

INSTALAȚII ELECTRONICE DE ALIMENTARE PRIN INECȚIE DE BENZINĂ

Simultan cu producerea echipamentelor cu inecție continuă în galeria de admisie, în anii '70 au apărut instalațiile de inecție electronice bazate pe utilizarea comenzilor electronice. Astfel, firma fondată de *Robert Bosch* a dezvoltat o întreagă gamă de astfel de echipamente sub denumirea de **JETRONIC**, începând cu anul 1967, echipamente care în final s-au impus ca soluții sigure ce contribuie la realizarea unui automobil puternic, economic și mai puțin poluant.

Echipamentele electronice de inecție au în componență unități electronice de comandă și control (microprocesoare), traductoare de măsurare, precum și elemente de execuție electromecanice.

Utilizarea acestor sisteme a condus nu numai la îmbunătățirea, în continuare, a performanțelor de putere și consum, dar și la reducerea proporției de substanțe nocive din gazele de eșapament. În acest sens, sistemele electronice de comandă au oferit posibilități de adaptare facilă la dispozitivele depoluante care se preconizau a se utiliza în viitor, dintre care o parte au devenit deja de utilitate curentă [19, 20, 49, 50].

Inițial, echipamentele de comandă electronică a inecției s-au dezvoltat prin perfecționarea instalațiilor de comandă mecanice. Evoluția ulterioară a echipamentelor de inecție electronică a fost impulsionată de dezvoltarea industriei de componente electronice și de cerințele crescânde legate de micșorarea consumului specific efectiv de combustibil și de reducerea emisiilor poluante ale autovehiculelor echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie. Au apărut astfel echipamente de inecție relativ simple, la care elementele constructive sunt grupate într-un ansamblu unic montat pe colectorul de admisie (**Mono-Jetronic**), dar și echipamente sofisticate care combină inecția electronică cu controlul electronic al aprinderii (**Motronic**).

Ridicarea presiunii combustibilului necesară pulverizării este realizată direct de pompele de alimentare, antrenate cu ajutorul unor motoare electrice alimentate de bateria de acumulare și comandate electronic de către unitatea electronică de calcul și control.

Dozarea combustibilului pe ciclu se face prin reglarea timpului de deschidere a injectoarelor electromagnetice de către blocul electronic de comandă.

Declanșarea inecției poate fi comandată cu precizie de unitatea electronică de calcul și comandă, utilizând senzori speciali sau întrerupătoare acționate de came pe baza unor programe de serviciu care țin cont de regimul de turație și sarcină a motorului, ordinea de aprindere etc.

Introducerea combustibilului în cilindrii motorului sau în colectorul de admisie și pulverizarea acestuia se pretează de asemenea comenzii electronice, mai ales în cazul utilizării injectoarelor electromagnetice.

Din punct de vedere al tehnologiei electronice ele au constituit inițial un larg câmp de aplicație a circuitelor integrate, iar în prezent a microprocesoarelor.

Prin răspândirea acestei noi generații de echipamente de inecție se lărgeau limitele proiectării în domeniul motoarelor cu aprindere prin scânteie, oferindu-se posibilități și grade de libertate mai mari. Astfel, de exemplu, se permitea o modelare optimă a canalizațiilor de admisie mai ales în interiorul chiulasei sau s-a putut îmbunătăți substanțial dozajul necesar motorului, mai ales într-un regim de funcționare deficitar; acest lucru a fost posibil datorită multitudinii mărimilor de comandă la care este susceptibil sistemul electronic. În plus, sondele și punctele de amplasare a lor, în vederea culegerii informațiilor privind parametrii funcționali ai motorului, pot fi foarte numeroase putând, de asemenea, să fie montate în zone diferite ale vehiculului.

Prelucrarea datelor în unitatea electronică de comandă se poate face după orice program prestabilit.

În cazul utilizării injectoarelor electromagnetice, dozarea combustibilului injectat s-a putut face prin modificarea timpului de deschidere a lor, durata semnalului electric emis de unitatea electronică fiind deci modificată în mod corespunzător. Avantajul deosebit care s-a conturat este acela al distribuției uniforme a combustibilului între cilindrii motorului, deci al uniformizării dozajului între cilindri.

La majoritatea echipamentelor electronice, reglarea cantității de benzină injectată s-a făcut și se mai face și în prezent mai ales în funcție de presiunea din colectorul de admisie, la care se adaugă corecțiile suplimentare, după turație. Reglarea se poate face și după poziția obturatorului, dar introduce inconvenientul existenței a două mărimi directe, dependente (poziția obturatorului și turația motorului).

Reluate pe scurt, avantajele generale ale injectiei electronice de benzină, analizate în raport cu cerințele acestui procedeu sunt enumerate în continuare.

Distribuția uniformă a combustibilului între cilindrii motorului fiind strâns legată, în primul rând, de funcțiile de dozare și introducere a combustibilului, poate fi ușor adaptată controlului electronic. Derivă de aici superioritatea injectiei electronice de benzină care constă în *precizia de dozare, uniformitatea distribuției între cilindri, separarea și controlul independent al elementelor instalației de alimentare*.

Injectia electronică de benzină oferă, de asemenea, posibilitatea *reproducerii unor dependențe complexe și variate* între mulțimea *parametri de funcționare ai motorului*, cum sunt: temperatura lichidului de răcire, temperatura și presiunea atmosferică, turația, sarcina, presiunea în colectorul de admisie etc. Avantajele injectiei electronice constau și în *posibilitatea introducerii unor factori de corecție* care să asigure *dozajul optim pentru fiecare regim de funcționare a motorului*.

Un echipament electronic de injecție este structurat, în principiu, conform schemei bloc din **fig. 4.1**:

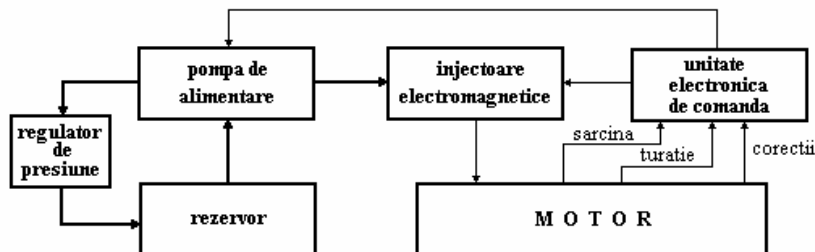


Fig. 4.1. Structura unui echipament electronic de injecție

Pompa de alimentare, comandată de blocul electronic de control, 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 excesului de benzină refulat de pompa de alimentare. Injectoarele electromagnetice, asociate fiecărui cilindru al motorului sunt deschise o singură dată pe ciclu, prin impulsuri modulate în durată, provenind de la blocul electronic de comandă. Durata impulsurilor de comandă depinde de turația motorului, de sarcină precum și de o serie de mărimi de corecție (temperatura lichidului de răcire, temperatura aerului, a uleiului etc.) provenite de la traductoare. Acestea din urmă furnizează blocului de comandă semnale electrice proporționale cu mărimile fizice măsurate.

4.1 SISTEMUL DE INECȚIE JETRONIC-K

Primul și cel mai simplu dintre aceste echipamente, ușor adaptabil pe orice motor, neexistând mecanisme dependente direct de acesta (de exemplu antrenări etc.), a fost sistemul **Jetronic-K**, a cărui prezentare de ansamblu se face în **fig.4.2**.

Funcționarea lui se baza deci pe principiul injectiei continue (permanente) și în al doilea rând pe acela al măsurării debitului de aer aspirat [99, 100, 104].

Semnificația literei **K** provine de la cuvântul compus *injecție constantă* (*Konstanteinspritzung*).

Măsurătoarea de debit se face cu ajutorul unei *clapete-obturatoare* care răspunde fidel la permanențele variații ale regimului de funcționare a motorului, reglând corespunzător amestecul de aer-combustibil, adică dozajul. Măsurarea se face însă independent de vreun dispozitiv mecanic.

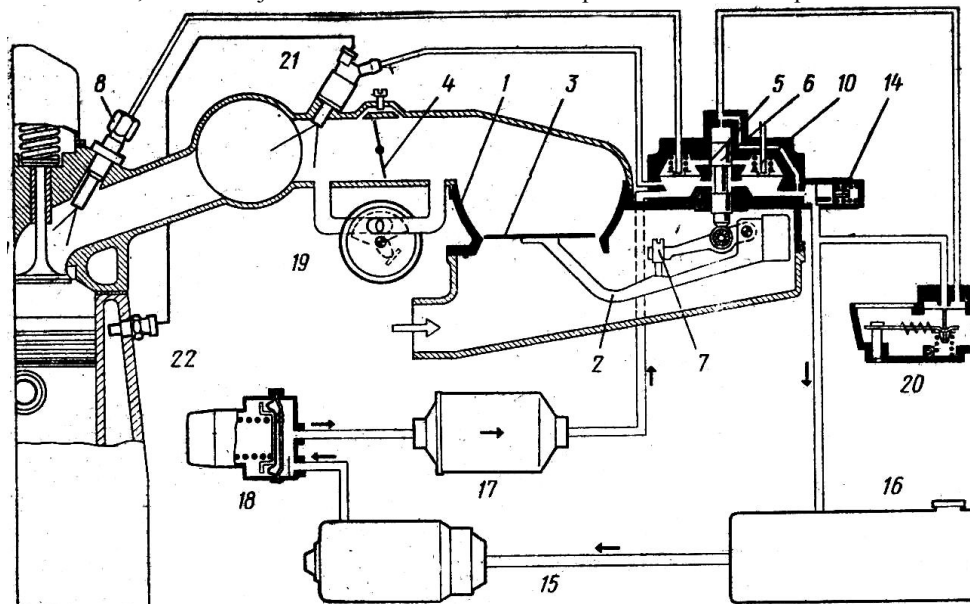


Fig. 4.2. Sistemul de injecție Jetronic-K

Spre deosebire de sistemele descrise anterior, echipamentul cuprindea numai o electropompă care asigură o presiune de cca. 4,5 bar, comanda dozării amestecului realizându-se prin instalații mecanice și hidraulice. Clapeta-obturatoare, mai mult sau mai puțin deschisă sub influența curentului de aer aspirat, acționa printr-un sistem de pârghii prevăzut cu contragreutate, învingând forța hidrolică din distribuitorul de debit (adică presiunea de comandă a sistemului de alimentare cu benzină). Sistemul este echilibrat prin contragreutatea sus amintită.

Presiunea de comandă este mai mică decât cea *de sistem*, fiind menținută la o valoare constantă de duza de strangulare și de ventilul de reglare care se află integrate în regulatorul de mers în *faza de încălzire*.

Prin poziționarea corespunzătoare a șaibei-obturatoare în filtrul de aer, se obține o dependență liniară a debitului de aer și a cursei șaibei-obturatoare.

Reglarea debitului de carburant se realiza prin intermediul fantelor de comandă dreptunghiulare ale distribuitorului (divizor) de combustibil, cât și prin intermediul *ventilelor diferențiale de presiune* (datorită secțiunii variabile a fantei). Raportul între secțiunea activă a fantei și debitul de carburant ce trece prin ea se caracterizează tot printr-o funcție liniară, astfel încât, obținerea unui amestec corect este perfect posibilă.

În distribuitorul de debit, în jurul pistonului de comandă se găsesc atâtea ventile diferențiale de presiune câți cilindri are motorul, în **fig.4.2** fiind reprezentate în plan doar două astfel de ventile.

Sub membrană acționează presiunea *de sistem* (din sistem) care este menținută la 4,5 bar cu ajutorul ventilului regulator al sistemului care se află integrat în același distribuitor de debit (**fig. 4.3**).

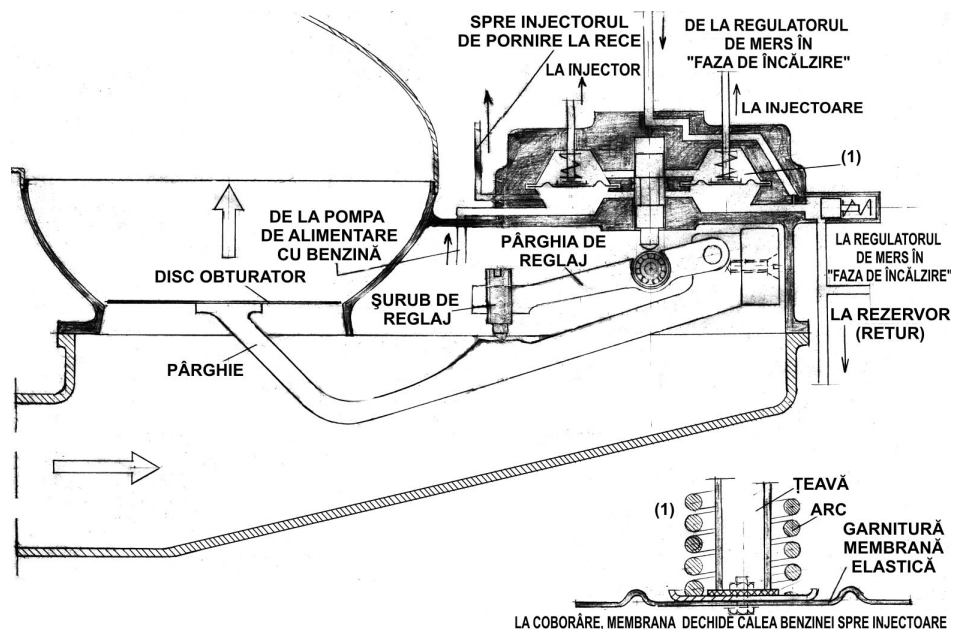


Fig.4.3. Distribuitorul de debit de combustibil

În partea superioară a membranei acționează o presiune redusă atât prin strangulare cât și suplimentar de o supapă cu arc calibrat. Din condițiile de echilibru rezultă că diferența de presiune asupra fantei este mereu constantă, fiind de 0,1 bar.

Presiunea de deschidere a injectorului este de cca. 3 bar, deci mai rămâne un rest de presiune de cca. 1,4 bar care se pierde în ventilele diferențiale. În acest mod, diferența de presiune rămâne constantă și independentă de debit, de presiunea de deschidere a injectorului și de presiunea din sistem (de sistem).

Injectorul acestui sistem poate pulveriza chiar și debite foarte mici, specifice mersului în gol, respectiv sarcinilor minime.

Pornirea la rece este facilitată de injectorul de pornire, montat după obturator, care asigură un amestec îmbogățit, în vederea compensării pierderilor mari prin frecare și prin condensare a benzinei. Surplusul de aer se asigură printr-un circuit de by-pass a obturatorului, controlat de către o supapă comandată de un bimetal cu rol de releu termic. Debitul suplimentar de carburant este furnizat de către regulatorul de mers în faza de încălzire.

Arcul bimetalic eliberează membrana regulatorului și, în consecință, scade presiunea de comandă deasupra pistonușului de comandă crescând debitul dozat.

La mersul în regim normal, căldura încălzește bimetalul care preia apăsarea pe arc ventului de reglaj și, în consecință, presiunea de comandă crește la valoarea normală. Astfel, presiunea de comandă crește, în situația motorului cald, la valoarea de 3,7 bar, iar la -20°C scade la 0,7 bar. Între pompa de alimentare și filtrul de benzină se află un mic rezervor-elastic (cu efect de hidrofor), care menține presiunea și după oprirea motorului, asigurând astfel o presiune reziduală care împiedică formarea bulelor de gaze.

Prezenta instalație a fost fabricată inițial în serie mică pentru firma *Porsche* și apoi generalizată. Ulterior, sistemul a putut fi cuplat cu un reglaj Lambda (λ). Aparatul de comandă electronic influențează, printr-un ventil de impulsuri, presiunea diferențială de la fanta de comandă și prin ea injectia propriu-zisă.

Schema generală a sistemului **Jetronic-K**, cu reglaj λ , este prezentată în **fig.4.4**.

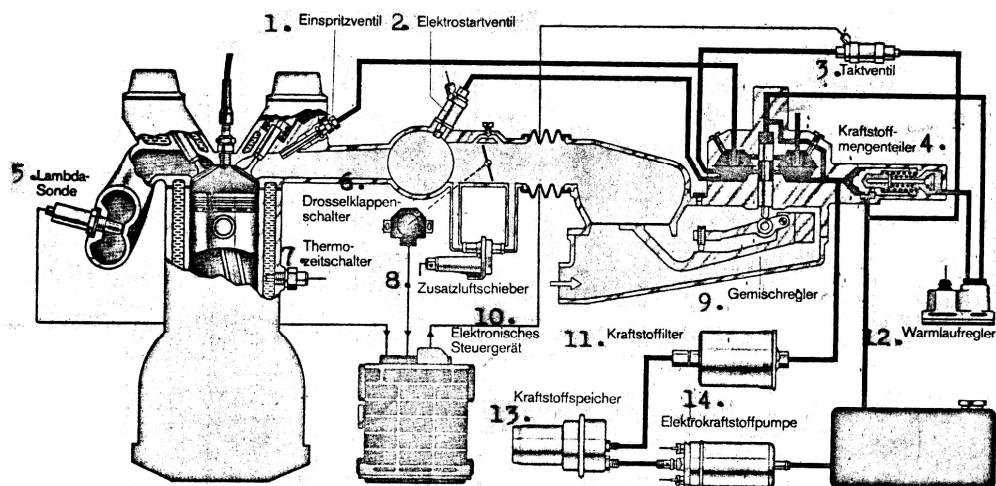


Fig. 4.4. Schema generală a sistemului **Jetronic K** cu reglaj λ :

1 – injectorul; 2 – electrovalvă de pornire; 3 – ventilul de impuls; 4 – distribuitorul de combustibil; 5 – sonda Lambda; 6 – comutatorul clapetei de strangulare; 7 – sonda termometrică de timp; 8 – clapeta de aer suplimentar; 9 – regulatorul de amestec; 10 – aparatul de comandă electronic; 11 – filtrul de combustibil; 12 – regulatorul pentru mers la cald; 13 – acumulatorul de combustibil; 14 – pompa electrică de combustibil

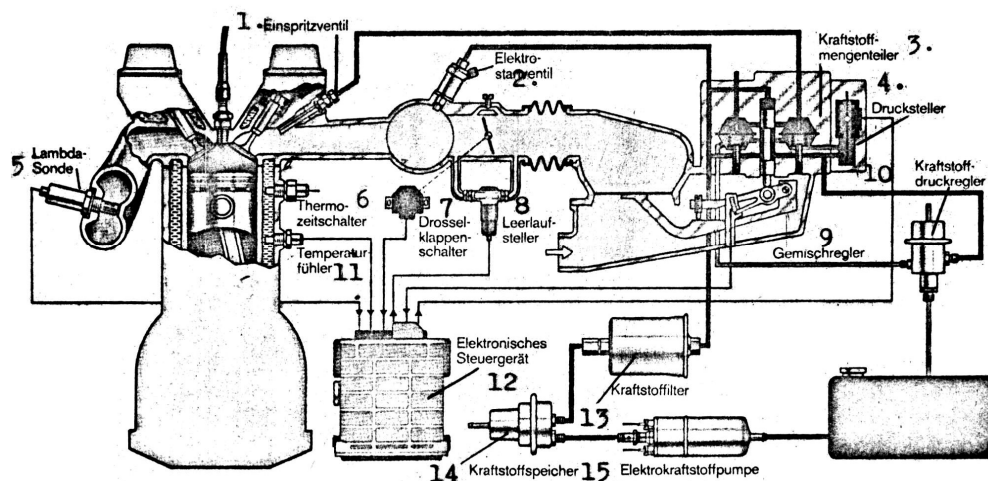


Fig. 4.5. Organizarea sistemului **Jetronic KE**:

1 – injectorul; 2 – electrovalvă de pornire; 3 – distribuitorul de combustibil; 4 – distribuitorul de presiune; 5 – sonda Lambda; 6 – sonda de temperatură; 7 – comutatorul ventilului de strangulare; 8 – regulatorul pentru mersul în gol; 9 – regulatorul de amestec; 10 – regulatorul pentru presiunea combustibilului; 11 – senzorul de temperatură; 12 – aparatul de comandă electronic; 13 – filtrul de combustibil; 14 – acumulatorul de combustibil; 15 – pompa de combustibil

Din sistemul **Jetronic-K**, în vederea îmbunătățirii comportării motorului în regimurile tranzitorii, generate mai ales de schimbări rapide ale sarcinii, precum și pentru ameliorarea dozajului în regimul de *mers la cald* s-a dezvoltat echipamentul **Jetronic-KE**. În esență, s-a menținut principiul de bază al sistemului **Jetronic-K**, dar controlul funcționării în regimul de încălzire, precum și funcțiile suplimentare de comandă au fost preluate de un regulator de presiune

electrohidraulic care înlocuiește regulatorul de mers la cald de la **Jetronic-K** și care a fost montat direct pe distribuitorul de debit. El schimbă presiunea pe fanta de comandă, influențând astfel debitul injectat.

