

# **E** lectronică pentru **A** utomobile

## Prelegerea nr. 4

### 4. CONTROLUL ELECTRONIC AL INECȚIEI DE BENZINĂ ÎN MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

---



Probleme generale ale utilizării  
injecției de benzină

## PROBLEME GENERALE ALE UTILIZĂRII INJEȚIEI DE BENZINĂ

Introducerea injeției de benzină în motoarele cu aprindere prin scânteie a urmărit, cu precădere, îmbunătățirea performanțelor de putere și de consum, limitate de modul de formare a amestecului și de umplerea cilindrilor mai puțin eficiente la motoarele cu carburator.

Ulterior, restricțiile privind poluarea mediului de către motoarele cu aprindere prin scânteie au pus în valoare o particularitate a injeției de benzină: reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare.



Injecția de benzină a fost aplicată cu succes încă din anii 1930, pe motoare Daimler-Benz de 1000 CP și 2500 CP destinate aviației. Ulterior a pătruns și în domeniul tracțiunii rutiere, în care motoarele cu aprindere prin scânteie dețineau întâietatea. Astfel, în anul 1952, un motor de competiție de 3 litri a realizat performanțe deosebite de putere și de consum.

La început echipamentele de injecție de benzină au fost furnizate de firma BOSCH și nu difereau prea mult de echipamentele pentru injecția de motorină.

Această concepție inițială ridică probleme delicate în ceea ce privește ungerea cuplurilor de piese în frecare de pe traseul de înaltă presiune. Având în vedere calitățile antilubrefiante ale benzinei, ungerea trebuia asigurată într-un circuit separat.



Ulterior echipamentele pentru injecția de benzină în motoarele cu aprindere prin scânteie s-au adaptat cerințelor de lubrefiere, punctului de realizare a injecției. Toate echipamentele s-au dezvoltat ca urmare a avantajelor pe care le prezintă injecția de benzină la motoarele cu aprindere prin scânteie:

- pulverizarea foarte fină la toate regimurile de funcționare și în special la sarcini și turații reduse;
- uniformizarea dozei de benzină între cilindrii motorului, mai ales în situația injecției multipunct;
- creșterea coeficientului de umplere a cilindrului cu 8 ... 12 %, datorită rezistenței gazodinamice reduse a traseului de alimentare (prin eliminarea difuzorului carburatorului), lipsei încălzirii încărcăturii proaspete și mai ales, în cazul injecției directe, absenței benzinei din încărcătura proaspătă;



- creșterea puterii efective cu 10 .. 15 % în special datorită îmbunătățirii umplerii cilindrilor, posibilității de mărire a raportului de comprimare (cu până la o unitate) datorită neîncălzirii încărcăturii proaspete, răcirii suplimentare a amestecului aer-benzină și a pereților camerei de ardere ca urmare a vaporizării, uniformității sporite de repartizare a debitului de benzină între cilindrii motorului;
- scăderea consumului specific efectiv de combustibil cu o valoare de 12 ... 15% datorită formării mai bune a amestecului și arderii mai eficiente a acestuia (este posibilă stratificarea amestecului și arderea unor amestecuri sărace) și uniformității sporite a umplerii (între cilindri);





- **reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare, ca urmare a posibilităților de stratificare a amestecului și de ardere a amestecurilor sărace;**
- **ameliorarea comportării motorului, eliminarea fenomenului de givraj și a rateurilor, reducerea înălțimii motorului cu 15 ... 25 cm prin lipsa carburatorului din instalația de alimentare.**

**Specific motorului cu aprindere prin scânteie alimentat prin injecție de benzină este corelarea debitului de benzină cu debitul de aer pentru toate regimurile caracteristice de funcționare.**



Procedeele folosite pentru reglarea cantității de benzină injectată în sistemele de injecție sunt:

- după poziția obturatorului;
- după depresiunea din galeria de admisie;
- după debitul de aer aspirat.

Uneori, pentru anumite regimuri tranzitorii, cum ar fi accelerarea și decelerarea, pentru îmbogățirea amestecului la sarcină plină sau la mersul în gol, pentru pornirea la rece, etc., echipamentele modifică cantitatea de benzină injectată în conformitate cu cerințele menționate.

De asemenea, se pot prevedea o serie de corecții, cum ar fi după temperatura lichidului de răcire, temperatura uleiului, presiunea atmosferică, etc.



Pentru realizarea unui sistem de injecție de benzină se utilizează elemente constructive de tip mecanic, electric, electromecanic și electronic.

Primele sisteme de injecție utilizau elemente de control de tip mecanic, în timp ce în ultima vreme s-au impus sistemele electronice.





## Sisteme de formare a amestecului

Funcția carburatorului sau a sistemului de injecție este de a alimenta motorul cu un amestec aer-benzină optim pentru condițiile instantanee de funcționare.

Injecția de benzină reprezintă metoda preferată datorită avantajelor pe care aceasta le asigură în domeniul economicității, performanțelor, motricității și nivelului scăzut al noxelor.

Injecția de benzină poate fi folosită cu o precizie extremă a dozajului, alimentând motorul cu cantitatea de benzină corectă pentru condițiile de funcționare și de sarcină date, asigurând în același timp nivele minime pentru noxele din evacuare. Compoziția amestecului este controlată pentru a menține emisiile toxice la nivel scăzut.



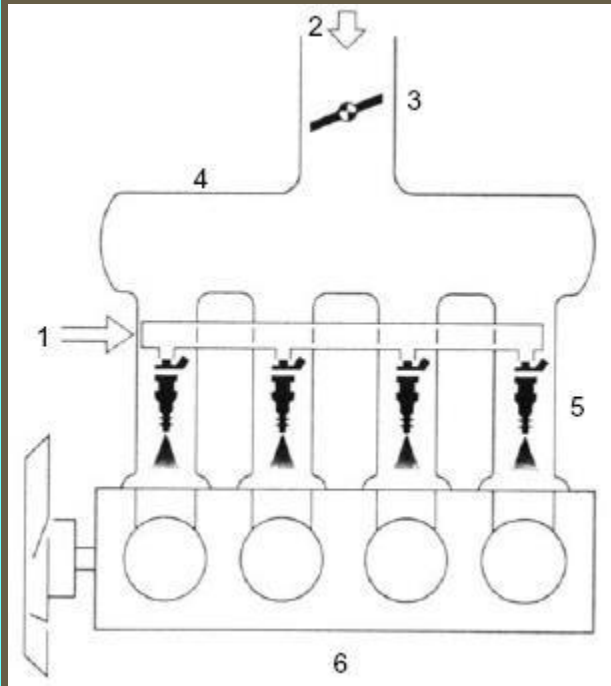
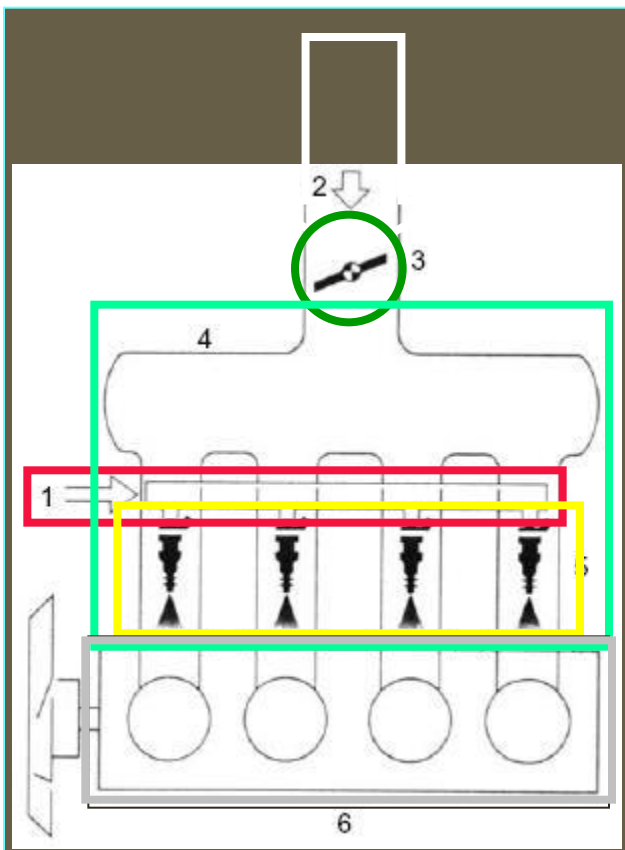


Figura 4.1

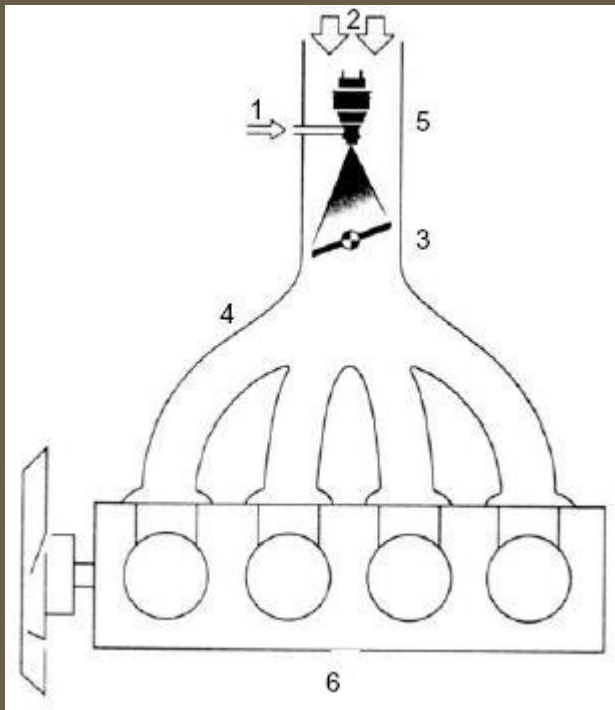
***Injecția de benzină multipunct.*** Injecția multipunct asigură condițiile inițiale ideale pentru atingerea acestor obiective. Principiul injecției multipunct este prezentat în figura 4.1.

Sistemul de injecție multipunct folosește câte un injector separat pentru a injecta benzina în poarta supapei de admisie a fiecărui cilindru.



- 1 - benzină
- 2 - aer
- 3 - clapeta de accelerație
- 4 - galerie de admisie
- 5 - injectoare
- 6 - motor

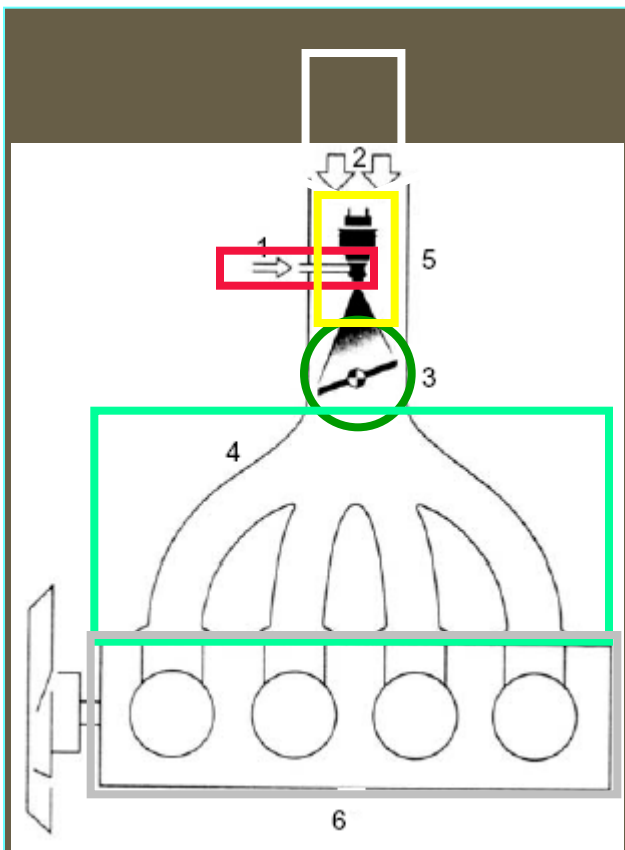
Figura 4.1



**Figura 4.2**

***Injecția monopunct.*** Injecția de benzină monopunct descrie un sistem unitar de injecție de benzină cu control electronic folosind un singur injector electromagnetic plasat în imediata vecinătate a clapetei de accelerație. Principiul injecției monopunct rezultă din figura 4.2.

