

CAPITOLUL 1

ELEMENTE PRIVIND FORMAREA AMESTECULUI LA MOTORUL CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE PENTRU AUTOMOBILE

1.1 PARTICULARITĂȚI ALE FORMĂRII AMESTECULUI LA MOTORUL CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

Obținerea unui amestec omogen dintre aer și combustibil, într-o anumită proporție bine determinată, constituie o condiție cheie a bunei funcționări a motorului cu aprindere prin scânteie.

În cazul motoarelor policilindrice alimentate cu combustibili lichizi, omogenizarea amestecului în stare gazoasă se realizează prin intermediul unui mecanism complex ce cuprinde pulverizarea fină a combustibilului, vaporizarea sa rapidă prin amestecarea cu aerul și apoi distribuția uniformă către toți cilindrii motorului.

Pulverizarea combustibilului în motorul cu ardere internă se poate realiza principial prin mărirea vitezei relative dintre combustibil, care constituie un mediu lichid și aer, ca mediu gazos. Pulverizarea combustibilului, care presupune divizarea sa în picături foarte fine, depinde în mod direct de viteza relativă dintre cele două fluide. Astfel, cu cât viteza relativă dintre cele două fluide este mai mare, cu atât frecarea care se manifestă la suprafața de contact dintre vâna de combustibil și aer devine mai însemnată, intensificând procesul de divizare a combustibilului în picături foarte mici [3, 4, 65].

În spiritul acestui principiu, mărirea vitezei relative dintre cele două medii fluide se poate obține pe două căi și anume, prin mărirea vitezei curentului de aer în raport cu vâna de combustibil, adică prin **carburație** sau prin mărirea vitezei unui jet de combustibil în raport cu aerul, procedeul numindu-se **injecție**. Instalațiile corespunzătoare se numesc, din acest motiv **carburator**, respectiv **injector**.

Carburația este un procedeu simplu, tipic motoarelor cu aprindere prin scânteie, a cărui răspândire a fost facilitată de calitățile legate de foarte buna volatilitate a combustibilului utilizat, adică a benzinei.

Injecția combustibilului, față de carburație, constituie un procedeu mai complex de pulverizare, utilizat inițial la motoarele cu aprindere prin comprimare, la care s-a impus, în principal, datorită volatilității reduse a motorinei. În paralel, s-au făcut numeroase încercări de extindere a pulverizării prin injecție și la motoarele cu aprindere prin scânteie, prefigurându-se avantajele cunoscute astăzi [67].

Vaporizarea combustibilului constituie, așa cum s-a arătat, o a doua fază în procesul de omogenizare a amestecului. În cazul utilizării carburației, vaporizarea începe în carburator, continuând în colectorul și în galeria de admisie, definitivându-se însă în cilindrul motorului, pe durata curselor de admisie și de comprimare.

Așa cum se va arăta pe parcursul acestei lucrări, injecția de benzină la motoarele cu aprindere prin scânteie poate avea loc atât în galeria de admisie, cât și în cilindrul motorului.

Ultimele etape ale formării amestecului, adică distribuția sa uniformă între cilindrii precum și omogenizarea sa se obțin la motorul cu formarea amestecului în exterior atât prin intermediul colectorului și galeriei de admisie, cât și prin turbulența creată în interiorul încărcăturii proaspete. Se poate obține o omogenizare suplimentară, destul de eficientă, prin crearea unor curenți dirijați în cadrul amestecului.

Tocmai de aceea dintre toate particularitățile constructive ale motorului, arhitectura colectorului de admisie este cea care își manifestă cel mai pregnant influența asupra calității amestecului.

În cazul motorului policilindric cu carburator, așa cum s-a arătat, în interiorul colectorului de admisie are loc cea mai importantă parte a formării amestecului dintre combustibil și aer, etapă

care începe practic în momentul intrării în camera de amestec a carburatorului. Ceața de picături lichide pătrunde în colectorul de admisie unde combustibilul lichid se vaporizează, după care amestecul este transportat și distribuit la cilindri, în ordinea aprinderilor acestora. Funcția complexă de pregătire și distribuție a amestecului conferă colectorului de admisie un rol important în realizarea calităților energetice ale motorului.

În cazul unui colector de admisie comun pentru mai mulți cilindri, unii dintre aceștia sunt mai apropiați de carburator, în timp ce alții sunt plasați mai îndepărtat. În ceața de picături lichide de combustibil din colector există unele picături mai mari, datorită în special conținutului lor mai ridicat de hidrocarburi grele care sunt mai greu volatile. Picăturile care au un conținut mai mare de fracțiuni ușoare trec mai repede în stare de vapori, având astfel mărimi mai reduse, rapid descrescătoare pe traseul de admisie.

Mărimile diferite ale picăturilor le determină un răspuns diferențiat la schimbările bruște ale curentului de amestec care se distribuie spre diverși cilindri. Exemplificând pentru un motor cu patru cilindri, admișiile se pot succede de exemplu în ordinea **1-3-4-2**. Astfel, după terminarea admișiei în cilindrul **1** (**fig. 1.1**) curentul de amestec trebuie să-și schimbe complet sensul mișcării, dirijându-se spre cilindrul **3**. Amestecul gazos va răspunde practic instantaneu schimbării de direcție; picăturile de dimensiuni mici vor fi rapid și ușor antrenate, în timp ce picăturile mari vor întârzia nemaiajungând în cilindrul **3** la timp util, adică în perioada în care acesta efectuează admisia. Există posibilitatea ca un număr mare de picături să poată ajunge în colector în dreptul cilindrului **3** după ce acesta a finalizat perioada de admisie. Deoarece imediat se declanșează admisia la cilindrul **4**, în mod evident picăturile mari vor continua să circule în același sens în colector și vor pătrunde cu facilități în acest cilindru. În consecință în cilindrul **4** va pătrunde o cantitate mai mare de combustibil față de cilindrul **3**, astfel încât dozajul global din cilindrul **4** va fi

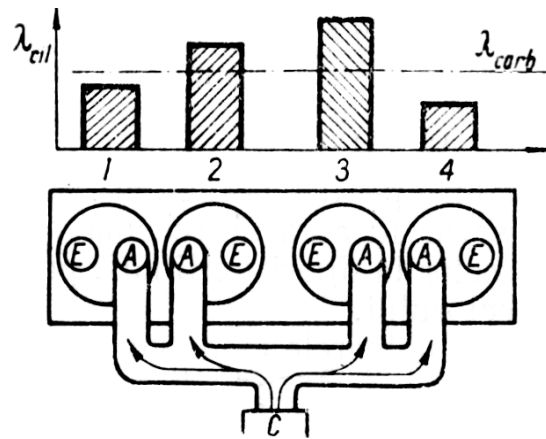


Fig. 1.1. Abaterile dozajului între cilindrii motorului

între cilindrii motorului în timp ce, maldistribuția calitativă, care se exprimă prin dozaje diferite, afectează desfășurarea arderii în fiecare dintre cilindri și implicit economicitatea motorului.