Instalația este asistată de sondă Lambda, controlându-se și reglându-se astfel nivelul emisiilor de gaze arse. Organizarea generală a instalației și elementele componente sunt prezentate în **fig. 4.5**. În **fig.4.6** se prezintă mai detaliat sistemul **KE** [105, 105].

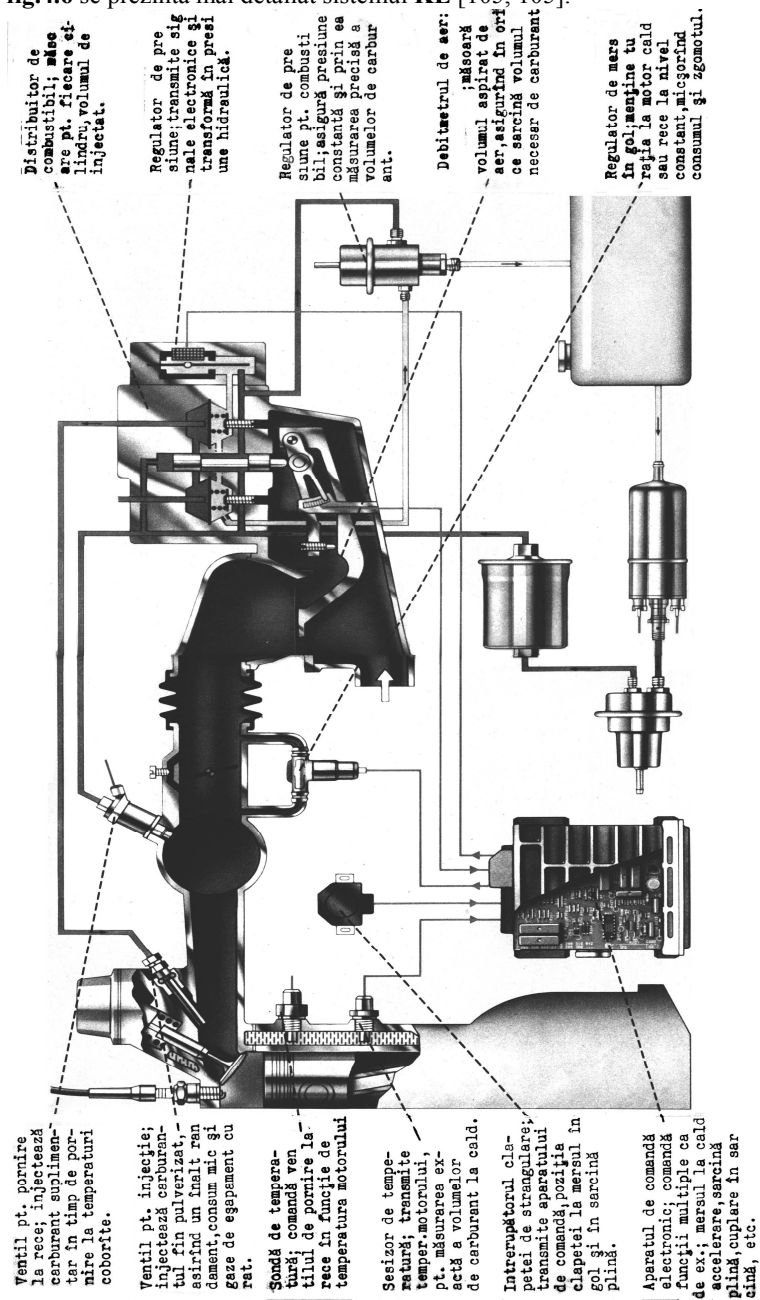


Fig. 4.6. Detalii privind organizarea sistemului **Jetronic KE**

În continuare se prezintă un alt sistem de injecție a benzinei, destinat mai ales motoarelor cu regim rapid și care s-a bucurat de o simplitate deosebită (**fig.4.7**). Principiul sistemului, în vederea realizării exacte a dozării amestecului are la bază tot măsurarea continuă a debitului de aer. Pe această cale se poate, relativ ușor, stabili debitul necesar de combustibil pentru a asigura fiecărui regim cel mai potrivit dozaj (de economicitate maximă, de putere maximă, de emisii poluante minime etc.) [5].

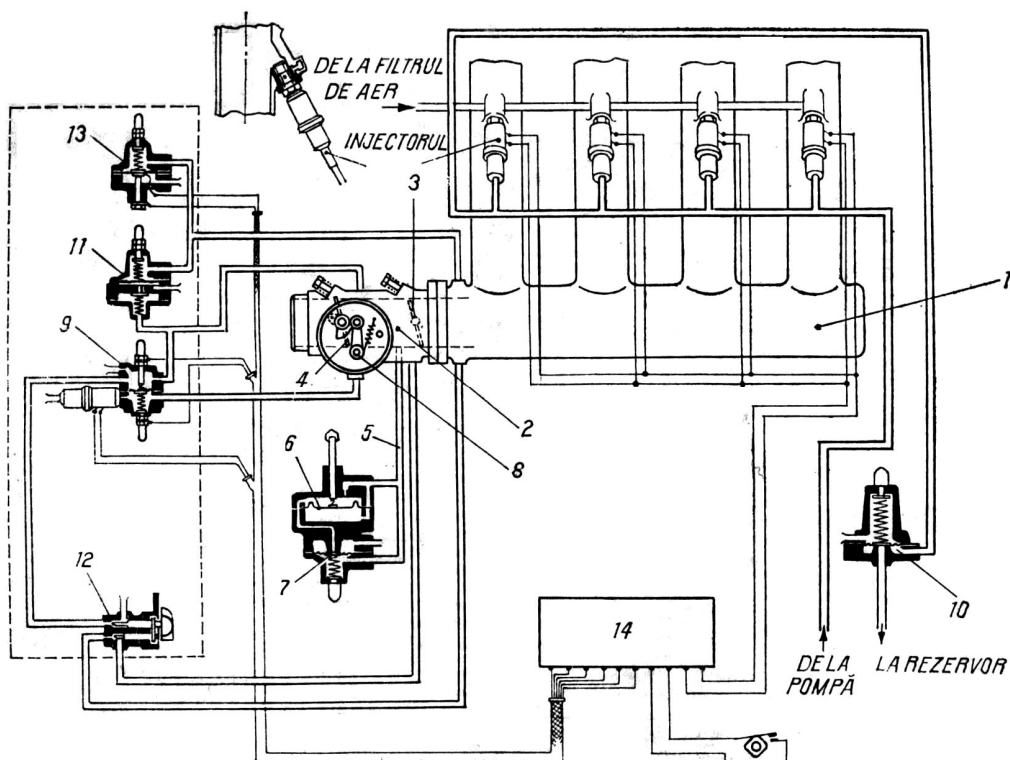


Fig. 4.7. Sistem de injecție de benzină destinat motoarelor cu regim rapid:

1 – colector de admisie; 2 – cameră de depresiune constantă; 3 – obturator principal; 4 – obturator din amonte; 5 – conductă; 6 – membrană; 7 – valvă vacuumică; 8 – supapă; 9 – valvă de comutare; 10 – supapă de descărcare; 11 – valvă de îmbogățire; 12 – valvă de îmbogățire pentru pornirea la rece; 13 – valvă de anulare a debitului de benzină la mersul în gol forțat; 14 – unitate electronică de control

Presiunea benzinei trimisă la injectoare rămâne tot timpul constantă, aproximativ 1,5 bar, cantitatea injectată fiind modificată prin variația duratei de deschidere a injectorului. Momentul începerii injecției se obține prin acțiunea solenoidilor. Diferența, față de alte sisteme, apare doar prin aceea că solenoidii, în acest caz, erau comandați numai prin comutarea unui întrerupător – nu cu ajutorul unui computer, deci prin simpla măsurare a debitului de aer.

Într-adevăr, la capătul liber al colectorului de admisie 1 era realizată o cameră de depresiune constantă 2, plasată între două obturatoare. Cel din aval este obturatorul principal al motorului, 3, fiind legat de pedala de accelerare, iar cel din amonte are rolul unei supape de aer ce se deschide și se închide pentru a menține o depresiune sensibil constantă în cameră. Acest obturator, 4, este obligat să stea în poziția normal închis de către un arc, învingând acțiunea inversă a unui servomecanism vacuumic obișnuit: o conductă 5 duce direct din cameră la una din fețele membranei 6

și printr-un orificiu îngust, pe cealaltă parte a membranei valvei vacumatice 7; conducta era legată și de partea inferioară a valvei 7. Orice modificare a depresiunii din camera 2 era sesizată de valvă care, în mod potrivit, deschidea sau închidea legătura sa spre atmosferă, ceea ce provoca deplasarea membranei în sensul restabilirii echilibrului din cameră, făcând în acest scop să se deschidă sau să se închidă obturatorul secundar 4. Atunci când acesta din urmă este acționat de către membrană, spre o poziție mai deschisă, provoacă deschiderea supapei de măsură 8 care controlează conducta ce leagă camera de depresiune constantă cu valva de comutare 9. Cu cât supapa 8 este mai deschisă, cu atât membrana valvei 9 este deplasată mai jos.

Elementele componente ale sistemului sunt prezentate în detaliile din figurile 4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12 și 4.13.

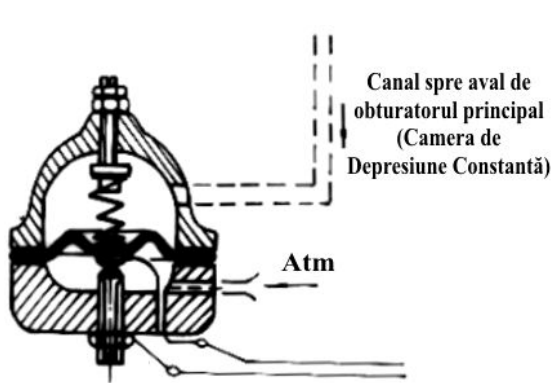


Fig. 4.8. Valvă de anulare a debitului de benzină la mersul în gol forțat

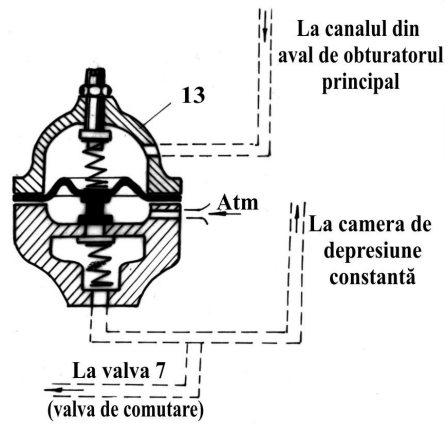
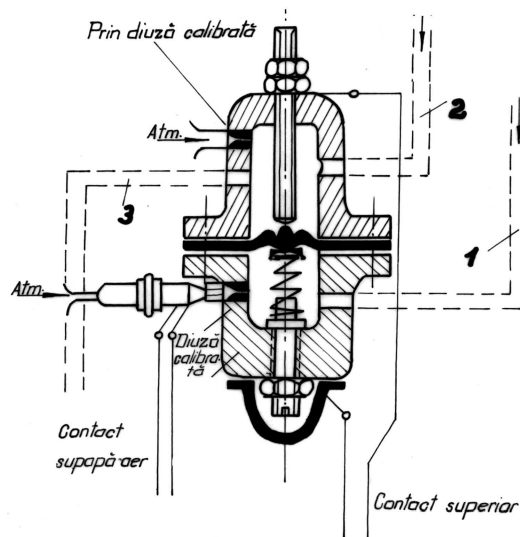


Fig. 4.9. Valvă de îmbogățire a amestecului la sarcini mari



- 1 - Canal la supapa 8 de la Camera de Depresiune Constantă
- 2 - Canal la Camera de Depresiune Constantă (pentru compensare)
- 3 - La Valva pentru îmbogățirea la rece. (automat sau acțiune manuală)

Fig. 4.10. Valvă de comutare

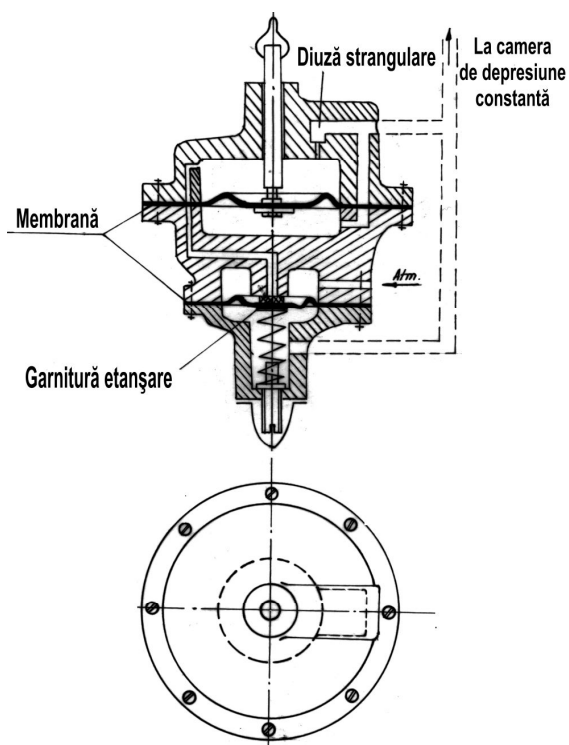


Fig. 4.11. Valvă vacuumică de comandă

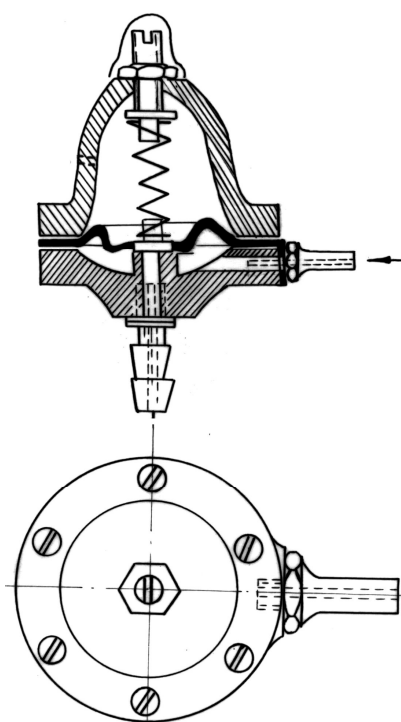


Fig. 4.12. Supapă de descărcare a surplusului de benzină spre rezervor

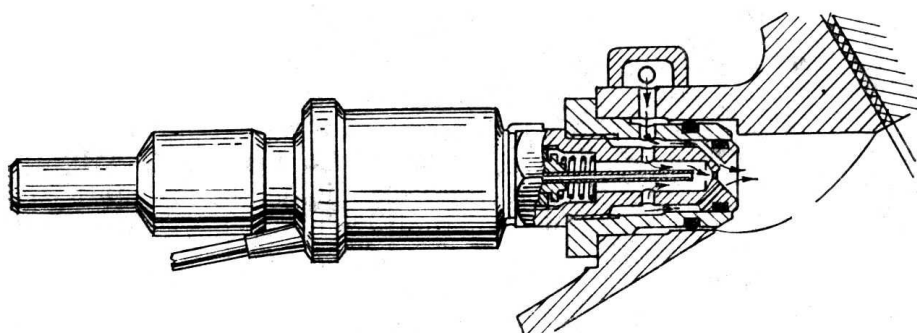


Fig. 4.13. Injector

4.2 SISTEMUL DE INECȚIE JETRONIC-D

Sistemul de inecție **Jetronic-D** era o instalație mult evoluată față de precedenta, din acest motiv considerându-se utilă descrierea ei. Schema de montaj și de funcționare este prezentată în **fig. 4.14**, iar elementele constructiv-funcționale sunt grupate și prezentate în următoarea succesiune.