Sistemul a asigurat o modalitate comodă de trecere a alimentării unui tip de motor dat de la carburator la injecție, fără prea multe transformări constructive (în special în ceea ce privește galeria de admisie și corpul clapetei de accelerație).



- 1 - benzină
- 2 - aer
- 3 - clapeta de accelerație
- 4 - galerie de admisie
- 5 - injector
- 6 - motor

Figura 4.2



## ASPECTE ALE UTILIZĂRII INECȚIEI ELECTRONICE DE BENZINĂ

Echipamentele electronice de inecție sunt acele echipamente de inecție la care, pentru realizarea funcțiilor de alimentare: dozaj, corecții, etc., electronica intervine cu un anumit grad de participare. Elementele de bază utilizate în acest sens sunt:

- unitățile electronice de comandă și control (în prezent cu microcontrolere);
- traductoare de măsurare;
- elemente de execuție (ce transformă semnalele electrice în mărimi mecanice).



Dozarea combustibilului la sisteme mai vechi era realizată la admisia acestuia în pompa de benzină. În ambele cazuri a fost posibilă participarea electronicii, fie prin acționarea unei electrovalve, fie acționând cremaliera pompei de injecție.

În cazul utilizării injectoarelor electromagnetice, dozarea se face prin reglarea timpului de deschidere a acestora, controlând durata semnalului electric emis de unitatea electronică.

Declanșarea injecției, precum și precizarea momentului producerii acesteia pe ciclu pot fi ușor comandate electronic, asigurându-se și o precizie ridicată.

În acest scop se utilizează semnale electrice de declanșare, emise de senzori speciali sau de întrerupătoare acționate de came speciale, în corelație cu turația și ordinea la aprindere a motorului. De asemenea, semnalele de declanșare pot fi livrate de unitatea electronică, după un program special.



Introducerea combustibilului în cilindrul motorului sau în colectorul de admisie se pretează, în cazul utilizării injectoarelor electromagnetice, la comandă și control electronic.

În sfârșit, distribuția uniformă a combustibilului între cilindrii motorului, legată de funcțiile de dozare și introducere a combustibilului în motor, se pretează cu ușurință la controlul electronic.

Avantaje suplimentare ale injectiei de benzină rezultă și din faptul că se pot introduce un număr însemnat de mărimi de corecție pentru toate regimurile de funcționare ale motorului.



În Europa primul echipament electronic de injecție a fost produs în anul 1967 și montat pe un motor VW de 1,6 litri cu 4 cilindri. După zece ani circulau deja peste un milion de autoturisme echipate cu injecție de tip K sau L – Jetronic (Bosch). Injecția de benzină devenise o necesitate, în conjunctura în care se cerea un automobil economic și nepoluant.

Principala sarcină a echipamentului electronic de injecție constă în realizarea dozajului optim pentru fiecare regim de funcționare a motorului.

Rezolvarea problemei întâmpină dificultăți deosebite din punct de vedere tehnic. Pentru aceasta se recurge la măsuri ce permit exprimarea unor dependențe cunoscute între cantitățile de aer și de benzină și o serie de parametri ai motorului (depresiunea din colectorul de admisie, turația, poziția obturatorului, etc.).



Cantitatea de aer aspirată de motor poate fi exprimată în funcție de parametri menționați. La exprimarea cantității de benzină în funcție de acești parametri trebuie ținută seama de presiunea de injecție, secțiunea de curgere prin injector și durata injecției.

Pentru valori constante ale presiunii și secțiunii de curgere prin injector, modificarea cantității de benzină injectată pe ciclu, în concordanță cu regimul de funcționare a motorului, se poate realiza prin modificarea timpului de injecție.

Partea electronică de comandă a echipamentelor de injecție asigură modificarea timpului de deschidere a injectorului fără dificultate și cu suficientă precizie.





## Structura sistemelor de injecție electronică de benzină

Structura unui echipament electronic de injecție este prezentată în figura 4.3.

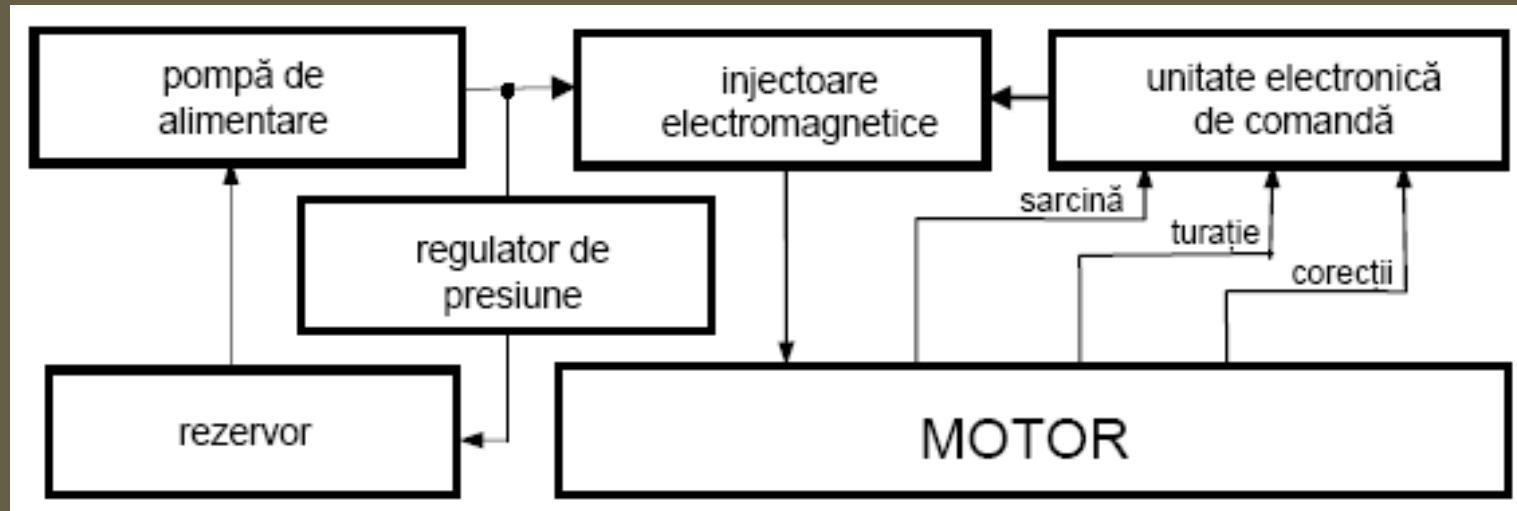
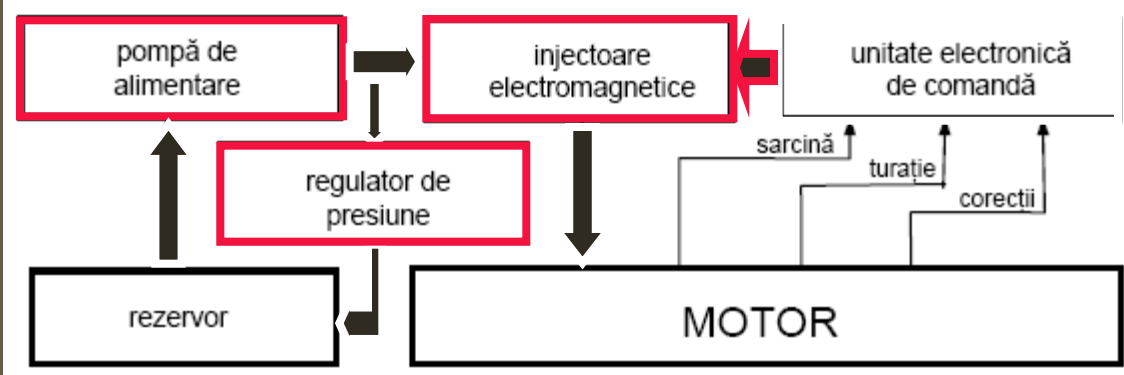


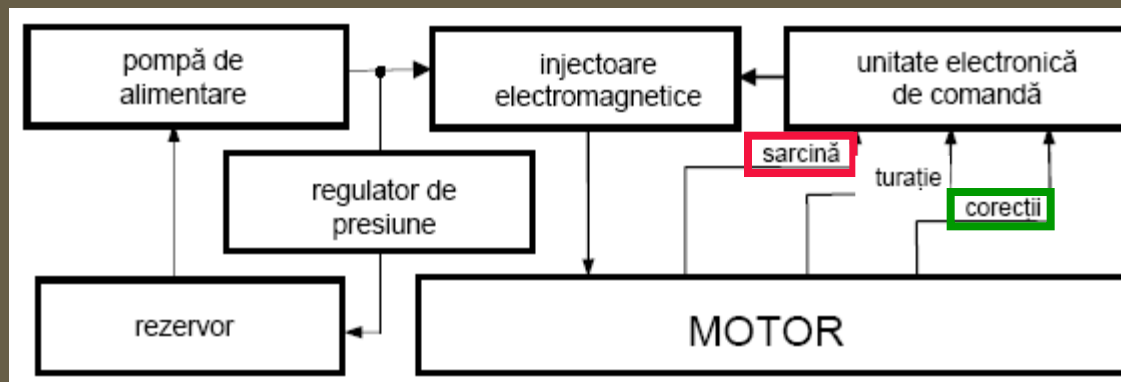
Figura 4.3

O pompă de alimentare aspiră benzina din rezervor și o refulează către injectoarele electromagnetice. Presiunea benzinei în amonte injectoarelor este menținută constantă cu ajutorul unui regulator de presiune care permite returnarea către rezervor a surplusului de benzină. Injectoarele electromagnetice, asociate fiecărui cilindru al motorului, sunt deschise o dată pe ciclu (la o rotație a axului cu came) prin impulsuri provenite de la unitatea electronică de comandă.



Durata impulsurilor de comandă depinde de sarcina motorului (exprimată într-una din modalitățile menționate anterior), turație, precum și de o serie de mărimi de corecție.

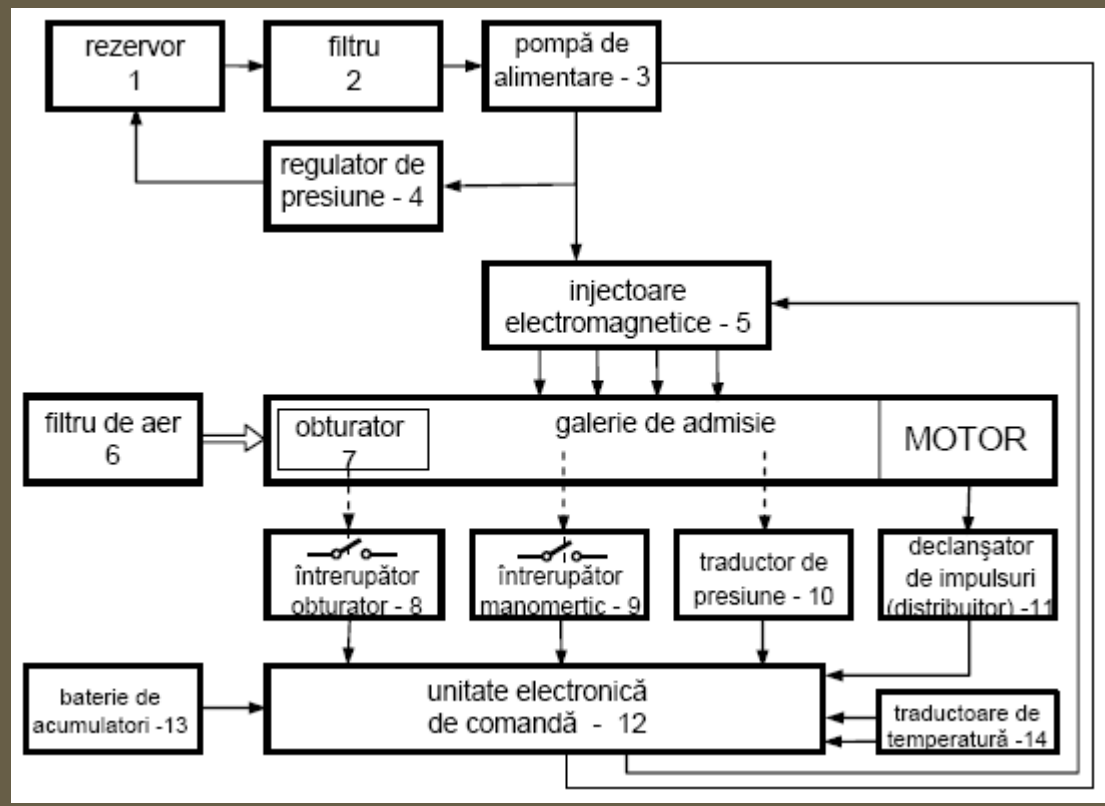
Mărimile necesare sunt măsurate cu ajutorul unor traductoare adecvate, fiind transmise unității electronice de comandă sub formă de semnale electrice.