În ideea acestor consecințe pe care le provoacă, maldistribuția se poate estima [3, 4] prin diferența dintre dozajul amestecului generat în carburator și cel pe care îl primește fiecare cilindru în parte:

$$\Delta\lambda = \lambda_{carb} - \lambda_{cil} \quad (1.1)$$

Una dintre căile reducerii maldistribuției în cazul carburației, o constituie scurtarea traseelor de la carburator la cilindri. Se are astfel în vedere reducerea neuniformității cantitative a

amestecului, adică a maldistribuției cantitative. Acest lucru se poate obține prin îngemănarea canalelor de admisie din chiulasă, grupând supapele de admisie de la cilindrii consecutivi, așa cum se sugerează în **fig. 1.2**, pentru cazul unui motor cu patru cilindri în linie. În acest mod se simplifică arhitectura colectorului de admisie care, constructiv, va cuprinde doar două coturi față de patru (în soluția anterioară), ceea ce conduce la pierderi gazodinamice mai reduse și implicit la o îmbunătățire a umplerii.

O a doua cale posibilă s-a concretizat prin utilizarea unui carburator cu două camere de amestec, fiecare din ele deservind câte doi cilindri egal depărtați, așa cum se prezintă în schema din **fig.1.3**. Se observă că, în acest caz, există posibilitatea egalizării lungimii traseelor la diferiți cilindri prin configurarea corespunzătoare a brațelor colectorului.

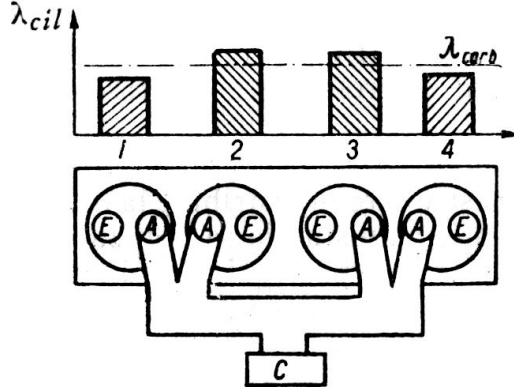


Fig. 1.2. Soluție de reducere a mal-distribuției prin îngemănarea canalelor de admisie

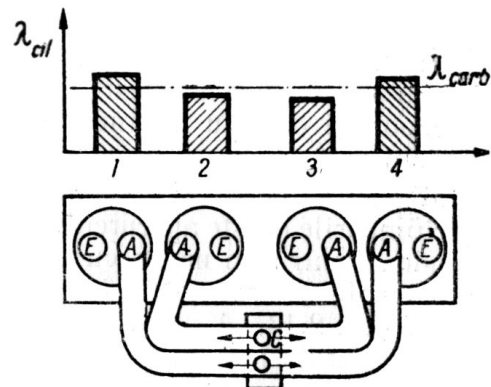


Fig. 1.3. Soluție de reducere a maldistribuției prin utilizarea carburatorului cu două camere de amestec

Dispunerea alăturată a supapelor de admisie este obiectibilă deoarece creează în porțiunea de mijloc a motorului o zonă încărcată termic care favorizează apariția unor tensiuni termice ce pot conduce la deformări ale chiulasei sau la apariția detonațiilor. S-a trecut din acest motiv la alternarea supapelor, după schematizarea din **fig. 1.4**, ceea ce complică însă arhitectura colectorului și favorizează apariția maldistribuției.

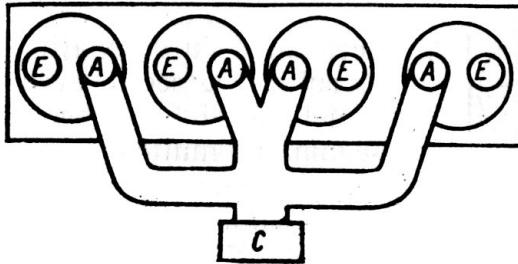


Fig. 1.4. Alternarea supapelor în vederea evitării tensiunilor termice din chiulasă

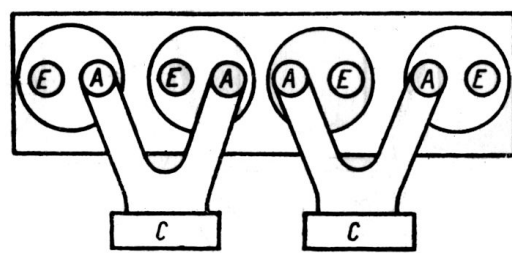


Fig. 1.5. Evitarea maldistribuției prin utilizarea carburatoarelor separate

Folosirea carburatoarelor separate constituie o metodă eficientă de evitare a maldistribuției, în special în cazul chiulaselor cu supape alternante, variantă prezentată în **fig. 1.5**. Deși cumula mai multe avantaje, printre care un înalt grad de uniformitate a dozajelor, reducerea pierderilor gazodinamice și îmbunătățirea umplerii, soluția nu s-a răspândit din cauza costului ridicat [3, 4, 23, 35].

În distribuția cantitativă a amestecului influențe perturbatoare poate introduce și poziția obturatorului carburatorului în raport cu canalele colectorului de admisie. Varianta de amplasare notată cu **I** în **fig. 1.6** favorizează dirijarea unei cantități mai mari de combustibil către cilindrii 3 și 4, în timp ce poziția inversă, corespunzătoare variantei **II** conduce la un dozaj bogat pentru primii

doi cilindrii. Din aceste motive s-a recomandat poziționarea obturatorului într-un plan normal la cel indicat, conform soluției **III**, evitându-se astfel dirijarea preferențială a amestecului într-o anumită direcție [4].

Maldistribuția cantitativă, generată de cauzele puse în discuție conduce, așa cum s-a menționat, la urmări neplăcute privind funcționarea motorului. Este vorba în primul rând de faptul că cilindrii nu vor dezvolta aceeași putere. Pe de altă parte, datorită dozajelor diferite dintre cilindrii sunt afectate procesele de ardere. În pofida măsurilor prezentate, aceste consecințe nu pot fi evitate în totalitate în cazul carburăției, constituind unul dintre dezavantajele majore ale acestui procedeu de alimentare a motoarelor cu aprindere prin scânteie.