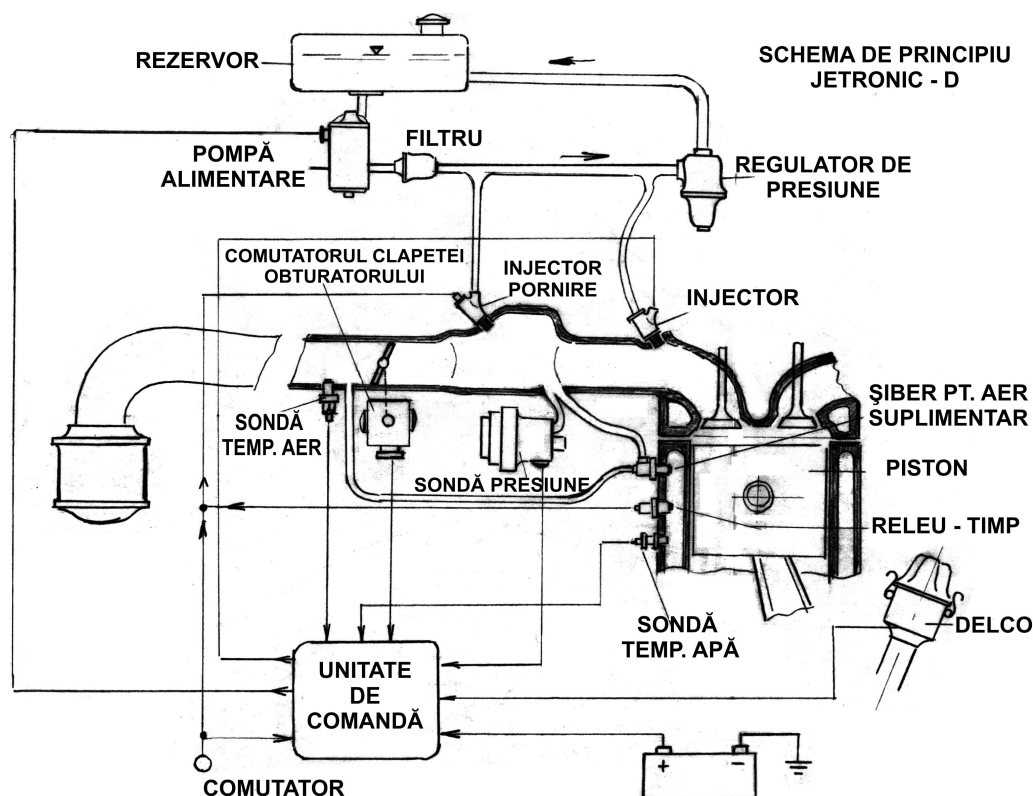


Fig. 4.14. Schema sistemului de injecție Jetronic-D

A. Circuitul combustibilului

Presiunea de injecție este realizată de o pompă de alimentare acționată de un motor electric cu excitație magnetică permanentă, în serie (fig. 4.15), în care:

- 1 – racord de refulare,
- 2 – supapă unisens,
- 3 – supapă de suprapresiune,
- 4 – racord de aspirație,
- 5 – pompă cu role,
- 6 – rotorul motorului electric.

Rotorul disc al pompei, montat excentric în carcasă, este prevăzut cu role metalice, menținute în contact cu profilul carcasei datorită forței centrifuge; ele sunt împinse radial de către vârfurile acestui profil. Combustibilul este transportat în cavitățile formate între role, mărindu-i-se presiunea (fig. 4.16) [104].

De remarcat că, împrejurul motorului electric se produce curgerea combustibilului fără pericol de explozie deoarece, în interiorul carcasei, totdeauna amestecul cu aerul existent va fi în afara limitelor de inflamabilitate. Deoarece debitul maxim de combustibil se realizează la turația maximă a motorului, presiunea în sistem trebuie menținută la o valoare mai scăzută și constantă. Excesul de combustibil cu presiune mai mare se reîntoarce în rezervor. În acest fel, tot timpul se debitează combustibil rece și formarea bulelor de vapori, în circuitul de combustibil, este evitată.

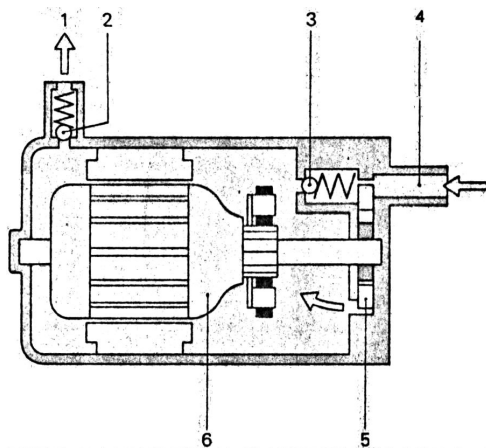


Fig. 4.15. Pompa electrică de combustibil

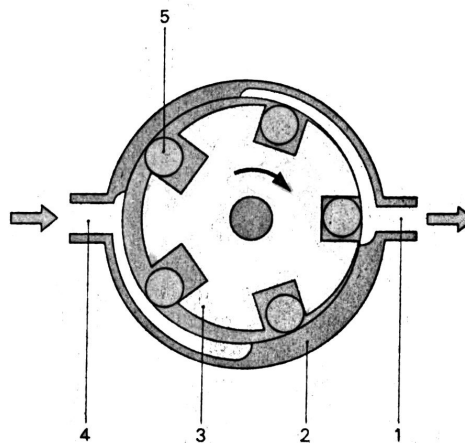


Fig. 4.16. Cavitățile pompei

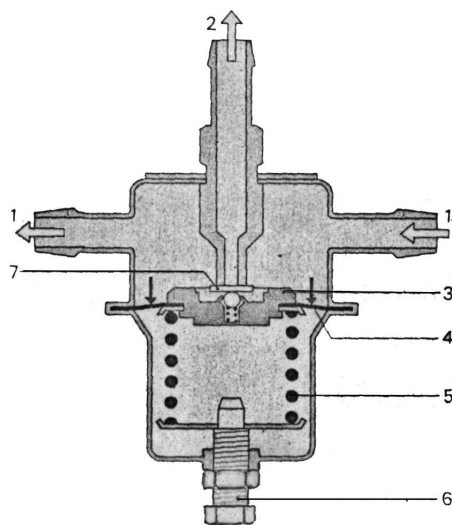


Fig. 4.17. Regulatorul de presiune

Benzina aspirată din rezervor trece printr-un filtru și este refulată în conducta de presiune. Dacă filtrul se montează la refulare este necesar un filtru grosier la aspirație, pentru protejarea pompei.

Spre capătul conductei de refulare se găsește un regulator de presiune (fig. 11.17) care menține presiunea constantă în sistem așa cum s-a arătat, indiferent de debitul livrat de pompă sau de cel folosit la injecție. El constă dintr-o carcasă de metal în care o membrană (4) tensionată deschide intrarea într-un canal de trecere, dacă presiunea de funcționare crește. Regulatorul menține presiunea constantă, cu mare precizie, la 2,0 ... 2,2 bar. Pompa de alimentare furnizează un debit, cu 20 l/min până la 40 l/min mai mare decât cel injectat în motor la consumul maxim. Conductele injectoarelor sunt ramificate din conducta de presiune.

B. Sistemul de admisie

Aerul aspirat trece prin filtrul de aer la obturatorul principal și apoi, de la distribuitor la galeriile cu brațe egale ale cilindrilor. În acest mod se asigură distribuția uniformă a aerului către cilindrii motorului. Din acest motiv, distribuitorul se mai numește și **repartitor de aer**.

Fiecare cilindru are câte un injector cu acționare electromagnetică, reprezentat în fig. 4.18, în care:

- 1 – pulverizator,
- 2 – armătura solenoidului,
- 3 – bobinaj,
- 4 – conexiune electrică,
- 5 – filtru.

Injectoarele sunt montate în galeria de aspirație.

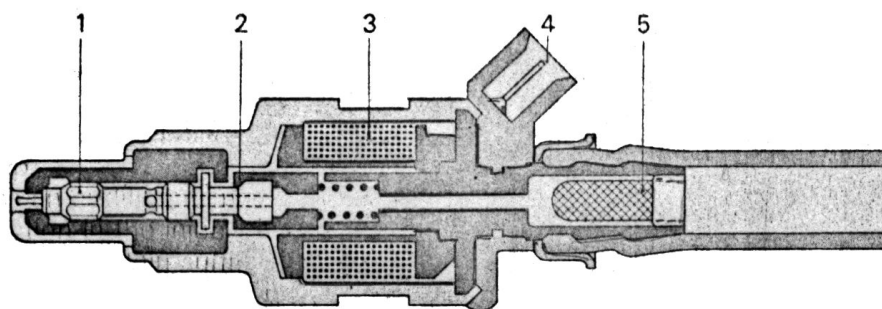


Fig. 4.18. Injectorul electromagnetic

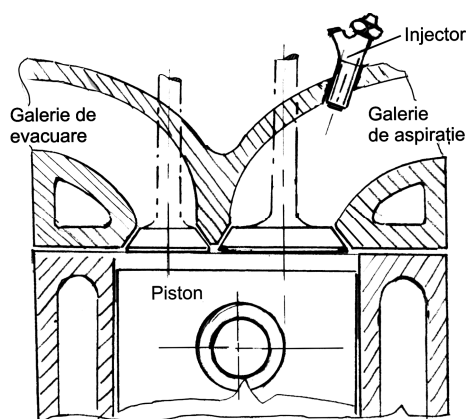


Fig. 4.19. Poziționarea injectoarei

obturator și debitează direct în galeria de admisie. Astfel, benzina suplimentară injectată formează o ceață și un amestec bun, iar cantitățile debitate de injector, neamestecate cu aerul, au timp, pe traseul acesta lung, să se pulverizeze.

C. Comanda dozării combustibilului

Comanda dozării combustibilului se face în primul rând prin presiunea aerului din galeria de admisie și prin turația motorului. Cantitatea de carburant dozată trebuie corelată cu debitul de aer aspirat care, în primă aproximație, este proporțional cu presiunea absolută din galeria de admisie, iar în al doilea rând cu turația motorului. Se cere deci dozarea debitului de carburant în funcție de presiunea din galerie și de turația motorului, ceea ce corespunde cu parametrii de reglaj ai primei generații de instalații **Jetronic**. De aici provine și indicele instalației **D** – cuvântul presiune, în limba germană, începând cu litera D.

Presiunea absolută din galeria de admisie comandă durata impulsului cu ajutorul unei sonde de presiune, a cărei inductanță variază sub influența presiunii exercitate pe membrana dozei.

Sonda de presiune este montată într-o carcasă metalică, conectată prin intermediul unui canal la repartitorul de aer al traseului de admisie (fig. 4.20), în care:

- P_0 – presiunea atmosferică;
- P_1 – presiunea din repartitor;
- 1 – clapeta de obturare;
- 2 – senzor de temperatură;
- 3 – senzor de presiune.

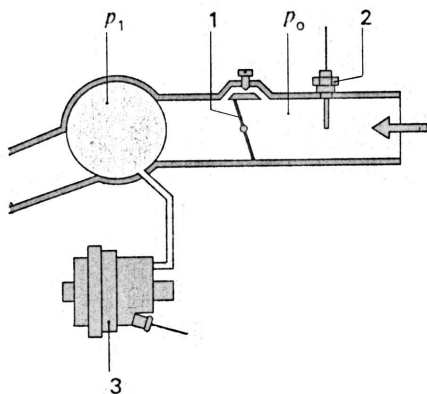


Fig. 4.20. Poziționarea sondei de presiune

La sarcină totală, când este necesară o îmbogățire suplimentară, presiunea din galeria de admisie este aproximativ egală cu presiunea atmosferică. În interiorul sondei, principalele schimbări care se produc sunt: modificarea inductanței prin retragerea armăturii datorită contracției capsulelor 2 și 3, pe de o parte și a diafragmei 1 care, sub acțiunea arcului, abia apasă pe limitatorul de sarcină totală. La sistemele la care pretențiile privind poluarea erau mai ridicate, îmbogățirea la sarcină totală se doza printr-un contact auxiliar montat în întrerupătorul obturatorului și care, la o anumită poziție unghiulară se închidea, prelungind impulsul în unitatea de comandă.

Sonda de presiune realizează și diferențierea următoarelor regimuri ale motorului: mers în gol, sarcini parțiale și sarcină plină, ea comportându-se așa cum se poate observa în figurile 4.21; 4.22 și 4.23.

Pentru figurile 4.21 și 4.22, legenda cuprinde:

- 1 – membrana;
 - 2 și 3 – capsule cu membrană;
 - 4 – limitator pentru sarcini parțiale;
 - p_0 – presiunea atmosferică;
 - p_1 – presiunea din galeria de admisie.
- Pentru fig. 4.23 legenda cuprinde în plus:
- 5 – limitator pentru sarcina totală;
 - 6 – arc.

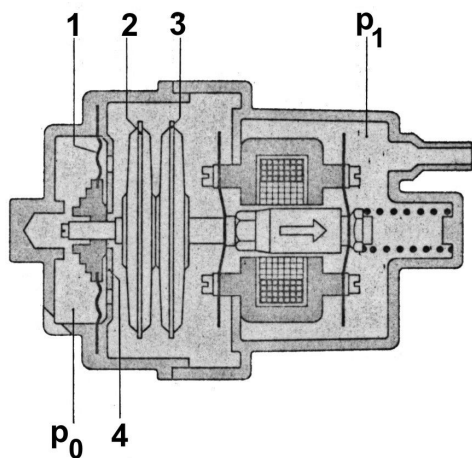


Fig. 4.21. Funcționarea sondei de presiune la mers în gol

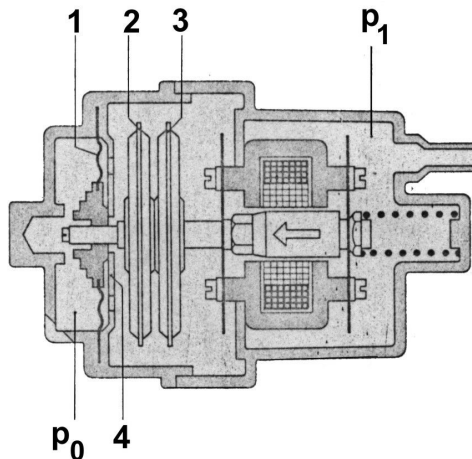


Fig. 4.22. Funcționarea sondei de presiune la regim de sarcini parțiale

În regimul sarcinilor parțiale, presiunea p_0 este mai mare decât presiunea p_1 . Diafragma este apăsată pe limitatorul de sarcini parțiale, acțiunea capsulelor 2 și 3 fiind redusă miezul se retrage, modificând corespunzător inductanța.

La mers în gol, $p_1 \ll p_0$, capsulele 2 și 3 se dilată, membrana 1 apasă pe limitator, armătura se deplasează în sens invers decât în cazurile precedente. În plus, există un contact de mers în gol în contactorul obturatorului care intermediază o corecție a amestecului. Cu ajutorul unui potențiomtru, montat pe unitatea de comandă, se poate regla un mers în gol specific fiecărui motor.

La sistemele la care îmbogățirea necesară regimului de sarcină totală se comandă prin contactul auxiliar din întrerupătorul obturatorului, senzorul de presiune nu trebuie să aibă în componență două capsule ci numai o singură capsulă etanșă, notată cu 1, cea de a doua, notată cu 2,

comunicând cu atmosfera (**fig.4.24**). Astfel, prin diferența de presiune între presiunea atmosferică și presiunea din repartitorul de aer se realizează, mai ales în regimurile de sarcini parțiale, o compensare mai bună în raport cu altitudinea locului.

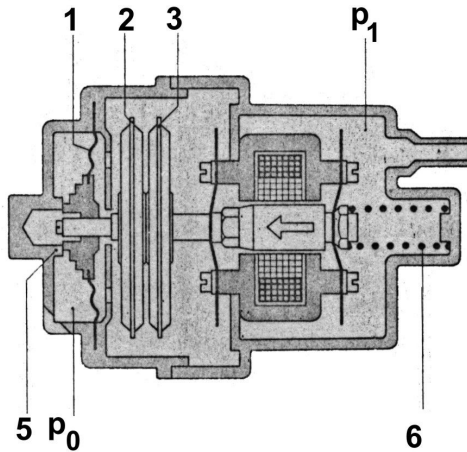


Fig. 4.23. Funcționarea sondei de presiune la regim de sarcină totală

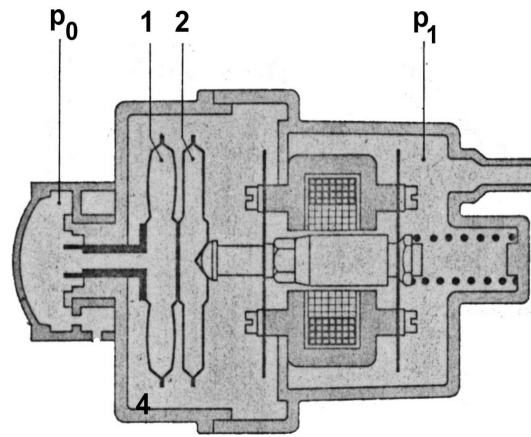


Fig. 4.24. Sondă de presiune cu o singură capsulă etanșă

Pentru măsurarea turației nu se folosea un aparat special, ea măsurându-se printr-un numărător înglobat în unitatea electronică de comandă. Acest numărător măsura impulsurile de deschidere a injectoarelor care sunt proporționale cu turația.

Dozarea carburantului, bazată pe principiul măsurării debitului de aer aspirat și a turației motorului, este valabilă numai pentru temperaturi constante deoarece densitatea aerului, deci și debitul, variază cu temperatura. Corectarea dozajului se făcea cu ajutorul unei sonde termometrice montată în galerie care, odată cu creșterea temperaturii, deci cu scăderea densității aerului, scurta durata impulsului de deschidere a injectorului. Sonda de temperatură consta de fapt într-un rezistor dependent de temperatură, capsulat într-o carcasă metalică.

Injectarea benzinei se făcea în fiecare galerie o singură dată pe durata unui ciclu motor.

Pentru a reduce cheltuielile acestor instalații electronice, injectoarele se puteau lega în grupe, în vederea acționării simultane. De exemplu, la 4 cilindri câte două grupe, la 6 se foloseau două grupe de 3 injectoare, la 8 cilindri 2 x 4 sau 4 x 2. Injectoarele dintr-o grupă lucrau simultan, în ordinea aprinderii.

Impulsul de acționare a grupelor de injectoare se genera printr-un contact electric, montat în distribuitorul de tensiune înaltă, sub mecanismul centrifugal de reglaj a avansului la aprindere fiind acționat de o camă de pe axul distribuitorului. Impulsul marca începutul injectiei, adică deschiderea injectorului.

Dozarea carburantului injectat se făcea prin varierea duratei impulsului. Durata impulsului se stabilea de unitatea electronică de comandă, în baza informațiilor luate prin sonde de măsură, amplasate în diferite puncte ale motorului și, în primul rând, de sonda de presiune. Aceste sonde, respectiv aparate de măsură, transformau informația luată în mărimi electrice, pe care le transmiteau la instalația de comandă.