Majoritatea instalațiilor de alimentare prin injecție de benzină cu comandă electronică se datorează firmei Bosch, care a dezvoltat seria Jetronic.

În figura 4.4 se prezintă, la nivel de schemă bloc, concepția de bază a acestor echipamente, așa cum a rezultat din instalația dezvoltată inițial de firma Bosch.

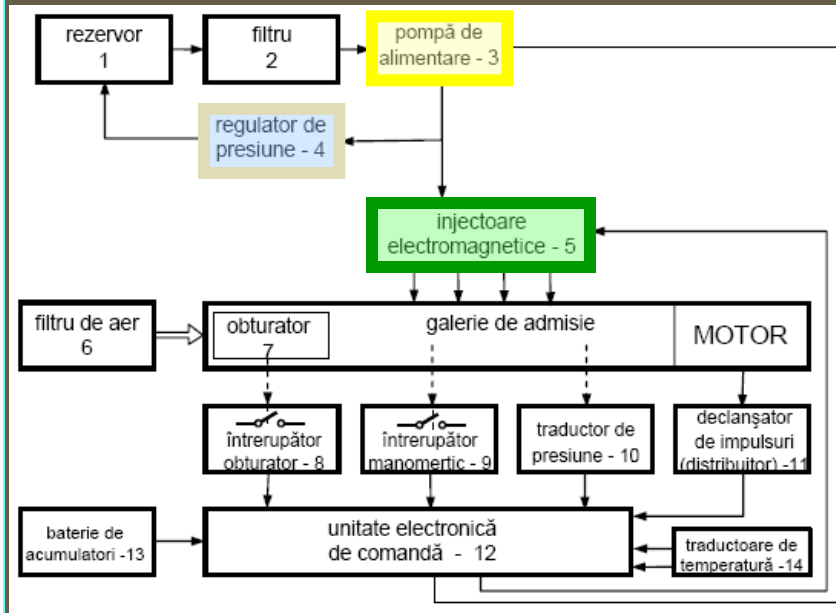




**Figura 4.4**

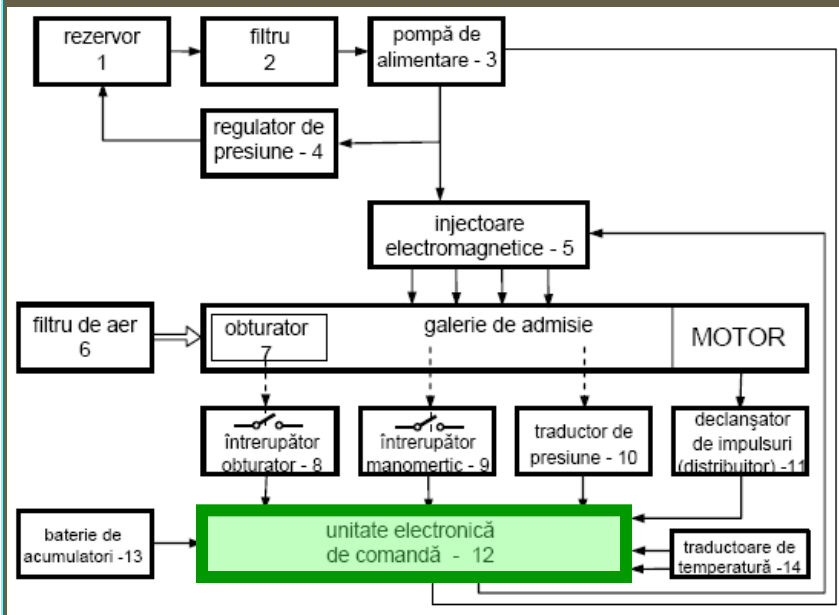


Instalația este de tipul cu injecție intermitentă în galeria de admisie, cu distribuția jetului în poarta supapei de admisie. Fiecărui cilindru al motorului îi este asociat câte un **injector electromagnetic 5**, alimentat cu benzină cu ajutorul **pompei de alimentare 3**.



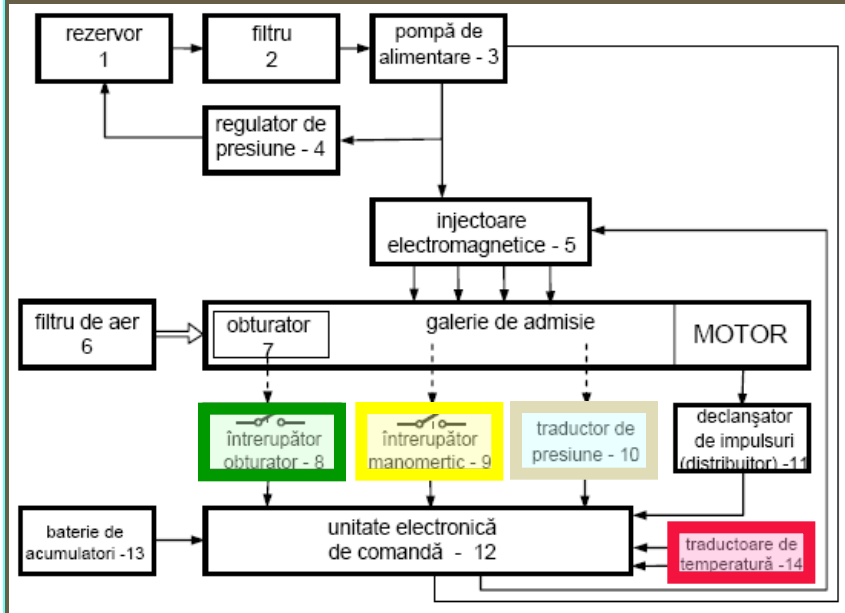
Presiunea benzinei în avalul pompei de alimentare este menținută riguros constantă prin intermediul regulatorului de presiune 4.

Presiunea are o valoare de 2-4 daN/cm<sup>2</sup>, rezultată ca fiind un compromis între necesitatea de formare a unui amestec calitativ superior și complexitatea elementelor componente ale instalației de alimentare care concură la vehicularea benzinei la presiunea de injecție menționată.



Reglarea cantității de benzină, în concordanță cu regimul de funcționare a motorului, se face prin modificarea corespunzătoare a duratei de deschidere a injectoarelor electromagnetice, utilizând unitatea electronică de comandă 12.

Pentru reducerea costului părții electronice, injectoarele electromagnetice se pot cupla în grupe de câte două (la motoare cu 4 cilindri) sau câte trei (la motoare cu 6 cilindri).



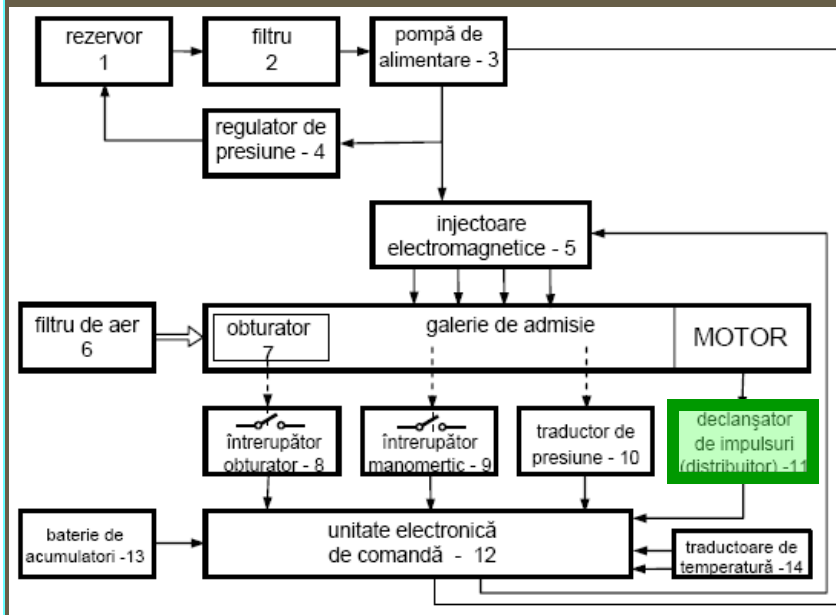
Informațiile cu privire la regimul de funcționare a motorului sunt introduse în blocul electronic de comandă de către întrerupătorul obturatorului 8, întrerupătorul manometric 9, traductorul de presiune 10 și traductoarele de temperatură 14.



**PRELEGAREA nr. 4**

**Structura sistemelor de injecție electronică de benzină**

Informațiile cu privire la turația motorului sunt transmise blocurilor de comandă prin intermediul frecvenței impulsurilor de declanșare emise de declanșatorul de impulsuri din distribuitorul 11.



În urma prelucrării acestor informații, în unitatea electronică de comandă se stabilește, prin comparație cu informațiile memorate, durata/timpul de deschidere a injectoarelor electromagnetice și deci cantitatea de benzină injectată pe ciclu la regimul de funcționare respectiv.

Acest fapt este posibil prin aceea că, pentru orice tip de motor, în unitatea electronică sunt memorate informațiile cu privire la dependența dintre cantitatea de benzină injectată pe ciclu la fiecare regim de funcționare și timpul de deschidere a injectorului.

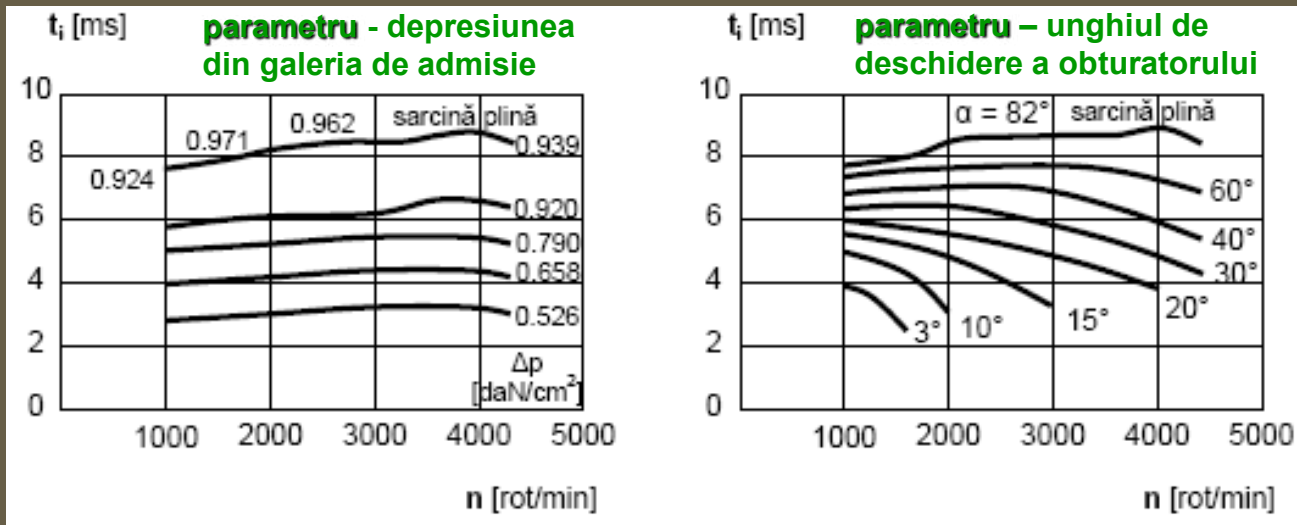
Dependența se stabilește anticipat, la standul de probe, folosind unități de comandă controlate manual, după criterii cum ar fi: consumul specific efectiv minim, cuplu maxim și emisii poluante minime.

