



SCUDERI ENGINE

*Tecnologia rivoluzionaria
Evoluzione progettuale*



La nuova èra del motore a combustione interna è arrivata

SCUDERI MOTORI

Che cos'è un motore a ripartizione del ciclo?

I motori a ripartizione del ciclo suddividono i quattro tempi del ciclo Otto (aspirazione, compressione, espansione e scarico) tra due cilindri indipendenti ma razione e la compressione. L'aria compressa viene quindi trasferita tramite un condotto di raccordo dal cilindro di compressione al secondo cilindro, dove hanno luogo la combustione e lo scarico. Un motore a ripartizione del ciclo è in effetti un compressore da un lato, con una camera di combustione dall'altro.



I precedenti motori a ripartizione del ciclo

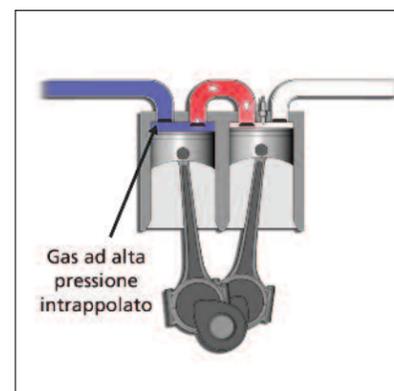
I motori a ripartizione del ciclo hanno fatto la loro prima comparsa nel 1914. Da allora sono state sviluppate diverse configurazioni ma nessuna di esse è riuscita ad eguagliare l'efficienza o le prestazioni dei motori convenzionali.

Problemi con i precedenti motori a ripartizione del ciclo

I precedenti motori a ripartizione del ciclo hanno accusato due problemi principali, vale a dire **scarso rendimento volumetrico e basso rendimento termico**.

Rendimento volumetrico

Il problema del rendimento volumetrico era dovuto al gas ad alta pressione intrappolato nel cilindro di compressione. Questo gas doveva essere riespanso prima che fosse possibile aspirare un'altra carica d'aria nel cilindro di compressione, il che comportava la riduzione della capacità del motore di pompare aria con conseguente rendimento volumetrico insoddisfacente.

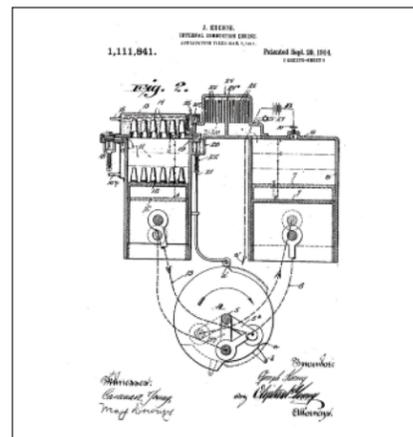


Basso rendimento termico

Il rendimento termico dei motori a ripartizione del ciclo è risultato sempre significativamente peggiore rispetto ai motori convenzionali a ciclo Otto. La causa principale: tutti cercavano di ottenere la combustione come nei motori convenzionali, cioè prima del punto morto superiore (PMS).

Per poter ottenere la combustione prima del punto morto superiore in un motore a ripartizione del ciclo, l'aria compressa, intrappolata nel condotto di raccordo, viene fatta espandere nel cilindro di espansione quando il pistone si sposta verso l'alto. Scaricando la pressione dell'aria compressa si perde il lavoro fatto sull'aria nel cilindro di compressione. Il pistone di espansione ricomprime l'aria per ottenere la combustione prima del punto morto superiore.

Facendo espandere nel cilindro di accensione il gas compresso contenuto nel condotto di raccordo, il motore deve effettuare un doppio lavoro di compressione. In un motore convenzionale il lavoro di compressione viene fatto una sola volta; di conseguenza il rendimento termico ottenuto è decisamente migliore.



