

Fig. 1 - Trasduttore induttivo (principio di funzionamento).

Sensori induttivi

La struttura di un sensore induttivo (fig. 1) comprende:

- 1) magnete permanente;
- 2) avvolgimento induttivo con nucleo;
- 3) traferro variabile;
- 4) rotore (girante del trasduttore).

La fig. 1 illustra, in modo semplificato, il principio di funzionamento del trasduttore. Il magnete permanente (1) e la bobina (2) formano lo statore. Il rotore posto sull'albero dello spinterogeno ha delle punte in opposizione a quelle dello statore. Quando il rotore gira, i suoi denti sfiorano quelli dello statore ad una distanza di $0,5 \div 0,7$ mm (traferro). Il traferro è soggetto a brusche variazioni e con esso anche il flusso magnetico che lo attraversa. La variazione di flusso induce nella bobina una forza elettromotrice alternata con la forma indicata in fig. 2.

La frequenza del segnale emesso si calcola con:

$$F = \frac{z \cdot n}{2}$$

dove:

z = n° dei cilindri

n = numero di giri al minuto.

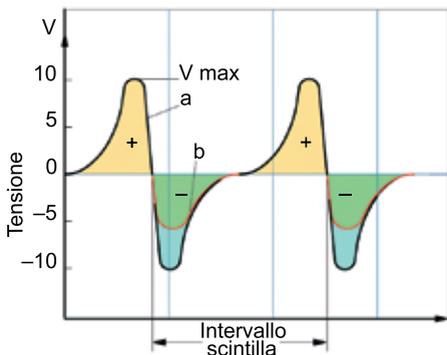


Fig. 2 - Segnale emesso dal trasduttore induttivo di figura 3. a) curva a vuoto; b) curva con centralina connessa al sensore.

Segnale emesso da un trasduttore dell'accensione

Il segnale emesso (in riferimento all'impulsore di figura 3) è di tipo alternato e la parte negativa del segnale è identica alla positiva con trasduttore a vuoto (non collegato con la centralina).

Con il sensore collegato alla centralina, la semionda negativa può essere inferiore alla parte positiva. L'istante dell'inversione del segnale da + a - è usato dalle centraline elettroniche come punto di riferimento. La tensione di cresta (V_{max}), che ha un valore variabile da 0,5 a 100 V, e la frequenza sono variabili in funzione del numero giri. La forma d'onda del segnale è molto importante perché i circuiti interni delle centraline possano funzionare correttamente. La forma d'onda particolare del segnale emesso dal trasduttore dipende dalla forma dei denti del rotore e del trasduttore. Se il segnale emesso è diverso da quello indicato graficamente dal costruttore, si possono riscontrare difetti di fasatura.

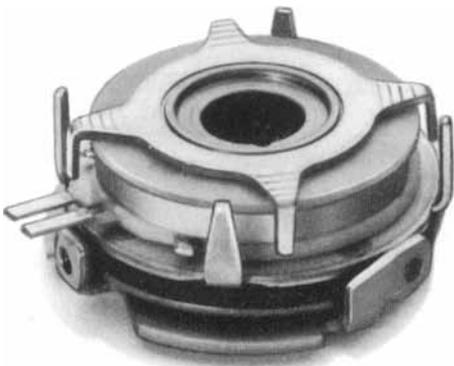


Fig. 3 - Trasduttore induttivo di uno spinterogeno Bosch (smontato).

Sensori di numero giri induttivi

I sensori di numero giri emettono un segnale di tipo sinusoidale come rappresentato in figura 5. I sensori di numero giri vengono montati in diverse posizioni:

- affacciati direttamente ai denti della corona sul volano;
- affacciati a dei pioli sporgenti dal volano;
- affacciati a una speciale corona dentata montata sulla puleggia o sul volano motore;
- affacciati a una speciale corona a finestre e diaframmi montata sulla puleggia o sul volano motore.

Questo tipo di sensore è semplice e robusto ed è utilizzato anche per innumerevoli altri impianti.

Trova applicazione nell'ABS e nei cambi automatici, ma anche in alcuni climatizzatori e ovunque serva rilevare esclusivamente il numero giri di un organo in rotazione e non sia importante la posizione acquisita da tale organo nel tempo.

L'unico inconveniente riscontrato nell'utilizzo di tali sensori è che il segnale è variabile in funzione del traferro e che a bassa velocità forniscono un segnale debole.

Non si prestano quindi per la misura di basse velocità.

Attenzione: il traferro va regolato con precisione ai valori consigliati dalle case automobilistiche.

In figura 6 è rappresentato un sensore induttivo a traferro affacciato ai denti di una corona dentata. La corona viene nominata a volte come "ruota fonica" in quanto il segnale emesso da tali sensori rientra nel campo delle frequenze udibili.

Sensori di PMS induttivi

Il sensore per il rilevamento del PMS di tipo induttivo è lo stesso del sensore utilizzato per il rilevamento del numero giri.

Cambia solo la ruota dentata; in questo caso, questa ha solo pochi denti posizionati in modo che possano servire alla centralina per definire i PMS di ogni cilindro. In figura 7 abbiamo il sensore affacciato ad una puleggia a quattro denti (sistema classico). Non deve ingannare il numero dei denti pari a quello dei cilindri: la posizione dei denti non deve corrispondere necessariamente ai PMS dei cilindri.

Nel momento in cui un dente si affaccia al sensore genera il segnale di riferimento che per la centralina diventa il punto dal quale partire per i suoi calcoli interni.

Il segnale emesso è di tipo alternato a impulso positivo uguale a quello negativo. Ad ogni dente (o finestra) corrisponde un ciclo intero alternato.

I sensori di PMS vengono montati in una posizione fissa, direttamente in produzione, affacciati alla puleggia dell'albero motore o ad una speciale corona dentata applicata sul volano motore e, solitamente, si prestano alla sola registrazione del traferro.

La loro posizione di montaggio non sempre coincide con il PMS meccanico dei cilindri di riferimento. Possono essere montati con un certo angolo rispetto al PMS meccanico; la programmazione della centralina tiene conto di tale angolo nell'elaborazione dell'anticipo.

Tale angolo, a volte, serve alla centralina come margine di tempo per poter eseguire tutta una serie di operazioni dal momento in cui riceve il segnale al momento in cui dovrà far scoccare la scintilla.

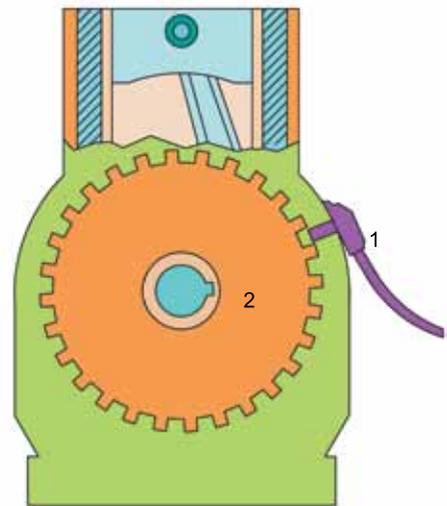


Fig. 13.4 - Sensore numero giri induttivo affacciato alla ruota fonica sul volano. 1) sensore; 2) ruota fonica.

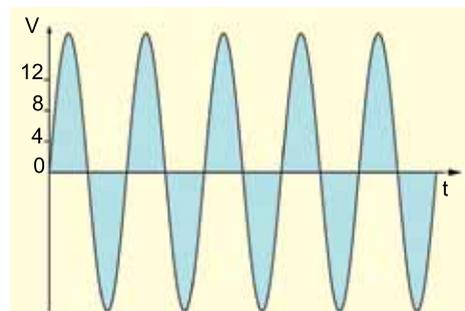


Fig. 5 - Segnale emesso da un sensore del tipo rappresentato in figura 13.4 e 13.6.

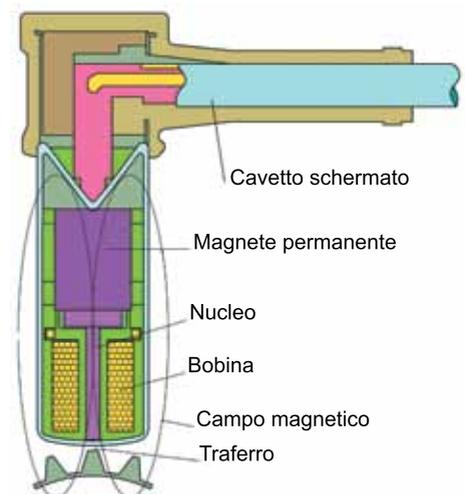


Fig. 6 - Struttura del rilevatore induttivo (giri e/o PMS) utilizzato affacciato a ruota dentata.

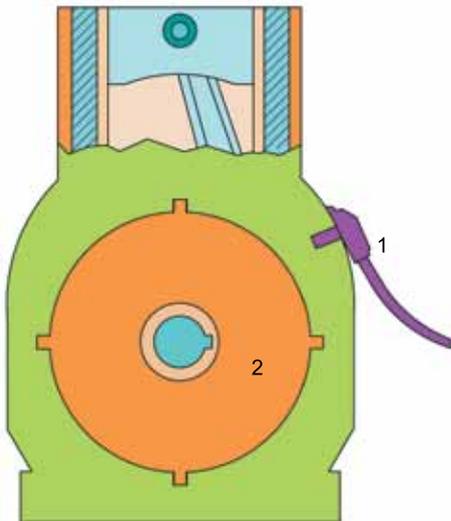


Fig. 7 - Sensore di PMS induttivo affacciato alla ruota dentata sulla puleggia o sul volano: 1) sensore; 2) ruota dentata.

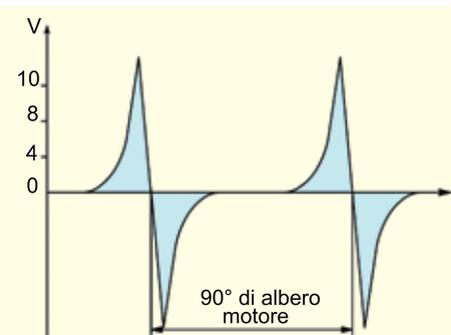


Fig. 8 - Segnale emesso dal sensore con ruota dentata a quattro denti.

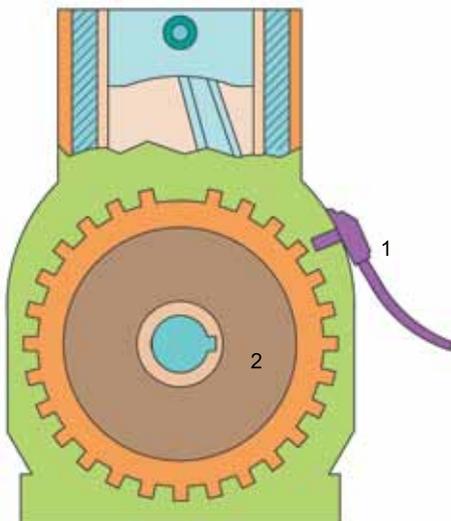


Fig. 9 - Sensore di PMS e numero giri induttivo affacciato alla ruota dentata sulla puleggia o sul volano: 1) sensore; 2) ruota dentata.

Sensori di PMS e numero giri

Come per i sensori di numero giri e PMS, i sensori di tipo induttivo si prestano a rilevare contemporaneamente l'uno e l'altro. In figura 9 si vede come, con una speciale ruota dentata con uno o più denti mancanti, si può generare un segnale che permette alla centralina di rilevare sia il numero giri che la posizione dell'albero (in questo caso l'albero motore). Il segnale è un'alternata pressoché sinusoidale con un numero di onde intere pari al numero dei denti. La mancanza di un dente provoca la mancanza di una sinusoide.

Sensori di fase induttivi

I sensori di fase induttivi sono identici a quelli sopra descritti.

Il principio di funzionamento è identico a quello dei sensori di numero giri e PMS.

Vengono montati su un albero a camme e compiono **metà giro per ogni giro di albero motore**.

Servono sia per motori con accensione a distribuzione meccanica che per accensioni a distribuzione statica. Possono servire anche per le iniezioni sequenziali fasate. In questo caso la centralina di iniezione/accensione, oltre a dover elaborare l'anticipo di accensione, elabora la fasatura di iniezione e sceglie l'istante appropriato per alimentare l'iniettore del cilindro in fase di aspirazione (iniezione sequenziale). Alcune centraline addirittura spostano l'impulso di iniezione in anticipo od in ritardo rispetto all'istante di apertura della valvola di aspirazione (iniezione sequenziale a fasatura variabile).

Il segnale emesso è di tipo alternato a impulso positivo uguale a quello negativo.

In figura 11 è raffigurato un sensore di fase della Magneti Marelli situato nel corpo del distributore di accensione. Il campo magnetico passa dalla piastra magnetica (3) attraverso il nucleo di materiale ferroso del sensore (1) al dente del rotore di fronte (2).

Mentre i denti del rotore si avvicinano a quelli del sensore, si ha una generazione di forza elettromotrice in aumento; quando i denti del rotore sono situati di fronte a quello del sensore, si ha il massimo passaggio di flusso magnetico. L'allontanamento dei denti provoca una brusca interruzione del campo magnetico, generando una forza elettromotrice che si inverte bruscamente al massimo valore negativo.

Mentre i denti del rotore si allontanano dal dente del sensore, la forza elettromotrice generata diminuisce. In figura 12 è rappresentato l'andamento della forza elettromotrice generata dal sensore di figura 11, per un giro intero di albero del distributore.

Sensori di velocità induttivi

I sensori di velocità sono identici ai sensori presi finora in considerazione. In figura 13 abbiamo un esempio di sensori utilizzati da Bosch per il rilievo della velocità delle ruote foniche montate sui mozzi ruota (sensori ABS o ESP).

Tutti i difetti di forma, le ammaccature o lo sporco

sul sensore, ne possono deformare il segnale emesso con conseguente danno per la gestione del sistema. I sensori dell'ABS sono affacciati a una corona dentata montata sul mozzo della ruota che può a volte raccogliere sporco o piccoli sassi scagliandoli contro il corpo del sensore danneggiandolo.

I costruttori hanno previsto per le applicazioni più recenti l'integrazione delle ruote foniche nei cuscinetti o nei mozzi ruota in modo che non possano danneggiarsi

In figura 14 abbiamo un esempio di un mozzo con il sensore di velocità incorporato.

Il cuscinetto strumentato contiene al suo interno un sensore di tipo induttivo che è costituito dai seguenti elementi (vedi fig. 15):

- un anello magnetizzato multipolare (1) fissato all'anello esterno del cuscinetto;
- un avvolgimento anulare di rame (3) o bobina, posto tra l'anello magnetizzato multipolare (1) ed il lamierino dentato (2);
- un lamierino dentato (2) concentratore di flusso magnetico che abbraccia sia la bobina (3) che l'anello multipolare (1);
- un connettore (4) che assicura l'attraversamento del disco portafreno, a cui è collegato un cavo bifilare coassiale;
- un cavo bifilare coassiale dotato di due connettori, uno compatibile con il connettore (4) a cui deve collegarsi e l'altro compatibile con il connettore del fascio cavi dell'impianto; il cavo è munito di dispositivo di collegamento alla scocca e di attraversamento alla parete.

I segnali di tensione prodotti sono dovuti alla presenza di un anello magnetizzato multipolare (1) che ruota

solidale con l'anello esterno del cuscinetto. L'anello magnetizzato multipolare (1) è un elemento dotato di una certa quantità di particelle magnetiche che, mediante una speciale tecnica di magnetizzazione, vengono orientate in modo da formare diversi magneti con polarità alternate Nord e Sud in senso circolare. Nella parte fissa del cuscinetto sono inoltre ubicati: un lamierino dentato (2) concentratore di flusso magnetico che abbraccia l'anello multipolare (1) e l'avvolgimento a bobina (3).

Il moto relativo tra l'anello multipolare (1) e il lamierino concentratore di

flusso (2) dotato di spazi pieni e vuoti, determina una variazione di flusso magnetico sufficiente a generare delle tensioni indotte alternate la cui frequenza e ampiezza forniscono alla centralina elettronica la misura della velocità delle ruote posteriori.

Questo nuovo tipo di sensore presenta, rispetto agli altri sensori, un errore di picco minore e

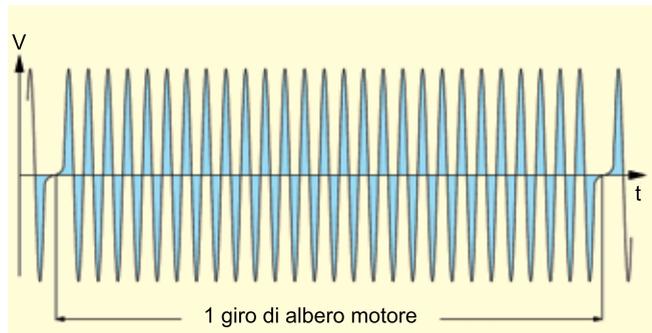


Fig. 10 - Segnale di numero giri e PMS rilevato da un sensore induttivo su di una ruota fonica del tipo raffigurato in fig.13.9.

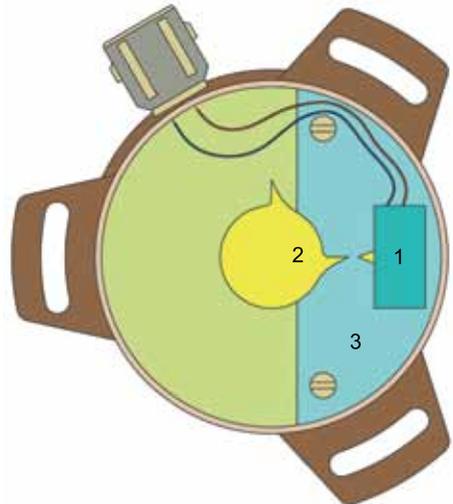


Fig. 11 - Sensore di fase tipo Magneti Marelli utilizzato dalle iniezioni/accensioni IAW. 1) bobina del sensore; 2) ruota dentata sull'alberino del distributore; 3) piastra magnetica del sensore.

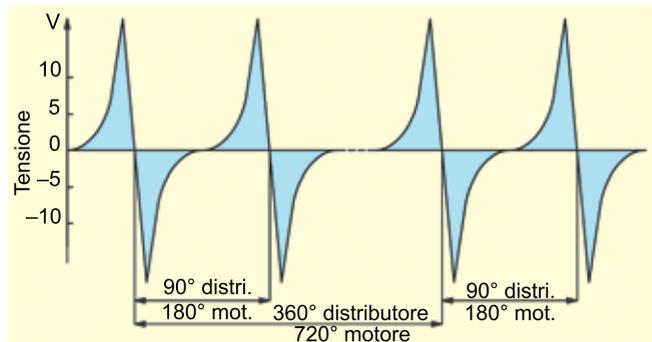


Fig. 12 - Segnale emesso dal sensore del tipo raffigurato in fig.11.



Fig. 13 - Sensori di velocità della Bosch per impianti ABS. a) con spina polare a scalpello; b) con spina polare cilindrica.



Fig. 14 - Mozzo con sensore di velocità incorporato (SKF).

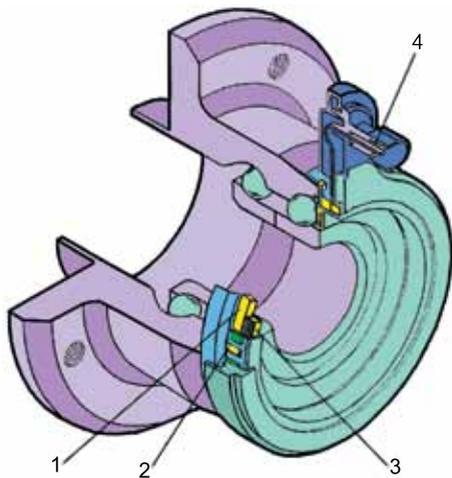


Fig. 15 - Struttura del mozzo con sensore di velocità incorporato (SKF). 1) anello magnetizzato multipolare; 2) lamierino dentato concentratore di flusso magnetico; 3) bobina o avvolgimento anulare; 4) connettore per cavo bifilare coassiale.

fermo. Il controllo della tensione alternata emessa dal sensore si può effettuare con un voltmetro in c.a. anche con sensore collegato. In questo caso, è bene essere dotati di un voltmetro ad alta impedenza di ingresso (almeno $1\text{ M}\Omega$) che abbia un campo di misura in frequenza compreso tra 50 e 1000 Hz. Alcuni costruttori forniscono la tensione massima ad un determinato numero di giri; in questo caso lo strumento da applicare al sensore è il voltmetro di picco. Tutti i controlli eseguiti con ohmmetro, voltmetro in c.a. o voltmetro di picco possono dare dei risultati accettabili anche se in realtà il sensore non funziona correttamente.

Il controllo più affidabile in questo caso si ottiene con l'oscilloscopio. Il controllo con questo strumento permette la misura della frequenza, della tensione di picco, della stabilità del segnale, oltre alla possibilità di confrontarne la forma d'onda con una originale fornita dal costruttore. Eventuali disturbi presenti nella forma d'onda del segnale possono ingannare l'elettronica della centralina

la possibilità di generare a bassa velocità un segnale senza disturbi e quindi più facilmente utilizzabile.

Il traferro tra l'anello magnetizzato e il lamierino dentato è fissato nell'assemblaggio dei componenti nel mozzo stesso pertanto non è regolabile.

Unico inconveniente di tale soluzione è il fatto che, in caso di difetto al sensore, è necessario sostituire l'intero mozzo.

Controlli sui sensori induttivi

I controlli che si possono eseguire sui sensori di velocità, di numero giri e PMS sono:

- controllo a vista della forma esterna del sensore che deve essere perfetta (nessuna ammaccatura è accettabile);
- controllo della forma dei denti e del traferro (per quelli esterni);
- misura della resistenza elettrica della bobina del trasduttore (che deve rientrare nei valori forniti dal costruttore);
- controllo del segnale emesso con l'oscilloscopio facendo ruotare l'albero interessato.

Il controllo della resistenza della bobina del sensore va effettuata con ohmmetro a sensore staccato e albero

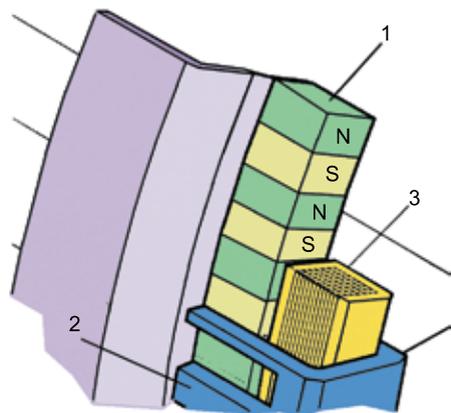


Fig. 16 - Particolare della struttura di fig. 15. 1) anello magnetizzato multipolare; 2) lamierino dentato concentratore di flusso magnetico; 3) bobina o avvolgimento anulare.

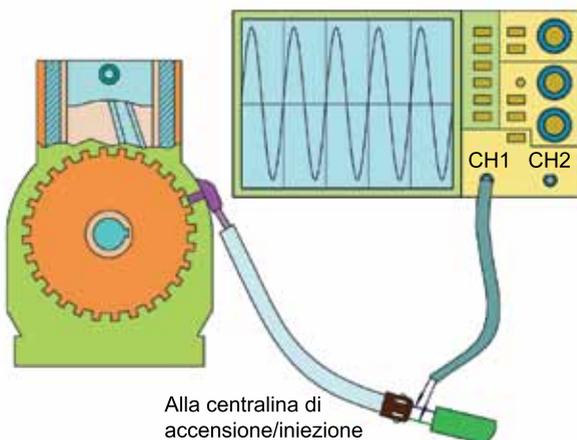


Fig. 17 - Utilizzo dell'oscilloscopio per il controllo del sensore di numero giri.

che legge il segnale. Disturbi a cavallo di un segnale di fase possono provocare dei fuori fase, mentre dei disturbi a cavallo di un segnale velocità ruota possono provocare l'auto esclusione dell'impianto ABS.

I rilievi oscillografici dei segnali emessi dai sensori di numero giri o di PMS possono essere eseguiti solo se il motore va in moto. Se il motore non va in moto si può eseguire un rilievo trascinandolo con il motorino d'avviamento. In questo caso, i rilievi servono solo per accertarsi della presenza dei segnali, ma non per eseguire delle misure precise.

Nota: la maggior parte dei motori non vanno in moto se sono assenti il segnale di numero giri e/o di PMS. Tuttavia i dispositivi di recovery presenti in centralina possono (per quegli impianti che ne sono dotati) utilizzare segnali provenienti da altri sensori (per esempio dal sensore di fase) per mantenere un funzionamento d'emergenza. In questo caso si accende la spia motore sul quadro strumenti ed è necessario un intervento urgente.

Sensori induttivi alimentati

Tutti i sensori fin qui presi in considerazione non necessitano di alimentazione dato che sono in grado di generare autonomamente un segnale di tensione (forza elettromotrice).

Alimentando un sensore del tipo induttivo, si ottengono alcuni vantaggi:

- si può con sicurezza determinare casi di interruzione del sensore;
- si riduce la possibilità di raccogliere disturbi sui cavi di collegamento sensore centralina;
- si azzerla la deriva termica del segnale.

Questi tipi di sensore vengono utilizzati per applicazioni particolari, soprattutto per misure di accelerazione, impulsi di breve durata, segnali saltuari, ecc. Uno di questi, molto usato per i motori Diesel, è il sensore di velocità e alzata spillo iniettore.

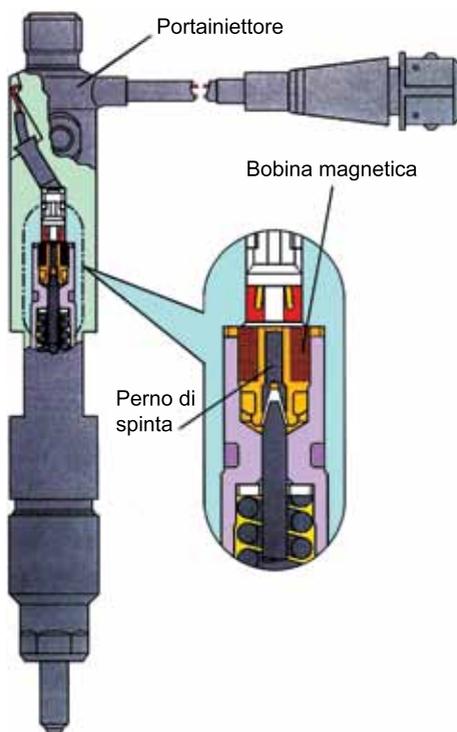


Fig. 18 - Sensore alzata spillo iniettore Diesel.

Principio di funzionamento del sensore velocità spillo iniettore Diesel

In figura 18 abbiamo un esempio della struttura di questo sensore.

Una tensione presente sulla bobina magnetica viene regolata dalla centralina elettronica in modo da far fluire una corrente costante indipendentemente dalle variazioni di temperatura formando così un campo magnetico. Il campo magnetico viene modificato dal movimento dello spillo nell'iniettore, collegato al perno di spinta. La variazione del campo magnetico provoca una distorsione della tensione continua applicata dalla centralina elettronica. Il momento di apertura dell'iniettore induce un picco di tensione, che per la centralina è una misura di:

- velocità di alzata dello spillo;
- istante d'apertura dello spillo.

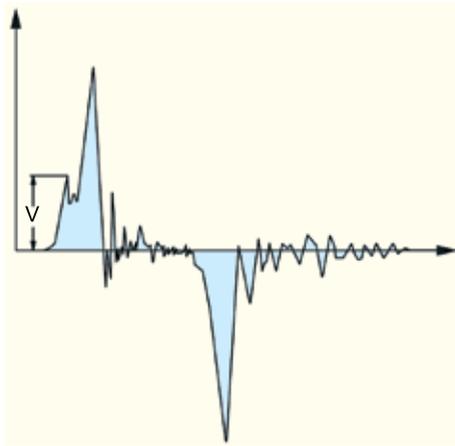


Fig. 19 - Segnale emesso dal sensore di alzata spillo di figura 18 (iniettore Diesel strumentato) (EDC).

La centralina può, di conseguenza, verificare se viene rispettato il diagramma d'apertura caratteristico di tale iniettore.

In figura 19 è rappresentato il grafico caratteristico del segnale emesso dal sensore in condizioni di funzionamento ottimali. La velocità di spostamento del nucleo dell'iniettore serve alla centralina per tenere sotto controllo l'andamento della combustione nella camera di scoppio. Il segnale dell'iniettore serve anche per la fasatura dell'istante di iniezione degli altri iniettori.

Controllo del segnale

Il segnale emesso da questo tipo di sensore è di tipo impulsivo e non può essere letto che con uno oscilloscopio.

Nota (alternativa per il controllo del sensore alzata spillo): portare il motore a 4000 giri/min e battere con delicatezza con un cacciavite sul corpo dell'iniettore strumentato (con il sensore di alzata spillo).

Se il sensore è funzionante, si dovrà avvertire una leggera perdita di colpi da parte del motore.

Questo sistema (empirico) per testare il funzionamento del trasduttore non deve far pensare che sia sempre così facile il controllo di tali sensori. In realtà il riparatore deve abituarsi all'uso dell'oscilloscopio e a confrontare gli oscillogrammi con quelli forniti dalle case costruttrici.

La pratica nella lettura dei diagrammi di componenti in avaria o guasti, confrontati con i diagrammi dei componenti efficienti, aiuta molto nel trovare difetti di funzionamento.

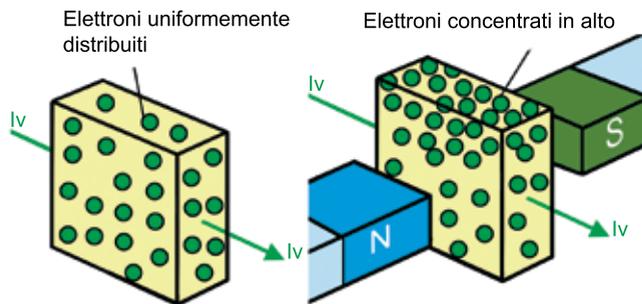


Fig. 20 - Effetto del campo magnetico sulla distribuzione degli elettroni all'interno del conduttore Hall. A sinistra senza campo magnetico; a destra il conduttore è immerso nel campo magnetico.

Sensori a effetto Hall

I primi sensori a effetto Hall utilizzati in motoristica sono stati impiegati all'interno degli spinterogeni come trasduttori al posto del ruttore. L'accensione elettronica può essere innescata da un trasduttore il cui principio di funzionamento si basa sull'effetto Hall.

Principio di funzionamento del sensore a effetto Hall

In figura 20 abbiamo una rappresentazione dell'effetto che può provocare su di una corrente un campo magnetico.

A sinistra, in assenza di campo magnetico, gli elettroni della corrente I_v circolano nello strato di materiale uniformemente distribuiti.

A destra, in presenza del campo magnetico creato dal magnete permanente, gli elettroni tendono a concentrarsi in alto.

Struttura del sensore a effetto Hall

Se una corrente (fig. 21) I_v attraversa uno strato di semiconduttore (strato Hall) e un campo magnetico B attraversa lo stesso strato in modo perpendicolare a questa, nasce una f.e.m. V_h ai bordi del semiconduttore. Se vengono mantenuti costanti I_v e B , la f.e.m. generata è costante. La f.e.m. nascente può essere ricavata tramite l'ausilio di due piastrine (A_1 e A_2 in figura 21) applicate allo strato di materiale semiconduttore (Hall).

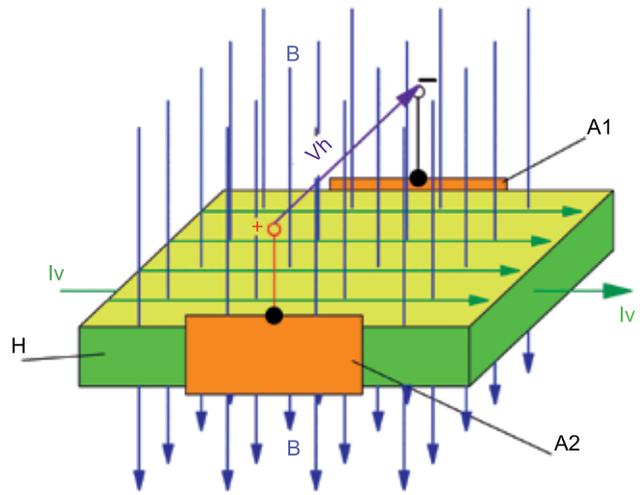


Fig. 21 - Trasduttore a effetto Hall (principio di funzionamento): H = strato Hall; A1 = superficie di contatto negativo; A2 = superficie di contatto positivo; B = induzione magnetica; V_h = tensione di Hall; I_v = corrente di alimentazione.

Costruendo, come indica la fig. 22, un rotore con finestre (5) e diaframmi (1) si può ottenere un segnale ad onda quadra (V_h) ai capi dello strato Hall. Il campo magnetico è creato da un magnete permanente e attraversa il traferro tra i due poli di ferro dolce (2). Nel traferro passano alternativamente le finestre e i diaframmi. Quando i diaframmi in ferro dolce deviano il flusso magnetico B , il segnale in uscita è basso (0,5 V). Quando la finestra lascia passare il flusso B , questo attraversa lo strato Hall, generando un segnale alto (fig. 23).

Il valore di cresta del segnale non dipende dal numero di giri. Il campo magnetico è costante perché dipende infatti dal magnete permanente e la corrente I_v da un apposito circuito di stabilizzazione. Un circuito elettronico integrato nel supporto ceramico del sensore Hall provvede ad amplificare il segnale Hall e a inviarlo alla centralina elettronica. L'accensione avviene esattamente nell'istante T_z di inversione del segnale Hall da basso ad alto.

La struttura rappresentata in figura 22 è puramente esplicativa. Il segnale che si ottiene dipende dalla larghezza delle finestre e dei diaframmi. Con finestre molto ampie si ottengono segnali a RCO alto, mentre con finestre piccole si ottengono segnali a RCO basso. Il valore del segnale di uscita dal sensore dipende dall'alimentazione interna alle centraline. Quando le centraline non contenevano microcomputer si potevano trovare sensori alimentati a 12 V con segnale di uscita variabile da 0,5 a 11,5 V. Dal momento in cui le

centraline elettroniche hanno iniziato ad adottare componenti interni a 5 V, la stabilizzazione a 5 V è diventata obbligatoria e, di conseguenza, anche l'alimentazione del sensore Hall. In questo caso, la tensione Hall generata varia da $0,5 \div 0,2$ V, come valore di minimo, a $4,5 \div 4,8$ V come valore massimo (indicativo). Le centraline elettroniche possono utilizzare come riferimento (per la fase, per l'anticipo, per l'istante d'iniezione, ecc.) sia il fronte di salita dell'onda rettangolare che il fronte di discesa. È il costruttore che nelle istruzioni e nei dati fornisce le informazioni necessarie relative al sincronismo, al controllo e al posizionamento di tali sensori.