D. Pornirea la rece și automatizarea fazei de încălzire a motorului

La pornirea la rece și imediat în faza următoare de încălzire, așa cum se știe, motorul necesită un amestec mult mai bogat.

În perioada de încălzire, îmbogățirea amestecului se făcea cu ajutorul unui injector denumit *ventil de pornire la rece* (**Kaltstart - ventil**) care, în funcție de mărimea motorului, injecta un debit suplimentar de carburant, de la 70 cm³/min la 200 cm³/min, atât timp cât era acționat (**fig. 4.25**).

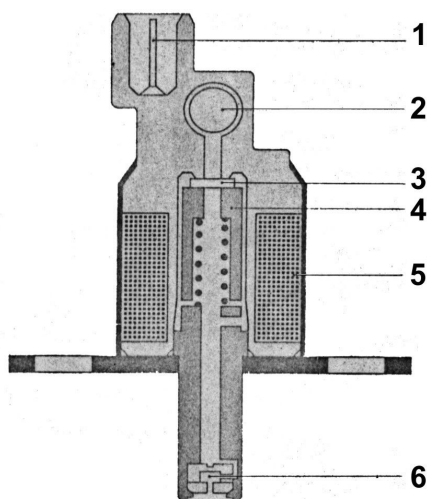


Fig. 4.25. Injectorul de pornire la rece

să fie de 5 ... 20 sec, iar la temperaturi mai mari să scadă, urmând ca la valori cuprinse între 20 – 40°C să se anuleze complet (fig. 4.26).

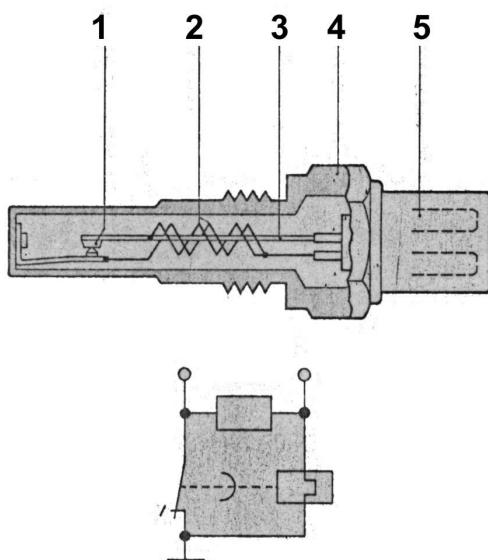


Fig. 4.26. Releu de acționare a injectorului de pornire la rece

sondă de temperatură avea drept element sensibil, un material semiconductor, element denumit NTC (Negative Temperature Coefficient), a cărui rezistență scade cu creșterea temperaturii.

În perioada de pornire și în faza de încălzire, motorul necesită și un surplus de aer nu numai din cauza amestecului îmbogățit, ci și pentru obținerea turației mărite, în scopul asigurării unui mers uniform (rotund) și unei puteri mărite, necesară învingerii frecărilor relativ mari. Debitul de aer suplimentar se obținea prin by-passarea obturatorului. By-pass-ul se deschidea în funcție de temperatura motorului printr-un element bimetalic sau termodilatant, până la temperaturi ale lichidului de răcire cuprinse între 60°C și 70°C.

Injectorul de pornire avea în alcătuire următoarele elemente:

- 1 – conexiunea electrică;
- 2 – racord de admisie pentru combustibil;
- 3 – filtru;
- 4 – armătura solenoidului;
- 5 – bobinaj;
- 6 – pulverizator.

Un releu termic cu contact (termoîntrerupător), cu domeniu de lucru între 0°C și +15°C, acționa asupra injectorului de pornire la rece prin intermediul lichidului de răcire.

La motoarele reglate pentru un amestec bogat care prezintă tendința de a umezi bujiile (ancrasare), se recomandă înlocuirea releului termic cu un releu termic de timp care limita durata de acționare a injectorului de pornire. Acest releu de timp cu contact era dimensionat astfel încât, durata de cuplare la o temperatură de răcire de cca. –20°C

Funcționarea lui se baza pe un contact termic bimetalic care întrerupea circuitul electric al injectorului de pornire la rece.

Releul cuprindea următoarele elemente:

- 1 – contact;
- 2 – rezistență de încălzire;
- 3 – lamela bimetalică;
- 4 – carcasă;
- 5 – conexiune electrică.

Faza de încălzire se considera durata de la pornirea motorului până la atingerea temperaturii normale. În această perioadă motorul necesita un amestec îmbogățit. La o pornire la –20°C, după tipul și felul motorului, se impunea injectarea unui debit de două până la trei ori mai mare față de debitul normal.

Comanda îmbogățirii amestecului provenea de la sonda termometrică amplasată într-un loc unde temperatura din motor era relevantă. La motoare cu răcire cu lichid sonda se interpunea în circuitul de răcire, iar în cazul răcirii cu aer, direct pe chiulasă (fig. 4.27). Aceasta

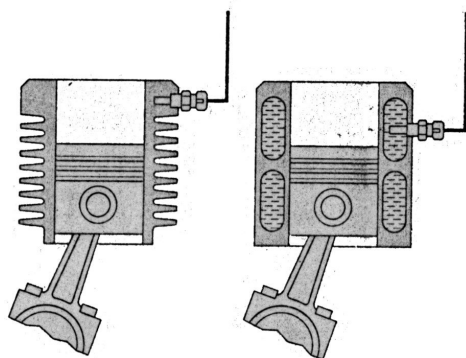


Fig. 4.27. Amplasarea sondei termometrice

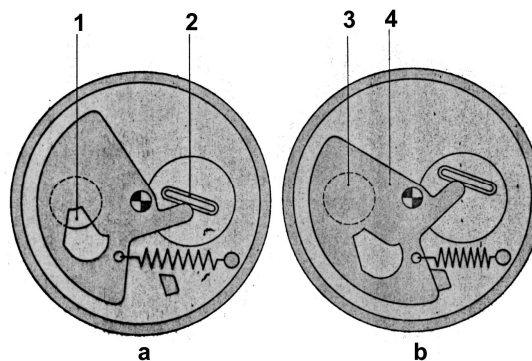


Fig. 4.28. Sistem de by-pass controlat prin încălzire exterioară

Existau diverse soluții constructive pentru controlul by-pass-ului aerului auxiliar. În **fig. 4.28** se prezintă fazele de lucru ale sistemului cu încălzire exterioară.

Sertarul rotitor **4** care controlează canalul de by-pass **3** era acționat de elementul bimetalic spiral, încălzit electric din exterior. La motoarele răcite cu aer, încălzirea elementului spiral se făcea prin contact cu uleiul din carterul motorului. Aerul pătrundea în canal prin fanta profilată **1**.

Poziția **a**) se referă la situația canalului de by-pass, parțial deschis, iar poziția **b**) la situația canalului închis (motorul funcționează la temperatura normală de regim).

Sunt cunoscute și construcții bazate pe dilatarea unui material termosensibil care deplasează un piston ce controlează secțiunea canalului de aer.

E. Funcții suplimentare

a. Un contactor electric legat de obturator producea semnalul pentru acționarea îmbogățitorului de amestec necesar la accelerarea motorului (**fig. 4.29**). Dispozitivul avea un șir de contacte (**1**), prin care se realizau impulsurile de tensiune corespunzătoare mișcării de deschidere a obturatorului și care se transmiteau prin contactele **2** și **3**, corespunzătoare regimului de sarcină plină, respectiv mers în gol. Aceste impulsuri de tensiune determinau injectarea debitelor suplimentare de benzină în timpul deschiderii obturatorului. Adaosurile erau relativ mici, neinfluențând consumul de combustibil.

b. Timpii de atragere și de revenire ai electromagnetului injectorului depindeau de tensiunea de lucru. Odată cu creșterea tensiunii timpul creștea, astfel că, la aceeași durată a impulsului de curent injectorul rămânea mai mult timp deschis, crescând corespunzător volumul de carburant injectat. Se impunea, din acest motiv, o stabilizare a tensiunii de alimentare, funcție preluată de stabilizatorul din unitatea de comandă care compensa influențele variației tensiunii de alimentare.

c. Pompa de alimentare cu benzină nu se pornea prin contactul de aprindere, ci prin unitatea de comandă electronică. Unitatea de comandă oprea astfel alimentarea cu benzină cât timp motorul nu funcționa, deși contactul era închis. Prin aceasta se reducea posibilitatea infiltrării benzinei în cilindri prin neetanșeitățile supapelor sau datorită impurităților din carburant.

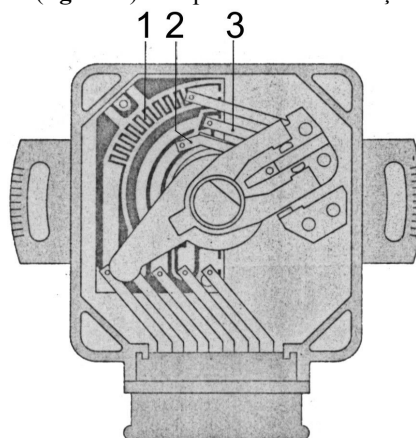


Fig. 4.29. Dispozitiv de comandă a îmbogățitorului de amestec necesar accelerării motorului

4.3. SISTEMUL DE INECȚIE JETRONIC-L

Începând din 1970 s-a dezvoltat o nouă instalație cunoscută sub indicativul **Jetronic-L** care se remarcă printr-o funcționare mai bună și, în special, printr-un cost mai redus. Aceste avantaje s-au obținut datorită introducerii unui alt sistem de măsurare a debitului de aer aspirat precum și folosirii circuitelor integrate în unitatea de comandă a dozajului.

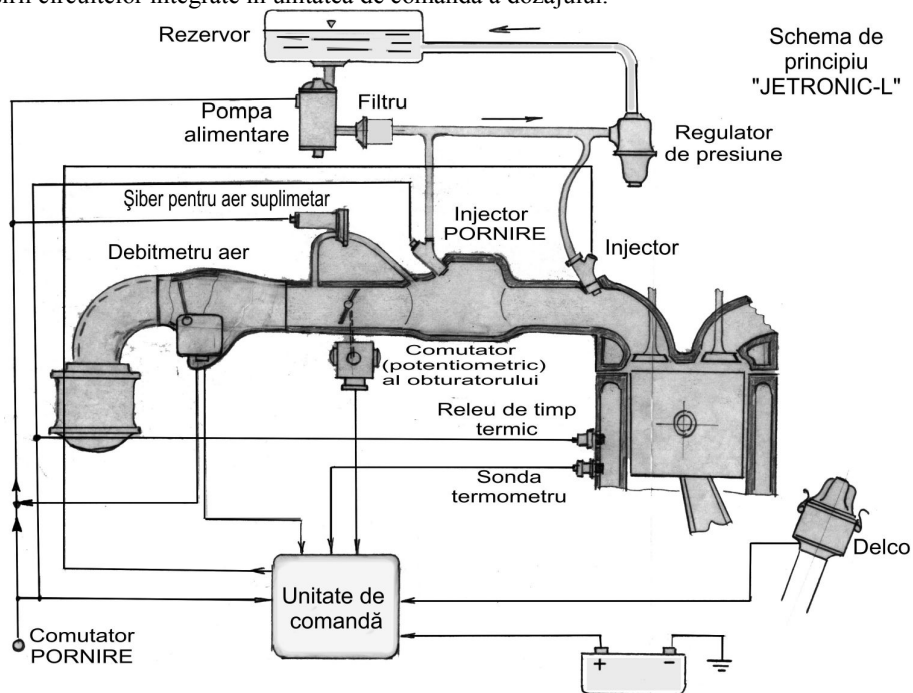


Fig. 4.30. Schema de principiu a instalației Jetronic-L

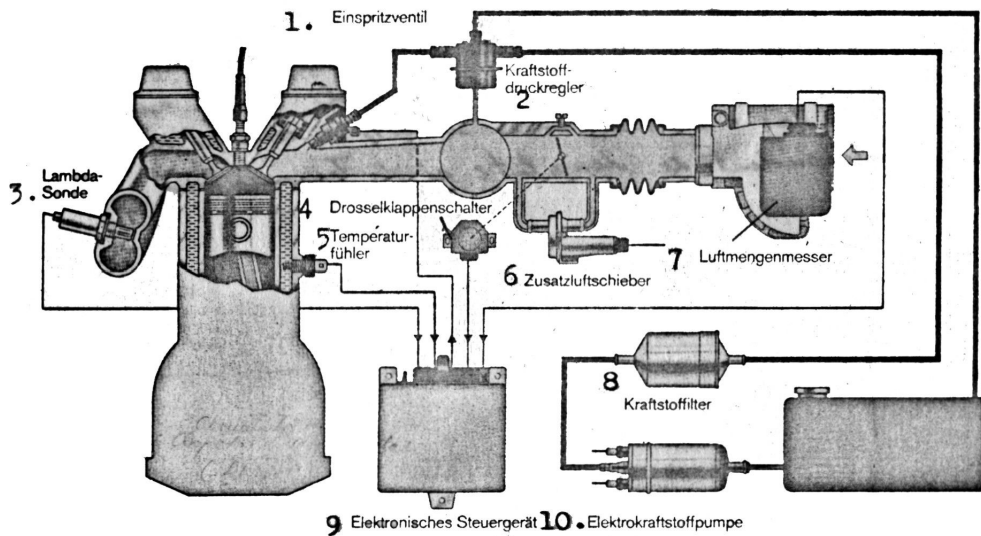


Fig. 4.31. Elementele componente ale instalației Jetronic-L

Principalele deziderate care au stat la baza realizării acestui sistem au avut în vedere, în primul rând, simplificarea construcției instalației și apoi reducerea emisiilor în gazele de evacuare. Schema de principiu se prezintă în **fig. 4.30**, iar elementele componente în **fig. 4.31** [21, 65, 102].

Acest tip de instalație apărut ulterior, diferea de cele realizate până în perioada 1970 – 1973, prin elementele descrise în continuare.

1. Comanda debitului de combustibil

Problema principală, așa cum s-a prezentat și la alte instalații, constă în a doza cantitatea de benzină corespunzător debitului de aer aspirat, în vederea asigurării dozajului necesar diverselor regimuri ale motorului.

Până în această fază, la instalațiile **Jetronic**, ca mărimi ajutătoare pentru măsurarea volumului de aer aspirat au fost folosite: *presiunea din galeria de admisie; turația motorului; temperatura aerului aspirat.*

Din cauza controlului din ce în ce mai sever al compoziției gazelor de eșapament, în special în USA, a apărut necesitatea măsurării directe a debitelor de aer.

La instalația **Jetronic-L**, dozarea benzinei se făcea, din acest motiv, pe baza debitului de aer și a turației motorului. Măsurarea directă a debitului de aer oferea în plus următoarele avantaje:

- Compensarea diferențelor, în ceea ce privește gradul de umplere a cilindrilor, care se produc din cauza impreciziilor de execuție, a uzurilor, a depunerilor de calamină, a eventualelor dereglări la nivelul sistemului de distribuție și a defectelor la supape.
- Compensarea variațiilor de umplere, cauzate de fenomenele hidrodinamice dependente de turație.
- Deoarece semnalul debitmetrului devansează umplerea cilindrilor, nu mai este nevoie de o îmbogățire pentru accelerare, obținându-se și un mers în gol mai stabil.
- Compensarea variațiilor de presiune pe traseul de evacuare, produse în reactoarele termice și catalitice datorită fenomenelor de înfundare a acestora (reactoare pentru depoluare).
- Sistemul nu este sensibil la curenți inverși de gaze în admisie, deoarece măsurarea debitului de aer se face numai pe traseul de aer proaspăt.

Ultimele două puncte avantaje erau importante din cauza restricțiilor prefigurate în USA, relativ la componența gazelor de evacuare.

Denumirea sistemului **L** provine de la cuvântul *aer* care în limba germană începe cu litera **L**.

2. Circuitul de alimentare cu combustibil și sistemul de aspirație a aerului

Recipientul-elastic (recipientul presostatic), având rolul de regulator al presiunii de alimentare care era în contact cu atmosfera, la acest sistem este racordat la galeria de aspirație. Prin aceasta se obține ca, diferența de presiune dintre presiunea benzinei și cea din galeria de aspirație să fie constantă; în acest mod, debitul injectat nu depinde decât de durata de acționare a injectorului, respectiv de timpul de deschidere a lui.

În debitmetru, curentul de aer proaspăt acționează asupra clapetei-obturatoare care, sub efectul acestui curent și al arcului de recul se stabilizează într-o anumită poziție unghiulară. Un potențiomtru care este legat de axul clapetei și acționat odată cu ea, furnizează semnalul de tensiune unității de comandă.

Deoarece cantitatea de benzină se dozează într-un timp al motorului, ea trebuie corelată cu debitul de aer aspirat tot într-un timp motor, deci semnalul este o mărime pentru cele două debite, într-un timp motor.

Această mărime proporțională cu debitul de aer, intră sub formă de semnal în unitatea de comandă, unde este divizată în raport cu turația motorului.

Pentru a măsura turația, există un contor al impulsurilor în unitatea de comandă, ceea ce este suficient întrucât numărul de impulsuri pe minut este direct proporțional cu turația motorului.

3. Durata de injecție

La acest sistem, ca și la altele similare, injectoarele sunt conectate în paralel. Astfel, injectoarele lucrează simultan deși, într-un moment dat, cilindrii se află la alt timp al ciclului motor. Pentru a obține uniformitate în formarea amestecului și în ardere, se face injectarea de două ori pe durata unui ciclu a câte unei jumătăți din doza necesară.

Evident, această soluție prezintă și avantajul de a nu impune corelarea poziției unghiulare a axului cu came cu momentul de injecție. Totodată, se ușurează mult comanda începutului deschiderii injectoarelor care se face printr-un contactor montat pe ansamblul ruptor-distribuitor de aprindere, eliminându-se astfel *trigger-contact*-ul utilizat la variantele anterioare. În acest mod, la un motor cu 4 cilindri, ruptorul funcționează de patru ori într-un ciclu motor, deci unitatea de comandă trebuie să înjumătățească această frecvență. La motoarele cu 6, respectiv cu 8 cilindri, frecvența impulsurilor se divizează cu factorul 3, respectiv 4.

4. Pornirea la rece și automatizarea fazei de încălzire

În această privință nu sunt diferențe față de instalațiile **Jetronic** anterioare descrise mai sus.

5. Comenzi suplimentare și corecții

Prin folosirea principiului de măsurare directă a debitului de aer se ține seama de un număr mare de parametri care influențează necesarul de carburant. Din această cauză se impun mai puține corecții suplimentare, față de sistemele prezentate până acum și astfel, unitatea de comandă se simplifică, fiind lipsită de elemente costisitoare.

