$  della somma delle coppie C1, C2, C3, C4, C5, C6; e corregge l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di aria  $Q_2$ , in modo da mantenere costante il valore medio  $(C7+C6+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  della somma delle coppie C7, C8, C9, C10, C11, C12 e uguale al valore medio  $((C7+C6+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  della somma delle coppie C7, C8, C9, C10, C11, C12.

L'unità di controllo 30 mantiene così bilanciati i valori medi valore medio  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6) \text{ avg}$  e  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  associati alle rispettive bancate 8, 9.

Una volta eseguita la correzione, la riserva di coppia dei cilindri 10 e pistoni 15 della bancata 8 è incrementata. La riserva di coppia dei cilindri 11 e pistoni 16 della bancata 9 è ridotta.

Alternativamente, l'unità di controllo 30 corregge sia l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria  $Q_1$  sia l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di aria  $Q_2$ , in modo che il valore medio  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6) \text{ avg}$  sia differente dal valore medio il valore medio  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$ .

L'unità di controllo 30 mantiene così sbilanciati i valori medi  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6) \text{ avg}$  e  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12) \text{ avg}$  associati a rispettive bancate 8, 9.

Nell'ulteriore forma di realizzazione, l'unità di controllo 30 corregge solo l'angolo di anticipo  $\theta_1$  e la quantità di aria  $Q_1$ , lasciando invariati sia l'angolo di anticipo  $\theta_2$  e la quantità di aria  $Q_2$ .

Con riferimento alla Figura 8, la rappresentazione mediante sinusoidi della coppia motrice risultante corretta  $C_{adj}$  presenta una componente di ampiezza  $A_3$  pari alla metà dell'ampiezza  $A_3$  della coppia motrice risultante  $C$ .

L'unità di controllo 30 ripete la rilevazione dell'ampiezza  $A_3$  un numero  $l$  di volte, qualora il valore attuale dell'ampiezza  $A_3$  sia maggiore del valore  $A_{th}$ , e corregge conseguentemente gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e le portata d'aria  $Q_1$ ,  $Q_2$  dei cilindri 10, 11, sin quando l'ampiezza  $A_3$  è inferiore del valore  $A_{th}$ .

Più precisamente, l'unità di controllo 30 ripete la rilevazione dell'ampiezza  $A_3$  un numero massimo  $l_{max}$  di volte,

nel caso in cui ad ogni rilevazione l'ampiezza A3 sia sempre maggiore del valore soglia  $A3_{th}$ .

L'unità di controllo 30 altresì elabora il valore minimo  $A3_{min}$  tra i valori di ampiezze A3 rilevate superiore al valore soglia  $A3_{th}$ , i valori minimi  $\theta1_{min}$ ,  $\theta2_{min}$ ,  $Q1_{min}$ ,  $Q2_{min}$  tra i valori corretti di angoli di anticipo  $\theta1$ ,  $\theta2$  e di portata d'aria minima Q1 Q2 corrispondenti al valore minimo  $A3_{min}$ .

Qualora il numero di ripetizioni l superi il numero massimo  $l_{max}$ , l'unità di controllo 30 aziona le valvole di aspirazione 20, 21 e gli organi di accensione 22, 23 in modo da realizzare gli angoli di anticipo  $\theta1_{min}$ ,  $\theta2_{min}$  e portata d'aria minima  $Q1_{min}$   $Q2_{min}$ .

L'unità di controllo 30 inoltre, rileva, nel caso in cui il numero di volte l sia minore del numero massimo  $l_{max}$ , se due valori consecutivi di A3 sono crescenti o decrescenti.

Nel caso in cui i suddetti due valori consecutivi di A3 siano crescenti, l'unità di controllo 30 continua ad azionare le valvole di aspirazione 20, 21 e gli organi di accensione 22, 23 in modo da diminuire l'angolo di anticipo  $\theta1$ , aumentare la portata d'aria Q1, aumentare l'angolo di anticipo  $\theta2$  e diminuire la porta d'aria Q2.

Diversamente, nel caso in cui i suddetti due valori consecutivi di A3 siano decrescenti, l'unità di controllo

30 continua ad azionare le valvole di aspirazione 20, 21 e gli organi di accensione 22, 23, in modo da aumentare gli angoli di anticipo  $\theta_1$ , diminuire le portate d'aria  $Q_1$ , diminuire gli angoli di anticipo  $\theta_2$  e aumentare le portate d'aria  $Q_2$ .

Da un esame del metodo di regolazione e del motore a combustione interna 6 realizzato secondo la presente invenzione, sono evidenti i vantaggi che essa consente di ottenere.

In particolare, il metodo di regolazione secondo la presente invenzione comprende le fasi di:

- elaborare il valore dell'ampiezza  $A_3$  associata alla frequenza  $f_3$  del terzo ordine;
- rilevare che l'ampiezza  $A_3$  è superiore al valore soglia  $A_{3\text{th}}$ ; e
- correggere gli angoli di anticipo  $\theta_1$  ( $\theta_2$ ) e la prima quantità di aria  $Q_1$  ( $Q_2$ ), in modo da mantenere costante la coppia motrice complessiva media  $C_{avg}$ .

In tal modo, è possibile rendere più uniforme l'andamento della coppia motrice  $C$  complessiva al variare dell'angolo  $\alpha$  di rotazione dell'albero motore 12, riducendo così le vibrazioni complessive associate al funzionamento del motore a combustione interna 6 e rendendone maggiormente regolare il relativo rumore specialmente al regime di minimo.

Tale correzione sfrutta la riserva di coppia dei cilindri 10, 11, ossia il fatto che la coppia motrice C1, C2, C3, C4, C5, C6; C7, C8, C9, C10, C11, C12 sia inferiore alla relativa coppia massima  $C_{1\max}$ ,  $C_{2\max}$ ,  $C_{3\max}$ ,  $C_{4\max}$ ,  $C_{5\max}$ ,  $C_{6\max}$ ,  $C_{7\max}$ ,  $C_{8\max}$ ,  $C_{9\max}$ ,  $C_{10\max}$ ,  $C_{11\max}$ ,  $C_{12\max}$  prima della correzione degli angoli di anticipo  $\theta_1$  ( $\theta_2$ ) e della prima quantità di aria Q1 (Q2).

Grazie al fatto che gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e la portata di aria Q1, Q2 vengono corretti in modo da non alterare il valore della coppia media risultante  $C_{avg}$ , è possibile rendere maggiormente uniforme l'andamento della coppia motrice C risultante, senza alterare il valore della coppia motrice C media risultante.

Grazie al fatto che vengono corretti gli angoli di anticipo  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e le quantità di aria Q1, Q2 dei cilindri 10, 11 di entrambe le bancate 8, 9, si raggiunge un livello di uniformità nell'andamento della coppia motrice C risultante maggiore rispetto a quanto si otterrebbe agendo sui soli angoli di anticipo  $\theta_1$  ( $\theta_2$ ) e quantità di aria Q1 (Q2) dei cilindri 10 (11) della sola bancata 8 (9).

Grazie al fatto che vengono svolte solo quando l'acceleratore 51 e/o la frizione 50 non è attivato e/o quando l'unità di controllo 30 rileva che i predeterminati parametri operativi del motore a combustione interna 6 assumono i rispettivi predeterminati valori, le correzioni

degli angoli di anticipo  $\theta_1$  ( $\theta_2$ ) e quantità di aria  $Q_1$  ( $Q_2$ ) dei cilindri 10 (11) non influenzano in alcun modo la sicurezza e la percezione di guida dell'autoveicolo 1.

Nel caso in cui due o più valori consecutivi delle ampiezze  $A_k$  fossero crescenti, l'unità di controllo 30 aumenta gli angoli di anticipo  $\theta_1$ , riduce le quantità di aria  $Q_1$ , riduce gli angoli di anticipo  $\theta_1$  e aumenta le quantità di aria  $Q_2$ .

In tal modo, nel caso in cui l'eccessivo valore dell'ampiezza  $A_k$  fosse dovuto ad un'anomalia di funzionamento anziché alla configurazione progettuale del motore a combustione interna 6, è possibile cambiare la bancata 8, 9 su cui agisce prioritariamente la correzione.

Ciò è particolarmente vantaggioso quando gli andamenti delle pressioni  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}$  di progetto sono identici tra loro e con la stessa estensione rispetto all'angolo  $\alpha$  di rotazione dell'albero motore 12, come ad esempio nel motore V12 con angolo di 60 gradi tra le bancate formate ciascuna da sei cilindri. Infatti, in tal caso, non è possibile stabilire a priori dai cilindri di quale bancata l'eccessiva ampiezza  $A_k$  sia determinata.

L'unità di controllo 30 stima l'ampiezza  $A_3$  del terzo ordine della coppia motrice C risultante, sulla base dell'ampiezza  $B_3$  del terzo ordine della velocità angolare

n. L'unità di controllo 30 stima, inoltre, l'ampiezza B3 sulla base dei valori n1, n2, .. nj della velocità angolare n dell'albero motore 12 misurati tramite il trasduttore 40 a ruota fonica.