Il sensore di tipo Hall è molto affidabile; tuttavia, per funzionare correttamente e non raccogliere disturbi da altri circuiti, è bene che sia schermato il cavo di alimentazione dell'IC Hall, così come

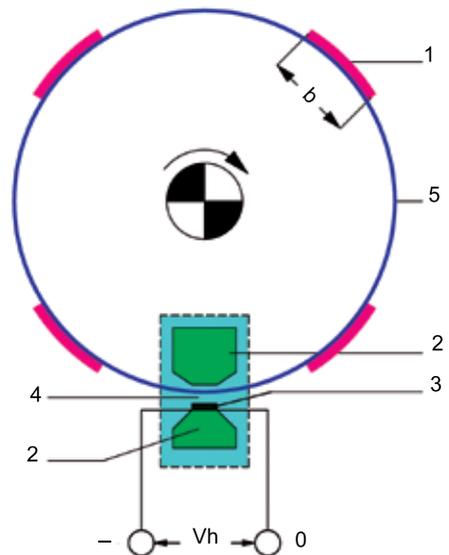


Fig. 22 - Principio di funzionamento del trasduttore a effetto Hall. (1) diaframma; 2) poli di ferro dolce; 3) IC Hall; 4) traferro; 5) finestre, V_h = tensione generata dal trasduttore.

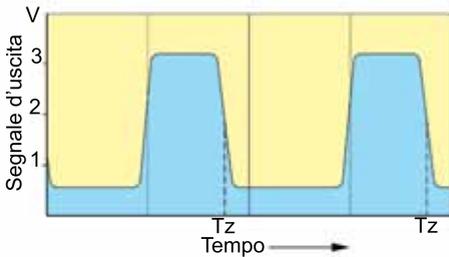


Fig. 23 - Segnale emesso da un trasduttore Hall della accensione. Tz = istante dell'accensione.

rilievo del PMS rappresentati nelle figure 26 e 27, ad esempio, le finestre sono molto piccole. In questo caso si ottiene un segnale con brevi impulsi rettangolari positivi.

Non dimentichiamo che, internamente a una centralina, il segnale può facilmente subire delle inversioni elettroniche e che, quindi, le finestrelle o i diaframmi non sempre corrispondono con dei tempi o degli angoli meccanici. Per questo, senza le istruzioni fornite dalla casa costruttrice, è pressoché impossibile mettere correttamente in fase un motore.

Controllo di un sensore Hall a 5 V con multimetro digitale

I sensori di tipo Hall presentano tre morsetti:

- **massa** del segnale di alimentazione e del sensore;
- **(0)** segnale di ritorno alla centralina emesso dal sensore Hall;
- **+** alimentazione positiva proveniente dalla centralina.

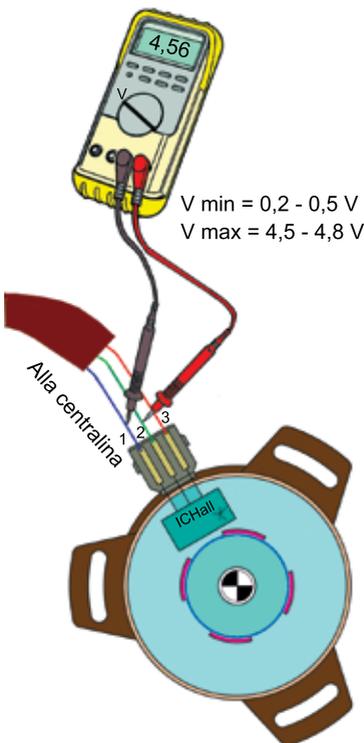


Fig. 24 - Controllo di un sensore Hall con multimetro digitale.

Il segnale commuta tra il valore massimo e il valore minimo e viceversa in modo rapido e può essere controllato con un multimetro anche a motore spento e quadro acceso (trascinando l'albero motore).

Strumenti per il controllo del segnale Hall

Gli strumenti più indicati per la misura del segnale sono il **multimetro** digitale e l'**oscilloscopio**. Sono assolutamente da evitare le lampade in quanto il loro consumo troppo elevato potrebbe danneggiare il transistor finale del circuito IC Hall.

Tensione di alimentazione

Il multimetro inserito tra i morsetti **3** e **1** (vedi fig. 24) permette il controllo della tensione di alimentazione del sensore. Se la tensione di alimentazione non è stabile a 5 V oppure manca, la causa va ricercata nella centralina di alimentazione.

Controllare la tensione di alimentazione dapprima a sensore collegato e successivamente a vuoto; se non vi è presenza di alimentazione del sensore sostituire la centralina.

Segnale di uscita

Il segnale di uscita può essere controllato tra i morsetti **1** e **2**; del segnale si possono controllare: **tensione di picco, tensione di minimo, duty cycle e frequenza**.

Il controllo del segnale di uscita con il multimetro va eseguito prestando attenzione a memorizzare il valore di picco e il valore minimo emessi dal sensore (sarà indispensabile un multimetro con memorizzazione del minimo e massimo). Con il multimetro è possibile leggere la frequenza

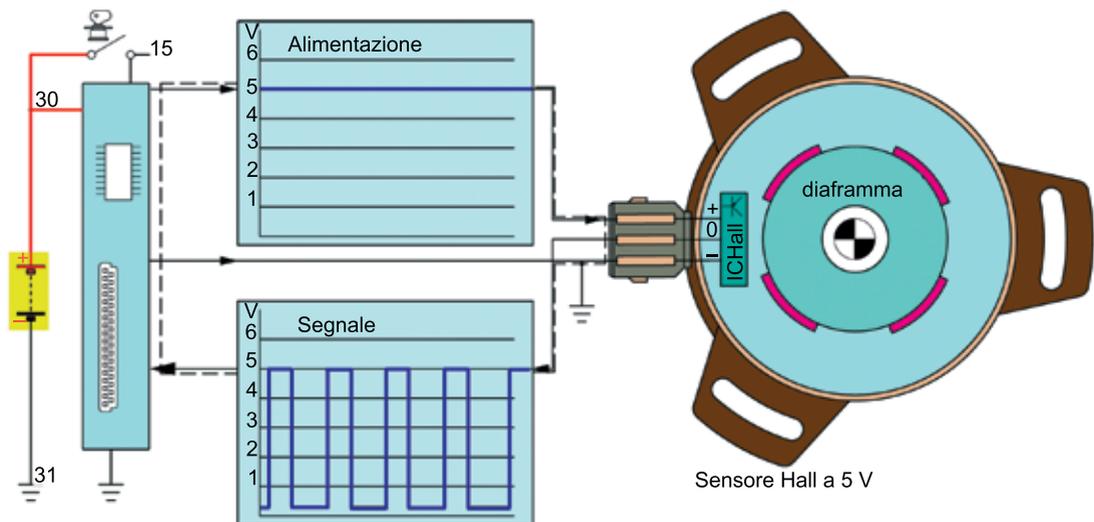


Fig. 25 - Controllo di un sensore Hall con oscilloscopio.

dell'onda quadra emessa dal sensore e l'RCO (dwell). Ad ogni giro di albero dello spinterogeno il sensore emette 1 impulso per ogni cilindro. Ad esempio, un motore a 4 cilindri che gira a 750 giri/min avrà l'albero del distributore che gira a 375 giri/min e che emette $375 \times 4 = 1500$ impulsi/min. Il multimetro indicherà una frequenza di **25 Hz** e un duty cycle di **60%**.

Controllo di un sensore Hall a 5 V con oscilloscopio

Il controllo del sensore con l'oscilloscopio (vedi fig. 25) è senz'altro il metodo più rapido e preciso. L'oscilloscopio permette, infatti, le misure di tensione istantanea, valore di picco, frequenza; è possibile, inoltre, confrontare il segnale di alimentazione con il segnale di uscita dal sensore utilizzando due tracce in contemporanea.

Esempi di sensori Hall

Nelle figure 26 e 27 abbiamo un esempio di trasduttori Hall utilizzati da Audi come sensori di PMS.

In figura 28 è raffigurato un sensore di fase posizionato alla fine di un albero a camme della distribuzione in testa.

In figura 29 è illustrato un esempio di istruzione, fornita dal servizio informativo del costruttore (in questo caso VAG service) per la fasatura dello spinterogeno.

Sensori PTC

I materiali metallici aumentano generalmente di resistenza all'aumentare della temperatura e hanno, quindi, un coefficiente α positivo; vengono definiti materiali PTC (coefficiente di temperatura positivo). Conoscendo il coefficiente α di un materiale e la sua resistenza R_1 a una determinata temperatura T_1 , si può

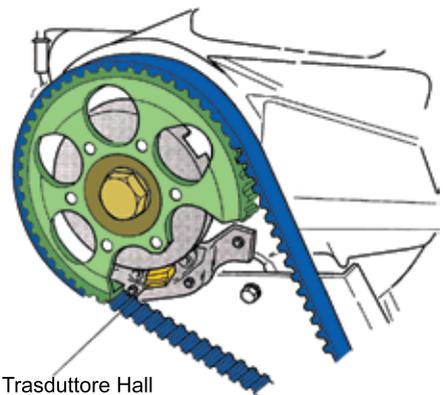


Fig. 26 - Esempio di sensore di PMS di tipo Hall utilizzato da Audi per il motore a 5 cilindri 20 valvole con gestione Motronic M 2.3.2 Bosch.

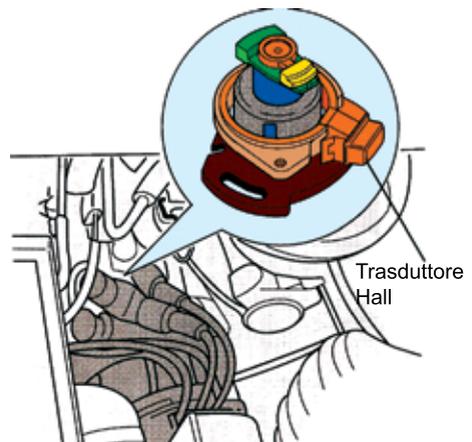


Fig. 27 - Trasduttore di tipo Hall utilizzato come sensore di PMS incorporato nello spinterogeno della bancata di sinistra del motore Audi di 4176 cc 8 cilindri a V con gestione Motronic Bosch M 2.4.1.

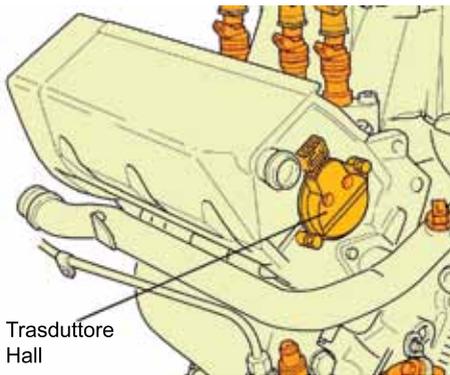


Fig. 28 - Esempio di trasduttore Hall utilizzato come sensore di fase (Audi sul motore 2600 cc V6 con Impianto MPFI).

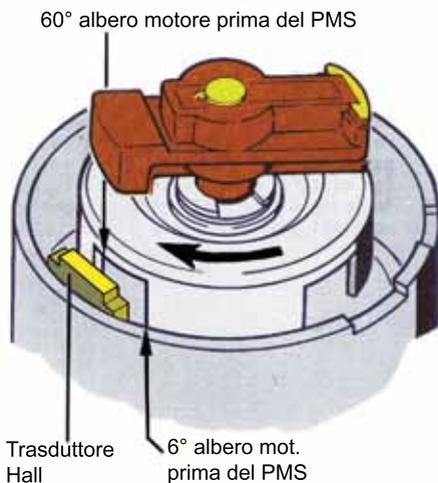


Fig. 29 - Sensore di fase e numero giri del motore con gestione MonoMotronic Bosch.

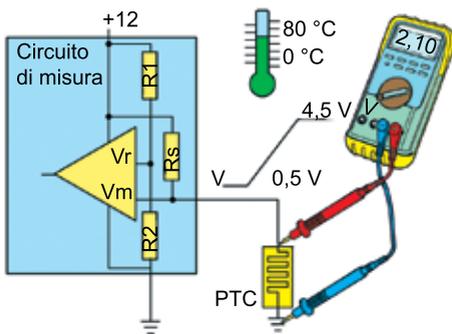


Fig. 30 - Misura della tensione ai capi di componente con caratteristica PTC.

ferimento stabile in funzione della temperatura (V_r). La resistenza R_s in serie al PTC è stabile al variare della temperatura. La tensione ai morsetti del PTC cresce all'aumentare della temperatura alla quale si trova il componente.

calcolare la sua resistenza R_2 a una temperatura T_2 con la seguente formula:

$$R_2 = R_1 \times [1 + \alpha \times (T_2 - T_1)]$$

Per esempio: se la resistenza di una bobina in rame a temperatura ambiente (20 °C) è 1000 Ω , quale sarà il valore di resistenza della stessa bobina a 80 °C? Dalla tabella 1 si evince che il rame (Cu) ha un coefficiente di temperatura $\alpha = 0,0042$.

Sostituendo i valori nella formula:

$$\begin{aligned} R_2 &= 1000 \Omega \times [1 + 0,0042 \times (80 - 20)] \\ R_2 &= 1000 \Omega \times [1 + 0,0042 \times (60)] = \\ &= 1000 \Omega \times [1 + 0,252] = \\ &= 1000 \Omega \times [1,250] = 1252 \Omega \end{aligned}$$

Come si potrà osservare, la bobina aumenta di resistenza di circa il 25%. È quindi importante, quando si eseguono misure di resistenza su componenti metallici, conoscerne la temperatura nel momento del rilievo. In genere tutti i dati forniti dai costruttori si riferiscono alla temperatura ambiente. Qualora fosse necessario, viene specificata la temperatura alla quale il dato si riferisce.

Come si potrà osservare dalla tabella 1, non tutti i metalli si comportano allo stesso modo: la costantana (lega di Cu e Ni), per esempio, ha un coefficiente di temperatura molto basso (trascurabile).

Se la stessa bobina dell'esempio precedente fosse di costantana, a 80 °C avrebbe una resistenza di 1001 Ω con un aumento di solo 0,1%. In pratica si può ritenere la costantana un metallo a resistività stabile in funzione della temperatura. Le resistenze utilizzate negli impianti elettrici delle auto possono essere costruite con materiali diversi.

Alcuni vengono scelti per la loro alta resistenza al calore; il tungsteno, per esempio, viene utilizzato per i filamenti delle lampade ad incandescenza. La temperatura di lavoro del filamento oscilla tra 2000 e 2500 °C ed ha quindi a questa temperatura una resistenza molto più elevata che a temperatura ambiente.

Una lampada ad incandescenza da 21 W assorbe una corrente di 21 W/12 V = 1,75 A a regime termico, ma assorbe una corrente circa quattro volte superiore all'inserzione (essendo fredda). I materiali PTC non sono elementi attivi come i sensori induttivi, nel senso che non generano un segnale, ma vengono semplicemente alimentati.

Possono essere utilizzati come shunt ed emettere un segnale di tensione variabile in funzione della temperatura. In figura 30 è rappresentato un circuito semplificato per la misura della tensione ai morsetti di un componente PTC.

Le resistenze R_1 ed R_2 forniscono a un amplificatore differenziale o a un comparatore, una tensione di riferimento stabile in funzione della temperatura.

Materiale	Resistività $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Temperatura di fusione °C	Coefficiente di temperatura α
Acciaio con 1% di carbonio	0,153	1400	0,0045
Alluminio	0,027	658	0,0043
Argento	0,015	960	0,0038
Costantina (Cu, Ni)	0,5	1300 ÷ 1450	0,00002
Ferro	0,13	1528	0,0045
Ferro con 3.5% di silicio	0,5	1400	0,0011
Nichel	0,072	1500	0,006
Nichel-Cromo	1	1500 ÷ 1700	0,00005
Piombo	0,198	330	0,0043
Rame elettrolitico	0,016	1083	0,0042
Tungsteno	0,051	3370	0,0042
Stagno	-	233	-
Ottone	0,085	1000	0,0039
Zinco	0,06	419	0,0038

Tab. 1 - Tabella della resistività e del coefficiente di temperatura.

La misura della tensione viene quindi utilizzata per regolazioni, indicazioni, funzioni continue o a scatto, ecc. I segnali misurabili sui materiali PTC possono quindi essere tensioni in c.c. oppure correnti assorbite variabili in funzione della temperatura. I componenti automobilistici con caratteristica PTC sono numerosi. Per esempio, lo sono tutti i riscaldatori, come le candele, le piastre di riscaldamento collettore, i termoavviatori, i riscaldatori delle sonde lambda, le resistenze dei gruppi di ventilazione, le lampade ad incandescenza, ecc.

Alcuni costruttori utilizzano il PTC anche come sensore di temperatura; è il caso del sensore Audi per la misura della temperatura dell'aria aspirata dal motore turbo V8 raffigurato in fig. 31 in alto. Il grafico della figura 32 rappresenta invece l'andamento della resistenza in funzione della temperatura (caratteristica) di questo sensore.

Sensori NTC

I materiali NTC sono in genere dei semiconduttori. La temperatura agisce sulla struttura del materiale creando separazione di cariche che diventano quindi libere di muoversi.

Questo effetto si traduce in una diminuzione di resistenza all'aumentare della temperatura; sono anche definiti conduttori a caldo.

I conduttori a caldo hanno, in conseguenza di ciò, curve di resistenza che cadono verso destra; il coefficiente di temperatura è *negativo*.

Il conduttore a caldo è una resistenza di tipo **NTC** (Negative Temperature Coefficient). Le resistenze NTC hanno coefficienti di temperatura compresi tra -2 e -6% per grado centigrado.

Un campo di applicazione importante è quello della compensazione della temperatura nei circuiti amplificatori elettronici e della misura della temperatura dei liquidi o dei gas. Il resistore NTC autoriscaldato serve anche per misure di livello dei liquidi.

Il sensore NTC utilizzato per le misure di temperatura è piccolo (vedi figura 34) per poter sentire rapide variazioni della temperatura dell'ambiente nel quale è immerso, possibilmente senza ritardi.

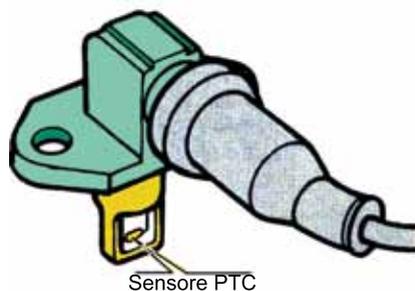


Fig. 31 - Sopra: sensore temperatura aria aspirata (Audi V8 turbo). Sotto: sensore temperatura gas di scarico (Bosch).

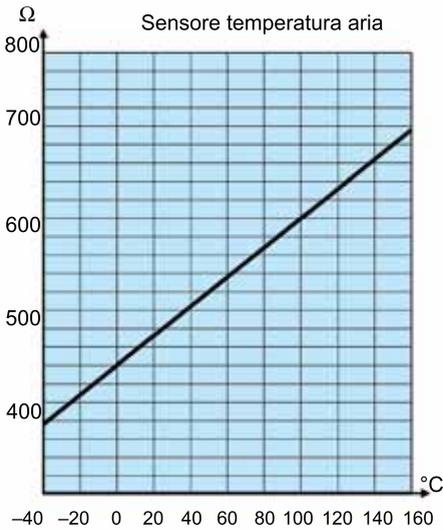


Fig. 32 - Caratteristica resistenza-temperatura del sensore PTC di figura 31 (Audi V8 turbo).

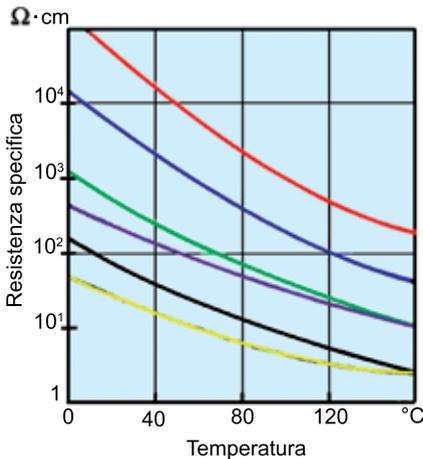


Fig. 33 - Resistenza specifica (resistività) in funzione della temperatura per diversi materiali NTC.

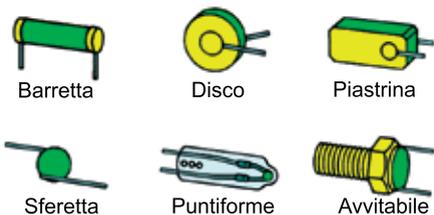


Fig. 34 - Forme costruttive di resistenze NTC utilizzate per impianti di tipo automobilistico.

Resistori piccolissimi annegati sotto vetro si possono trovare nelle sonde di misura di apparecchiatura per la misura dell'umidità dell'aria, della pressione di gas rarefatti (vuoto), ecc.; si trovano perciò dovunque abbia importanza la temperatura e la conduzione del calore. I conduttori a caldo sono costituiti da insiemi molto diversi di miscele di polveri di ossidi metallici e ossidi ferrosi (in principal modo con sali metallici come, per esempio, titanato di zinco e cromato di magnesio). La miscela di polveri è sinterizzata con un legante plastico ad elevata temperatura. La diversità delle combinazioni dei materiali offre numerose possibilità per la costruzione di sensori di diverse caratteristiche.

Il grafico in fig. 33 mostra in modo rappresentativo (per sei resistenze NTC diverse) in quali ampi limiti si possa variare la resistenza specifica delle masse sinterizzate. Persino il procedimento di sinterizzazione influisce sul comportamento rispetto alla temperatura del NTC.

Dimensione, forma e ricopertura del corpo sinterizzato dipendono largamente dal campo di applicazione di questo importante semiconduttore. In figura 34 sono rappresentati sei differenti sistemi costruttivi per resistenze NTC che influiscono sulla caratteristica della resistenza in funzione della temperatura e sulla velocità di risposta alla variazione di temperatura.

Circuito di misura temperatura con sensore NTC

Come abbiamo visto, le resistenze NTC sono degli elementi passivi e non emettono nessun segnale. Possono essere alimentate da una sorgente di tensione e introdurre, quindi, nel circuito nel quale sono inserite delle variazioni di corrente o di tensione misurabili da appositi circuiti. Un esempio molto semplice dell'utilizzo di un NTC per misure di temperatura a soglia è raffigurato in figura 36. Il circuito è a scatto e misura la tensione variabile ai capi di un resistore NTC.

Le resistenze R_{c1} e R_{c2} (di calibrazione) forniscono una tensione stabile (V_{ref}) all'ingresso di un circuito amplificatore differenziale. La resistenza NTC è inserita in un circuito in serie alla resistenza R_s . Il resistore NTC può, per esempio, essere immerso in un liquido di cui si vuole tenere sotto controllo la temperatura. All'aumentare della temperatura del liquido, la resistenza NTC diminuisce di valore e la tensione V_t diminuisce con essa. La tensione V_{ref} è invece stabile e costituisce un valore di soglia sotto il quale il circuito amplificatore commuta di stato.

Con $V_t < V_{ref}$ l'uscita del circuito di misura si porta a un valore di tensione quasi 0. Il circuito di ritardo serve a far accendere la lampada evitando incertezze. Sostituendo nel circuito di figura 36 il circuito di misura a scatto con un circuito generatore di corrente proporzionale alla differenza di tensione ($V_{ref} - V_t$), si ottiene una corrente in uscita (I_{out}) direttamente proporzionale alla temperatura del resistore NTC, ma indipendente dal circuito R_s ed NTC, e utilizzabile per varie funzioni.

L'uscita potrà alimentare uno strumento di misura sul quadro di bordo oppure un circuito di calcolo della carburazione o altro. Il circuito integrato **IC** in questo caso contiene tutte le resistenze di calibrazione, il generatore di corrente, la soglia, ecc.

La cosa più importante è che la resistenza NTC può essere alimentata direttamente da una centralina elettronica come quella di accensione o di iniezione o di climatizzazione.

Come si può osservare in figura 37, il circuito è estremamente semplificato e il sensore NTC di temperatura può essere collegato alla centralina con un solo filo. Si può evitare il collegamento di massa utilizzando il corpo stesso del sensore.

La tensione **Vt in funzione della temperatura**, leggibile direttamente ai capi del sensore, viene fornita dai costruttori come dato di controllo del sensore stesso. Naturalmente questa prova va eseguita con un voltmetro a sensore alimentato.

Le auto moderne hanno tante gestioni sensibili alla temperatura; per esempio: l'accensione, l'iniezione, la climatizzazione, la ricarica della batteria, i tempi di preriscaldamento e, infine, l'indicazione di temperatura dei liquidi e dell'aria esterna.

Controllo del sensore NTC

I controlli che si possono eseguire sui sensori di temperatura motore, aria aspirata o altro sono essenzialmente:

- la misura della tensione di alimentazione direttamente ai loro morsetti a componente alimentato (vedi fig. 40);
- la misura della resistenza con ohmmetro a componente staccato (vedi figura 38).

La misura della resistenza va sempre eseguita a sensore staccato dall'impianto al quale esso è collegato.

Per le auto delle ultime generazioni dotate di memoria errori e autodiagnosi, il sensore va scollegato a quadro spento per evitare che lo stacco venga considerato dalla gestione elettronica dell'impianto come un difetto di collegamento.

I controlli con il voltmetro si devono eseguire a sensore collegato e centralina alimentata. Alcune centraline elettroniche alimentano il sensore solo se il motore è in moto. Solitamente l'alimentazione è a **5 V** e il valore di tensione letto direttamente ai capi del sensore diminuisce all'aumentare della temperatura.

I sensori NTC (vedi grafico in figura 33) possono avere delle caratteristiche molto diverse; per eseguire dei controlli sicuri ed affidabili conviene dotarsi dei dati forniti dalle case costruttrici. Montare un sensore al posto di un altro per errore a volte è possibile. Esistono sensori con la stessa filettatura e corpo dello stesso colore, ma con valori di resistenza molto diversi a bassa temperatura e quasi uguali ad alte temperature.

I difetti di collegamento e i difetti propri del sensore possono introdurre anomalie di funzionamento del motore molto simili tra loro.

Sensori temperatura aria

I sensori di temperatura dell'aria hanno caratteristiche molto simili a quelle dei sensori temperatura motore. Il contenitore del NTC è però costruito in modo che la resistenza possa essere colpita dall'aria di aspirazione.

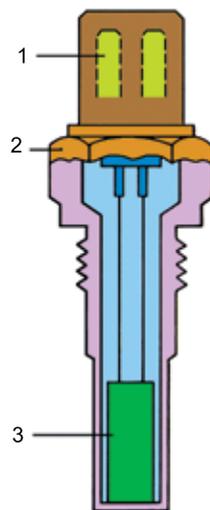


Fig. 35 - Sensore NTC per il rilievo della temperatura del liquido motore. 1) connettori di collegamento elettrico; 2) corpo del sensore; 3) resistenza NTC.

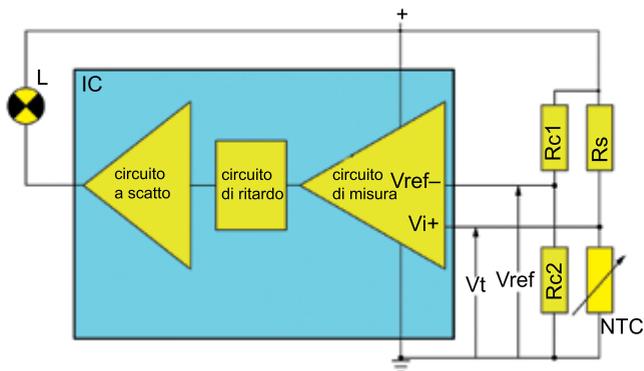


Fig. 36 - Schema a blocchi (semplificato a scopo didattico) di un circuito a scatto sensibile alla temperatura del NTC.

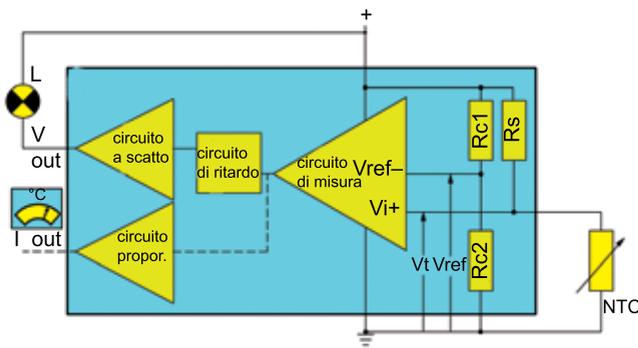


Fig. 37 - Schema a blocchi (semplificato a scopo didattico) di una centralina che comprende (integrato) il circuito a scatto o proporzionale sensibile alla temperatura NTC.

In figura 41 è raffigurato un sensore di temperatura dell'aria aspirata montato direttamente su di un gruppo di monoiniezione Bosch MonoMotronic. La risposta del sensore alle variazioni di temperatura dell'aria è molto veloce grazie alle sue piccole dimensioni. Solitamente il sensore è di tipo puntiforme incapsulato in una sottilissima ampolla in materiale plastico. In figura 42 è rappresentato un sensore dello stesso tipo ma con corpo in ottone aperto montato nel collettore di aspirazione o sul corpo farfallato del tipo ATS04 o ATS07 della Magneti Marelli.

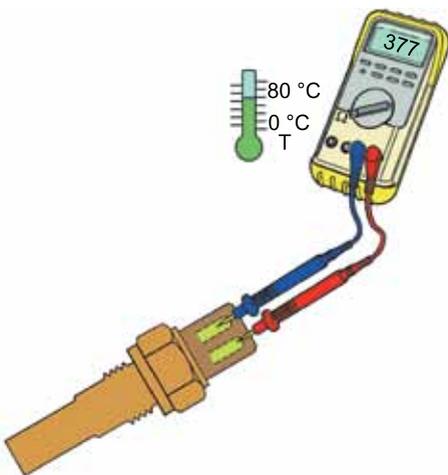


Fig. 38 - Controllo della resistenza di un sensore temperatura motore con multimetro (ohmmetro).

Nota (dati di serraggio): i sensori di temperatura hanno corpi in ottone, ma il componente sensibile alla temperatura, i collegamenti e le protezioni interne sono fragili. È buona norma attenersi ai dati di serraggio forniti dalle case costruttrici per evitare di danneggiarli durante il montaggio. In alcuni impianti di gestione del motore (iniezione-accensione-raffreddamento), il sensore di temperatura dell'aria può essere contenuto nello stesso contenitore del sensore di depressione o nel misuratore quantità aria aspirata. I sensori di temperatura motore possono a volte essere doppi: una parte serve per l'indicazione sul quadro strumenti, l'altra parte per il sistema di gestione motore.

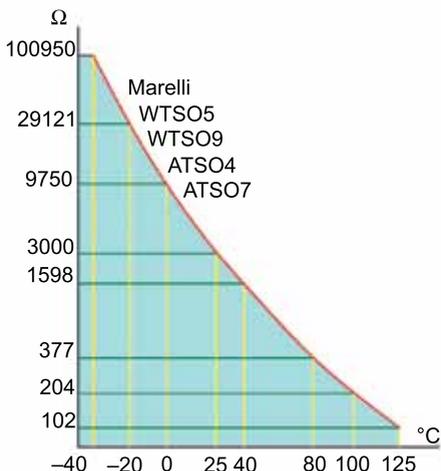


Fig. 39 - Caratteristica resistenza/temperatura per diversi sensori temperatura liquido raffreddamento motore (Marelli).

Sensori temperatura carburante

Nei moderni sistemi di gestione dei Diesel si utilizza un sensore NTC per la misura della temperatura del carburante molto simile ai sensori di temperatura motore. La dislocazione è diversa a seconda che il motore sia a pompa, ad iniettore-pompa o Common Rail.

Sensori ad interruttori

I sensori ad interruttori, a deviatori o a commutatori, servono per determinare la posizione acquisita da un componente meccanico o elettrico del motore oppure per leggere la posizione acquisita da un attuatore o da un posizionatore elettrico o meccanico.

Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento è molto semplice e consiste nel fornire alla centralina di gestione (motore, ABS, climatizzazione, antifurto, ecc.) un segnale di massa o un segnale positivo attraverso un interruttore. L'informazione per la centralina si può suddividere in:

- apparizione della polarità -
- sparizione della polarità -
- apparizione della polarità +
- sparizione della polarità +

I sensori ad interruttore devono essere posizionati correttamente in modo che l'informazione di posizione sia esatta e non dia possibilità di interpretazione. L'interruttore è di per sé un componente che si presta in modo ottimale a questa condizione in quanto consente solo due situazioni: aperto - chiuso.

Controllo di sensori non alimentati con ohmmetro

Il controllo del funzionamento di un interruttore o di un deviatore non presenta grandi difficoltà; si può eseguire con un multimetro sulla scala degli ohm (a sensore staccato) oppure dei volt (a sensore collegato) a seconda che l'interruttore non sia alimentato oppure lo sia.

Attenzione: l'utilizzo dell'ohmmetro è consigliabile solo dopo aver staccato il sensore; inserendo l'ohmmetro su di un sensore alimentato, si corre il rischio di danneggiare lo strumento e anche la centralina.

Con l'interruttore aperto, l'ohmmetro dovrà indicare resistenza infinita.

Con l'interruttore chiuso, l'ohmmetro dovrà indicare resistenza vicinissima a 0 Ω.

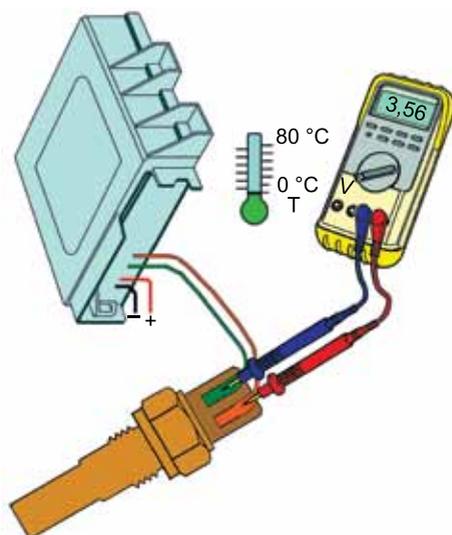


Fig. 40 - Controllo della tensione di un sensore di temperatura motore alimentato a 5 V. (Negli impianti Hyundai, ad esempio, a 0 °C la tensione letta sul sensore è 3,3 ÷ 3,7 V).

Controllo di sensori alimentati

Se l'interruttore è alimentato, basterà spegnere il quadro, staccare il connettore dell'interruttore ed eseguirne il controllo con l'ohmmetro nello stesso modo indicato in figura 43 e quindi ricollegarlo all'impianto. Per controllare che il sensore sia regolarmente alimentato e che chiuda ed apra regolarmente, senza staccare nessuna connessione, il multimetro dovrà essere invece utilizzato sulla scala dei volt.

L'inserzione, in questo caso, sarà tra l'interruttore e la massa, se l'alimentazione è positiva.

Se l'interruttore è invece collegato a massa, il multimetro dovrà essere inserito tra un positivo e l'interruttore.

In figura 44 è raffigurato il controllo dell'interruttore alimentato da un (+12 V) dalla centralina. Il multimetro può essere inserito tra il filo di uscita del sensore e il (-) di batteria.

Vi sono anche interruttori alimentati a (+5 V) dalla centralina. In questo caso nulla cambia per l'inserzione dello strumento. In figura 45 è raffigurato il controllo dell'interruttore alimentato tramite massa di batteria (attraverso la massa motore). Anche qui il voltmetro va inserito tra il positivo di batteria e il filo di uscita dal sensore.

