

Il Sistema Common Rail

1. Caratteristiche del sistema di iniezione Common Rail

Il sistema di iniezione Common Rail (figura 1) consente di regolare elettronicamente la quantità di combustibile iniettata, l'anticipo di iniezione e la pressione di iniezione in funzione condizioni di funzionamento del motore.

In particolare le principali caratteristiche del sistema di iniezione Common Rail sono le seguenti:

- completa flessibilità della gestione della pressione di iniezione indipendentemente dal regime del motore e dal carico (per esempio è possibile ottenere pressioni elevate > 1000 bar ai medi e bassi regimi motore < 1500 giri/min)
- possibilità di effettuare iniezioni multiple per ogni ciclo (per esempio è possibile praticare una pre-iniezione o iniezione pilota, utile per la riduzione del rumore di combustione)
- completa flessibilità nella gestione dell'anticipo di iniezione di ciascuna parte dell'iniezione
- elevata precisione nel controllo della quantità iniettata, anche colpo a colpo, quando necessario (per esempio in condizioni di transitorio)
- capacità di operare a velocità motore elevate (fino a 6000 giri/min)
- possibilità di controllare elettronicamente i principali parametri di iniezione, ottimizzando così il funzionamento del motore senza dover ricorrere a complessi sistemi di tipo meccanico.

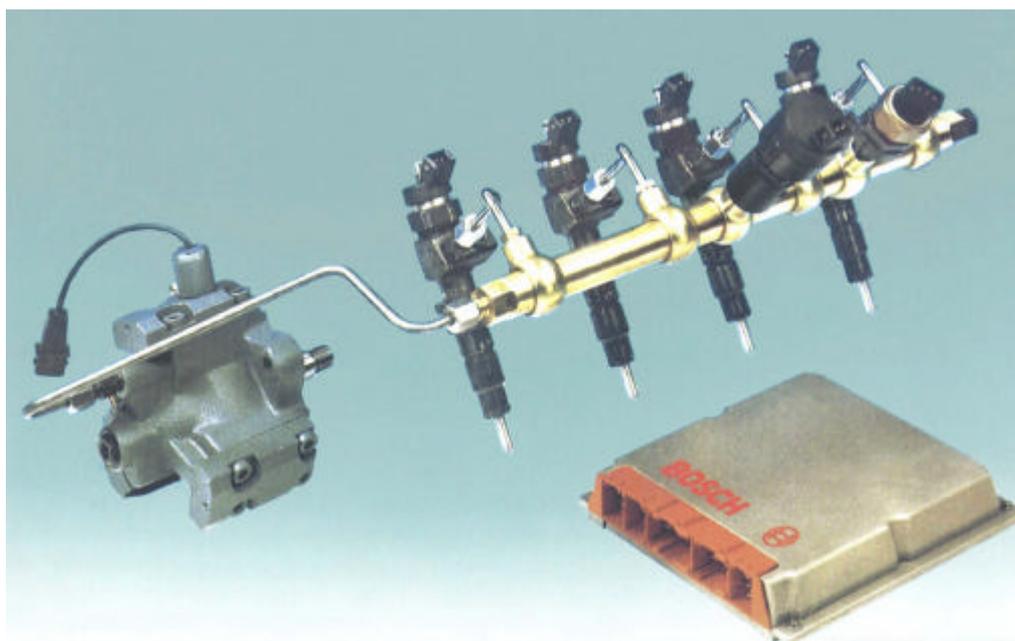


Figura 1 – Sistema di iniezione Common Rail

2. Architettura del sistema

Come indicato schematicamente in figura 2, il sistema di iniezione Common Rail è costituito dai seguenti componenti:

- 1) pompa elettrica di innesco
- 2) pompa di alta pressione
- 3) regolatore di pressione
- 4) accumulatore comune del gasolio in pressione (rail)
- 5) sensore di pressione
- 6) iniettori elettroidraulici (elettroiniettori)
- 7) centralina elettronica o unità di controllo elettronica (ECU).

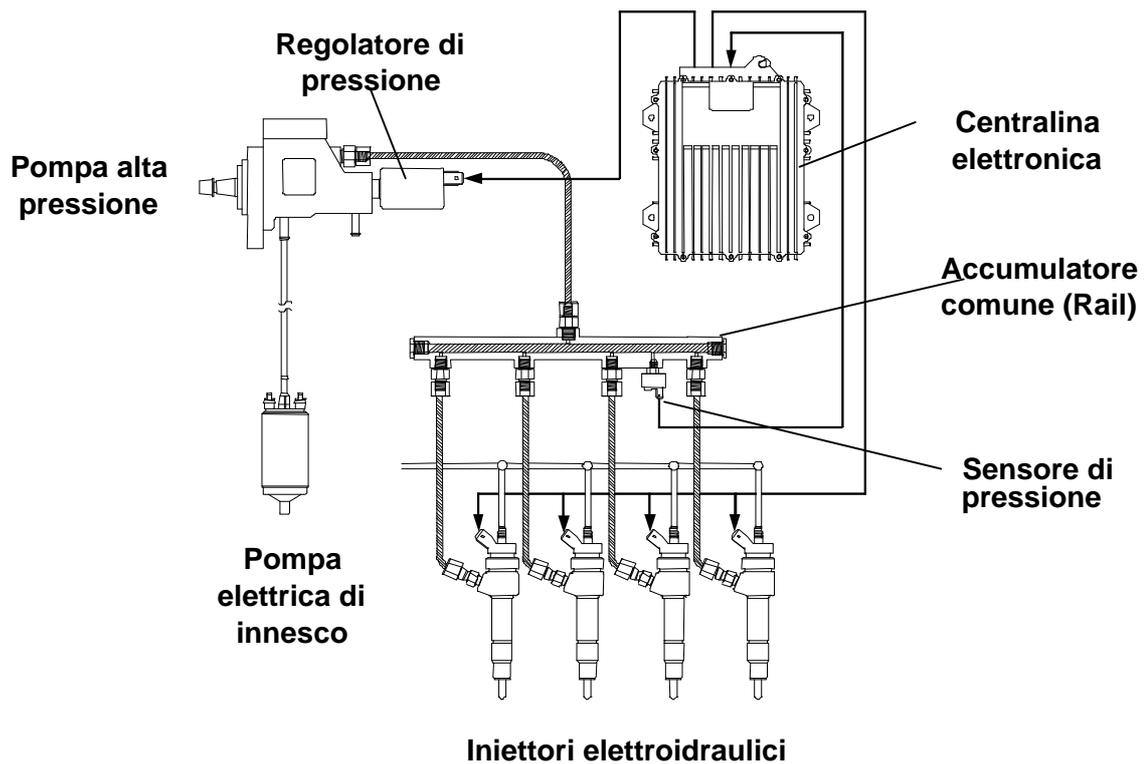


Figura 2 – Sistema di iniezione Common Rail: schema generale

3. Principio di funzionamento

Una pompa di alimentazione estrae il combustibile dal serbatoio e lo manda alla pompa di alta pressione. Con riferimento alla figura 2, la pompa di alta pressione (detta *Radialjet*) porta il gasolio ad una pressione regolata, pari a quella di iniezione (fino a 1350 bar nella versione attualmente in produzione; sino a 1600 bar nella nuova versione in fase di sviluppo). Una elettrovalvola a due vie spilla dalla mandata della pompa un'adeguata quantità di combustibile al fine di regolare la pressione al valore desiderato.