Più in particolare, i valori n1, n2, ..., nj sono rilevati a seguito del passaggio di un numero j di scanalature o sporgenze 42 del trasduttore 40 di fronte al sensore 45. Dal momento che il numero j è maggiore del doppio dell'ordine k associato alle ampiezze Ak, Bk. In tal modo, è possibile campionare correttamente il segnale di velocità angolare n di frequenza k ed ottenere una corrispondente informazione sull'entità dell'ampiezza Ak della coppia motrice C risultante, utilizzando il trasduttore 40 comunemente presente sull'albero motore 12 e senza dover utilizzare trasduttori dedicati.

Grazie al fatto che l'unità di controllo 30 può correggere la coppia motrice complessiva C anche agendo solo sugli angoli di anticipo  $\theta_1$  ( $\theta_2$ ) e portata d'aria Q1 della bancata 8 (9) oppure sbilanciando i valori medi  $(C1+C2+C3+C4+C5+C6)/avg$  e  $(C7+C8+C9+C10+C11+C12)/avg$  associati a rispettive bancate 8, 9, è possibile ottenere un'elevata flessibilità relativamente alle modalità di ottenimento della coppia motrice risultante corretta Cadj a seconda delle peculiarità funzionali e costruttive del motore a combustione interna 6.

Risulta infine chiaro che al metodo di regolazione e al motore a combustione interna 6 realizzato secondo la presente invenzione possono essere apportate modifiche e variazioni che tuttavia non escono dall'ambito di tutela definito dalle rivendicazioni.

In particolare, l'unità di controllo 30 potrebbe essere programmata per:

- aumentare gli angoli di anticipo  $\theta_1$ , e ridurre la portata di aria  $Q_1$  in ingresso ai cilindri 10 e/o ridurre gli angoli di anticipo  $\theta_2$  ed aumentare la portata  $Q_2$  in ingresso ai cilindri 11, in modo da mantenere costante il valore della coppia risultante media  $C_{avg}$  erogata dal motore a combustione interna 6.

Inoltre, il motore a combustione interna 6 potrebbe avere un numero di cilindri 10, 11 diverso da dodici.

Il motore a combustione interna 6 potrebbe avere configurazione a V con angolo tra le bancate 8, 9 diverso da 65 gradi.

Addirittura, il motore a combustione interna 6 potrebbe non avere configurazione a V.

In tal caso, il metodo secondo l'invenzione permetterebbe di rilevare e correggere ampiezze  $A_k$  particolarmente elevate dovute non a una particolarità costruttiva del motore a combustione interna 6, ma ad anomalie funzionali di un motore a combustione interna di

diversa configurazione.

Le ampiezze  $A_k$ ,  $B_k$  e la relativa frequenza  $f_k$  potrebbero essere diverse dal terzo ordine.

## RIVENDICAZIONI

1.- Metodo di regolazione di un motore a combustione interna (6) per un autoveicolo (1);

il detto motore a combustione interna (6) comprendendo:

- una prima bancata (8) comprendente, a propria volta, almeno un primo cilindro (10) al cui interno è scorrevole un primo pistone (15); il detto primo pistone (15) essendo scorrevole rispetto al detto primo cilindro (10) tra un primo punto morto inferiore (PMI) in cui definisce con detto primo cilindro (10) una prima camera (17) di volume massimo e un primo punto morto superiore (PMS) in cui il volume di detta prima camera (17) è minimo;
- un primo organo di regolazione (20) controllabile per regolare una prima quantità di aria (Q1) in ingresso alla detta prima camera (18);
- un primo organo di accensione (22) controllabile per determinare l'accensione di una miscela di aria e combustibile all'interno della detta prima camera (17);
- una seconda bancata (9) comprendente, a propria volta, almeno un secondo cilindro (11) al cui interno è scorrevole un secondo pistone (16); il detto secondo pistone (16) essendo scorrevole tra un secondo punto morto inferiore (PMI) in cui definisce con detto secondo cilindro (11) una seconda camera (18) di volume massimo e un secondo punto morto superiore (PMS) in cui il volume di detta seconda camera

(18) è minimo;

- un secondo organo di regolazione (21) controllabile per regolare una seconda quantità di aria (Q2) in ingresso a detta seconda camera (18) di detto secondo cilindro (11);  
il detto motore a combustione interna (6) comprendendo, inoltre:

- un secondo organo di accensione (23) controllabile per determinare l'accensione di una miscela di aria e combustibile all'interno della detta seconda camera (18);  
- un organo motore (12) operativamente collegato ai detti primo e secondo pistone (15, 16), e girevole intorno a un asse (A), ed erogante, in uso, una coppia motrice (C, Cadj) risultante pari alla somma di una prima coppia motrice (C1, C2, C3, C4, C5, C6) trasmessa dal detto primo pistone (15) al detto organo motore (12) e di una seconda coppia motrice (C7, C8, C9, C10, C11, C12) trasmessa dal detto secondo pistone (16) al detto organo motore (12);

la detta coppia motrice (C, Cadj) erogata dal detto motore a combustione interna (6) essendo rappresentabile come una somma di una pluralità di primi segnali sinusoidali aventi, ciascuno, una rispettiva frequenza ( $f_1, \dots, f_k, \dots, f_n$ ) ed una rispettiva prima ampiezza ( $A_1, \dots, A_k, \dots, A_n$ );

il detto motore a combustione interna (6) comprendendo, inoltre:

- un'unità di controllo (30) operativamente collegata

con i detti primo e secondo organo di regolazione (20, 21) e i detti primo e secondo organo di accensione (22, 23);

il detto metodo comprendendo le fasi di:

i) controllare il detto primo e secondo organo di regolazione (20, 21) in modo da regolare le dette prima e seconda quantità di aria (Q1, Q2); e

ii) azionare i detti primo e secondo organo di accensione (22, 23) rispettivamente con un primo e secondo angolo di anticipo ( $\theta_1, \theta_2$ ) rispetto ai detti primo e secondo punto morto superiore (PMI, PMS) dei rispettivi detti primo e secondo pistone (15, 16);

la detta prima quantità di aria (Q1) e il detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) essendo associati a un valore di prima coppia motrice (C1, C2, C3, C4, C5, C6) trasmessa dal detto primo pistone (15) al detto organo motore (12);

la detta seconda quantità di aria (Q2) e il detto primo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) essendo associati a un valore di seconda coppia motrice (C7, C8, C9, C10, C11, C12) trasmessa dal detto secondo pistone (16) al detto organo motore (12);

caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

iii) elaborare un valore di una prima ( $A_k$ ) delle dette prime ampiezze ( $A_1, \dots A_k, \dots A_n$ ) associata a una rispettiva frequenza ( $f_k$ );

iv) rilevare che la detta prima ampiezza ( $A_k$ ) di almeno un detto segnale a una desiderata corrispondente frequenza

(fk) è superiore a un primo valore soglia ( $A_{k\text{th}}$ ) ; e  
v) correggere i detti primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) e  
prima quantità di aria ( $Q_1$ ) oppure i detti secondo angolo  
di anticipo ( $\theta_2$ ) e seconda quantità di aria ( $Q_2$ ), in modo  
da mantenere costante un primo valore medio ( $C_{avg}$ ) di detta  
coppia motrice risultante ( $C$ ,  $C_{adj}$ ) in corrispondenza di  
due rotazioni complete del detto organo motore (12).

2.- Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato  
dal fatto di comprendere la fase vi) di correggere i detti  
primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) e la detta prima quantità di  
aria ( $Q_1$ ), in modo da mantenere costante un secondo valore  
medio ( $C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6$ ) avg della detta prima coppia  
motrice ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ).

3.- Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2,  
caratterizzato dal fatto che la detta fase v) comprende la  
fase vii) di correggere sia i detti primo angolo di anticipo  
( $\theta_1$ ) e prima quantità di aria ( $Q_1$ ) sia i detti secondo  
angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) e seconda quantità di aria ( $Q_2$ ).

4.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
precedenti, in cui l'andamento della detta prima coppia  
motrice ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ) al variare del detto primo  
angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) per un valore costante della detta  
prima portata di aria ( $Q_1$ ) comprende un primo tratto (105)  
crescente e un secondo tratto decrescente;

l'andamento della detta seconda coppia motrice ( $C_7$ ,

C8, C9, C10, C11, C12) al variare del detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) per un valore costante della detta prima portata di aria (Q1) comprendendo un terzo tratto (150) crescente e un quarto tratto (151) decrescente;

la detta fase v) comprendendo le fasi di:

viii) ridurre il detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) rimanendo sul detto secondo tratto (150) e aumentare la detta prima quantità di aria (Q1); e

ix) aumentare il detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) rimanendo sul detto quarto tratto (151); e

x) ridurre la seconda quantità di aria (Q2).

5.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 3 o 4, caratterizzato dal fatto che le dette fasi v) e vii) sono svolte a partire da una condizione in cui i detti primo angolo di anticipo e secondo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) sono uguali tra loro e le dette prima e seconda quantità di aria (Q1, Q2) sono uguali tra loro.

6.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la detta fase v) è svolta in una condizione in cui un acceleratore (51) del detto motore a combustione interna (6) atto a regolare i detti organi di regolazione (22, 23) non è azionato e/o una frizione (50) del detto motore a combustione interna (6) non innestata.

7.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni

precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase xi) di ripetere la detta fase iv), nel caso in cui la detta prima ampiezza ( $A_k$ ) sia superiore al detto primo valore soglia ( $A_{k_{th}}$ ) alla detta corrispondente frequenza ( $f_k$ ).