A volte questo tipo di collegamento comprende solo il filo di uscita in quanto il collegamento a massa avviene attraverso il corpo stesso del sensore.

Attenzione: qualche volta i sensori ad interruttore sono alimentati da una massa che passa attraverso un transistor interno alla centralina (massa virtuale).

Se la massa all'interruttore viene fornita dalla centralina anziché dal negativo di batteria, ricordiamo che potrebbe essere una massa elettronica e che quindi tra l'interruttore chiuso e la massa potrebbe essere presente come **minimo** una tensione di **0,5 ÷ 0,7 V**.

La tensione presente potrebbe essere anche di **5 ÷ 6 V** a seconda dell'alimentazione utilizzata dal circuito interno della centralina.

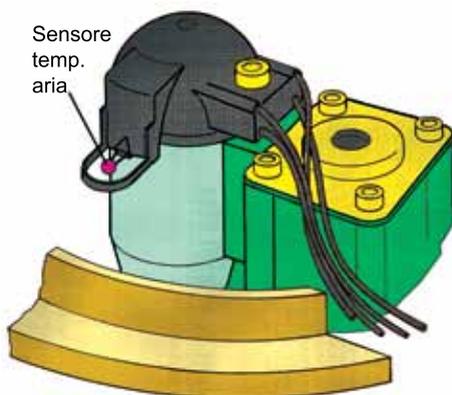


Fig. 13.41 - Sensore di temperatura aria aspirata di una monoiniezione Bosch.

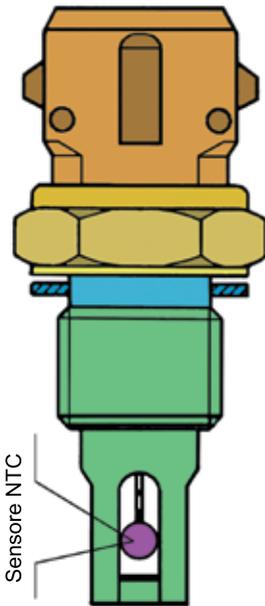


Fig. 42 - Sensore di temperatura aria aspirata. Corpo contenitore in ottone aperto. Magneti Marelli ATS04.

Ad interruttore aperto, inserendo il voltmetro come indicato in figura 46 (a destra), potrebbe accadere anche di rilevare una tensione pari a quella di alimentazione (positivo virtuale).

In ogni caso è bene che l'operatore, prima di passare al controllo anche di un semplice interruttore, abbia informazioni sicure fornite dai costruttori.

È sconsigliabile utilizzare lampade per il controllo degli interruttori alimentati perché l'alimentazione potrebbe essere fornita da una sorgente elettronica interna alla centralina troppo debole per sopportare il carico di una lampada.

È possibile controllare un interruttore e altri componenti collegati a centraline elettroniche con un diodo **LED** in serie ad una resistenza da $300 \div 1000 \Omega$.

Sensori potenziometrici

Abbiamo già avuto modo di vedere che cos'è un potenziometro al primo capitolo.

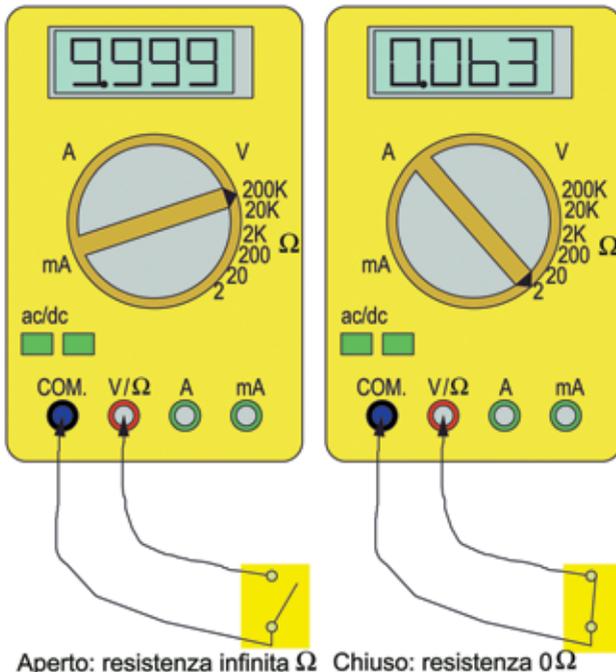
I potenziometri utilizzati nel settore automobilistico hanno caratteristiche specifiche e in particolare:

- resistono alle vibrazioni;
- resistono ai vapori di olio, carburanti, ecc.;
- sono a tenuta stagna (nessuna infiltrazione di liquidi o polvere);
- hanno un'alta resistenza all'usura.

I potenziometri possono essere lineari o angolari. Non è la forma esterna (anulare, circolare o cilindrica) che incide sulla linearità del segnale). Possono essere a passo costante o variabile.

Potenziometro lineare a filo a passo costante

Il cursore (figura 48), grazie alla sua larghezza, copre la distanza tra due spire contigue e può spostarsi da una spira all'altra facendo contatto contemporaneamente sulle due spire.



Aperto: resistenza infinita Ω Chiuso: resistenza $0,063 \Omega$

Fig. 43 - Misura della resistenza di un interruttore aperto o chiuso con ohmmetro.

Questo permette al cursore di spostarsi da una spira all'altra senza interruzioni di contatto.

Garantire il contatto con le spire è molto importante perché l'interruzione renderebbe nulla la tensione di uscita **Vu**.

Definizione

La tensione **Vu** varia a gradini di **1 V** poiché l'avvolgimento è composto da **12 spire**.

Per ottenere definizioni più elevate, è necessario costruire un potenziometro con un maggior numero di spire.

Ad esempio, un potenziometro con **120 spire** fornirà una tensione di uscita **Vu** variabile a gradini di **0,1 V**, uno con **1200 spire**, invece, una definizione di **0,01 V** per spira, e così via.

Linearità del segnale

Ad uno spostamento del cursore di un dato valore corrisponde sempre la stessa variazione di tensione in uscita.

Potenzimetro lineare a filo a passo variabile

Lo spostamento del cursore in un potenziometro a passo variabile (vedi figura 49) fornisce una tensione a definizione diversa nelle diverse zone di contatto. Nell'esempio di figura 49 è rappresentato per semplicità un potenziometro diviso in due parti uguali, ciascuna di 500 Ω .

La parte superiore a più bassa definizione è suddivisa in **6 spire** mentre la parte inferiore è suddivisa in **12 spire**. La tensione in uscita **Vu** varia da **0 a 6 V** con una definizione di **0,5 V**, mentre varia da **6 a 12** con una definizione di **1 V**.

È intuitivo che un potenziometro potrà essere suddiviso in parti diverse a seconda dell'utilizzo.

Per esempio, il sensore di posizione valvola a farfalla degli impianti di iniezione/accensione motore è solitamente suddiviso in una prima parte ad alta definizione per le aperture minime ed in una seconda parte a più bassa definizione per le aperture medio alte. Questo tipo di costruzione favorisce l'erogazione graduale e precisa di potenza ai regimi medio bassi.

Esistono anche potenziometri con variazione logaritmica o esponenziale.

I potenziometri per uso automobilistico non sono costruiti a filo (salvo il rilevatore di livello carburante), ma con tecniche molto più sofisticate. Alcuni sono costruiti su di una piastrina in ceramica sulla quale viene depositata (con metodi fotografici) una o più piste di materiale resistivo; sulla pista striscia il cursore metallico.

In ogni caso, i potenziometri sono soggetti a usura e tendono ad essere sostituiti con sensori che non ne sono soggetti (per esempio, i sensori ottici).

Posizionamento del sensore potenziometrico

La maggior parte dei potenziometri può, con l'andare del tempo, presentare un difetto tipico dell'usura e cioè il consumo della pista resistiva nella zona di più frequente utilizzo.

Per esempio, il sensore di posizione valvola a farfalla è soggetto a una forte usura nella zona del minimo o comunque vicina al minimo.

Il difetto si fa sentire in modo differente a seconda dell'evoluzione dell'elettronica interna alla centralina. Un leggero difetto del potenziometro poteva ripercuotersi in modo notevole sul funzionamento del motore per le prime iniezioni.

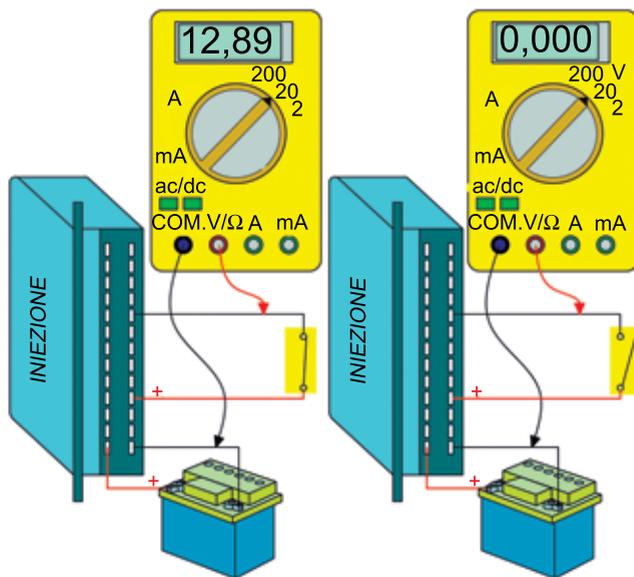


Fig. 44 - Controllo di un sensore ad interruttore alimentato con il positivo dalla centralina; a sinistra l'interruttore è chiuso a destra è aperto.

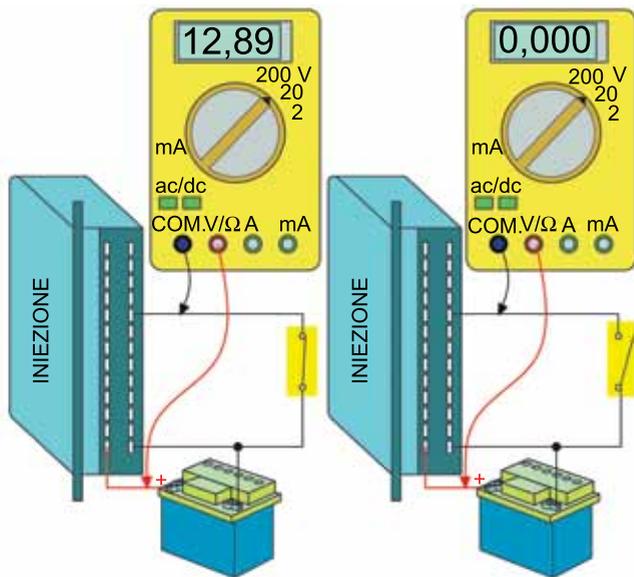


Fig. 45 - Controllo di un sensore ad interruttore alimentato con il negativo dalla batteria; a sinistra l'interruttore è chiuso a destra è aperto.

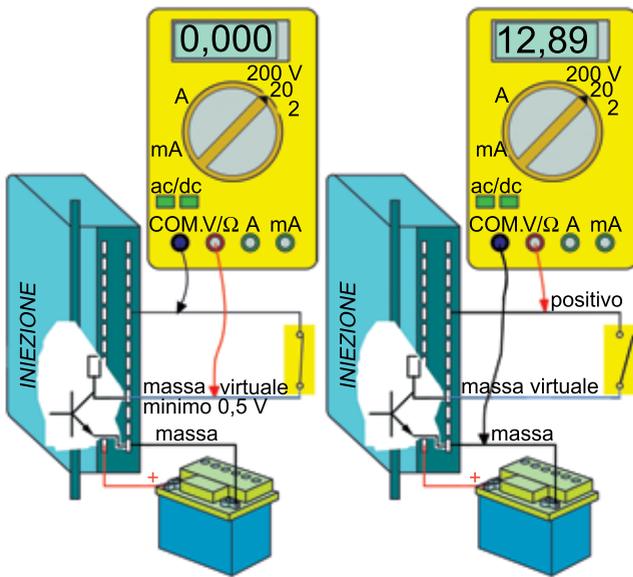


Fig. 46 - Controllo di un interruttore alimentato dalla centralina con una massa elettronica.

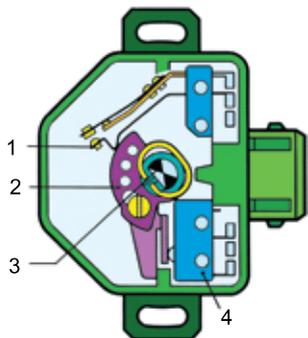


Fig. 47 - Sensore posizione valvola a farfalla con deviatore (Bosch). 1) contatto del pieno carico; 2) commutatore; 3) asse farfalla acceleratore; 4) contatto del minimo.

correggere difetti importanti del sensore oltre a memorizzarne il minimo. Dal momento che verso gli anni '95-98 questo sistema diventa autoadattativo, cioè non sono più necessarie le asole di montaggio del potenziometro, e la centralina è in grado di centrare la curva di variazione del potenziometro rispetto ai giri.

Questo potrebbe richiedere qualche tempo di funzionamento a diversi regimi e in diverse situazioni (accelerazioni, decelerazioni, regime massimo e minimo) dopo una sostituzione del sensore o della batteria.

La centralina, in questi casi, perde la memoria di gestione del potenziometro.

In figura 51, si potranno notare le asole per il fissaggio e per il posizionamento del sensore. Occorre prestare attenzione ai dati forniti dal costruttore che indicano la tensione del minimo fornita dal sensore e che servono alla centralina per ricevere la corretta posizione della valvola a farfalla.

Misura della resistenza dei potenziometri con l'ohmmetro

Tutti i potenziometri possono essere controllati con l'ohmmetro collegandolo direttamente ai suoi morsetti dopo aver staccato il connettore che alimenta il sensore.

Il controllo consiste nella misura della resistenza totale della pista (morsetti A e C in figura 54) che deve rientrare nelle tolleranze fornite dal costruttore.

Il controllo della resistenza variabile può essere eseguito tra il cursore (B) e uno qualsiasi degli altri due terminali.

La resistenza deve variare gradualmente (a seconda della precisione fornita dal costruttore) senza presentare la benché minima interruzione.

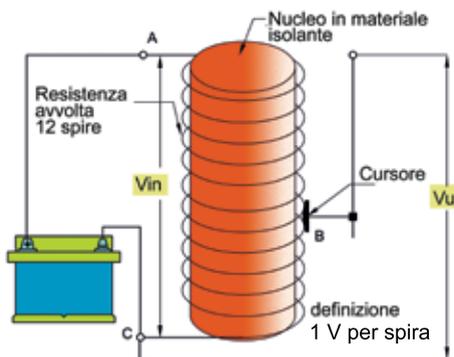


Fig. 48 - Potenziometro lineare a filo a passo costante.

Attenzione: l'ohmmetro non deve mai segnare infinito.

Un difetto anche importante può non influenzare in modo percettibile l'andamento del motore se quest'ultimo è gestito da un moderno sistema di iniezione.

Un difetto meno frequente (prima degli anni '95-98) è dovuto al suo posizionamento errato e non propriamente al sensore.

Le centraline gestiscono delle funzioni in base ai segnali ricevuti dai sensori potenziometrici.

Per esempio, una centralina di gestione motore gestisce l'andatura del minimo in funzione del segnale di posizione valvola a farfalla a riposo proveniente dal sensore.

Se il sensore è perfettamente funzionante, ma mal posizionato, la centralina potrebbe non gestire nemmeno il minimo.

I sistemi autoadattativi e con controlli della plausibilità dei segnali in ingresso centralina sono in grado di

Nota bene: muovere il cursore lentamente, per dare il tempo allo strumento di indicare l'interruzione (gli strumenti digitali hanno un tempo di misura rapido, ma un tempo di indicazione piuttosto lento).

Controlli dei segnali dei potenziometri con voltmetro

Per prima cosa inserire il voltmetro tra i morsetti **A** e **C** per eseguire il controllo della tensione di alimentazione del potenziometro. Il controllo della funzionalità del potenziometro con il voltmetro deve essere eseguito con sensore regolarmente alimentato e inserendo lo strumento tra il cursore (**B**) e il morsetto di alimentazione negativa (**C**). La tensione **Vu** deve variare gradualmente da **0 a 5 V** senza mai portarsi di scatto né a **0** né a **5 V** con posizioni del cursore che non siano, rispettivamente, a riposo o a fine corsa. In figura 54, la tensione **Vu** sarà **0 V** quando il cursore **B** sarà in posizione **C** e sarà **5 V** quando il cursore sarà in posizione **A**. In tutte le altre posizioni, la tensione dovrà avere valori intermedi.

Controlli dei segnali dei potenziometri con oscilloscopio

L'oscilloscopio, anche per questo controllo, si inserisce esattamente come il voltmetro. L'oscilloscopio permette il controllo di tutti i segnali di bassa tensione emessi dai sensori senza problemi. Il controllo del sensore di posizione farfalla, così come il controllo di qualsiasi altro potenziometro, si può eseguire collegando l'oscilloscopio in parallelo tra la massa e il cursore del potenziometro. Il segnale di tensione **Vu** letto dallo oscilloscopio deve aumentare gradualmente premendo il pedale dell'acceleratore. In figura 55, come si potrà osservare, manca l'impostazione della scala dei tempi dell'oscilloscopio. Infatti, i tempi sono da impostare a seconda della velocità di movimento dell'acceleratore. Qualsiasi spostamento brusco della traccia che sposta il segnale visualizzato verso massa o verso il positivo è sintomo di brevi interruzioni della pista del potenziometro. Un leggero rumore di segnale a cavallo della traccia non deve essere però scambiato per interruzioni vere e proprie; la centralina è in grado di filtrare piccoli disturbi del segnale di brevissima durata per evitare false informazioni.

Sensori di posizione misti ad interruttori, a potenziometro e a sensore Hall

I sensori misti non sono altro che due o più sensori nello stesso contenitore. Il vantaggio di questa soluzione è offerto dal risparmio di cavi del cablaggio; alcuni fili possono essere in comune. Il controllo di tali sensori si svolge nello stesso modo descritto ai paragrafi precedenti per i sensori separati. Con il sensore di posizione valvola a farfalla che incorpora anche l'interruttore del minimo, le centraline di gestione motore possono svolgere un controllo

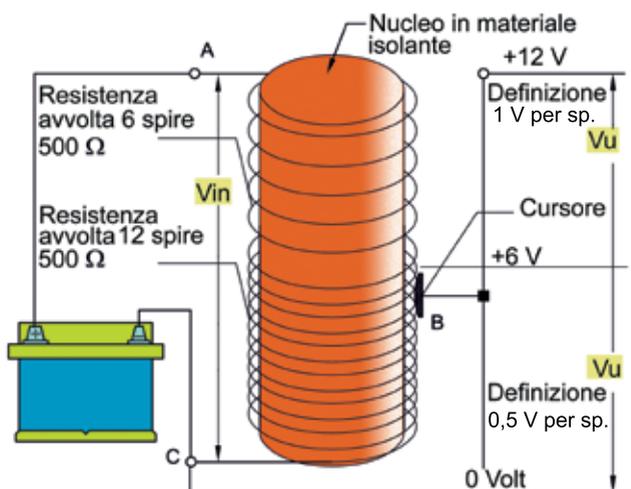


Fig. 49 - Potenziometro lineare a filo a passo variabile.

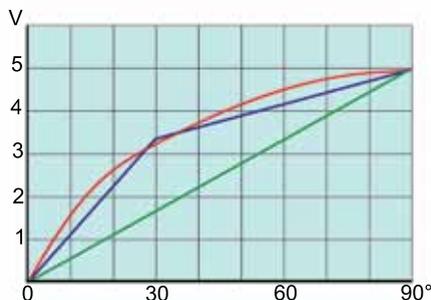


Fig. 50 - Curve di variazione del segnale emesso da tre tipi diversi di potenziometri. In verde) a variazione lineare; in blu) a variazione lineare spezzata in due definizioni; in rosso) a variazione esponenziale.

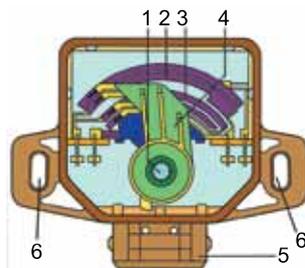


Fig. 51 - Sensore di posizione valvola a farfalla a doppia pista). 1) alberino valvola a farfalla; 2) prima pista di resistenza; 3) seconda pista di resistenza, 4) braccio con doppio contatto; 5) collegamento elettrico; 6) asole di montaggio e centratura.



Fig. 52 - Schema interno del sensore di posizione valvola a farfalla con potenziometro, contatti di minimo e di massimo.

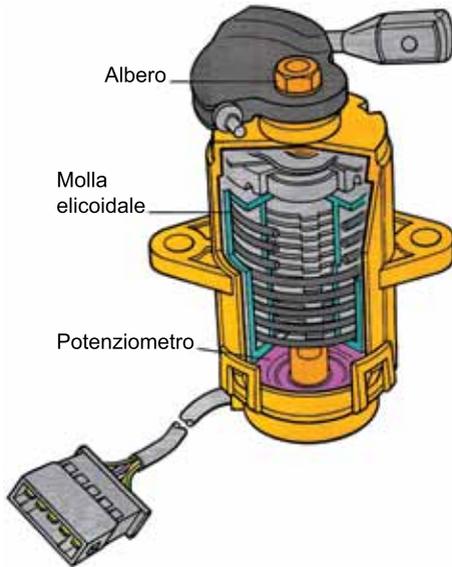


Fig. 53 - Sensore di posizione pedale dell'acceleratore.

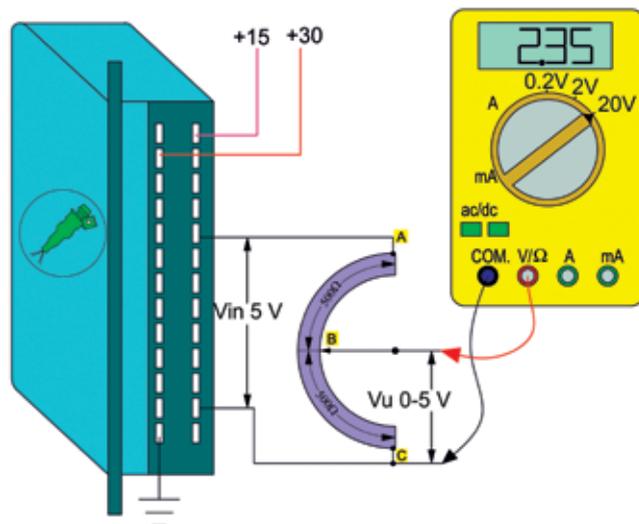


Fig. 54 - Inserzione del multimetro per il controllo del potenziometro.

della plausibilità dei segnali ed eventualmente entrare in funzione recovery se i segnali non sono tra di loro plausibili. Alcuni impianti possono utilizzare anche un deviatore interno al sensore (vedi schema in figura 52). In questo caso il deviatore chiude un contatto in prossimità del fine corsa acceleratore per comunicare alle centraline di gestione motore il pieno carico. L'informazione viene utilizzata per gestire arricchimenti di carburante, gestioni dell'overboost, angoli di accensione, per il controllo della plausibilità del segnale potenziometrico, ecc. L'aggiunta di un sensore ad effetto Hall permette alle centraline di avere una ulteriore informazione di posizione e di velocità; l'assemblaggio nello stesso contenitore del potenziometro valvola a farfalla può servire a diminuire il numero di connessioni e il cablaggio.

In figura 56 abbiamo un esempio, utilizzato per le monoiniezioni, di un sistema che comprende l'interruttore del minimo, il sensore Hall e il motorino del minimo. Il potenziometro è mosso dall'alberino farfalla. Con questo tipo di sensore-attuatore, la centralina ha a disposizione tre informazioni che le permettono di determinare:

- la velocità di movimento acceleratore;
- la posizione della valvola a farfalla;
- la posizione della punteria dell'attuatore;
- la velocità di rilascio acceleratore.

La centralina può quindi intervenire per:

- regolare il minimo;
- prevenire una caduta di regime motore;
- regolare la velocità di rilascio.

La centralina può, inoltre, memorizzare le posizioni della punteria in relazione a determinate situazioni. Ciò le consente di richiamare le posizioni memorizzate per adattarsi velocemente a tali situazioni quando queste si ripresentano e mantenere sempre il minimo costante. L'abolizione del cavo Bowden (pedale acceleratore/valvola a farfalla) e l'utilizzo del sensore di posizione del pedale acceleratore, rappresentato in figura 53, hanno ulteriormente modificato il modo di gestire la potenza erogata dal motore. Con la presenza di questo sensore, la valvola a farfalla non viene più mossa direttamente dal piede, ma da un gruppo farfallato motorizzato gestito elettronicamente, con tutto incorporato (vedi figura 150).

Sensori di pressione

Principio di funzionamento

La maggior parte dei trasduttori di pressione o di depressione è a estensimetro. I sensori a membrana, usatissimi in passato, sono ormai in disuso. Gli estensimetri sono costituiti da resistenze a semiconduttore

diffuse in sottili membrane di silicio monocristallino.

Gli estensimetri possono essere collegati a ponte di Wheatstone come indicato in figura 57. Il collegamento a ponte serve ad avere una migliore compensazione termica e a ottenere un sistema di misura delle resistenze (metodo di scostamento dallo 0) molto preciso. Osservando la figura, si potrà notare che mentre R_1 viene dilatata R_2 viene compressa. I rami del ponte resistivo variano facendo variare la tensione V_u . Questo tipo di sensore è quindi in grado di trasformare una pressione in un segnale elettrico in tensione continua (trasduttore di pressione).

Le tecnologie del film spesso hanno permesso di ottenere dei sensori a basso costo e molto affidabili. L'elemento sensibile è sempre un ponte di Wheatstone fatto con resistenze di semiconduttore che viene serigrafato su di un diaframma di allumina. Il diaframma viene solidamente connesso ad un supporto rigido dello stesso materiale. In figura 58 sono raffigurati alcuni tipi di sensori di depressione. Il circuito di amplificazione è alloggiato nello stesso involucro del sensore. I sensori vanno montati con il prendi gomma rivolto verso il basso; altrimenti i vapori provenienti dal collettore possono condensarsi e penetrare nel sensore danneggiandolo.

Sensori di depressione e pressione

In figura 58 sono visibili alcuni tipi di sensori di depressione e di pressione. Il circuito di misurazione interno rimane lo stesso, cambiano le dimensioni, le forme e le scale di pressione alle quali lavorano. Il sensore di depressione emette una tensione variabile da **0,5 a 4,5 V** con campo di pressione da **0 a 3 bar**. Il sensore di pressione carburante del Common Rail lavora nel campo da **1 a 1800 bar** ed emette una tensione da **0,5 a 4,5 V**, quello della candele da **0 a 100 bar**.

Schema interno

In figura 59 è rappresentato lo schema di collegamento interno realizzato sulla piastrina, il circuito amplificatore ed i circuiti di taratura e compensazione. Il sensore D (in figura 58) è di più recente fabbricazione e, come si può osservare, il collegamento di depressione è dal lato opposto del connettore elettrico. Ciò permette un più facile controllo del sensore senza doverlo per forza smontare dalla sua sede.

Segnale emesso

Il segnale emesso da questo tipo di sensori è una tensione c.c. variabile in funzione della depressione che giunge al sensore. L'alimentazione al sensore è fornita da un apposito circuito alimentatore a tensione stabilizzata interno alla centralina di solito a **5 V**. Il segnale in uscita varia da un minimo di **0,66 V** ad un massimo di **4,5 V** a seconda dei sensori, con un andamento pressoché lineare (vedi grafico in figura 60). La costruzione di membrane di diversa elasticità permette di ottenere sensori adatti a diversi campi di pressione. Esistono anche sensori per pressioni fino a 2200 bar. Il campo di utilizzo va, per esempio, dal motore al climatizzatore, dall'impianto frenante alle sospensioni a controllo elettronico.

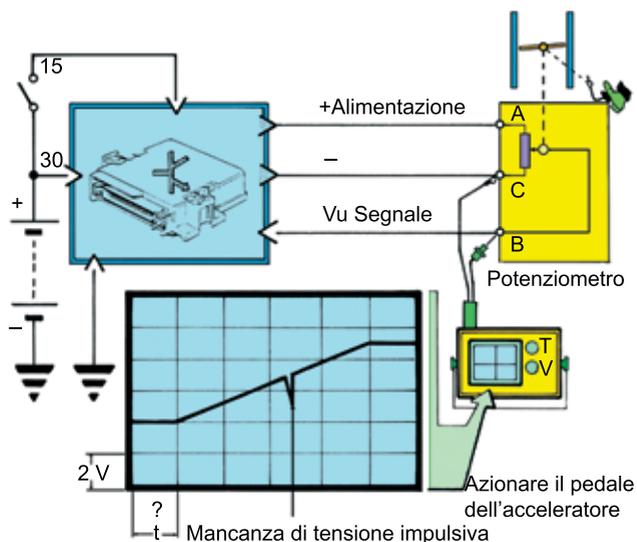
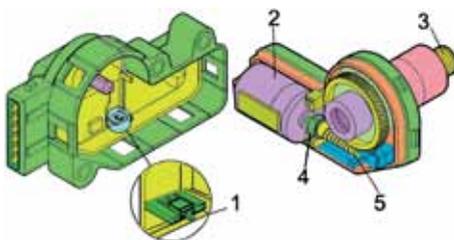


Fig. 55 - Controllo del segnale di uscita del sensore di posizione valvola a farfalla con oscilloscopio.



56 - Attuatore posizione valvola a farfalla per la regolazione del minimo. 1) sensore Hall; 2) motorino del minimo; 3) punteria movimento farfalla; 4) magneti per sensore Hall; 5) vite senza fine per riduttore giri.

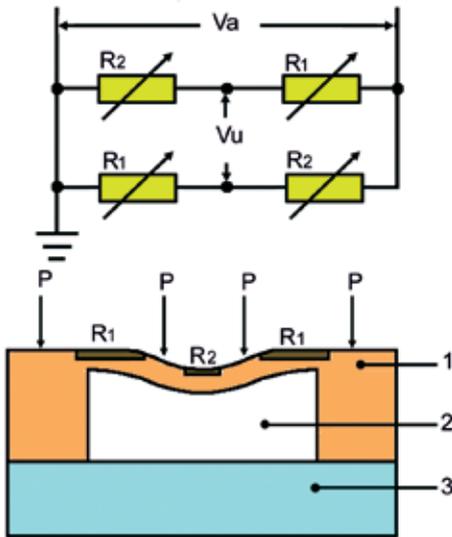


Fig. 57 - Sensore di pressione a estensimetro. 1) strato di silicio; 2) vuoto; 3) strato di vetro pyrex; P) pressione che agisce sulla membrana; Va) tensione di alimentazione del ponte di Wheatstone; Vu) tensione di uscita del ponte; R₁, R₂) resistenze di materiale semiconduttore.

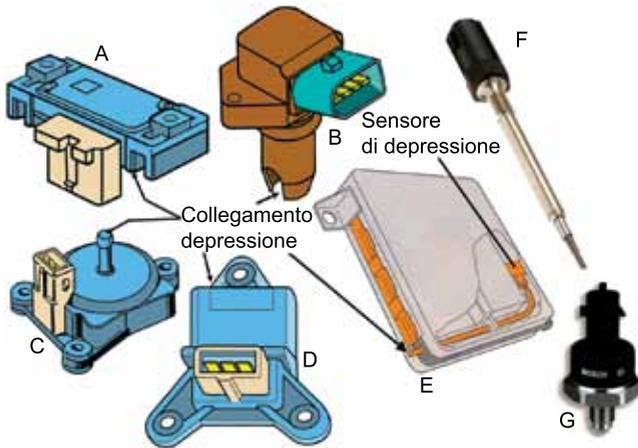


Fig. 58 - Sensori di depressione. A e C) collegamento della depressione lato connettore elettrico; B) per montaggio diretto sul collettore d'aspirazione; D) con collegamento depressione lato opposto al connettore elettrico; E) sensore interno alla centralina; F) candele di preriscaldamento con sensore di pressione incorporato; G) sensore di pressione carburante di un Common Rail Diesel.

Collegamento del sensore di depressione

Il sensore va sempre collegato, tramite il tubetto di depressione, al collettore di aspirazione, a valle della valvola a farfalla (vedi figura 61).

Difetti e controlli del sensore di depressione

I difetti di funzionamento del trasduttore di depressione si riflettono sul sistema di accensione e sui tempi di iniezione.

Un difetto a questo sensore può provocare anticipi di accensione esagerati con rischio di detonazione oppure anticipi non sufficienti con conseguente scarsa resa del motore e surriscaldamento. D'altro canto una segnalazione di depressione o pressione non corretta significa (per una centralina) un'informazione di carico motore errata con conseguenti miscele stechiometriche errate.

L'uso di un analizzatore dei gas di scarico potrà essere molto utile per la diagnosi di questo sensore. A volte il difetto si presenta come un continuo aumento e diminuzione di giri (oscillazione).

L'aumento del numero giri, causato da un segnale di pressione sbagliato, è dovuto all'aumento dei tempi di iniezione. La diminuzione è dovuta invece all'intervento del cut-off perché il numero giri supera la soglia di intervento e l'acceleratore è rilasciato (condizioni classiche per l'intervento del cut-off).

Attenzione alle tubazioni che congiungono il trasduttore con il collettore di aspirazione: anche una semplice strozzatura o screpolatura può compromettere il normale funzionamento del sensore. Per quanto riguarda i trasduttori montati direttamente sul collettore, bisogna fare attenzione che non vi siano infiltrazioni di aria sotto il corpo del sensore.

Il **controllo** del sensore con multimetro digitale si può eseguire nel seguente modo:

- collegare una pompetta manuale dotata di vuotometro al sensore di depressione;
- collegare un voltmetro tra i terminali C e B senza staccare il connettore dal sensore;
- applicare diversi valori di vuoto e confrontarli con quelli della tabella dati.

Sarà indispensabile, prima di eseguire il controllo, essere in possesso dello schema di collegamento dell'impianto in prova e dei dati del sensore forniti dalla casa costruttrice.

Il segnale del sensore può essere letto anche con un oscilloscopio.

Importanza del sensore di depressione nella gestione motore

Il guasto al sensore si ripercuote sul funzionamento del motore in modo diverso a seconda dei componenti che la gestione elettronica del motore ha a disposizione per calcolare la carburazione

e l'accensione. I sistemi che lo utilizzano in parallelo alla misura della quantità d'aria aspirata hanno la possibilità di funzionare in recovery di fronte a un guasto del sensore.

I sistemi di gestione motore che si basano esclusivamente sulla misura della depressione nel collettore e della temperatura dell'aria aspirata hanno gravi problemi di fronte a un guasto del trasduttore.

Sensori di depressione interni alle centraline

Alcune centraline incorporano il sensore di depressione; in questo caso, il controllo della depressione che giunge alla centralina, accompagnata dalla misura dell'anticipo d'accensione, costituisce l'unico test possibile.

Se gli angoli di anticipo non rientrano nei dati forniti dal costruttore è necessario sostituire l'intera centralina.

Sensori di battito

Questi sensori rilevano la pressione che si esercita su di una determinata superficie in modo estremamente rapido ma, a differenza dei sensori ad estensimetro, non sono in grado di registrare variazioni continue oppure diversi valori di pressione.