Corecția pentru mersul în gol și pentru sarcina plină se comandă prin contactorul clapetei-obturatoare. Pentru reglarea mers în gol, există la debitmetru un by-pass cu secțiune variabilă. Ca și la instalațiile **Jetronic** mai vechi, timpul de deschidere a injectoarelor se corectează în funcție de tensiunea de alimentare din baterie.

Un alt punct comun în raport cu instalațiile anterioare îl constituie evitarea, pe cale electrică, a injectării carburantului atunci când contactul este pus, dar motorul nu funcționează. Aceasta se realizează prin intermediul unui contactor care este închis, atât timp cât clapeta de aer este și ea închisă complet. Blocarea se anulează odată cu acționarea electromotorului de pornire.

6. Unitatea centrală de control a gazelor evacuate

Dezvoltarea sistemelor de depoluare a gazelor evacuate, pentru care în USA, începând din 1967 s-au stabilit prin norme limite valorice severe, în Europa, în acea perioadă era abia la început. Din acest motiv, sistemele de injecție a benzinei, utilizate la automobile atât în America cât și în Europa, s-au bucurat de receptivitate în contextul tendințelor de implementare a controlului gazelor de eșapament. Valorile produșilor din gazele evacuate care începeau să fie impuse ca limite superioare de poluare, nu puteau fi atinse numai prin unele măsuri asupra sistemelor de alimentare. Din acest motiv s-au introdus instalații suplimentare, în special la nivelul sistemului de eșapare. Dimensiunile acestor instalații s-au redus sensibil în cazul folosirii sistemelor de injecție a benzinei. Instalațiile de acest gen trebuie comandate în funcție de parametrii motorului (turație, sarcină, temperatură etc.). În egală măsură ele trebuie supravegheate și protejate de avarii. Mai jos se dau câteva exemple de parametri funcționali și de comenzi necesare:

a. Reglajul suplimentar al avansului la aprindere în funcție de temperatura motorului și poziția obturatorului.

b. Aportul unui supliment de aer proaspăt la motor prin instalații speciale, în funcție de turație și sarcină.

c. Recircularea la nivelul galeriei de admisie a gazelor evacuate, în funcție de turația motorului, cuplul motor și temperatură.

d. Controlul unui by-pass în vederea protejării reactorului termic sau catalitic, în funcție de temperatura gazelor evacuate.

e. Controlul dozajului amestecului aer-combustibil în funcție de oxigenul care se găsește în gazele de evacuare.

Evident, aceste comenzi se fac pe cale electrică, respectiv electronică. Acest lucru este economic și comod în cazul sistemelor cu injecție de benzină și comandă electronică întrucât instalația furnizează majoritatea datelor. În acest condiții, cuplarea acestor tipuri de comenzi cu unitatea de comandă **Jetronic-L** apare ca o soluție optimă.

Construcția și modul de funcționare a elementelor componente specifice sistemului **Jetronic L** sunt analizate în cele ce urmează. Astfel, elementele instalației **Jetronic-L** care au mici modificări față de instalațiile anterioare, vor fi descrise pe scurt, iar cele noi vor fi clarificate din punct de vedere constructiv.

➤ Unitatea electronică de comandă

Unitatea electronică de comandă este un ansamblu complet care folosește circuite imprimate și integrate și care reduce foarte mult dimensiunile și costurile. Unitatea conține trei circuite integrate, câteva elemente semiconductoare, rezistențe și condensatoare.

În cadrul unității de comandă a sistemului **Jetronic-L** sunt în total 80 de elemente, față de 300 la instalația anterioară, **Jetronic-D**.

Unitatea se cuplează la cablajul mașinii printr-un conector cu 4 poli, realizând legăturile cu toate elementele. În **fig. 4.32** este reprezentată schema-bloc a unității de comandă, al cărei mod de lucru se explică în continuare.

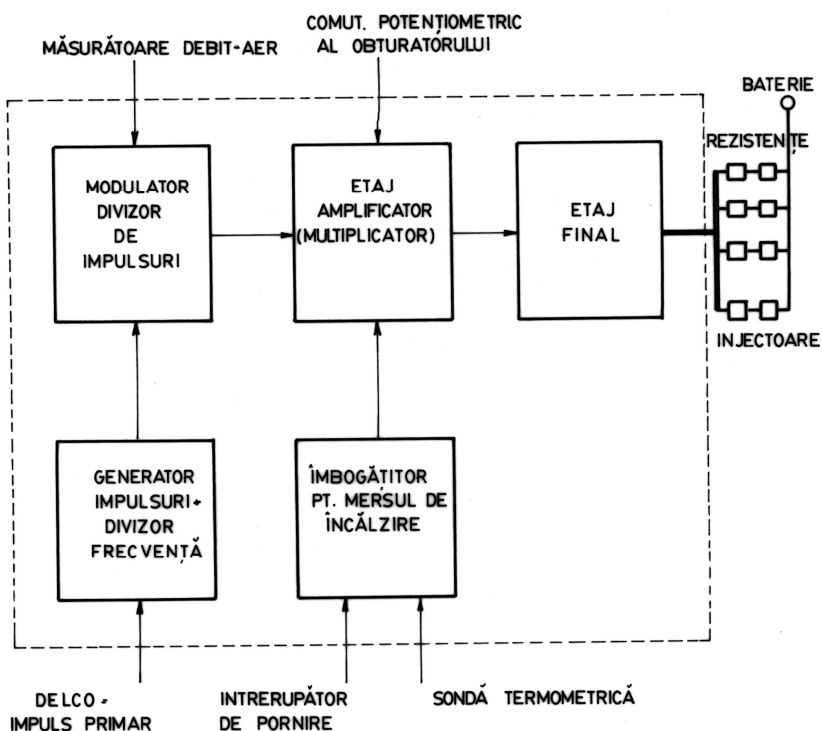


Fig. 4.32. Schema-bloc a unității de comandă a instalației **Jetronic-L**

Impulsurile primare sunt generate de ruptorul sistemului de aprindere. Ele intră în blocul generator de impulsuri și de divizare a frecvenței. În acest bloc, frecvența se divizează și la ieșire apar impulsuri dreptunghiulare cu un raport de 1/1 între durata impulsului și durata pauzei. Cu acest impuls este comandat blocul *modulator-divizor*. Impulsul modulat are durată direct proporțională cu debitul de aer aspirat și invers proporțională cu turația motorului, adică:

$$T_1 = f(Q_{\text{aer}}, n) \quad \text{și} \quad T_1/T_2 \neq 1$$

unde:

T_1 - durata impulsului;

T_2 - durata pauzei;

Q_{aer} - debitul de aer;

n - turația motorului.

În etajul de amplificare, impulsul plecat din blocul modulator va fi amplificat cu un factor cel puțin egal cu 2. Impulsurile ieșite din blocul amplificator vor fi supuse unei corecții, în funcție de tensiunea de alimentare.

Etajul *final* se comandă prin impulsul final, prelucrat (divizat, modulat, amplificat și corectat) și care, în consecință, conectează bobina injectorului la tensiunea bateriei, pe toată durata acestui impuls. Mai departe, sonda termometrică, întrerupătorul de pornire și contactorul clapetei-obturatoare produc semnalele de intrare la blocul amplificator și operează corecțiile de îmbogățire a amestecului pentru mersul în regim de încălzire, pentru pornire și pentru regimul de sarcină plină.

Rezistențele înseriate cu bobinele injectoarelor sunt plasate într-un agregat special și se află conectate între injectoare și polul pozitiv al bateriei.

➤ Debitmetrul de aer

Debitmetrul (aparatură pentru măsurarea debitului de aer aspirat), este reprezentat în fig. 4.33. Rolul lui este de a produce semnale de tensiune proporționale cu debitele de aer aspirate de motor.

Semnalele sunt generate de potențiometrul legat de axa obturatorului-suplimentar (clapeta secundară). Clapeta obturatoare acționează tot pe principiul măsurării forței exercitate pe ea de către curentul de aer. Clapeta are o formă dreptunghiulară, așezată într-un canal dreptunghiular și este ținută într-o poziție înclinată de forța unui arc. Momentul de readucere, realizat de un arc spiral, este ales în așa fel ca să corespundă pe de o parte forțelor de frecare în lagărul clapetei și, pe de altă parte, pierderilor de sarcină (pierderea hidrodinamică).

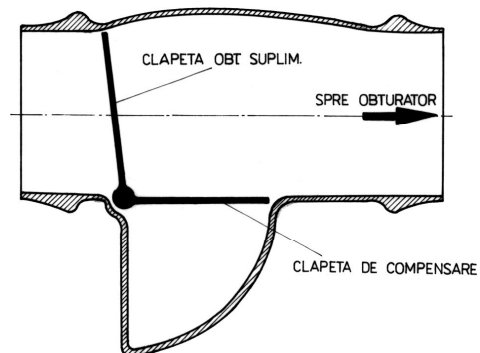


Fig. 4.33. Debitmetrul de aer

Pentru amortizarea mișcării clapetei este prevăzută o clapetă suplimentară, de compensare care, printr-o fantă mică, comunică cu spațiul de amortizare. Volumul spațiului de amortizare și fanta sunt corelate din punct de vedere funcțional.

Prin această clapetă amortizoare (compensatoare), se obține, în mod practic, ca poziția clapetei debitmetrului să nu fie influențată de oscilațiile coloanei de aer din traseul de admisie.

La instalația **Jetronic-L**, desfășurarea secțiunii de trecere este aleasă astfel ca, între înclinația clapetei și debitul scurs să fie o funcție aproximativ logaritmică. Astfel, se obține ca eroarea relativă de măsurare pe tot domeniul debitelor să fie aproximativ constantă, ceea ce constituie un avantaj privind reglajul bun al mersului în gol, precum și al sarcinilor parțiale.

Poziția unghiulară a clapetei este tradusă printr-un potențiometru în tensiune, în așa fel ca între debitul de aer și tensiune să existe o legătură liniară.

Printr-un by-pass reglabil, o mică parte a aerului aspirat se poate conduce pe lângă clapetă obținând astfel posibilitatea ca, prin schimbarea secțiunii by-pass-ului să se regleze debitul de aer, influențând astfel amestecul aer-carburant. Toate aceste dependențe sunt arătate în diagramele din fig. 4.34, unde curbele au semnificația:

a-unghiul clapetei obturatoare;

b-tensiunea potențiometrului;

c-debitul de combustibil livrat de unitatea de control;

d-debitul de combustibil absorbit în mod teoretic de motor, determinat de debitul de aer absorbit de motor (Q_L).

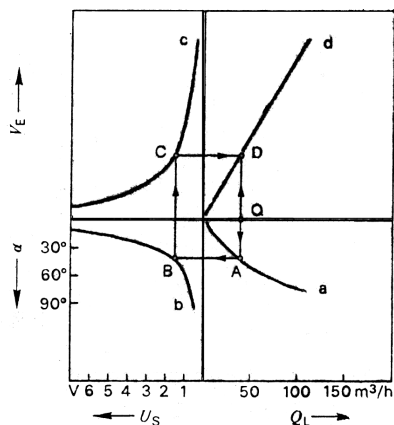


Fig. 4.34. Funcțiile de comandă

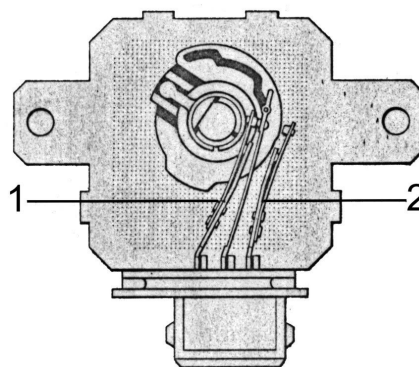


Fig. 4.35. Contactorul clapetei

➤ Contactorul (comutatorul) clapetei-obturatoare principale

Prin suprimarea îmbogățirii amestecului la regimul de accelerare, agregatul nou este mult simplificat. Contactorul (comutatorul) clapetei conține și un set de contacte pentru mersul în gol și pentru sarcină plină (1, respectiv 2), după cum se prezintă în fig. 4.35.

➤ Sonda termometrică

Așa cum s-a descris la sistemul **Jetronic-D**, sonda constă dintr-o rezistență foarte sensibilă la variații de temperatură care, înglobată în material sintetic, este montată într-o carcasă metalică.

➤ Injectorul

Injectorul este reprezentat în secțiune în fig. 4.36. El constă dintr-o carcasă, ac, corp magnetic și electromagnet și diferă de cel utilizat la sistemul **Jetronic-D** doar prin secțiunea de trecere mai mică. Această reducere de secțiune este necesară datorită cantității mai mici injectate, el

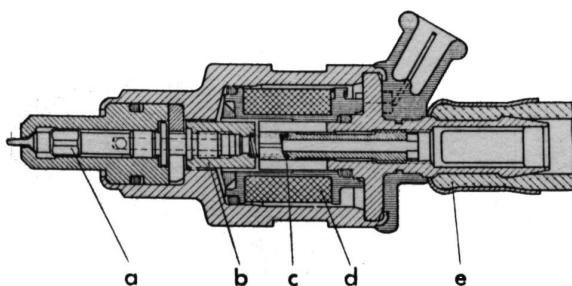


Fig. 4.36. Injectorul instalației Jetronic-L

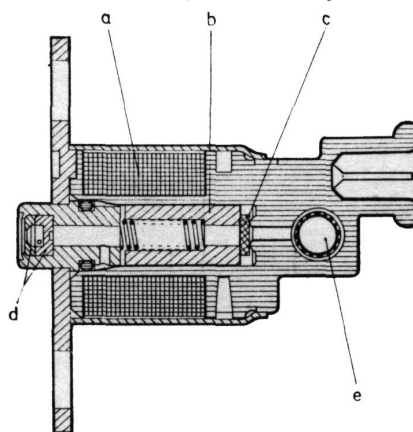


Fig. 4.37. Injectorul pentru pornire la rece

injectând de două ori într-un ciclu. În corpul injectorului se află bobina electromagnetului și ghidajul acului. Când bobina nu este sub tensiune, un arc elicoidal apasă acul pe scaunul etanș al ventilului. Dacă magnetul este excitat, acul injectorului se atrage de pe scaun cu cca. 0,15 mm, iar carburantul se injectează printr-o fantă inelară calibrată (duză). Capătul din față al acului

injectorului este profilat, ceea ce asigură o pulverizare perfectă. Timpii de atragere și eliberare ai acului sunt de cca. 1 ms.

➤ **Injectorul pentru pornire la rece**

Este prezentat în **fig. 4.37**.

La acest tip de injector nu se pun condiții deosebite pentru timpii de atragere, respectiv de revenire, dar se pune mare accent pe gradul de pulverizare. În acest scop s-a perfecționat un injector comandat electromagnetic. Miezu mobil al magnetului, în poziția de repaus, este apăsător pe scaunul supapei și pe garnitură de un arc elicoidal și realizează o etanșeitate perfectă. Când miezul este atras, scaunul se eliberează, carburantul se scurge pe lângă miezul canelat și ajunge, prin găuri longitudinale și transversale practicate în carcasa duzei, la duza turbionatoare. Din duza turbionatoare, carburantul iese prin două orificii rotindu-se și se pulverizează perfect, lovindu-se de suprafețele conice de 45°.

➤ **Șiberul de aer suplimentar**

Șiberul de aer suplimentar din **fig. 4.38** (**a** – arc bimetalic; **b** – sertar rotativ; **c** – ax), conține ca organ de acțiune un arc bimetalic care se încălzește electric, asemănător sistemului descris anterior. El este montat într-o poziție caracteristică unei funcționări normale, corespunzător temperaturii normale de funcționare a motorului. Încălzirea electrică, în acest caz, oferă posibilitatea alegerii libere a constantei de timp a bimetalului, prin care se face reglajul aerului suplimentar (reglaj în timp).

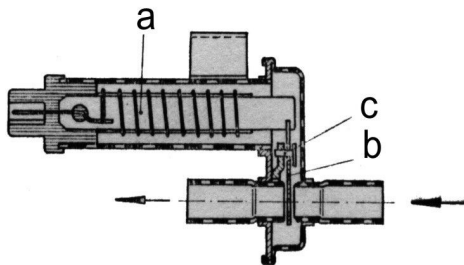


Fig. 4.38. Șiber de aer suplimentar

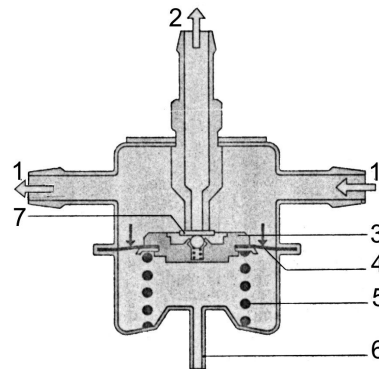


Fig. 4.39. Regulatorul de presiune

➤ **Pompa de alimentare**

Este tot o pompă cu rotor excentric și role periferice, cu acționare permanentă și cu supapă de siguranță (de suprapresiune).

➤ **Regulatorul de presiune**

Este reprezentat în **fig. 4.39**.

Din schemă se deduce ușor principiul de funcționare, dimensiunile relative și componența (**1** – racord de intrare; **2** – racord ieșire către rezervor; **3** – scaun supapă; **4** – membrană; **5** – arc; **6** – racord colector admisie; **7** – supapă).

Șurubul de reglaj servește și ca racord la depresiune (în galerie în zona distribuitorului de aer).

Așa cum s-a arătat, prin conectarea la depresiune se realizează ca presiunea din sistemul de alimentare cu carburant să depindă de presiunea absolută din galeria de admisie și prin aceasta căderea de presiune la injector să fie aceeași, pentru orice regim de funcționare a motorului (sarcini diferite).

La depășirea presiunii reglate, membrana deschide canalul din racordul spre rezervor. Presiunea se reglează cu ajutorul șurubului de reglaj.

➤ Filtrul de combustibil

Filtrul este confecționat din hârtie microporoasă, cu mărimea porilor de 20 μm și este garantat pentru 20.000 km. Carcasa filtrului este din material plastic (la presiuni mari se recomandă însă carcasă de aluminiu).

➤ Comutatorul termometric

Comutatorul termometric nu se deosebește de cel utilizat la sistemul **Jetronic-D** și este un contactor bimetalic cu încălzire electrică, folosit și pentru acționarea ventilului de pornire la rece. Se montează într-un loc reprezentativ pentru temperatura motorului. Durata de conectare scade odată cu temperatura motorului.