Valorile astfel determinate sunt memorate de unitatea electronică a echipamentului de injecție sub formă de tabele sau curbe de variație a timpului de deschidere a injectorului în funcție de turație și sarcină (determinată fie prin depresiunea în galeria de admisie, fie prin poziția unghiulară a obturatorului).





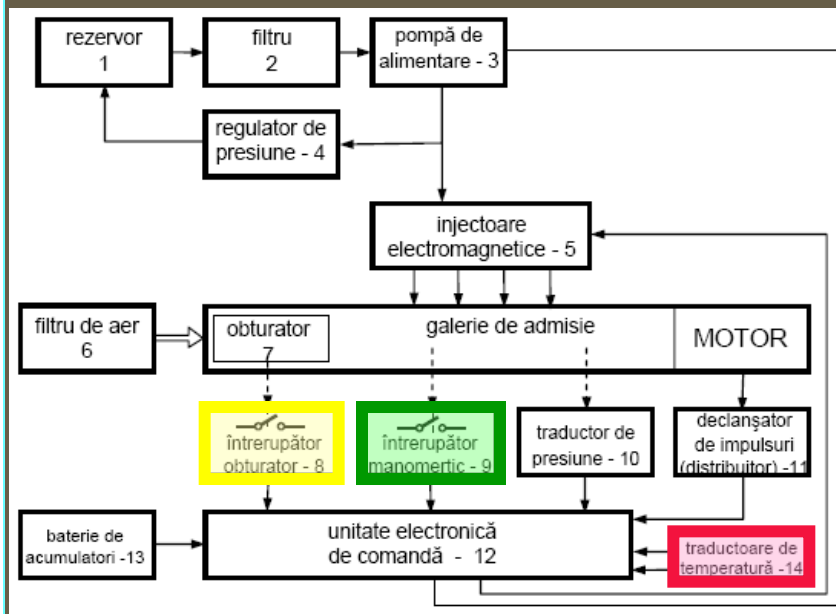
În figura 4.5 se prezintă forma acestor curbe de dependență.



**Figura 4.5**

Din forma acestor curbe rezultă că traductoarele utilizate trebuie să fie de o precizie deosebită.

Pentru regimurile de funcționare care nu pot fi cuprinse în caracteristici de tipul celor din figura 4.5, sunt prevăzute anumite dispozitive de corecție. Astfel, pentru îmbogățirea amestecului la sarcină plină, se prevede măsurarea depresiunii în galeria de admisie cu ajutorul **întrerupătorului manometric 9**.



Pentru întreruperea alimentării cu benzină la regimurile de funcționare din zona regimului de mers în gol este introdus **întrerupătorul 8**.

Pentru pornirea motorului la rece se folosește un **traductor de temperatură** care permite corectarea amestecului în sensul îmbogățirii acestuia.

Dezvoltarea în continuare a echipamentelor de injecție a fost facilitată de dezvoltarea tehnologiilor din domeniul electronicii și impusă de cerințele concrete în legătură cu consumul specific efectiv de combustibil și emisiile poluante din gazele de evacuare cerute de beneficiarii motoarelor echipate cu injecție electronică de benzină.

Au apărut astfel echipamente de injecție relativ simple, la care formarea amestecului aer-benzină este reunită într-un ansamblu unic, montat pe colectorul de admisie (Mono-Jetronic), dar și sofisticate, care combină injecția electronică cu controlul electronic al aprinderii (Motronic).



## SISTEMUL DE ALIMENTARE CU AER

Amestecul ars în motor este format din aer și benzină. Performanțele unui motor vor depinde deci de modul în care sunt controlate cele două componente ale amestecului. În continuare se vor prezenta câteva probleme specifice legate de alimentarea cu aer.



## Filtre de aer

Filtrul de aer ajută la reducerea uzurii motorului prin prevenirea aspirării în motor a aerului încărcat cu praf. Pe drumuri pavate conținutul mediu de praf este de aproximativ  $1 \text{ mg/m}^3$ , iar pe drumuri nepavate și în zonele aflate în construcție poate atinge valori ridicate de până la  $40 \text{ mg/m}^3$ .

Aceasta înseamnă că funcție de condițiile de drum și de funcționare, un motor de capacitate cilindrică medie poate aspira până la 50 g de praf la 1000 km.

Pentru autoturisme se folosesc elemente filtrante din hârtie introduse în corpuri adecvate plasate central sau pe aripă. În afară de filtrarea aerului în admisie, aceste ansambluri sunt folosite pentru preîncălzirea și reglarea temperaturii aerului și pentru a atenua zgomotul de admisie.

Reglarea temperaturii aerului ajută la un răspuns lin al motorului și afectează de asemenea compoziția gazelor de evacuare. Se pot folosi temperaturi diferite ale aerului pentru funcționare la sarcini parțiale sau la sarcină plină.





Admisia de aer cald este plasată în contact cu sistemul de evacuare. Pentru a doza cantitatea de aer cald de la această sursă cu aerul proaspăt mai rece din curentul de admisie se folosește un mecanism regulator.

Mecanismul regulator este în mod uzual de tip automat și este controlat fie de un dispozitiv de acționare cu vacuum conectat la galeria de admisie, fie de un element cu expansiune.

O temperatură controlată a aerului din admisie (și astfel constantă) contribuie la un management mai bun al benzinei și îmbunătățește distribuția amestecului aer-benzină, cu avantaje în ceea ce privește puterea, economia de benzină și noxele de evacuare.



## Compresoare de supraalimentare

**Procese de supraalimentare.** Puterea motorului este direct proporțională cu masa de aer pompată prin el.

Prin urmare este posibil să se crească puterea prin comprimarea aerului de încărcare înainte ca el să intre în cilindru.

Factorul de amplificare (**boost ratio**) reprezintă creșterea densității în comparație cu motorul cu aspirație naturală.



Acesta depinde de sistemul folosit (raportul de comprimare obținabil) și pentru o creștere specifică dată se obține un maxim atunci când temperatura aerului comprimat nu crește sau este adusă la temperatura inițială folosind răcire intermediară (*intercooling*).

La motoarele cu aprindere prin scânteie, amplificarea maximă este definită de limita de detonație a motorului.

Din această cauză motoarele cu supraalimentare (cu turbo-compresoare) sunt caracterizate de un raport de comprimare (volumetric) mai mic decât motoarele corespunzătoare cu aspirație naturală.



***Răcitoare intermediare (intercoolers).*** Prin răcirea aerului comprimat se reduce solicitarea termică a motorului, simultan cu reducerea temperaturii gazelor de evacuare, a emisiilor de  $\text{NO}_x$  și a consumului de benzină.

De asemenea crește rezistența la detonație a motoarelor cu aprindere prin scânteie.

Răcitoarele intermediare pot folosi fie aerul atmosferic, fie lichidul de răcire al motorului pentru a îndepărta căldura din masa de încărcare, funcție de tipul de proiectare. Răcitoarele intermediare aer - aer sunt cele mai folosite pentru autoturisme și vehicule comerciale.

***Supraalimentare dinamică.*** Cel mai simplu tip de supraalimentare exploatează răspunsul dinamic intrinsec al încărcării admisiei. Următoarele sisteme folosesc aceste caracteristici dinamice în galerii de admisie proiectate pentru a obține un efect de amplificare în admisie prin:

- supraalimentare cu efect de presiune dinamică;
- dispozitive cu admisie acordată (rezonanță).

Ambele tipuri pot fi folosite în combinație cu galerii de admisie cu configurație variabilă, așa cum se prezintă în figura 4.6.



- 1 - cameră rezonantă I
- 2 - dispozitiv de reglaj
- 3 - cameră rezonantă II

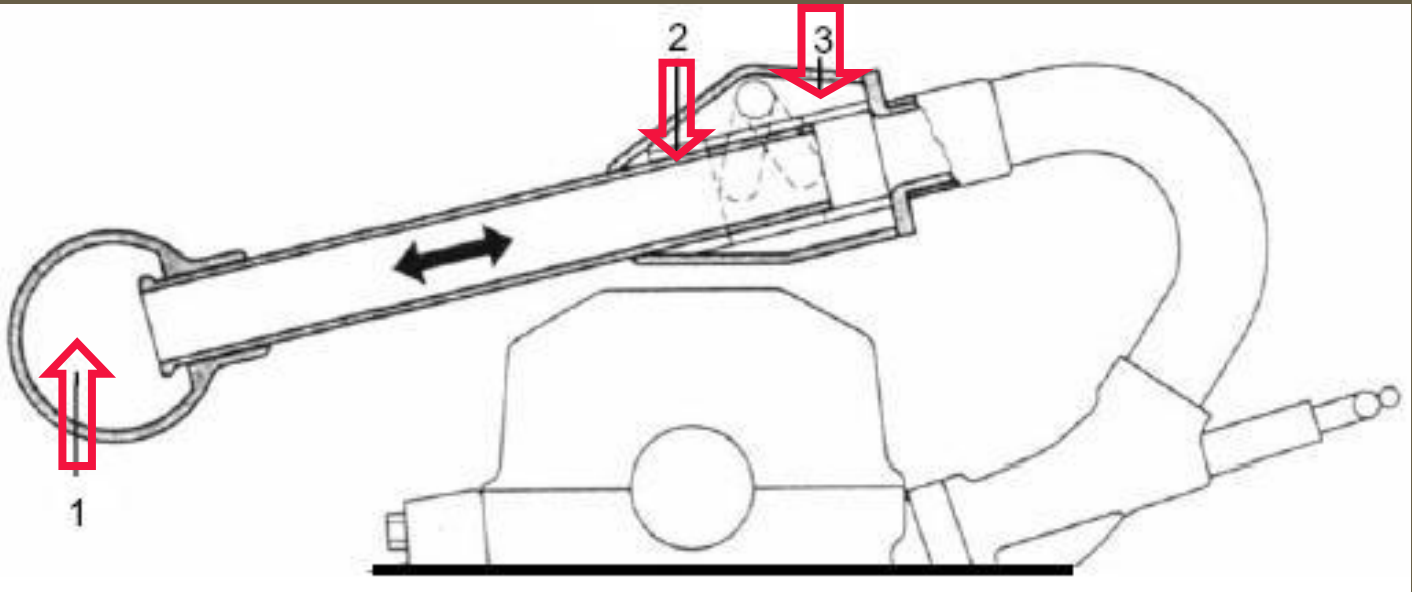


Figura 4.6



***Compressoare mecanice.*** Puterea de antrenare a compresorului mecanic este asigurată de motor prin intermediul unui cuplaj fără alunecare (cuplaj mecanic între motor și compresor).

Compresorul de supraalimentare funcționează în mod obișnuit la un raport fix referit la turația motorului. Pentru un control selectiv al operației de supraalimentare se folosesc adesea ambreiaje mecanice sau electromagnetice.



Pentru ca un compresor de supraalimentare să fie potrivit pentru utilizare pe automobil, atunci trebuie să furnizeze aer într-o cantitate caracterizată printr-o relație fixă, liniară în raport cu propria viteză de rotație.

Ca urmare, sunt folosite pompele volumetrice (de refulare) folosind configurații cu piston, rotor cu palete, tip G sau Roots. Turbocompressoarele centrifugale nu sunt potrivite în aceste aplicații.