Sono sensori che, per la loro caratteristica, si prestano a leggere pressioni impulsive (urti, vibrazioni).

Sensori di detonazione in piezoceramica

Principio di funzionamento

Il sensore è composto da una lamina piezoelettrica di quarzo o ceramica polarizzata che subisce un trattamento di metallizzazione.

Quando la superficie metallizzata è sottoposta ad una forza, la lamina piezoelettrica genera un segnale di tensione che può essere amplificato e utilizzato, dopo opportuni filtri, per rilevare detonazioni o l'insorgere di detonazioni.

Il sensore serve alle centraline elettroniche per modificare, con un discreto margine d'anticipo rispetto all'insorgere della detonazione, l'angolo d'anticipo di accensione, i tempi di iniezione e le pressioni dei turbo compressori.

La detonazione è un fenomeno estremamente dannoso per gli organi del motore.

I sensori di battito sono utilizzati ormai anche da alcune gestioni Diesel per il controllo della durezza di combustione.

Posizione del sensore

Il sensore occupa sempre una posizione tale da poter rilevare con certezza le detonazioni e i battiti. È montato sul monoblocco vicinissimo alla testata oppure sulla testata stessa.

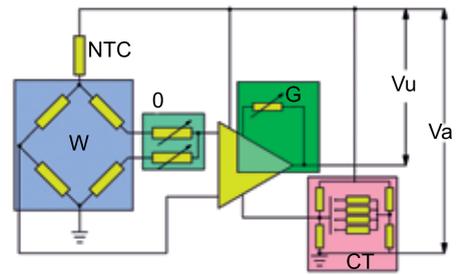


Fig. 13.59 - Schema interno del sensore di depressione. W) ponte di Wheatstone; 0) taratura di zero; G) taratura del guadagno; CT) centratura della compensazione termica; NTC) termistore di compensazione termica; Va) tensione di alimentazione; Vu) tensione di uscita (segnale).

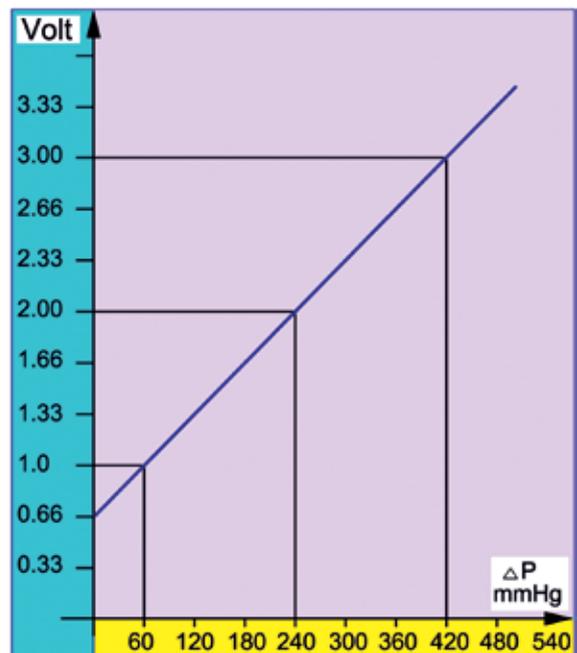


Fig. 60 - Segnale in volt emessi dal sensore in funzione della depressione misurata.

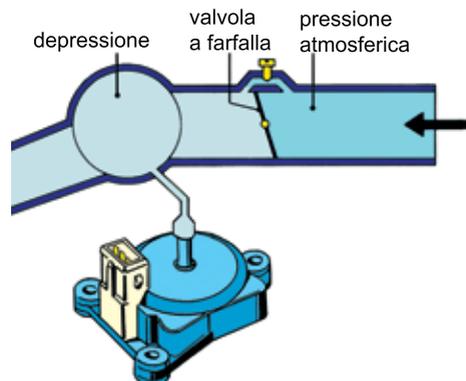


Fig. 13.61 - Posizione di collegamento del sensore di depressione al collettore.

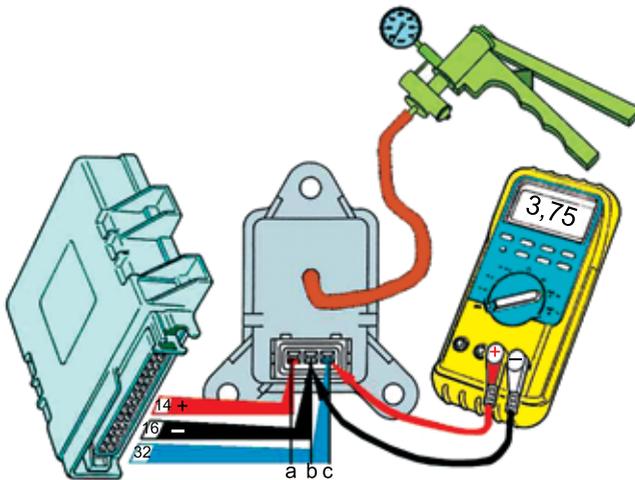


Fig. 62 - Controllo del segnale emesso dal sensore di depressione con tubetto collegato a una pompetta di depressione manuale.

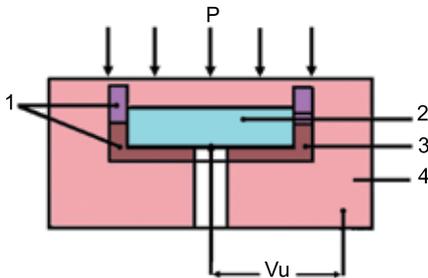


Fig. 63 - Sensore piezoelettrico a lamina di quarzo. 1) metallizzazione; 2) lamina piezoelettrica di quarzo; 3) isolamento; 4) contenitore; P = pressione impulsiva; Vu = tensione di uscita.

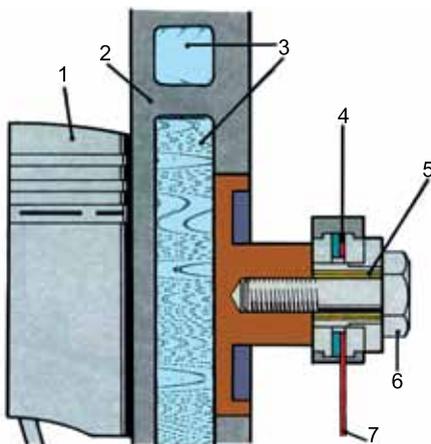


Fig. 64 - Posizione del sensore di detonazione sul monoblocco. 1) pistone; 2) canna cilindro e monoblocco; 3) liquido di raffreddamento; 4) piezoceramica; 5) boccola di acciaio; 6) vite di fissaggio; 7) connessione di collegamento.

Segnale emesso

Il segnale emesso necessita di filtri di frequenza poiché il sensore, un po' come fa un microfono, traduce le vibrazioni meccaniche in segnali elettrici. Il motore emette un numero notevole di vibrazioni meccaniche a frequenze diverse rilevate dal sensore. L'insorgere della detonazione provoca un'emissione di frequenze particolari (da circa 7 kHz a 12 kHz) separabili da quelle emesse dal motore attraverso opportuni filtri elettronici interni al circuito di lettura della centralina.

I sensori sono tarati per ricevere solo una parte di queste frequenze (10 ÷ 12 KHz).

Il segnale emesso è un insieme di diverse frequenze non misurabili da un multimetro, ma leggibile da un oscilloscopio. Il segnale può essere analizzato con sensore collegato oppure staccato dalla centralina di gestione motore.

In figura 65 è rappresentato un segnale di battito letto con oscilloscopio direttamente ai capi del sensore. Il sensore di detonazione è soggetto a guasti di interruzione o di cortocircuito. L'autodiagnosi è in grado di rilevare appunto solo il cortocircuito verso massa oppure il cortocircuito interno o dei cavi di collegamento. In ogni caso esso va sostituito.

Montaggio del sensore di detonazione

La tiratura della vite di fissaggio del sensore va eseguita con chiave dinamometrica. Se viene superato il valore di tiratura consigliato dalla casa costruttrice, il sensore può danneggiarsi. Se il sensore viene fissato con tiratura inferiore al valore nominale potrebbe non raccogliere correttamente le vibrazioni del monoblocco o della testata, a seconda di dove è montato.

Misuratori quantità aria aspirata

Il passaggio da un sistema di alimentazione a carburatore a un sistema ad iniezione ha introdotto nuove tecnologie che dapprima sono derivate dalle pompe dei motori Diesel. La necessità di produrre carburazioni sempre più precise per ridurre i consumi e ridurre le emissioni inquinanti ha stimolato la progettazione e la costruzione di sistemi di iniezione basati sulla misurazione precisa della massa d'aria aspirata.

L'idea di misurare la quantità di aria aspirata con un debimetro non è una novità che nasce con l'introduzione dell'elettronica, ma un concetto già applicato a soluzioni completamente meccaniche.

La Bosch costruiva, per esempio, un sistema denominato K-Jetronic in grado di dosare il carburante, con iniettori completamente meccanici, che sfruttava la forza di spinta dell'aria su di un apposito piattello introdotto nel collettore di aspirazione.

Il principio rendeva il dosaggio completamente dipendente dall'aria aspirata e garantiva una miscela stechiometrica precisa ed una calibrazione del sistema stabile nel tempo, che si adattava perfino all'invecchiamento del motore.

L'introduzione di componenti elettronici sui sistemi K-Jetronic ha permesso il miglioramento di alcune fasi di gestione motore (fase riscaldamento, accelerazione, decelerazione, ecc.), ma il misuratore e dosatore meccanico restava il cuore del sistema al punto che l'elettronica poteva essere addirittura staccata e il motore continuava a funzionare.

L'introduzione di un misuratore, che sottrae forza all'aria per ripartire e dosare il carburante nel collettore di aspirazione, rende il percorso dell'aria tortuoso, più lungo del normale e non permette di ottimizzare fluidodinamicamente i condotti di aspirazione. Il motore ha così un rendimento volumetrico leggermente inferiore a quello che si potrebbe ottenere con condotti più appropriati.

Il salto di qualità si è compiuto con i misuratori a filo o a film caldo. Con questi le dimensioni si sono notevolmente ridotte ed è possibile applicarli al collettore d'aspirazione senza impegnarne le forme e le dimensioni. I costruttori hanno potuto così dedicare più attenzione ai condotti e al collettore, progettandoli in modo adeguato al motore.

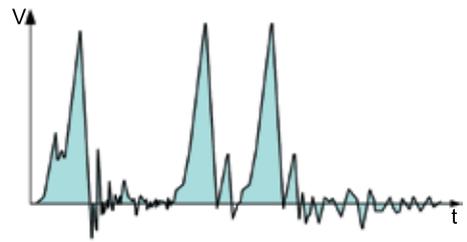


Fig. 65 - Segnale emesso da un sensore di detonazione.

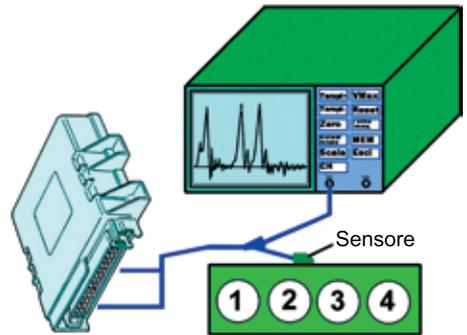


Fig. 66 - Inserzione dell'oscilloscopio per rilevare il segnale di detonazione.

Misuratori di quantità aria aspirata elettronici a piattello

Il principio di funzionamento del debimetro elettronico a piattello (vedi fig. 68) si basa su di un potenziometro mosso dal piattello stesso contenuto nel debimetro. Il piattello viene spinto dalla forza esercitata su di esso dall'aria che transita nel collettore, aspirata dal motore.

I vantaggi di un sistema di misura elettronico rispetto al sistema meccanico visto in precedenza sono notevoli. La misura della quantità d'aria aspirata con sistemi elettronici a piattello ha notevolmente migliorato la possibilità di costruire collettori di aspirazione più adatti al motore.

Il piattello anche in questi sistemi viene spinto dall'aria che entra nel motore, ma la forza frenante esercitata dal piattello sull'aria aspirata è inferiore rispetto al sistema meccanico; è necessaria solo la forza di una molla per riportare il piattello in posizione di riposo.

La posizione del misuratore nel collettore di aspirazione, con il sistema elettronico, non è vincolata dalla posizione del ripartitore carburante in quanto il carburante viene dosato elettronicamente da una centralina che comanda degli iniettori elettrici.

Il dosaggio del carburante per tutti i sistemi elettronici dipende dai tempi di apertura degli iniettori. I tempi di iniezione vengono stabiliti dalla centralina elettronica di governo del sistema in funzione delle misure ri-

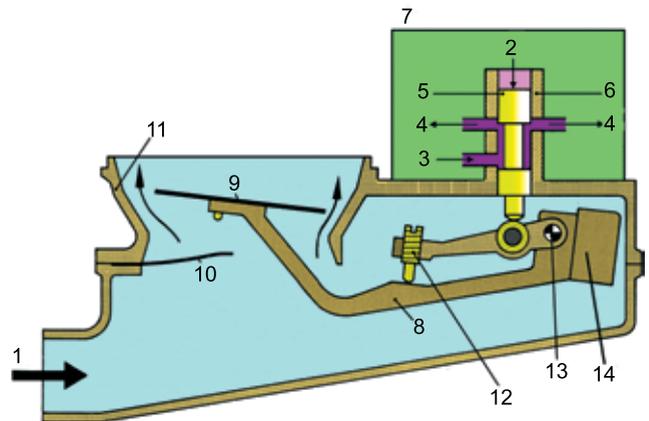


Fig. 67 - Misuratore di quantità d'aria con ripartitore e dosatore carburante (K-Jetronic Bosch). 1) entrata dell'aria; 2) pressione di comando; 3) afflusso carburante nel dosatore; 4) quantità dosata di carburante verso gli iniettori; 5) pistone di comando dosaggio; 6) cilindro con fessure di dosaggio; 7) corpo del ripartitore carburante; 8) leva; 9) disco fluttuante; 10) molla a balestra; 11) cono diffusore del misuratore quantità d'aria; 12) vite registrazione miscela; 13) fulcro; 14) contrappeso.

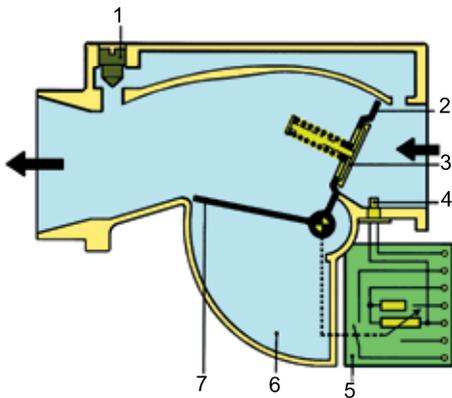


Fig. 68 - Misuratore di quantità d'aria aspirata o debimetro (L-Jetronic Bosch). 1) vite di registro del CO; 2) farfalla fluttuante; 3) valvola di non ritorno; 4) sensore di temperatura dell'aria aspirata; 5) connessioni elettriche con contatto pompa; 6) camera di smorzamento; 7) farfalla di compensazione.

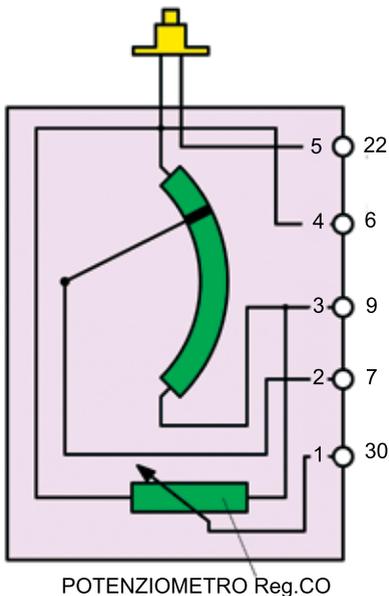


Fig. 69 - Collegamenti interni di un debimetro elettronico a piattello (Motronic Bosch) con regolazione del CO a potenziometro.

l'oscilloscopio. Se l'interruzione della pista è grave, il difetto è misurabile anche con strumenti digitali (multimetri). Il continuo movimento del piattello lavora contro la forza di una molla antagonista tarata in fabbrica.

La posizione del cursore del potenziometro sulla pista resistiva è, quindi, dipendente dalla forza della molla che però tende a diminuire con l'usura.

La conseguenza è l'emissione di un segnale leggermente superiore rispetto al valore di taratura iniziale e, quindi, una carburazione leggermente più ricca. Si può aprire il debimetro e tentare una taratura aumentando la tiratura della molla a spirale, anche se il risultato non è garantito.

levate sul motore (numero giri, temperatura dell'aria aspirata, temperatura motore, quantità dell'aria aspirata, ecc.).

Questi sistemi rendono l'alimentazione del motore dipendente completamente dalla gestione elettronica e dalle misure elettriche rilevate.

Il debimetro a piattello ha quindi il compito di rilevare la misura della quantità di aria aspirata; ad una misura errata corrisponde una carburazione errata.

Se il segnale del debimetro a piattello manca, il motore si spegne; se il segnale dal debimetro alla centralina è incerto, il motore perde colpi. Nel debimetro a piattello è contenuta la vite di registro del CO (monossido di carbonio) del minimo (1 in figura 68).

La vite è inserita in un condotto laterale di passaggio dell'aria nel debimetro. Al minimo e, quindi, con piattello poco aperto, attraverso questo condotto può passare una ridotta quantità di aria che non agisce sul piattello (aria non misurata).

Aprendo la vite si smagrisce (diminuisce il CO) e chiudendo si arricchisce la miscela stechiometrica (aumenta il CO). Con piattello molto aperto, l'aria non passa attraverso il condotto laterale.

La produzione di CO del motore è massima proprio in condizione di rotazione al minimo. In alcuni debimetri non esiste il condotto laterale dell'aria e tutta l'aria che entra nel motore viene misurata.

In questi, la regolazione del CO si ottiene agendo su di un'apposita vite che muove un potenziometro posto nel circuito elettrico del debimetro (vedi figura 69). Con questo sistema la regolazione si ripercuote sia sulla carburazione del minimo sia su qualsiasi altra condizione di carico e rotazione.

I debimetri a piattello hanno diverse morsettiere a seconda del loro schema interno.

In figura 70 si potrà osservare come lo schema sia diverso da un debimetro all'altro: cambiano i collegamenti, i valori delle resistenze e del potenziometro.

Difetti tipici del debimetro a piattello

Il misuratore a piattello non presenta difetti importanti di funzionamento, ma piuttosto di usura. Il cursore che si muove continuamente sulla pista potenziometrica ne usura la superficie fino a provocare piccole interruzioni del contatto.

Il fenomeno si accentua nelle zone di maggior utilizzo quali la zona del minimo e il carico parziale. I difetti di interruzione si ripercuotono sulla tensione di uscita dal debimetro che si sposta bruscamente verso l'alimentazione positiva o negativa con delle oscillazioni visibili solo con uno strumento rapido in lettura quale

Segnale emesso dal debimetro a piattello

Il misuratore quantità d'aria aspirata fornisce un segnale elettrico inversamente proporzionale alla quantità d'aria misurata. L'aria, entrando, sposta il piattello (2 in fig. 68) vincendo la forza di una molla antagonista e l'alberino del piattello muove il cursore di un potenziometro. La centralina del sistema di gestione elettronica dell'iniezione alimenta il potenziometro con una tensione costante e riceve di ritorno una tensione variabile in funzione della quantità d'aria misurata.

L'alimentazione al debimetro può essere fornita dalla centralina oppure il debimetro può essere alimentato direttamente a 12 V dal relè di alimentazione dell'impianto di iniezione. Il segnale emesso è inversamente proporzionale alla quantità di aria ma dipende dalla alimentazione; attenzione quindi a leggere correttamente gli schemi e i dati forniti dalle case costruttrici. La versione rappresentata in figura 68 (una delle prime della serie L-Jetronic Bosch) conteneva il contatto di comando pompa carburante. In posizione di riposo (vedi fig. 70) il piattello apre il contatto (36-39) che, tramite un teleruttore doppio, spegne la pompa carburante. Nel debimetro è contenuto anche il sensore di temperatura dell'aria aspirata, collegato ai morsetti 6-27. La corrente d'aria che attraversa il debimetro è pulsante, specialmente al minimo, e per ottenere una misura media dell'aria aspirata il movimento del piattello fluttuante (2 in fig. 68) viene smorzato da un apposito smorzatore a piattello (7).

I segnali emessi dal debimetro a piattello sono solitamente due:

- 1) il segnale di temperatura aria aspirata;
- 2) il segnale di quantità aria aspirata.

Il sensore di temperatura dell'aria del debimetro sporge nel condotto di passaggio dell'aria ed è una resistenza di tipo NTC variabile in funzione della temperatura dell'aria.

Non in tutti i tipi di debimetri il sensore di temperatura aria aspirata è direttamente controllabile dalla morsettiera, come si potrà osservare confrontando gli schemi delle figure 69 e 70.

Misure di controllo del debimetro a piattello

Le misure eseguibili sui debimetri a piattello sono misure voltmetriche o ohmmetriche.

A debimetro alimentato e motore in moto è possibile inserire il voltmetro in parallelo alla morsettiera del debimetro per controllare l'alimentazione e i segnali in uscita diretti alla centralina.

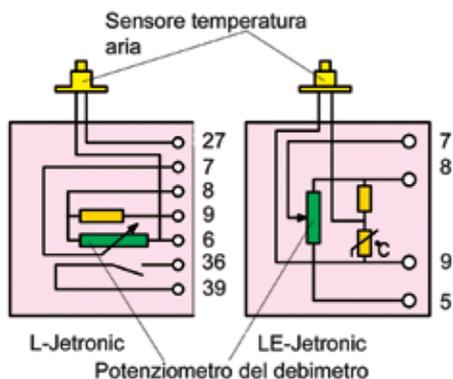


Fig. 70 - Confronto tra gli schemi interni dei debimetri delle iniezioni L-Jetronic e LE-Jetronic (Bosch).

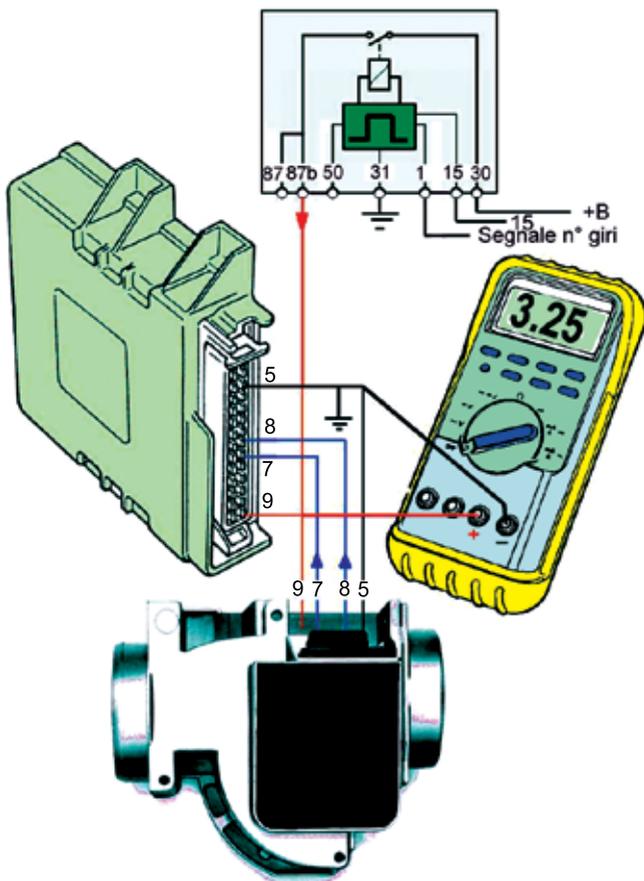


Fig. 71 - Misura della tensione di alimentazione e della tensione emessa dal debimetro elettronico a piattello (impianto LE-Jetronic Bosch).



Fig. 72 - Misura della resistenza del potenziometro contenuto nel misuratore quantità aria a piattello e del sensore di temperatura. Misura tra i morsetti 8 e 5 e tra i morsetti 7 e 5.

Il segnale di tensione è variabile da poco meno di **1 V** a quasi **6 V** in modo inversamente proporzionale alla quantità di aria che il motore aspira.

Inserire il voltmetro come indicato in figura 71 e accelerare molto lentamente. Il voltmetro deve indicare una tensione che, senza incertezze, diminuisce lentamente. Se durante la prova la tensione letta dovesse diventare pari alla tensione di **alimentazione** oppure **0 V** (in questo caso letta tra i morsetti **5** e **9**), sostituire il debimetro.

Le prove ohmmetriche sul debimetro vanno effettuate collegando il tester sulla scala degli ohm o kohm, a *debimetro staccato* oppure inserendo il tester direttamente sul pettine della centralina nelle spinette corrispondenti.

Nota: nei primi tipi di iniezione, i morsetti dei componenti collegati con la centralina prendevano il numero del corrispondente pin di centralina ad essi collegati. Il pin 9 del debimetro si collegava con il morsetto 9 della centralina, il pin 5 del debimetro si collegava con il pin 5 della centralina e così via. Tutti i numeri maggiori di 35 (se la centralina era a 35 pin) indicavano morsetti di componenti che non erano collegati con la centralina. Per le versioni con centraline superiori a 35 pin, la numerazione sopra descritta è stata abbandonata.

Esempio di prova ohmmetrica di un debimetro a piattello

La prova eseguita dal pettine della centralina tiene conto anche di eventuali errori o difetti di cablaggio. Le misure delle resistenze indicate in figura 72, a titolo di esempio, si riferiscono ad un impianto LE-Jetronic Bosch. I dati forniti per questo tipo di debimetro sono:

Componente in prova	Misura	Morsetti componente
Potenziometro del debimetro (piattello a riposo)	340 ÷ 450 Ω	5 - 8
Muovere lentamente il piattello	60 ÷ 1000 Ω	7 - 5
Sensore temperatura aria	160 ÷ 300 Ω	9 - 8

Centraline con debimetro

Il debimetro con centralina elettronica incorporata riduce al minimo i cablaggi e le connessioni elettriche nel vano motore. Il miglioramento delle caratteristiche dei componenti elettronici ha permesso di costruire centraline che resistono alle sollecitazioni del vano motore. Il montaggio

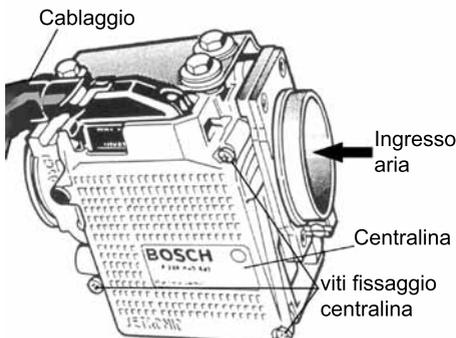


Fig. 73 - Debimetro annesso alla centralina (LE3-Jetronic Bosch).

della centralina a ridosso del debimetro migliora l'affidabilità del sistema, ma non rende facilmente accessibili i collegamenti tra debimetro e centralina stessa. Il funzionamento di questo debimetro è identico a quello delle versioni sopra descritte. Il debimetro contiene il sensore temperatura aria aspirata e la regolazione del CO è a potenziometro. Il segnale emesso da questo tipo di debimetro è un segnale di tensione variabile in funzione della quantità di aria aspirata identico a quello emesso dai debimetri descritti in precedenza. I difetti di funzionamento sono gli stessi presentati dai debimetri descritti in precedenza. Come si potrà osservare in figura 73, la centralina di iniezione è asportabile dal corpo debimetro; ciò permette di eseguire controlli ohmmetrici sia sul sensore temperatura aria aspirata, sia sul potenziometro del debimetro.

Misuratori di quantità aria aspirata elettronici a filo caldo

Principio di funzionamento del ponte di Wheatstone

I misuratori di quantità d'aria a filo caldo si basano sul ponte di Wheatstone. Questo metodo di misura delle resistenze si basa su tre resistenze calibrate (campione), è un metodo di misura per confronto ed è precisissimo. Le correnti I_1 , I_2 , I_3 e I_4 assumono in questo circuito il verso indicato in figura 74.

La corrente I_g assume invece un verso che può essere verso l'alto, verso il basso oppure annullarsi a seconda che il potenziale del punto **B** sia minore, maggiore o uguale al potenziale del punto **D**.

Regolando R_f si può ottenere l'annullamento della corrente I_g (bilanciamento del ponte). Il ponte è bilanciato quando **G** indica una corrente = **0 mA**.

Se $I_g = 0$, allora il potenziale di B sarà pari al potenziale di D.

Risulta allora:

$$I_1 = I_4 \text{ e } I_2 = I_3$$

Sarà anche $V_a - V_b = V_a - V_d$

$$\text{ossia } R_1 \cdot I_1 = R_f \cdot I_2$$

Sarà anche $V_b - V_c = V_d - V_c$

$$\text{ossia } R_2 \cdot I_4 = R_3 \cdot I_3$$

che si può anche scrivere: $R_2 \cdot I_1 = R_3 \cdot I_2$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_f} \cdot I_1$$

$$R_2 \cdot I_1 = \frac{R_3}{R_f} \cdot R_1 \cdot I_1$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_f} \cdot R_1$$

$$R_f = \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}$$

La formula ricavata dimostra che il bilanciamento del ponte non dipende dalla batteria di alimentazione, ma esclusivamente dalla regolazione della resistenza R_f . Il debimetro a filo caldo utilizza un ponte di Wheatstone nel quale la resistenza variabile è stata sostituita da un sottilissimo filamento di platino.

Il filo, con diametro di circa $70 \mu\text{m}$, viene mantenuto caldo da una corrente J_h emessa da un circuito amplificatore differenziale. La tensione di uscita dell'amplificatore V_{ap} è l'alimentazione del ponte di Wheatstone. La corrente J_h si suddivide nei due rami del ponte alimentando il filamento R_f e portandolo rapidamente

in temperatura. La resistenza del filo aumenta in proporzione alla temperatura essendo un materiale **PTC** e in brevissimo tempo la variazione di R_f equilibrerà il ponte. Le resistenze R_1 , R_2 e R_k sono di valore ohmmico molto elevato di modo che la corrente si ripartisca in modo maggiore nel

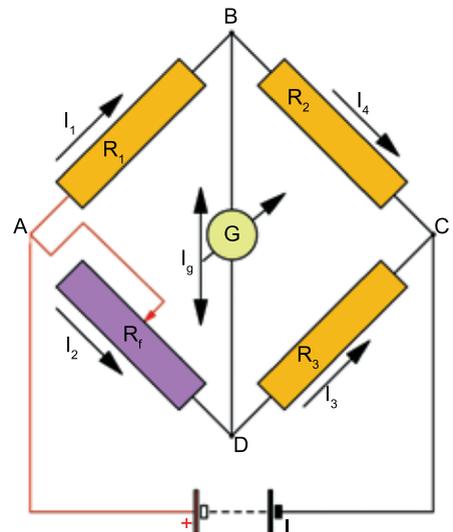


Fig. 74 - Ponte di Wheatstone per la misura di resistenze. R_1, R_2, R_3) resistenze campione; R_f) resistenza variabile; **G**) galvanometro (per la misura di correnti molto deboli).

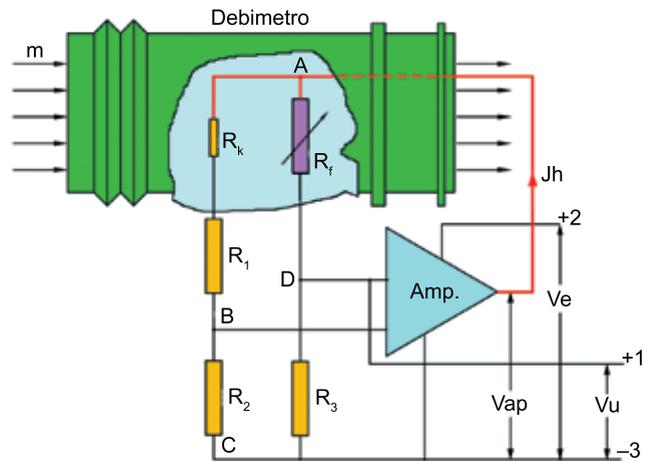


Fig. 75 - Debimetro a filo caldo. Schema di principio. R_1, R_2, R_3, R_k ed R_f) Resistenze del ponte di Wheatstone; R_f) filo caldo; R_k) resistenza di compensazione; **Amp.**) amplificatore differenziale; V_{ap}) tensione di alimentazione del ponte; V_u) tensione di uscita; V_e) tensione di entrata (alimentazione); J_h) corrente di alimentazione del ponte; +1, +2, -3) morsetti del connettore del debimetro.

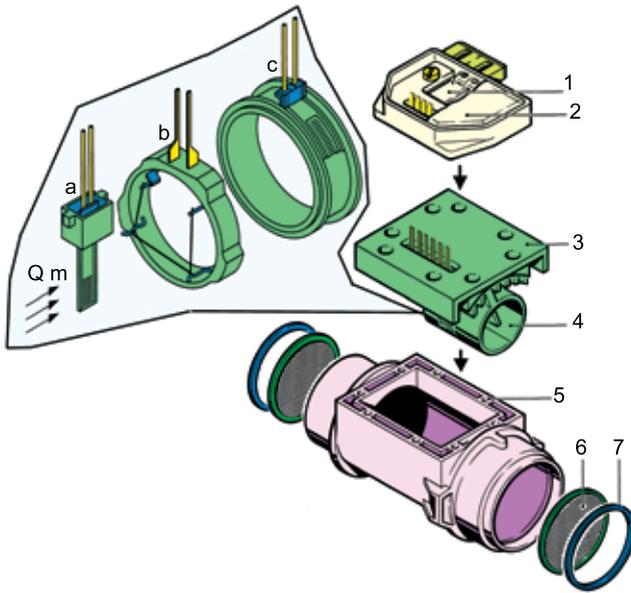


Fig. 76 - Misuratore di massa d'aria aspirata a filo caldo (Bosch).
 1) collegamento ibrido; 2) coperchio; 3) attacco metallico; 4) tubo interno con filo caldo; 5) alloggiamento; 6) griglia di protezione; 7) anello di ritegno; a) sensore di temperatura; b) anello con sensore a filo caldo; c) resistenza di precisione.



Fig. 77 - Misuratore di massa d'aria aspirata a film caldo.

emette sempre lo stesso segnale qualsiasi sia la temperatura dell'aria. La misura di questo tipo di debimetro è automaticamente sensibile solo alla massa d'aria in movimento. Allo spegnimento del motore, la centralina provvede ad alimentare il filamento per **1 s.** con una forte corrente che lo porta ad un'elevata temperatura (**1000 °C**) in grado di bruciare ogni eventuale traccia di sporco.

Nota bene: evitare di staccare il connettore di collegamento al debimetro prima che siano trascorsi 20 secondi dallo spegnimento del motore.

I vantaggi del debimetro a filo caldo rispetto a quelli a piattello sono numerosi:

- rilevamento esatto della massa d'aria aspirata;
- reazione più rapida alle variazioni di flusso dell'aria;
- migliore adattamento alle condizioni d'esercizio del motore;
- nessun errore di misura a grandi altitudini (essendo il sistema di misura sensibile alla densità dell'aria);
- nessun errore di pulsazione;
- nessuna usura meccanica (essendo totalmente statico);

ramo della R_f ed R_3 che sono invece solo circa $3 \div 10 \Omega$. La corrente di filamento varia da **500 a 1200 mA** a seconda del regime del motore. La resistenza di compensazione R_k ha un valore di circa 500Ω .