8.- Metodo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

xii) rilevare il numero di volte (l) consecutive in cui le corrispondenti dette prime ampiezze ( $A_k$ ) sono superiori al detto primo valore soglia ( $A_{k_{th}}$ );

xiii) acquisire il valore minimo ( $A_{k_{min}}$ ) di dette ampiezze superiore ( $A_k$ ) al detto primo valore soglia ( $A_{k_{th}}$ ) e i valori detti primo angolo di anticipo ( $\theta_{1_{min}}$ ) e prima quantità di aria ( $Q_{1_{min}}$ ) corrispondenti al suddetto valore minimo ( $A_{k_{min}}$ ); e

xiv) qualora il detto numero di volte (l) consecutive è superiore a un secondo valore soglia ( $l_{max}$ ), azionare il detto primo organo di accensione (22) e primo organo di regolazione (20) con i valori di detti primo angolo di anticipo ( $\theta_{1_{min}}$ ) e prima quantità di aria ( $Q_{1_{min}}$ ) corrispondenti al detto valore minimo di dette ampiezze ( $A_{k_{min}}$ ) superiori al detto primo valore soglia ( $A_{k_{th}}$ ).

9.- Metodo secondo la rivendicazione 7 o 8, quando dipendenti dalla rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

xv) nel caso in cui due valori consecutivi di dette

prime ampiezze ( $A_k$ ) fossero decrescenti, continuare a ridurre il detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ), aumentare la detta prima quantità di aria ( $Q_1$ ), aumentare il detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) e ridurre la detta seconda quantità di aria ( $Q_2$ ); e

xvi) nel caso in cui due valori consecutivi di dette prime ampiezze ( $A_k$ ) fossero crescenti, aumentare il detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ), ridurre la detta prima quantità di aria ( $Q_1$ ), ridurre il detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) ed aumentare la detta seconda quantità di aria ( $Q_2$ ).

10.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la detta velocità di rotazione ( $n$ ) del detto organo motore (12) è rappresentabile come somma di una pluralità di secondi segnali sinusoidali aventi, ciascuno una rispettiva frequenza ( $f_1, \dots, f_k, f_n$ ) e una rispettiva seconda ampiezza ( $B_1, \dots, B_k, \dots, B_n$ );

caratterizzato dal fatto che la detta fase iii) comprende le fasi di:

xvii) elaborare un valore di una seconda ( $B_k$ ) delle dette seconda ampiezza ( $B_1, \dots, B_k, \dots, B_n$ ) associata alla rispettiva prima frequenza ( $f_k$ ); e

xviii) nel caso in cui il valore della detta seconda ampiezza ( $B_k$ ) è maggiore di un secondo valore soglia ( $B_{k\text{th}}$ ), rilevare che la detta prima ampiezza ( $A_k$ ) è superiore al

detto primo valore soglia ( $A_{k_{th}}$ ) .

11.- Metodo secondo la rivendicazione 10,  
caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi:

xix) rilevare un primo numero (i) di primi valori ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ ) della velocità angolare (n) del detto organo motore (12); e

xx) stimare un valore medio della detta velocità angolare (n) del detto organo motore (12), sulla base di un secondo numero (j) di secondi valori ( $n_1, n_2, \dots, n_j$ ) detta pluralità di valori ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ ); i detti secondi valori ( $n_j$ ) essendo un sottoinsieme dei detti primi valori ( $n_i$ ); i detti secondi valori ( $n_j$ ) essendo un numero maggiore del doppio dell'ordine (k) della detta prima ampiezza ( $A_k$ ) .

12.- Metodo secondo la rivendicazione 11,  
caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

xxi) elaborare il valore dei detti primo e secondo angolo di anticipo ( $\theta_1, \theta_2$ ) dei detti primo e secondo cilindro (10, 11) con un dato periodo (T);

xxii) elaborare il detto valore di detta seconda ampiezza ( $B_k$ ), sulla base delle seguente formula:

$$B_k =$$

$$\sqrt{((\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \sin(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j))) \times \frac{2 \times T_s}{T})^2 + ((\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \cos(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j))) \times \frac{2 \times T_s}{T})^2}$$

in cui:

$x_n$  è la differenza tra ciascun detto secondo valore ( $n_j$ )  
e la media dei detti secondi valori ( $n_j$ );

$T_s$  è il rapporto tra il detto periodo (T) e il detto numero (j) di detti secondi valori (n<sub>j</sub>); e

Linspace (0, 2\*π, j) è un vettore con j elementi equispaziati tra 0 e 2\*π.

13.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui:

- il detto motore a combustione interna (6) è pluricilindrico; e/o
- il detto primo pistone e secondo pistone (15, 16) sono scorrevoli lungo rispettivi secondi assi (D, C) incidenti tra loro, convergenti verso il detto primo asse (A) e definienti una V; e/o
- la detta frequenza (f<sub>k</sub>) è il triplo della frequenza di rotazione (f<sub>1</sub>) del detto organo motore (12).

14.- Motore a combustione interna (6), comprendente:

- una prima bancata (8) comprendente, a propria volta, almeno un primo cilindro (10) al cui interno è scorrevole un primo pistone (15); il detto primo pistone (15) essendo scorrevole rispetto al detto primo cilindro (10) tra un primo punto morto inferiore (PMI) in cui definisce con detto primo cilindro (10) una prima camera (17) di volume massimo e un primo punto morto superiore (PMS) in cui il volume di detta prima camera (17) è minimo;
- un primo organo di regolazione (20) controllabile per regolare una prima quantità di aria (Q<sub>1</sub>) in ingresso alla

detta prima camera (17);

- un primo organo di accensione (22) controllabile per determinare l'accensione di una miscela di aria e combustibile all'interno della detta prima camera (17);

- una seconda bancata (9) comprendente, a propria volta, almeno un secondo cilindro (11) al cui interno è scorrevole un secondo pistone (16); il detto secondo pistone (16) essendo scorrevole tra un secondo punto morto inferiore (PMI) in cui definisce con detto secondo cilindro (11) una seconda camera (18) di volume massimo e un secondo punto morto superiore (PMS) in cui il volume di detta seconda camera (19) è minimo;

- un secondo organo di regolazione (21) controllabile per regolare una seconda quantità di aria (Q2) in ingresso a detta seconda camera (18) di detto secondo cilindro (11);

- un secondo organo di accensione (23) controllabile per determinare l'accensione di una miscela di aria e combustibile all'interno della detta seconda camera (18); ed

- un organo motore (12) operativamente collegato ai detti primo e secondo pistone (15, 16), e girevole intorno a un asse (A), ed erogante, in uso, una coppia motrice (C, Cadj) risultante pari alla somma di una prima coppia motrice (C1, C2, C3, C4, C5, C6) trasmessa dal detto primo pistone (15) al detto organo motore (12) e di una seconda coppia motrice (C7, C8, C9, C10, C11, C12) trasmessa dal detto

secondo pistone (16) al detto organo motore (12);

la detta coppia motrice ( $C$ ,  $C_{adj}$ ) risultante essendo rappresentabile come una somma di una pluralità di primi segnali sinusoidali aventi, ciascuno, una rispettiva frequenza ( $f_1, \dots f_k, \dots f_n$ ) ed una rispettiva prima ampiezza ( $A_1, \dots A_k, \dots A_n$ );

il detto motore a combustione interna (6) comprendendo, inoltre:

- un'unità di controllo (30) operativamente collegata con i detti primo e secondo organo di regolazione (20, 21) per regolare le dette prima e seconda quantità di aria ( $Q_1, Q_2$ ), e con i detti primo e secondo organo di accensione (22, 23) per azionare i suddetti primo e secondo organo di accensione (22, 23) rispettivamente con un primo e secondo angolo di anticipo ( $\theta_1, \theta_2$ ) rispetto ai detti primo e secondo punto morto superiore (PMI, PMS) dei rispettivi detti primo e secondo pistone (15, 16);

il valore della detta prima coppia motrice ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ) trasmessa dal detto primo pistone (15) al detto organo motore (12) essendo associato alla detta prima quantità di aria ( $Q_1$ ) e al detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ );

il valore della detta seconda coppia motrice ( $C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{12}$ ) trasmessa dal detto secondo pistone al detto organo motore (12) essendo associato alla detta seconda

quantità di aria ( $Q_2$ ) e al detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ );

caratterizzato dal fatto che la detta unità di controllo (30) è programmata per:

- elaborare un valore di una prima ( $A_k$ ) delle dette prime ampiezze ( $A_1, \dots A_k, \dots A_n$ ) associata a una rispettiva frequenza ( $f_k$ );
- rilevare che la detta prima ampiezza ( $A_k$ ) di almeno un detto segnale a una desiderata corrispondente frequenza ( $f_k$ ) è superiore a un primo valore soglia ( $A_{k\text{th}}$ ); e
- correggere i detti primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) e prima quantità di aria ( $Q_1$ ) oppure i detti secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) e seconda quantità di aria ( $Q_2$ ), in modo da mantenere costante un primo valore medio ( $C_{avg}$ ) di detta coppia motrice risultante ( $C, C_{adj}$ ) in corrispondenza di due rotazioni complete del detto organo motore (12).