Referitor la maldistribuția calitativă, din **fig. 1.7** rezultă că fracțiunile grele din combustibil care distilează la temperaturi înalte au cifre octanice mult mai reduse în raport cu fracțiunile ușoare. În acest context, cilindrii care recepționează mai multe fracțiuni grele vor avea o tendință mai pronunțată spre detonatie. Se pune astfel în evidență faptul că în cazul motorului policilindric nu în toți cilindrii se produce simultan o ardere detonantă. Este suficient ca într-un singur cilindru să se amorseze o ardere detonantă pentru ca în exterior să apară simptomele tipice. În acest context apare o concluzie interesantă și anume că evitarea funcționării detonante a unui motor presupune de multe ori, scoaterea din detonatie a unui singur cilindru. O astfel de desfășurare a fenomenelor este favorizată, de asemenea, de alimentarea prin carburăție.

Față de cele prezentate, în cazul carburăției, apar și alte deficiențe. Astfel, la utilizarea combustibililor etilați s-a constatat că fracțiunile grele antrenează tetraetilul de plumb, întrucât temperatura de fierbere a acestuia are același ordin de mărime cu a fracțiunilor foarte grele (aprox. 200°C). Pe de altă parte stabilizatorii plumbului se comportă însă ca niște fracțiuni medii și ușoare având temperatura de fierbere situată între 80 și 130°C. Din acest motiv unii dintre cilindri vor primi un exces de tetraetil de plumb, neintrând în proces detonant; lipsiți însă de stabilizator vor fi afectați de depuneri masive de plumb. Alți cilindri vor avea un deficit de tetraetil de plumb și vor detona; în prezența unui exces de stabilizatori apar în plus efecte de coroziune nedorite.

Așa cum se cunoaște, apariția detonatiei este determinată, printre altele, de presiunea și temperatura tranșei finale de gaz din camera de ardere, dar și de mărimea avansului la aprindere, de dozaj, sau de rezistența la detonatie a combustibilului. În **fig. 1.8** se pot urmări, pentru cazul unui motor cu patru cilindri, condițiile favorabile de apariție a detonatiei. Pornind de la faptul că presiunea gazelor în cilindru, pe durata comprimării, este influențată de mărimea raportului de

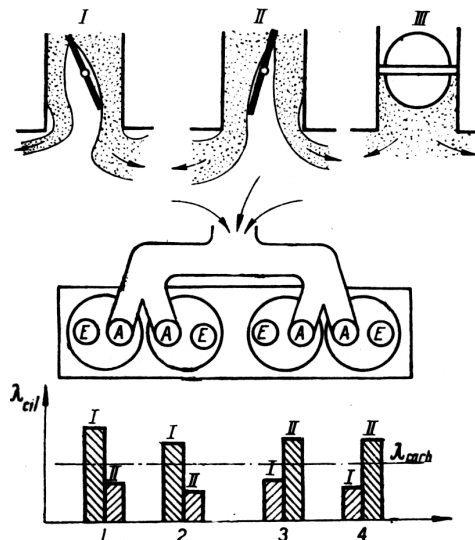


Fig. 1.6. Influența poziției obturatorului asupra maldistribuției

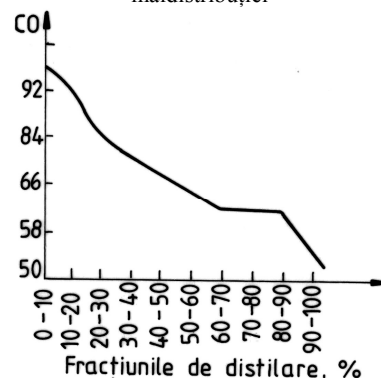


Fig. 1.7. Influența fracțiunilor din componența combustibilului asupra tendinței la detonatie a motorului

comprimare și de starea de etanșeitate a segmentilor și că raportul de comprimare poate fi diferit de la un cilindru la altul din cauza diferențelor dintre volumele camerelor de ardere, V_c , apărute în

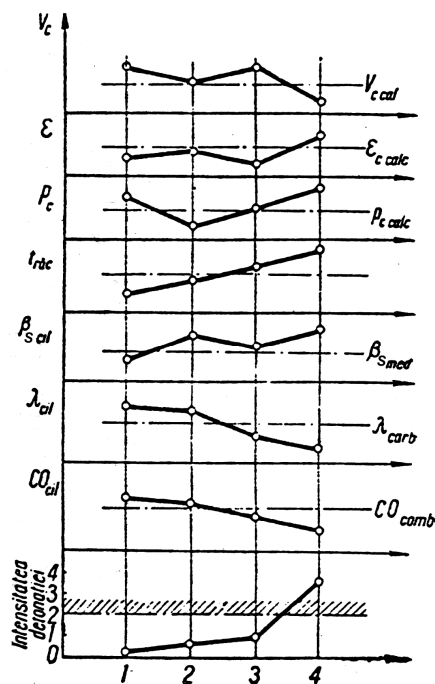


Fig. 1.8. Influența diversilor factori privind apariția detonației la un motor cu 4 cilindri

Răcirea cilindrilor nu este nici ea identică. Astfel, cilindrul 1, situat lângă pompa de circulație a lichidului de răcire este în general mai puternic răcit decât cilindrul 4. Figura pune în evidență acest aspect, temperatura fluidului de răcire t_{rac} fiind mai ridicată la ultimul cilindru. Și din acest punct de vedere cilindrul 4 este mai expus fenomenului detonației.

Maldistribuția cantitativă a amestecului conduce la un dozaj mai bogat la nivelul cilindrului 4, în raport cu cel realizat de carburator, ceea ce favorizează apariția detonației, aspect care dezavantajează în continuare acest cilindru. În plus există condiții de apariție a detonației în acest cilindru și datorită prezenței unei cantități mai mari de fracțiuni grele, consecință a maldistribuției calitative.

Această succintă analiză pune în evidență destul de clar comportamentul diferit la detonație a cilindrilor motorului. Acceptând un nivel al intensității detonației de până la 2, reiese clar că cilindrul 4, care prezintă o intensitate a detonației cuprinsă între 3 și 4 se situează, din acest punct de vedere departe de ceilalți trei.

Evitarea funcționării detonante a motorului conduce în acest caz la evitarea arderii detonante la nivelul cilindrului 4. O astfel de situație atrage dezavantaje majore întregului motor.

Într-adevăr, cea mai comodă cale de evitare a detonației fiind micșorarea raportului de comprimare, dacă se procedează în acest mod, trebuie reduse rapoartele de comprimare ale tuturor cilindrilor, sacrificându-se economicitatea întregului motor pentru un singur cilindru al său.

Pentru evitarea unor situații inacceptabile se limitează, atât de strâns cât permit cerințele unei fabricații rentabile, toate abaterile mărimilor interesate: volumele camerelor de ardere, avansurile la producerea scânteii electrice etc. De asemenea, se iau măsuri similare celor indicate pentru micșorarea neuniformității distribuției amestecului la cilindri.