Il filo caldo (con temperatura superiore a **100 °C**) è esposto nel condotto di aspirazione e fa parte di un circuito a ponte di Wheatstone che è equilibrato in assenza di flusso d'aria. L'amplificatore differenziale alimenta il ponte con una corrente (Jh) adeguata per l'equilibratura. Non appena l'aria (m) si muove, il filamento subisce un raffreddamento; il ponte si squilibra e con esso i potenziali sugli ingressi del circuito amplificatore. L'amplificatore emette un segnale tanto più alto quanto più alta è la differenza di potenziale tra i suoi ingressi. L'aumento di corrente (Jh) erogata dall'amplificatore riscalda il filo (R_f) che aumenta di resistenza fino a riequilibrare il ponte. Maggiore è il flusso d'aria, maggiore è il raffreddamento del filamento e maggiore sarà la corrente di riscaldamento del

filo. La corrente (Jh) emessa dal circuito amplificatore aumenta per riequilibrare i potenziali ai suoi ingressi (per annullare la differenza di potenziale tra questi). La corrente (Jh) si divide nei due rami del ponte e circola nella resistenza campione (R_3), ai capi della quale viene raccolta la tensione (Vu).

La tensione di uscita Vu è direttamente proporzionale alla corrente (Jh) e, quindi, al flusso d'aria aspirata.

La resistenza R_k esposta nel condotto di aspirazione serve per compensare il ponte in funzione della temperatura dell'aria. Le resistenze R_1 , R_2 , R_3 e R_f del filamento risentono della temperatura dell'aria squilibrando il ponte. Ad aria ferma, grazie alla funzione della resistenza R_k , il ponte è in equilibrio ed il sistema

- struttura semplice;
- nessun errore di rilevamento causato dalle diverse temperature dell'aria aspirata.

Un ulteriore vantaggio di questi sistemi statici è rappresentato dal fatto che il debimetro può essere montato in qualsiasi posizione e il costruttore è libero di studiare e progettare i condotti e il collettore di aspirazione come meglio crede.

Misuratori di massa d'aria aspirata a film caldo

Il debimetro a film caldo è l'evoluzione del debimetro a filo caldo. Il debimetro a film caldo presenta alcuni vantaggi rispetto al sistema a filo caldo:

- maggior integrazione e miniaturizzazione dei circuiti (ibridi);
- minor possibilità di sporcarsi;
- possibilità di pulire eventuali residui di sporco in fase di manutenzione;
- nessuna necessità di surriscaldamento per autopulizia;
- minor ingombro nel collettore di aspirazione.

Debimetri a film caldo con riconoscimento del senso del flusso d'aria

Con valvola farfalla completamente aperta, a bassi giri, capita che parte dell'aria aspirata venga risucchiata e che le stesse particelle d'aria passino quindi più volte attraverso il sensore massa d'aria. Per questo motivo, con i tradizionali sensori a filo caldo o a film sottile, il valore di massa d'aria aspirata può risultare più elevato del reale.

Alcuni sistemi di iniezione identificano questo fenomeno, detto di "pulsazione", attraverso il confronto del valore misurato con una gamma di valori predefinita. Un'eventuale incoerenza rispetto a questo "valore" viene riconosciuta come "pulsazione" e corretta attraverso uno speciale software.

Il sensore della Bosch rappresentato in figura 77 è in grado di dare una risposta concreta a questo problema. Oltre a misurare la quantità di aria che transita attraverso il debimetro, questo misuratore individua anche il senso di percorrenza dell'aria.

Ciò permette di inviare un'informazione alla centralina che, grazie a un particolare software, tiene conto solo dei segnali in una direzione trascurando tutti i reflussi. La centralina non dovrà introdurre nessuna correzione ai valori di flusso misurato.

Segnale emesso dal debimetro a filo caldo

Il segnale emesso dai debimetri a filo o film caldo sono segnali di tensione variabile in funzione della quantità di aria aspirata. Solitamente sono direttamente proporzionali alla massa d'aria aspirata. In figura 78, a titolo di esempio, è rappresentato il grafico della tensione in funzione della quantità di aria aspirata dal debimetro dell'impianto Motronic 1.8 della Bosch, alimentato a 12 V. Come si potrà osservare, la ten-

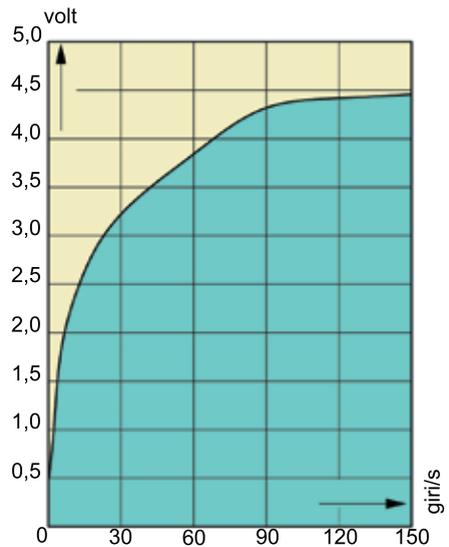


Fig. 78 - Andamento della tensione in funzione della quantità d'aria misurata dal debimetro Motronic 1.8 Bosch.

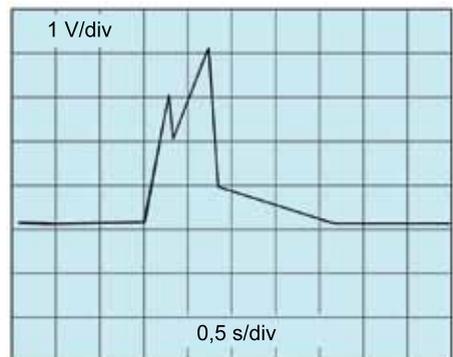


Fig. 79 - Segnale emesso dal debimetro a filo caldo durante un'accelerata.

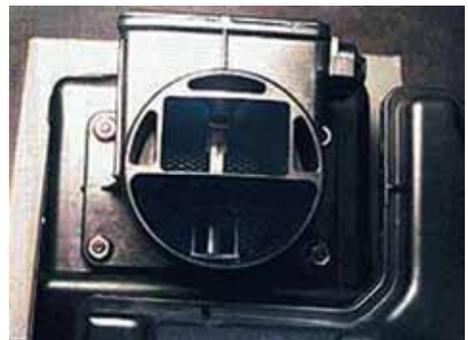


Fig. 80 - Debimetro ad ultrasuoni Carman Vortex della vettura Mitsubishi Galant 2000 cc. V6 24V.

sione in uscita non supera i 4,5 V, nonostante l'alimentazione a 12 V. Esistono anche debimetri alimentati a 5 V che generano un segnale più o meno simile a quello di figura 78. In figura 79 è rappresentato il segnale, emesso durante un'accelerata, rilevato con un oscilloscopio.

Debimetri ad ultrasuoni

Il flussometro utilizza un trasmettitore e un ricevitore ad ultrasuoni per valutare la massa d'aria aspirata. La misura avviene confrontando gli ultrasuoni emessi e quelli ricevuti. Di solito, nel debimetro è incorporato anche un sensore di pressione assoluta a membrana piezoresistiva ed un sensore di temperatura aria di tipo NTC.

In figura 80 è raffigurato un sensore ad ultrasuoni della Carman Vortex utilizzato dalla Mitsubishi Galant 2000 V6 24V.

La casa costruttrice fornisce i seguenti dati per questa versione del suo debimetro.

Componente	Segnali	Morsetti debimetro
Sensore flussometro aria Quadro on motore off Segnale con motore al minimo Segnale con motore al minimo Segnale con motore a 2000 giri/min Tensione con motore fermo	12 V 2,2 ÷ 3,2 V 0 ÷ 1.0 V 6 ÷ 9 V 4,8 ÷ 5,2 V	Morsetti 4 - massa Morsetti 3 - massa Morsetti 7 - massa Morsetti 7 - massa Morsetti 3 - massa
Sensore temperatura aria Resistenza a 20 °C Resistenza a 40 °C Resistenza a 80 °C	2300 ÷ 3000 Ω 1000 ÷ 1500 Ω 300 ÷ 420 Ω	Morsetti 5 - 6
Sensore di pressione assoluta alimentazione 1000 mbar 900 mbar	4,8 ÷ 5,2 V 3,7 ÷ 4,3 V 3,2 ÷ 3,8 V	Morsetti 1 - massa Morsetti 2 - massa Morsetti 2 - massa

Sonde lambda

Sonde lambda al biossido di zirconio (ZiO₂)

Principio di funzionamento

La sonda lambda basa il suo principio di funzionamento sulla conduttività di alcuni tipi di ceramiche multistrato in presenza di ossigeno ed a determinate temperature.

Struttura

La ceramica speciale della sonda è racchiusa in una carcassa che serve per il fissaggio e per proteggerla contro effetti meccanici. La faccia esterna della ceramica speciale (**1** in figura 81) è esposta ai gas di scarico.

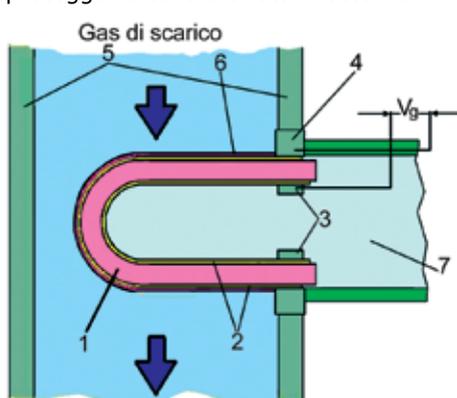


Fig. 81 - Rappresentazione schematica della sonda lambda nel tubo di scarico. 1) ceramica speciale, 2) elettrodi, 3) contatti, 4) contatto sulla carcassa, 5) tubo di scarico, 6) strato protettivo di ceramica porosa, 7) aria interna alla sonda.

Lo strato di ceramica protettiva (**6**) è poroso per permettere ai gas di lambire lo strato di ceramica speciale. La faccia interna è esposta all'aria atmosferica che può entrare nel corpo della sonda (**7**). Lo strato di ceramica speciale è composto in forte percentuale da biossido di zirconio (ZiO₂).

Sulla faccia interna ed esterna della ceramica speciale si trovano gli elettrodi (**2**) che sono composti da uno sottilissimo strato di platino poroso e quindi permeabile ai gas.

La ceramica speciale, dai 300 °C in su, diventa conduttrice per ioni di ossigeno (ioni = particelle con carica elettrica). Se la quota di ossigeno delle due parti (una esposta all'aria e una ai gas di scarico) differisce, si produce una tensione elettrica.

A seconda della percentuale di ossigeno residuo negli scarichi, la sonda fornisce un segnale **Vg** di tensione tra **50 mV e 1000 mV**.

Poiché una percentuale residua di ossigeno è presente nei gas di scarico, anche se questi sono il risultato di

una combustione con una miscela ricca di carburante, la sonda è in grado di rilevarne la presenza; il segnale della sonda costituisce l'informazione sul titolo della miscela bruciata.

Segnale emesso

Il segnale emesso dalla sonda lambda è a bassissima potenza ed oscilla tra **50 ÷ 100 mV** con miscele magre e **800 ÷ 900 mV** con miscele ricche. Il segnale subisce una fortissima variazione intorno al titolo di miscela $\lambda = 1$

Sonde lambda riscaldate

Principio di funzionamento

La sonda lambda riscaldata ha un funzionamento a caldo identico alle sonde non riscaldate, mentre è molto più rapida nel raggiungere la temperatura di regime grazie alla presenza nel suo interno di un elemento riscaldante.

Le sonde non riscaldate possono impiegare anche alcuni minuti prima di raggiungere la temperatura di funzionamento e, durante il funzionamento del motore, possono anche subire raffreddamenti improvvisi che bloccano il segnale emesso per alcuni istanti.

Ciò rende la gestione della miscelazione aria benzina incerta ed inaccettabile per il rispetto dei parametri antinquinamento. L'introduzione di un elemento riscaldante non modifica le caratteristiche della sonda, ma le rende più stabili in funzione delle diverse temperature.

Grazie alla presenza del riscaldatore, la sonda diventa efficace già **20 ÷ 30 secondi** dopo l'avviamento. Grazie all'elemento riscaldante, è possibile montare la sonda anche più lontana dal collettore di scarico, proteggendola da eventuali sovratemperature.

Difetti di funzionamento

I difetti di funzionamento più frequenti delle sonde lambda sono dovuti al deterioramento del componente stesso. Il numero di riscaldamenti e successivi raffreddamenti provoca un invecchiamento della ceramica attiva, con conseguente decadimento delle sue caratteristiche. I tragitti brevi del veicolo sono fonte di invecchiamento precoce.

Gli additivi contenuti nelle benzine e negli oli di lubrificazione possono essere causa di inquinamento, con conseguente deposito e diffusione di impurità nella ceramica stessa.

La conduzione ionica della ceramica viene alterata e il segnale deformato. Le miscele stechiometriche errate possono accelerare l'invecchiamento della sonda o addirittura imbrattarla. La sonda può imbrattarsi o inquinarsi anche per l'aria che necessariamente deve lambire le sue superfici interne.

Lo sporco o comunque gli inquinanti esterni penetrano necessariamente nel corpo sonda, ricoprendo lenta-

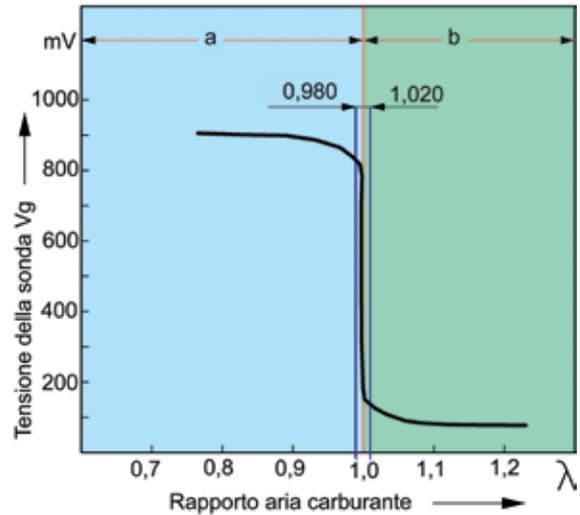


Fig. 82 - Segnale emesso dalla sonda lambda in funzione del titolo della miscela stechiometrica.

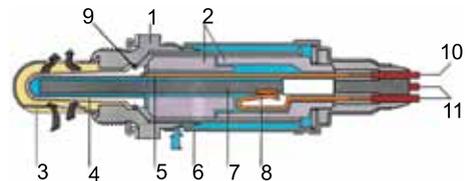


Fig. 83 - Sonda lambda riscaldata. 1) corpo della sonda, 2) supporto ceramico, 3) protezione porosa, 4) ceramica attiva di misura, 5) elemento di contatto, 6) protezione esterna, 7) elemento riscaldante, 8) attacchi dell'elemento riscaldante; 9) contatto di massa; 10) segnale lambda; 11) presa elemento riscaldante.



Fig. 84 - Sonda lambda (Bosch).

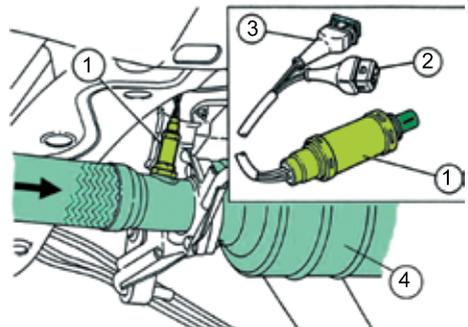


Fig. 85 - Posizione della sonda lambda sul tubo di scarico. 1) sonda lambda; 2) connettore a due vie per riscaldamento della sonda; 3) connettore per segnale alla centralina di iniezione; 4) marmitta catalitica.

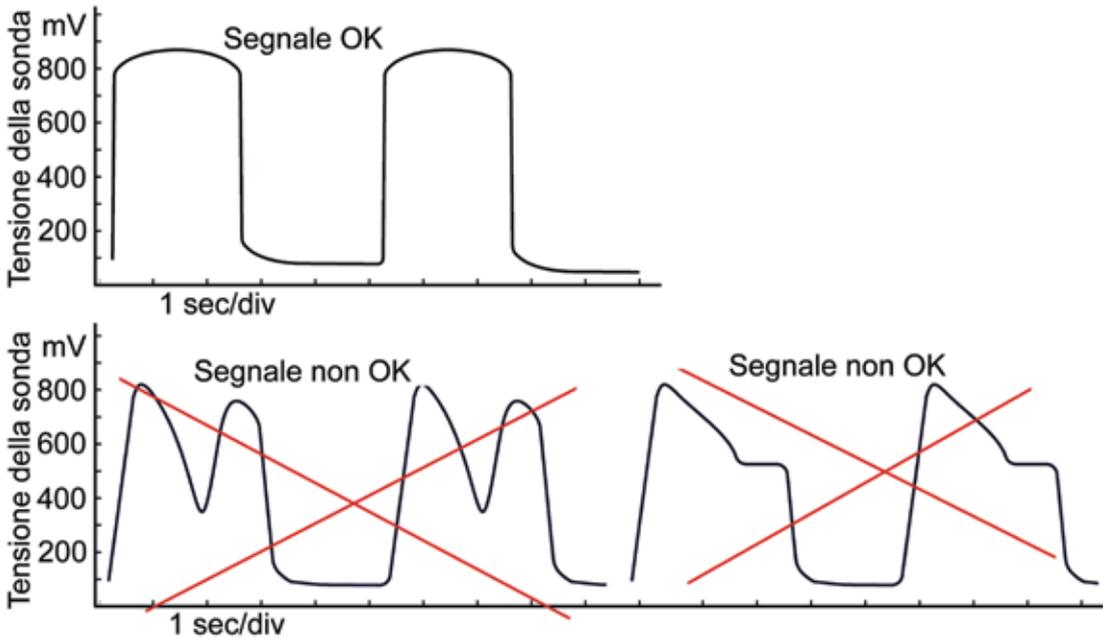


Fig. 86 - Segnali emessi dalle sonde lambda.

mente lo strato di ceramica attiva e provocando lentamente una diminuzione dell'attività della sonda.

Smontaggio della sonda

Lo smontaggio della sonda va eseguito a motore caldo. Non pulire la sonda con benzina, ma utilizzare una spazzola metallica per il filetto e uno straccio per la parte restante. Le alte temperature di funzionamento possono grippare la sonda nella sua sede; è quindi consigliato spalmare di grasso grafitato esclusivamente il filetto.

La sonda va avvitata in sede con chiave dinamometrica e al valore di coppia prescritta dalla casa costruttrice, solitamente **35 ÷ 50 N m**.

Posizione della sonda lambda

La sonda lambda si trova prima della marmitta catalitica, sul collettore di scarico.

Controlli

I controlli eseguibili sulle sonde lambda sono di tipo voltmetrico a motore acceso e sonda staccata o collegata. La tensione della sonda varia rapidamente solo per valori di lambda uguali a $1 \pm 0,02$ (vedi grafico in figura 82). La debole potenza del segnale emesso dalla sonda fa sì che si debbano utilizzare strumenti di controllo ad alta impedenza di ingresso. Si può collegare alla sonda un multimetro digitale con impedenza di ingresso di 10 M Ω .

La diagnosi con oscilloscopio è in assoluto la più affidabile perché lo strumento permette di apprezzare, oltre alle oscillazioni, le velocità di passaggio dai valori bassi ai valori alti del segnale e viceversa.

Eventuali disturbi trasmessi dai cavi positivo e/o negativo di collegamento possono essere rilevati solo con oscilloscopio. Per le sonde riscaldate sarà opportuno controllare anche il circuito di riscaldamento della sonda. Un guasto a questa parte dell'impianto non sempre viene rilevato dai circuiti di autodiagnosi della centralina di gestione. In tal caso la carburazione corretta si ottiene piuttosto in ritardo e l'imbrattamento delle superfici della sonda può, dopo ripetuti avviamenti, metterla definitivamente fuori uso.

Sonde con scostamento di massa

In alcuni tipi di impianto è stata introdotta un'alimentazione della sonda con uno zero spostato rispetto a massa (offset) che permette di filtrare a livello elettronico i disturbi provenienti dal filo

di collegamento del segnale negativo della sonda e di controllare con sicurezza eventuali cortocircuiti verso massa della sonda.

Questo tipo di soluzione è stata introdotta per facilitare l'**autodiagnosi** di questi impianti ed è in grado dunque di segnalare difetti per:

- tempo di permanenza del segnale sonda a positivo o negativo per più di 60 secondi;
- segnale non plausibile;
- corto circuito del segnale;
- cortocircuito verso massa.

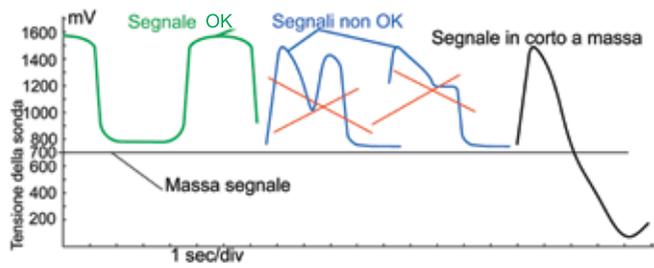


Fig. 87 - Segnali emessi da sonda a scostamento di massa.

In questi impianti non è diversa la sonda (che rimane identica alle altre sonde a quattro fili), ma la centralina con la quale la sonda è collegata.

Segnale emesso

Il segnale emesso da questo tipo di sonda è identico a quello generato dai tipi descritti in precedenza, salvo che il segnale è spostato in alto di **700 mV** rispetto allo **0**.

Sonde lambda planari

Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento di questo tipo di sonda è identico a quello descritto per le sonde tradizionali al biossido di zirconio.

La tecnica costruttiva è differente e permette a questa sonda di leggere il contenuto di O_2 residuo presente nei gas di scarico prodotti da miscele con indice lambda compreso tra: **0,7 ÷ infinito**.

Le sonde di questo tipo sono garantite per un funzionamento ancora più estremo e sopportano temperature comprese tra: **350 ÷ 900 °C**.

Le caratteristiche della sonda la rendono perfettamente sostituibile a molti tipi di sonde tradizionali, rendendola adatta soprattutto per motori tradizionali, ma anche per motori a miscele magre e per motori a iniezione diretta di benzina.

Segnale emesso

Il segnale emesso è identico a quello descritto in figura 82 per le sonde tradizionali.

Montaggio in sostituzione

Come montaggio aftermarket, basterà consultare un catalogo per rendersi conto che con pochi tipi di sonde planari si sostituisce un elevato numero di sonde precedenti.

Sonde lambda a resistenza variabile

Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento di questo tipo di sonda si basa su di un sottile strato di biossido di titanio (TiO_2) la cui resistenza subisce una brusca variazione in funzione del contenuto di ossigeno presente nei gas di scarico. Da un punto di vista costruttivo è realizzata con la tecnica del film spesso di uno strato di biossido

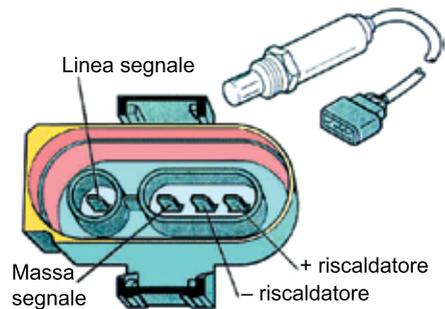


Fig. 88 - Connettore della sonda a scostamento di massa (Audi).

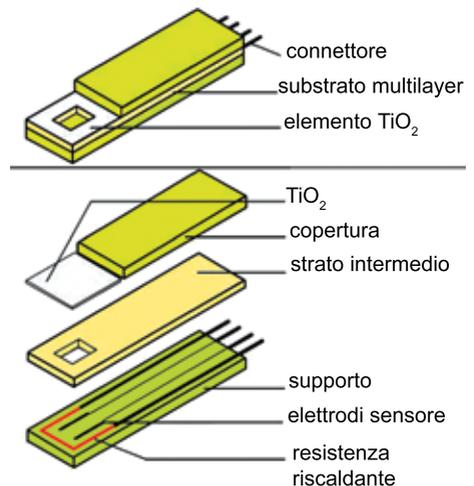


Fig. 89 - Struttura della sonda lambda al TiO_2 (biossido di titanio).

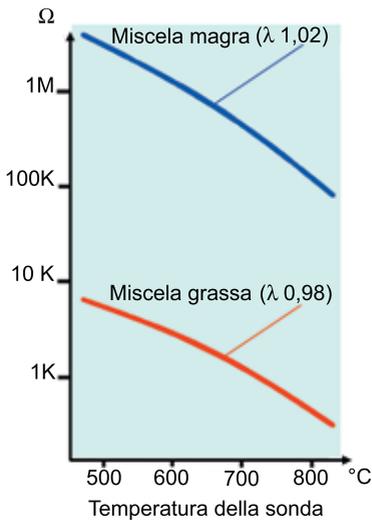


Fig. 90 - Variazione della resistenza della sonda lambda al biossido di titanio in funzione della temperatura, per miscela con titolo 0,98 (miscela grassa) e 1,02 (miscela magra).

di titanio su substrato in ceramica.

L'elemento di lettura (TiO_2) deve essere a contatto esclusivamente dei gas di scarico e non necessita del contatto con l'aria esterna. Ciò rende la sonda costruibile in modo isolato dall'esterno e, quindi, protetta da sporco e quant'altro la possa danneggiare.

Gli ioni di O_2 presenti nei gas di scarico rendono rapidamente isolante lo strato di biossido di titanio (TiO_2); la resistenza del sensore, che con miscele grasse è bassa, subisce un rapido aumento. Il materiale di cui è composta la sonda si comporta come un NTC per cui, all'aumentare della temperatura dei gas di scarico, diminuisce la resistenza del sensore.

Questo rende la sonda un vero e proprio sensore di temperatura dei gas di scarico, permettendo alla centralina di iniezione di gestire anche la temperatura del catalizzatore ed evitando surriscaldamenti della sonda stessa e della marmitta catalitica.

La sonda è riscaldata a temperatura costante da una resistenza interna. La centralina di iniezione è in grado di mantenere la temperatura di funzionamento interna alla sonda intorno a **650 °C**; la sonda si danneggia a partire da **850 °C**.

Segnale emesso

Queste sonde non sono generatrici di segnale in quanto non generano nessuna forza elettromotrice a differenza delle sonde all'ossido di zirconio tradizionali che, invece, sono dei veri e propri generatori elettrochimici.

Le sonde a resistenza variabile vengono alimentate dalle centraline di iniezione e la misura della corrente circolante diventa per la centralina la misura della resistenza sonda.

La resistenza, come si potrà osservare dai grafici in figura 91, varia da 3 kΩ a 1 MΩ a 650 °C e da 6 kΩ a 2 MΩ a 600 °C.

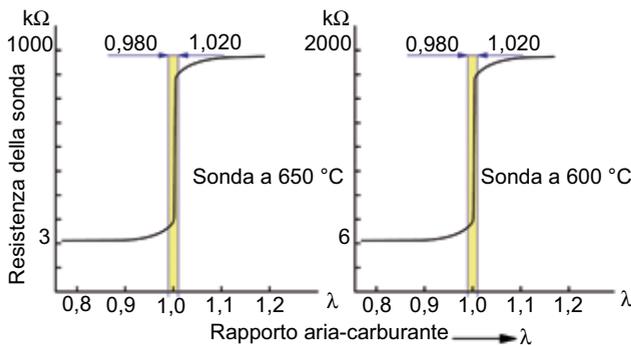


Fig. 91 - Variazione della resistenza della sonda al biossido di titanio in funzione dell'indice lambda a due diverse temperature.

Sonde lambda a banda larga

La sonda rileva la concentrazione di

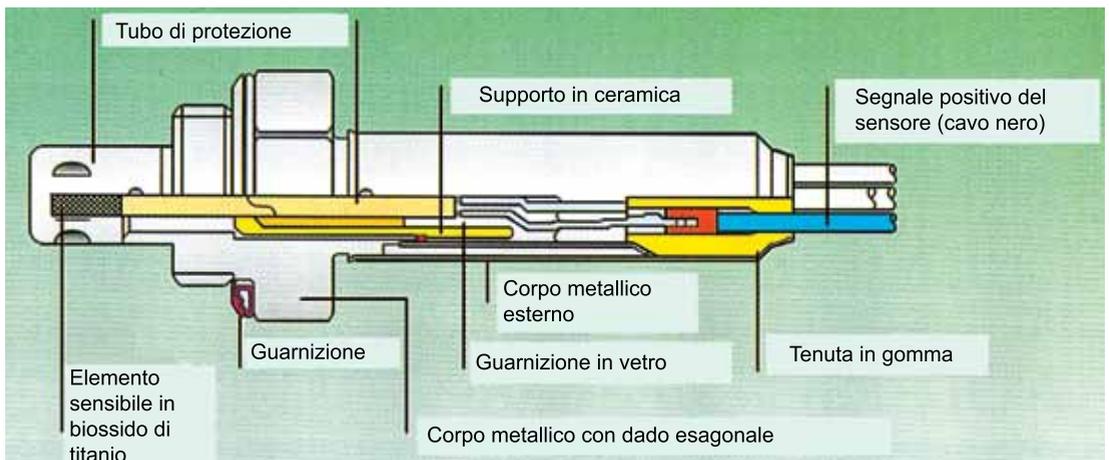


Fig. 92 - Struttura della sonda lambda al biossido di titanio (NTK).

ossigeno in un ampio campo di misurazione. La corrente generata dalla sonda permette di misurare il rapporto lambda con precisione sia con miscele stechiometriche ricche che con miscele magre o molto magre.

Nel grafico in figura 93, si potrà notare che la corrente fornita dalla sonda è negativa per lambda inferiore a 1, mentre è positiva per valori di lambda superiori a 1 (miscele magre). Questo tipo di sonda può essere utilizzato per i motori ad iniezione diretta di benzina. In questi motori, infatti, coesistono tempi di funzionamento con controllo in closed loop (quando il motore è alimentato con miscele omogenee) e tempi a ciclo aperto (quando il motore è alimentato con miscele molto magre). Nel primo caso, la sonda fa la funzione di una sonda tradizionale; nel secondo caso, la sonda fornisce la misura della concentrazione di ossigeno nei gas di scarico.

Sensore temperatura gas di scarico

Questo tipo di sensore, importantissimo per le auto ad iniezione diretta di benzina con catalizzatore NOx ad accumulo, non è stato trattato ai paragrafi precedenti insieme ai sensori di temperatura aria o acqua di tipo PTC. La sua caratteristica, pur essendo un PTC, e la sua struttura costruttiva lo rendono infatti più simile ad una sonda lambda a resistenza variabile. Il sensore è una resistenza variabile in funzione della temperatura. È alimentato a 5 V e fornisce un segnale da 0 a 5 V in funzione della temperatura dei gas di scarico. La centralina, grazie al suo segnale, tiene sotto controllo la temperatura dei gas in ingresso al catalizzatore ad accumulo di NOx.

Sensore NOx

Il sensore NOx funziona come una sonda a banda larga. Il suo segnale permette di determinare la quantità di ossigeno e di ossidi di azoto nei gas di scarico. Questo sensore serve soprattutto per il controllo del catalizzatore NOx ad accumulo.

Come si potrà notare, tutti i sensori sullo scarico basano la loro struttura sulla tecnologia degli ossidi di metalli preziosi o rari (zirconio, platino, ecc.). Sono allo studio una nuova serie di sensori anche per il controllo dello scarico dei motori Diesel.

Segnali emessi dalle sonde lambda a confronto

Nelle figure a seguire sono stati messi a confronto il segnale della sonda a banda larga con quello che emetterebbe una sonda tradizionale montata nella stessa posizione sul tubo di scarico. L'elemento sensibile della sonda viene alimentato a tensione costante di **0,5 V** dalla centralina e la corrente aumenta secondo il grafico 93.

La corrente, detta "di pompaggio", varia rapidamente secondo l'andamento dei grafici nelle figure 96 e 97. Con funzionamento motore a miscela omogenea, la corrente oscilla tra valori positivi e negativi. Con funzionamento del motore a miscela magra o molto magra la corrente rimane sempre su valori positivi (fig. 97).

La centralina, nel funzionamento a carica stratificata, cerca di mantenere il titolo intorno a valori lambda **1,6 ÷ 3** circa e la miscela oscilla tra lambda **1,2 e 2,5**.

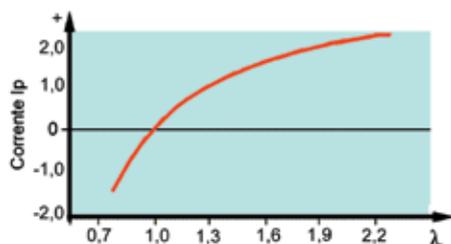


Fig. 93 - Corrente in funzione del titolo lambda per una sonda a banda larga.



Fig. 94 - Sonda lambda a banda larga (Bosch).



Fig. 95 - Sensore temperatura gas di scarico. 1) corpo del sensore; 2) parte immersa nel tubo di scarico.

Nota bene: i segnali della sonda a ossigeno non sono misurabili con oscilloscopio.

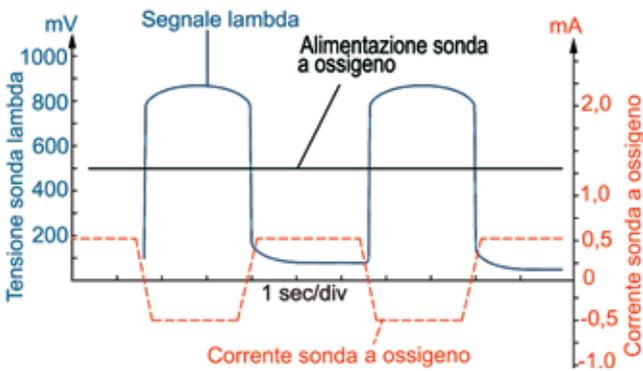


Fig. 96 - Segnale della sonda a ossigeno a confronto con il segnale di una sonda lambda situata nella stessa posizione rispetto allo scarico (funzionamento a carica omogenea).

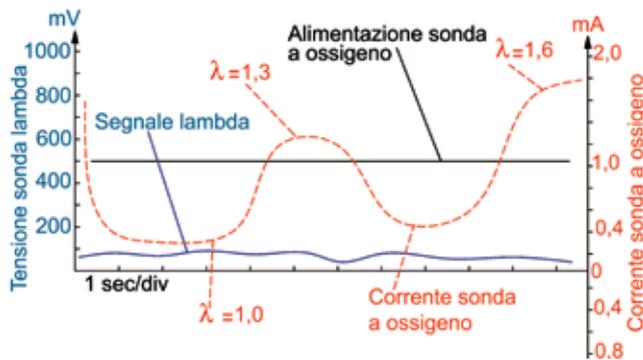


Fig. 97 - Segnale della sonda a ossigeno a confronto con il segnale di una sonda lambda situata nella stessa posizione rispetto allo scarico (funzionamento a carica stratificata); miscela molto magra.