Il gasolio in pressione non viene inviato direttamente dalla pompa *Radialjet* agli iniettori, ma viene accumulato in un collettore (*rail*) che svolge la funzione di contenere le oscillazioni (*ripple*) di pressione provocate dalla erogazione pulsante della pompa di alta pressione e dalle improvvise estrazioni di combustibile causate dalle aperture degli iniettori.

Sul *rail* è montato un sensore di pressione il cui compito è quello di fornire un segnale di retroazione al circuito di regolazione della pressione. Più precisamente, il valore misurato da tale sensore viene comparato con il valore previsto in sede di progetto e memorizzato nella *centralina elettronica*. Se il valore misurato ed il valore previsto differiscono, allora viene aperto o chiuso un foro di troppo pieno nel regolatore di pressione della pompa di alta pressione. Nel caso di apertura di tale luce di efflusso, il combustibile in eccesso viene quindi rinviato al serbatoio tramite un apposito condotto di ricircolo.

Gli iniettori sono alimentati dal *rail* ed il loro funzionamento viene determinato dall'eccitazione di un veloce attuatore elettromagnetico a solenoide (integrato nel corpo di ogni elettroiniettore). L'eccitazione del solenoide determina l'apertura di una luce di efflusso presente in un apposito volume di controllo che provoca uno squilibrio delle pressioni agenti sullo spillo di un otturatore. Lo squilibrio di pressione consente il sollevamento dello spillo otturatore e la conseguente apertura degli ugelli d'efflusso del pulverizzatore.

Al controllo di tutto il sistema di iniezione è adibita una *centralina elettronica*, in cui sono integrate sia l'unità di controllo (ECU) sia quella di potenza (EPU) necessarie per il pilotaggio degli iniettori.

4. Impianto idraulico

L'impianto idraulico, come mostrato in figura 3, è composto da:

- 1) una pompa elettrica di innesco a bassa pressione
- 2) un filtro del combustibile
- 3) una pompa di alimentazione ad alta pressione
- 4) un regolatore di pressione
- 5) un collettore del gasolio in pressione (rail)
- 6) un elettroiniettore per ogni cilindro presente nel motore
- 7) vari condotti di alimentazioni e di ricircolo.

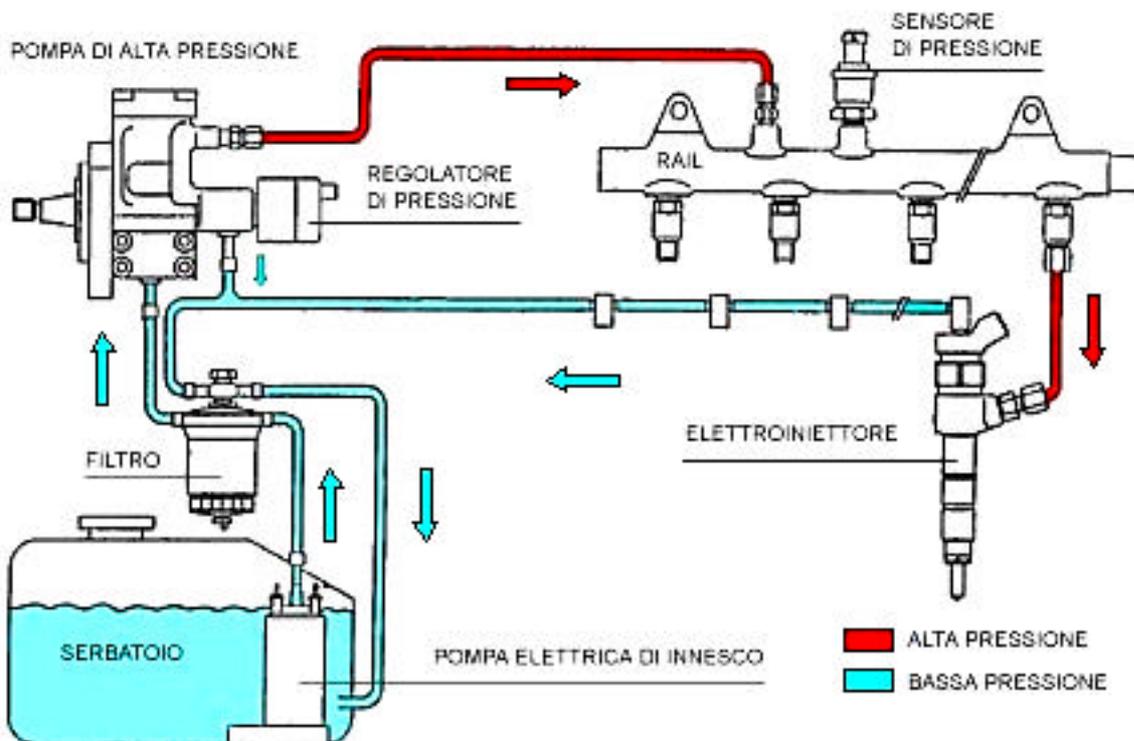


Figura 3 – Sistema di iniezione Common Rail: schema idraulico

Pompa elettrica di innesco a bassa pressione

E' costituita da una pompa elettrica funzionante a 12 V che non presenta alcuna particolarità rilevante se non quella di soddisfare i requisiti di pressione di mandata e di portata (0.5 bar di pressione di mandata ed una portata di almeno 0.5 lt/min in eccesso rispetto alla portata della pompa di alta pressione).

Pompa di alimentazione ad alta pressione

La pompa di alimentazione del sistema Common Rail è denominata *Radialjet* perché l'effetto pompante viene realizzato mediante tre elementi pompanti (pistoni) disposti in direzione radiale rispetto all'asse di rotazione dell'albero della pompa. La distanza angolare tra un elemento pompante e l'altro è pari a 120°.