***Turbocompresoare cu gaze de evacuare.*** Turbocompresorul extrage energia de acționare a compresorului din curentul gazelor de evacuare (cuplaj hidrodinamic între motor și compresor).

Această soluție exploatează energia de expansiune, care în cazul motoarelor cu aspirație naturală rămâne neutilizată. În același timp, turbocompresorul crează o presiune de ieșire mai mare în propria sa sursă de alimentare - gazele de evacuare - atunci când acestea ies din motor.

În motoarele actuale cu turbocompresor o turbină antrenată de gazele de evacuare convertește energia din gazele de evacuare în energie mecanică, făcând posibilă folosirea unui turbocompresor dinamic (rotor cu pale) pentru a comprima aerul din admisie.

***Supraalimentare cu undă de presiune.*** În acest caz se folosește schimbarea directă de energie între gazele de evacuare și aerul din admisie pentru a-l comprima pe acesta din urmă (cuplaj fizic și hidrodinamic).

Conceptul exploatează diferența între vitezele moleculelor de gaz și undele de presiune precum și proprietățile lor de reflexie.

Avantajele de principiu pentru supraalimentarea cu undă de presiune sunt răspunsul rapid pe durata tranzițiilor sarcinii și rapoartele de compresie ridicate la turații reduse ale motorului.



## Controlul aerului din admisie

Sistemul electronic de management al motorului monitorizează toate datele de funcționare esențiale pentru funcțiile sale primare (formarea amestecului și aprinderea). Respectiv datele sunt disponibile pentru integrare în sisteme de control intensificat.

Astfel de sisteme asigură exploatarea optimă a dispozitivelor de supraalimentare descrise anterior, în timp ce se realizează și alte numeroase funcții.

Sisteme ce au fost inițial independente, cum ar fi injecția de benzină și aprinderea, devin componente integrale într-un sistem extins de management al motorului ce asigură nivele de integrare mai înalte ale sistemului. Cele mai importante dintre aceste funcții integrate vor fi descrise în continuare.



## Controlul electronic al mersului în gol

Curentul aerului din admisie, factorul excesului de aer  $\lambda$  și momentul aprinderii afectează turația de mers în gol a motorului.

Turația de mers în gol poate fi reglată prin modificarea cantității de aer (modificarea încărcării) și/sau momentului aprinderii (reglarea aprinderii).

Reglarea turației de mers în gol prin modificarea încărcării cilindrilor (controlul mersului în gol, reglarea aerului) este o metodă eficientă și este acceptată ca standard.

Dispozitivele de control sunt proiectate astfel încât să asigure turații de mers în gol stabile, de valori minime, pentru a asigura emisii toxice minime și a intensifica economia de benzină pe toată durata de utilizare a vehiculului (sisteme fără întreținere).





Sensorii monitorizează turația motorului, temperatura lichidului de răcire și poziția clapetei de accelerație.

Sistemul poate de asemenea să monitorizeze sarcinile impuse de o serie de dispozitive, cum ar fi transmisia automată, aerul condiționat, servodirecția și influențele altor mărimi.

Se transmite un semnal spre dispozitivul de control al turației de mers în gol, care reglează turația de mers în gol la valoarea dorită prin creșterea sau scăderea debitului de aer.



## Controlul electronic al clapetei de accelerație (ETC)

Controlul electronic al clapetei de accelerație (**ETC = Electronic Throttle Control – "E gas", "drive-by-wire"**) reprezintă o dezvoltare ce pleacă de la sistemele de antrenare mecanice convenționale ce folosesc pârghii și cabluri pentru a controla poziția clapetei de accelerație.

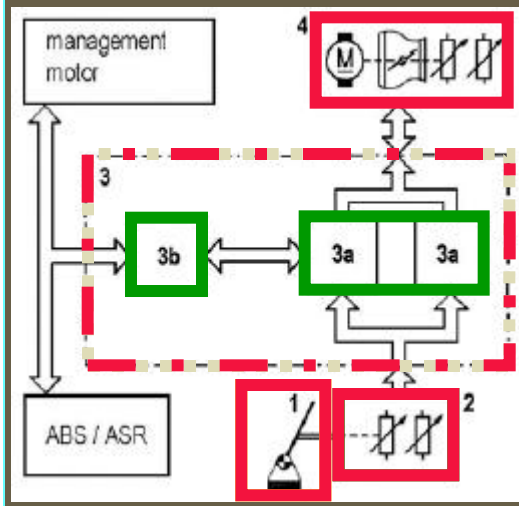
Controlul electronic folosește o unitate electronică de control și un motor electric.

În acest fel sistemul este capabil să controleze poziția clapetei de accelerație în concordanță cu o multitudine de parametri funcționali și poate de asemenea să asume unele funcții, cum ar fi reducerea cuplului pentru controlul electronic al tracțiunii (ASR).

Principiul de funcționare se prezintă în figura 4.7.



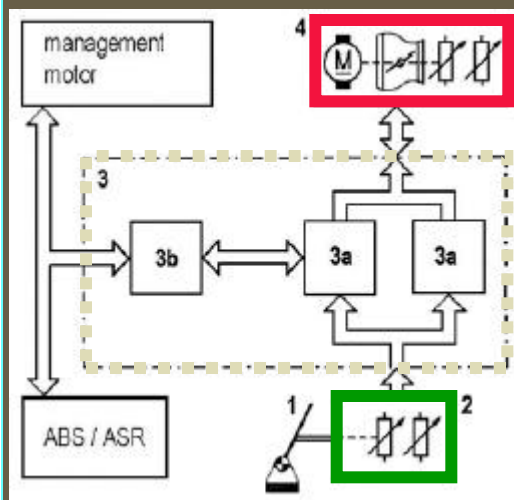
Un sensor de deplasare 2 urmărește poziția pedalei de accelerație 1 și transmite un semnal corespunzător la unitatea electronică de control 3.



- 1 - pedală de accelerație
- 2 - sensor de poziție clapetă de accelerație
- 3 - unitate electronică de control cu:
  - 3a - microcomputer
  - 3b - magistrală
- 4-dispozitiv de acționare clapetă

Figura 4.7

Unitatea electronică de control **3** folosește de asemenea și semnale de la alte surse (de exemplu ASR, managementul motorului) pentru procesarea semnalului de la sensorul de deplasare **2** ca bază pentru semnalul de control al dispozitivului de acționare a clapetei de accelerație **4**.

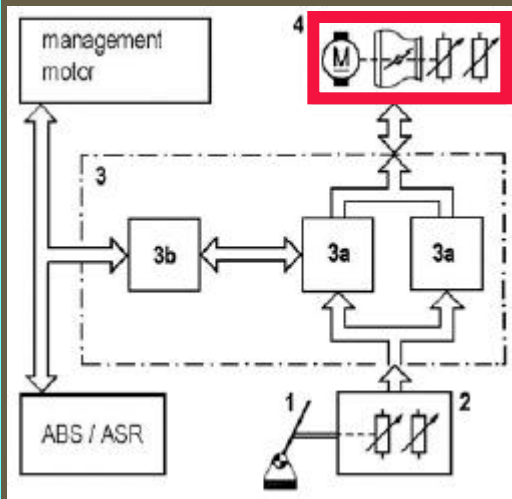


- **1 - pedală de accelerație**
- **2 - sensor de poziție clapetă de accelerație**
- **3 - unitate electronică de control cu:**
  - **3a - microcomputer**
  - **3b - magistrală**
- **4-dispozitiv de acționare clapetă**

**Figura 4.7**

Un potențiomtru amplasat în interiorul dispozitivului de acționare a clapetei de accelerație **4** asigură închiderea buclei de reacție pentru unitatea electronică de control.

În acest fel este posibil să se aplice un control în buclă închisă al poziției pentru a asigura un reglaj de precizie al unghiului clapetei de accelerație.



- **1 - pedală de accelerație**
- **2 - sensor de poziție clapetă de accelerație**
- **3 - unitate electronică de control cu:**
  - **3a - microcomputer**
  - **3b - magistrală**
- **4-dispozitiv de acționare clapetă**

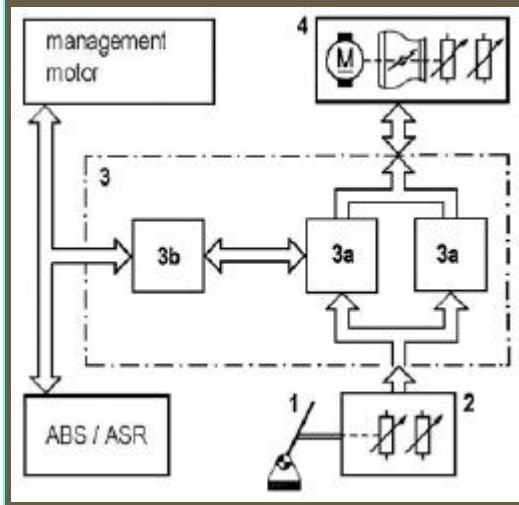
**Figura 4.7**



Unitatea electronică de control supraveghează în permanență toate componentele pentru a se asigura că sistemul funcționează corect.

Se folosesc senzori duali și două circuite de procesare. Redundanța sistemului facilitează comparații ale semnalelor necesare pentru verificări suplimentare ale sistemului.

În completarea acestor sisteme la care legătura între pedala de accelerație și dispozitivul de acționare este exclusiv electrică, există de asemenea configurații în care este prevăzut un element de antrenare suplimentar (cum ar fi un cablu) ca mecanism de rezervă, ceea ce permite funcționarea vehiculului în ipoteza în care un defect ar decupla dispozitivul de antrenare.





Întrucât controlează în mod electronic clapeta de accelerație, sistemul (ETC) poate să preia diferite alte funcții ce îmbunătățesc siguranța în conducere, comoditatea și asigură o eficiență mai mare pentru managementul motorului.

Elementele de siguranță includ atât sistemul ASR (controlul tracțiunii) cât și controlul cuplului de frânare (MSR), ce folosesc deschideri programate ale clapetei de accelerație pentru a reduce frâna de motor la nivele necritice și a preveni astfel pierderea tracțiunii pe roțile de antrenare.

Elementele de confort și comodate se referă la controlul regimului de croazieră și la opțiunea de a utiliza sistemul ETC pentru un răspuns tranzitoriu mai lin pe durata accelerațiilor și decelerațiilor bruște.



## Controlul electronic al amplificării presiunii

Turbocompressoarele trebuie să atingă presiunile amplificate specificate, dar în același timp trebuie să asigure un răspuns bun (creșterea presiunii) la turații reduse ale motorului.

Obiectivele proiectării sunt amplificare mare la turații reduse, caracteristici de presiune – și în acest fel și de cuplu – echilibrate la toate turațiile și pozițiile pedalei de accelerație și nivele optime ale eficienței volumetrice.

Capacitatea turbocompresorului cu regulator mecanic de a realiza aceste obiective este limitată.