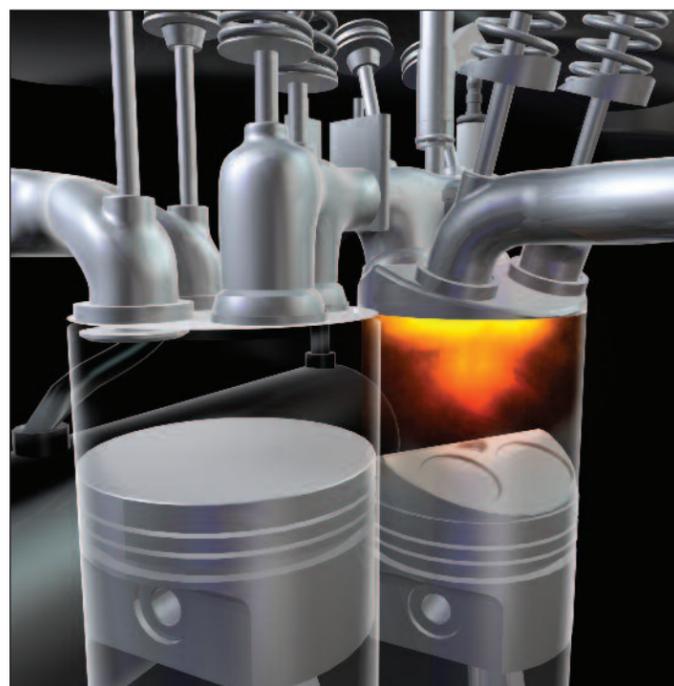
Disegno presentato per il brevetto del motore a ripartizione del ciclo nel 1914

Perché il motore a ripartizione del ciclo Scuderi è migliore?

Il motore a ripartizione del ciclo Scuderi risolve il problema del rendimento volumetrico e del rendimento termico grazie a **due esclusive concezioni brevettate**:

Concezione esclusiva delle valvole

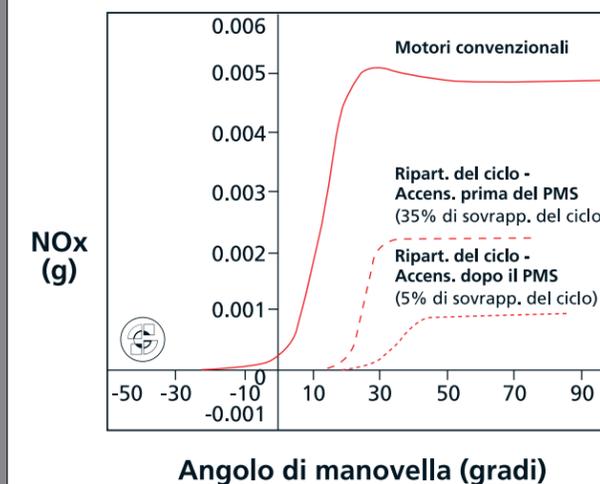
Sul lato compressione del motore Scuderi il problema del rendimento volumetrico viene risolto riducendo il gioco tra pistone e testa del cilindro a meno di 1 mm. Questa concezione richiede l'uso di valvole con apertura verso l'esterno che consentono al pistone di muoversi nelle immediate vicinanze della testa del cilindro senza interferire con le valvole. In questo modo quasi il 100% dell'aria compressa viene spinto efficacemente fuori dal cilindro di compressione nel condotto di raccordo, eliminando i problemi di rendimento volumetrico associati ai precedenti motori a ripartizione del ciclo.



Risoluzione del problema del rendimento termico tramite la combustione dopo il PMS

Anche se considerata una cattiva prassi nella progettazione dei motori convenzionali, la combustione dopo il punto morto superiore nei motori a ripartizione del ciclo elimina le perdite prodotte dalla ricompressione del gas. La difficoltà maggiore non era come risolvere il problema del rendimento termico nel motore a ripartizione del ciclo, ma come effettuare la combustione dopo il punto morto superiore. In effetti, **aver individuato come effettuare la combustione dopo il punto morto superiore è probabilmente la principale innovazione concettuale del motore Scuderi**.

