

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102022000016170
Data Deposito	29/07/2022
Data Pubblicazione	29/01/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	D	13	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	L	9	14

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	D	41	40

Titolo

"Motore a combustione interna ad accensione comandata, e procedimento per il suo controllo"

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale del titolo:

"Motore a combustione interna ad accensione comandata, e procedimento per il suo controllo",

di.: C.R.F. Società Consortile per Azioni, nazionalità italiana, Strada Torino 50, 10043 Orbassano (TO).

Inventori designati: Raffaele RICCO, Marcello GARGANO, Sergio STUCCHI, Domenico LEPORE, Chiara ALTAMURA.

Depositata il: 29 luglio 2022

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ai motori a combustione interna ad accensione comandata, del tipo comprendente uno o più cilindri e rispettivi pistoni scorrevoli nei cilindri fra un Punto Morto Superiore (PMS) ed un Punto Morto Inferiore (PMI) e collegati operativamente ad un albero motore, detto motore essendo configurato per attuare fasi successive di aspirazione, compressione, espansione e scarico durante ogni ciclo operativo in ciascun cilindro,

in cui il motore comprende, per ciascun cilindro:

- un primo condotto di aspirazione ed un secondo condotto di aspirazione sfocianti nel cilindro e configurati per ricevere aria ad una stessa pressione,
- una prima valvola di aspirazione ed una seconda valvola di aspirazione associate al cilindro, per controllare l'ingresso nel cilindro di un flusso di aria di aspirazione rispettivamente dal primo condotto di aspirazione e dal secondo condotto di aspirazione, durante ogni ciclo operativo del cilindro,
- un dispositivo di azionamento di detta prima valvola di aspirazione e di detta seconda valvola di aspirazione,
- un sistema di alimentazione di combustibile comprendente almeno un iniettore associato a ciascun cilindro, e configurato e disposto per alimentare

combustibile, direttamente o indirettamente, in una camera di combustione definita nel rispettivo cilindro, durante ogni ciclo operativo del cilindro, e

- una candela di accensione associata a ogni cilindro.

Tecnica nota

La Richiedente ha già proposto nella sua domanda di brevetto europeo **EP 21157310** del 16.02.2021 (ancora segreta alla data di deposito della presente domanda) un motore del tipo sopra indicato in cui durante la fase di aspirazione in ogni ciclo operativo del cilindro, viene attivato dapprima un movimento di apertura e di chiusura soltanto di una prima valvola di aspirazione, mentre la seconda valvola di aspirazione rimane chiusa, e successivamente viene attivato un movimento di apertura e di chiusura soltanto della seconda valvola di aspirazione, mentre la prima valvola di aspirazione rimane chiusa. In tal modo, i due flussi di aria che entrano nel cilindro, in particolar modo il flusso attraverso la seconda apertura, grazie ad una più elevata portata istantanea, danno luogo alla generazione di una maggiore energia cinetica turbolenta (TKE) rispetto a, a vantaggio dell'efficienza della combustione e della riduzione delle emissioni nocive allo scarico.

Nonostante tale soluzione si sia rivelata molto vantaggiosa, esiste ancora margine per ulteriori miglioramenti, volti a aumentare ulteriormente l'efficienza della combustione.

Studi ed esperienze della Richiedente hanno mostrato infatti che nella suddetta soluzione l'iniezione diretta di combustibile in camera di combustione può portare ad una non-omogeneità della miscela aria-combustibile, a causa del fatto che durante l'iniezione una valvola di aspirazione è in condizione aperta, mentre l'altra valvola di aspirazione è in condizione chiusa. Se l'iniettore è in posizione centrale rispetto alla camera di combustione, il getto di combustibile può rimanere confinato entro la parte centrale della camera di combustione, essendo circondato dal vortice di swirl generato dal flusso proveniente da uno solo dei due condotti di aspirazione, il che crea un campo disomogeneo della miscela in camera di combustione. Se l'iniettore è in posizione laterale rispetto alla camera di combustione, il getto simmetrico di

combustibile in uscita dall'iniettore interferisce su un lato con una valvola di aspirazione in condizione aperta e su un altro lato con una valvola di aspirazione in condizione chiusa, il che crea un campo disomogeneo della miscela in camera di combustione. In generale vi può anche essere una condizione, ancora più svantaggiosa, in cui lo spray dell'iniettore impatti proprio contro la valvola aperta a causa di queste asimmetrie del campo di moto rispetto allo spray stesso.

Un altro problema che si riscontra è l'effetto di peggioramento della carica del cilindro: infatti, durante la fase iniziale di discesa del pistone, l'apertura di una sola delle due valvole induce un campo di moto di swirl per cui l'aria entrante si riscalda due volte:

1. attraversando una sezione di passaggio (quella della unica valvola aperta) ridotta, quindi con un peggioramento del coefficiente di efflusso (rispetto al caso in cui sono aperte due valvole), detto coefficiente ha valenza dissipativa e quindi l'effetto finale è riscaldare l'aria entrante oltre che ridurre l'aria potenzialmente aspirabile

2. lo swirl così generato, sebbene potenzialmente possa raffreddare i punti caldi della camera di combustione, con valenza anti-knocking, d'altra parte riscalda l'aria entrante a causa del contatto con le pareti, e quindi viene ridotta la densità e la massa dell'aria potenzialmente aspirabile, con riduzione del massimo carico ottenibile dal motore

Vi è quindi il doppio svantaggio di ridurre la massa di aria e combustibile potenzialmente aspirabile, e il riscaldamento di questa: addirittura questo potrebbe dar luogo all'insorgere del knocking, stavolta non indotto dai punti caldi della camera di combustione, ma dalla massa di aria/combustibile stessa, perché la temperatura di fine compressione sarebbe maggiore rispetto al caso di attuazione standard.

Scopo dell'invenzione

Lo scopo principale della presente invenzione è quello di realizzare un motore a combustione interna ad accensione comandata che sia caratterizzato

da una elevata efficienza di combustione e da ridotte emissioni nocive allo scarico in ogni condizione di funzionamento del motore.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di raggiungere i suddetti obiettivi con mezzi relativamente semplici e di basso costo.

Sintesi dell'invenzione

In vista di raggiungere i suddetti scopi, l'invenzione ha per oggetto un motore a combustione interna ad accensione comandata avente le caratteristiche che sono state indicate all'inizio della presente descrizione e caratterizzato inoltre dal fatto che:

- detto dispositivo di azionamento di detta prima valvola di aspirazione e di detta seconda valvola di aspirazione è configurato per realizzare, in ogni ciclo operativo del cilindro, almeno in determinate condizioni di funzionamento del motore:

- un primo periodo di apertura, in cui entrambe le valvole di aspirazione vengono aperte e un secondo periodo di apertura, in cui solo una prima valvola di aspirazione, delle due suddette valvole di aspirazione, viene aperta, mentre la seconda valvola di aspirazione rimane chiusa,

- in cui in detto primo periodo di apertura le due valvole di aspirazione si aprono quando il pistone del rispettivo cilindro è in prossimità del PMS e si chiudono quando il pistone è in un punto intermedio nella discesa dal PMS al PMI,

- in cui in detto secondo periodo di apertura, detta prima valvola di aspirazione si apre quando il pistone del rispettivo cilindro è in prossimità del PMI, e si chiude quando il pistone sta risalendo dal PMI al PMS,

- detto sistema di alimentazione di combustibile essendo configurato per effettuare almeno un'iniezione di combustibile, tramite detto iniettore, in ogni ciclo operativo di ogni cilindro, durante detto primo periodo di apertura delle valvole di aspirazione, quando entrambe le valvole di aspirazione sono aperte.

Grazie alle suddette caratteristiche si ottengono i seguenti effetti:

- in detto primo periodo di apertura delle due valvole di aspirazione i due flussi di aria introdotti nel cilindro tramite i due condotti di aspirazione danno

luogo ad un moto caratterizzato dalla sola componente di tumble e massimo riempimento del cilindro,

- in detto secondo periodo di apertura, il flusso introdotto nel cilindro tramite un solo condotto di aspirazione dà luogo ad un movimento di swirl.

Pertanto, nel motore secondo l'invenzione l'iniezione di combustibile viene effettuata durante il primo periodo di apertura delle valvole di aspirazione, quando entrambe le valvole di aspirazione sono aperte, per cui vengono superati i problemi di non-simmetria del campo di moto in camera durante la fase di iniezione del combustibile che possono verificarsi nella soluzione precedentemente proposta che è stata sopra discussa: in questo modo l'iniezione di combustibile, in particolare in condizione di carico elevato, quando necessita di iniziare quando il pistone si trova a metà della corsa di aspirazione, avverrebbe in un campo di moto caratterizzato da piano di simmetria rispetto l'asse iniettore.