La pompa viene trascinata dal motore ad una velocità di rotazione pari a circa la metà di quella del motore stesso tramite una trasmissione a cinghia dentata e senza la necessità di alcuna fasatura con il motore. La realizzazione della fasatura e della durata di iniezione sono, in tale sistema di iniezione, compiti demandati al sistema di controllo elettronico.

Tale pompa assolve il solo compito di mantenere permanentemente il combustibile contenuto nel collettore al livello di pressione richiesto.

Il movimento degli stantuffi è determinato dalla rotazione di un eccentrico di forma triangolare solidale all'albero della pompa. Tale eccentrico determina il movimento in successione dei tre pistoni mediante lo spostamento di una interfaccia meccanica (punteria) frapposta tra l'eccentrico ed il piede dello stantuffo. Il contatto tra l'eccentrico ed ogni singola punteria viene assicurato mediante una molla.

Ogni gruppo pompante è dotato di una valvola di aspirazione a piattello e di una valvola di mandata a sfera. Tutte e tre le mandate degli elementi pompanti sono riunite internamente alla pompa ed inviano il combustibile al collettore comune per mezzo di un unico condotto.

La pompa *Radialjet* è dotata di una valvola elettromagnetica di tipo on-off, installata sulla mandata di uno degli elementi pompanti, che permette di disattivare lo stesso elemento pompante durante le condizioni di funzionamento per le quali sia richiesta una portata di combustibile inferiore ai 2/3 della portata massima della pompa. In questo modo è possibile limitare l'assorbimento della pompa in tali condizioni operative.

Una particolarità di tale pompa è quella di essere contemporaneamente lubrificata e raffreddata dallo stesso gasolio circolante al suo interno, attraverso opportune luci di passaggio.

Per la regolazione della pressione di mandata sulla pompa è presente una *elettrovalvola regolatrice di pressione*.

La pompa deve essere alimentata in bassa pressione con una pressione di almeno 0.5bar e con una portata minima di 0.5 lt/min in eccesso alla mandata, per consentire un buon raffreddamento. Tale alimentazione viene realizzata tramite una pompa elettrica di bassa pressione.

Le caratteristiche principali della pompa *Radialjet* sono riportate in tabella1.



Tabella 1 – Caratteristiche della pompa di alimentazione ad alta pressione Radialjet

Tipo	Radialjet a pompanti radiali
Numero di pompanti	3
Cilindrata totale	0.657 cm ³
Rendimento Volumetrico	>80% a 1000 bar da 500 a 3000 giri/min pompa
Pressione massima di funzionamento	1500 bar
Potenza assorbita	3.2 kW a 1000bar e 3000 giri/min pompa
Velocità massima	3000 giri/min
Alimentazione	Gasolio in pressione a 0.5 bar, con una portata minima pari a 0.5 l/min in più della portata di alta pressione
Lubrificazione	Effettuata dallo stesso gasolio di alimentazione
Raffreddamento	Effettuato dallo stesso gasolio di alimentazione

Regolatore di pressione

Il regolatore di pressione permette di regolare la pressione del combustibile presente nell'accumulatore. Esso è costituito da un otturatore sferico mantenuto sulla sua sede conica da un'asta caricata da una molla e da una forza additiva generata da un solenoide, quando quest'ultimo è eccitato.

A solenoide diseccitato la pressione di mandata dipende dal precarico della molla (circa 150 bar a 1000 giri/min pompa); spessori di registro consentono di regolare tale precarico al valore desiderato.

L'innalzamento della pressione di iniezione viene realizzato limitando la sezione di passaggio dell'otturatore mediante l'eccitazione del solenoide. Incrementando, infatti, la corrente nella bobina del solenoide si accresce la forza esercitata dallo stesso solenoide sull'otturatore sferico, determinando una riduzione della sezione di passaggio dell'otturatore; questo limita la capacità d'efflusso del foro dell'otturatore e con essa la quantità di combustibile cortocircuitata verso il serbatoio, consentendo una maggiore alimentazione del collettore ed un conseguente innalzamento della pressione nello stesso.

La scelta di far corrispondere incrementi (e non diminuzioni) di pressione di iniezione ad aumenti di corrente è resa necessaria da ragioni di sicurezza; in tale modo, infatti, in presenza di un guasto nel sistema di regolazione la pressione di iniezione si porta automaticamente al valore minimo.

La modulazione della pressione di iniezione si ottiene alimentando con una corrente elettrica in PWM (Pulse With Modulation) la bobina del solenoide e chiudendo l'anello di regolazione mediante un segnale di retroazione (feedback) proveniente dal sensore di pressione e diretto alla ECU.

Collettore del gasolio in pressione (rail)

Il collettore di accumulo del gasolio ad alta pressione (rail), ha lo scopo di smorzare le oscillazioni di pressione presenti all'interno del combustibile dovute sia alle tre mandate consecutive, che si susseguono durante ogni giro della pompa Radialjet, sia alle aperture periodiche degli iniettori.

Il volume interno del rail (40 cm^3 per un motore a 4 cilindri e $2l$ di cilindrata) è stato studiato opportunamente in modo da smorzare tali oscillazioni di pressione evitando però sia l'insorgenza di ritardi di adeguamento della pressione durante i transitori sia problemi di riempimento in fase di avviamento, durante la quale il rail si deve riempire il più rapidamente possibile. Più precisamente, un volume più piccolo permetterebbe lo svilupparsi di pulsazioni inaccettabili della pressione del combustibile, viceversa un volume più ampio causerebbe una dilatazione del tempo di risposta durante i transitori o problemi di riempimento della capacità durante la fase di avviamento del motore.

Il rail ha la forma di un parallelepipedo molto allungato nel quale è stata ricavata una cavità cilindrica ed è realizzato in acciaio per resistere alle elevate pressioni in esso presenti durante l'esercizio.

Alle estremità del rail sono praticati due fori filettati, il primo per il montaggio del sensore di pressione ed il secondo per l'introduzione di un tappo filettato, sul quale è possibile, per esempio, inserire una termocoppia per la misura della temperatura del combustibile presente nel rail.

Elettroiniettore

L'elettroiniettore (figura 4) prevede una sola alimentazione in alta pressione che, una volta raggiunto l'interno dell'iniettore, viene ripartita in due distinte parti, di cui una destinata principalmente all'alimentazione del polverizzatore, l'altra al controllo dell'asta di pressione. Entrambe le suddette parti di portata contribuiscono inoltre alla lubrificazione degli organi in movimento dell'elettroiniettore, grazie ai consistenti trafileamenti presenti in un sistema di iniezione lavorante a così elevate pressioni di esercizio.

E' presente inoltre un ricircolo a pressione atmosferica, necessario per lo smaltimento del gasolio utilizzato per il funzionamento della valvola pilota e per il convogliamento dei trafileamenti sopra menzionati.