STIMA DELLE EMISSIONI DI NOx



Alta pressione e turbolenza massiva

Nel motore Scuderi la combustione dopo il punto morto superiore è ottenuta con una combinazione di aria ad alta pressione nel condotto di raccordo e di una turbolenza elevata nel cilindro di espansione.

Dato che nel motore a ripartizione del ciclo Scuderi i cilindri sono indipendenti uno dall'altro, il rapporto di compressione nel cilindro di compressione non è limitato dal processo di combustione. Si ottiene un rapporto di compressione dell'ordine di 75:1, e la pressione nel cilindro di compressione è uguale a quella in un motore convenzionale nella fase di combustione. La pressione nel cilindro di compressione e nel condotto di raccordo supera i 50 bar (725 psi) nei nostri motori ad aspirazione diretta e i 130 bar (1885 psi) in quelli turbocompressi.

Quest'aria ad alta pressione che entra nel cilindro di espansione crea una turbolenza massiva. La turbolenza viene ulteriormente potenziata mantenendo le valvole aperte quanto più a lungo possibile durante la combustione. Il risultato è un'atomizzazione decisamente rapida della miscela aria/carburante, che produce un'alta velocità di fiamma o una velocità di combustione maggiore di qualsiasi altra ottenuta in precedenza. La combinazione di un'elevata pressione iniziale e di una elevata velocità di fiamma rende possibile l'inizio della combustione tra 11 e 15 gradi dopo il punto morto superiore e la fine 23 gradi dopo l'inizio. **Ne risulta un motore a ripartizione del ciclo con un rendimento migliore e prestazioni superiori a quelle di un motore convenzionale.**

La rivoluzione

Un motore a ripartizione del ciclo che effettua la combustione dopo il punto morto superiore

La caratteristica rivoluzionaria del motore Scuderi è la combinazione di una concezione a ripartizione del ciclo con un processo di combustione che inizia dopo il punto morto superiore. È questa combinazione, che produce un processo termodinamico decisamente esclusivo, che consente di raggiungere nuovi livelli di rendimento e potenza. Si tratta di una concezione semplice ed elegante, che rende possibili ulteriori migliorie che aumenteranno ulteriormente le prestazioni del motore.

L'attuale prototipo del motore ad aspirazione diretta dimostra la fattibilità di questo concetto. Infatti dimostra che la concezione basata sulla ripartizione del ciclo e la combustione dopo il punto morto superiore è una realtà, e questo non è che l'inizio di molti miglioramenti futuri.

Sviluppi, scoperte e caratteristiche del prototipo ad aspirazione diretta

Valvole d'aspirazione e di scarico utilizzate per controllare il carico del motore: le valvole d'aspirazione e di scarico sono valvole pneumatiche con alzata e fasatura completamente variabili. L'aria necessaria per azionare le valvole viene fornita internamente dal lato di compressione del motore. Queste valvole vengono utilizzate al posto della valvola a farfalla per controllare il motore durante il funzionamento a carico parziale.

Valvole del condotto di raccordo: le valvole d'ingresso e d'uscita del condotto di raccordo sono valvole a camme progettate per sollevarsi verso l'esterno. Per la chiusura delle valvole vengono utilizzate molle pneumatiche, e l'aria di reintegro per le molle viene fornita internamente dal lato di compressione del motore.

Condotto di raccordo: il condotto di raccordo è un punto di controllo fondamentale del motore. Viene utilizzato per il controllo della detonazione costituendo un punto di raffreddamento supplementare dopo la compressione. Si tratta di una caratteristica esclusiva del motore a ripartizione del ciclo che non è assolutamente possibile in un motore convenzionale.

Inoltre, la configurazione del condotto di raccordo ha un effetto significativo sulla miscela aria/carburante e la sua forma può anche svolgere un ruolo importante ai fini del controllo del motore in caso di carico parziale.

Sistema di erogazione del carburante: il motore Scuderi ad aspirazione diretta monta iniettori Bosch configurati con un'esclusiva sequenza di iniezione. Si tratta di iniettori ad alta pressione e ad iniezione diretta in grado di funzionare fino a 200 bar. La combinazione di sequenza, pressione e fasatura dell'iniezione permette di garantire la corretta miscela aria/carburante ed evita che il carburante resti intrappolato nel condotto di raccordo.