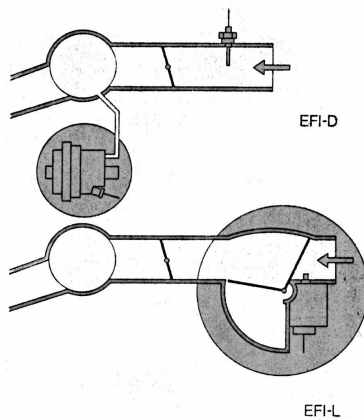


Fig. 4.40. Prezentare comparativă a principiul de măsurare a debitului de aer la instalațiile **Jetronic-D** și **L**

Instalațiile de injecție de benzină, de tip **Jetronic-L**, realizează deci o esențială îmbunătățire a funcționării motorului și în același timp o simplificare și o ieftinire a sistemului.

Aceste avantaje se datorează principiului de măsurare a debitului de aer care, comparativ la cele două sisteme, se prezintă în **fig. 4.40** precum și folosirii în unitatea de comandă a circuitelor integrate.

Instalația se pretează și la asocierea, conform cerințelor arătate, a dispozitivelor de control a gazelor de eșapare (dispozitive depoluante).

Dezvoltându-se sistemul descris, pe același principiu s-a realizat varianta **Jetronic-LH**, la care măsurarea debitului de aer se face însă cu un aparat cu fir cald. Acest sistem măsoară debitul de aer direct, independent de densitate și de temperatură, fiind realizat după tehnica digitală.

Reglajul este comandat de un micro-computer.

Sistemul **Jetronic-LH** este prezentat în ansamblu în

fig. 4.41.

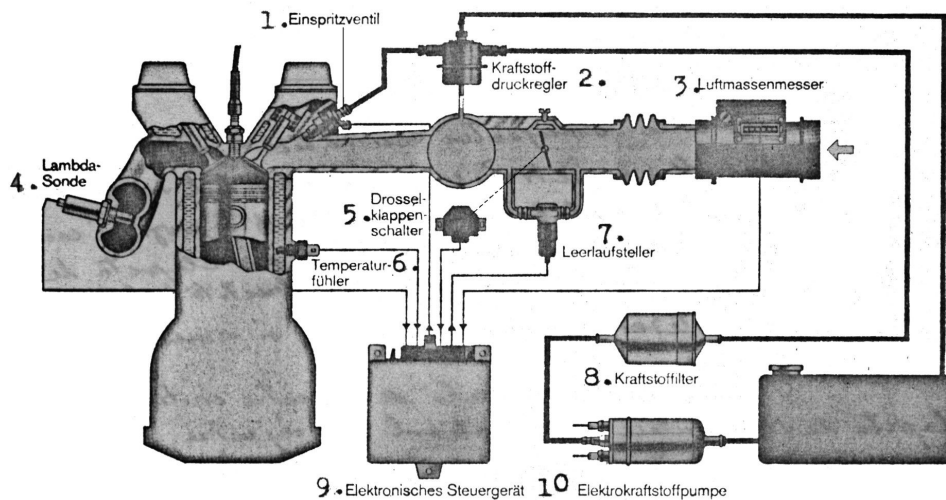


Fig. 4.41. Sistemul de injecție **Jetronic-LH**

4.4. SISTEMUL DE INECȚIE MONO-JETRONIC

Sistemul **Mono-Jetronic**, prezentat în **fig. 4.42**, se caracterizează în primul rând prin inecție centralizată a combustibilului și în al doilea rând printr-o construcție compactă. La acest sistem, debitul de combustibil se dozează cu ajutorul unui traductor montat pe debitmetrul de aer. Injectorul este plasat direct deasupra clapetei de strangulare. Prin aceasta, combustibilul este inecat în zona de viteză maximă a aerului, amestecul realizându-se în condiții mai bune. Unitatea centrală de inecție conține, în afară de clapeta de strangulare și de injector, un regulator de presiune, potențiometrul clapetei de strangulare și regulator termometric pentru mersul în gol. Astfel, datorită execuției compacte, montarea este mult ușurată.

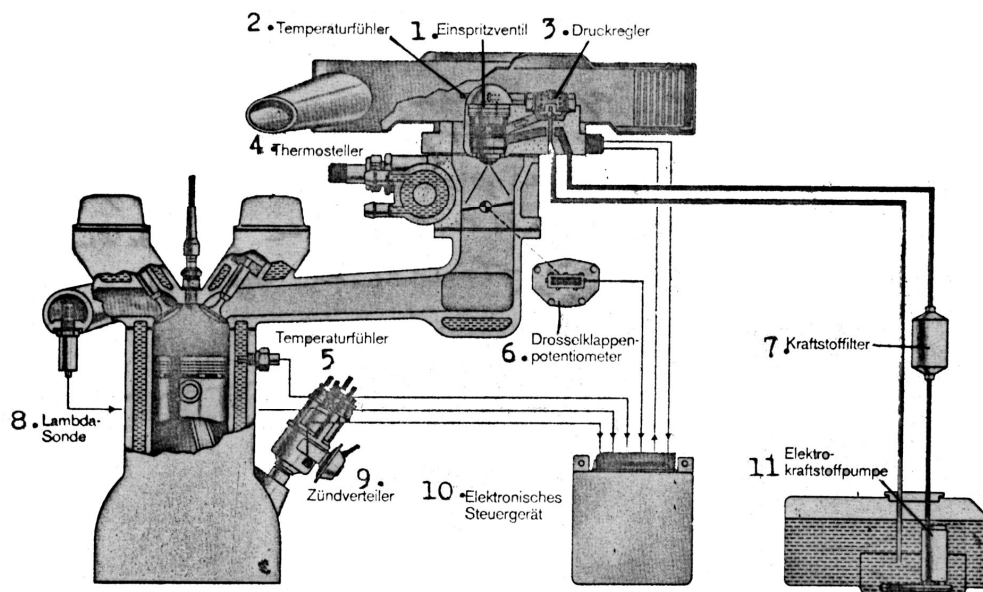


Fig. 4.42. Sistemul de inecție **Mono-Jetronic**

Mărimile principale de comandă sunt: *poziția clapetei de strangulare și turația motorului*. Aparatul de comandă conține un microcomputer care se remarcă printr-o funcționare cu adaptare automată; valorile corecțiilor se înmagazinează în memorie și se prelucrează imediat.

În concluzie, **Mono-Jetronic** este un sistem de inecție de benzină cu un cost moderat care se utilizează la motoarele automobilelor, satisfăcând și prescripțiile severe privind componența gazelor de eșapament.

Așa cum s-a arătat, echipamentele actuale de inecție au fost perfecționate prin controlul emisiilor poluante cu ajutorul sondelor Lambda (λ). Sondele de acest tip se folosesc în instalații cu sisteme **Jetronic** și **Motronic**. Se folosesc două tipuri de sonde Lambda: *neîncălzite* și *încălzite*. Cu ajutorul lor se obține o componență optimă a gazelor de eșapament în ceea ce privește CO, HC și NO.

Sonda Lambda măsoară de fapt conținutul de oxigen din gazele de eșapament. Tensiunea plecată din sondă servește la reglarea dozajului.

Deviațiile de la valorile stoechiometrice ($\lambda=1$) sunt transmise la aparatul de comandă sub forma schimbărilor de tensiune care realizează, în final, corecția amestecului.

Alăturat se prezintă diagrama comparativă a conținutului gazelor de eșapament, la funcționarea fără și cu sondă Lambda (**fig. 4.43**).

În **fig. 4.44** se prezintă, într-o secțiune longitudinală, componența sondei.

Aspectul exterior al sondei Lambda este prezentat în **fig.4.45**.

Folosită în combinație cu un catalizator cu 3 căi, asigură o componență optimă a gazelor în ceea ce privește CO, HC și NO.

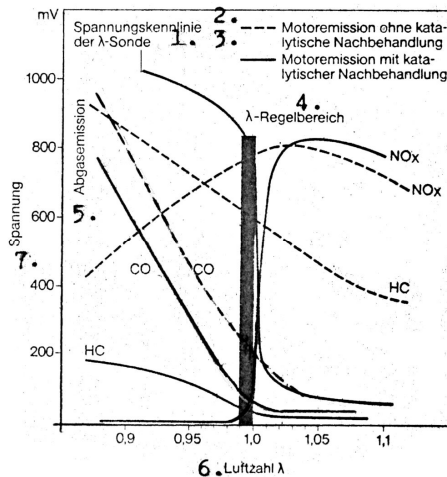


Fig. 4.43. Diagrama comparativă a conținutului gazelor de eșapament

1 – Diagrama de tensiune a sondei Lambda; 2 – Emisiile motorului fără tratament catalitic; 3 – Emisiile motorului cu tratament catalitic; 4 – Zona de reglaj Lambda; 5 – Emisia de gaze de eșapament; 6 – Valorile Lambda (λ); 7 – Tensiunea, în mV.

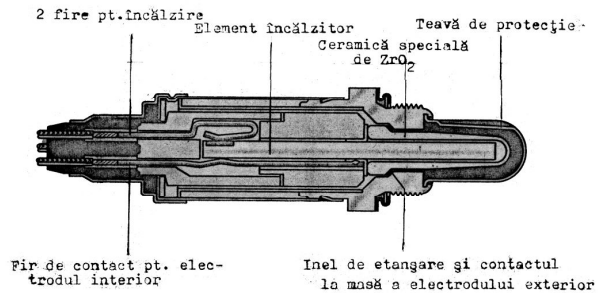


Fig. 4.44. Secțiune longitudinală prin sonda Lambda



Fig. 4.45. Sonda Lambda-aspect exterior

4.5. SISTEMUL DE INECȚIE MOTRONIC

Motronic a debutat ca un sistem foarte modern pentru comanda, aproape în întregime, a alimentării și aprinderii și constituie dezvoltarea *in extremis* a echipamentelor prezentate anterior.

Criza de energie, repusă în discuție cu două decenii în urmă a impus reducerea, în continuare, a consumului de benzină. În acest scop, pe lângă reducerea greutateii autovehiculului, micșorarea rezistenței aerodinamice și alegerea optimă a treptelor de viteză, pe primul plan s-a situat îmbunătățirea proceselor de formare a amestecului și de ardere, însoțită de ridicarea randamentului motorului.

Construcția camerei de ardere, în mod independent, nu satisface această cerință. Procesul de optimizare, după cum se cunoaște, depinde în mare măsură de gradul de pregătire a amestecului și de momentul de aprindere. Este necesară deci formarea cât mai corectă a amestecului și stabilirea precisă a momentului de aprindere.

Se apreciază că până la apariția acestui sistem aspectele menționate au fost tratate independent unul de altul. Se impune însă ca aceste două procese să fie optimizate în strictă dependență. Acest lucru s-a rezolvat cu sistemul **Motronic** care urmărește optimizarea celor două procese în mod simultan, prin instalația electronică pe care o utilizează [103].

O particularitate deja enunțată constă în faptul că unitatea de comandă lucrează digital. Debitmetrul, montat înaintea clapetei de strangulare, este preluat de la **Jetronic-L** împreună cu șiberul pentru aer suplimentar, comutatorul clapetei de strangulare, comutatorul termic și regulatorul de temperatură care lucrează în corelație cu starea lichidului de răcire.

Injectia se realizează la presiune constantă a benzinei cu elemente cunoscute, tipizate deja, volumul injectat depinzând de timpul de deschidere a injectorului.

La nivelul sistemului de aprindere, împreună cu bobina de inducție și bujii, se află un distribuitor de înaltă tensiune, de construcție nouă. Reglarea aprinderii se face complet electronic, deci nu sunt interpusse piese care se uzează. Măsurarea turației și soluționarea alegerii optime a unghiului de avans la aprindere se face cu doi senzori identici. La stabilirea momentului de

aprindere, sistemul **Motronic** ține seama de toate stările funcționale ale motorului prin intermediul senzorilor săi care alimentează microcomputerul de unde, la nevoie, informațiile pot fi rechemate printr-un algoritm adecvat. Partea de putere a aprinderii constă în sistemul cunoscut sub denumirea de **TSZ** (aprindere cu tranzistori și bobină).

Senzorii sunt identici cu cei de la **Jetronic-L**, cu excepția senzorului de turație și de proximitate pentru unghiul de avans la aprindere. Senzorul de turație este un senzor inductiv, cu magnet permanent. Dinții volantei modulează fluxul de dispersie al traductorului și acesta induce, în consecință, o tensiune de formă sinusoidală în senzor. Sesizarea reperelor se face în mod identic. Această soluție, considerată de înaltă calitate este necesară în primul rând pentru precizia aprinderii.

Măsurarea debitului de aer se face deci după principiul clapetei-obturatoare preluată de la **Jetronic-L**, clapetă care acționează un potențiomtru.

În cazul instalației **Jetronic-L**, tensiunea potențimetrică crește hiperbolic odată cu deschiderea clapetei, în timp ce la **Motronic**, această variație este liniară. Senzorul debitmetrului este de asemenea un aparat de o precizie foarte mare. El deservește mai întâi injecția, apoi aprinderea. Semnalul de sarcină derivă din semnalul debitului de aer divizat prin turație (Q/n).

Senzorii de temperatură pentru lichidul de răcire și aer sunt cu rezistență electrică. Cel pentru aer face corecția injecției, dar și a aprinderii (în caz de detonație din cauza aerului cu temperatură prea mare).

Comutatorul clapetei de strangulare are doi contactori: unul pentru mers în gol și altul pentru sarcină plină. Ei au importanță atât pentru funcționarea economică a motorului cât și pentru evitarea mersului în regim detonant, în cazul sarcinii pline.

Unitatea electronică de comandă se compune din:

- partea de pregătire a datelor și
- microcomputerul care cuprinde următoarele elemente: **CPU**, **ROM**, **RAM** și **IO**.

Notațiile sunt conforme cu literatura americană și au următoarele semnificații:

CPU → Central Processing Unit. Execută operații de calcul și legături logice după program;

ROM → Read Only Memory. Acest dispozitiv de memorare conține întregul program precum și datele specifice motorului;

RAM → Random Access Memory. Acest dispozitiv de memorare servește ca memorie intermediară pentru valori odată calculate care ulterior sunt necesare;

IO → Input/Output. Acest element servește pentru legături cu exteriorul. El asigură pregătirea semnalelor de la **Motronic**, ca să poată fi prelucrate mai departe de către unități centrale de calcul. În partea de ieșire a elementului, se convertesc semnalele calculate într-un semnal de ieșire utilizabil.

Circuitul de comutare servește reglării calculatorului la procesul respectiv, într-un timp foarte precis și face ca microcomputerul să devină un calculator apt procesului corespunzător regimului de mers al autovehiculului.

Tensiunea și impulsul stabil de bază, necesare funcționării, au fost inițial asigurate de elemente semiconductoare din oxizi de metal, respectiv impulsul de un oscilator de cuarț (**OSZ**).

În sfârșit, pentru a comanda injectorul, respectiv bobina de inducție, semnalele finale trec printr-un amplificator final de putere.

În continuare, în **fig. 4.46** se prezintă schema bloc a unei instalații **Motronic**.

În partea stângă a schemei bloc, sunt indicate semnalele analoge ale traductoarelor. Deoarece calculatorul nu este compatibil decât cu semnale digitale, semnalele analoge trebuie convertite în semnale digitale, în schimbătorul de semnale. Astfel se nasc forme dreptunghiulare care conțin informațiile complete prin lungimea, lățimea și frecvența lor. În această formă ajung în circuitul **IO** care le transformă în 8 cuvinte bit și care pot fi preluate și prelucrate în **CPU**. La aceasta servește programul alimentat în **ROM**. Rezultatul, calculat din nou, se transmite circuitului **IO**, unde se formează impulsuri fizice pentru injecție, unghiul de avans la aprindere și unghiul Dwell.

Aceste semnale sunt slabe ca putere; deci, ca să fie utilizabile în bobine sau în injectoare, trebuie amplificate ca putere în etajul final. Tocmai de aceea, microcomputerul poate prelucra atâtea date, fiindcă lucrează la o putere foarte mică. În acest scop, se prevede o amplificare la ieșire.

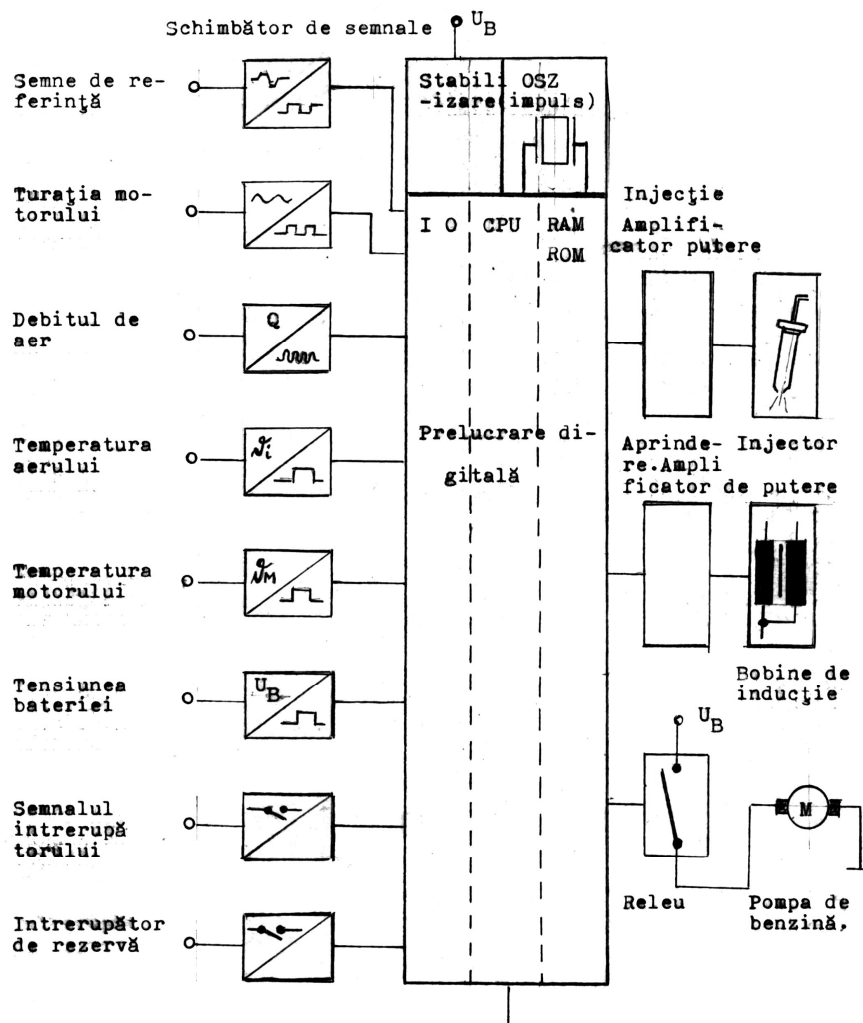


Fig. 4.46. Schema bloc a instalației Motronic

Unitatea de comandă a sistemului **Motronic** este primul sistem cu program, în acest domeniu. În continuare se redau, în mod sintetizat în **tabelul 4.1**, funcțiile realizate de **Motronic**.