Inoltre l'apertura contemporanea delle valvole, durante la prima metà della corsa di aspirazione del pistone, ovvero dal PMS a la posizione in cui il pistone si trova a metà corsa, favorisce la formazione di energia cinetica piuttosto che energia cinetica turbolenta: detta energia cinetica è intrappolata nei soli moti di tumble per poi essere rilasciata solo successivamente, in modo più vantaggioso ai fini di una maggiore velocità di combustione. E' opportuno ricordare che la dissipazione dell'energia cinetica turbolenta è proporzionale al cubo del valore dell'energia turbolenta stessa! Per questo è più conveniente generare energia cinetica turbolenza il più tardi possibile, così da preservarne una quantità sufficiente al momento dell'accensione: ecco perché è meglio generarla solo con l'apertura di una sola valvola in corrispondenza del PMI, piuttosto che già dai primi istanti della corsa di aspirazione.

In questo modo verrebbe anche massimizzata la massa di aria aspirabile durante questa prima apertura senza incrementare eccessivamente la temperatura dell'aria intrappolata.

Nel motore secondo l'invenzione, durante il suddetto primo periodo di apertura delle due valvole di aspirazione, nella camera di combustione il vortice di swirl è sostanzialmente nullo, quindi non avvengono significativi scambi

termici tra l'aria aspirata e le pareti della camera di combustione, mentre un vortice di swirl è ottenuto soltanto durante il secondo periodo di apertura, nel quale solo la prima valvola di aspirazione viene aperta. Tale vortice di swirl può essere modulato tramite il sistema di azionamento variabile che consente di variare l'angolo motore di apertura, l'angolo motore di chiusura e l'alzata della valvola di aspirazione. Il vortice di swirl permette di raffreddare i punti caldi della camera di combustione, il che consente di ottenere un effetto anti-knocking anche in presenza di un elevato rapporto di compressione: quindi non si perderebbe l'effetto anti-knocking, ma piuttosto viene ottimizzato, insieme alla carica di aria e combustibile aspirabile ed alla simmetria degli spray degli iniettori.

In un esempio, il sistema di alimentazione di combustibile è configurato per effettuare un'ulteriore iniezione di combustibile dopo l'inizio di detto secondo periodo di apertura.

In una forma preferita di attuazione, il dispositivo di azionamento delle valvole di aspirazione è un dispositivo di azionamento idraulico a controllo elettronico (ad esempio il dispositivo sviluppato dalla Richiedente e commercializzato con il marchio "Multi-Air") oppure un dispositivo con attuatori elettromagnetici o elettropneumatici. In ogni caso, dispositivo di azionamento delle valvole di aspirazione è configurato per variare l'angolo motore a cui ciascuna valvola di aspirazione viene aperta e/o l'angolo motore a cui ciascuna valvola di aspirazione viene chiusa e/o l'alzata con cui ciascuna valvola di aspirazione viene aperta, in funzione del carico motore e dei giri motore.

In tal modo, è possibile in particolare regolare, in funzione del carico motore e dei giri motore, la fase e l'alzata della suddetta prima valvola di aspirazione durante il suddetto secondo periodo di apertura, il che consente di variare l'intensità del moto di swirl impartito alla carica d'aria introdotta nel cilindro nel secondo periodo di apertura, sempre in funzione del carico motore e dei giri motore.

L'invenzione ha anche per oggetto il procedimento di controllo del motore sopra descritto.

Descrizione dettagliata dell'invenzione

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno dalla descrizione che segue con riferimento ai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista prospettica schematica della camera di combustione di un cilindro di motore a combustione interna secondo l'invenzione,

- la figura 2 è una vista in sezione schematica della camera di combustione del cilindro del motore secondo l'invenzione, in un esempio con iniettore disposto centralmente nella camera di combustione,

- la figura 3 illustra uno schema di un sistema di azionamento variabile delle valvole di aspirazione del tipo noto sviluppato dalla Richiedente e commercializzato con il marchio "Multi-Air", utilizzabile nel motore secondo l'invenzione,

- la figura 4 mostra i diagrammi di alzata delle due valvole di aspirazione associate a ciascun cilindro del motore secondo l'invenzione,

- la figura 5 è un diagramma che illustra la variazione della massa d'aria introdotta nel cilindro in funzione dell'angolo motore, a confronto con una soluzione convenzionale,

- la figura 6 è un ulteriore diagramma che mostra la variazione della portata d'aria (espressa in Kg/s) in funzione dell'angolo motore, a confronto con una soluzione convenzionale,

- le figure 7, 8, 9 sono diagrammi che illustrano la variazione dell'indice di tumble, dell'indice di swirl e dell'indice di cross-tumble in funzione dell'angolo motore che si registra in una forma di attuazione del motore secondo l'invenzione, a confronto con una soluzione convenzionale,

- la figura 10 è un ulteriore diagramma che illustra la variazione della Energia Cinetica Turbolenta (TKE) in funzione dell'angolo motore, nel caso di una forma di attuazione del motore secondo l'invenzione, a confronto con una soluzione convenzionale, e

- la figura 11 è un diagramma che illustra una strategia alternativa di iniezione di combustibile nel motore secondo l'invenzione.

Nella figura 1, il riferimento 1 indica un cilindro di un motore a combustione interna ad accensione comandata, secondo l'invenzione, definito in modo per sé noto entro un basamento del motore, al quale è associata una camera di combustione 2 definita in una testa cilindri del motore. Due condotti di aspirazione 3A, 3B, sfociano nella camera di combustione 2 e sono conformati e disposti secondo qualunque tecnica nota, in modo tale da immettere rispettivi flussi di aria nel cilindro 1, generando, quando le due valvole di aspirazione sono aperte simultaneamente ed in modo identico, un campo di moto caratterizzato soltanto da componenti di tumble, detti condotti essendo configurati per massimizzare il riempimento del cilindro senza produrre turbolenza. I due condotti di aspirazione 3A, 3B, comunicano con un collettore di aspirazione comune (non illustrato) in modo tale da ricevere entrambi aria alla stessa pressione. I due condotti 3A, 3B sono riconfigurati e disposti in modo tale per cui i due flussi di aria da essi introdotti nel cilindro tendono ad avere componenti atte a favorire il riempimento del cilindro, piuttosto che la generazione di turbolenza. In particolare detti condotti sono tali da generare, quando le valvole si aprono con leggi del moto sostanzialmente identiche, un campo di moto caratterizzato da solo tumble.

Secondo la tecnica convenzionale, ai due condotti di aspirazione 3A, 3B, sono associate due rispettive valvole di aspirazione VA e VB, una delle quali è visibile ad esempio nella figura 3. Le valvole VA e VB sono del tipo convenzionale a fungo, con stelo e testa circolare.

A ciascun cilindro 1 sono anche associati due condotti di scarico 4A, 4B (figura 1) comunicanti con un collettore di scarico.

La figura 2 mostra il basamento del motore 1A entro cui è definito il cilindro 1, e il pistone P (illustrato schematicamente) montato scorrevole entro il cilindro 1 e avente una testa di pistone P1 affacciata alla camera di combustione 2. Il riferimento 2A indica la testa cilindri, definente la camera di combustione 2.

Il sistema di alimentazione del combustibile è un sistema di alimentazione di qualsiasi tipo noto, comprendente, per ciascun cilindro, un

iniettore di combustibile I. La figura 2 mostra solo la parte terminale dell'ugello dell'iniettore I.

Nell'esempio illustrato, l'iniettore I è collocato in posizione centrale nella camera di combustione 2. Una candela di accensione S di qualunque tipo noto è pure montata nella testa cilindri 2A in modo da presentare i suoi elettrodi anch'essi in posizione sostanzialmente centrale nella camera di combustione 2, in adiacenza all'ugello dell'iniettore I. L'invenzione è tuttavia applicabile con qualsiasi disposizione dell'iniettore in camera di combustione e con qualsiasi disposizione della candela di accensione. Inoltre, il motore secondo l'invenzione può anche prevedere un'iniezione indiretta di combustibile, con l'iniettore di spostato ad esempio nel condotto di aspirazione 3A, cui è associata la valvola di aspirazione VA.

Sempre con riferimento allo specifico esempio nella figura 2, l'iniettore I è preferibilmente del tipo comprendente una spina di iniettore N, avente una testa ingrossata d'estremità N1 di forma conica, disposta all'esterno della bocca I1 dell'ugello dell'iniettore I. Secondo la tecnica convenzionale, l'iniettore I ha un attuatore elettromagnetico che è in grado di impartire alla spina di iniettore N un movimento verso l'esterno, che porta la testa conica N1 ad allontanarsi dalla bocca I1 dell'ugello dell'iniettore, per consentire l'iniezione di combustibile nella camera di combustione 2. Un particolare tipo di iniettore I che è adatto all'applicazione qui illustrata è stato sviluppato dalla Richiedente e ha formato oggetto delle domande di brevetto italiane IT 10 2022 0000 13627 e IT 10 2022 0000 13636, depositate entrambe in data 28.06.2022. Tale iniettore prevede una spina di iniettore azionata da una servo-valvola idraulica a controllo elettromagnetico.