Concezione esclusiva della testa del pistone di espansione: questo motore monta un pistone speciale con un incavo a forma di rene sulla testa atto a migliorare la miscela aria/carburante. Questa concezione esclusiva è tra le invenzioni brevettate Scuderi.

Fasatura della distribuzione e dell'accensione: uno dei principali fattori necessari per ottenere un buon processo di combustione consiste nell'abbinare le prestazioni delle valvole con la fasatura dell'accensione. Il motore Scuderi utilizza un meccanismo di azionamento delle valvole che garantisce un flusso d'aria ad alta velocità nel cilindro di espansione. Il nostro processo di combustione dopo il punto morto superiore viene ulteriormente ottimizzato controllando la fasatura dell'accensione nel motore.

Controllo del gioco delle valvole: la combinazione dell'apertura verso l'esterno, dell'alzata limitata e del rapido movimento delle valvole assicurato dal profilo delle camme richiede un esclusivo dispositivo di controllo del gioco delle valvole. Il nostro team ha sviluppato un meccanismo brevettato di controllo del gioco espressamente progettato per le diverse condizioni in cui si troveranno a funzionare le valvole del condotto di raccordo.



SCUDERI ENGINE

- 1 Testata
- 2 Luce d'aspirazione
- 3 Pistone/cilindro di compressione
- 4 Pompa dell'olio
- 5 Parte superiore del basamento
- 6 Parte inferiore del basamento
- 7 Coppa dell'olio
- 8 Volano
- 9 Pistone/cilindro di espansione
- 10 Condotto di raccordo
- 11 Luce di scarico
- 12 Pompa di alimentazione Bosch

SCUDERI MOTORI

L'evoluzione

Se la rivoluzione è il motore a ripartizione del ciclo Scuderi con combustione dopo il punto morto superiore, l'evoluzione successiva è data dai progetti che deriveranno da questa esclusiva concezione del motore.

Motore a ripartizione del ciclo con turbocompressore (coppia elevata, velocità elevata, enorme potenza, dimensioni contenute):

La fase successiva nello sviluppo del motore a ripartizione del ciclo Scuderi è la versione con turbocompressore. Dato che il condotto di raccordo consente di raffreddare l'aria compressa in ingresso, il motore a ripartizione del ciclo Scuderi presenta una resistenza decisamente elevata alla detonazione. Questo offre la possibilità di adottare una pressione assoluta di sovralimentazione superiore a 2,5 bar, mentre per un motore convenzionale a benzina occorre limitarsi a una pressione assoluta di sovralimentazione di soli 1,5 bar se si vuole evitare la detonazione.

Ne conseguono una pressione media effettiva al freno e un valore di coppia significativamente superiori. In effetti, il valore di coppia del motore a ripartizione del ciclo Scuderi eguaglia o supera quello della maggior parte dei motori diesel turbocompressi. Tuttavia un motore a ripartizione del ciclo Scuderi è potenzialmente in grado di raggiungere velocità nominali dell'ordine dei 6000 giri. La combinazione di valori di coppia tipici dei diesel e di valori di velocità tipici dei motori a benzina comporterebbe una densità di potenza superiore a quella di qualsiasi motore convenzionale oggi disponibile. **Il motore a ripartizione del ciclo Scuderi con turbocompressore ha una potenza nominale potenziale a 6000 giri di 101 kW/litro.**

Il motore Scuderi consente di ridurre drasticamente le dimensioni dei motori (con conseguente riduzione del consumo di carburante e delle emissioni di CO2) senza comprometterne le prestazioni.

Motore diesel a ripartizione del ciclo Scuderi (emissioni ridotte)

Uno dei principali vantaggi del motore a ripartizione del ciclo Scuderi in versione diesel è la riduzione delle emissioni. I più rigidi standard sulle emissioni che entreranno in vigore nel 2010 stanno facendo salire alle stelle i costi dei motori diesel, mentre le prestazioni ne risultano compromesse.