La temperatura del gasolio ricircolato dall'elettroiniettore può raggiungere valori molto elevati ($100 \text{ }^\circ\text{C}$), perciò i ricircoli devono essere dotati di tubazioni adatte a queste temperature.

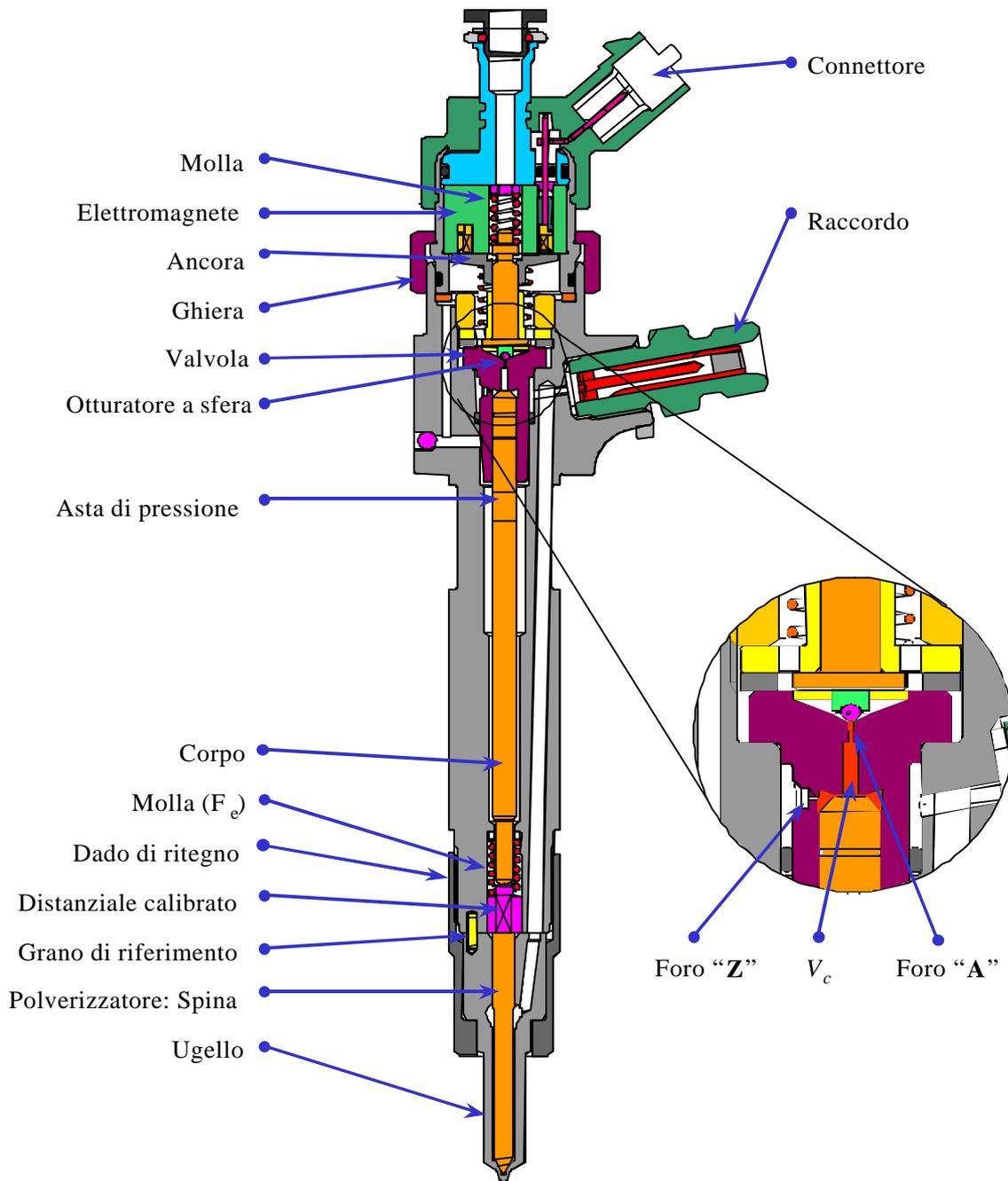


Figura 4 – Elettroiniettore

5. Funzionamento dell'elettroiniettore

Per meglio comprenderne il funzionamento, l'elettroiniettore può essere considerato come costituito da due parti:

1. l'attuatore/polverizzatore (figura 4), composto dall'ugello e dal complesso asta di pressione-spina
2. l'elettrovalvola di comando (figura 4) costituita dal solenoide e dalla valvola.

Il volume all'interno della valvola pilota ed immediatamente al di sopra dell'attuatore chiamato *volume di controllo*, ha un ruolo essenziale per il funzionamento dell'elettroiniettore. Esso è alimentato in modo permanente con il gasolio di linea tramite un foro "Z" (dal tedesco Zufluss = ingresso). Lo scarico di questa capacità è affidato ad un secondo foro "A" (dal tedesco Abfluss = uscita), la cui apertura è controllata dalla elettrovalvola di comando.

Il gasolio contenuto nel volume di controllo esercita una pressione di intensità modulabile che agisce sulla superficie superiore dell'asta di pressione, avente area A_c ; la forza che agisce su tale area dipende quindi dalla pressione presente all'interno del volume di controllo.

Attuatore/polverizzatore

L'attuatore/polverizzatore è composto dall'ugello e dal complesso asta di pressione-spina. L'ugello viene alimentato dal gasolio in pressione quando il complesso asta di pressione-spina è in posizione sollevata. Il sollevamento di quest'ultima viene realizzato mediante uno squilibrio di forze contrapposte persistenti su tale complesso.

Le forze agenti sul sistema asta di pressione-spina sono tre (figura 5).

- La *forza elastica* F_e , rivolta nella direzione di chiusura e dovuta alla molla che agisce sulla spina; tale forza garantisce la tenuta del polverizzatore quando la pressione di linea scende a zero, evitando gocciolamenti di combustibile nel cilindro.
- La *forza* F_c , che agisce anch'essa nella direzione di chiusura, dovuta alla pressione del gasolio presente nel volume di controllo. Tale pressione agisce sull'area superiore dell'asta di pressione.
- La *forza* F_a , rivolta nella direzione di apertura, dovuta alla pressione del combustibile presente nel volume di alimentazione ed agente sull'area della corona circolare delimitata all'esterno dal diametro di scorrimento della spina nell'ugello e all'interno dal diametro di tenuta della sede conica.