In un esempio di attuazione preferito, l'invenzione viene applicata ad un motore a combustione interna dotato di un sistema di azionamento variabile delle valvole di aspirazione del motore del tipo sviluppato dalla stessa Richiedente e commercializzato con il marchio Multi-Air.

La figura 3 mostra in modo schematico un esempio del sistema di azionamento variabile Multi-Air. In questo caso, ciascuna delle valvole di aspirazione VA, VB (la figura 3 mostra il dispositivo associato alla valvola VA) è

azionato da una rispettiva camma 6A di un albero a camme 6 del motore mediante un dispositivo idraulico a controllo elettronico 8. La camma 6 aziona una punteria 9 mantenuta in contatto con la camma 6 da una molla di richiamo 10. La punteria 9 è associata allo stantuffo puntante 11 di un cilindro maestro che trasferisce fluido in pressione da una camera 12 alla camera di un cilindro asservito 13 il cui stantuffo 14 funge da attuatore della valvola di aspirazione VA. La valvola di aspirazione VA è richiamata da una molla 15 verso una posizione di chiusura del condotto di aspirazione 3A. Tutti i suddetti componenti sono portati dalla struttura 16 della testa cilindri del motore. Una elettrovalvola 17 è controllata da una unità elettronica di controllo E. Quando l'elettrovalvola è in una condizione di chiusura, essa interrompe la comunicazione fra la camera di fluido in pressione 12 ed un ambiente 18 a bassa pressione, comunicante con un accumulatore di fluido 19 e con un ingresso 20 destinato a essere in comunicazione con il circuito di lubrificazione del motore. Se l'elettrovalvola 17 è nella condizione chiusa, la camera di fluido in pressione 12 è isolata, per cui i movimenti della punteria 9 impartiti dalla camma 6 possono essere trasferiti, tramite il fluido nella camera 12 e il cilindro asservito 13, alla valvola di aspirazione VA. In una condizione in cui la camma 6 sta mantenendo aperta la valvola di aspirazione VA, una apertura dell'elettrovalvola 17 comandata dall'unità elettronica di controllo L determina la messa in scarico della camera di fluido in pressione 12 e la conseguente chiusura della valvola di aspirazione VA per effetto della molla di richiamo 15. In tale condizione, la valvola di aspirazione VA è insensibile ai movimenti della punteria 9 impartiti dalla camma 6.

La presente descrizione è qui fornita puramente a titolo indicativo del principio fondamentale di funzionamento del sistema Multi-Air. La Richiedente ha sviluppato diverse forme di attuazione di tale sistema che hanno formato oggetto di varie pubblicazioni di brevetto.

È comunque inteso che l'invenzione è anche utilizzabile in combinazione con sistemi di azionamento variabile delle valvole di aspirazione di tipo diverso, ad esempio sistemi di azionamento elettromagnetici, o elettro-pneumatici.

Grazie alla predisposizione, per ciascuna delle due valvole di aspirazione VA, VB di ciascun cilindro, di un sistema di azionamento variabile, ad esempio del tipo Multi-Air, è possibile realizzare la strategia di apertura delle valvole di aspirazione che è uno degli elementi fondamentali della presente invenzione. Tale strategia è illustrata nella figura 4 dei disegni annessi, con riferimento ad un esempio. Il diagramma superiore della figura 4 mostra i profili di alzata della prima valvola di aspirazione VA, mentre il diagramma inferiore della figura 4 mostra il profilo di alzata della seconda valvola di aspirazione VB.

In entrambi i diagrammi, la linea tratteggiata conformata a campana mostra il profilo di alzata di ciascuna valvola di aspirazione che viene realizzato in una soluzione convenzionale, con azionamento meccanico delle valvole di aspirazione. Il suddetto profilo a campana corrisponde sostanzialmente al profilo di alzata determinato dalla camma 6 (figura 3) cooperante con la punteria 9.

Nei suddetti diagrammi, l'asse delle ascisse riporta i valori dell'angolo motore. Secondo la convenzione adottata, quando il pistone di un dato cilindro è al PMS, all'inizio della convenzionale fase di aspirazione del ciclo operativo nel cilindro, l'angolo motore è pari a 360° . Ancora con riferimento alla soluzione convenzionale, alla fine della fase di aspirazione, quando il pistone è giunto al PMI, l'angolo motore è pari a 540° .

Secondo l'invenzione, il dispositivo di azionamento variabile delle due valvole di aspirazione VA e VB è configurato in modo tale per cui esso realizza un primo periodo di apertura, che nell'esempio illustrato nella figura 4 inizia ad un angolo motore sostanzialmente pari a 360° e termina ad un angolo motore intorno a 440° , in cui entrambe le valvole di aspirazione VA e VB vengono prima aperte e poi chiuse. Come si vede, il diagramma di alzata di ciascuna valvola di aspirazione è molto ripido e sarebbe in pratica irrealizzabile con un sistema convenzionale di tipo meccanico, in cui il profilo di alzata sia determinato dal profilo della camma.

Ancora con riferimento al motore secondo l'invenzione, come si vede quindi, viene realizzato un primo periodo di apertura in cui entrambe le valvole di aspirazione vengono aperte sostanzialmente quando il pistone del rispettivo

cilindro si trova al PMS, all'inizio della fase di aspirazione, e vengono chiuse quando il pistone è in un punto intermedio della discesa dal PMS al PMI.

Sempre secondo l'invenzione, viene realizzato un secondo periodo di apertura, in cui solo la prima valvola di aspirazione VA viene prima aperta e poi richiusa, mentre la seconda valvola di aspirazione VB rimane chiusa. Come si vede nella figura 4, nel caso dell'esempio illustrato il secondo periodo di apertura, in cui solo la valvola di aspirazione VA viene aperta, inizia in prossimità del PMI (nell'esempio intorno ai 520°) e termina quando il pistone sta già risalendo dal PMI al PMS, ossia nella successiva fase di compressione (nell'esempio ad un angolo intorno a 580°).

La strategia di apertura delle valvole di aspirazione, realizzata secondo la presente invenzione, è volta ad ottenere una serie di effetti specifici. Durante il primo periodo di apertura, quando entrambe le valvole di aspirazione VA e VB vengono aperte, i flussi di aria introdotti tramite i condotti di aspirazione 3A, 3B hanno componenti di swirl aventi direzioni fra loro opposte, per cui il moto di swirl complessivo risultante nel cilindro a seguito del primo periodo di apertura è sostanzialmente nullo o quasi nullo (vedere la figura 8 nel campo fra 360° e 450° dell'angolo motore). Entrambi i condotti di aspirazione sono invece in grado di generare una moderata componente di tumble e di cross-tumble (vedere le figure 7, 9, nel campo fra 360° e 450° dell'angolo motore). Al contrario, nel secondo periodo di apertura, quando viene aperta unicamente la valvola di aspirazione VA, il flusso di aria introdotto tramite un unico condotto di aspirazione assume nel cilindro una componente di swirl (vedere la figura 8, nel campo successivo a 540° dell'angolo motore). Nei diagrammi delle figure 7, 8 e 9 le variazioni dell'indice di tumble, swirl e cross-tumble, sono mostrate a confronto con una soluzione convenzionale (linea tratteggiata) in cui entrambe le valvole di aspirazione seguono insieme un profilo di alzata convenzionale, corrispondente al profilo della loro camma di azionamento.

La figura 5 mostra la variazione della massa di aria introdotta nel cilindro in funzione dell'angolo motore, nel caso della strategia di apertura delle valvole secondo la figura 4, ossia secondo gli insegnamenti della presente invenzione, a confronto con la variazione della carica di aria in una soluzione convenzionale

(illustrata con linea tratteggiata). Lo stesso confronto è indicato nella figura 6, ma con riferimento alla portata di aria introdotta (in Kg/s).

La figura 10 è un diagramma che illustra la variazione dell'energia cinetica turbolenta nel motore secondo l'invenzione (linea intera) e in una soluzione convenzionale (linea tratteggiata). L'effetto della strategia di apertura delle valvole di aspirazione illustrata nella figura 4 è positivo: ad un angolo motore di 720° , ossia quando il pistone è al PMS e la candela di accensione viene attivata, la TKE è circa il doppio di quella del motore convenzionale.

Ai fini dell'ottenimento dei vantaggi che la presente invenzione persegue, è necessario combinare la strategia di apertura delle valvole di aspirazione che è stata sopra descritta con una specifica strategia di iniezione di combustibile.

Nel motore secondo l'invenzione, il sistema di alimentazione del combustibile è configurato per effettuare almeno una iniezione di combustibile, durante il suddetto primo periodo di apertura, come rappresentato dalla linea tratteggiata I illustrata nella part superiore della figura 4 che mostra l'alzata della spina di iniettore in funzione dell'angolo motore.