15.- Motore secondo la rivendicazione 14, caratterizzato dal fatto che la detta unità di controllo (30) è programmata per correggere i detti primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) e la detta prima quantità di aria ( $Q_1$ ), in modo da mantenere costante un secondo valore medio ( $(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6)/avg$ ) della detta prima coppia motrice ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ).

16.- Motore secondo la rivendicazione 14 o 15, caratterizzato dal fatto che la detta unità di controllo

(30) è programmata per correggere sia i detti primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) e prima quantità di aria ( $Q_1$ ) sia i detti secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) e seconda quantità di aria ( $Q_2$ ).

17.- Motore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 14 a 16, in cui l'andamento della detta prima coppia motrice ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ) al variare del detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) per un valore costante della detta prima portata di aria ( $Q_1$ ) comprende un primo tratto (150) crescente e un secondo tratto decrescente (151);

l'andamento della detta seconda coppia motrice ( $C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{12}$ ) al variare del detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) per un valore costante della detta prima portata di aria ( $Q_1$ ) comprendendo un terzo tratto (150) crescente e un quarto tratto (151) decrescente;

caratterizzato dal fatto che la detta unità di controllo (30) è programmata per:

- ridurre il detto primo angolo di anticipo ( $\theta_1$ ) rimanendo sul detto secondo tratto (151) e aumentare la detta prima quantità di aria ( $Q_1$ ); e
- aumentare il detto secondo angolo di anticipo ( $\theta_2$ ) rimanendo sul detto quarto tratto (106) e ridurre la seconda quantità di aria ( $Q_2$ ).

18.- Motore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 14 a 17, caratterizzato dal fatto di comprendere una

ruota fonica (40) atta a rilevare la velocità angolare (n) del detto organo motore (12) intorno al detto asse (A);

la detta ruota fonica (40) essendo fissata al detto organo motore (12) in modo rotazionalmente solidale intorno al detto asse (A);

la detta ruota fonica (40) comprendendo:

- una pluralità di scanalature o sporgenze (42) aventi estensione radiale rispetto al detto asse (A) e circonferenzialmente spaziate intorno all'asse (A) stesso; e

- un sensore (45) atto ad interagire sequenzialmente con le dette scanalature o sporgenze (42) a seguito della rotazione del detto organo motore (12);

le dette scanalature o sporgenze (42) essendo in un primo numero (i) maggiore del doppio dell'ordine (k) della detta prima ampiezza ( $A_k$ ) ed interagendo, in uso, progressivamente con il detto sensore (45);

la detta unità di controllo (30) essendo programmata per:

- rilevare il detto primo numero (i) di primi valori ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ ) della velocità angolare (n) del detto organo motore (12) con una ulteriore frequenza maggiore del doppio della detta frequenza ( $f_k$ ) associata alla detta ampiezza ( $A_k$ ) da rilevare, tramite rispettive scanalature o sporgenze (42) delle detta ruota fonica (40);

- stimare un valore medio della detta velocità angolare (n) del detto organo motore (12), sulla base di un secondo numero (j) di secondi valori (n1, n2, .. nj) detta pluralità di valori (n1, n2, .. ni); i detti secondi valori (j) essendo un sottoinsieme dei detti primi valori (ni); il detto secondo numero (nj) essendo maggiore del doppio di un ordine (k) della detta frequenza (fk); ed

- elaborare il valore dei detti primo e secondo angolo di anticipo ( $\theta_1, \theta_2$ ) dei detti primo e secondo cilindro (10, 11) con un dato periodo (T);

la detta velocità di rotazione (n) del detto organo motore (12) essendo rappresentabile come somma di una pluralità di secondi segnali sinusoidali aventi, ciascuno una rispettiva frequenza (f1, .., fk, fn) e una rispettiva seconda ampiezza (B1, .., Bk, , , , Bn);

la detta unità di controllo (30) essendo, inoltre, programmata per:

- elaborare il detto valore di detta seconda ampiezza (Bk), sulla base delle seguente formula:

Bk=

$$\sqrt{((\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \sin(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j)) \times \frac{2 \times T_s}{T})^2 + ((\sum_{n=0}^{N-1} x_n \times \cos(\text{linspace}(0, 2 * \pi, j)) \times \frac{2 \times T_s}{T})^2)}$$

in cui:

$x_n$  è la differenza tra ciascun detto secondo valore (nj) e la media dei detti secondi valori (nj);

$T_s$  è il rapporto tra il detto periodo (T) è il detto

secondo numero (j) di detti secondi valori (nj); e

Linspace (0, 2\*π, j) è un vettore con il detto secondo numero (j) di elementi equispaziati tra 0 e 2\*π; ed

- elaborare un valore di una seconda (Bk) delle dette seconda ampiezza (B1, ..., Bk, .., Bn) associata alla rispettiva prima frequenza (fk); e

- nel caso in cui il valore della detta seconda ampiezza (Bk) è maggiore di un secondo valore soglia ( $B_{k\text{th}}$ ), rilevare che la detta prima ampiezza (Ak) è superiore al detto primo valore soglia ( $A_{k\text{th}}$ ).

19.- Motore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 14 a 18, caratterizzato dal fatto che:

- il detto motore a combustione interna (6) è pluricilindrico; e

- il detto primo pistone e secondo pistone (15, 16) sono scorrevoli lungo rispettivi secondi assi (B, C) incidenti tra loro, convergenti verso il detto primo asse (A) e definienti una V;

e/o caratterizzato dal fatto che:

- i detti secondi assi (B, C) definiscono tra di loro un angolo di 65 gradi; e

- la detta frequenza (fk) è il triplo della frequenza di rotazione del detto organo motore (12).

20.- Motore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 14 a 19, caratterizzato dal fatto che la detta prima

bancata (8) comprende una pluralità di primi cilindri (10) al cui interno sono scorrevole rispettivi primi pistoni (15) e a cui sono associati rispettivi primi andamenti della pressione (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>);

la detta seconda bancata (9) comprendendo una pluralità di secondi cilindri (11) al cui interno sono scorrevoli rispettivi secondi pistoni (16) e a cui sono associati rispettivi secondi andamenti della pressione (P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>);

i detti primi andamenti della pressione (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>) essendo alternati ai detti secondi andamenti della pressione (P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>), al variare di un angolo di rotazione ( $\alpha$ ) del detto organo motore (12);

ciascun detto secondo andamento della pressione (P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>) essendo sfasato rispetto al rispettivo primo andamento della pressione (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>) immediatamente precedente di un primo valore del detto angolo di rotazione ( $\alpha$ ) del detto organo motore (12);

ciascun detto primo andamento della pressione (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>) essendo sfasato rispetto al rispettivo secondo andamento della pressione (P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>) immediatamente precedente di un secondo valore del detto angolo di rotazione ( $\alpha$ ) del detto organo motore (12) differente dal detto primo valore.

21.- Prodotto informatico caricabile su un'unità di

controllo (30) e ed atto, quando eseguito, ad implementare le fasi di un metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 13.