În fine, se înțelege că trecând de la formarea amestecului în carburator la metoda injectiei de benzină pentru fiecare cilindru în parte se obține o uniformitate extrem de ridicată, atât cantitativă cât și calitativă, a distribuției combustibilului la cilindrii motorului.

Față de cele expuse, motoarele policilindrice prezintă drept particularitate fundamentală o distribuție neuniformă a amestecului între cilindri, ceea ce are ca rezultat o mare diferențiere a calității amestecului de la un cilindru la altul (fig. 1.9). Calitatea amestecului este un factor de bază pentru formarea substanțelor nocive, fiecare cilindru generând emisii poluante în cantități diferite. Măsurătorile experimentale [6, 57] au indicat că proporția de NO și HC în gazele evacuate este aproximativ aceea care ar corespunde calității amestecului din fiecare cilindru. Se observă că abaterile de la valoarea medie măsurată în colectorul de evacuare este foarte mare iar concentrația de NO din cilindrii 3 și 8 variază de la simplu la dublu. Măsurările efectuate pe un motor cu patru cilindri indică însă deosebiri cu mult mai mari pentru oxidul de carbon și anume 8% la cilindrul 2 și 0,3% la cilindrul 3.

Distribuția neuniformă a amestecului este determinată înainte de toate de neomogenitatea amestecului aer-combustibil din conducta de admisie, datorită vaporizării insuficiente a fracțiunilor grele din benzină. Picăturile în suspensie din curentul de aer și pelicula de combustibil de pe pereții conductei sunt dovezi eterogenității amestecului. Picăturile de combustibil, datorită inerției, urmăresc cu dificultate modificările la care este supus curentul de aer, adică schimbări de traiectorie și variații de viteză, cu accelerații și decelerații, provocate de umplerea periodică a cilindrului. La aceasta se adaugă apariția oscilațiilor de presiune din conducte precum și succesiunea neuniformă la admisie a cilindrului pentru a respecta condiția de uniformitate a aprinderilor.

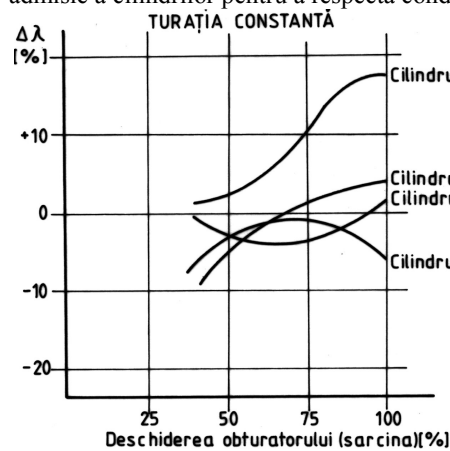


Fig. 1.10. Influența sarcinii asupra maldistribuției

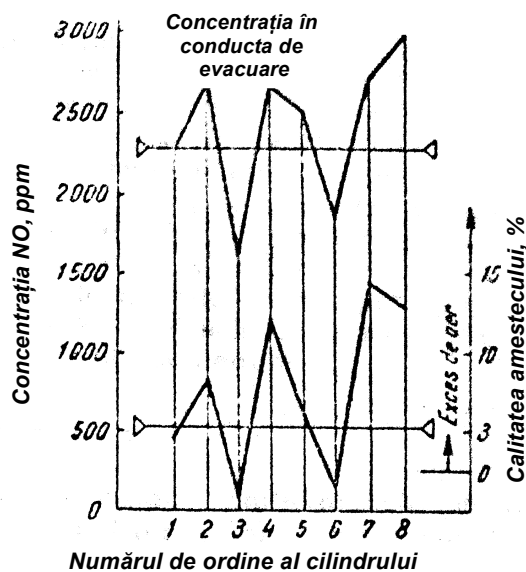


Fig. 1.9. Influența variației calității amestecului dintre cilindrii motorului privind generarea substanțelor poluante

Maldistribuția este, în general, mai redusă la scăderea sarcinii (fig. 1.10), ceea ce reprezintă un avantaj pentru motorul de automobil.

Mărirea vitezei de curgere a încărcăturii proaspete îmbunătățește pulverizarea și amestecarea combustibilului cu aerul, micșorează grosimea peliculei de combustibil de pe pereți, atenuând astfel maldistribuția. Intensificarea vaporizării prin încălzirea conductelor de admisie constituie, de asemenea, o cale eficientă. Ambele procedee sunt însă obiecționabile deoarece diminuează coeficientul de umplere al cilindrului, motiv pentru care ele se aplică diferențiat, în funcție de regimul motorului. Pe de altă parte, sistemul de alimentare cu combustibil intervine și asupra nivelului emisiilor poluante prin intermediul influențelor pe care le exercită în procesul de formare a amestecului și în procesul de evaporare a combustibilului.

Dozarea corectă a combustibilului în raport cu cerințele diverselor regimuri ale motorului constituie un factor esențial în controlul emisiilor nocive. Abaterile de la valoarea impusă precizează câmpul de variație a calității amestecului, care depinde în primul rând de precizia de fabricație a carburatorului. De aici și tendința de perfecționare a carburatoarelor, într-o anumită perioadă de dezvoltare a lor. În această idee, pentru a reduce implicațiile pe care le au toleranțele de fabricație asupra dozării corecte, mulți producători au adoptat procedeul verificării pe standuri a fiecărui carburator înainte de montaj, ajungându-se la un câmp de variație a dozajului în domeniul amestecurilor bogate de 5-6%. Trebuie ținut seama însă și de faptul că zona de variație a dozajului este determinată și de temperatura și presiunea aerului de admisie, primul factor variind în special cu anotimpul, iar al doilea, cu altitudinea.

Deoarece în cazul carburatoarelor debitul de combustibil depinde numai de viteza aerului în difuzor, nu și de densitatea lui, la creșterea temperaturii mediului ambiant, amestecul se îmbogățește. Fenomenul este totuși atenuat prin preîncălzirea aerului până la 35-40°C, ceea ce menține reglajul independent de temperatura mediului ambiant.

Probleme apar, în cazul carburației, mai ales la sarcini și turații reduse, când pulverizarea și vaporizarea combustibilului sunt afectate de vitezele mici de curgere. Mărirea vitezei de curgere prin difuzor, fără a afecta performanța de putere maximă, a condus la soluția carburatorului cu două camere de amestec care funcționează în paralel.

Rezultatele încercărilor efectuate pe un motor monocilindric [5, 35], puse în evidență în **fig. 1.11**, demonstrează că injecția de benzină, comparativ cu carburația, reduce conținutul de CO la sarcină totală până la 1%, în situația unor amestecuri bogate.