Sensori attivi

I sensori attivi, a differenza dei sensori induttivi, necessitano di alimentazione stabilizzata da parte di una centralina. I sensori Hall, a GMR e l'encoder rientrano tra questi. Quest'ultimo è stato finora utilizzato nel settore delle macchine utensili a controllo numerico, come sensore di spostamento o traslazione. Per le auto viene impiegato per la prima volta al posto dei sensori induttivi a traferro variabile dell'impianto ABS.

Sensori ABS attivi

L'evoluzione degli impianti ABS in impianti per il controllo della trazione e della stabilità, oltre all'introduzione del navigatore satellitare, hanno reso necessario misurare la velocità delle ruote anche se minima. Mentre prima un impianto ABS si autoescludeva a velocità intorno ai 5 km/h, adesso è diventato necessario misurare velocità inferiori; inoltre, è necessario misurare gli spostamenti del veicolo in retromarcia per la memorizzazione del percorso e la localizzazione mappata del navigatore. L'encoder si presta a queste misure perché trasmette fino a velocità di 0 km/h. La ruota a impulsi (ruota fonica) del sensore ABS tradizionale sparisce.

Una speciale gomma magnetizzata viene utilizzata nella guarnizione in gomma dell'anello esterno del cuscinetto ruota (vedi figure 98 e 99). La gomma è magnetizzata a stadi alternati Nord-Sud e non è visibile in quanto non la si distingue da una normale ricopertura di un cuscinetto ordinario.

Per rilevarne la presenza, serve un semplice rilevatore magnetico dell'encoder, come rappresentato in figura 100. Il sensore ABS attivo si basa su due diversi principi: l'effetto Hall o le magnetoresistenze.

In entrambe le soluzioni, il sensore va comunque alimentato dalla centralina. Il segnale di ritorno è un'onda quadra perfetta di cui la frequenza è variabile solo in funzione della velocità ruota. Il sensore va trattato con delicatezza, non va graffiato e non va avvicinato ad altri oggetti magnetici (altoparlanti, motorini, ecc.).

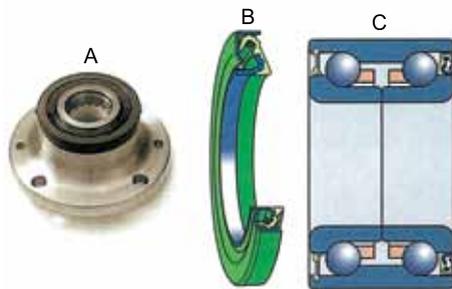


Fig. 98 - A) ruota a impulsi magnetizzata montata sull'anello esterno di un cuscinetto; B) guarnizione di tenuta radiale che funge anche da ruota ad impulsi; C) ruota magnetizzata ad impulsi integrata nella guarnizione.

Sensore angolo sterzo e coppia torcente a GMR

Questo tipo di sensore è molto simile al sensore del paragrafo precedente. È costituito da uno o più anelli magnetizzati in successione con coppie polari alternate Nord-Sud, come si può osservare in figura 101. Il sensore affacciato a questi anelli subisce continue variazioni di campo dovute alla rotazione degli anelli magnetizzati. L'elemento sensibile ai campi nel sensore è un GMR (vedi capitolo 3). I sensori di angolo a GMR sono alimentati dalla centralina ed inviano un segnale a

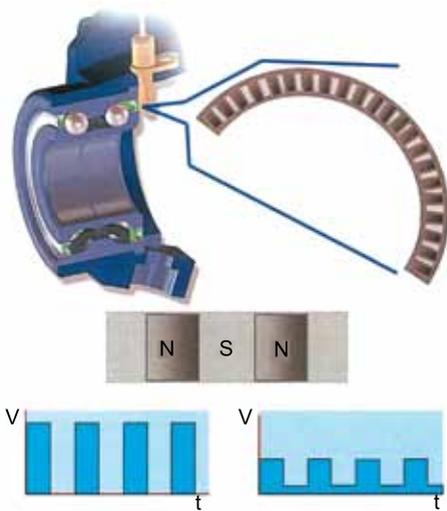


Fig. 99 - Struttura del sistema rilevamento velocità ruota attivo; segnale trasmesso alla centralina dall'encoder.

Sensori a struttura micromeccanica

La micromeccanica realizza elementi sensibili a grandezze meccaniche, quali l'accelerazione lineare, centrifuga, centripeta, l'urto, ecc.

Questi elementi vengono realizzati in microstrutture con tecniche simili a quelle usate per realizzare i circuiti elettronici ibridi. L'elemento sensibile viene poi fissato sullo stesso microcircuito che contiene tutta l'elettronica di elaborazione del segnale; il tutto in un unico contenitore. Le prime generazioni di questi sensori emettevano un segnale elettrico variabile in funzione della grandezza misurata (vedi figura 104).

I moderni sensori di questo tipo emettono direttamente un segnale CAN che viene immesso in rete. I sensori di accelerazione o di imbardata o comunque qualsiasi sensore che deve rilevare urti, accelerazioni, vibrazioni deve essere fissato saldamente al corpo del quale deve rilevare le variazioni dinamiche.

Per esempio, un sensore di imbardata dovrà essere fissato saldamente alla struttura portante del veicolo, mentre un sensore di accelerazione di un ammortizzatore dovrà essere fissato saldamente all'ammortizzatore.

Sensori ad ultrasuoni

I sensori ad ultrasuoni sono utilizzati per misure di distanza o di movimento.

Molto diffuso è il sensore ad ultrasuoni utilizzato dall'antifurto come rilevatore di corpi estranei in movimento interni

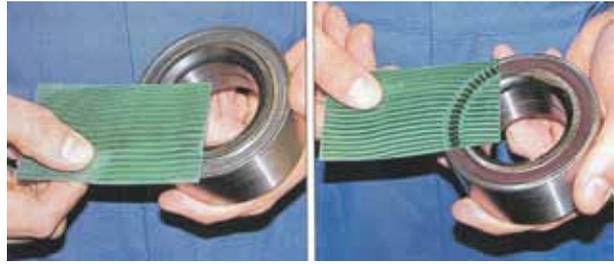


Fig. 100 - Rilevatore magnetico dell'encoder. A sinistra: applicato sul lato del cuscinetto senza encoder; a destra: applicato sul lato del cuscinetto con l'encoder.

onda quadra in funzione della posizione dello sterzo. Con due sensori angolo sterzo applicati a una barra torcente (vedi figura 101), si può misurare la coppia torcente di un albero (in questo caso il piantone dello sterzo). Il piantone dello sterzo si muove a bassa velocità, ma il vantaggio dei sensori GMR è che sono privi di isteresi e la trasmissione dei segnali risulta quindi molto precisa anche a velocità prossime allo 0.

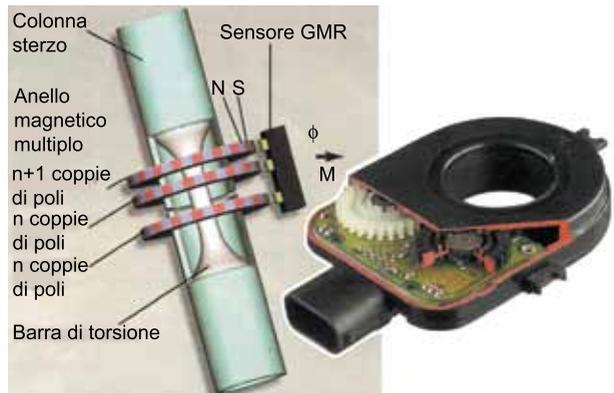


Fig. 101 - A sinistra: un sensore di coppia torcente a GMR applicato alla colonna dello sterzo; a destra: il sensore d'angolo sterzata a GMR.

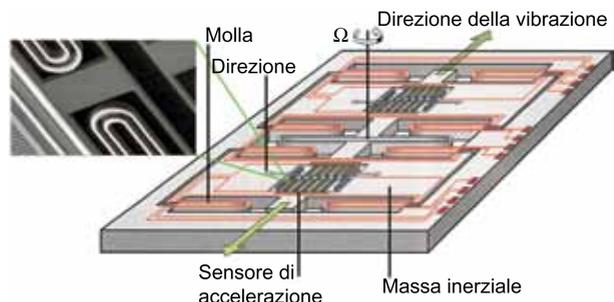


Fig. 102 - Struttura di un elemento micromeccanico sensibile all'accelerazione longitudinale, trasversale e alla rotazione intorno a un asse verticale.

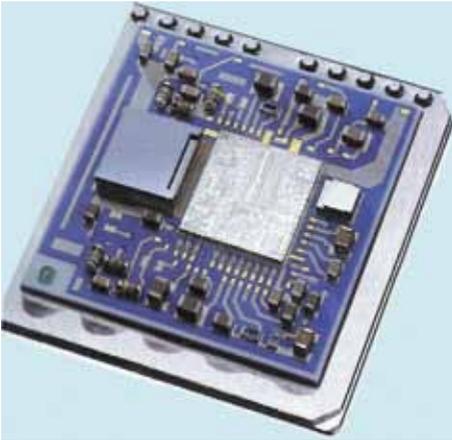


Fig. 103 - Struttura di un sensore di imbardata.

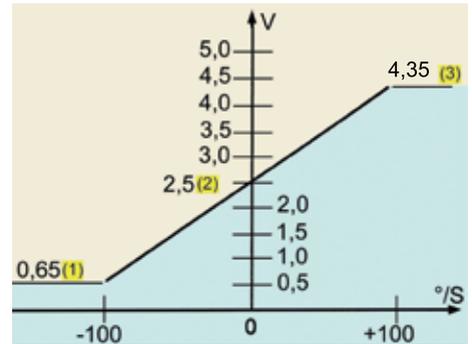


Fig. 104 - Segnale del sensore di imbardata. 1) limite inferiore; 2) segnale di riferimento; 3) limite superiore.



Fig. 13.105 - Rilevatore ad ultrasuoni (Bosch).



Fig. 13.106 - Sensore radar (Bosch).

all'abitacolo. I sensori ad ultrasuoni sono il cuore del sistema di aiuto al parcheggio; hanno un raggio d'azione che arriva fino a tre metri dal veicolo.

Oggi, addirittura, un display può indicare lo spazio utile di parcheggio misurato tra due veicoli grazie alle informazioni fornite da due sensori ad ultrasuoni, dal calcolo dello spostamento veicolo e dal segnale di numero giri ruote.

Nella maggior parte delle applicazioni, il sensore ad ultrasuoni è composto da un emettitore e da un ricevitore nello stesso contenitore. In qualche caso si possono trovare l'emettitore e il ricevitore dislocati in due posizioni diverse e in due contenitori separati.

Sensori radar

I sensori radar si stanno diffondendo per misurare la distanza del veicolo che precede. Il rilevatore integra in un unico contenitore la centralina di comando e il sensore vero e proprio. Il sensore può funzionare con frequenze che variano da 20 a 80 GHz a seconda del costruttore e dell'utilizzo.

Possono rilevare la presenza di ostacoli sulla carreggiata fino a distanze di 200 metri. Attualmente l'area di scandagliamento è di +/- 8 gradi rispetto all'asse mediano dell'auto. I più recenti possono funzionare con velocità veicolo da 0 a 200 km/h.

L'utilizzo del sensore ad ultrasuoni, del sensore radar con l'aggiunta di telecamere e rilevatori ad infrarossi permette un controllo completo di tutto ciò che si trova davanti e dietro al veicolo. Il radar, gli infrarossi e gli ultrasuoni funzionano anche di notte o in presenza di nebbia, con notevoli vantaggi per la sicurezza di guida.

Sensori ottici

I sensori ottici basano il loro principio di funzionamento sul comportamento di alcuni materiali in presenza della luce.

Abbiamo avuto modo di vedere al capitolo 7 come alcuni materiali (FTR) reagiscano all'irraggiamento diminuendo di resistenza elettrica. La velocità di variazione e la sensibilità alle diverse frequenze (dall'ultravioletto all'infrarosso) permette di costruire tutta una serie di componenti a seconda delle necessità.

La fotocellula dell'ascensore o del cancello elettrico sono conosciuti da tutti. Si sa che interponendo un ostacolo, la porta si ferma. Questo dispositivo solitamente funziona con un diodo emettitore (LED) che emette infrarossi (non visibili dall'occhio umano) e con un ricevitore (cella fotosensibile agli infrarossi a resistenza variabile).

Un altro esempio conosciuto da tutti è la fotocellula che fa accendere le luci dell'illuminazione al tramonto del sole.

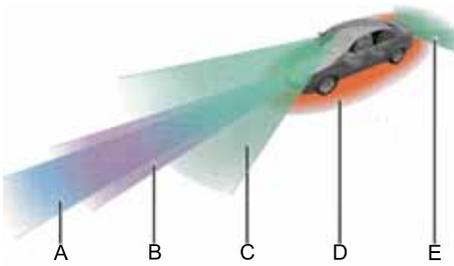


Fig. 13.107 - Copertura delle aree davanti e dietro il veicolo. A) radar a lunga distanza 77 GHz per copertura anteriore maggiore di 150 m; B) infrarossi visione notturna per copertura anteriore fino a 150 m; C) video per copertura anteriore a distanza media 3 ÷ 80 m; D) ultrasuoni per copertura 0 ÷ 3 m intorno al veicolo; E) video per copertura posteriore.

Solitamente, le FTR (resistenze variabili in funzione della luce) variano di resistenza piuttosto lentamente. I fotodiodi, invece, generano una corrente inversa tanto più elevata quanto più è intenso il fascio luminoso che li colpisce sulla giunzione.

La corrente varia leggermente anche in funzione della tensione inversa e della temperatura ambiente. Osservando i grafici in figura 109, si potrà osservare che, con una tensione inversa stabile, la misura della corrente costituisce la misura della luminosità. Con una soglia di 60 μA , invece, si possono scindere con certezza zone buie da zone illuminate.

Il fotodiodo e il LED si prestano, quindi, ottimamente sia per misure di luminosità che per sensori tutto o niente. In campo automobilistico capita sempre più spesso di imbarcarsi in sensori di irraggiamento del cruscotto (per la gestione del climatizzatore), oppure in sensori di pioggia.

Uno misura direttamente la luce incidente sul cruscotto, mentre l'altro funziona come illustrato in figura 111.

Sensore di pioggia

Con riferimento alla figura 111 parte sinistra (tempo secco), il fascio luminoso è interamente riflesso verso il diodo ricevitore, che riceve anche un flusso luminoso di riferimento. Con il tempo piovoso (parte destra della figura), è riflessa solo una parte del fascio.

Il diodo ricevitore riceve, dunque, un flusso luminoso più debole, che indica la presenza di una goccia d'acqua sul parabrezza.

Un considerevole numero di diodi emettitori accoppiati (tramite ottica) con altrettanti diodi ricevitori, permette di stabilire il numero di gocce per unità di superficie del parabrezza e, dunque, il tipo di pioggia. La regolazione di velocità del tergicristallo è una conseguenza di questa misura.

Ormai il sistema è diventato economico e affidabile tanto da essere diffuso anche su piccole utilitarie.

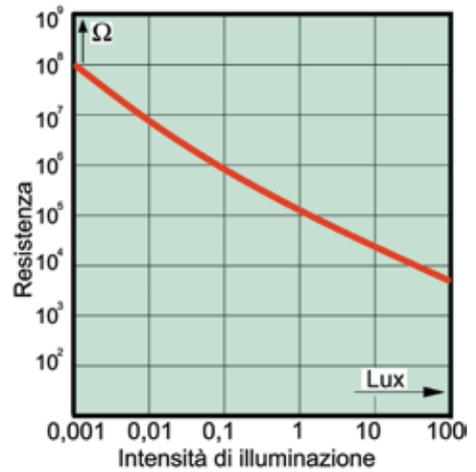


Fig. 108 - Variazione di resistenza in funzione della luce per una FTR.

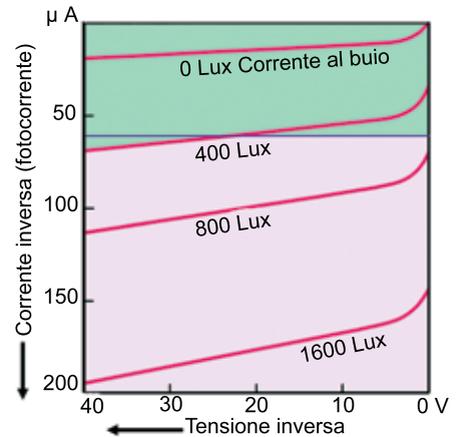


Fig. 109 - Fotocorrente di un fotodiodo in funzione della luce che lo colpisce sulla giunzione e della tensione inversa di alimentazione. (1000 Lux corrispondono a una fortissima luce artificiale; la luce diurna minima supera i 30000 Lux).

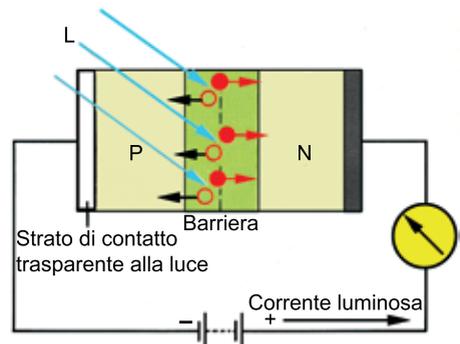


Fig. 110 - Principio di funzionamento del fotodiodo.

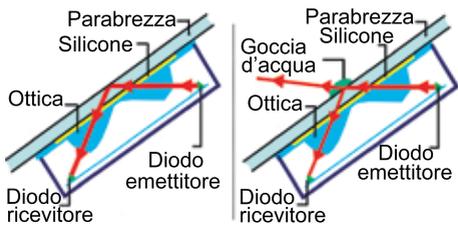


Fig. 111 - Principio di funzionamento del sensore di pioggia.

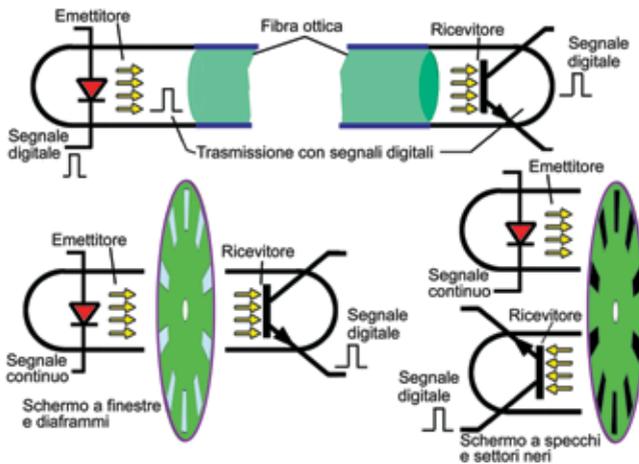


Fig. 112 - Sopra: trasmissione di segnali digitali tramite LED, fibra ottica e fototransistor; sotto: rilevatore digitale di posizione di un albero tramite LED disco schermo e fototransistor.

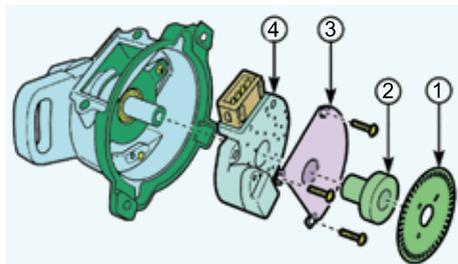


Fig. 113 - Sensore ottico in uno spinterogeno. 1) piastra disco a finestre e schermi; 2) supporto centratore del disco; 3) piastra di schermatura; 4) piastra contenente l'unità ottica sensibile.

I tempi di apertura e di richiusura sono comandati dalle centraline elettroniche e sono il risultato di calcoli matematici eseguiti dai software di gestione. L'iniettore deve introdurre il minor ritardo possibile all'apertura e alla richiusura. Una volta chiuso, l'iniettore non deve perdere carburante. L'apertura dell'iniettore è di tipo elettrico mentre la richiusura dell'iniettore è solitamente affidata ad una molla incorporata. In figura 114 è raffigurato un iniettore di una monoiniezione con alimentazione a 12 V e funzionamento a bassa pressione (circa 1 bar).

Iniettore per motori ad iniezione indiretta

In passato vi sono stati iniettori alimentati a 6 V (impianto L-Jetronic Bosch) e anche iniettori alimentati con delle resistenze in serie; oggi, l'iniettore degli impianti a benzina ad iniezione indiretta è alimentato a 12 V.

Sensori ottici tutto o niente

I dispositivi ottici tutto o niente si prestano per leggere segnali di luce impulsivi. In figura 112 (sopra) abbiamo un tipo di realizzazione alla base di alcune applicazioni automobilistiche tra le quali un sistema a fibra ottica che viene utilizzato per trasmettere segnali musicali dall'impianto audio al lettore CD, all'amplificatore, al navigatore o al telefono, ecc. I vantaggi della trasmissione a fibra ottica sono numerosi, ma soprattutto il sistema è insensibile a qualsiasi disturbo radiofonico, elettromagnetico o elettrostatico. Nel settore della telefonia, le fibre ottiche sono molto diffuse. In figura 112 (sotto) è rappresentato il principio di funzionamento di un sensore di posizione a disco con finestre e diaframmi con emettitore di luce continua a LED e ricevitore a fototransistor.

La luce filtra attraverso le finestre del disco, polarizzando il transistor che conduce; quando il disco oscura la luce, il fototransistor non conduce. In figura (a destra sotto) è raffigurato schematicamente lo stesso dispositivo, ma con un disco a settori neri e settori riflettenti che consente di assemblare in un unico contenitore l'emettitore ed il ricevitore, in questo caso da un solo lato del disco.

In entrambe le soluzioni sopra descritte si ottiene un sensore che è in grado di emettere un segnale ad onda rettangolare o quadra. Questo tipo di sensore è utilizzato per rilevare posizioni di alberi a camme (vedi figura 113), alberi motore, posizioni valvole, ecc. Come si potrà intuire, l'unico inconveniente presentato da questo tipo di applicazione è la sensibilità allo sporco.

In figura 112 (sotto) è raffigurato schematicamente lo stesso dispositivo, ma con un disco a settori neri e settori riflettenti che consente di assemblare in un unico contenitore l'emettitore ed il ricevitore, in questo caso da un solo lato del disco.

Elettroiniettori

Gli iniettori sono ormai componenti fondamentali dell'impianto di alimentazione di un motore. Il dosaggio del carburante avviene per iniezione sia per i motori a benzina che per i motori Diesel.

Gli iniettori sono delle elettrovalvole in grado di aprire un foro calibrato per un determinato tempo. L'apertura e la richiusura devono essere rapide e senza rimbalzi.

Nelle iniezioni dirette, la tensione di alimentazione viene aumentata per ottenere tempi più brevi di sollevamento dello spillo; si possono raggiungere anche 90 V. In figura 115 è raffigurato un iniettore per iniezione nei condotti di aspirazione (indiretta) alimentato a 12 V e pressione carburante da 3 a 5 bar (indicativo). Questo tipo di iniettore viene impiegato per tempi di apertura di circa $2 \div 10$ ms.

Nota bene: la bobina di un iniettore non sopporta tensione continua; alimentandola per tempi lunghi, questa si danneggia.

Iniettore per motori ad iniezione diretta

Gli iniettori di questi motori sono alloggiati nella testa del motore e iniettano il carburante direttamente nella camera di combustione. Si tratta di iniettori a foro singolo con un angolo del getto di circa 70° ed un'inclinazione del getto di 20° rispetto al loro asse. Un anello di tenuta in teflon assicura la separazione dalla camera di combustione. Nonostante i brevi tempi a disposizione per iniettare, questo iniettore polverizza il carburante in microscopiche goccioline con un diametro inferiore a $20 \mu\text{m}$. Ciò equivale ad appena un quinto delle dimensioni delle goccioline che vengono iniettate con la tradizionale iniezione nel collettore di aspirazione e ad un terzo del diametro di un capello umano. Questo risultato si ottiene grazie soprattutto alle alte pressioni di funzionamento e ad uno speciale ugello di uscita del carburante dall'iniettore. Il tempo disponibile per l'iniezione è notevolmente ridotto rispetto a quello disponibile in un motore ad iniezione nel condotto. Gli iniettori devono alimentare il cilindro in tempi brevissimi (che possono scendere fino a 0,4 ms).

Gli iniettori sono comandati attraverso uno stadio di potenza a MOSFET interno alla centralina con tensione di picco a 90 V DC. La pressione del carburante (nel Rail) di alimentazione iniettore è di circa 100 bar.

Elettroiniettori induttivi per Common Rail Diesel

L'elettroiniettore può essere suddiviso in diversi blocchi funzionali:

- polverizzatori a fori;
- servosistema idraulico;
- valvola elettromagnetica.

Il carburante (figura 117) fluisce dal raccordo ad alta pressione (4), attraverso il condotto di mandata (10), all'iniettore e contemporaneamente nella camera comando valvola (8), attraverso il foro calibrato di alimentazione (7). La camera comando valvola è collegata con il ritorno carburante (1) attraverso il foro calibrato di scarico (6).

Il foro calibrato di scarico (6) può essere aperto comandando una valvola elettromagnetica. Quando il foro di scarico è chiuso la forza idraulica che agisce sul perno comando valvola (9) è superiore alla forza esercitata sulla spalla di pressione dell'ago dell'iniettore (11). Di conseguenza l'ago dell'iniettore viene premuto nella sua sede e l'iniettore è chiuso. Ciò significa che il carburante non può essere iniettato nella camera di com-

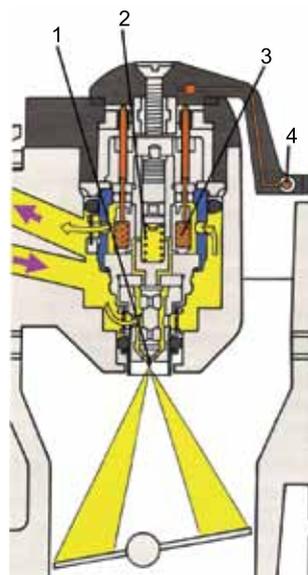


Fig. 114 - Iniettore di una monoiniezione posizionato nel collettore d'aspirazione (Bosch). 1) ugello; 2) molla di ritorno; 3) bobina; 4) sensore temperatura aria del collettore.

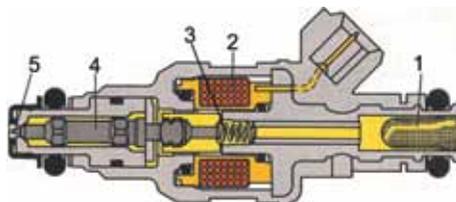


Fig. 115 - Iniettore per iniezione nel condotto d'aspirazione a monte della valvola di aspirazione. 1) filtro entrata carburante; 2) bobina; 3) molla; 4) spillo; 5) perno d'iniezione.

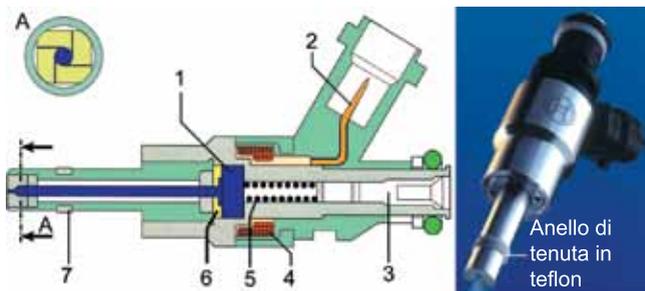


Fig. 116 - Iniettore per FSI (Bosch). 1) nucleo magnetico con spillo; 2) collegamento elettrico; 3) entrata carburante; 4) bobina di eccitazione; 5) molla di ritorno e chiusura; 6) spessori di taratura; 7) anello di tenuta in teflon; A) sezione dell'ugello.

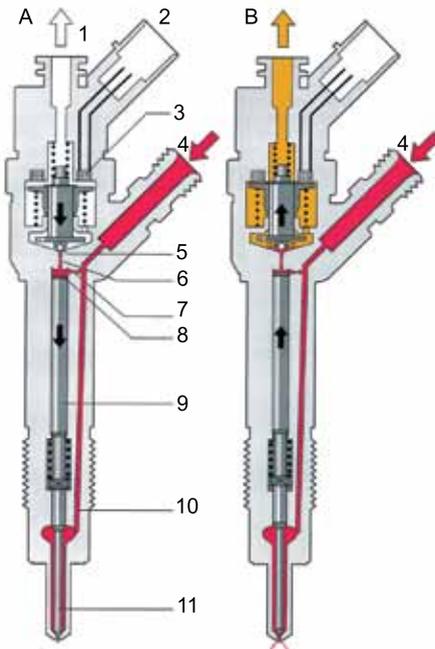


Fig. 117 - Elettroiniettore per Common Rail. A) iniettore a riposo; B) iniettore eccitato aperto; 1) ritorno carburante; 2) collegamento elettrico; 3) bobina di comando valvola; 4) mandata carburante in pressione dal Rail; 5) sfera della valvola; 6) foro calibrato di scarico; 7) foro calibrato di alimentazione; 8) camera comando valvola; 9) perno comando valvola; 10) condotto alimentazione iniettore; 11) ago dell'iniettore.

bustione. Comandando elettricamente la valvola elettromagnetica il foro di scarico si apre riducendo così la pressione nella camera comando valvola e quindi la spinta idraulica esercitata sul perno comando valvola. Non appena la spinta idraulica è inferiore a quella che preme sulla spalla di pressione dell'ago dell'iniettore, l'ago stesso si alza e il carburante viene iniettato nella camera di combustione attraverso i fori di spruzzo (figura 117-B). Questo tipo di azionamento indiretto dell'ago dell'iniettore, grazie ad un sistema idraulico di amplificazione della forza, viene adottato perché non è possibile generare direttamente tramite la valvola elettromagnetica le forze necessarie per una rapida apertura dell'ago dell'iniettore. Una quantità fissa (detta quantità di comando) e il carburante in eccesso vengono inviati nel ritorno carburante attraverso i fori calibrati della camera di comando. Oltre alla quantità di comando si verificano piccoli trafiletti sulle guide dell'ago dell'iniettore e del perno comando valvola. Questo carburante viene rinvio al serbatoio attraverso il ritorno carburante.

Funzionamento

Con il motore acceso e la pompa ad alta pressione in funzione si possono distinguere quattro diverse condizioni d'esercizio per l'iniettore:

- 1)** iniettore chiuso (in presenza di alta pressione);
- 2)** apertura dell'iniettore (inizio iniezione);
- 3)** iniettore completamente aperto;
- 4)** chiusura dell'iniettore (fine iniezione).

Queste condizioni d'esercizio vengono regolate mediante la distribuzione delle forze sui componenti dell'iniettore. Con il motore spento e il Rail senza pressione, l'iniettore rimane chiuso dalla molla.

1) Iniettore chiuso (posizione di riposo)

Nella posizione di riposo la valvola elettromagnetica non è eccitata e quindi chiusa (figura 117-A). Quando il foro di scarico è chiuso la sfera dell'indotto è premuta dalla molla dell'indotto nella sua sede chiudendo così il foro calibrato di scarico. Nella camera comando valvola giunge l'alta pressione dal Rail. La stessa pressione è presente anche nella camera di comando dell'iniettore. La forza generata dalla pressione del Rail sulla superficie del perno di comando e la forza della molla dell'iniettore mantengono l'ago dell'iniettore stesso in posizione di chiusura perché la forza di apertura, determinata dalla stessa pressione del Rail, agisce su una superficie minore (spalla di pressione dell'ago).

2) Apertura dell'iniettore (inizio iniezione)

L'iniettore si trova in posizione di riposo. La valvola elettromagnetica viene alimentata con la corrente di eccitazione per ottenere un'apertura rapida della valvola elettromagnetica stessa (figura 117-B). La forza dell'elettromagnete eccitato supera la forza della molla di contrasto e l'indotto apre quindi il foro di scarico.

Dopo un tempo brevissimo, l'elevata corrente di eccitazione si riduce a un valore inferiore, detto corrente di mantenimento. Questo è reso possibile dal traferro nel circuito magnetico che è diventato più piccolo. All'apertura del foro calibrato di scarico, il carburante defluisce dalla camera comando valvola nella cavità superiore e poi torna al serbatoio. Il foro calibrato di alimentazione impedisce la compensazione della pressione e la pressione nella camera comando valvola si riduce, fino ad essere inferiore alla pressione nella camera dell'iniettore, che è ancora a livello della pressione del Rail. La riduzione della pressione nella camera comando valvola comporta una diminuzione della forza che agisce sul perno di comando e quindi l'ago dell'iniettore può sollevarsi; ha inizio l'iniezione.

La velocità di apertura dell'ago è determinata dalla differenza di portata tra il foro calibrato di alimentazione e quello di scarico.

3) Iniettore completamente aperto

Il perno di comando raggiunge il suo fermo d'arresto superiore costituito da un cuscinetto di carburante. Questo cuscinetto è generato dal flusso di carburante tra il foro calibrato di alimentazione e quello di scarico. L'iniettore è ora completamente aperto ed il carburante viene iniettato nella camera di combustione con una pressione pressoché identica a quella del Rail.

4) Chiusura dell'iniettore (fine iniezione)

Quando la valvola elettromagnetica viene diseccitata, la molla della valvola stessa spinge in basso l'indotto e la sfera chiude il foro calibrato di scarico. L'indotto è costituito da due componenti. Pertanto la piastra dell'indotto viene spinta in basso da un trascinatore e le oscillazioni vengono smorzate dalla molla di richiamo. In questo modo non si esercita alcuna forza sull'indotto e sulla sfera. In seguito alla chiusura del foro calibrato di scarico, nella camera di comando si instaura nuovamente la pressione del Rail attraverso il foro calibrato di alimentazione. Questa pressione esercita una grande forza sul perno di comando perché agisce sull'intera superficie dello stesso. La somma della forza che agisce sul perno di comando e di quella della molla sono ora superiori alla forza che si sviluppa nella camera dell'iniettore e, di conseguenza, l'ago dell'iniettore stesso si chiude. La velocità di chiusura dell'ago dell'iniettore è determinata dalla portata del foro calibrato di alimentazione. L'iniezione termina quando l'ago dell'iniettore raggiunge di nuovo la sua sede di chiusura.

Alimentazione elettrica dell'iniettore

La centralina comanda gli iniettori tramite tensioni dell'ordine di **80 V** accumulate in appositi condensatori. La corrente di spunto che si ottiene nella bobina è dell'ordine dei **20 A** (corrente di lancio), con una corrente di mantenimento intorno ai **12 A**. L'evoluzione delle macchine utensili per la lavorazione delle parti dell'iniettore ha permesso di costruire iniettori sempre più veloci. In figura 118 è raffigurato un elettroiniettore di 2ª generazione; molto più veloce di quelli della prima versione. I tempi massimi di iniezione per questi iniettori (a regime termico) sono circa **1,5 ms**, i tempi massimi durante la fase di avviamento sono circa **4,5 ms**.