Pertanto, nel motore secondo l'invenzione l'iniezione di combustibile viene effettuata quando entrambe le valvole di aspirazione sono aperte ed il vortice di swirl è sostanzialmente nullo, per cui in camera di combustione si genera un campo della miscela aria/combustibile del tutto omogeneo.

Nella variante illustrata nella figura 11, dopo la prima iniezione di combustibile I1 viene effettuata una seconda iniezione di combustibile I2 successiva all'inizio del secondo periodo di apertura.

Grazie alla TKE più elevata che è presente nella camera di combustione all'accensione, la propagazione della combustione è considerevolmente più veloce.

Come già indicato, i profili di alzata delle valvole di aspirazione richiesti per la presente invenzione (vedere figura 4) richiedono l'impiego di un dispositivo di azionamento variabile che sia in grado di realizzare i due cicli sequenziali di apertura e chiusura della prima valvola di aspirazione in un range di 200° - 240° dell'angolo motore e di realizzare ogni profilo di alzata di ogni

valvola di aspirazione con una rampa molto ripida di salita e di discesa (ossia con un profilo quasi rettangolare).

Il sistema di azionamento variabile delle valvole del motore consente di variare la fase di apertura della prima valvola di aspirazione durante il suddetto secondo periodo di apertura, in funzione del carico del motore e dei giri del motore. In tal modo è possibile regolare in modo molto efficiente il grado di swirl instaurato nel secondo periodo di apertura in ogni condizione di funzionamento del motore. Il risultato è che il motore secondo l'invenzione è in grado di realizzare una drastica riduzione delle perdite dovute al raffreddamento derivante dal contatto della miscela in camera di combustione con le pareti del cilindro.

Il vortice di swirl che si crea durante il suddetto secondo periodo di apertura permette di raffreddare i punti caldi della camera di combustione, il che consente di ottenere un effetto anti-knocking anche in presenza di un elevato rapporto di compressione.

Un ulteriore vantaggio deriva dall'uso di un iniettore centrale con spina di iniettore avente un movimento di apertura verso l'esterno, con una testa conica che realizza un getto a raggiera sostanzialmente secondo più direzioni radiali quasi ortogonali all'asse del cilindro, il che evita il raffreddamento dovuto al contatto con la testa del pistone.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, i particolari costruzione e le forme di attuazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto ed illustrato a puro titolo di esempio, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione, come definita nelle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Motore a combustione interna ad accensione comandata, comprendente uno o più cilindri (1) e rispettivi pistoni scorrevoli nei cilindri fra un PMS ed un PMI e collegati operativamente ad un albero motore, detto motore essendo configurato per attuare fasi successive di aspirazione, compressione, espansione e scarico durante ogni ciclo operativo in ciascun cilindro,

in cui il motore comprende, per ciascun cilindro:

- un primo condotto di aspirazione (3A) e un secondo condotto di aspirazione (3B) sfocianti nel cilindro e configurati per ricevere aria ad una stessa pressione,

- una prima valvola di aspirazione (VA) ed una seconda valvola di aspirazione (VB) associate al cilindro (1), per controllare l'ingresso nel cilindro di un flusso di aria di aspirazione rispettivamente dal primo condotto di aspirazione (3A) e dal secondo condotto di aspirazione (3B) durante ogni ciclo operativo del cilindro,

- un dispositivo di azionamento (6) di detta prima valvola di aspirazione (VA) e di detta seconda valvola di aspirazione (VB),

- un sistema di alimentazione di combustibile comprendente almeno un iniettore associato a ciascun cilindro, e configurato e disposto per alimentare combustibile, direttamente o indirettamente, in una camera di combustione definita nel rispettivo cilindro, durante ogni ciclo operativo del cilindro, e

- una candela di accensione associata a ogni cilindro,

detto motore essendo caratterizzato dal fatto che:

- detto dispositivo di azionamento di detta prima valvola di aspirazione (VA) e di detta seconda valvola di aspirazione (VB) è configurato per realizzare, in ogni ciclo operativo del cilindro, almeno in determinate condizioni di funzionamento del motore:

- un primo periodo di apertura, in cui entrambe le valvole di aspirazione (VA, VB) vengono aperte e un secondo periodo di apertura, in cui solo una prima valvola di aspirazione (VA), delle due suddette valvole di aspirazione,

viene aperta, mentre la seconda valvola di aspirazione (VB) rimane chiusa,

- in cui in detto primo periodo di apertura le due valvole di aspirazione (VA, VB) si aprono quando il pistone del rispettivo cilindro è in prossimità del PMS e si chiudono quando il pistone è in un punto intermedio nella discesa dal PMS al PMI,

- in cui in detto secondo periodo di apertura detta prima valvola di aspirazione (VA) si apre quando il pistone del rispettivo cilindro è in prossimità del PMI, e si chiude quando il pistone sta risalendo dal PMI al PMS,

- detto sistema di alimentazione di combustibile essendo configurato per effettuare almeno un'iniezione di combustibile, tramite detto iniettore, in ogni ciclo operativo di ogni cilindro, durante detto primo periodo di apertura delle valvole di aspirazione (VA, VB), quando entrambe le valvole di aspirazione sono aperte.

2. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di alimentazione di combustibile è configurato per effettuare un'ulteriore iniezione di combustibile dopo l'inizio di detto secondo periodo di apertura.

3. Motore secondo la rivendicazione 1, in cui il dispositivo di azionamento delle valvole di aspirazione è un dispositivo di azionamento idraulico a controllo elettronico (8) o un dispositivo con attuatori elettromagnetici o elettropneumatici ed è configurato per variare, in detto secondo periodo di apertura, l'angolo motore a cui la prima valvola di aspirazione si apre e/o l'angolo motore a cui la prima valvola di aspirazione si chiude e/o l'alzata della valvola di aspirazione, in funzione del carico motore e dei giri motore.

4. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'iniettore (I) associato a ciascun cilindro è disposto nella camera di combustione associata al cilindro.

5. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'iniettore (I) associato a ciascun cilindro è disposto nel condotto di aspirazione (3A) cui è associata detta prima valvola di aspirazione (VA).

6. Motore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'iniettore (I) è del tipo con spina di iniettore (N) avente una testa d'estremità a cono (N1) cooperante con una bocca di ugello (I1) dell'iniettore (I) e avente un

movimento di apertura verso l'esterno, in cui la testa a cono (N1) si allontana dalla bocca dell'iniettore (I1) per alimentare il combustibile nel cilindro.

7. Procedimento per il controllo di un motore a combustione interna ad accensione comandata, comprendente uno o più cilindri (1) e rispettivi pistoni scorrevoli nei cilindri fra un PMS ed un PMI e collegati operativamente ad un albero motore, detto motore essendo configurato per attuare fasi successive di aspirazione, compressione, espansione e scarico durante ogni ciclo operativo in ciascun cilindro,

in cui il motore comprende, per ciascun cilindro:

- un primo condotto di aspirazione (3A) e un secondo condotto di aspirazione (3B) sfocianti nel cilindro e configurati per ricevere aria ad una stessa pressione,

- una prima valvola di aspirazione (VA) ed una seconda valvola di aspirazione (VB) associate al cilindro (1), per controllare l'ingresso nel cilindro di un flusso di aria di aspirazione rispettivamente dal primo condotto di aspirazione (3A) e dal secondo condotto di aspirazione (3B) durante ogni ciclo operativo del cilindro,

- un dispositivo di azionamento (6) di detta prima valvola di aspirazione (VA) e di detta seconda valvola di aspirazione (VB),

- un sistema di alimentazione di combustibile comprendente almeno un iniettore associato a ciascun cilindro, e configurato e disposto per alimentare combustibile in una camera di combustione definita nel rispettivo cilindro, durante ogni ciclo operativo del cilindro, e

- una candela di accensione associata a ogni cilindro,

detto procedimento essendo caratterizzato dal fatto che comprende:

- realizzare, tramite detto dispositivo di azionamento di detta prima valvola di aspirazione (VA) e di detta seconda valvola di aspirazione (VB), in ogni ciclo operativo del cilindro, almeno in determinate condizioni di funzionamento del motore, un primo periodo di apertura, in cui entrambe le valvole di aspirazione (VA, VB) vengono aperte e un secondo periodo di apertura, in cui solo una prima valvola di aspirazione (VA), delle due suddette valvole di aspirazione, viene aperta, mentre la seconda valvola di aspirazione

(VB) rimane chiusa,

- in cui in detto primo periodo di apertura le due valvole di aspirazione (VA, VB) si aprono quando il pistone del rispettivo cilindro è in prossimità del PMS e si chiudono quando il pistone è in un punto intermedio nella discesa dal PMS al PMI,

- in cui in detto secondo periodo di apertura detta prima valvola di aspirazione (VA) si apre quando il pistone del rispettivo cilindro è in prossimità del PMI, e si chiude quando il pistone sta risalendo dal PMI al PMS,

detto procedimento comprendendo inoltre:

- effettuare un'iniezione di combustibile in ogni ciclo operativo di ogni cilindro, durante detto primo periodo di apertura delle valvole di aspirazione (VA, VB), quando entrambe le valvole di aspirazione sono aperte.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che comprende effettuare un'ulteriore iniezione di combustibile un'ulteriore iniezione di combustibile dopo l'inizio di detto secondo periodo di apertura.