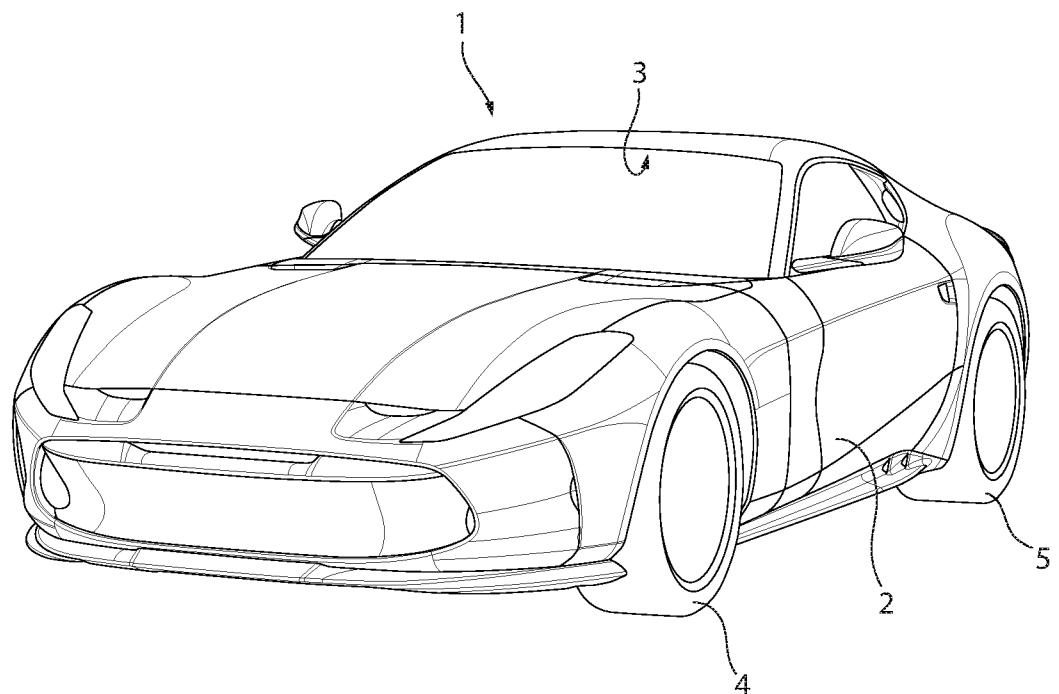


FIG. 1

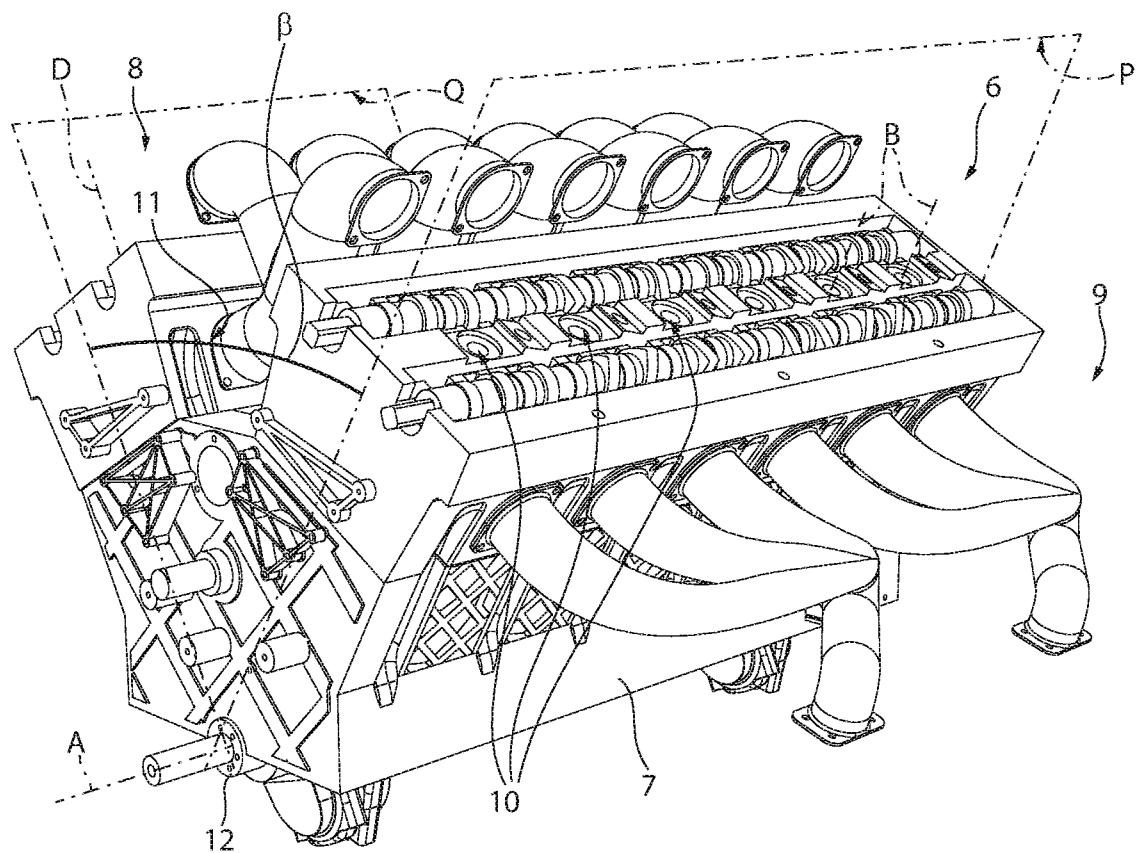
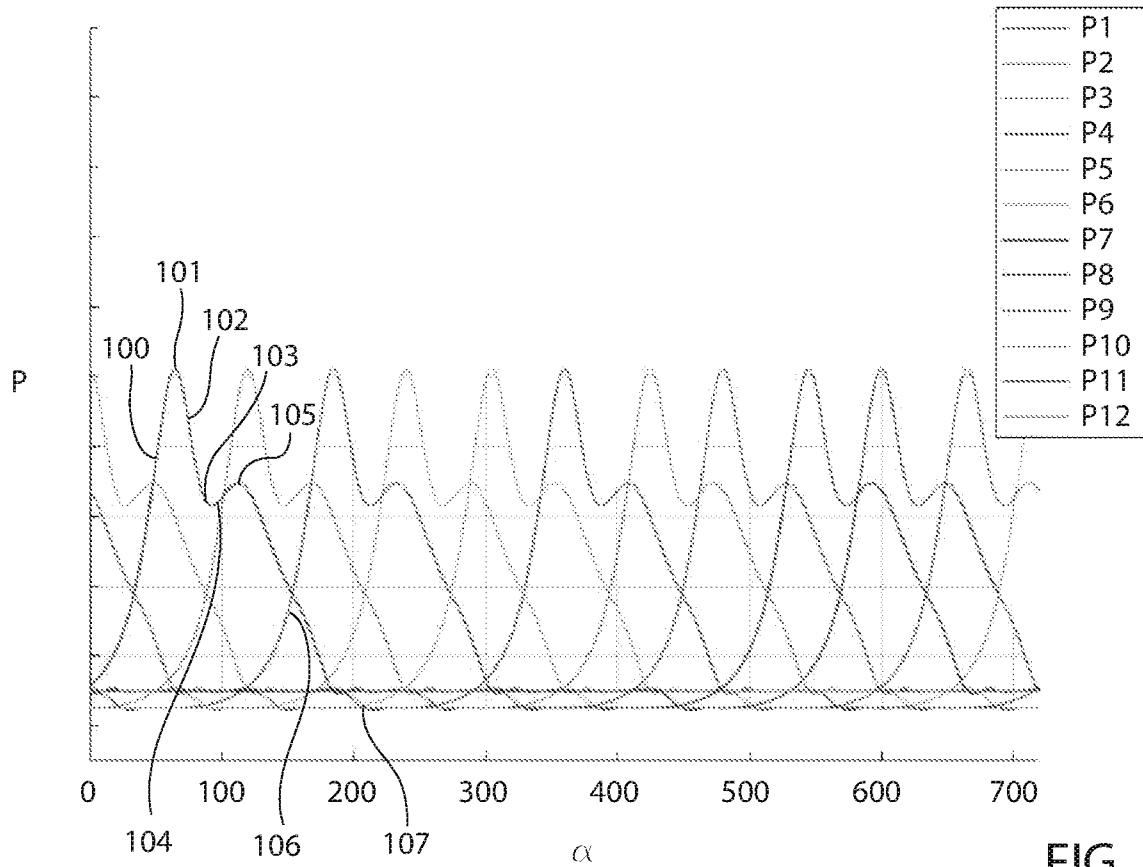
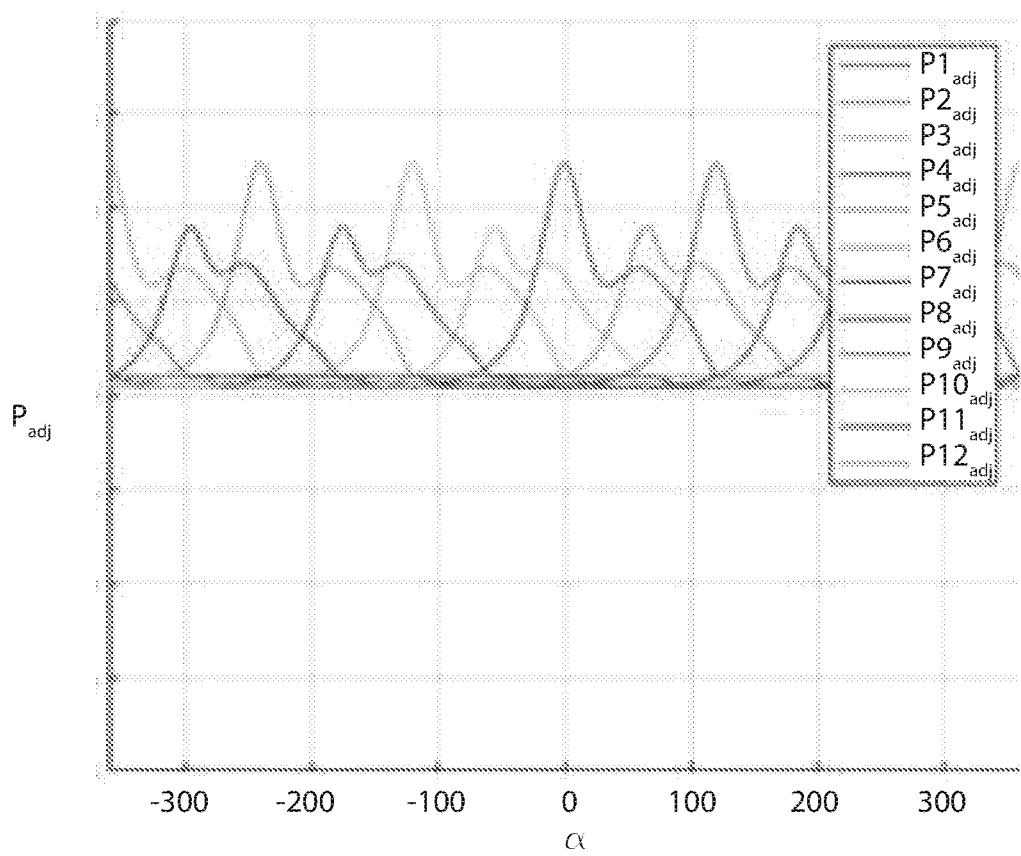