Elettroiniettori piezoelettrici per Common Rail Diesel

La necessità di ridurre i tempi di iniezione (veicoli di piccola cilindrata) e di aumentare il numero di inietture per ciclo (multi-jet) per ridurre il rumore, la velocità di salita della pressione e le emissioni inquinanti, ha condotto i costruttori ad adottare un iniettore con movimento di natura piezoelettrica. Il modulo piezoelettrico (vedi figura 119) contenuto nel corpo dell'iniettore è fatto con una pila di numerosi piattelli di quarzo; si ottiene così la forza necessaria per aprire la valvola di comando. Sarà poi la pressione del carburante (come nell'iniettore induttivo) a compiere il lavoro di sollevamento dell'ago. È il principio inverso del sensore di detonazione che abbiamo già visto nei precedenti paragrafi. Il cristallo di quarzo, se sollecitato meccanicamente (urto), emette un impulso elettrico, ma se sollecitato con un impulso elettrico, emette una



Fig. 118 - Iniettore per Common Rail di 2ª generazione (Bosch)

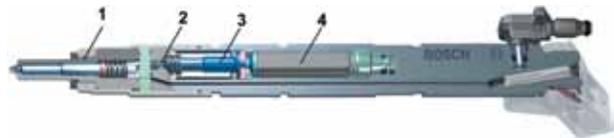


Fig. 119 - Iniettore piezoelettrico per Common Rail Diesel (Bosch).

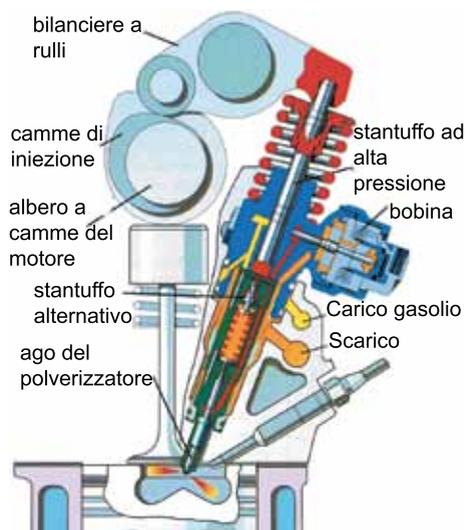


Fig. 120 - Iniettore pompa a comando elettrico (UIS Bosch).



Fig. 121 - Iniettore Vario per l'UIS della Bosch (pressione di iniezione 2050 bar). Si noti la serie di fori che si scoprono in successione.

regime del minimo. L'evoluzione di questo sistema (ad oggi siamo alla 4ª generazione) ha portato alla costruzione di un iniettore a due aghi coassiali che scopre due file di (vedi particolare in figura 121). Il vantaggio è l'eliminazione della preiniezione in molte condizioni di marcia pur ottenendo una combustione graduale; innescata prima da un serie di fori e poi dalla successiva. Le emissioni di NOx e di particolato sono ridotte del 25% circa rispetto alla prima versione di questo sistema. Sia i sistemi ad iniettore pompa che Common Rail sono stati adottati anche dai veicoli industriali.

Iniettore-pompa per veicoli industriali (UPS)

Il sistema UPS, avendo l'iniettore separato dalla pompa, può essere applicato a motori già esistenti. In questo caso la pompa, azionata da una punteria a rullo, va integrata nel blocco cilindro ed è collegata all'iniettore attraverso un corto tubo di collegamento.

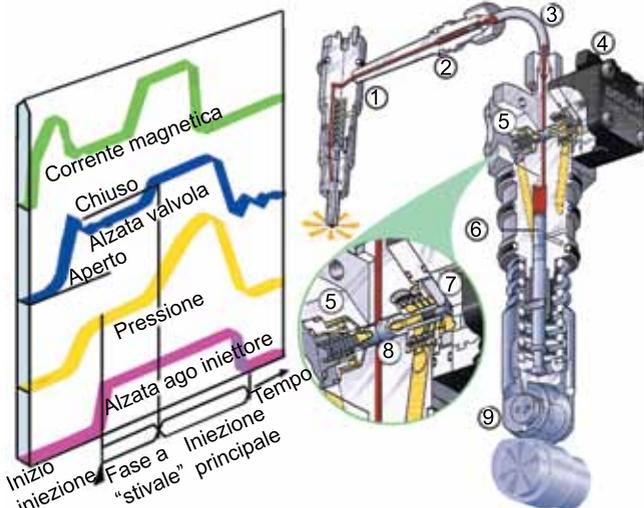


Fig. 122 - Principio di funzionamento iniettore-pompa (UPS) Bosch. 1) portainiettore; 2) tubo pressione con filtro; 3) condotto alta pressione; 4) solenoide; 5) stop valvola solenoide; 6) pistoncino; 7) armatura; 8) ago della valvola; 9) punteria.

vibrazione. L'iniettore piezoelettrico presenta tempi di eccitazione elettrica inferiori rispetto al precedente sistema a bobina. La maggior velocità di questo iniettore permette di compiere fino a 5 iniettate per ogni ciclo.

Elettroiniettori per iniettore-pompa (UIS)

Questo tipo di iniettore è stato adottato da Volkswagen e Audi e dà degli ottimi risultati. Le pressioni di iniezione sono maggiori; si possono raggiungere i 2000 bar, contro i 1600 bar dei sistemi Common Rail. Oggi anche nei Common Rail si sfiorano i 2000 bar. Come si potrà osservare in figura 120, la pressione si sviluppa direttamente sopra l'iniettore grazie all'azione di una camme. Il carico e lo scarico del gasolio possono avvenire direttamente con dei passaggi interni alla testata. La pressione di questo sistema aumenta in funzione del numero giri motore, a differenza del Common Rail che ha una pressione sviluppata da una pompa apposita. La pressione del Common Rail al minimo è facilmente regolabile intorno ai **1000 bar**, mentre per l'iniettore-pompa si raggiunge questo valore di pressione intorno ai 1500 giri/min, ben oltre il

ed è collegata all'iniettore attraverso un corto tubo di collegamento.

L'iniezione pilota non si effettua con il comando idraulico-meccanico, ma anche attraverso una regolazione della valvola a solenoide. La corrente di eccitazione (linea verde in figura 122) ha un picco iniziale, seguito da una diminuzione, da un periodo stabile e da un ulteriore picco. In questo caso la pressione ha un andamento particolare "a stivale" che garantisce bassa rumorosità pur garantendo un'estrema polverizzazione del carburante (pressione di picco di circa 2050 bar).

Codice degli iniettori

Gli iniettori dei Common Rail e gli iniettori pompa hanno fori di uscita del carburante piccolissimi (non visibili ad occhio nudo: circa $0,15 \div 0,4 \mu\text{m}$) e, quindi, le tolleranze di lavorazione assumono notevoli importan-

za, soprattutto nel caso di sostituzione. Per questo gli iniettori sono classificati in fabbrica; vengono provati singolarmente misurandone la mandata con dei cicli prestabiliti e ad una pressione costante. Il costruttore li numera con un codice che servirà a riconoscerne lo scostamento rispetto ad un campione. Tale codice (stampigliato sull'iniettore), servirà alla centralina una volta acquisito in memoria tramite apposito tester, a compensare le diversità di mandate tra gli iniettori.

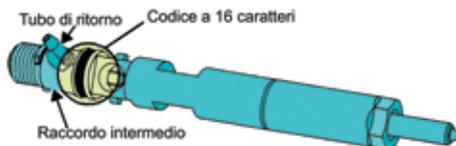


Fig. 123 - Codice di riconoscimento dell'iniettore.

Controlli sugli iniettori

Sono sconsigliabili controlli ohmmetrici con semplici multimetri perché le resistenze interne degli iniettori sono molto basse. Per gli iniettori piezoelettrici, tali misure sono impossibili. Gli iniettori, invece, possono essere controllati con appositi banchi prova i quali servono per il controllo visivo del getto e per le misure di mandata e la tenuta in chiusura.

Pompe elettriche alimentazione carburante

Funzionamento della pompa a celle e rulli

La pompa carburante è a celle e rulli oppure a ingranaggi ed è azionata da un motore elettrico a magneti permanenti; ha una portata molto superiore a quella di lavoro dell'iniezione. Il carburante in eccesso viene deviato dal regolatore di pressione verso il serbatoio carburante.

Il motore elettrico e la pompa vengono attraversati dal flusso del carburante. In molti impianti la pompa è immersa nel serbatoio. Non esiste comunque pericolo di esplosione perché all'interno della pompa, anche se ci fossero bolle d'aria, la miscela avrebbe un rapporto λ non accendibile.

Attenzione: la pompa non è lubrificata e non deve mai essere azionata senza carburante perché potrebbe danneggiarsi.

Se l'impianto di alimentazione del motore fosse tappato o parzialmente ostruito, la pompa scaricherebbe la benzina nel serbatoio. Dal lato aspirazione è dotata per questo di una valvola di sovrappressione che apre non appena viene raggiunta una determinata pressione. Dal lato mandata è dotata di una valvola di non ritorno che serve a mantenere l'impianto in pressione dopo lo spegnimento del motore. I valori di pressione di mandata per questo tipo di pompa oscillano tra **3,5 bar** (in condizioni normali) e **8 ÷ 9 bar** (con tubo di mandata otturato) di massima pressione. La tensione di alimentazione è di **12 V**, ma non mancano i casi di alimentazione con una resistenza in serie di tipo **ballast**; in questo caso la pompa funziona a tensioni più basse.

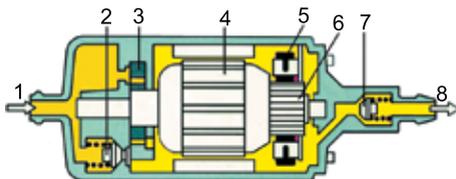


Fig. 124 - Pompa carburante a celle e rulli con motorino a magneti permanenti. 1) entrata carburante; 2) limitatore di pressione; 3) pompa a rulli; 4) indotto; 5) spazzole; 6) collettore; 7) valvola di non ritorno; 8) uscita carburante in pressione.

Nota bene: attenersi sempre ai dati forniti dalle case automobilistiche.

Sistemi a prepompa

La prepompa può essere esterna o interna al serbatoio (sui sistemi più recenti è interna) e serve per alimentare la pompa carburante principale. Con una tensione di 12 V, la prepompa eroga da 65 a 100 l/h circa a seconda dei veicoli con una pressione che solitamente è bassa (intorno a 0,25 bar). La prepompa fa circolare solo il carburante verso la pompa principale. Il carburante di ritorno dal motore non è fatto ricircolare dalla prepompa, che così lavora meno.

Nota bene: in caso di mancato funzionamento della prepompa si manifestano anomalie di marcia soprattutto in accelerazione; la situazione peggiora all'aumentare della temperatura.

In figura 125 è raffigurata una prepompa di un impianto di monoiniezione immersa. In questo impianto la pompa principale è a celle e rulli ed è montata, invece, a fianco del serbatoio, insieme al filtro carburante.

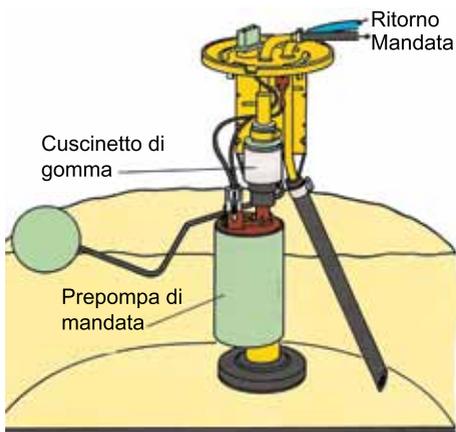


Fig. 125 - Prepompa nel serbatoio di un sistema a monoiniezione (MonoMotronic Polo Volkswagen).

In figura 126 è raffigurato un sistema di pompa, prepompa, accumulatore e indicatore di livello in un unico contenitore.

Funzionamento

Nell'involucro della pompa a due stadi sono installate due pompe a funzionamento indipendente, ma mosse dallo stesso albero. Il movimento è dovuto a un motorino elettrico a magneti permanenti. Il primo stadio (prepompa) è a canali laterali e aspira il carburante attraverso il filtro dal fondo del serbatoio riempiendo l'accumulatore. Dall'uscita (vedi figura 126), insieme al carburante di ritorno dal motore, vengono rinviate al serbatoio le bolle di vapore carburante. Il secondo stadio funziona con una pompa ad ingranaggi a dentatura interna; essa è costantemente immersa nel combustibile e attraversata da questo anche nelle parti elettriche. Le valvole di non ritorno e di sovrappressione sono contenute nel secondo stadio.

Regolatori del minimo

Regolatori del minimo a cassetto rotante

Il regolatore (vedi fig. 127) è comandato da una corrente ad onda rettangolare. Con il massimo rapporto di pulsazione (massimo valore medio della corrente di comando), la sezione di by-pass è completamente aperta.

Funzionamento

La bobina (4) viene alimentata dalla centralina e produce un campo magnetico che fa ruotare l'indotto (5) e con esso l'ancora rotante (6), vincendo la forza della molla (3). La posizione dell'ancora rotante viene determinata dal valore della corrente di comando (tasso di pulsazione

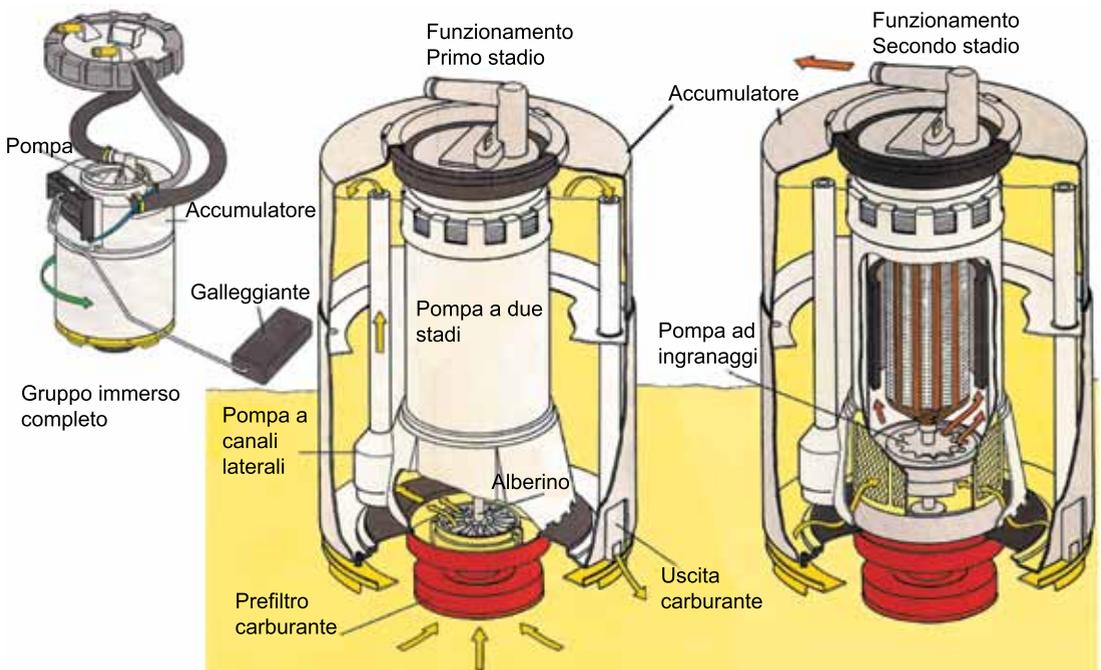


Fig. 126 - Al centro: funzionamento del primo stadio; a destra: funzionamento del secondo stadio; a sinistra in alto: gruppo galleggiante e pompa completo.

o duty cycle). In caso di malfunzionamento o guasto elettrico, la molla mantiene l'ancora in posizione di riposo contro il fermo regolando la sezione di passaggio dell'aria sufficiente per il regime del minimo a caldo. Le prime versioni di questi attuatori permettevano una regolazione manuale dell'andatura del minimo tramite la vite (7 in figura 127). In assenza di corrente (connettore staccato), è possibile registrare l'andatura del minimo agendo sulla vite (7). La frequenza di alimentazione varia solitamente da 90 Hz a 110 Hz a seconda della marca e del modello.

È sempre bene essere in possesso dei dati di controllo forniti dalle case. Il segnale di alimentazione può essere letto con un multimetro (che legge L'RCO) oppure con un oscilloscopio a regolatore collegato.

Gli unici controlli elettrici possibili, a regolatore staccato, sono la misura della resistenza elettrica della bobina ed una prova di isolamento tra parte elettrica e carcassa.

I segnali ad onda rettangolare a duty cycle variabile sono già stati oggetto di studio al capitolo 6. Si ricorda che l'alimentazione positiva al regolatore arriva solitamente da un relè, mentre la negativa arriva (ad impulsi) dalla centralina di gestione del minimo o dell'iniezione. L'alimentazione negativa, inoltre, non è una massa reale, ma un negativo proveniente da un transistor interno alla centralina. Il regolatore del minimo ad ancora rotante è montato in un canale bypass del collettore di aspirazione sul corpo farfallato oppure è collegato con un tubo a monte e un tubo a valle della valvola a farfalla.

Regolatori del minimo rotanti a due avvolgimenti

Il regolatore del minimo rotante a due avvolgimenti è molto simile alla versione descritta al paragrafo precedente.

È montato nella stessa posizione del precedente. Si distingue dal precedente per la presenza di tre morsetti di collegamento: uno per il positivo e due negativi collegati alla centralina (che anche in questo caso invia il negativo a impulsi). Questo tipo di regolatore non ha nessuna possibilità di regolazione manuale. Il ritorno a zero d'emergenza è previsto grazie alla presenza di una debole molla di ritorno. I vantaggi di questa soluzione rispetto alla precedente sono:

- maggiore rapidità di posizionamento;
- minor consumo di energia per il posizionamento;
- possibilità di autodiagnosi completa;
- minimo più stabile in tutte le situazioni.

Regolatori del minimo a spostamento d'indotto

Questo tipo di attuatore è una specie di elettrocalamita che muove il nucleo a seconda della corrente di eccitazione della bobina. Solitamente le correnti continue di comando di questi variano da 400 mA, con passaggio appena superiore al minimo fino a 1200 mA, con passaggio d'aria completamente aperto. La molla (1 in figura 129) serve per riportare a zero il

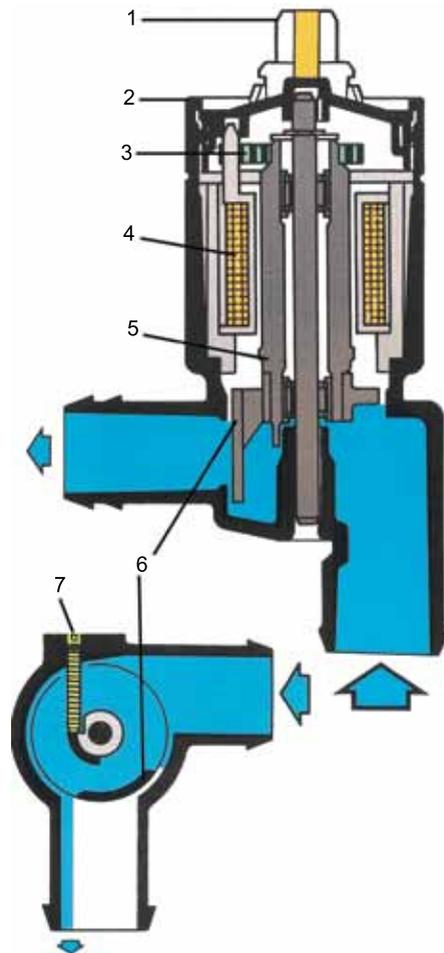


Fig. 127 - Regolatore rotante del minimo: 1) collegamento elettrico; 2) carcassa; 3) molla di ritorno; 4) bobina; 5) indotto rotante; 6) ancora o distributore rotante; 7) fermo registrabile.

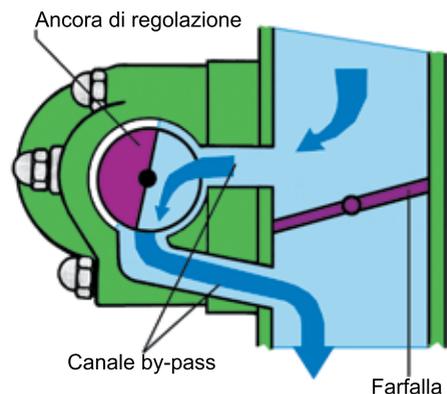


Fig. 128 - Posizione del regolatore nel condotto by-pass della valvola a farfalla.

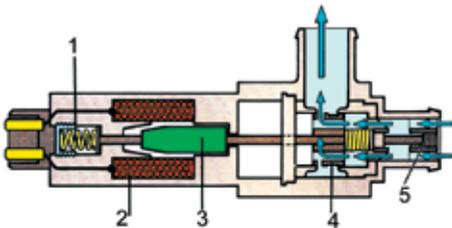


Fig. 129 - Regolatore del minimo a spostamento d'indotto. 1) molla di ritorno; 2) bobina dell'elettrocalamita; 3) nucleo mobile dell'elettrocalamita; 4) stantuffo; 5) vite di regolazione battuta del minimo.

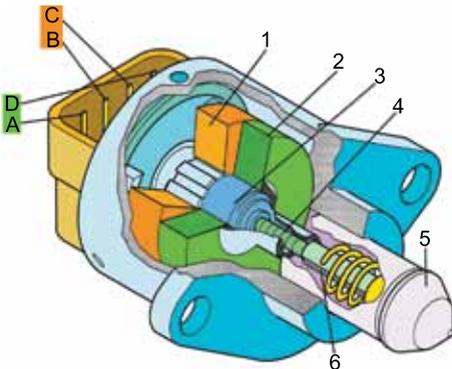


Fig. 130 - Regolatore del minimo a passo. A-D) collegamenti elettrici fase 2; B-C) collegamenti elettrici fase 1; 1) bobina della prima fase; 2) bobina della seconda fase; 3) rotore; 4) colonna filettata; 5) cursore di regolazione; 6) guida.

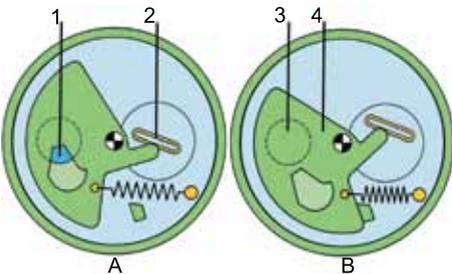


Fig. 131 - Funzionamento della valvola supplementare a bimetallo. A) parzialmente aperta; B) chiusa; 1) apertura di passaggio dell'aria addizionale; 2) bimetallo con avvolgimento di riscaldamento; 3) condotto di passaggio aria; 4) cursore di chiusura.

Valvole di regolazione

Valvola aria supplementare elettrica a bimetallo

Questo tipo di valvola (semiautomatica) veniva usato sui primi impianti di iniezione. È un componente che interviene solo durante la fase di riscaldamento del motore. Durante questa fase il motore a fatica si mantiene acceso ed è necessario, quindi, aumentarne i giri in alcuni casi fino a 1200 giri/min (minimo accelerato).

course di regolazione fino alla battuta d'arresto (5). In caso di guasto elettrico, il regolatore del minimo a spostamento d'indotto lascia trafilare la quantità d'aria sufficiente per il regime del minimo. È possibile una regolazione del minimo solo sulle versioni più vecchie; sulle versioni più recenti non è possibile nessuna regolazione.

Esistono versioni comandate in duty cycle (RCO), solitamente con frequenze da 90 Hz a 110 Hz a seconda della marca e del modello. Anche per questi è bene essere sempre in possesso dei dati di controllo forniti dalle case. Il segnale di alimentazione può essere letto con un multimetro (che legge L'RCO) oppure con un oscilloscopio, a regolatore collegato. Gli unici controlli elettrici possibili, a connettore staccato, sono la misura della resistenza elettrica della bobina ed una prova di isolamento tra parte elettrica e carcassa.

Regolatori con motorino a passo

Il motorino di figura 130 è lo spaccato del motorino di cui la figura 23 mostra come misurare la resistenza degli avvolgimenti. Questo tipo di motorino (bifase bipolare) è utilizzato per il controllo del minimo tramite regolazione di un by-pass della valvola a farfalla. Il vantaggio di questi motorini è che ad ogni impulso elettrico compiono un preciso e costante angolo di rotazione. La centralina, contando gli impulsi, può memorizzare parecchie posizioni acquisite dal cursore in diverse condizioni per ottenere un minimo costante. Al ripresentarsi delle medesime condizioni, la centralina ha già pronto in memoria la posizione che il cursore dovrà assumere per un minimo stabile del motore. Abbiamo già avuto modo di vedere al capitolo 11 come venga elettricamente comandato questo tipo di motorino.

Controlli del motorino a passo

I controlli eseguibili sono: misure di resistenza degli avvolgimenti a connettore staccato, rilevamento con oscilloscopio degli impulsi di comando a motorino alimentato. Dopo la sostituzione di questo motorino oppure della batteria, il motore potrebbe non avere un minimo stabile (di solito rimane accelerato). Occorrerà alla centralina qualche tempo per rimemorizzare le posizioni più adatte per la gestione del regime del minimo.

Nota bene: non collegare mai lampade spia su nessun morsetto di qualsiasi tipo di regolatore del minimo.

I giri devono poi diminuire a mano a mano che il motore si scalda fino a stabilizzarsi a $700 \div 800$ giri/min. La valvola dell'aria supplementare, a freddo, apre un condotto che cavallotta (by-pass) la valvola a farfalla permettendo a una maggior quantità d'aria, rispetto a quella del minimo, di entrare nel motore. La valvola è situata sui collettori dell'impianto di raffreddamento ed è quindi esposta alla temperatura di funzionamento del motore. A mano a mano che l'impianto aumenta di temperatura, la valvola chiude il condotto di by-pass con un diaframma mosso dall'azione di una molla bimetallica in essa contenuta. A motore in temperatura di esercizio ($75 \div 90$ °C), la sezione di passaggio per l'aria supplementare deve essere chiusa se la valvola funziona correttamente.

La valvola è alimentata elettricamente e assorbe una piccola corrente che riscalda il bimetallo, accelerando la chiusura del by-pass.

Valvola aria supplementare con elemento di dilatazione

Questo tipo di valvola, ormai abbandonata, veniva usata per la regolazione dell'aria addizionale a freddo (minimo accelerato) già sui sistemi a carburatore. Contiene un elemento che con l'aumentare della temperatura subisce una forte dilatazione. L'elemento è utilizzato per spingere il pistone contro la forza di una molla e chiudere progressivamente la finestra di passaggio dell'aria supplementare.

VAE (valvola aria elettromagnetica)

Il by-pass dell'aria viene regolato dalla valvola dell'aria elettromagnetica (VAE), con un pistoncino o stantuffo mosso dal nucleo di un elettromagnete (vedi fig. 134).

Lo stantuffo (3) si muove aprendo o chiudendo la finestra di passaggio dell'aria (2). L'elettrovalvola riceve l'alimentazione dal positivo della batteria attraverso i relè della pompa e dell'impianto. La centralina provvede ad inviare la massa (sempre attraverso un transistor) alla VAE con un comando ad onda quadra a frequenza di 90 Hz e con valore efficace variabile (duty cycle). L'avvolgimento della VAE (1) viene così eccitato con frequenza costante, ma con valori efficaci di correnti variabili in funzione del numero giri del minimo.

Se il regime del motore al minimo supera un valore nominale memorizzato in centralina, il valore efficace della corrente di comando della VAE viene diminuito fino a quando il numero giri del motore non combacia con il numero giri nominale. Se il regime del motore è inferiore al valore nominale, la centralina aumenta il valore efficace della corrente di comando della VAE la quale apre il by-pass facendo aumentare i giri. Nelle ultime versioni di valvola è stato inserito un diodo in serie all'avvolgimento e successivamente un diodo in parallelo.

Elettrovalvola canister

I vapori carburante non possono (per legge) essere emessi in atmosfera perché sono inquinanti. I sistemi di ritenuta dei vapori carburante sono muniti di un filtro a carboni attivi in cui termina la tubazione di sfiato proveniente dal serbatoio.

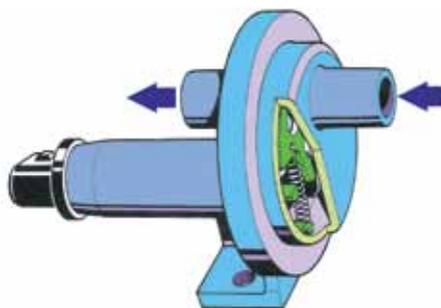


Fig. 132 - Valvola dell'aria addizionale a bimetallo.

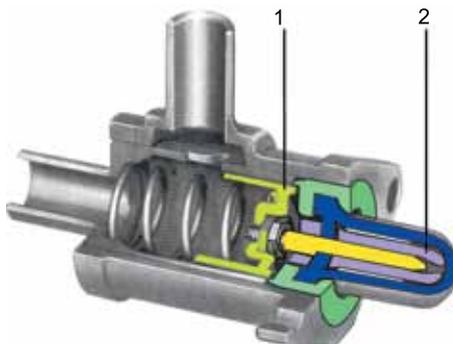


Fig. 133 - Valvola dell'aria addizionale con elemento di dilatazione. 1) pistone di regolazione della finestra passaggio aria addizionale; 2) elemento di dilatazione.

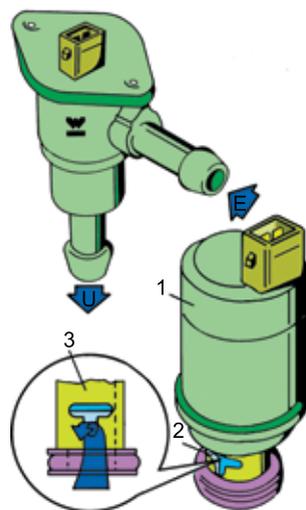


Fig. 134 - Elettrovalvola dell'aria per la regolazione automatica del regime del minimo (VAE). 1) elettromagnete; 2) finestra di passaggio dell'aria addizionale; 3) stantuffo di regolazione della finestra di passaggio (viene mosso dal nucleo dell'elettromagnete); E) entrata aria; U) uscita aria.

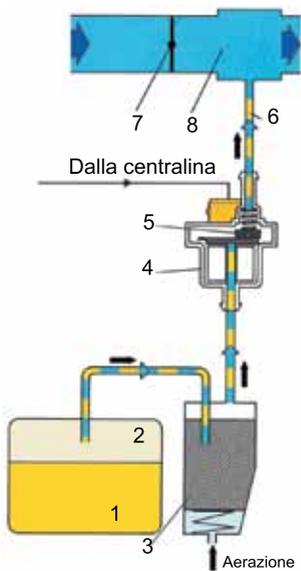


Fig. 135 - 1) serbatoio carburante; 2) vapori carburante; 3) filtro a carboni attivi; 4) elettrovalvola canister; 5) valvola di non ritorno; 6) tubazione al collettore; 7) valvola a farfalla; 8) collettore d'aspirazione.

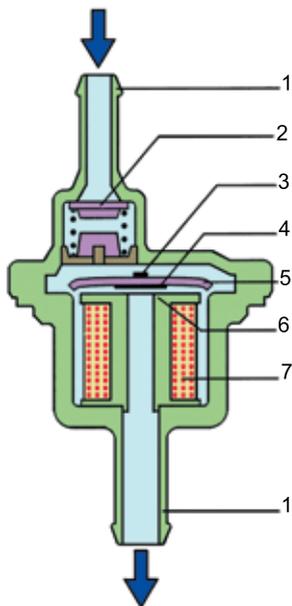


Fig. 136 - Elettrovalvola rigenerazione filtro a carboni attivi. 1) collegamenti ai tubi flessibili; 2) valvola di non ritorno; 3) molla a balestra; 4) elemento di tenuta; 5) indotto magnetico; 6) sede di tenuta; 7) bobina elettrica.

Il carbone attivo trattiene i vapori e fa uscire nell'atmosfera solo aria. Per rigenerare continuamente il carbone contenuto nel filtro, è installata una tubazione dal filtro al collettore di aspirazione.

Con motore in moto, nel collettore di aspirazione si forma una depressione che richiama aria attraverso il filtro rigenerandolo. L'aria nel filtro si mescola ai vapori accumulati e si dirige verso il collettore. L'elettrovalvola canister, comandata dalla centralina di iniezione, dosa questo flusso. Questa elettrovalvola è solitamente collegata al positivo tramite il contatto interno di un relè, e riceve il negativo (sempre attraverso un transistor) dalla centralina di iniezione. Il comando non è continuo, ma in RCO, e il tasso di pulsazione stabilisce il dosaggio del ricircolo. Un ciclo dura circa $120 \div 160$ ms con il 60% di chiusura e il 40% di apertura. Sopra la valvola canister (con riferimento alla figura 135) è posta una valvola pneumatica di commutazione. Al minimo questa valvola è chiusa, ma quando la valvola a farfalla si muove il condotto di comando entra in depressione e la apre (carico parziale). Il numero ed i tipi di elettrovalvole canister è ormai piuttosto elevato e sarebbe impossibile illustrarli tutti in un libro di testo. Alcuni impianti di ricircolo vapori carburante verranno presi in considerazione nei capitoli successivi.

Elettrovalvola regolazione pressione turbo-compressione

I motori delle autovetture devono raggiungere già con bassi numeri di giri un'elevata coppia motrice. Pertanto l'involucro della turbina viene predisposta per un piccolo flusso di gas di scarico, per esempio, pieno carico con $n = 2000$ g/min. Affinché in presenza di grandi flussi di gas di scarico il turbocompressore non alimenti eccessivamente il motore, una parte del flusso dev'essere mandata nell'impianto gas di scarico tramite una valvola by-pass (Wastegate) facendola passare accanto alla turbina. Normalmente questa valvola by-pass è integrata (nella versione a calotta) nell'involucro della turbina.

Anche le turbine a geometria variabile, non ancora adottate sino ad ora per il motore a ciclo Otto, possono essere combinate con la regolazione della pressione di sovralimentazione. Con una regolazione pneumatico-meccanica, il posizionatore del turbocompressore è alimentato direttamente con la pressione di sovralimentazione uscita compressore. Come si potrà osservare in figura 137, l'elettrovalvola (1) può modulare la pressione che giunge alla capsula di comando (2) della Waste-gate.

A questa non giunge, quindi, la pressione (P_c) che realmente viene prelevata dal collettore, ma sicuramente un valore compreso tra questo ed un valore che può essere modulato fino a zero (P_m). Il segnale elettrico di comando giunge all'elettrovalvola direttamente dalla centralina di gestione motore. Questa tiene sotto controllo naturalmente temperature, detonazione, valori di pressione del collettore, anticipo d'accensione, tempi di iniezione ed elabora il segnale (RCO) di comando elettrovalvola. Questo tipo di elettrovalvola si presta molto bene per il controllo dell'overboost e di tutta la curva d'intervento del compressore.