FIG. 1

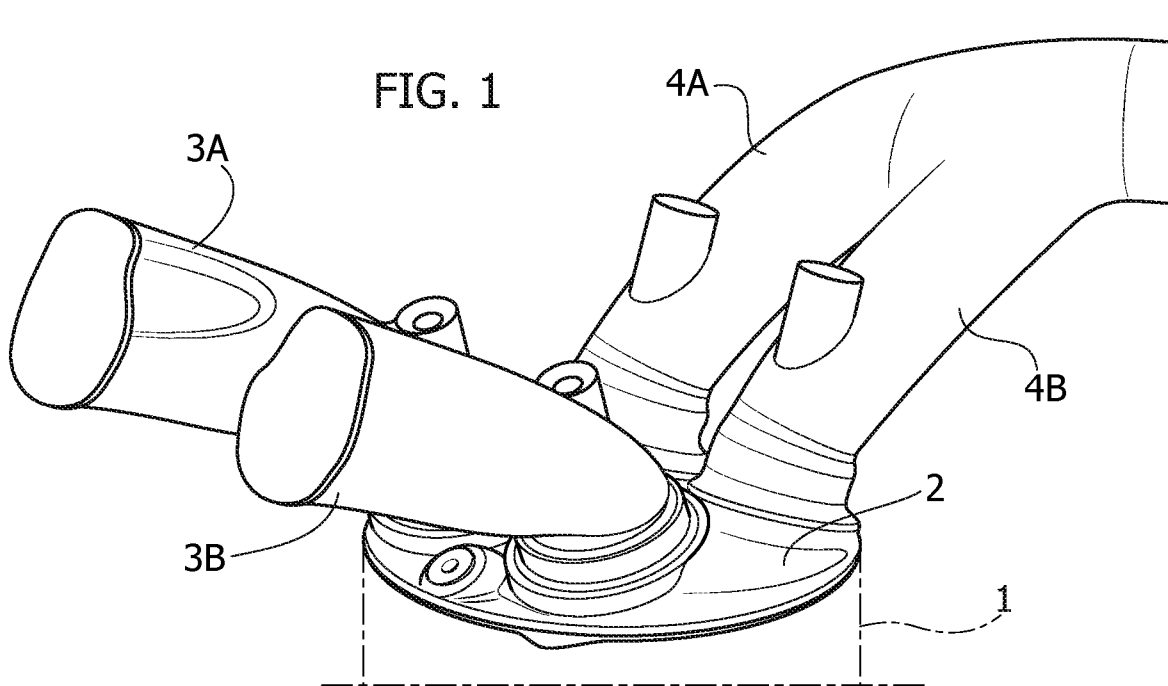


FIG. 2

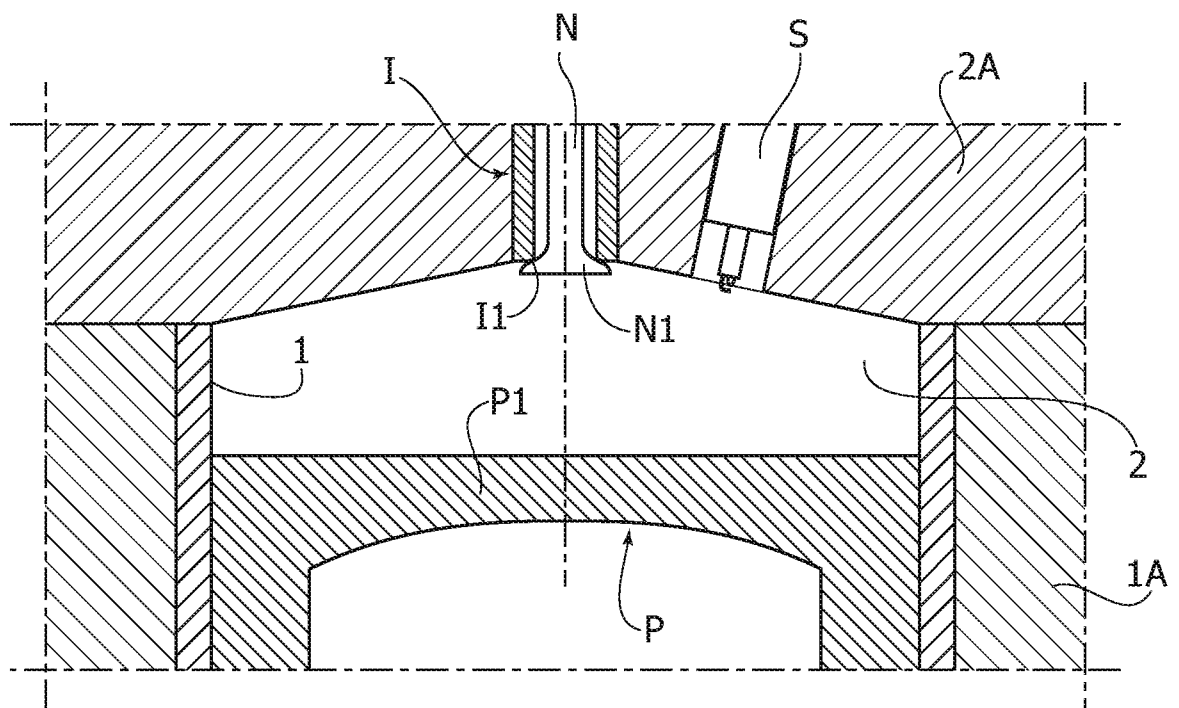


FIG. 3