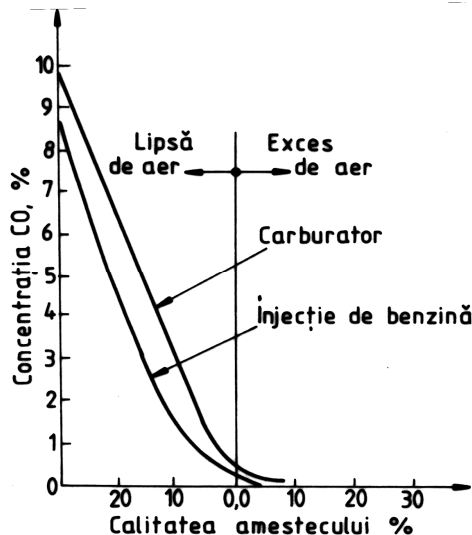


Fig. 1.11. Influența modului de formare a amestecului și a calității acestuia asupra conținutului de CO

1.2 SOLUȚII DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CARBURAȚIEI

Carburatoarele au devenit complicate din punct de vedere constructiv datorită încorporării multor elemente necesare satisfacerii cerințelor de economicitate, dinamicitate ș.a.

În principiu există puține posibilități de a reuși o îmbunătățire semnificativă a deficiențelor enumerate printr-o simplă corecție a anumitor elemente ale carburatorului. Mai mult decât atât, chiar dacă s-a reușit o perfecționare a unor sisteme ale carburatorului, cu rezultate semnificative, acest avantaj este estompat prin alterarea funcționării altor sisteme ale carburatorului.

Cea mai răspândită soluție de îmbunătățire a carburației a fost introducerea carburatoarelor cu corpuri multiple, care au permis dozarea mai bună a amestecului aer-combustibil, atât pentru fiecare cilindru în parte, reducând maldistribuția, cât și în funcție de variațiile regimului funcțional, mai ales a sarcinii motorului.

Una dintre preocupările majore ale constructorilor a fost eliminarea consumului inutil de combustibil în regim de decelerare. Multe dintre dispozitivele destinate acestui scop se bazau pe acționări hidraulice. Deoarece prezentau dezavantaje s-au introdus dispozitive mecanice, așa cum este cel prezentat în schema de principiu din **fig. 1.12**. La decelerarea automobilului, contragreutatea tinde să-și continue mișcarea în direcția înaintării, ceea ce produce de fapt rotirea brațului pe care este fixată, precum și a axului acestuia [5, 23]. Se deschide astfel clapeta de pe

conducta laterală (de by-pass) ce leagă zona de depresiune foarte mică din partea superioară a camerei de amestec cu zona de sub obturator. Aceasta devine de foarte mare depresiune când, la decelerare, obturatorul se închide și, de depresiune doar puțin mai mare decât cea din zona superioară, când obturatorul se deschide. La închiderea bruscă a obturatorului în vederea decelerării

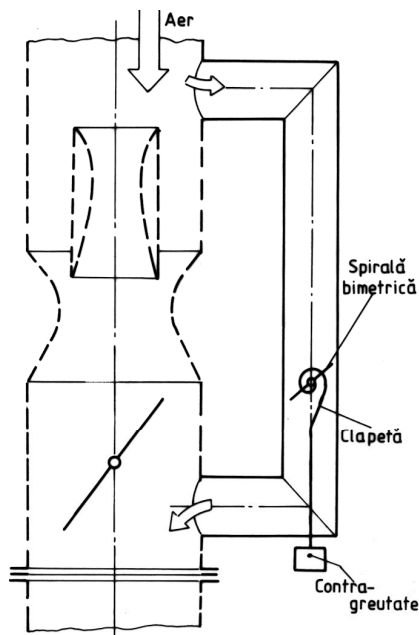


Fig. 1.12. Dispozitiv mecanic pentru reducerea consumului de combustibil în regim de decelerare

contragreutatea se deplasează în sensul înaintării automobilului, deschizând clapeta de pe conducta laterală. Aerul care pătrunde astfel sub obturator diminuează depresiunea care ar acționa asupra debitului de benzină, în interiorul camerei de amestec, dezamorsându-l rapid. La accelerare, adică la deschiderea bruscă a obturatorului, contragreutatea se mișcă în sens invers, închizând clapeta din canalul de legătură. Acest lucru se impune deoarece la accelerare amestecul nu trebuie sărăcit. O comportare similară se manifestă și la urcarea pantelor.

Dispozitivul este prevăzut cu un amortizor al mișcării pendulare a contragreutății, pârghia acesteia fiind realizată dintr-o spirală bimetalică. În acest mod se introduce o corecție suplimentară deoarece cantitatea de aer ce trece prin by-pass va depinde de altitudine și de temperatura ambiantă.

În regimul de mers în gol forțat, datorită turației crescute, în spatele obturatorului se realizează o depresiune crescută, care antrenează un debit mărit de combustibil. Simultan apare și o creștere a consumului de ulei deoarece, datorită depresiunii mărite din colectorul de admisie și implicit din cilindrii, acesta este aspirat pe lângă pistoane în camerele de ardere.

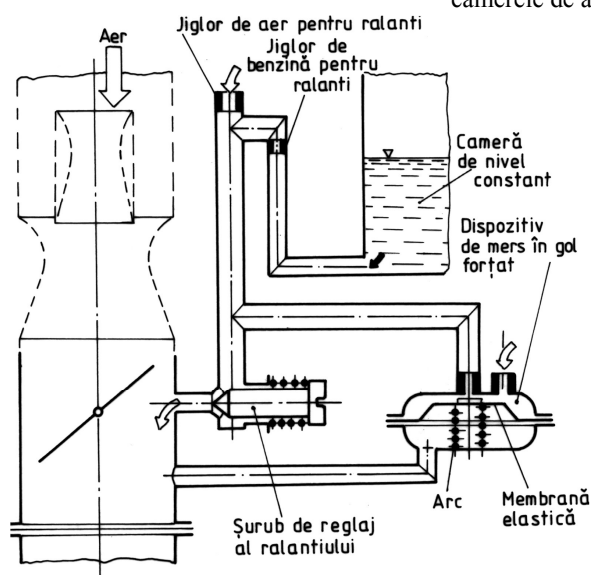


Fig. 1.13. Dispozitiv de reducere a consumului de combustibil în regim de mers în gol forțat

Unul dintre dispozitivele cu care s-au prevăzut carburatoarele în vederea evitării acestui fenomen este prezentat în schema din fig. 1.13 [5]. El acționează asupra debitului jiclorului de mers în gol. Odată cu închiderea obturatorului, la turații mai mari decât cea de ralanti, în zona din avalul obturatorului se produce, așa cum s-a arătat depresiune foarte înaltă. Membrana elastică și resortul său antagonist sunt astfel dimensionate încât, la depresiuni mai mari decât cele specifice mersului în gol normal, eliberează orificiul din conducta de legătură cu tubulatura de ralanti. Deschiderea acestui orificiu permite aerului să pătrundă prin el și prin conducta de legătură, în tubulatura de ralanti, provocând practic anularea depresiunii din interiorul ei, astfel încât jiclorul de ralanti nu mai debitează combustibil.