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**

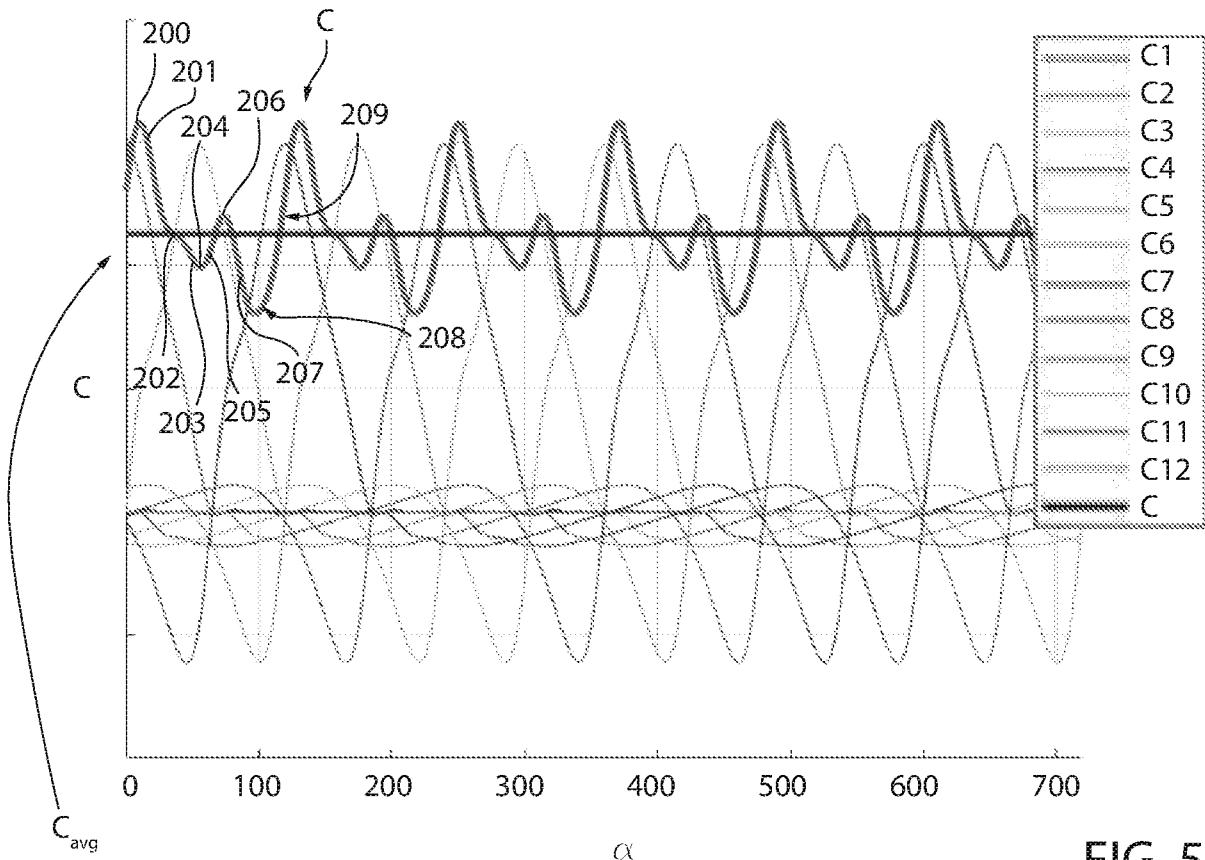


FIG. 5

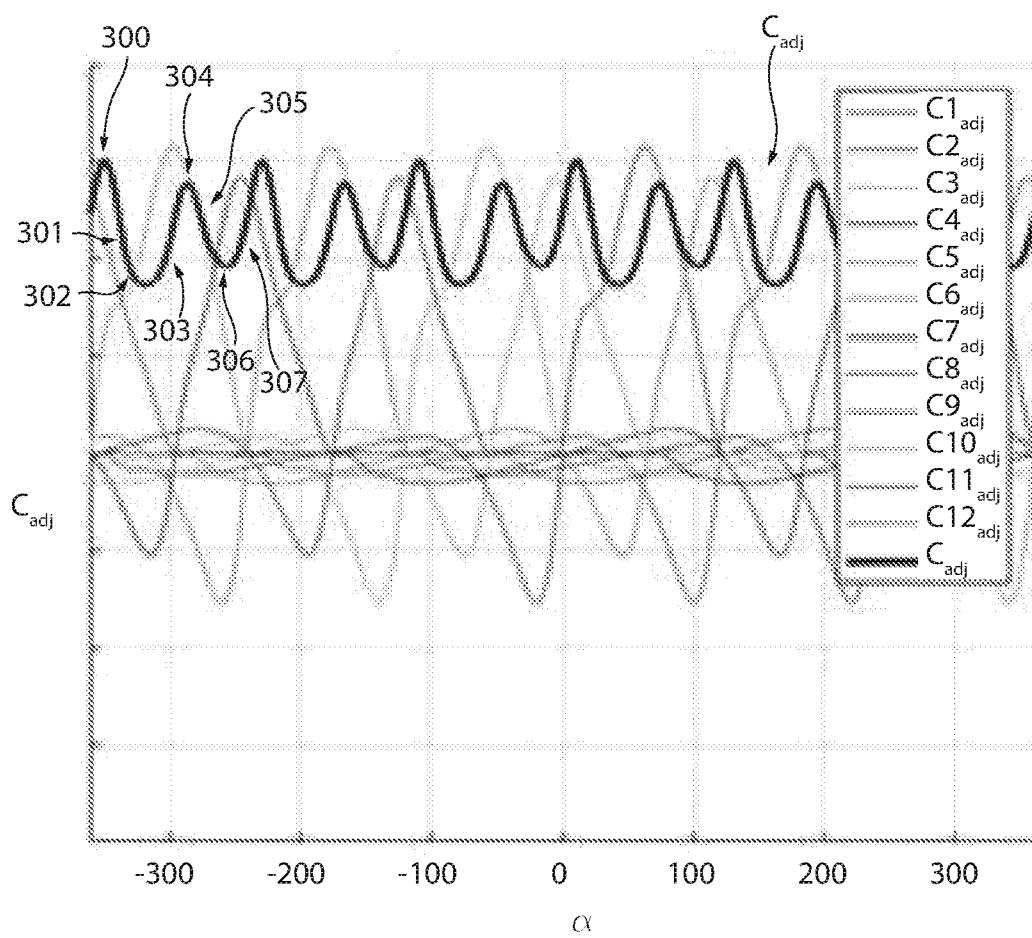


FIG. 6