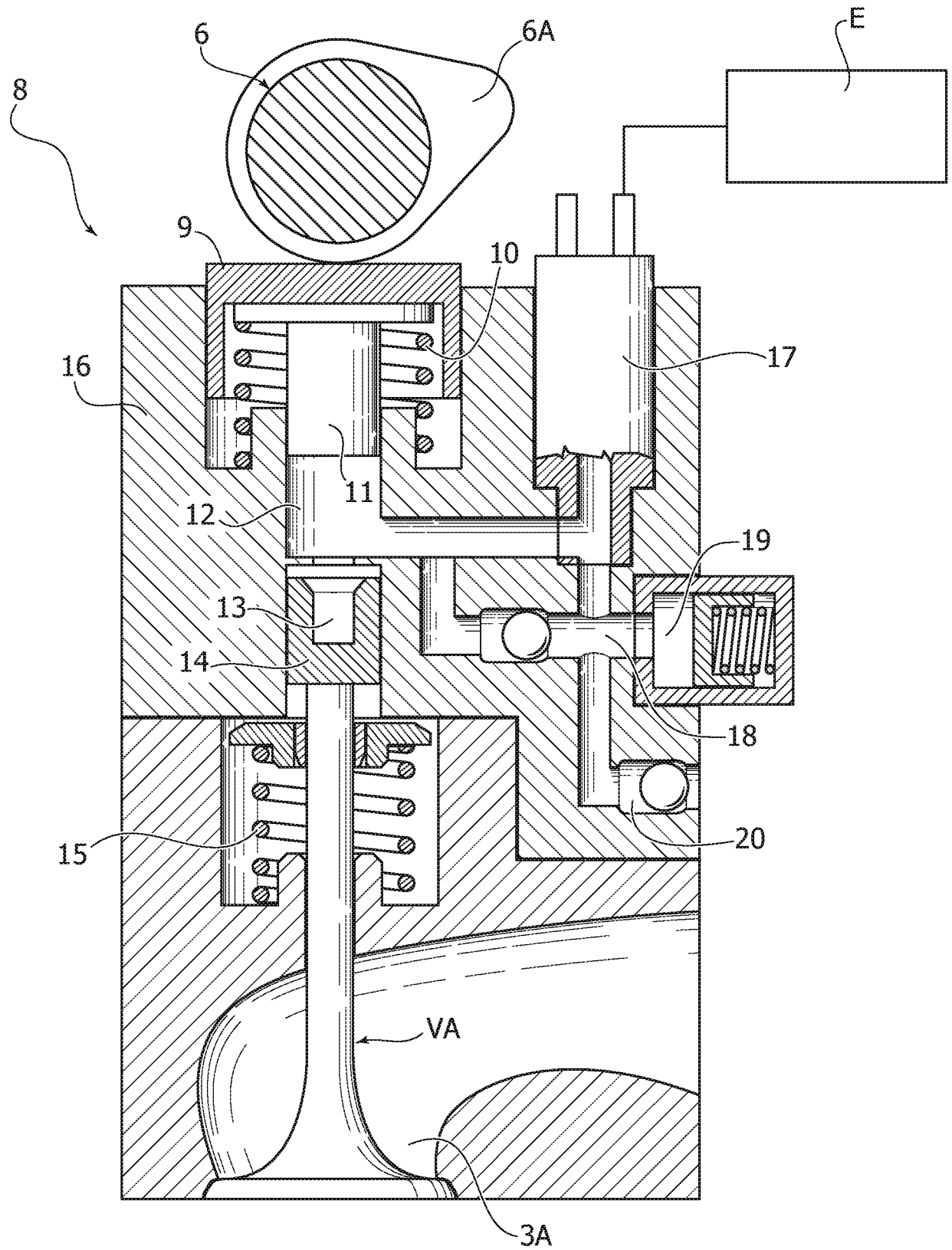


FIG. 4

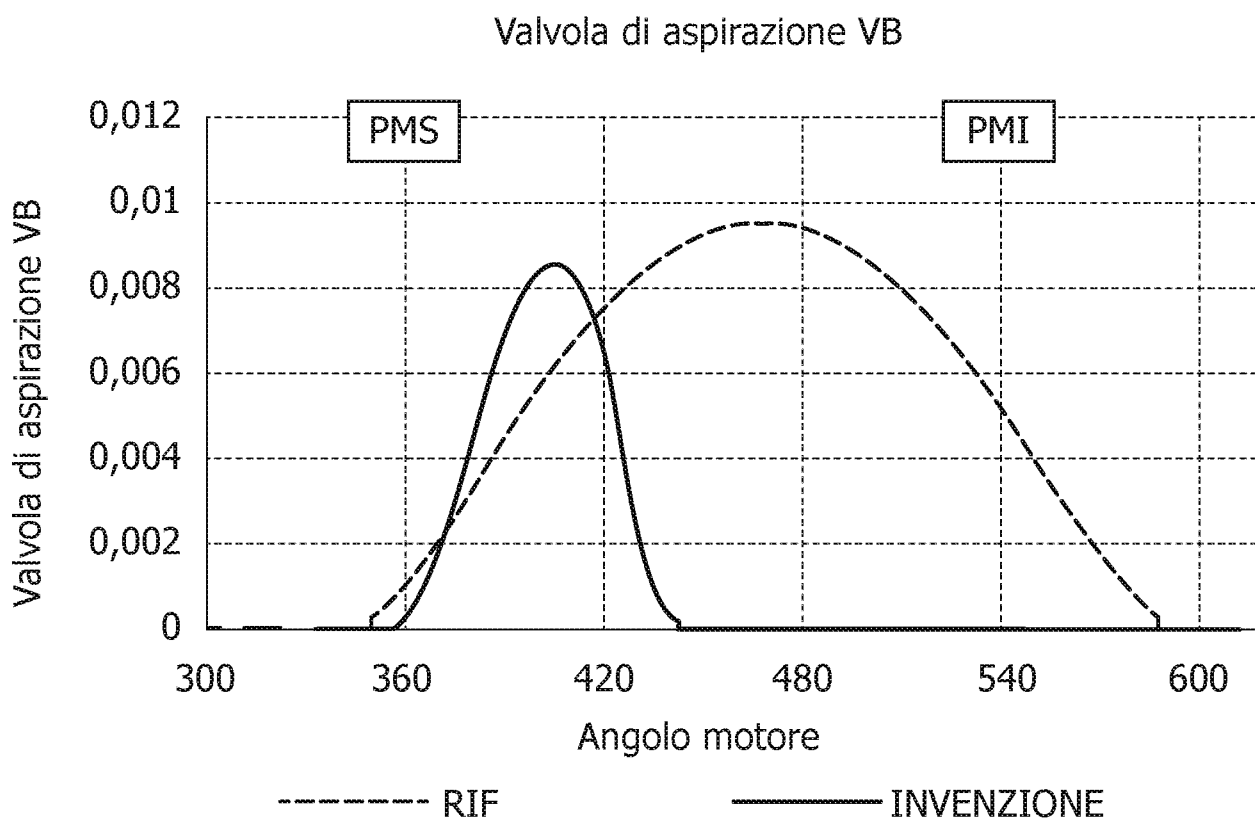
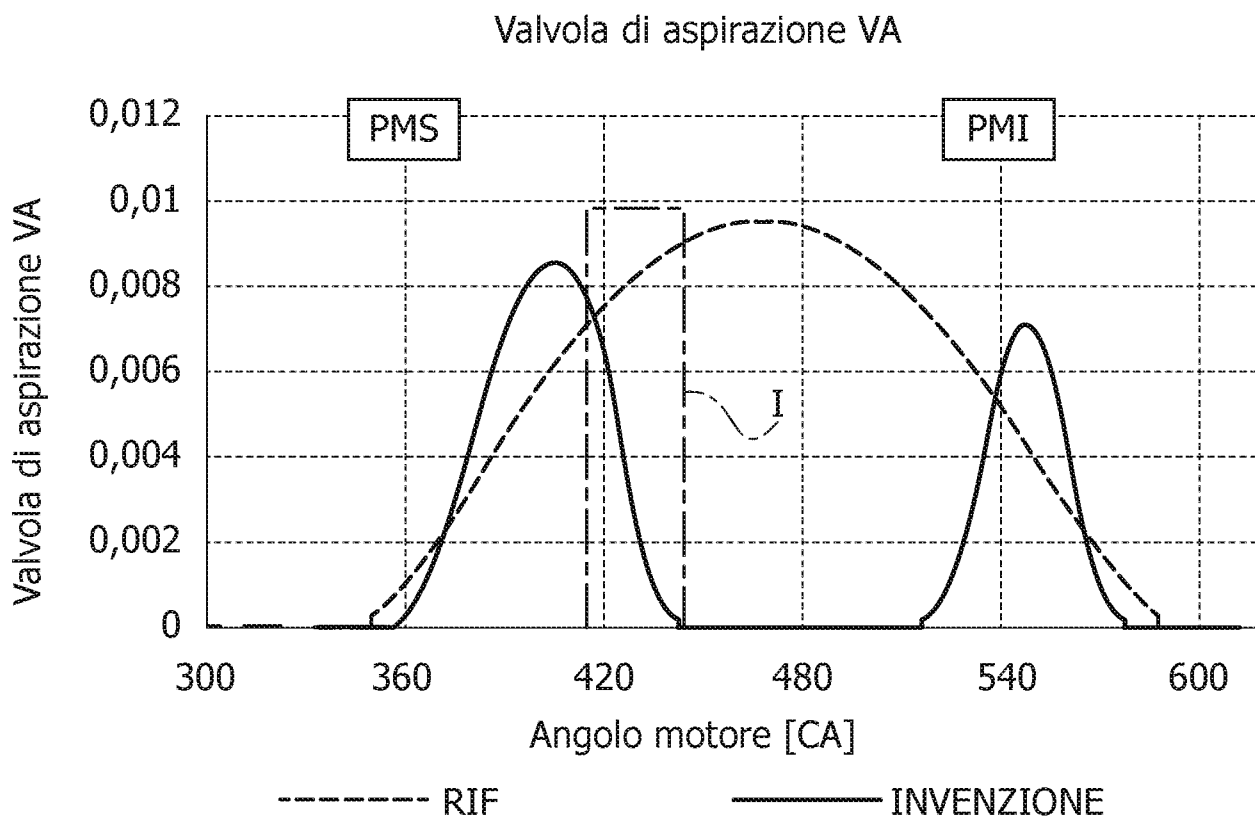