L'equilibrio del complesso asta di pressione-spina dipende dal bilancio di queste tre forze. Quando l'iniettore non è eccitato (figura 5), le pressioni nei volumi di alimentazione e di controllo sono identiche e pari alla pressione di linea fornita dal rail; in tali condizioni risulta essere:

$$F_c + F_e > F_a$$



e quindi le forze di chiusura sono superiori a quelle di apertura; conseguentemente il complesso asta di pressione-spina è trattenuto in posizione di chiusura, garantendo la tenuta del polverizzatore.

Affinché avvenga l'apertura della spina (figura 6) è necessario che la pressione nel volume di controllo diminuisca sino a che non sia verificata la seguente disequazione:

$$F_c + F_e < F_a$$

In tale modo si viene a creare uno squilibrio tra le forze agenti sulla spina a favore del sollevamento della stessa.

Elettrovalvola di comando

L'elettrovalvola di comando ha il compito di controllare la pressione presente nel volume di controllo e quindi di determinare l'istante in cui l'attuatore permette l'inizio della introduzione e la durata della introduzione stessa.

La pressione nel volume di controllo viene determinata dall'apertura e dalla chiusura del foro A da parte di un otturatore a sfera comandato da un solenoide, tramite un ago pilota (ancora).

In condizioni di riposo l'elettromagnete è diseccitato e l'ago pilota è tenuto in posizione di chiusura da una molla. Nel volume di controllo, alimentato dal foro Z, la pressione P_c è pari alla pressione di linea e di conseguenza le forze che agiscono nella direzione di apertura del complesso asta di pressione-spillo ($F_c + F_e$) sono preponderanti nei confronti della forza di apertura (F_a). In tali condizioni non si ha quindi introduzione di combustibile nel cilindro.

Eccitando l'elettromagnete si provoca l'alzata dell'ago pilota, consentendo all'otturatore a sfera di scoprire la luce del foro A. Tale foro ha una sezione di efflusso maggiore di quella del foro Z: conseguentemente si determina uno scarico del gasolio presente nel volume di controllo. Non essendo più quest'ultimo alimentato a sufficienza attraverso il foro Z (a causa della sua minor capacità di efflusso nei confronti del foro A) la pressione P_c va diminuendo e con essa la forza F_c agente sulla superficie superiore dell'asta di pressione.

Quando la diminuzione della forza F_c è tale da verificare la disuguaglianza $F_a > F_c + F_e$ allora comincia a sollevarsi il complesso asta di pressione-spina e ha inizio l'apertura del polverizzatore. Questo movimento verso l'alto determina un avvicinamento della parte superiore dell'asta verso il foro A, determinando una riduzione del volume di controllo. In tale volume si instaura una particolarissima condizione di equilibrio dinamico dovuta, molto probabilmente, a moti microturbolenti che permettono all'asta di non andare in battuta; situazione che causerebbe l'immediata chiusura del foro A con ovvie conseguenze.

Il risultato macroscopico di questa particolare situazione di equilibrio è costituito da effetto di galleggiamento dell'intero complesso asta di pressione-spina all'interno del combustibile.

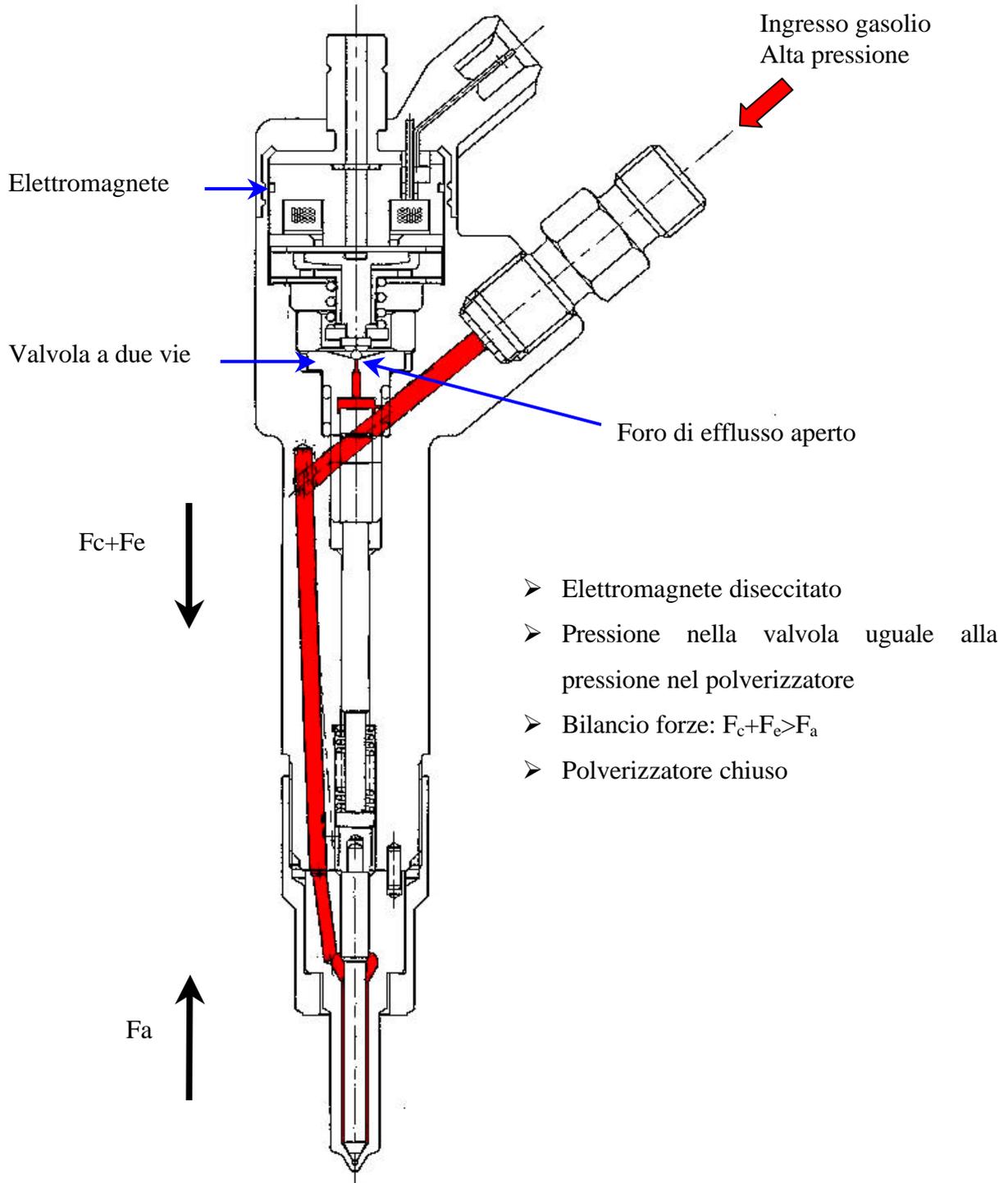
In conseguenza al sollevamento dell'asta di pressione-spina, dal volume di alimentazione (costantemente rifornito di combustibile alla pressione di linea P_a), comincia a defluire il gasolio attraverso il polverizzatore ed inizia quindi l'introduzione di combustibile all'interno del cilindro.