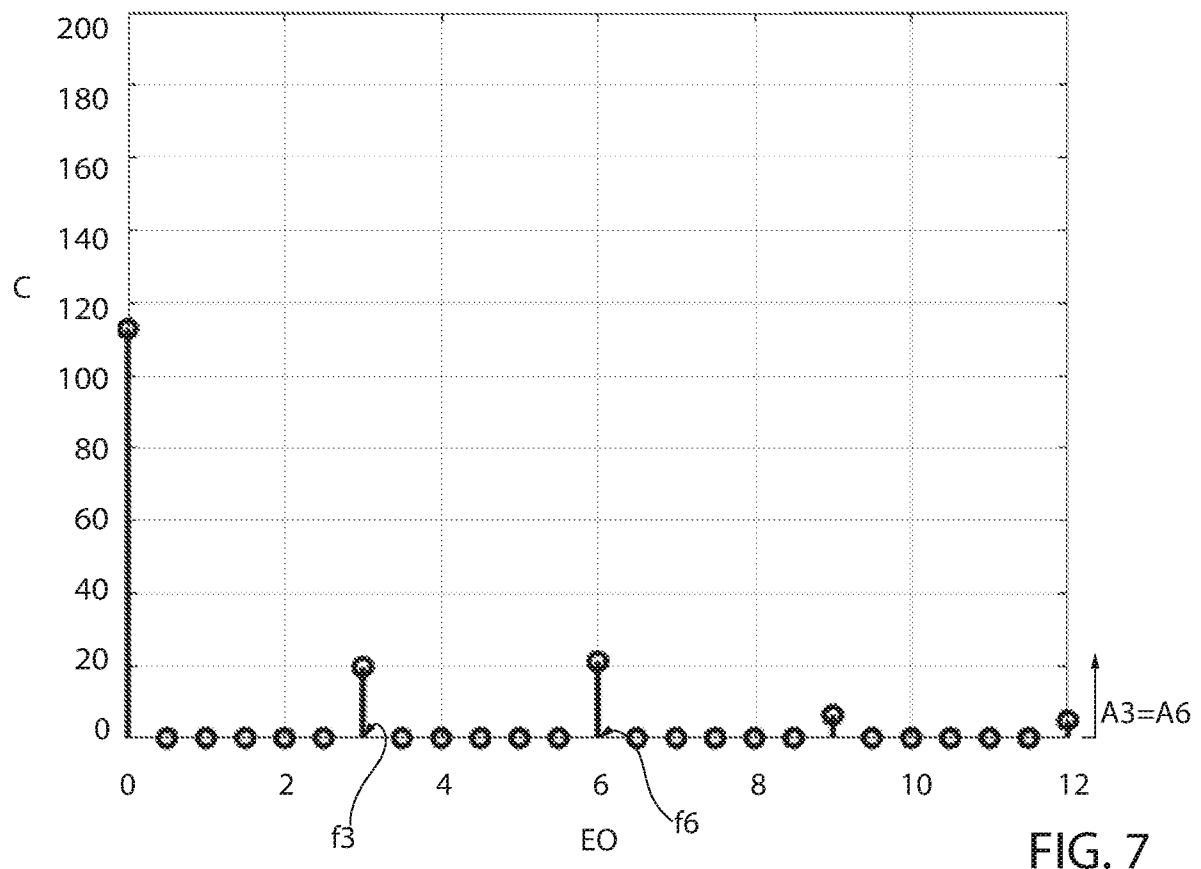


FIG. 7

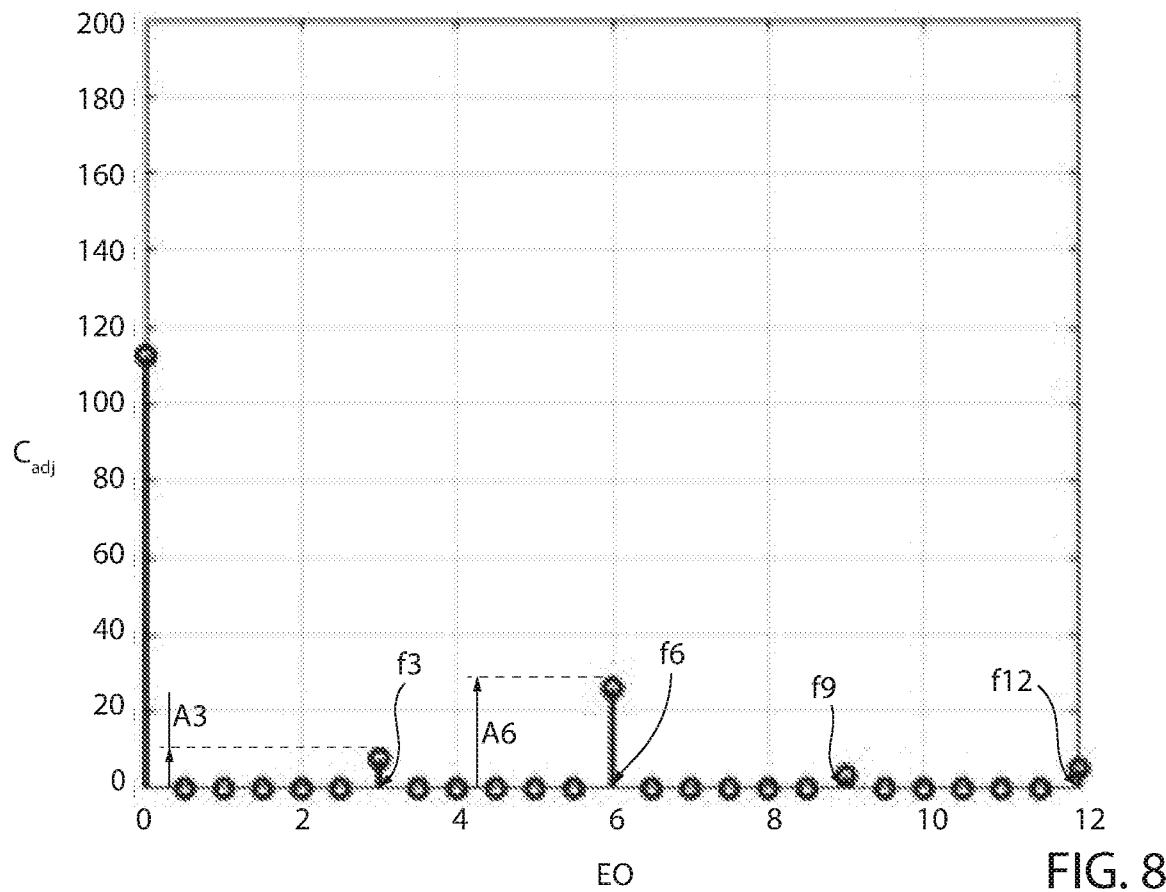


FIG. 8

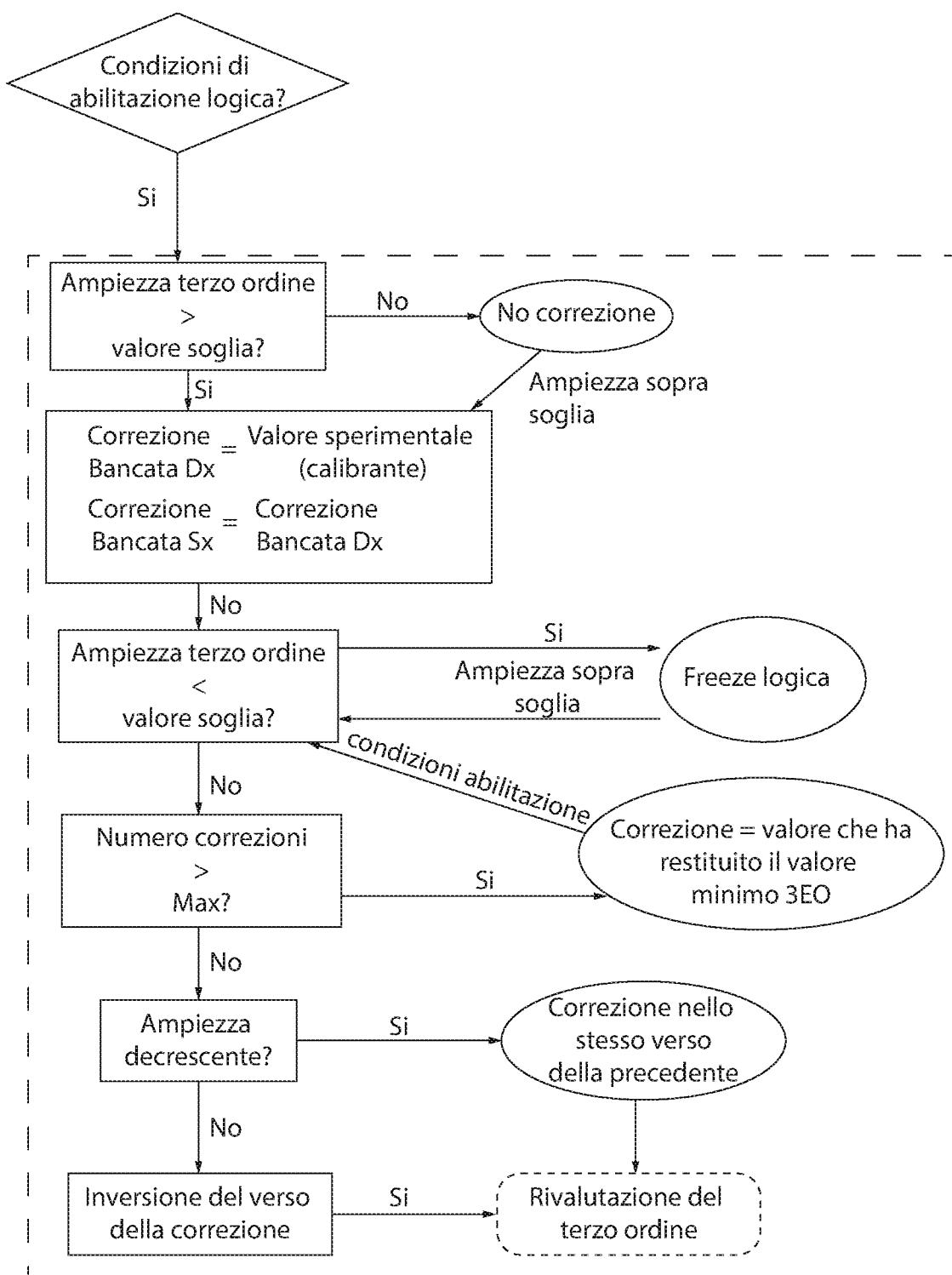


FIG. 9

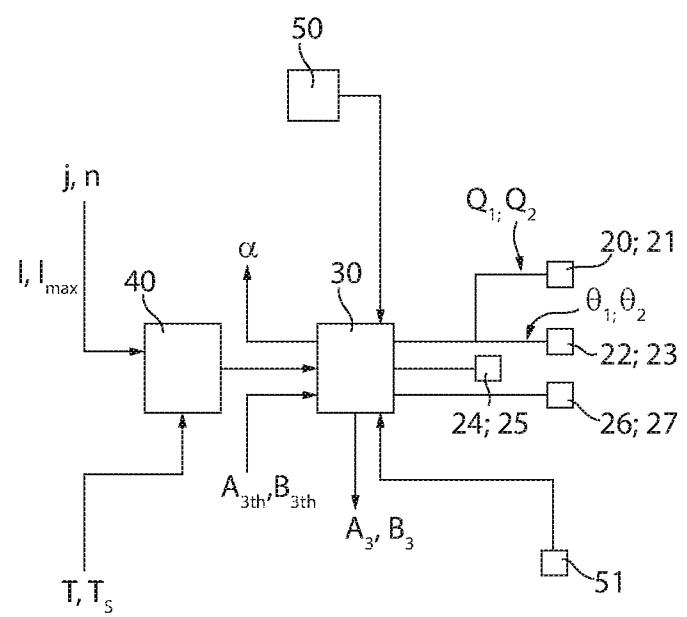