Elettrovalvola EGR

La valvola di ricircolo dei gas di scarico è chiamata semplicemente valvola EGR (dalla sigla inglese). Il riciclaggio dei gas di scarico permette di ridurre la temperatura in camera di scoppio e di conseguenza di contenere le emissioni di ossidi di azoto (NOx). Una percentuale troppo alta di gas di scarico miscelati all'aria di aspirazione renderebbe la combustione incompleta e, di conseguenza, aumenterebbero gli idrocarburi incombusti. La percentuale di gas

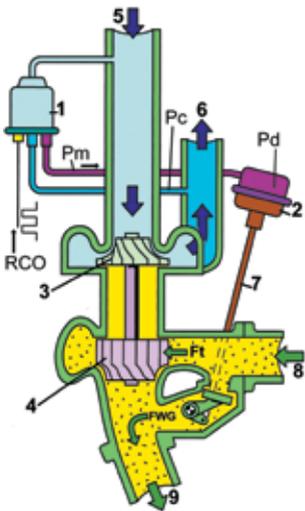


Fig. 13.137 - 1) Elettrovalvola ad impulsi; 2) valvola pneumatica del posizionatore; 3) compressore; 4) turbina; 5) entrata aria nel compressore dal filtro aria; 6) uscita aria compressa verso il motore o l'intercooler; 7) asta di comando del posizionatore della Waste-gate; 8) entrata dei gas di scarico; 9) uscita dei gas di scarico verso il tubo di scarico; Pd) pressione nella capsula del posizionatore; RCO) segnale in dutycycle; Ft) flusso sulla turbina; FWG) flusso attraverso la Waste-gate; Pm) pressione modulata; Pc) pressione nel collettore.

Il motore elettrico è comandato in RCO. Con piena alimentazione, la valvola è completamente aperta. Con alimentazione assente, la valvola è completamente chiusa. Il comando della valvola da parte della centralina avviene in funzione di temperatura motore, regime motore, carico motore (posizione pedale acceleratore) e della modalità di funzionamento motore. Le condizioni che consentono il riciclo dei gas di scarico sono:

- regime motore superiore a **700 giri/min**;
- temperatura motore superiore a **60 °C**.

Con funzionamento a miscela povera, il tasso di riciclaggio può raggiungere il **30%**.

Nota bene: il potenziometro di controllo della posizione assunta dalla valvola non è smontabile.

Elettrovalvola regolazione aspirazione

La variazione della lunghezza dei condotti di aspirazione migliora il rendimento volumetrico del motore. Per ottenere dei percorsi a lunghezza e diametro variabile

da riciclare è naturalmente dipendente dalle condizioni di funzionamento del motore. A freddo il ricircolo non è attivo, così come può essere escluso in fase di accelerazione o in decelerazione.

Come si può intuire, la centralina ha un'apposita memoria mappata per la gestione di questa funzione.

Il ricircolo è gestito dalla centralina elettricamente comandando un'apposita elettrovalvola EGR in RCO. Vi possono essere due soluzioni:

- il comando diretto della valvola di riciclaggio (soluzione più recente);
- il comando di una elettrovalvola che serve per gestire una valvola pneumatica di riciclaggio.

Per rispettare le norme antinquinamento, sempre più severe in materia di gas di scarico, si è reso necessario gestire la valvola EGR con sempre maggior precisione. Sulle ultime versioni (vedi esempio in figura 141) è stato introdotto il controllo elettrico diretto dell'elettrovalvola (che può anche essere un motorino) ed il controllo della posizione acquisita dall'attuatore della elettrovalvola. La misura della posizione acquisita permette di memorizzare le posizioni e di gestire rapidamente la risposta del sistema.

La valvola EGR è costituita dai seguenti elementi:

- un motore elettrico (10 in figura 141);
- un'asta di comando che permette di posizionare la valvola (11).

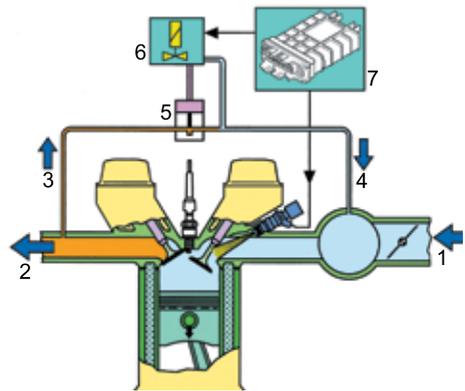


Fig. 138 - Ricircolo dei gas di scarico tramite elettrovalvola e valvola pneumatica. 1) entrata aria di aspirazione; 2) uscita gas di scarico; 3) presa dei gas dal collettore di scarico; 4) tubo di ricircolo nel collettore di aspirazione; 5) valvola pneumatica; 6) elettrovalvola EGR; 7) centralina gestione motore.

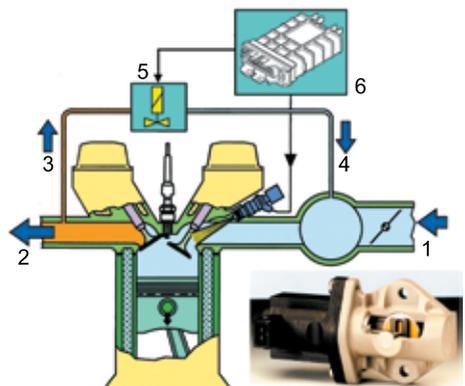


Fig. 139 - Ricircolo dei gas di scarico tramite elettrovalvola EGR. 1) entrata aria di aspirazione; 2) uscita gas di scarico; 3) presa dei gas dal collettore di scarico; 4) tubo di ricircolo nel collettore di aspirazione; 5) elettrovalvola EGR; 6) centralina gestione motore. A destra in basso una elettrovalvola EGR (Pierburg) per il montaggio diretto sul motore con elettromagnete a comando RCO.

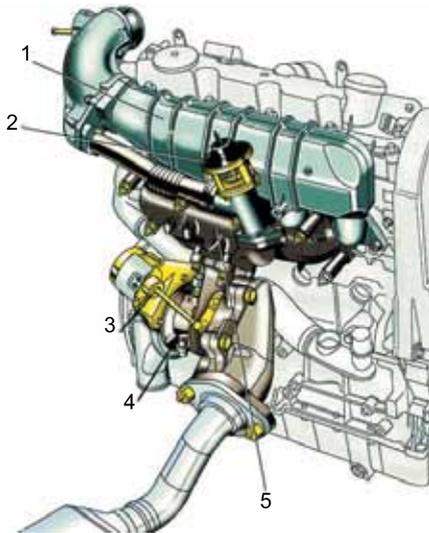


Fig. 140 - Esempio di valvola EGR pneumatica. 1) collettore d'aspirazione; 2) capsula a membrana della valvola EGR; 3) capsula controllo Waste-gate; 4) turbo-compressore; 5) collettore di scarico (Citroën Xsara anno 1997).

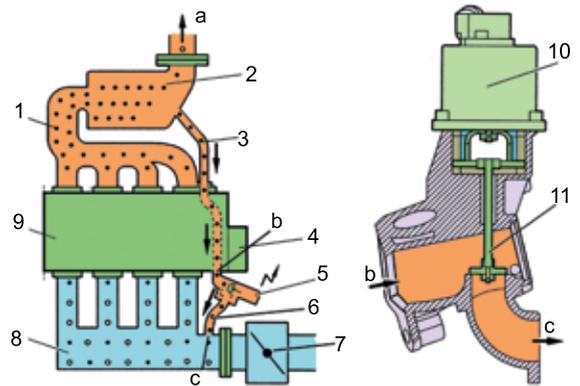


Fig. 141 - Gestione del ricircolo dei gas di scarico con elettrovalvola EGR e controllo della posizione acquisita tramite potenziometro. 1) collettore gas di scarico; 2) precatalizzatore; 3) tubo di riciclaggio dei gas di scarico (parte del tubo è integrata nella testata motore); 4) termostato uscita liquido motore; 5) valvola EGR; 6) tubo di riciclo dei gas dalla valvola al collettore di aspirazione; 7) scatola a farfalla motorizzata; 8) collettore di aspirazione; 9) testata; 10) motorino elettrico della valvola EGR con potenziometro incorporato; 11) asta di movimento valvola; a) uscita dei gas di scarico verso la marmitta catalitica; b) entrata dei gas di scarico nel corpo valvola; c) uscita dei gas di scarico dalla valvola verso il collettore di aspirazione. (Citroën C5 HPI).

per l'aria di immissione, sono stati studiati appositi condotti ed inseriti degli organi di regolazione (solitamente delle farfalle) in ciascun condotto oppure nel collettore. Questi organi, una volta a regolazione prettamente meccanica, venivano mossi da un rimando dell'albero di movimento valvola a farfalla. La variazione dell'aspirazione avveniva a scatto e veniva introdotta oltre una determinata posizione valvola a farfalla. Oggi un programma di gestione ottimizza il sistema tenendo in considerazione fattori come il numero giri, la posizione valvola a farfalla, il carico e la temperatura motore. Il sistema di posizionamento delle valvole di regolazione collettore può essere di tipo elettropneumatico oppure prettamente elettrico. In figura 142 è schematizzato il funzionamento della regolazione passaggi aria in un motore a V. Con le valvole chiuse (percorso lungo) si ottiene un'elevata coppia ai bassi regimi; con le valvole aperte (percorso corto) si ottiene un'elevata coppia agli alti regimi.

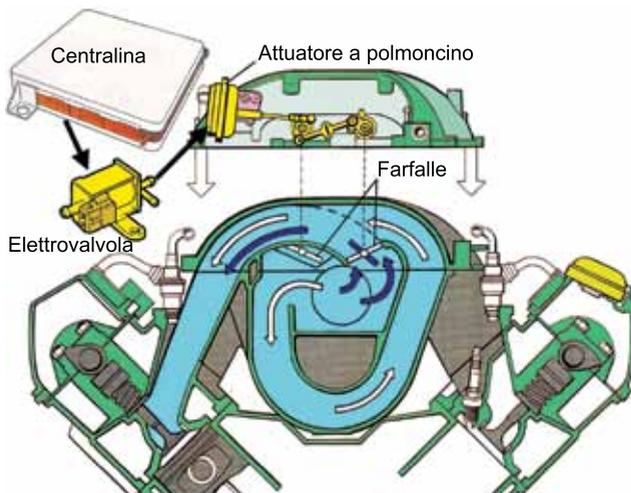


Fig. 142 - Sistema di regolazione della geometria di passaggio aria nel collettore di aspirazione. Le frecce bianche indicano il percorso lungo; le frecce blu indicano il percorso corto.

Il movimento delle valvole si ottiene grazie all'attuatore a polmoncino il quale funziona grazie alla depressione proveniente da sotto la valvola a farfalla. L'elettrovalvola apre o chiude il passaggio della depressione verso il polmoncino su comando della centralina motore. A volte le farfalle non servono per ottimizzare il flusso d'aria, ma per indirizzarlo in una precisa zona del cilindro in un apposito incavo del pistone (nelle iniezioni dirette di benzina). A questo scopo, ciascun condotto di ammissione è diviso in due canali separati (vedi figura 143) di cui uno può essere chiuso o aperto da un'apposita farfalla. Anche in questo caso l'attuatore che muove le farfalle nei singoli condotti è di tipo pneumatico a polmoncino. Il polmoncino, grazie alla depressione, muove una biellet-

ta collegata all'alberino delle farfalle. La depressione viene intercettata da una elettrovalvola comandata dalla centralina di gestione motore. Anche per questo impianto esistono attuatori elettrici comandati da un segnale in RCO, come per le valvole EGR o canister.

Regolatori valvola a farfalla

Motorino valvola a farfalla con contatto del minimo

Nel corpo farfallato non esistono canali by-pass per il regime del minimo, ma la regolazione del numero giri è automaticamente controllata dalla centralina elettronica tramite un motorino in corrente c.c. che agisce sull'apertura della valvola a farfalla. All'interno del motorino è montato l'interruttore di minima che deve essere chiuso con pedale dell'acceleratore rilasciato. Il motorino riceve l'alimentazione direttamente dai terminali della centralina la quale contiene un commutatore elettronico in grado di alimentare i morsetti del motorino con polarità alternate. Il motorino gira in senso orario o antiorario in relazione alle polarità dei suoi morsetti e muove l'alberino della valvola a farfalla in chiusura o in apertura (per un massimo di 18°) regolando così il regime del minimo. In figura 144 è raffigurato (parti colorate) il sistema di movimento farfalla per la regolazione del minimo della monoiniezione mono-Jetronic Bosch. Questo gruppo di monoiniezione aveva sull'altro capo dell'alberino farfalla il potenziometro per il rilievo delle posizioni valvola a farfalla. In figura 145 è rappresentato un motorino dell'impianto Mono-Motronic Bosch e relativo schema di collegamento con la centralina di gestione motore. La centralina gestisce il motorino direttamente, con un apposito circuito di comando ed inversione interno. Rilasciando il pedale acceleratore, l'interruttore del minimo chiude e la centralina inizia la regolazione del regime del minimo. Il motorino è alimentato a **5 V** con impulsi che durano da un minimo di **100 millisecondi** fino al pilotaggio permanente.

Motorino valvola a farfalla con contatto del minimo e sensore Hall

Il motorino descritto in figura 144 ha subito alcune modifiche che hanno permesso di ampliare il numero di funzioni svolte da questo attuttore e rendere più preciso il posizionamento della valvola a farfalla. La posizione della punteria dell'attuatore è determinata ora, oltre che dal sensore potenziometrico montato sull'albero della valvola e dall'interruttore del minimo, anche da un sensore di tipo Hall affacciato ad un apposito magnete sull'albero del motorino. La centralina ha a disposizione quattro informazioni che le permettono di determinare:

- la velocità di movimento acceleratore;
- la posizione della valvola a farfalla;
- la posizione della punteria dell'attuatore;
- la velocità di rilascio acceleratore.

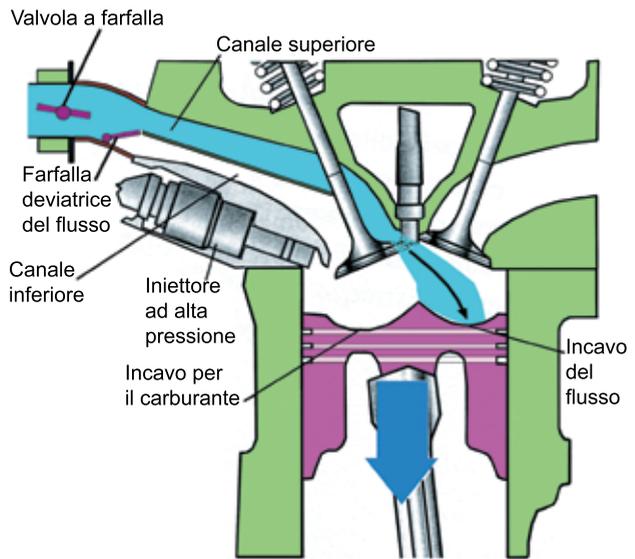


Fig. 143 - Sistema di regolazione della mandata dell'aria in un motore ad iniezione diretta di benzina. Il flusso può essere indirizzato verso il canale superiore o suddividersi sui due canali.

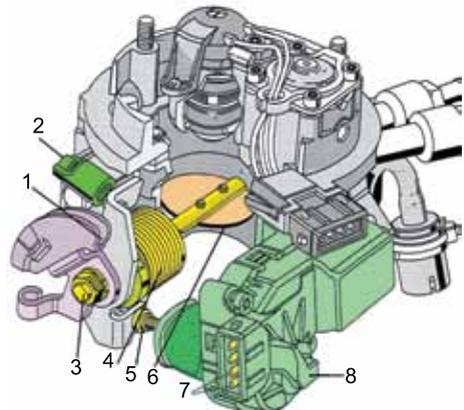


Fig. 144 - Movimento valvola a farfalla con motorino del minimo Mono-Jetronic Bosch. 1) losanga per cavo Bowden; 2) registro battuta farfalla; 3) alberino valvola a farfalla; 4) molla ritorno valvola a farfalla; 5) puntale del motorino con battuta regolabile; 6) valvola a farfalla; 7) contatto del minimo del motorino; 8) corpo dell'attuatore.

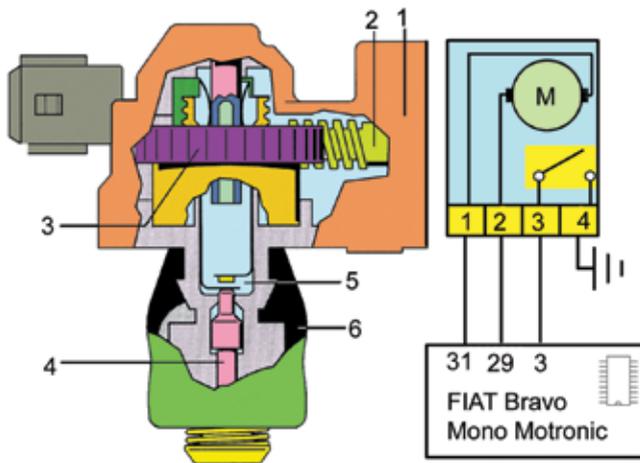


Fig. 145 - Motorino di posizionamento farfalla (1ª versione Mono Motronic Bosch) con contatto di fine corsa. A destra: schema di collegamento alla centralina (FIAT Bravo 1370 cc). 1) corpo con motore elettrico a magneti permanenti; 2) vite senza fine; 3) ingranaggio elicoidale; 4) albero scorrevole; 5) contatto di fine corsa; 6) soffiello di protezione in gomma.

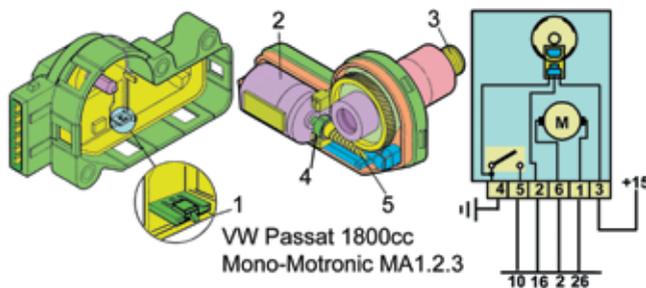


Fig. 146 - Attuatore posizionamento valvola a farfalla con sensore Hall ed interruttore del minimo (Bosch Mono-Motronic). 1) captatore Hall; 2) motorino in cc a magneti permanenti; 3) punteria con micro-interruttore incorporato; 4) magnete permanente per sensore Hall; 5) chiocciola di trasmissione.

setti 7 (massa) e 5 per il rilievo della tensione del sensore posizione valvola a farfalla. La seconda sonda (per oscilloscopio a due canali) va inserita tra il morsetto 7 (massa) e il morsetto 8 per il controllo del sensore posizione attuatore.

È possibile inserire le due sonde e visualizzare le due tracce in contemporanea anche per oscilloscopi con canali a massa comune. Per fare la prova indicata in figura 148, è necessario muovere l'acceleratore lentissimamente e mantenere la scala dei tempi su valori bassi (**0,01 s/div**). Il segnale emesso dal potenziometro apparirà come una linea che sale e scende lentamente tra **0,5 e 4,5 V**.

Questo sensore emette circa **5 V** con farfalla a riposo e scende gradualmente a circa **0,4 V** con **88°** di apertura valvola. Con la stessa scala dei tempi è possibile anche analizzare il segnale del sensore posizione attuatore. La tensione varia da **4,5 a 0,4 V** circa nei primi **4 ÷ 6°** di apertura farfalla.

La cosa più importante è che i segnali non contengano impulsi verso massa o verso il positivo. Questi brevi disturbi, visibili all'oscilloscopio, sono il sintomo di un'usura che può portare ad interruzione del segnale emesso.

La tensione di alimentazione di questo motorino è circa **12 V DC** con brevi interruzioni (onda rettangolare in RCO). La forza sviluppata dal motorino dipende dalla durata degli impulsi inviati dalla centralina.

La centralina può quindi intervenire per:

- regolare il minimo;
- prevenire una caduta di regime motore;
- regolare la velocità di rilascio.

Inoltre, la centralina può memorizzare le posizioni della punteria in relazione a determinate situazioni. Ciò le consente di richiamare le posizioni memorizzate per adattarsi velocemente a tali situazioni quando queste si ripresentano.

Regolatore farfalla con potenziometri e interruttori incorporati

Le ultime versioni del regolatore valvola a farfalla contengono il potenziometro per il rilievo della posizione acquisita dalla valvola a farfalla. Il corpo contenente la regolazione integrata del minimo non può essere aperto. Nessun potenziometro o interruttore può essere regolato meccanicamente.

La regolazione può essere effettuata tramite presa diagnosi e un tester con software specifico. Con questo tipo di regolatore, la variazione di potenza motore si ottiene attraverso il pedale dell'acceleratore tramite cavo Bowden. L'unità di comando farfalla svolge le funzioni di regolazione del minimo, ammortizzatore chiusura, funzionamento d'emergenza al minimo. Su questo attuatore è possibile eseguire dei controlli con multimetro o con oscilloscopio (vedi figura 148). L'inserzione dell'oscilloscopio va eseguita con sonda collegata tra i mor-

Corpo farfallato motorizzato

I gruppi farfalla motorizzati sono ormai molto diffusi e, visto i vantaggi che offrono, sostituiranno via via tutti gli altri sistemi. Viste le differenze tra un costruttore e l'altro, non potremo esaminarli tutti nel dettaglio; il sistema descritto qui di seguito si riferisce ad una gestione motore Magneti Marelli IAW 4MP.

Gruppo farfallato motorizzato Magneti Marelli IAW 4MP

Il corpo farfallato del tipo motorizzato "Drive By Wire D.C. Motor" serve alla regolazione dell'aria di riempimento del motore. Il posizionamento della valvola a farfalla avviene tramite un motorino che agisce su tutto il campo di regolazione, dal minimo fino a pieno carico. Nel caso di mancanza di alimentazione la valvola a farfalla viene disposta in una posizione di recovery meccanico attraverso una molla a torsione interna al gruppo. Il motore elettrico è a corrente continua a magneti permanenti (ferrite) e viene alimentato dalla centralina con una tensione ad onda rettangolare, a 12 V di picco e con rapporto di pulsazione variabile (RCO). Più il segnale di comando positivo si allunga nel tempo e più apre la farfalla. Il gruppo congloba anche un potenziometro a doppia pista per il controllo della posizione acquisita dalla farfalla. L'alimentazione del potenziometro è a 5 V stabilizzati dalla centralina. Una pista del potenziometro emette un segnale in diminuzione all'aumentare dell'apertura farfalla; l'altra pista emette un segnale crescente all'aumentare dell'apertura farfalla.

Le due piste dei potenziometri coprono un angolo maggiore rispetto a quello massimo compiuto dalla farfalla. Ciò permette di stabilire con precisione la posizione di minimo e di massimo della farfalla. La plausibilità (congruenza o incongruenza) dei due segnali emessi dal potenziometro viene monitorata continuamente. La farfalla non è più mossa dal pedale acceleratore ma esclusivamente dal calcolatore. La richiesta di potenza viene comunicata

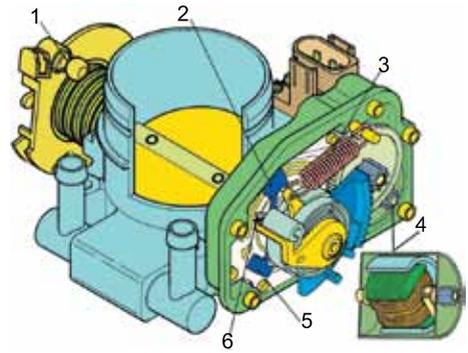


Fig. 147 - Attuatore posizionamento valvola a farfalla con potenziometro incorporato (VDO). 1) innesto cavo Bowden collegamento acceleratore; 2) potenziometro rilievo posizione attuatore; 3) molla per funzionamento in emergenza; 4) motorino in cc a magneti permanenti; 5) sensore posizione valvola a farfalla a potenziometro; 6) interruttore del minimo.

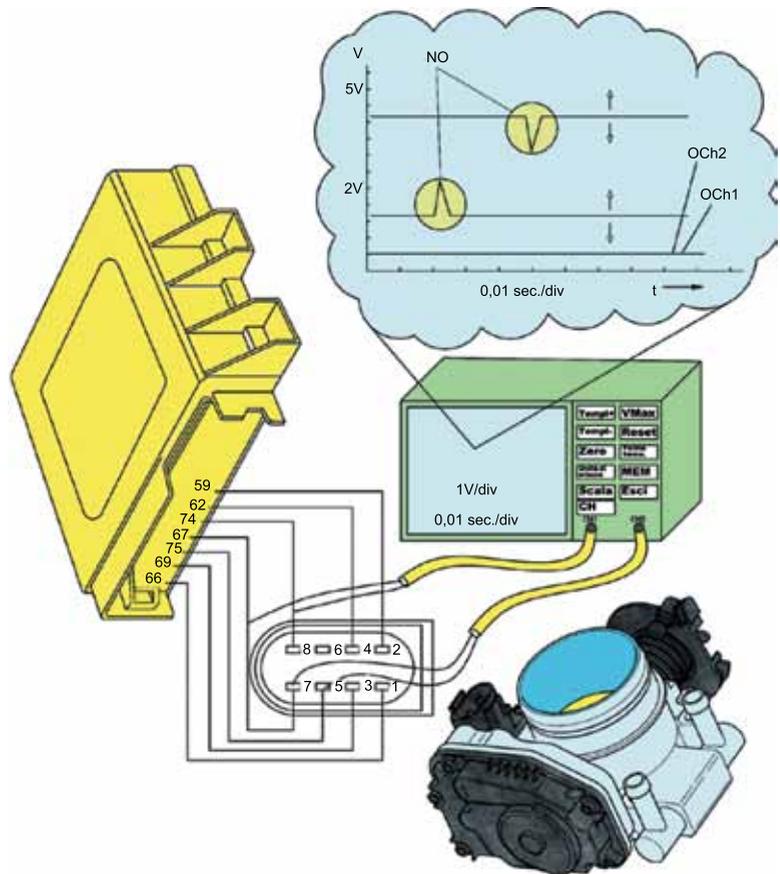


Fig. 148 - Inserzione dell'oscilloscopio per il controllo della tensione sul potenziometro farfalla e sul sensore posizione attuatore (VDO) (i collegamenti si riferiscono alla Passat mot. ADR).



Fig. 149 - Esempi di gruppi farfalla motorizzati per l'acceleratore elettrico. A sinistra Bosch, a destra VDO.

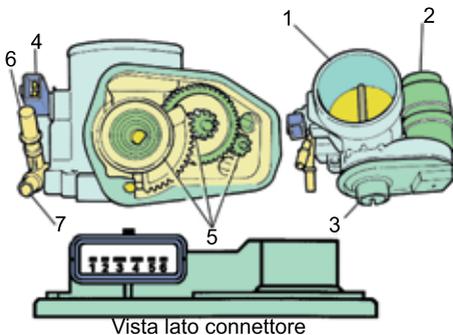


Fig. 150 - Gruppo farfalla motorizzato Marelli M4MP2. 1) farfalla; 2) motorino; 3) potenziometro farfalla a doppia pista; 4) sensore temperatura aria; 5) ingranaggi di rinvio; 6) tubazione di arrivo vapori dal canister; 7) tubazione di arrivo vapori olio dal motore.

Collegamenti del connettore:

- 1) massa potenziometri;
- 2) uscita segnale 1 potenziometro (pendenza positiva);
- 3) alimentazione 12 V motorino DC (+);
- 4) alimentazione 12 V motorino DC (-);
- 5) alimentazione 5 V potenziometro (+);
- 6) uscita segnale 2 potenziometro (pendenza negativa).

al calcolatore attraverso un apposito sensore pedale acceleratore. La posizione acquisita dalla farfalla non è funzione solo di questo segnale, ma anche di altre informazioni quali la climatizzazione, il cambio automatico, l'ESP, l'ASR, la regolazione di velocità, il raffreddamento motore, il servosterzo, ecc. Questo tipo di gestione del motore migliora i movimenti farfalla (accelerazione, dash-pot, ecc.) e, di conseguenza, ottimizza l'erogazione della coppia durante l'avviamento, al regime del minimo, alle diverse temperature in funzione del carico. La gestione completamente elettrica della coppia offre inoltre il vantaggio dell'adattabilità del sistema al climatizzatore, al servosterzo, al regolatore di velocità, all'inserzione o alla disinserzione di carichi elettrici, e soprattutto, all'invecchiamento del motore. Il corpo farfalla motorizzato migliora l'affidabilità, rende più guidabile la vettura con piccole aperture farfalla e rende più efficaci i sistemi di sicurezza quali ABS, ESP MSR. Dopo la sostituzione del sensore è necessario effettuare una cancellazione errori e il riconoscimento della posizione pedale a fondo/rilasciato. Il potenziometro farfalla interviene come segnale di soccorso nel caso di guasto al sensore pressione assoluta. Non sono necessarie regolazioni della posizione del sensore (non sono possibili), perché la centralina riconosce le posizioni di minimo e di massimo e le memorizza.

Regolazione dell'aria tramite la farfalla

La regolazione dell'aria aspirata non è direttamente proporzionale alla posizione angolare farfalla. Il grafico in figura 152 rappresenta l'andamento della variazione di quantità d'aria Q (in kg/h) in funzione della posizione angolare farfalla (in gradi). Osservando il grafico si potrà notare che il minimo d'aria (circa $3 \div 4$ kg/h) corrisponde a $6 \div 8^\circ$ di posizione farfalla.

In posizione di riposo meccanico, l'aria che passa attraverso il corpo farfallato è invece circa $30 \div 32$ kg/h. Ciò significa che, in condizioni di guasto elettrico con impossibilità di muovere la farfalla, questa torna a zero e l'aria regolata è di circa otto volte superiore a quella del minimo. La regolazione dell'aria, da 60° di posizione farfalla in poi, non subisce grandi variazioni. Il motorino posizionario e il potenziometro sono soggetti a recovery.

Recovery del posizionatore farfalla

Il posizionatore può essere soggetto a tre diversi tipi di guasto:

- non riceve nessun segnale (circuito interrotto, o cortocircuito verso massa);
- è comandato in permanenza (corto verso il positivo);
- il posizionatore non dipende coerentemente dall'azione del conducente.

Nel primo caso, il recovery è di tipo meccanico nel senso che la valvola torna in posizione di zero e il motore rimane leggermente accelerato. Nel secondo caso (la farfalla tenderebbe a rimanere tutta aperta), la centralina interviene con la limitazione del numero giri a 1100 giri/min tramite il cut-off dell'iniezione. Nel terzo caso vengono limitate le prestazioni del motore e si accende la spia diagnosi sul quadro strumenti; la centralina rileva l'incongruenza confrontando la misura della depressione nel collettore con la posizione farfalla.

Recovery del sensore posizione farfalla

Il recovery del sensore è possibile solo su una delle due piste; il calcolatore tiene in considerazione il segnale dell'altra pista e diminuisce le prestazioni del motore. Con qualsiasi guasto o difetto al sensore si accende la lampada spia sul quadro strumenti.

Procedure di apprendimento

Per avere un perfetto funzionamento della gestione motore è necessario effettuare una procedura di apprendimento che permetta al calcolatore di memorizzare le posizioni di chiusura (minimo) e di apertura massima della farfalla motorizzata.

La procedura di apprendimento delle posizioni della farfalla deve essere effettuata ogni volta dopo:

- la sostituzione del calcolatore;
- la sostituzione della scatola farfalla motorizzata;
- la riparazione della scatola farfalla motorizzata;
- la rilevazione di un difetto.

Procedura di apprendimento

- Ruotare la chiave su Marcia.
- Effettuare un'inizializzazione degli autoadattativi (dopo aver cancellato gli errori in memoria). Questa azione permette al calcolatore di riprendere i dati riguardanti gli autoadattamenti memorizzati nella memoria EEPROM.
- Avviare il motore, lasciarlo girare qualche secondo e ruotare la chiave su Stop. Questa azione permette di lanciare la fase power latch e, dunque, di effettuare automaticamente una memorizzazione delle battute della farfalla motorizzata.
- Aspettare la fine del power latch (può durare fino a 10 minuti). La fine della sequenza power latch è avvertibile dal "battito" della farfalla sulle posizioni di minima e massima apertura.
- Ruotare la chiave su Marcia.
- Effettuare una cancellazione errori.
- Avviare il motore senza accelerare e farlo funzionare al regime del minimo per almeno 2 minuti (effettuare l'avviamento motore con una temperatura acqua inferiore a 60 °C). Durante i primi 4 secondi, il calcolatore effettua l'apprendimento della battuta minimo del sensore pedale. In seguito, il calcolatore effettua l'apprendimento della coppia di attrito del motore.

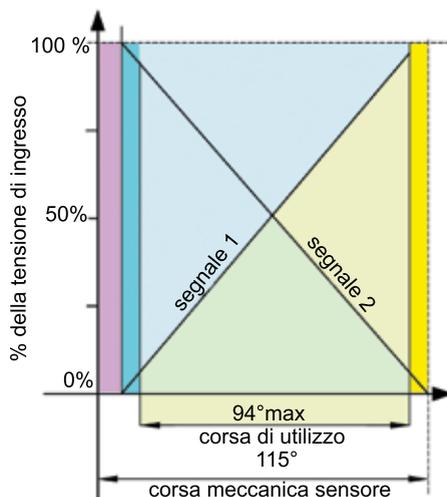


Fig. 151 - Segnali emessi dal sensore posizione farfalla in funzione dell'angolo di lavoro.

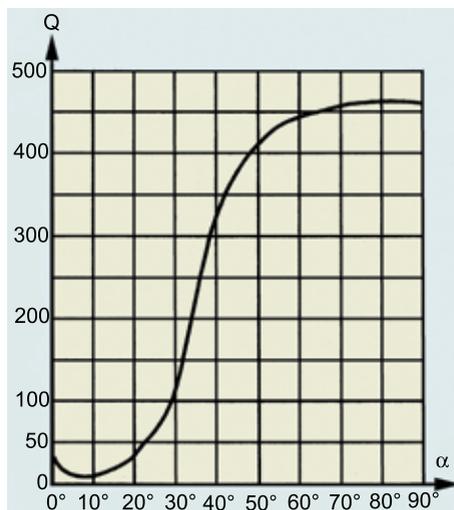


Fig. 152 - Quantità d'aria regolata in funzione dell'angolo farfalla.

La mancata procedura di apprendimento lascia il sistema di gestione motore in una situazione in cui la coppia motore non è perfettamente controllata.

Di conseguenza si possono verificare:

- un possibile danneggiamento della farfalla motorizzata;
- un funzionamento anomalo del motore (minimo molto instabile con spegnimenti).

Arrestare il motore è la cosa migliore da fare in tale situazione. Portando infatti la chiave su Stop (per almeno 10 minuti), si attiva un power latch che consente l'apprendimento automatico delle battute del corpo farfallato.

Attenzione: l'utilizzo della vettura senza memorizzazione delle battute farfalla presenta un rischio per il motore e per l'utilizzatore.

La mancata cancellazione errori dispone il sistema in strategia di recovery con possibili limitazioni delle prestazioni del veicolo.

L'apprendimento si esegue anche in modo automatico durante la vita del motore, per compensare l'usura della battuta della farfalla al minimo. Il calcolatore effettua sistematicamente un confronto tra il valore della battuta al minimo memorizzato e quello misurato durante questa sequenza. Se la differenza tra le due misure supera un dato valore in memoria, allora il calcolatore eseguirà una rimemorizzazione. Alla fine della sequenza di power latch, si può avvertire un "battito" della farfalla sugli arresti, che è da considerarsi del tutto normale.

Il gruppo farfallato motorizzato dell'ultima generazione non è nemmeno più collegato tramite 6 o 7 morsetti all'impianto di gestione motore, ma ha incorporato una porta di comunicazione CAN con la quale trasmette informazioni digitali in rete. Queste informazioni vengono utilizzate per la gestione motore, ma anche per gestire l'ESP, l'ASR, il cambio automatico, ecc.