La diseccitazione dell'elettromagnete provoca la chiusura del foro A, che determina a sua volta la rapida risalita della pressione nel volume di controllo fino al valore originario. Questo determina il conseguente ripristino dell'equilibrio delle forze di pressione originariamente agenti sull'asta di pressione-spina ed il successivo ristabilimento del carattere di preponderanza, verso la direzione di chiusura, della risultante globale delle forze complessivamente agenti sull'organo in esame. Ciò comporta la discesa dell'asta di pressione-spina che provoca l'interruzione dell'afflusso di combustibile al polverizzatore, dando quindi termine all'iniezione.

La rapida discesa dell'ancora necessaria per ottenere una veloce chiusura del foro A viene ottenuta tramite la molla M. La rapidità di tale moto di discesa potrebbe essere causa di rimbalzi, provocati dall'urto dell'ancora sulla relativa battuta inferiore, con conseguenti incertezze di chiusura. Per ovviare a tale inconveniente si è dotato tale equipaggio mobile di un grado di libertà aggiuntivo in direzione assiale (figura 4) consentendo un moto relativo tra la parte superiore dell'ancora e quella inferiore, limitato però dall'interposizione di una molla. Tale accorgimento è efficace nella fase di discesa dell'ago pilota; infatti, non appena la parte superiore dell'ancora si stacca dalla sua battuta sovrastante, la parte superiore dell'ancora si svincola da quella inferiore provocando una riduzione della massa battente che elimina i rischi di contraccolpi.

Figura 5 – Principio di funzionamento elettroiniettore: posizione di riposo



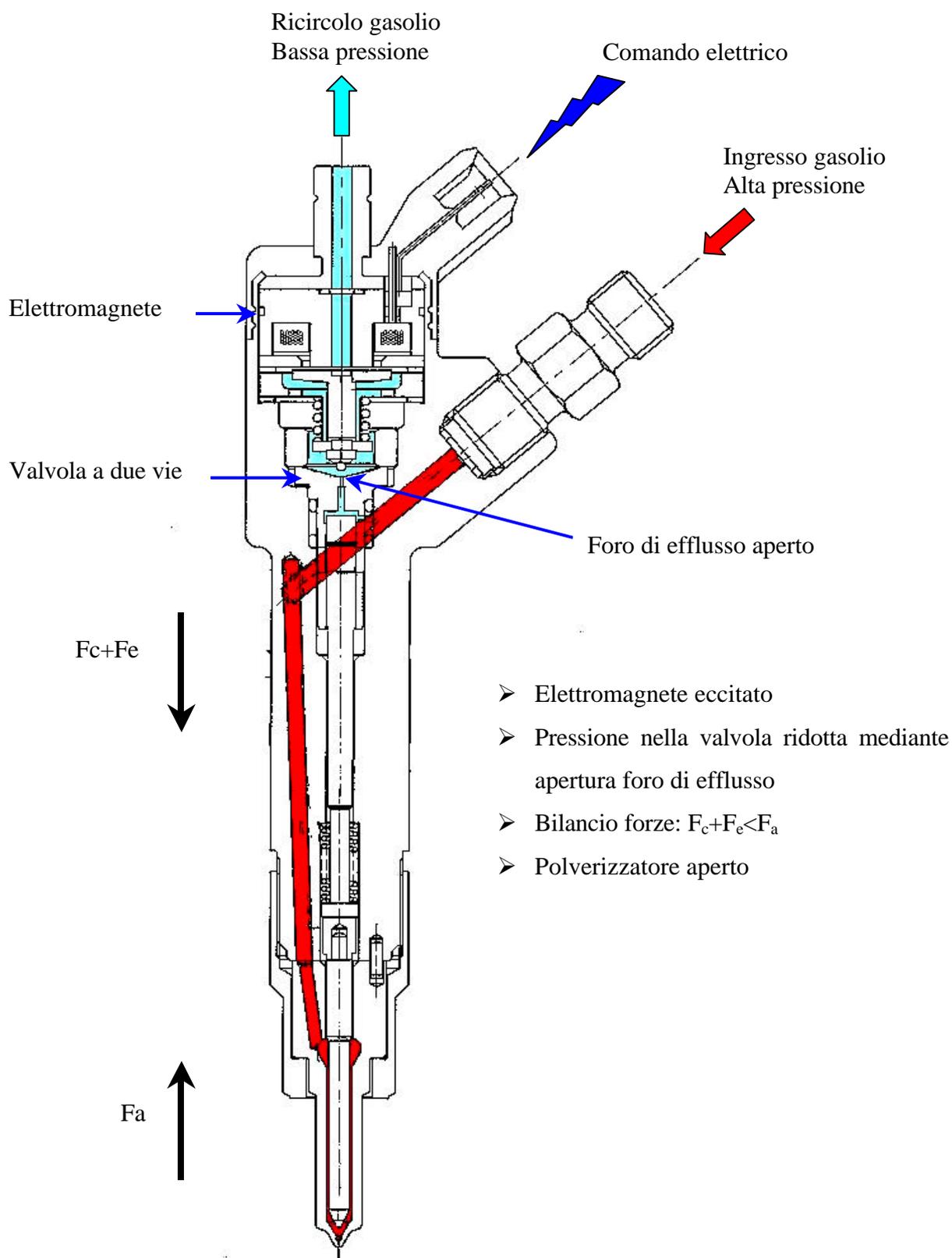
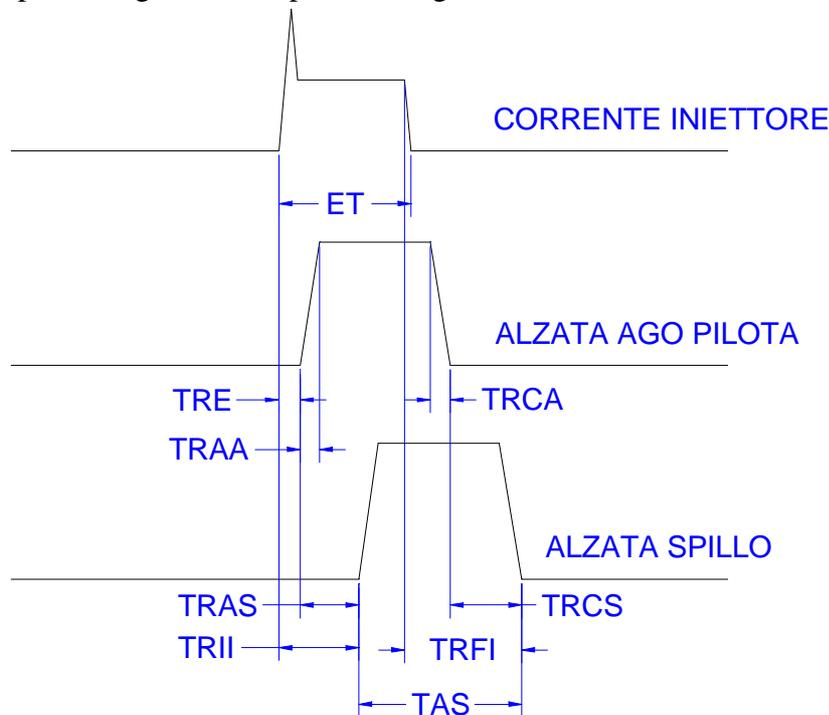