Il processo di combustione dopo il punto morto superiore del motore Scuderi ha l'effetto inconsueto di ridurre sia i residui carboniosi sia le emissioni di NOx. Ciò è dovuto al fatto che il cilindro di combustione del motore Scuderi ha una temperatura media più elevata ma al tempo stesso una temperatura di picco inferiore rispetto ai motori convenzionali. La temperatura media più elevata, unitamente all'elevata turbolenza del processo di combustione, dovrebbero comportare la riduzione dei residui carboniosi. Inoltre, le temperature di picco inferiori, rese possibili dal fatto che i gas di combustione si espandono rapidamente quando si produce la combustione dopo il punto morto superiore, riducono le emissioni di NOx anche fino all'80%.

Il motore a ripartizione del ciclo Scuderi offre l'opportunità esclusiva di ridurre le emissioni ai nuovi livelli senza ricorrere a costosi sistemi di post trattamento.

Le promesse del motore a ripartizione del ciclo Scuderi

La rivoluzione del motore a ripartizione del ciclo Scuderi con combustione dopo il punto morto superiore e la sua evoluzione nelle configurazioni ad aspirazione diretta, turbocompressa, ibrida e diesel, e la relativa tecnologia rappresentano una soluzione semplice ma elegante per soddisfare la domanda odierna - e quella di domani - di maggior rendimento, maggiore potenza, dimensioni più contenute e riduzione delle emissioni.

La concezione del motore ibrido

Dato che il motore Scuderi è in realtà da un lato un compressore dedicato e dall'altro un motore, è possibile convertirlo in un sistema ibrido in grado di catturare ed immagazzinare l'energia perduta durante il normale funzionamento aggiungendo semplicemente un serbatoio dell'aria e alcuni comandi.

Poiché la versione con turbocompressore del motore Scuderi funziona a 130 bar, sarà in grado d'immagazzinare un significativo quantitativo d'energia nel serbatoio dell'aria. Esistono diverse strategie di controllo del motore utilizzabili per ridurre ulteriormente il consumo di carburante. Tra queste figurano l'arresto a vuoto, l'azionamento solo pneumatico, lo scarico del cilindro di compressione e la frenata a recupero di energia.

Il motore ibrido Scuderi costituisce una soluzione ibrida economicamente conveniente che non compromette le prestazioni.

Curve P-V

In che modo l'immagazzinamento dell'energia sotto forma di aria compressa aumenta il rendimento del sistema?