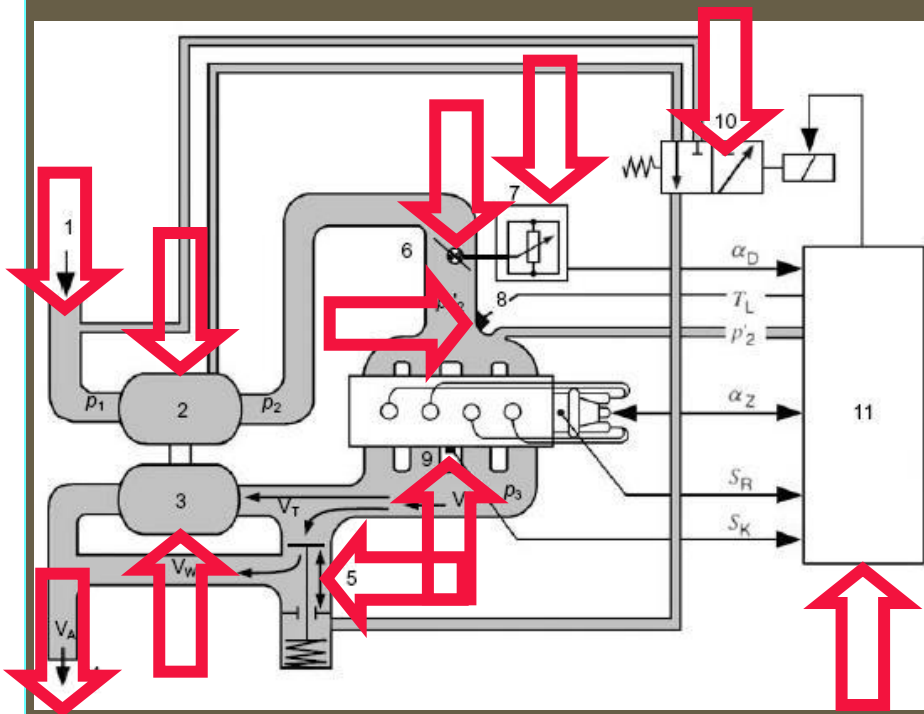
În schimb, un mecanism electronic cu poartă de descărcare, împreună cu turbocompresorul corespunzător, îmbină o curbă de amplificare virtual optimă, extinsă în întreg domeniul de funcționare a motorului, cu un răspuns tranzitoriu bun.

Datele privind amplificarea presiunii pentru toate valorile de turație și sarcină ale motorului sunt stocate sub formă de cartograme. Informația despre sarcină poate proveni de la depresiunea din galeria de admisie sau de la debitmetrul (eventual masic) de aer din admisie.



Pentru a asigura o funcționare eficientă fără probleme, dispozitivul de control al amplificării presiunii funcționează întotdeauna în tandem cu un sistem de control al detonației. Acesta permite motorului să funcționeze cu valoarea maximă a avansului la aprindere, rămânând în același timp imun la defectele provocate de detonație (figura 4.8).





**Figura 4.8**

- *1-admisie de aer*
- *2-compresor,*
- *3-turbină*
- *4-la sistemul de evacuare*
- *5-valvă cu poartă de scăpare*
- *6-clapetă de accelerație*
- *7-potențiometrul clapetei de accelerație*
- *8-sensor de temperatură*
- *9-sensor detonație*
- *10-valvă de control EGR*
- *11-unitate electronică de control*

Dacă sistemul determină că o reducere excesivă a avansului amenință turbocompresorul, el răspunde mai întâi prin îmbogățirea amestecului aer-benzină pentru a proteja turbocompresorul de valori excesive ale temperaturii gazelor de evacuare. Dacă aceste măsuri se dovedesc a fi insuficiente, sistemul reduce amplificarea de presiune.





## Recircularea gazelor de evacuare (EGR)

Recircularea gazelor de evacuare (**EGR = Exhaust Gas Recirculation**) asigură un mijloc eficient de reducere a emisiilor de oxizi de azot.

Sistemul adaugă gaze de evacuare (arse) în amestecul proaspăt aer-benzină cu scopul de a reduce temperaturile de vârf din timpul arderii. În acest fel se reduc emisiile de oxizi de azot legate de temperaturile ridicate.



O anumită proporție de gaze de evacuare este recirculată "intern" în timpul suprapunerii deschiderii ("încrucișării") supapelor de admisie și de evacuare.

Aceasta este o particularitate inerentă de proiectare a tuturor motoarelor cu ardere internă. O anumită cantitate reziduală de gaze de evacuare – dependentă de gradul de suprapunere – este reintrodusă în cilindru împreună cu amestecul aer-benzină proaspăt.

La motoarele cu distribuție variabilă este teoretic posibil să se influențeze emisiile de  $\text{NO}_x$  prin modificarea ratei de recirculare internă a gazelor de evacuare.



În mod virtual toate sistemele EGR utilizate pe automobilele contemporane funcționează pe principiul recirculării "externe" a gazelor de evacuare. O anumită proporție din gazele de evacuare ale motorului este extrasă și transmisă înapoi în amestecul proaspăt aer-benzină prin intermediul unei valve de control.

Recircularea gazelor de evacuare este în general controlată de un sistem pneumatic sau mecanic proiectat pentru a doza gazele de evacuare în concordanță cu anumiți factori cum ar fi turația motorului, presiunea din galeria de admisie și temperatura motorului.

Pentru a activa valva EGR, în unele sisteme, unitatea electronică de control folosește un traductor electro-pneumatic.



Sistemul EGR poate fi folosit pentru a reduce emisiile de  $\text{NO}_x$  cu până la 40%. Creșterea emisiilor de hidrocarburi neare împreună cu o funcționare brutală a motorului impun o limită superioară a ratei de recirculare.

În acest fel sistemul EGR este decuplat la mers în gol, când oricum nivelul emisiilor de  $\text{NO}_x$  este ne semnificativ.

Recircularea gazelor de evacuare este în general activată pe timpul funcționării la sarcini parțiale, unde sistemul este foarte eficient. Condițiile nefavorabile de presiune limitează aplicarea EGR la sarcini extreme.



## Controlul emisiilor de vapori

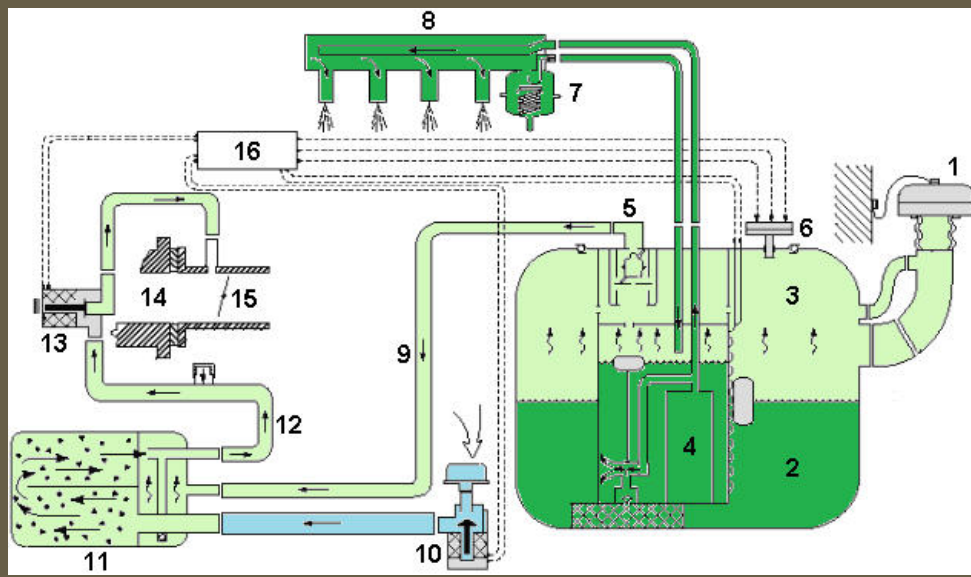
Intrucât benzina din rezervor se evaporă, în atmosferă scapă hidrocarburi. Intensitatea procesului crește cu temperatura.

Armonizarea cu reglementările oficiale privind emisiile de vapori se realizează prin instalarea canistrelor cu carbon activ care să stocheze vaporii emanați din rezervor. Rezervorul este ventilat în mod exclusiv numai pe circuitul canistrei. Totuși, volumul limitat de acumulare impune o regenerare continuă a cărbunelui.

Cu motorul în funcțiune, aerul este absorbit prin cărbunele canistrei, ceea ce antrenează benzina care va fi folosită pentru ardere în motor. Pentru a asigura o funcționare lină și a respecta reglementările privind noxele de evacuare, sistemul de management al motorului controlează rata de recirculare folosind o așa-numită valvă de purjare a canistrei.



- 1. bușon rezervor (închis etanș)
- 2. rezervor combustibil (lichid)
- 3. rezervor combustibil (vapori)
- 4. pompă combustibil
- 5. separator lichid-vapori
- 6. senzor de presiune a vaporilor de benzină
- 7. regulator de presiune combustibil
- 8. rampă de combustibil
- 9. conductă de ventilare
- 10. supapă de ventilare cu aer atmosferic
- 11. canistră de carbon activ
- 12. conductă de purjare
- 13. supapă de purjare
- 14. galerie de admisie
- 15. clapetă de acceleratie
- 16. ECU



<http://www.e-automobile.ro>



## COMPONENTE ALE SISTEMULUI DE ALIMENTARE CU BENZINĂ

Asigurarea alimentării de benzină într-un sistem de injecție electronică este funcția subsistemului de alimentare cu benzină. Acesta este format din: pompa electrică de benzină, filtru de benzină, rampă, regulator de presiune, amortizor hidraulic de pulsații și injectoare electromagnetice.



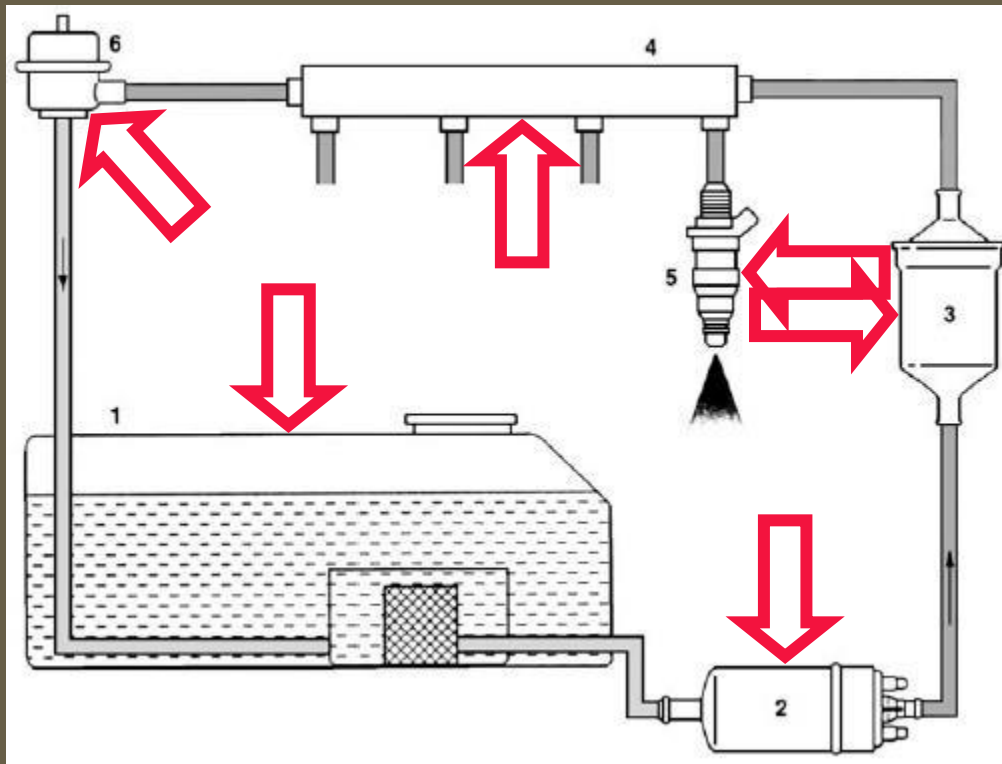
Pompa de benzină, de tip cu role, furnizează benzina adusă din rezervor prin filtru într-o conductă de distribuție la o presiune de 2 ... 2,5 bari.

Rampa asigură (prin efect de acumulator) alimentarea în mod egal a injectoarelor electromagnetice.

La capătul din amonte al rampei se găsește regulatorul de presiune ce menține constantă diferența dintre presiunea benzinei și presiunea din galeria de admisie.

Surplusul este transmis înapoi în rezervor printr-un amortizor de pulsații. Prin curgerea uniformă, liniștită, a benzinei, aceasta este oricând utilizabilă în sistem, fiind prevenită formarea bulelor de vapori, ceea ce asigură o pornire bună la cald a motorului.