La reducerea turației motorului către cea de ralanti, depresiunea din avalul obturatorului, de data aceasta mai mică, nu mai reușește să acționeze membrana elastică, astfel încât orificiul de dezamorsare rămâne închis iar tubulatura de ralanti se regăsește la starea normală. La funcționarea corectă a dispozitivului s-au pus în evidență reduceri ale consumului de combustibil, în trafic urban de 5-10%, iar în trafic interurban de 3-7%, în funcție de profilul traseului. Diminuarea consumului de ulei este mai modestă, deoarece dispozitivul nu poate re-duce semnificativ depresiunea din colector și mai ales din cilindri.

Una dintre căile încercate în vederea îmbunătățirii dozajului a fost utilizarea dispozitivului denumit **carburator cu injecție**. La acest tip de carburator dozarea combustibilului nu se realiza prin acțiunea directă a depresiunii din camera de amestec, ci prin intermediul unor dispozitive speciale.

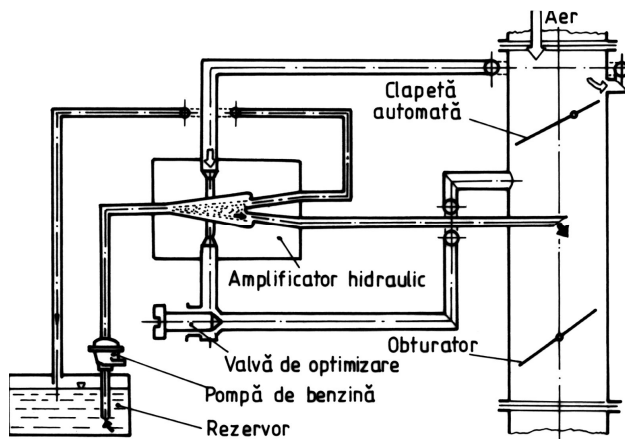


Fig. 1.14. Schema carburatorului cu injecție bazat pe utilizarea amplificatorului fluidic

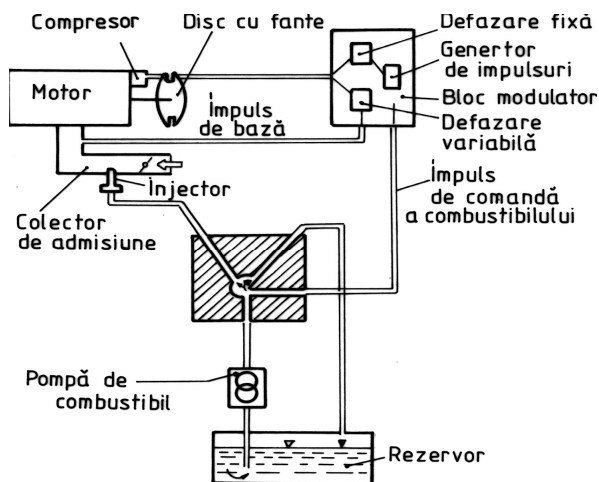


Fig. 1.15. Schema carburatorului cu injecție utilizând impulsuri de aer comprimat

Această metodă se bazează pe utilizarea așa numitului amplificator fluidic, schema de principiu a carburatorului de acest tip fiind redată în **fig. 1.14**. După cum se observă, jetul de combustibil, de mare intensitate, provenind de la pompa de alimentare este deviat, conform acestui principiu, cu suficientă ușurință de către un jet de aer de mică intensitate. Prin acest procedeu, modificând intensitatea jetului de aer se variază cantitățile de benzină ce pătrund prin cele două canale laterale ale amplificatorului. Unul dintre acestea dirijează benzina în camera de amestec, deasupra obturatorului, iar celălalt canalizează surplusul de benzină înapoi în rezervor. Modificarea intensității jetului de aer, produsă de variația depresiunilor generată de schimbarea poziției obturatorului, va realiza astfel dozarea cantității de benzină injectată în camera de amestec, în concordanță cu regimul funcțional al motorului. Deviația jetului de benzină în amplificador este de fapt consecința cunoscutului efect Coandă și a forțelor exercitate de jetul transversal.

Sistemul include în egală măsură și alte elemente, precum valva de reglaj care permite optimizarea intensității jetului transversal, clapeta automată superioară, care face parte dintr-un dispozitiv compensator, jucând rolul pompei de accelerare, pompa electrică de alimentare cu benzină ș.a.

O altă instalație similară ca principiu este descrisă în **fig.1.15**. Jetul de aer, generat în acest caz de un compresor antrenat de motor, se obține sub formă de impulsuri prin intermediul unui disc cu fante care se rotește cu jumătate din turația motorului. Impulsul de bază, după generare, este modificat de către turația motorului la formele indicate în **fig. 1.16**, diagrama I. Distanțele dintre impulsurile finale care comandă debitul de benzină puse în evidență în diagrama VI din figură, sunt invers proporționale cu turația motorului, în timp ce lățimea lor depinde numai de sarcină, deoarece aceasta este de fapt convertită în durată a injecției. Stabilirea cantităților de benzină injectate se realizează prin intermediul depresiei din colectorul de admisie. Modalitatea de interacțiune a