Se poate observa multilateralitatea aspectelor legate de aprindere. Datorită legăturii între turație și sarcină, în cazul aprinderii cu tranzistori-bobină, se utilizează o diagramă (câmp caracteristic) pentru unghiul de avans la aprindere, β_s , așa cum este reprezentată în **fig. 4.47**, adică o suprafață spațială cu fețe plane. Diagrama **Motronic** conține însă peste 16x16 poziții de vârf pentru β_s și are aspectul unei suprafețe ondulate, fiind mult mai complexă (**fig. 4.48**).

Acestei diagrame β_s i se suprapune aditiv o curbă caracteristică a temperaturii care asigură, la mersul la cald, un reglaj mai bun. Deoarece la cald și la sarcină plină există condiții favorabile apariției detonațiilor, limita de detonație deplasându-se odată cu temperatura aerului aspirat, curba caracteristică a diagramei (câmpul caracteristic) se modifică în funcție de această deplasare a limitei de detonație.

Tabelul 4.1

LA INECȚIE	
1. Funcția de bază	$I_L = Q/n$ Q = debitul de aer n = turația
2. Pornirea	Începutul pornirii Începutul repornirii
3. Corecția λ	Începutul mersului în gol Începutul mersului în plină sarcină Mersul la cald Temperatura aerului aspirat
4. Alte funcții	Îmbogățirea pentru accelerare Limitate duratei minime la inecție Limitarea duratei maxime la inecție Limitarea turației Anularea debitului de benzină la mersul în gol forțat Asigurarea progresiunii
5. Corecția tensiunii	
LA APRINDERE	
1. Pornirea	Curba caracteristică în funcție de turație Curba caracteristică în funcție de temperatura motorului
2. Mersul în gol	Similar pornirii
3. Funcționarea normală	Curba caracteristică în funcție de turație și sarcină Curba caracteristică în funcție de temperatura motorului
4. Funcționarea la mers în gol forțat	Curba caracteristică din diagramă Curba caracteristică dependentă de temperatură (motor)
5. Plină sarcină	Curba caracteristică dependentă de temperatura aerului aspirat Curba caracteristică din diagramă Curba caracteristică dependentă de presiunea aerului aspirat (limitarea detonației)
6. Funcțiile suplimentare	Limitarea variației unghiului avansului la aprindere Protecție contra fierberii lichidului de răcire Începutul repornirii Variația avansului la aprindere la accelerări Conectarea curentului de repaos
7. Comanda unghiului de închidere	Dependența de tensiunea bateriei și de turație Limitarea curentului de suprapunere

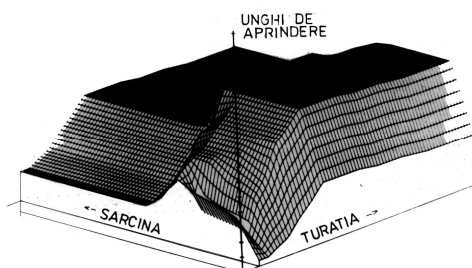


Fig. 4.47. Suprafața spațială a valorilor de avans la aprindere

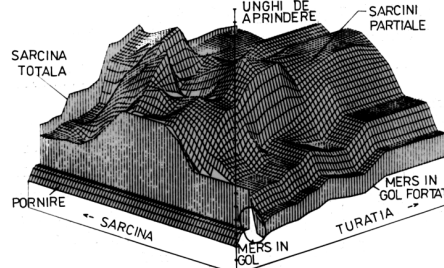


Fig. 4.48. Suprafața spațială a valorilor de avans la aprindere la Motronic

Pentru a asigura o turație stabilă regimului de mers în gol, în zona inferioară a turațiilor crește avansul la aprindere odată cu scăderea turației.

Din punct de vedere al injecției, se remarcă întreruperea debitării de benzină, în cazul mersului în gol forțat (frână de motor).

Pe baza celor prezentate se impune o discuție a elementelor care evidențiază avantajele sistemului **Motronic** prezentate în mod sistematizat în continuare.

- ✓ **Reducerea costului de fabricație** datorită folosirii multiple a acelorași senzori.
- ✓ **Nu necesită întreținere deosebită și reglare** ci doar schimbarea normală a bujiilor și a filtrului de combustibil.
- ✓ **Durată mare de exploatare.** Datorită stabilității și fiabilității senzorilor, precum și a alimentării digitale, nu se întâlnesc cazuri de modificări funcționale, cauzate de temperatură.
- ✓ **Prelucrarea optimă a informațiilor din memorie.** Microcomputerul face posibilă prelucrarea dorită a mărimilor care ne apar ca variabile independente (din cele două diagrame: dozajul amestecului aer-benzină și unghiul de avans la aprindere), obținând astfel o comandă optimă pentru motor.
- ✓ **Comportare bună în mers.** Utilizându-se algoritmi inteligenți, în mod eficient se reduce tendința de funcționare instabilă. Aceasta se datorează faptului că atât injecția, cât și aprinderea, pot fi coordonate simultan. Aspectul se evidențiază, în mod special, la funcționarea cu amestec sărac, caracteristică sistemului.
- ✓ **Solicitarea redusă a motorului.** Reglarea optimă a injecției și a aprinderii creează premise favorabile pentru pornirea motorului în orice condiții și pentru mersul la cald. Pornirea are o durată scurtă și un mers stabil de la început, conducând la micșorarea solicitării motorului și la uzuri reduse.
- ✓ **Dinamicitatea.** Instalația **Motronic** permite introducerea de noi programe, natural cu noi senzori. Introducerea acestor programe suplimentare are însă dezavantajul că durează mult, lungindu-se timpul de răspuns.
- ✓ **Economia de benzină.** La acest aspect concură mai mulți factori enumerați mai jos:

1. *Funcționarea cu amestec sărac.* Diagramele următoare indică variația consumului specific de benzină și a emisiilor HC, în funcție de dozaj (fig. 4.49.a și 4.49.b). Aprinderea grea a amestecului sărac este compensată cu distanțe mari între electrozii bujiei notate **DE**. Din diagramă se vede că minimum de consum specific este de 320 g/kWh/235 g/CP.h și se obține la dozajul caracterizat prin $\lambda = 1,3$ și presiunea medie efectivă $p_{me} = 3$ bar.

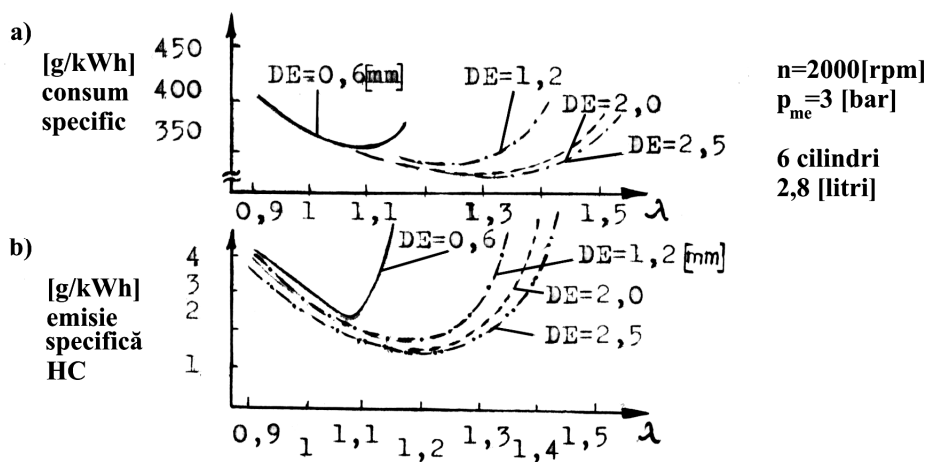


Fig. 4.49. Variația consumului specific de combustibil (a) și a emisiilor specifice de HC (b) în funcție de excesul de aer λ

Influența raportului volumetric de comprimare ϵ asupra unghiului de avans la aprindere și a limitei de detonație la regim de cuplu maxim este sugerată prin diagramele din **fig. 4.50.a** și **4.50.b**, în care se prezintă situația comparativă a unui motor cu funcționare cu un distribuitor normal ($\epsilon = 8$), respectiv cu instalația **Motronic** ($\epsilon = 9$).

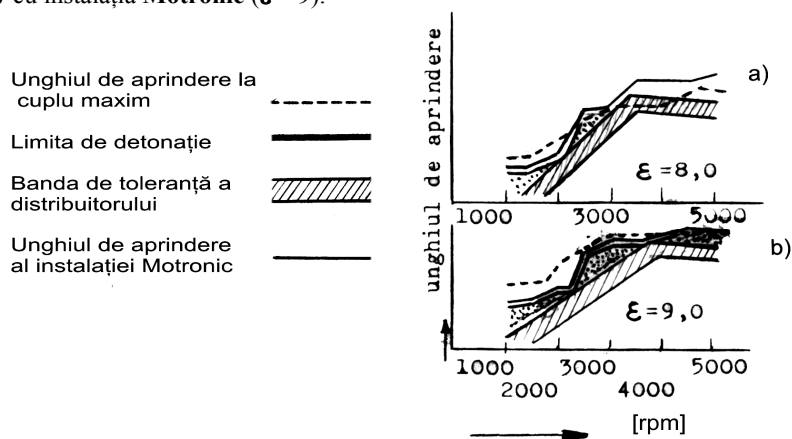


Fig. 4.50. Influența lui ϵ asupra unghiului de avans la aprindere și a limitei de detonație

În cazul sistemului **Motronic**, datorită capacității de reproducere cu precizie a unghiului de avans la aprindere, se pot menține aceste unghiuri strâns sub limita de detonație, limită corelată astfel cu regimul cuplului maxim.

Mai mult decât atât, există o poziție de siguranță în raport cu limita de detonație. La rapoarte mari de comprimare, limita de detonație poate fi deplasată mai mult sub curba cuplului maxim, zonă unde avantajele **Motronic**-ului sunt cele mai mari. De aici rezultă posibilitatea funcționării cu rapoarte de comprimare mari ($\epsilon > 10$) și performanțe superioare ale motorului.

2. *Sarcină plină.* Amestecul se îmbogățește iar limita de detonație se deplasează spre unghiuri de aprindere anterioare.

3. *Mersul în gol.* Unghiul de aprindere optim se poate realiza relativ mai repede decât cu reglajul mecanic în condițiile în care unghiurile de pornire și de mers în gol nu sunt cuplate. Aceasta se manifestă printr-o economie de benzină.

4. *Reglarea individuală și separată a unghiului de aprindere și a injecției.* Reglarea făcându-se separat pentru fiecare cilindru, are o influență pozitivă asupra procesului de ardere.

5. *Anularea consumului la mersul în gol forțat* (frâna de motor). Efectul s-a demonstrat prin măsurători directe, pe un automobil de clasă medie cu 4 cilindri care a fost echipat, pe rând, cu diverse sisteme. Circulația a fost efectuată în mediul urban. Rezultatele sunt cuprinse în **tabelul 2**.

Tabelul 2

Injecția	Aprinderea	Consumul l/100 km
1. $\lambda = 1$ reglată	Reglaj de serie	12,6
2. $\lambda = 1 \dots 1,2$ reglaj amestec sărac cu Jetronic-L	Reglaj optim făcut mecanic, adaptat amestecului sărac	11,7
3. $\lambda = 1$	Reglaj optim adaptat la $\lambda = 1$	11,2
4. Reglaj cu Jetronic-L , $\lambda = 1 \dots 1,2$	Reglaj optim, fără restricții, adaptat la amestecul sărac	10,8
5. Diagramă Lambda (λ) optimizată, fără restricții $\lambda = 1,15 \dots 1,20$	Reglaj optim, fără restricții, adaptat diagramei Lambda (λ)	10,4*

* Posibil numai cu instalație **Motronic**

În concluzie, se poate sublinia că instalația **Motronic** se potrivește noilor concepte de motoare, cu raport volumetric de comprimare crescut și funcționare cu amestecuri sărace. Prin posibilitățile sistemului **Motronic**, descrise anterior, el contribuie la materializarea acestor noi concepte de către constructorii de motoare.

Organizarea generală a instalației **Motronic** se prezintă în **fig. 4.51**.

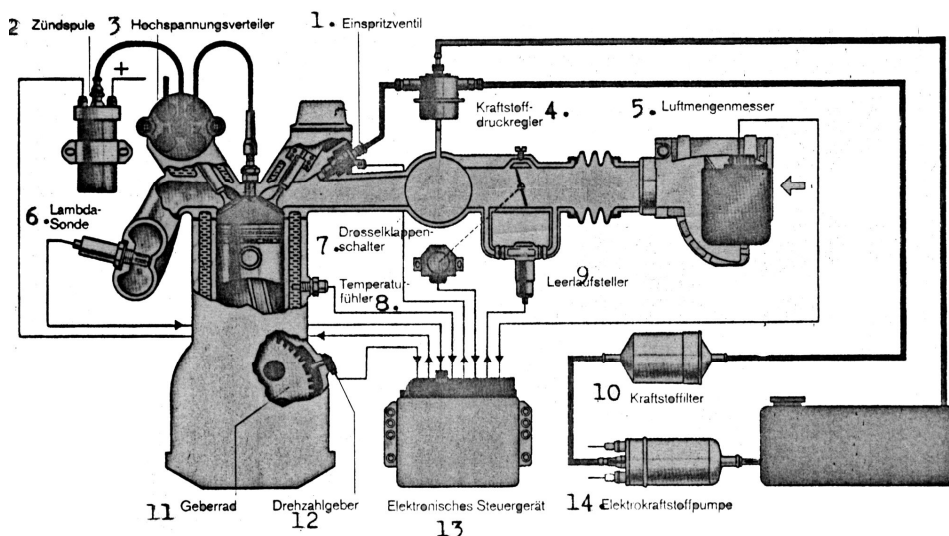


Fig. 4.51. Organizarea generală a instalației **Motronic**

4.6. SISTEMUL DE INECȚIE DIGIJET

Din anul 1986, firma *Volkswagen*, pe motorul cu capacitatea de 2,1 lt., răcit cu lichid, având cilindrii dispuși în opoziție, utilizează propriul sistem de inecție denumit **DIGIJET**. Este un sistem electronic complet, echipat cu sondele corespunzătoare pentru culegerea informațiilor necesare (inclusiv sondă λ). Capacitatea memoriei microsistemului este comparabilă cu a **Motronic**-ului, putând acumula 16x16 valori (parametrii cracteristici), împreună cu corecțiile respective (ex. temperatura motorului ș.a.). Partea electronică preia și funcțiile sistemului de aprindere. Rezultatele experimentale pun în evidență consumuri specifice reduse, polul economic fiind de 278 g/kW·h / 205 g/CP·h.

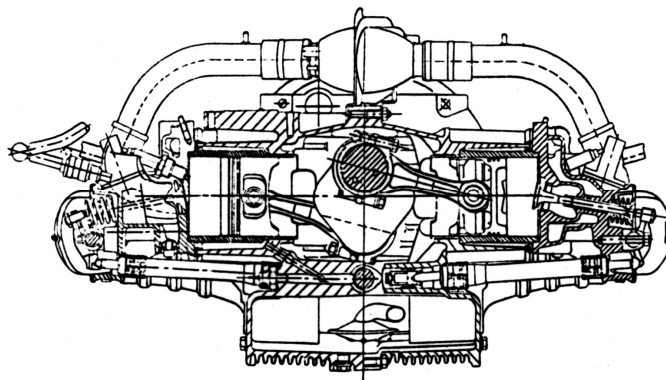


Fig. 4.52. Secțiune transversală prin motorul *VW* echipat cu sistemul de inecție **DIGIJET**

Figura 4.52 redă secțiunea transversală prin motor, cu configurația traseului de admisie și poziționarea injectoarelor. În varianta prezentată, motorul dezvoltă 70 kW/95,2 CP la 4800 rpm, având un cuplu de aproximativ 16 daN·m, realizat la turația de 2800 rpm și era destinat echipării modelului nou de microbuz cu tracțiune integrală *Volkswagen Vanagon Syncro A-4 WD*.

4.7. SISTEM DE INECȚIE PROTOTIP PENTRU MOTOARELE ROMÂNEȘTI A R O L-25 ȘI L-30

O soluție de sistem de inecție modernă, competitivă, destinată mai ales obținerii unor performanțe bune în ceea ce privește viteza de răspuns la variațiile regimului de lucru al motorului, este aceea realizată în cadrul **Institutului Național de Motoare Termice - Filiala Iași**, actualmente societatea **MASTER**, în perioada 1986 ÷ 1988 s-a proiectat și experimentat prototipul unui sistem de dozaj cu memorie electronică. La realizarea acestuia s-a folosit o structură de microsistem dedicat, organizat în jurul unui microprocesor Z80, ce asigură manipularea datelor din memoria electronică și permitea măsurarea și controlul parametrilor de lucru ai motorului, cu viteză maximă. Configurația propusă asigură, pe lângă controlul electronic al inecției de benzină și controlul electronic al aprinderii.

4.7.1. Schema de principiu a microsistemului electronic

Sistemul electronic de dozaj a fost conceput astfel încât să poată fi ușor adaptat, atât la varianta de echipament de inecție cu pompă mecanică de presiune înaltă, cât și la varianta cu injectoare electrice.

Microsistemul asigură următoarele funcții propuse:

- măsurarea discretă (digitală) a poziției clapetei de aer prin intermediul traductorului de sarcină;
 - măsurarea discretă a turației motorului cu un traductor de turație de construcție specială;
 - controlul deplasării organului de reglaj al debitului pompei de inecție sau a timpilor de deschidere a electroinjectoarelor;
 - controlul unghiului de avans la aprindere;
 - blocarea inecției în faza de pornire, dacă motorul nu a pornit după 10 rotații ale arborelui cotit, precum și semnalizarea acestei situații;
 - posibilitatea corecției manuale a dozajului în faza de încălzire a motorului;
 - durata constantă a impulsului de aprindere;
 - selecția electronică a cilindrului la care se transmite impuls de aprindere, precum și a celui în care se injectează benzină, în varianta folosirii electroinjectoarelor;
 - blocarea inecției atât timp cât motorul nu se rotește;
 - suspendarea inecției de benzină pentru regimul de mers în gol forțat;
 - separarea alimentării sistemului de comandă de partea de forță;
 - ecranajul circuitului electronic de comandă.
- În alcătuirea sistemului intră următoarele blocuri funcționale:
- blocul microprocesor;
 - blocul de intrare;
 - traductorul de poziție al clapetei de accelerație (de sarcină);
 - traductorul de turație;
 - blocurile de control și comandă a inecției;
 - blocurile de control și comandă a aprinderii;
 - memoria **ROM**;
 - circuite auxiliare.