FIG. 10

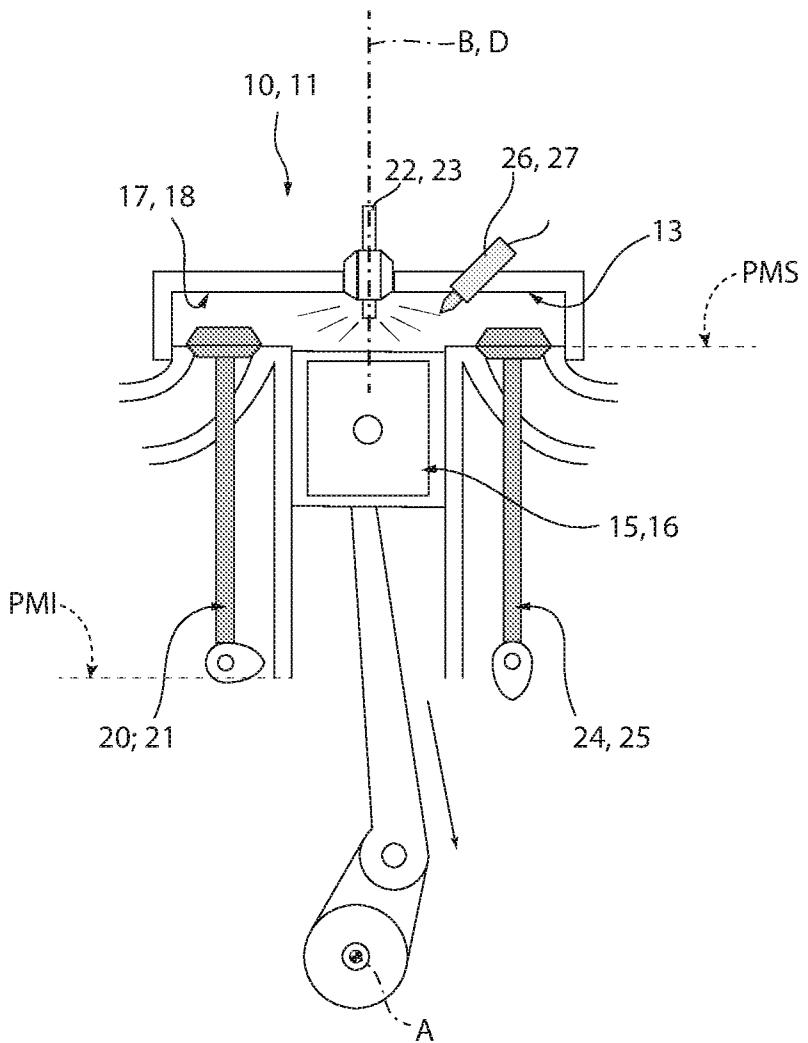
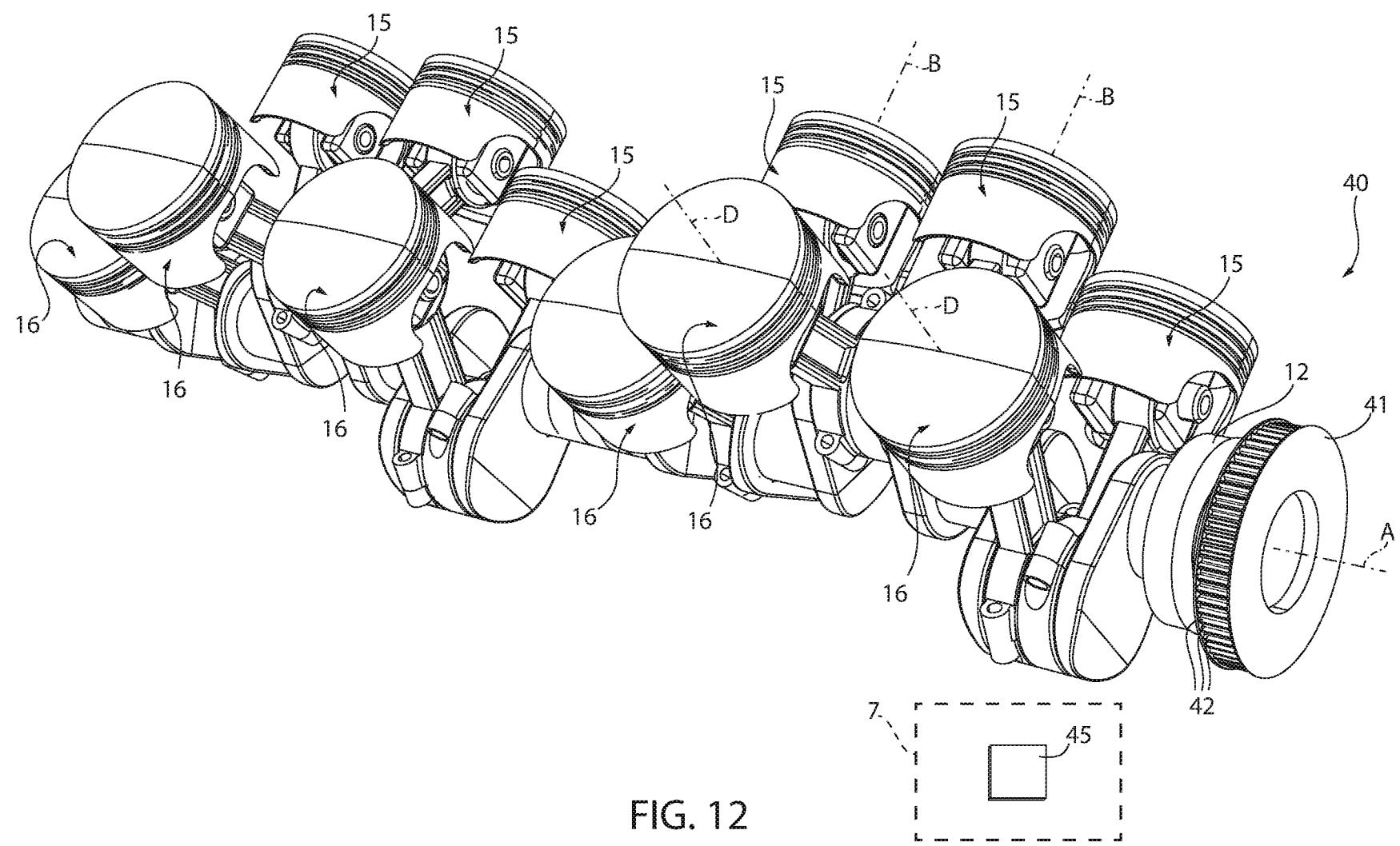


FIG. 11



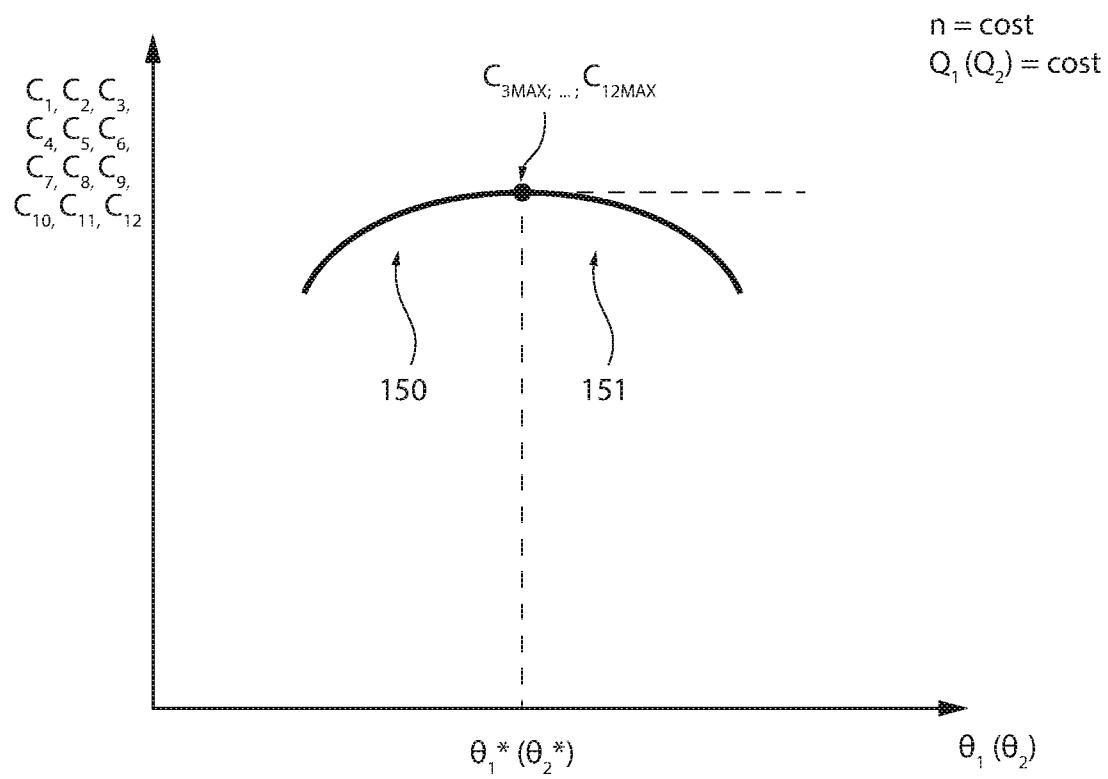


FIG. 13