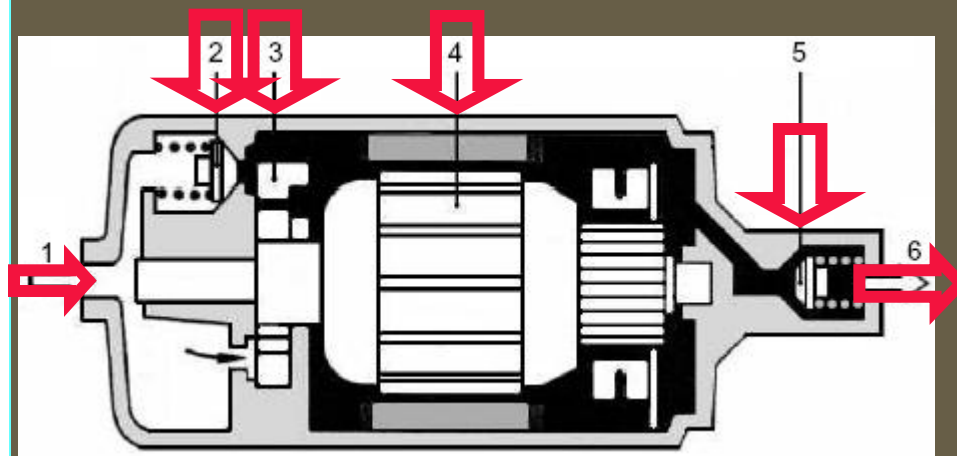
O schemă simplificată a sistemului de alimentare cu benzină este prezentată în figura 4.9.



- 1-rezervor de benzină
- 2-pompă electrică de benzină
- 3-filtru de benzină
- 4-rampă de carburant
- 5-injector de benzină
- 6- regulator de presiune

Figura 4.9

***Pompa de benzină*** este de tip cu role, cu antrenare electrică. Pompa și motorul de antrenare sunt încapsulate într-o carcasă unică, astfel încât benzina asigură răcirea electromotorului. Schema, într-o secțiune longitudinală a pompei, este prezentată în figura 4.10.



- ***1-conducta de absorbție***
- ***2-limitator de presiune***
- ***3-pompa cu role***
- ***4-motor electric de antrenare***
- ***5-supapă de siguranță***
- ***6-ieșire de presiune***

Figura 4.10

Întotdeauna pompa furnizează mai multă benzină decât are nevoie motorul, astfel încât, pentru toate regimurile de funcționare se asigură o presiune suficientă în sistemul de alimentare.

Pompa cu role, așa cum rezultă din figura 4.11, constă dintr-o cameră cilindrică și în care se găsește un rotor plan excentric.



- 1 – intrare
- 2 – placa rotorului
- 3 – rolă
- 4 – canalul rolei
- 5 – ieșire (de presiune)

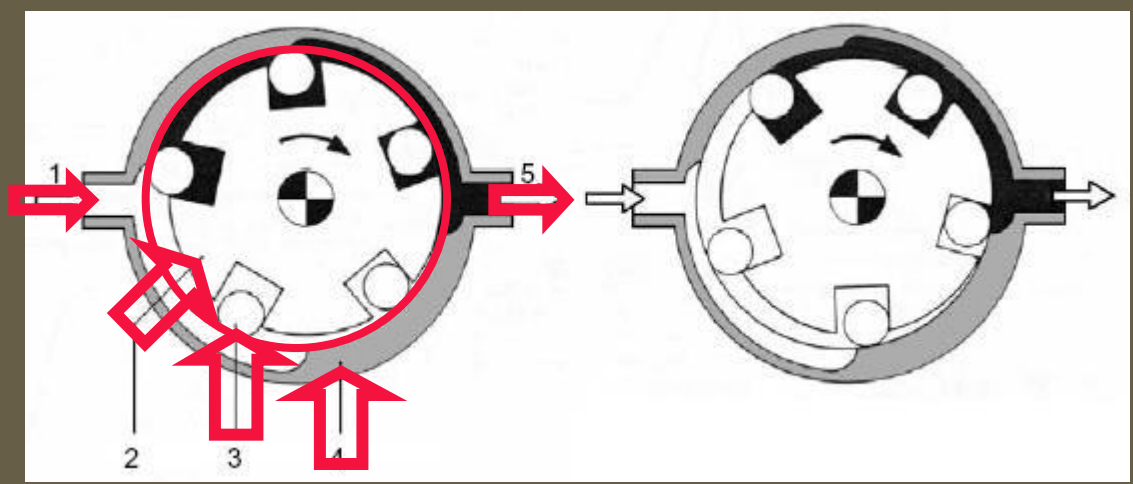
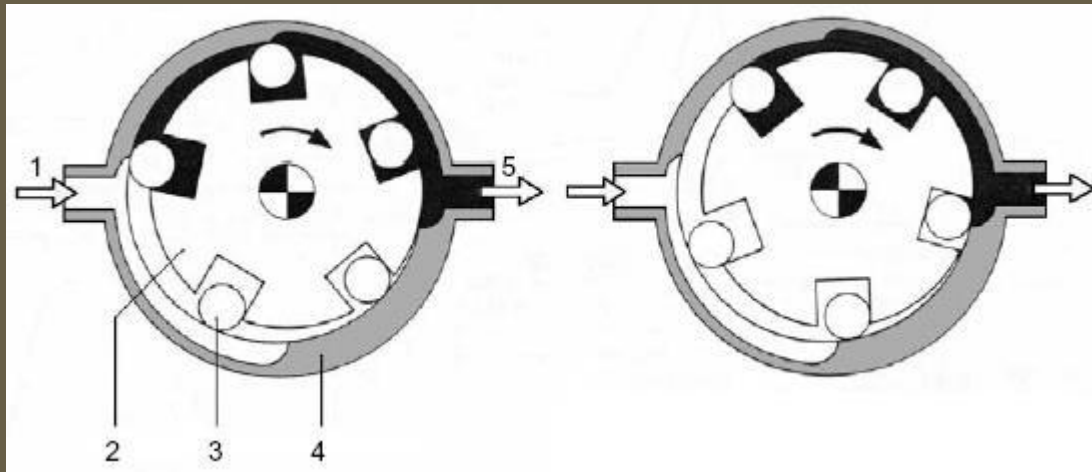


Figura 4.11



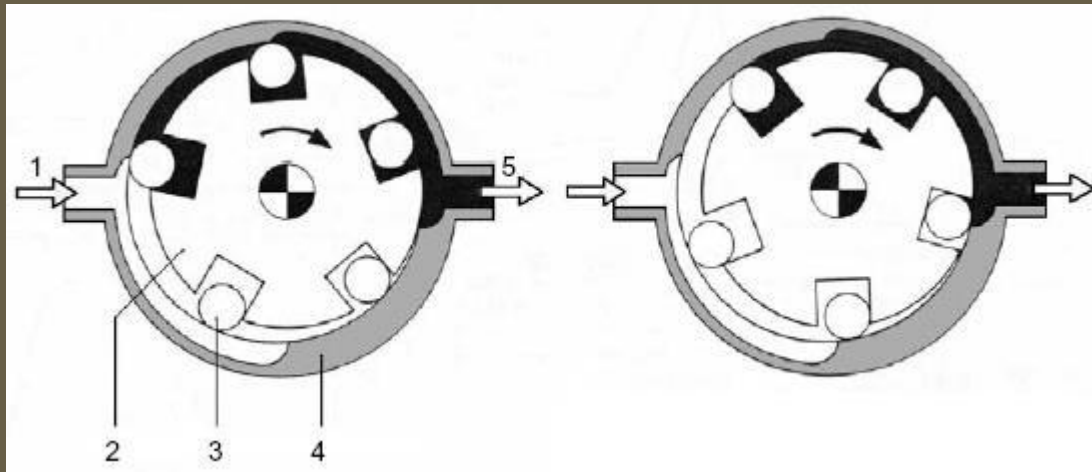
Pe periferia rotorului sunt prevăzute degajări ce permit antrenarea rozelor. Forța centrifugă presează rolele spre exterior; acestea funcționează ca o membrană ce se rostogolește.

Pomparea are loc întrucât rotorul excentric cu role formează periodic un volum mărit la intrare și un volum descrescător la ieșire.



După pornirea motorului, pompa funcționează atât timp cât contactul este pus. Un circuit de siguranță oprește pomparea benzinei când aprinderea este conectată dar motorul nu se rotește.

În acest mod se limitează riscurile de incendiu, de exemplu în cazul unui accident. Pompa este realizată în construcție etanșă, de tipul fără întreținere.



**Filtrul de benzină** reține toate impuritățile ce pot exista în benzină, înainte ca acestea să ajungă la injectoare.

Având în vedere finețea constructivă a injectoarelor, filtrarea de înaltă calitate a benzinei este o operațiune esențială, ce evită decalibrarea dozajelor.

Din acest motiv, filtrul este realizat în principal cu hârtie micrometrică cu pori de 10  $\mu\text{m}$ . Durata de utilizare a unui filtru depinde de gradul de impurificare a benzinei.



***Rampa de benzină*** asigură alimentarea injectoarelor cu cantități egale de benzină.

De asemenea servește ca acumulator: în comparație cu cantitatea de benzină injectată pentru un ciclu motor, volumul rampei este suficient de mare pentru a suprima fluctuațiile de presiune.

În acest mod injectoarele ce comunică cu rampa sunt sub o presiune de benzină constantă.

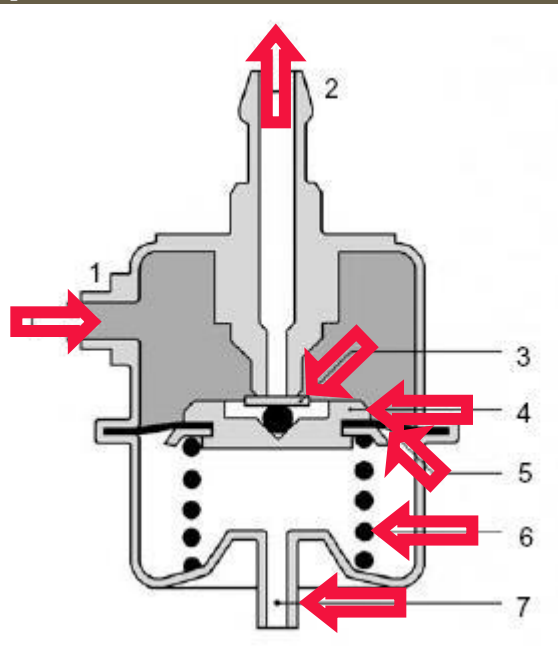
Suplimentar, printr-o construcție adecvată, rampa permite montarea și demontarea simplă a injectoarelor.



**Regulatorul de presiune** menține constantă presiunea diferențială dintre benzină și presiunea din galeria de admisie. În acest mod, cantitatea de benzină furnizată de injectoarele electromagnetice este determinată numai de timpul de deschidere a injectoarelor. Principiul de funcționare rezultă din figura 4.12.



Regulatorul de presiune este de tip cu membrană, fiind construit dintr-o carcasă (capsulă metalică), despărțită în două părți de o membrană (5), formându-se astfel o cameră pentru benzină și una pentru arc ce pretensionează membrana (6).