În **fig. 4.53** este prezentată schema bloc a microsistemului pentru varianta inecției de benzină, folosind electroinjectoare.

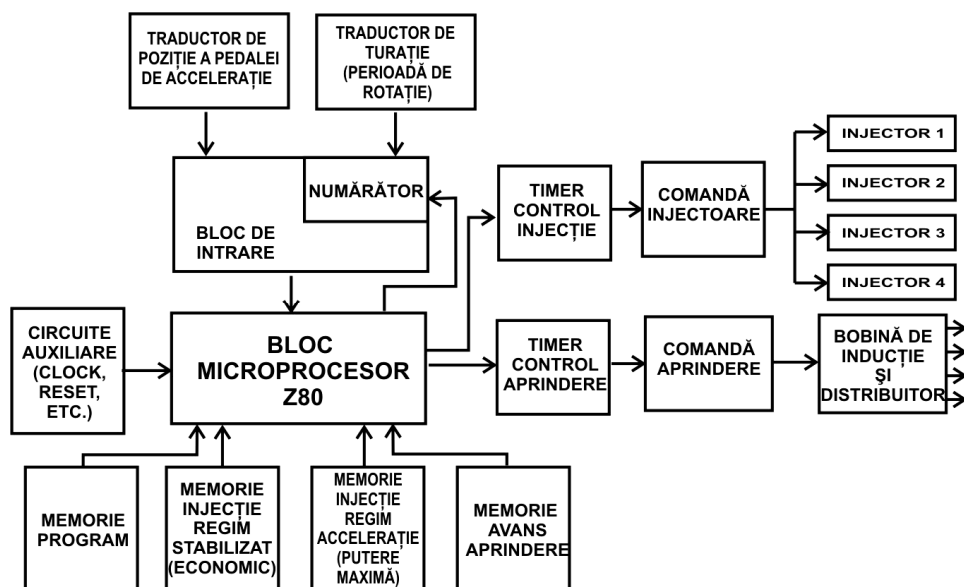


Fig. 4.53. Schema bloc a microsistemului de comandă a inecȚiei

În continuare, se descriu pe scurt o parte din aceste blocuri și funcȚionarea lor.

Blocul microprocesor

Acest bloc cuprindea microprocesorul Z80 care, cu registrele sale interne asigura necesităȚile de memorie de lucru. El asigura gestiunea datelor memorate, interogând periodic perifericele ce conȚineau informaȚii despre turăȚie și despre poziȚia pedalei de acceleraȚie și, în funcȚie de aceste date, forma adresa locaȚiei de memorie corespunzătoare datelor citite. Datorită programului asociat, microprocesorul asigura controlul tuturor regimurilor de lucru ale motorului (regim de pornire, regim economic, regim de acceleraȚie sau de deceleraȚie).

Blocul de intrare

Acest bloc asigura citirea mărimilor de intrare în sistem, transformând variaȚia analogică a mărimilor de interes în variaȚii discrete, codificate binar. Pentru a putea fi prelucrate de sistem, semnalele se prezentau cu nivele compatibile TTL (Tranzistor-Tranzistor-Logic). Accesul pe magistrala de date se făcea prin circuite adecvate, controlate de microprocesor. În sistemul propus, semnalele de intrare erau: valoarea turăȚiei determinată prin semiperioada de rotaȚie, poziȚia clapetei de aer, precum și semnalele de sincronizare a inecȚiei și aprinderii. Datorită soluȚiilor constructive adoptate pentru traductoare, aceste semnale de intrare erau primite codificate, direct în binar.

Blocul de control și comandă a inecȚiei

Blocul de control al inecȚiei era constituit dintr-o secȚiune a unui integrat 8253, programată prin soft. Durata de temporizare a monostabilului 8253 reprezenta timpul de blocare a electroinecȚoarelor, timp ce era tabelat la adrese dependente de parametrii de intrare în microsistem. În acest mod, debitul de combustibil inecȚat putea fi riguros controlat la fiecare ciclu de parcurgere a programului de către turăȚie și poziȚia clapetei de aer. În secvenȚa de pornire corespunzătoare timpului de antrenare a motorului de către demaror, inecȚoarele puteau fi menȚinute deschise permanent, printr-o tehnică hard corespunzătoare. Partea de acȚionare a electroinecȚoarelor era conȚinută de un bloc separat de restul microsistemului.

Blocul de control și comandă a aprinderii

Comanda aprinderii presupune controlul riguros al avansului la declanșarea scânteii electrice. Acest lucru se realiza printr-o temporizare corespunzătoare față de momentul avansului

maxim. Valorile temporizărilor erau tabelate la adrese dependente de mărimile de intrare. Aprinderea se putea face pe fiecare cilindru (cu distribuție statică) sau cu o singură bobină de inducție (cu distribuitor clasic). Impulsul de comandă a aprinderii era separat optic de restul sistemului.

Memoria

Spațiul de memorie alocat sistemului cuprindea:

- memoria program ce conținea programul de lucru;
- memoria pentru injecție în regim stabilizat de funcționare a motorului, în care se aflau tabelate valorile timpilor de blocare a electroinjectoarelor, corelate cu consumuri optime în condițiile unor performanțe ridicate;
- memoria pentru injecție în regim de accelerare, ce conținea informații despre necesarul de combustibil în regim de accelerare, regim sesizat de sistem și deservit corespunzător;
- memoria pentru unghiurile de avans la aprindere, ce conținea tabelate valorile unghiurilor de avans sub forma timpilor de întârziere corespunzători față de momentul avansului maxim.

Ultimele trei memorii aveau tabelate caracteristicile motorului. Prin schimbarea lor, sistemul putea fi folosit și la alte tipuri de motoare. Spațiul de memorie afectat valorilor tabelate era abordabil prin apelare cu adrese determinate de mărimile de intrare citite.

În varianta de echipament de injecție cu pompă mecanică de presiune înaltă, ce urmează a fi descrisă ulterior, memoria conținea tabele cu numărul de pași ce trebuia efectuați de motorul pas cu pas.

În varianta realizată, sistemul conținea patru integrate de memorie **EPROM** de 2 kiloocteți, de tip **2716**.

4.7.2. Varianta de echipament de injecție cu pompă mecanică

Sistemul electronic propus, așa cum s-a menționat, se putea adapta relativ simplu la varianta de echipament cu pompă mecanică de injecție. În acest caz, dozarea combustibilului era realizată prin deplasarea unei cremalieri, deplasare ce trebuia controlată riguros. Soluția cea mai comodă pentru deplasarea precisă și rapidă a cremalierii o constituia antrenarea acesteia de către un motor pas cu pas. Cuplul necesar deplasării cremalierii, în timpul funcționării pompei, a fost măsurat și are valoarea 0,015 Nm.

Motorul pas cu pas folosit avea următoarele caracteristici;

- cuplul motor 0,2 Nm;
- frecvență de lucru 700 kHz;
- deplasarea unghiulară 1,8°/0,9° pe pas (în funcție de secvența de alimentare);
- tensiunea de alimentare 12 ... 20 V;
- dimensiuni de gabarit 56x58 mm.

Transformarea mișcării de rotație a motorului pas cu pas în mișcare de translație s-a realizat printr-un angrenaj pinion-cremalieră, constituit din aceleași repere din componența pompei de injecție. Antrenarea directă a cremalierii cu motorul pas cu pas nu asigura însă finețea necesară a variației dozajului, motiv pentru care s-a prevăzut un mecanism reductor între motorul pas cu pas și pinionul de antrenare a cremalierii.

Schema de principiu a sistemului se prezintă în **fig. 4.54**.

Combustibilul, adus la presiunea necesară 20 ... 25 bar și dozat de către pompa de injecție **1**, era injectat în cilindru prin intermediul injectorului mecanic **2**. Pentru dozarea combustibilului, sistemul electronic de comandă **6** prelucra simultan semnalul de turație furnizat de traductorul de turație **3**, semnalul de sarcină preluat de la traductorul de sarcină **4** și semnalul de temperatură de la traductorul **5** de temperatură.

Prelucrarea digitală a acestor semnale reprezintă adresa unei locații de memorie, în care se afla alocată valoarea numărului de pași pe care trebuia să-i efectueze motorul pas cu pas **8**, plecând din origine, astfel încât să deplaseze cremaliera în poziția corespunzătoare dozajului optim pentru regimul dat al motorului. Valoarea instantanee a numărului de pași găsită era comparată cu cea

anterioară și funcție de rezultat se stabilea numărul de pași ce trebuiau executați de motorul pas cu pas, precum și sensul de rotație.

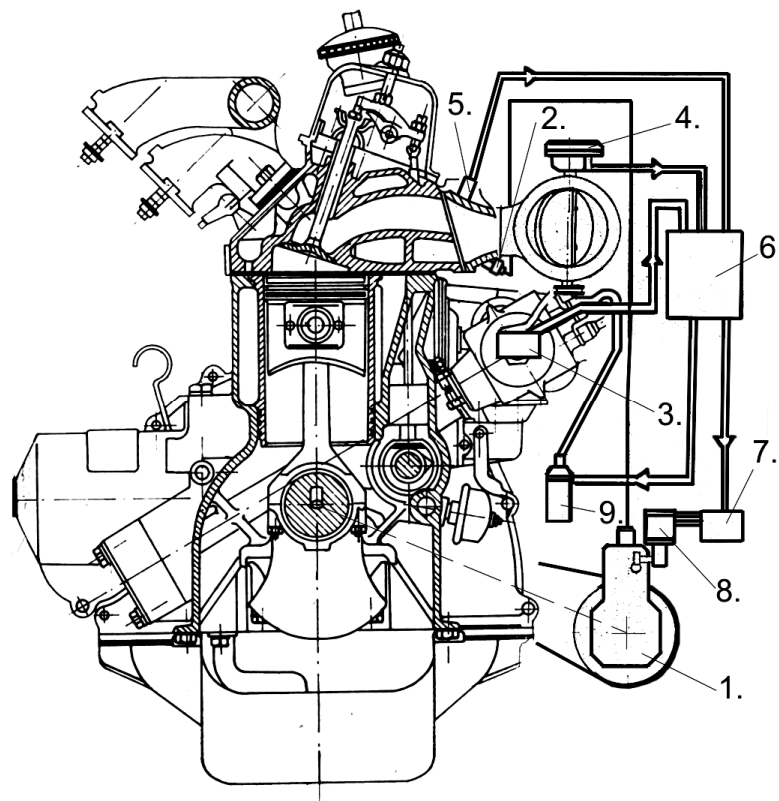


Fig. 4.54. Schema de principiu a echipamentului de injecție cu pompă mecanică și control electronic al injecției și aprinderii destinat motoarelor ARO L-25 și L-30

Microsistemul electronic furniza plăcii de comandă a motorului pas cu pas două semnale de comandă și anume sensul de rotație a motorului pas cu pas și tactul motorului pas cu pas. Sistemul electronic asigură, în același timp, controlul avansului la aprindere, furnizând semnale de comandă bobinei de inducție 9.

Capacitatea de memorie necesară controlului injecției este de $2\text{ k} + 2\text{ k}$, în situația în care rezoluția de deplasare a cremalierei este de 8 biți, corespunzătoare unei deplasări minime de $1/256$ din cursă, ceea ce, evident, asigură un control de finețe ridicată a debitului de carburant.

4.7.3. Varianta de echipament de injecție cu injectoare electromagnetice

Microsistemul de comandă și control conceput se încadra foarte bine și în varianta constructivă de echipament de injecție cu injectoare electromagnetice. Această variantă de echipament, față de cea cu pompă mecanică de injecție, prezenta, bineînțeles, avantajele cunoscute.

Schema de principiu a variantei de injecție cu electroinjectoare este prezentată în **fig. 4.55** și funcționa în următorul mod: pompa de benzină 1 alimenta cu combustibil rezervorul tampon 2. Regulatorul de presiune 3 menținea presiunea constantă astfel încât cantitatea de benzină injectată în cilindru era riguros controlată de timpul de deschidere a electroinjectorului 4, după cum rezultă din calculul dozei ciclice de combustibil. Ca și în cazul variantei de injecție cu pompă mecanică, semnalele care dau informații asupra regimului de lucru al motorului erau furnizate de traductorul de turație 5, traductorul de sarcină 6 și traductorul de temperatură 7. Microsistemul electronic 8

prelucra aceste semnale și alegea în mod corespunzător, din memoria internă, valorile timpilor de deschidere a electroinjectoarelor, valori ce corespundeau dozajului optim pentru respectivul regim de lucru al motorului. Microsistemul furniza semnale **TTL**, a căror durată reprezintă timpul de deschidere a electroinjectoarelor, semnale care erau prelucrate corespunzător de blocul de comandă **9**, în conformitate cu cerințele constructive ale electroinjectoarelor. De asemenea, folosind acest sistem electronic cu microprocesor se comanda avansul la aprindere cu erori mult mai mici decât la sistemul clasic. Performanțele întregului sistem de injecție erau îmbunătățite, ridicându-se astfel randamentul arderii, cu consecințe favorabile în privința micșorării emisiilor de gaze poluante. Acest lucru se realiza prin comanda bobinei de inducție **9**. Microsistemul avea prevăzută posibilitatea comandării unui injector suplimentar sau deschiderea permanentă a celor existente pe timpul de acționare a electromotorului de pornire.

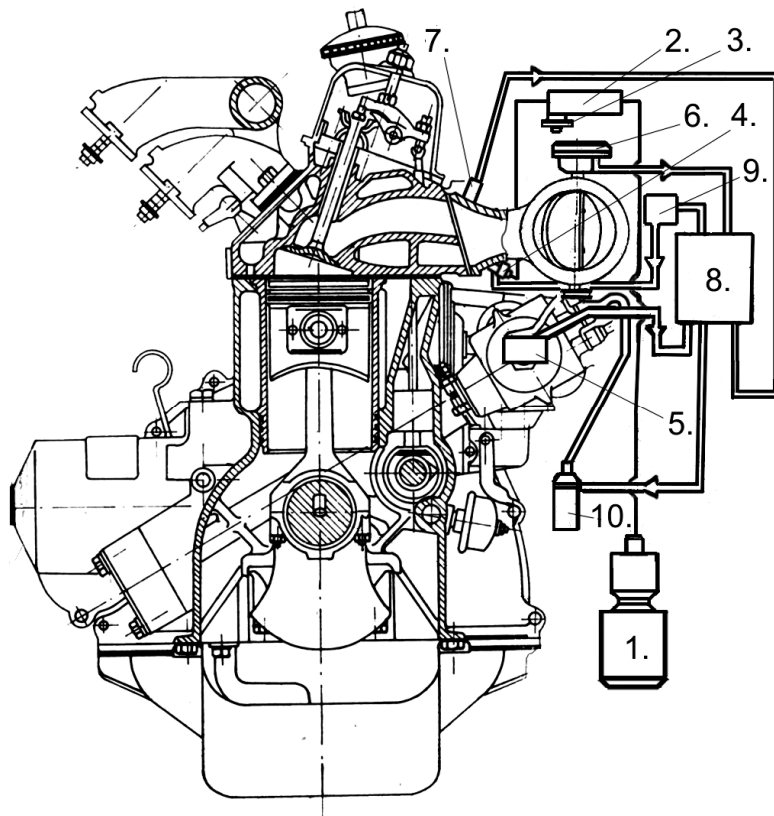


Fig. 4.55. Schema de principiu a echipamentului de injecție cu injectoare electromagnetice și control electronic al injecției și aprinderii destinat motoarelor *ARO L-25* și *L-30*

Ambele variante ale sistemului de dozaj cu memorie electronică, înafara preciziei ridicate, prezintă marele avantaj, față de sistemul cu memorie mecanică, ca și primă etapă concepută și realizată, al corectării dozajului funcție de temperatură.

Softul aferent microsistemului dedicat era foarte scurt (128 octeți), ceea ce permitea controlul foarte rapid al injecției. Programul asociat sistemului era structurat în:

- programul de pornire a motorului;
- programul principal.

Programul de pornire asigura urmărirea și controlul motorului până la turația de 600 rpm, valoare după care se consideră că motorul a pornit. Motorul, odată pornit, era pilotat în continuare de către programul principal care cuprindea regimul de mers stabilizat și regimul de accelerare.

4.7.4. Traductorul de turație și traductorul de sarcină

Turația fiind o mărime determinabilă printr-o măsurare cu integrare în timp, pentru aprecierea cât mai aproape de timpul real al acesteia s-a adoptat metoda măsurării perioadei de rotație (se determina de fapt un sfert din perioada de rotație la axul ruptorului-distribuitoar). Traductorul era realizat sub forma unui cilindru cu trei rânduri de fante fixate pe axul ruptorului-distribuitoar și folosea circuite opto-electronice (**LED** + fotodiode). Pe două rânduri de fante (2 biți), se determina cilindrul care se afla în faza de admisie și care trebuia să primească benzină prin injecție și de asemenea, cilindrul care trebuia să primească scânteia de aprindere.

Citirea pe 2 biți asigura decodificarea tuturor stărilor pentru un motor cu 4 cilindri. Al treilea rând de fante permitea sincronizarea soft cu momentul de avans maxim (întârziere zero în timp), conform unor valori tabelate. Datorită acestei soluții adoptate, traductorul furniza semnalele codificate direct în binar.

Traductorul de poziție al clapetei era, de asemenea, realizat optoelectronic. Poziția unghiulară a clapetei era citită în cod **Gray** pe un cilindru în care s-au practicat fante corespunzătoare și care era antrenat de către axul clapetei. Poziționarea fantelor pe cilindrul codificat s-a făcut avându-se în vedere și pasul unghiular optim (cu valori crescătoare pentru a asigura o rezoluție cât mai bună pe întreaga cursă a clapetei și în special la valori de interes maxim). Când cilindrul codificat se rotea, semnalul la bornele fotodiodei urmărea alternanța fantelor. Partea electronică a acestui bloc cuprindea etaje de amplificare a semnalelor de la fotodiode astfel încât, după formare, semnalele să fie compatibile cu sistemul. Erau furnizate pe 5 biți, 32 de valori discrete ale poziției unghiulare a clapetei de aer.