FIG. 5

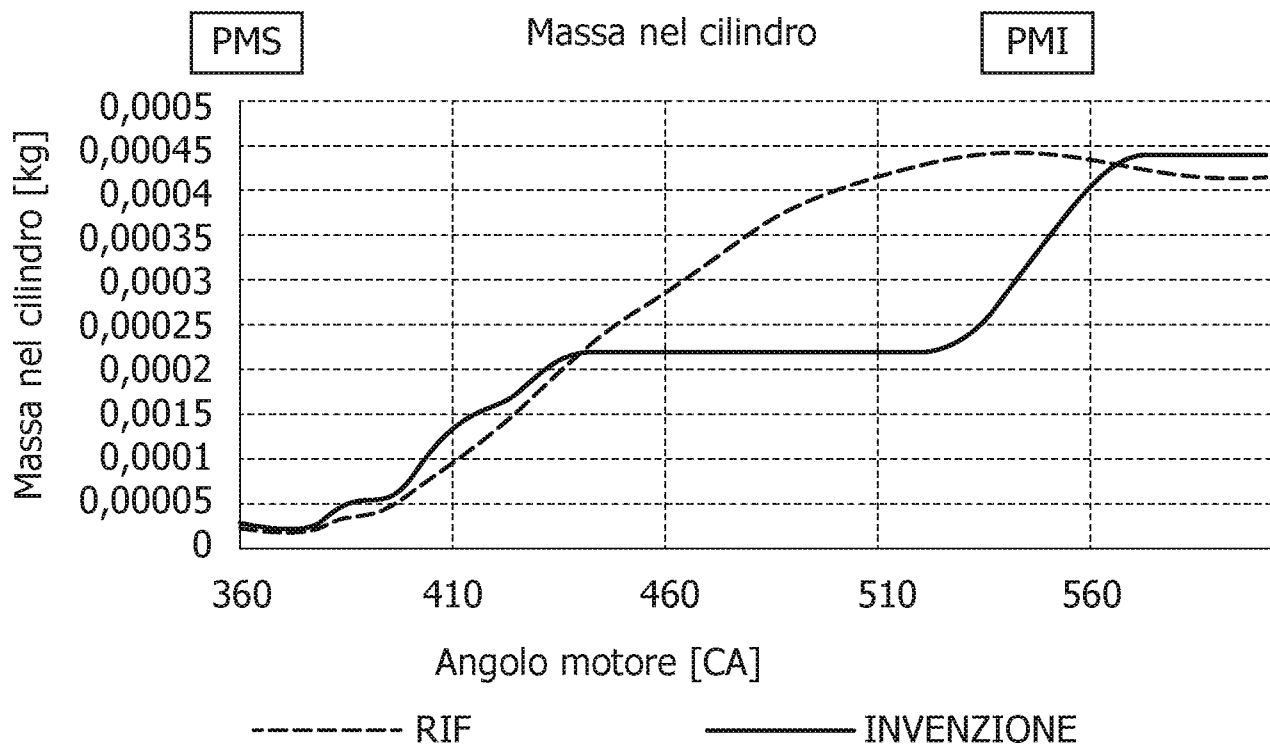


FIG. 6

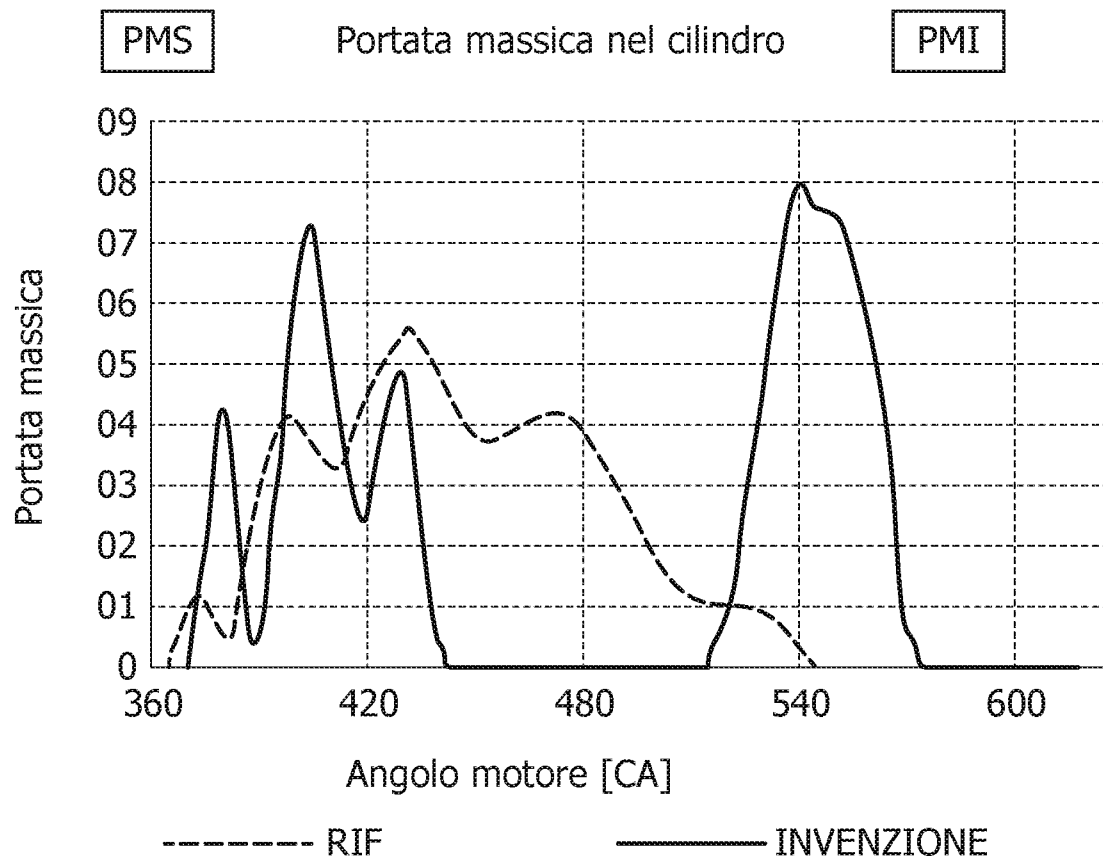


FIG. 7

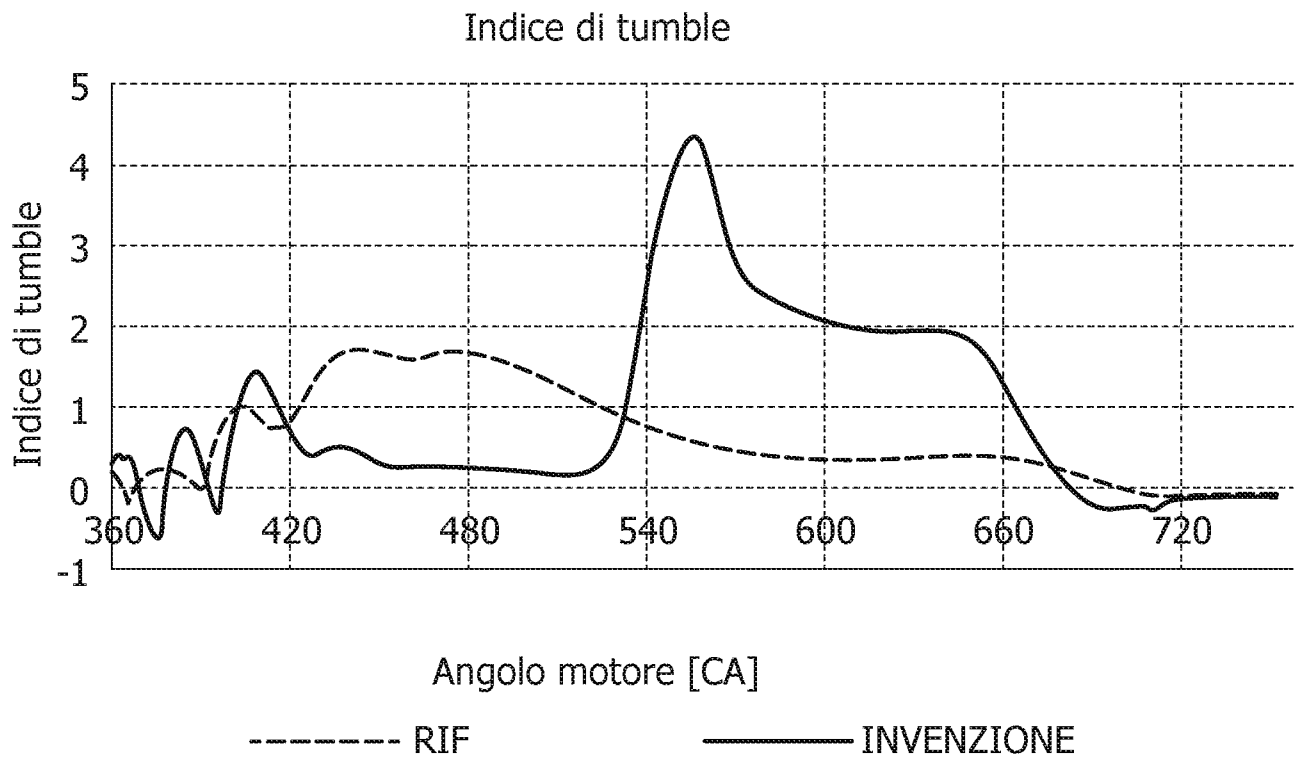


FIG. 8