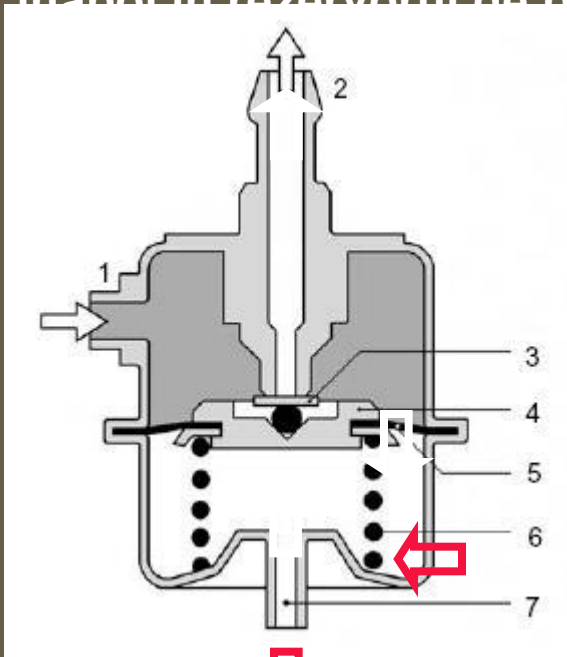


- 1 – intrare benzină
- 2 – racord retur
- 3 – supapă (cu bilă)
- 4 – scaun supapă
- 5 – membrană;
- 6 – arc;
- 7 – racord la galeria de admisie

Figura 4.12



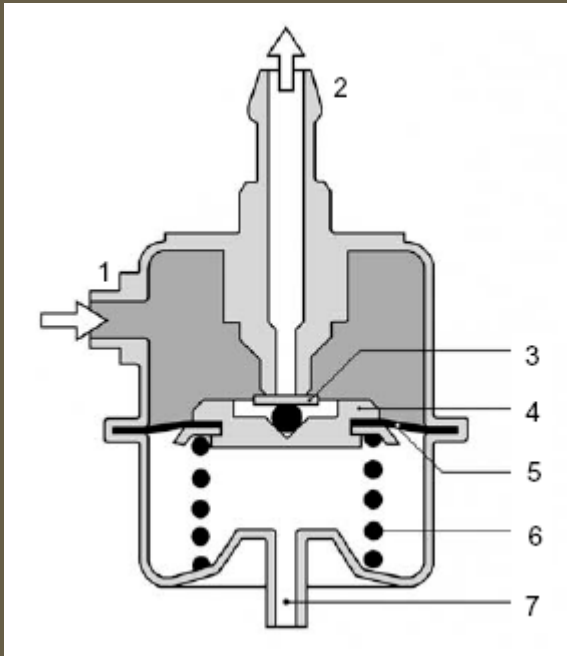
Presiunea ce poate fi controlată ajunge la valori de 2,5 ... 3 bari. Când presiunea fixată este depășită, se deschide o supapă (3), antrenată de membrană, surplusul de benzină fiind transmis printr-un retur (2), înapoi în rezervorul de benzină.



Camera cu arcul de pretensionare este conectată printr-un tub la galeria de admisie, racordul fiind realizat într-un punct situat după clapeta de accelerație.

Figura 4.12

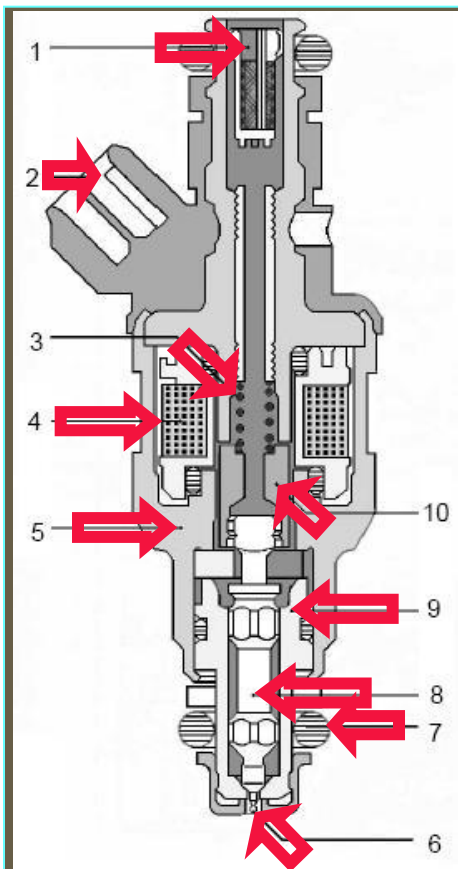
În acest mod, presiunea de alimentare cu benzină este dependentă de presiunea absolută din galeria de admisie, astfel încât căderea de presiune pe injectoare se menține constantă pentru orice poziție a obturatorului.



***Injectoarele electromagnetice***, controlate electronic, pulverizează benzina dozată cu precizie în poarta supapelor de admisie.

Se folosește câte un injector pentru fiecare cilindru (pentru injecția multipunct) sau un injector unic (pentru injecția monopunct).

În figura 4.13 se prezintă structura unui injector de tipul celor folosite în sistemele de injecție multipunct.



- 1 – filtru
- 2 – conexiune electrică
- 3 – arc spiral
- 4 – înfășurare electromagnet
- 5 – corp
- 6 – duză
- 7 – garnitură O-ring
- 8 – ac
- 9 – corp supapă
- 10 – armătură mobilă

**Figura 4.13**

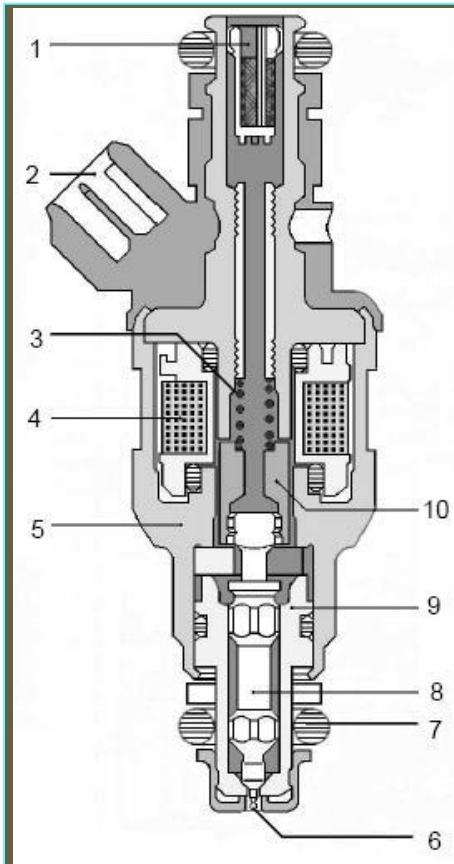


Figura 4.13

Supapele injectoarelor sunt deschise și închise în mod electromagnetic, cu impulsuri electrice furnizate de unitatea electronică de control.

Funcție de modul de conectare, injectoarele furnizează benzina în mod simultan, o dată sau de două ori pe un ciclu complet.

Cu supapa de admisie închisă, benzina este temporar stocată lângă injector. Când supapa se deschide, benzina este absorbită împreună cu aerul în interiorul cilindrului.

Microcomputerul unității electronice de control calculează timpul de injecție funcție de condițiile de funcționare ale motorului.

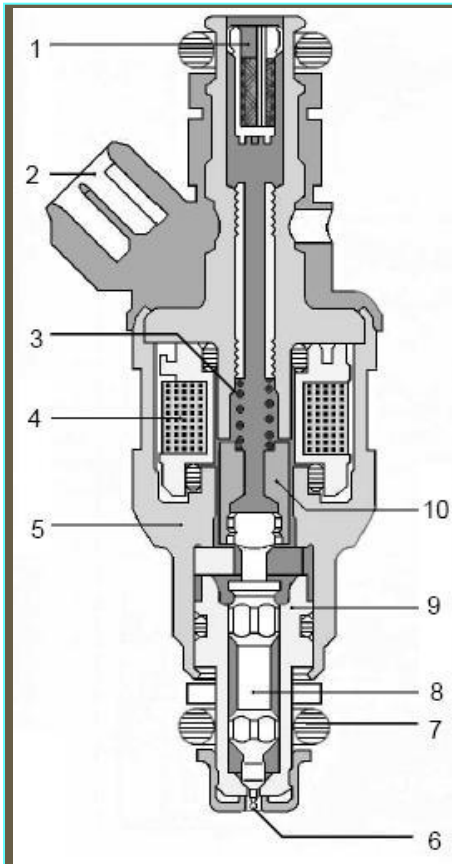


Figura 4.13

Injectorul constă dintr-un corp și un ac antrenat de o armătură electromagnetă. Corpul conține înfășurarea electromagnetului și ghidajul acului. Atât timp cât nu se alimentează înfășurarea, acul este împins pe scaunul supapei de un arc spiral.

Când înfășurarea este alimentată, acul se ridică cu aproximativ 0,1 mm, ceea ce permite benzinei să treacă printr-o deschidere inelară calibrată.

Capătul acului are o zonă lustruită profilată ce pulverizează benzina. Timpii de deschidere și de revenire pentru supapă au valorile tipice de

1 ... 1,5 ms.



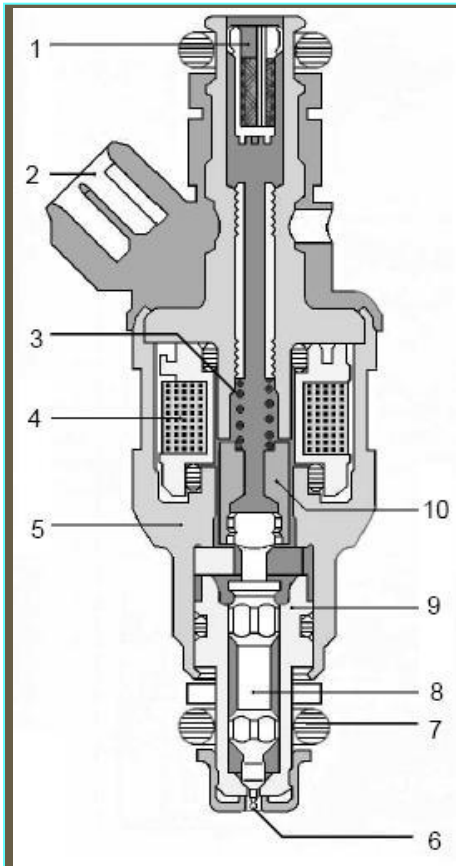


Figura 4.13

Montarea injectoarelor în ghidaje se face cu garnituri de cauciuc ce asigură izolare termică, împiedicându-se astfel formarea bulelor de vapori de benzină în interiorul lor. Aceasta contribuie la o pornire satisfăcătoare cu motor cald.

Garniturile din cauciuc asigură de asemenea și protecția împotriva vibrațiilor. Racordarea injectoarelor la rampa de alimentare se face cu ajutorul unor cuplaje cu siguranțe și garnituri O-ring.

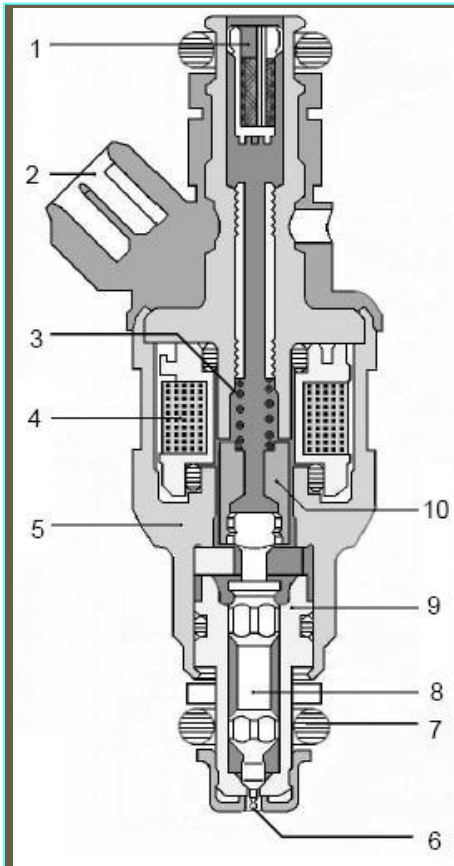


Figura 4.13

Amestecul aer-benzină se formează în poarta supapei de admisie și în interiorul cilindrului. Injectorul electromagnetic pulverizează benzina în cantități precise, calculate de microcomputer, în partea superioară a curentului din poarta supapei de admisie.

Când supapa de admisie se deschide, benzina pulverizată este antrenată în interiorul cilindrului. Turbulența de pe durata admisiei și compresiei ajută la vaporizarea benzinei și la formarea unui amestec omogen aer-benzină, cu bune caracteristici de aprindere.