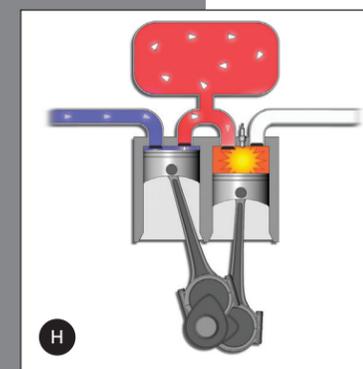
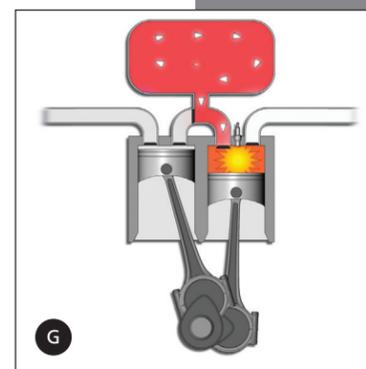
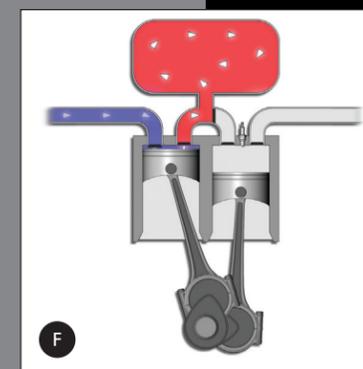
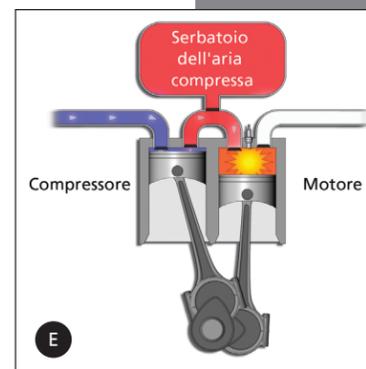
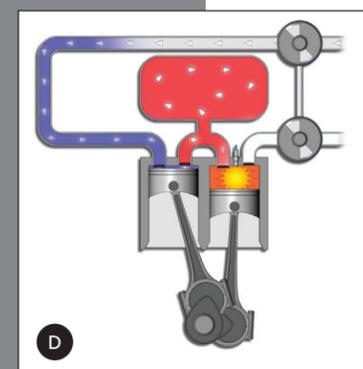
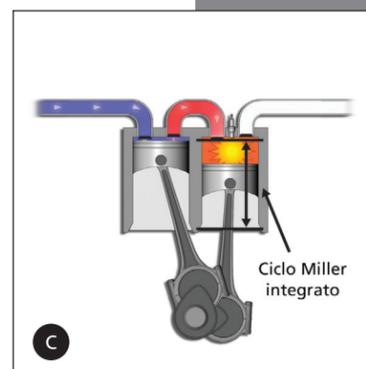
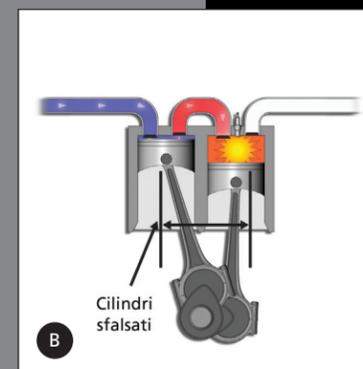
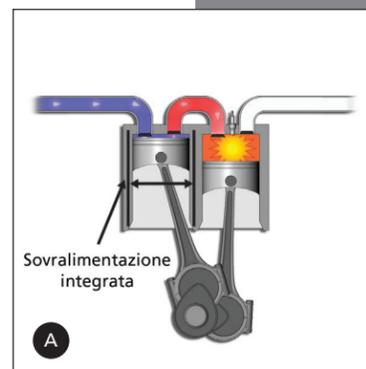
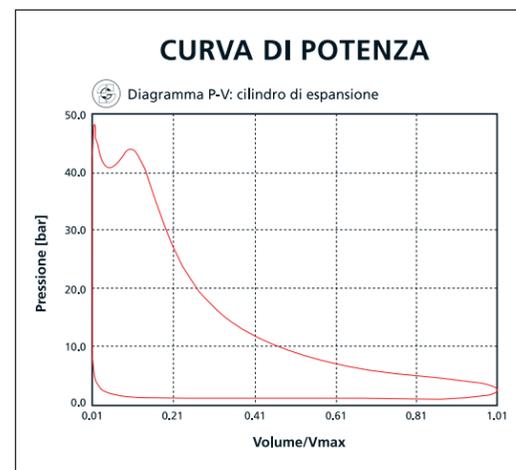
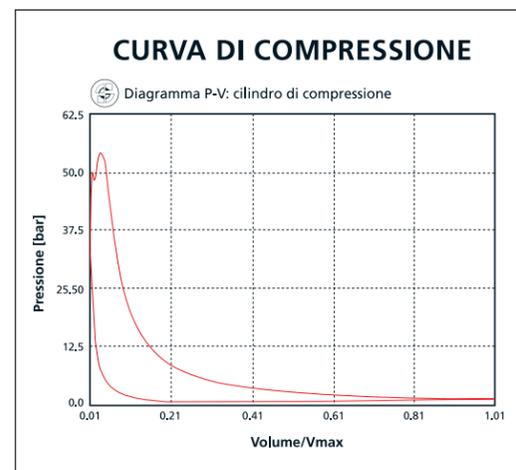
La risposta sta nella termodinamica delle variazioni di pressione e volume utilizzate da un motore per produrre lavoro meccanico.