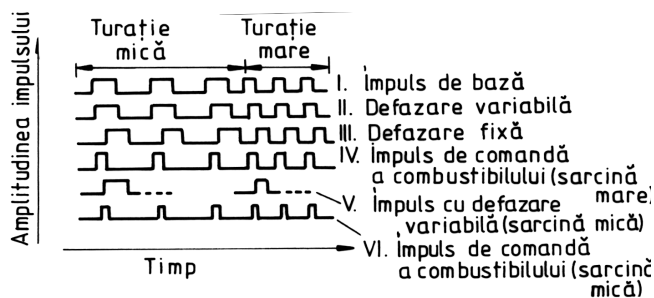


Fig. 1.16. Formele impulsului de aer în diferite regimuri

Semnalul III, de ieșire din unitatea cu defazare fixă are o defazare constantă. Semnalul II, provenind de la unitatea cu defazare variabilă are defazarea invers proporțională cu presiunea din colectorul de admisie, fiind în permanență inferioară celei corespunzătoare semnalului precedent. Fiecare impuls a semnalului de comandă finală a debitului de benzină (IV) are lățimea, exprimând durata sa, egală cu diferența de timp dintre impulsurile II și III, depinzând numai de presiunea din colectorul de admisie, fiind total independentă de turația motorului. Impulsurile V sunt identice cu II, modificându-se doar defazarea corespunzător depresiei mai mari din colector. Impulsurile de tip VI constituie semnalul final pentru comanda injecției de benzină. Din punct de vedere constructiv cele două unități de defazare, cea fixă și cea variabilă, precum și generatorul de impulsuri finale erau grupate împreună în cadrul blocului de modulare. Impulsurile de comandă pentru debitul de benzină sunt trimise la amplificatorul fluidic, care lucrează după principiul deja expus. Benzina, sub acțiunea pompei, circulă în flux continuu prin conducta de retur spre rezervor. Sub influența impulsului de control primit de la blocul de modulare, combustibilul se îndreaptă spre injector, iar aerul poate ieși spre rezervor. Cantitatea de benzină trimisă spre injector depinde de forma impulsului primit. Acest sistem de alimentare oferea avantaje rezultate din lipsa camerei de nivel constant, a difuzoarelor, a camerei de amestec propriu-zise, care în acest caz poate fi încorporată chiar în cadrul colectorului de admisie [5]. Se estimează că aceste perfecționări ale carburăției au condus la economii de combustibil de circa 6-10%.

Schema din **fig. 1.17** se referă la o soluție de carburator care vizează îmbunătățirea

acelui factor, privind controlul dozei de combustibil poate fi urmărită în **fig. 1.16**. Astfel, conducta de aer ce canalizează impulsul de bază (I) se ramifică în două unități de defazare a semnalelor și anume, una fixă și alta variabilă, controlate de presiunea absolută din colectorul de admisie. Rezultă astfel două tipuri de semnale, II și III, identice cu semnalul de bază, dar defazate față de acesta.

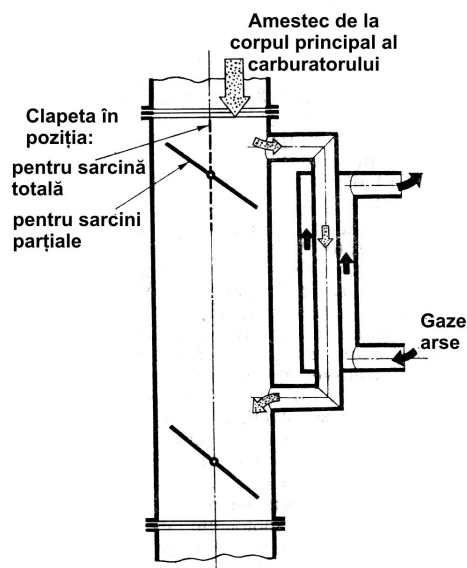


Fig. 1.17. Soluție de carburare îmbunătățită

amestecului și reducerea maldistribuției [4, 5]. La sarcini parțiale, clapeta superioară se dispune în poziția *închis*, obligând astfel amestecul să traverseze conducta laterală, ceea ce ameliorează gradul său de pregătire, atât datorită unei preîncălziri adecvate cât și datorită secțiunilor transversale reduse care generează viteze mari de transport ale picăturilor de benzină, împiedicând astfel depunerea lor pe pereți. La accelerare sau la funcționarea în regim de sarcini și turații ridicate, impunându-se îmbunătățirea umplerii și creșterea puterii motorului, clapeta superioară se deschide, amestecul trecând astfel direct spre cilindri.

Trebuie însă menționat că, în ciuda tuturor strădaniilor depuse de constructori în această direcție, problemele expuse nu au putut fi rezolvate corespunzător, cerințele actuale putând fi atinse doar prin injecția combustibilului, asistată electronic.

1.3 PREMISE ALE ALIMENTĂRII MOTORULUI CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE PRIN INECȚIE DE BENZINĂ

Alimentarea prin injecție de benzină constituie una dintre căile eficiente de îmbunătățire a funcționării motorului cu aprindere prin scântee atât din punctul de vedere al indicilor economici, cât și din punct de vedere al reducerii poluării atmosferei. Față de instalațiile cu carburator, unde formarea amestecului se baza pe principiul vaporizării combustibilului, injecția combustibilului, așa cum s-a arătat, presupune pulverizarea acestuia, ceea ce atrage o serie de consecințe favorabile cu rol în îmbunătățirea randamentului global al motorului.

Din acest punct de vedere, injecția de benzină trebuie să egaleze în primul rând performanțele obținute la formarea amestecului cu mai multe carburatoare sau cu carburatoare multiple, cu alte cuvinte să asigure o pulverizare superioară în orice regim de sarcină și de turație, în special la sarcini și turații reduse, precum și o distribuție mai uniformă a amestecului între cilindrii motorului, însoțită de o umplere mai eficientă a cilindrilor cu încărcătură proaspătă. Practica a dovedit că utilizarea injecției de benzină nu se limitează numai la aceste criterii, ea atrăgând și alte avantaje.

În raport cu motorul cu aprindere prin comprimare, la motorul cu aprindere prin scântee injecția de benzină se poate practica atât în interiorul cilindrului, cât și în exteriorul său, în colectorul sau în galeria de admisie. La injecția în interiorul cilindrului, fiecare cilindru se va alimenta independent, pe când la injecția în exterior apare și posibilitatea utilizării injecției comune, în colectorul de admisie, soluție care prezintă multe apropieri față de formarea amestecului printr-un carburator multiplu. Injecția în exterior, aferentă fiecărui cilindru se poate face în fața supapei de admisie (în poarta supapei) sau în colectorul de admisie, variantă care simplifică construcția chiulasei dar care nu asigură același grad de omogenitate a amestecului. Soluțiile de alimentare individuală, în exteriorul și în interiorul cilindrului se prezintă în **fig. 1.18.a** și **1.18.b**. În acest mod se anulează practic maldistribuția amestecului.

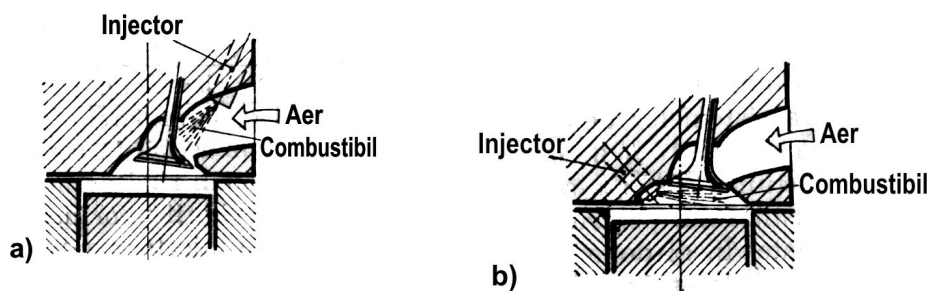


Fig. 1.18. Soluții de alimentare individuală prin injecție de benzină

Poziționarea injectorului în cazul injectiei în colector sau în poarta supapei de admisie se indică în **fig. 1.19**.