Figura 6 – Principio di funzionamento elettroiniettore: attuazione iniezione

Successione temporale degli eventi

Per comprendere a fondo il funzionamento dell'elettroiniettore occorre chiarire l'esatta successione temporale degli eventi, riportati in figura 7.



ET = Tempo di energizzazione (Energizing Time)
TRE = Tempo Ritardo Eccitazione
TRAA = Tempo Ritardo Apertura Ago pilota
TRCA = Tempo Ritardo Chiusura Ago pilota
TRAS = Tempo Ritardo Apertura Spillo
TRII = Tempo Ritardo Inizio Iniezione
TRCS = Tempo Ritardo Chiusura Spillo
TRFI = Tempo Ritardo Fine Iniezione
TAS = Tempo apertura Spillo

Figura 7 – Andamento nel tempo di Corrente iniettore, Alzata ago pilota, Alzata spillo.

Ai capi della bobina dell'elettrovalvola viene applicata una corrente, che viene mantenuta per un tempo ET (Energizing Time) dipendente dalla quantità di combustibile che si desidera iniettare e dalla pressione di alimentazione.

Il moto dell'ago pilota dell'elettrovalvola comincia con un ritardo TRE (Tempo Ritardo Eccitazione) ed il volume di controllo comincia a svuotarsi.

L'ago pilota raggiunge la battuta superiore dopo un tempo TRAA (Tempo di Ritardo Apertura Ago pilota), dipendente dall'alzata massima, regolabile per mezzo di un'apposita vite di registro.

Trascorso un tempo TRAS (Tempo di Ritardo Apertura Spillo) dall'inizio del moto dell'ago pilota, il complesso asta di pressione-spina inizia il suo moto e contemporaneamente



comincia l'iniezione; il tempo trascorso dall'inizio dell'eccitazione dell'elettromagnete e l'inizio dell'iniezione viene detto TRII (Tempo di Ritardo Inizio Iniezione).

Quando cessa il comando all'elettromagnete, l'ago pilota comincia la sua corsa di discesa, che termina dopo un tempo TRCA (Tempo di Ritardo Chiusura Ago pilota), dipendente sempre dall'alzata massima consentita all'ago; con la discesa dell'ago pilota si chiude il foro A ed il volume di controllo si riempie nuovamente.

Quando le pressioni si sono riequilibrate, il complesso asta di pressione-spina ridiscende determinando la fine dell'iniezione. Si possono individuare quindi i seguenti tempi: TRCS (Tempo di Ritardo Chiusura Spillo), pari al tempo intercorso tra la chiusura del foro A ed il termine dell'iniezione, TAS (Tempo di Apertura Spillo), pari alla durata effettiva dell'iniezione, e TRFI (Tempo di Ritardo di Fine Iniezione), calcolato dalla fine del comando elettrico.

Considerazioni sulla quantità di combustibile introdotta e sull'anticipo di iniezione

La quantità di combustibile introdotta ad ogni iniezione dipende essenzialmente da due parametri: la durata dell'apertura dello spillo e la pressione nel volume di alimentazione.

In prima approssimazione si può considerare che la pressione nel volume di alimentazione sia pari alla pressione di linea; tuttavia, durante l'iniezione si ha un lieve abbassamento della pressione dovuto all'iniezione stessa. Non potendo controllare e misurare la pressione nel volume di alimentazione, sia per le difficoltà di accesso che per il breve tempo a disposizione, si assume come pressione di alimentazione la pressione misurata nel rail.

La durata dell'apertura dello spillo dipende dalla durata del comando elettrico ET (Energizing Time); infatti, maggiore è la durata del comando elettrico, maggiore è il tempo di permanenza dell'ago pilota nella posizione di apertura e maggiore è la durata di apertura dello spillo.

La durata effettiva dell'iniezione non è immediatamente correlabile alla durata del comando elettrico ed in genere la durata dell'iniezione effettiva è maggiore della durata del comando elettrico, in quanto il Tempo di Ritardo di Fine Iniezione (TRFI) è maggiore del Tempo di Ritardo di Inizio Iniezione (TRII).

Il ritardo tra l'inizio del comando elettrico e l'effettiva iniezione (TRII) deve essere tenuto in conto qualora si facciano considerazioni sull'anticipo iniezione effettivo; infatti, il sistema di controllo Common Rail fa riferimento, per l'anticipo iniezione, al comando elettrico e non all'effettivo inizio dell'iniezione.

Considerazioni analoghe valgono per la fine dell'iniezione effettiva. Di conseguenza, per valutare la reale quantità di combustibile introdotta sono necessari rilevamenti sperimentali "ad hoc", allo scopo di determinare le curve caratteristiche della quantità introdotta in funzione di ET per diverse pressioni di iniezione.



6. Impianto elettrico

L'impianto elettrico è composto dai seguenti elementi:

- 1) Centralina elettronica (EPU/ECU)
- 2) Sensori
- 3) Attuatori

Centralina elettronica

La centralina elettronica Common Rail incorpora due unità:

- 1) EPU-Electronic Power Unit
- 2) ECU-Electronic Control Unit.

L'unità di potenza (EPU) è adibita al solo comando degli iniettori. In essa sono contenuti i circuiti di potenza necessari per produrre l'eccitazione dei solenoidi e realizzare il controllo degli elettroiniettori.