In un motore a combustione interna le due corse di compressione ed espansione ad alta pressione consumano e producono energia. La corsa di compressione è lavoro negativo, o energia che il motore spende per lavorare sul gas. La corsa di espansione è lavoro positivo, o energia che i gas di combustione espandendosi svolgono sul motore per produrre lavoro meccanico.

L'energia netta prodotta dal motore (rendimento) è data dall'energia generata durante la corsa di espansione meno quella consumata nella corsa di compressione. Le zone sottese alle curve rappresentano il quantitativo di energia utilizzato o generato durante i singoli cicli.

L'energia netta prodotta dal motore a ripartizione del ciclo Scuderi è data dalla differenza tra le aree sottese alle due curve pressione-volume.

Ogni volta che il motore funziona con l'aria compressa immagazzinata nel serbatoio, le perdite dovute alla compressione sono ridotte quasi a zero. Il rendimento risultante del motore in questa modalità di funzionamento è sostanzialmente l'area totale della curva di potenza.



Vantaggi della concezione a ripartizione del ciclo Scuderi

- A** Uno dei principali vantaggi della tecnologia a ripartizione del ciclo Scuderi è la flessibilità progettuale. Molte caratteristiche che richiedono ulteriori apparecchiature o sono troppo difficili da realizzare in un motore convenzionale risultano facili da realizzare nella configurazione a ripartizione del ciclo Scuderi. Ad esempio, la sovralimentazione può essere inserita semplicemente aumentando il diametro del cilindro di compressione.
- B** È possibile ridurre l'attrito dei pistoni sfalsando i cilindri di compressione e d'espansione.
- C** È possibile ottenere un ciclo Miller aumentando semplicemente la lunghezza del cilindro di espansione.
- D** Nel motore a ripartizione del ciclo Scuderi può essere utilizzato un turbocompressore per recuperare energia dallo scarico del motore. L'aria pressurizzata proveniente dal turbocompressore viene inviata al cilindro di compressione, riducendo il quantitativo di energia necessario per la compressione stessa. Il guadagno netto di energia reso possibile dalla modalità di funzionamento con turbocompressore è esclusivo del motore a ripartizione del ciclo Scuderi e non è ottenibile con motori a tecnologia convenzionale

Il motore ibrido Scuderi, il primo sistema ibrido che abbia senso

- E** **Modalità di funzionamento normale:** dato che il motore a ripartizione del ciclo Scuderi è in realtà da un lato un compressore dedicato e dall'altro un motore, è possibile convertirlo in un sistema ibrido in grado di catturare ed immagazzinare l'energia che va perduta durante il normale funzionamento aggiungendo semplicemente un serbatoio dell'aria e alcuni comandi..
- F** **Modalità di frenata a recupero di energia:** disattivando il cilindro di espansione mentre il veicolo è ancora accoppiato al motore e deviando il flusso di aria compressa verso il serbatoio dell'aria, l'abbrivio del veicolo continua a far girare il motore, comprimendo l'aria ed immagazzinandola nel serbatoio per il successivo riutilizzo.
- G** **Modalità a rendimento elevato:** disattivando il cilindro di compressione ed utilizzando l'aria ad alta pressione nel serbatoio per alimentare il cilindro di espansione, le perdite dovute alla compressione vengono quasi azzerate quando il motore funziona nella modalità a rendimento elevato.
- H** **Modalità di crociera:** la modalità di crociera a rendimento elevato si ottiene inviando solo una parte della carica del cilindro di compressione al cilindro di espansione. Il resto della carica viene inviato al serbatoio dell'aria per essere riutilizzato in seguito. Quando il serbatoio dell'aria è pieno, il cilindro di compressione si disattiva ed il veicolo funziona nella modalità a rendimento elevato.



SCUDERI GROUP

Goethestraße 18, 60313 Francoforte (Germania) (Tel.) +49.69.928.8497.0 (Fax) +49.69.928.8497.20 www.ScuderiEngine.com ©2010 Scuderi Group, LLC, Tutti i diritti riservati