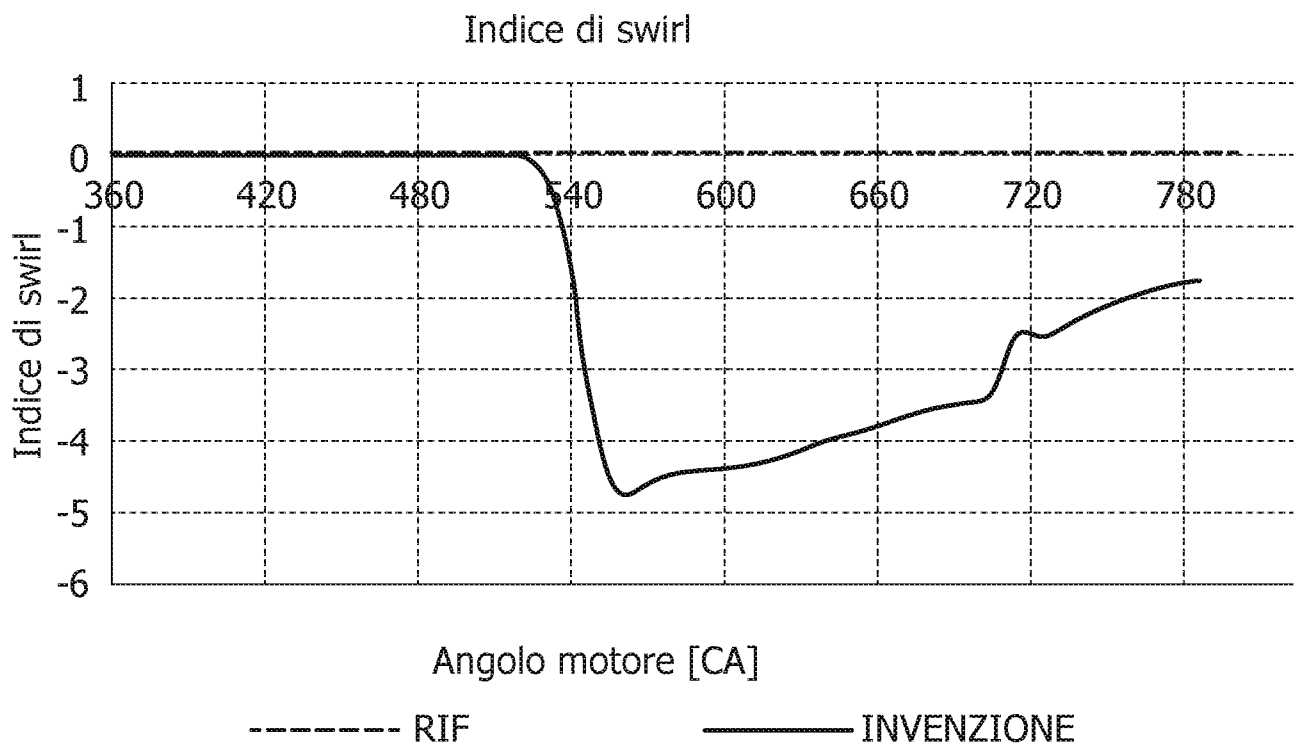


FIG. 9

Indice di cross-tumble

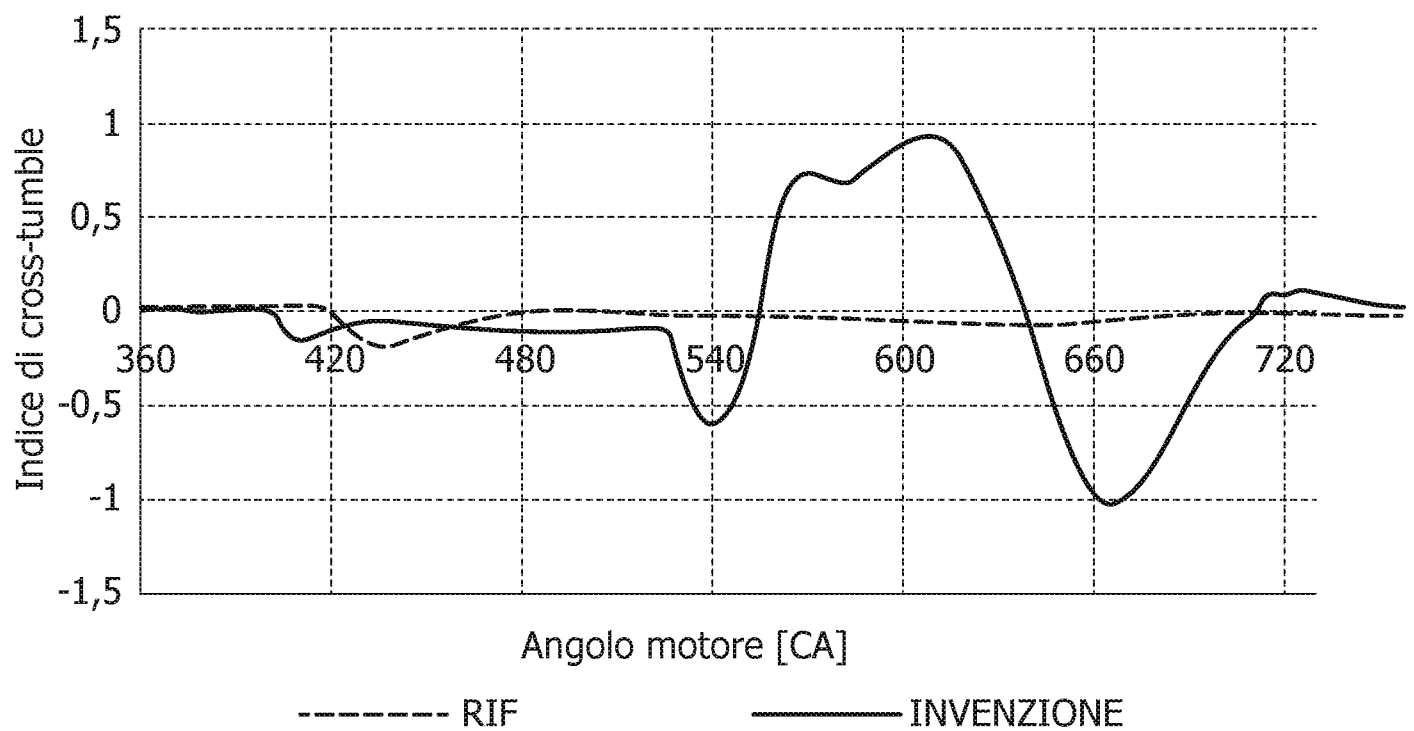


FIG. 10

TKE

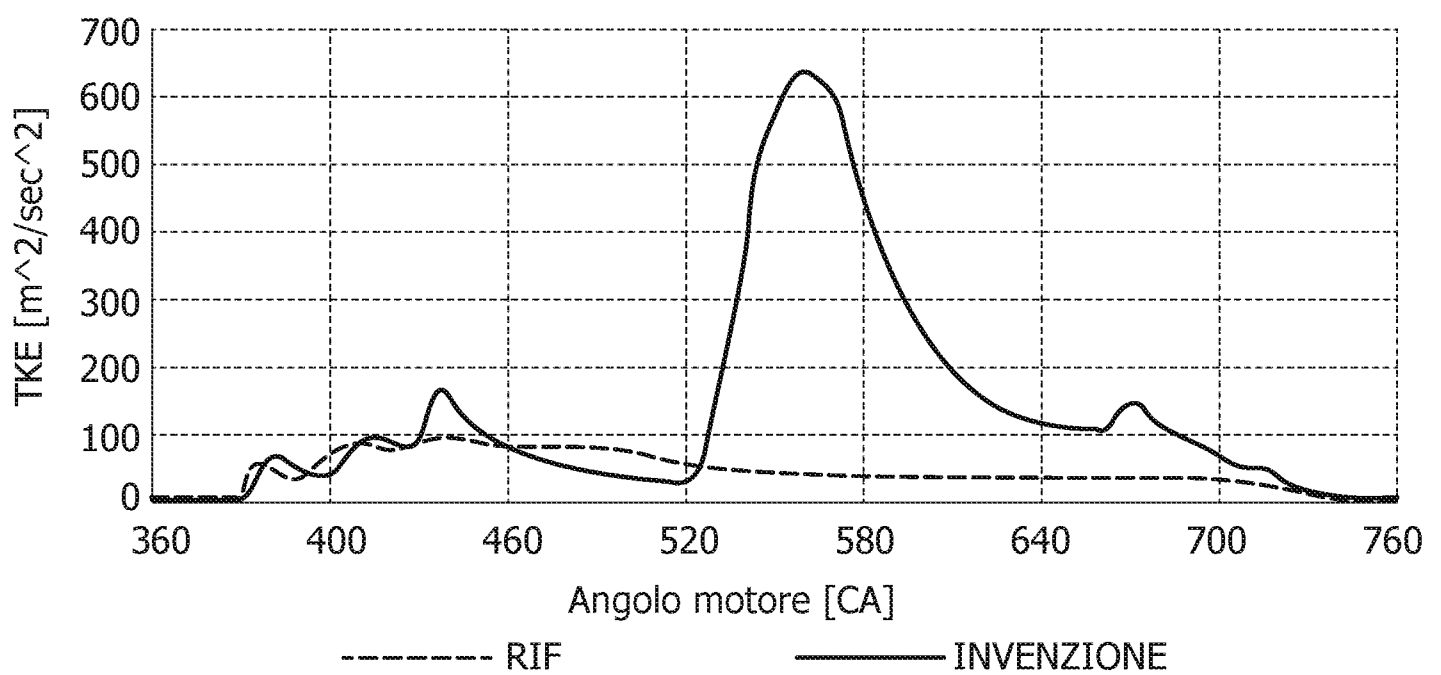


FIG. 11