All'unità logica (ECU - Electronic Control Unit) è affidato invece il controllo elettronico dell'intero sistema: essa provvede alla elaborazione dei dati ed al controllo della EPU; gestisce inoltre i comandi in PWM (Pulse With Modulation) per il regolatore di pressione, per l'attuatore dell'EGR e per l'attuatore della turbina a geometria variabile del gruppo di sovralimentazione.

Sensori

Il sistema Common Rail prevede i seguenti sensori:

- 1) sensore velocità di rotazione motore
- 2) sensore di fase
- 3) sensore di posizione acceleratore
- 4) misuratore di portata aria
- 5) misuratore di pressione combustibile
- 6) sensore di pressione atmosferica
- 7) sensore di temperatura aria
- 8) sensore di temperatura acqua
- 9) sensore di temperatura combustibile.

Sensore di rotazione motore Ha il compito di rilevare la velocità di rotazione del motore e la sua posizione angolare. E' composto da un trasduttore a riluttanza magnetica variabile (pick-up) affacciato su una ruota fonica (detta 60-2 denti) montata sull'albero motore. Il sensore invia alla centralina un segnale ogni 6° di rotazione dell'angolo di manovella. Tramite l'elaborazione di tali segnali è possibile determinare la velocità di rotazione del motore e la posizione angolare dell'albero.



Sensore di fase motore. Questo sensore è costituito da un pick-up affacciato su di una ruota fonica montata sull'albero di distribuzione e consente la fasatura delle iniezioni con i cicli dei vari cilindri. Un tale sistema è reso necessario in quanto con un motore a quattro tempi non è possibile determinare il cilindro in compressione osservando solamente la posizione dell'albero motore, in quanto ogni singolo cilindro compie un intero ciclo soltanto ogni due giri di albero di manovella.

Sensore di posizione acceleratore Rileva la posizione del pedale acceleratore per determinare la domanda di potenza richiesta dal guidatore. Il sensore è composto da un potenziometro collegato al pedale tramite alcuni leveraggi. Il segnale ricevuto dalla centralina viene trattato opportunamente per convertire il valore di tensione in un valore espresso in gradi, da 0 (pedale completamente rilasciato) a 90° (pedale premuto a fondo).

Misuratore di portata aria Misura la quantità di aria fresca aspirata dal motore; tale quantità viene utilizzata nelle strategie per la limitazione della fumosità durante i transitori e per controllare l'EGR. Il misuratore utilizzato è del tipo a filo caldo, ed è disposto a valle del filtro ed a monte del compressore. .

Sensore di pressione combustibile Ha il compito di fornire un segnale di retroazione al circuito di regolazione della pressione di iniezione e di indicare il valore della pressione per il calcolo della durata di iniezione. E' montato direttamente sul rail e consente di misurare pressioni da 0 a 150 MPa (1500 bar).

Sensore di pressione atmosferica Fornisce un valore indispensabile per il calcolo della portata d'aria di riferimento necessaria per il controllo dell'EGR.

Sensore di temperatura aria aspirata Fornisce un ulteriore valore indispensabile per il calcolo della portata d'aria di riferimento necessaria per il controllo dell'EGR.

Sensore di temperatura acqua motore Fornisce alla centralina un indice dello stato termico del motore, al fine di determinare le correzioni di portata combustibile, pressione iniezione, anticipo iniezione (sia pilota che principale) ed EGR durante l'avviamento a freddo e nelle fasi di riscaldamento del motore.

Sensore di temperatura combustibile. Consente di monitorare la temperatura del gasolio che in tale sistema può raggiungere valori elevati (100°C).

7. Il sistema Multijet

Una nuova centralina elettronica, denominata MULTIJET, ed attualmente in fase di sviluppo permetterà a breve una gestione ancor più flessibile delle modalità di comando dell'iniezione, aumentando il numero di iniezioni effettuabili nell'ambito di un ciclo motore rispetto al sistema attualmente in produzione, denominato UNIJET (figura 3.9).

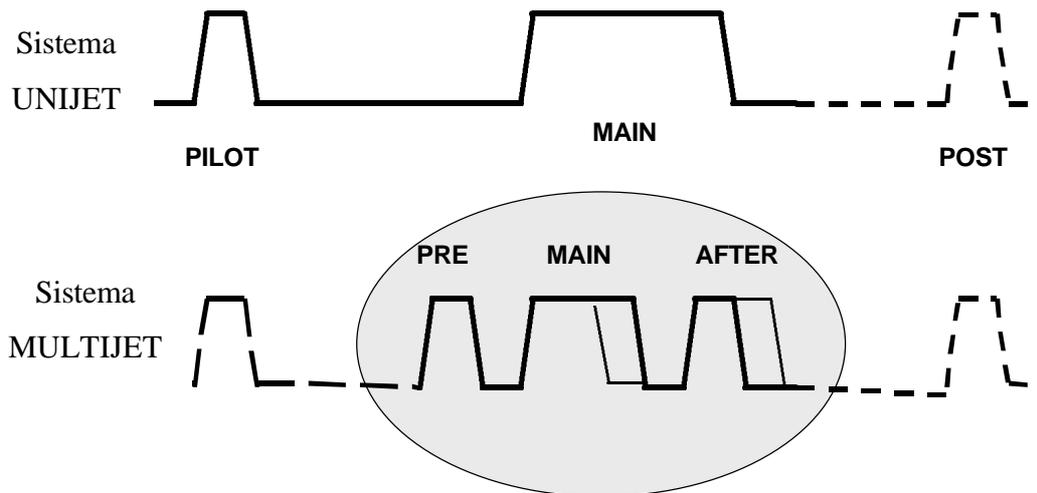


Figura 3.9 – Modalità di comando dell'iniezione realizzabili con sistema UNIJET e MULTIJET.

Le diverse iniezioni, che la nuova generazione del sistema Common Rail consentirà di attuare, sono le seguenti:

- 1) **iniezione pilota** Effettuata con elevato anticipo rispetto all'iniezione principale, permette di ridurre drasticamente il rumore di combustione
- 2) **pre-iniezione** Effettuata con bassissimi valori di anticipo rispetto all'iniezione principale, permette, insieme all'iniezione After, di modulare l'andamento della combustione contenendo le emissioni di inquinanti
- 3) **iniezione main** Iniezione principale
- 4) **iniezione after** Con questo termine si indica un'iniezione effettuata subito dopo l'iniezione principale, con analoghe finalità a quelle della pre-iniezione
- 5) **post-iniezione** Ulteriore iniezione effettuata nelle ultime fasi della combustione allo scopo di aumentare le temperature di scarico, permettendo (periodicamente) la rigenerazione della trappola per il particolato. La post-iniezione può inoltre creare un ambiente riducente necessario per la rigenerazione del catalizzatore DeNOx per l'abbattimento degli ossidi di azoto.