Pe de altă parte dozarea precisă a combustibilului pentru orice regim funcțional, evitând dozajele inutile îmbogățite, permite reducerea, global, cu aproximativ 10,...,15% a consumului.

În cazul regimurilor tranzitorii, diminuarea consumului de combustibil este mult mai mare, deoarece sistemul de injecție urmărește foarte precis modificările rapide ale dozelor ciclice; se injectează astfel cantitățile strict necesare, eliminând fenomenele inerționale ce apar la carburatoare și măresc inutil consumul de combustibil. În cazul regimului de mers în gol forțat se anulează complet și sigur debitul de combustibil.

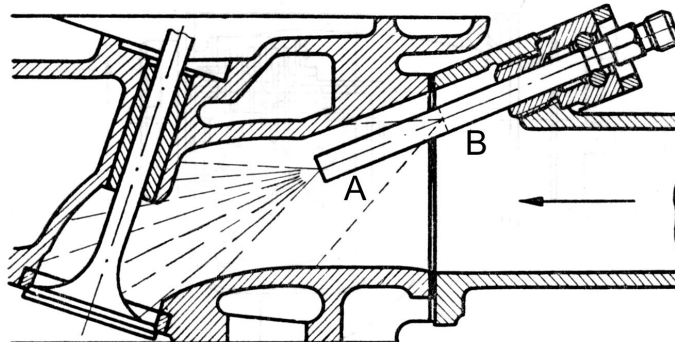


Fig. 1.19. Poziționarea injectorului în poarta supapei de admisie (A), respectiv în colectorul de admisie (B)

Reluând ideea anterioară, introducerea injectiei de benzină antrenează și alte avantaje, între care creșterea puterii motorului cu până la 20%, reducerea emisiilor poluante, flexibilitatea mai mare a motorului la trecerea de la un regim la altul ș.a.

Sistemele actuale de injecție prezintă o mare precizie și în același timp siguranță în exploatare; aceste caracteristici sunt asigurate pe de o parte de elementele mecanice simple din componența lor, iar pe de altă parte de comenzile electronice de care dispun, aspecte care le-au distanțat mult timp de cele aferente motoarelor Diesel.

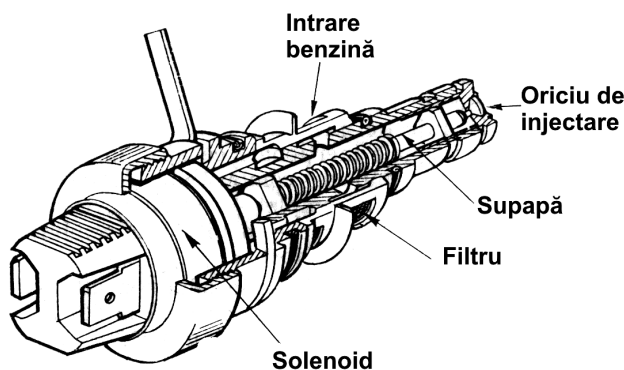


Fig. 1.20. Injector electromagnet

Considerând pentru un motor cu aprindere prin scânteie, în patru timpi, un regim de funcționare de 6000 rpm, durata disponibilă pentru injectarea benzinei este de 5 μ s. În regim de mers în gol cantitatea de benzină injectată este de aproximativ 25% din cea maximă, necesitând 1,25 μ s în vederea injectării. Este evident că durate atât de scurte nu pot fi obținute cu elemente mecanice simple. Din acest motiv se folosesc injectoare realizate principal sub forma unor supape cu solenoizi, așa cum se exemplifică în **fig. 1.20**, la care supapa este menținută în poziție închisă de un resort, comanda sa

fiind realizată prin intermediul solenoidului care primește impulsul necesar de la blocul electronic al sistemului.

Una dintre facilitățile constructive și funcționale care apare în cazul injectiei de benzină, pusă în evidență prin multiple experimente, derivă din faptul că momentul începutului injectiei nu

trebuie să coincidă neapărat cu momentul des-chiderii supapei de admisie. Această facilitate oferă posibilitatea suprimării funcției de distribuție a impulsurilor de deschidere a injectoarelor, ceea ce permite conectarea, de multe ori, din punct de vedere electric, a tuturor injectoarelor într-un singur grup. În acest mod se pot folosi durate mai mari pentru impulsuri, ceea ce conferă o mai mare precizie comenzilor, în timp ce dinamica injectorului este mai favorabilă. Spre exemplificare, în **fig. 1.21**, se indică, pentru un motor cu patru cilindri, schema de conectare a două grupe de câte două injectoare comandate prin intermediul unui

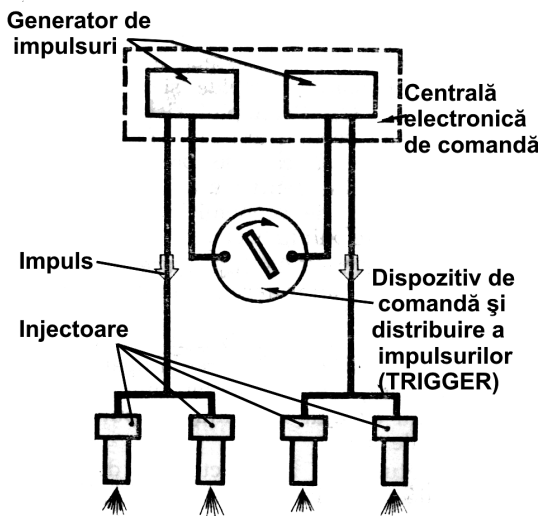


Fig. 1.21. Schema de conectare a injectoarelor în două grupe

apare în același timp posibilitatea utilizării unor dozaaje mai sărace, precum și a unor combustibili cu cifre octanice mai reduse

La injecția de benzină se realizează o creștere a coeficientului de umplere, datorită micșorării rezistențelor gazodinamice a canalizațiilor de admisie și a reducerii preîncălzirii încărcăturii proaspete. Creșterea coeficientului de umplere cu valori cuprinse între 8,...,10% este determinată în primul rând de eliminarea difuzorului carburatorului a cărui secțiune reprezintă o importantă sursă de rezistențe gazodinamice. În al doilea rând, așa cum s-a arătat, pulverizarea fină a combustibilului, nu mai justifică prezența petei calde din colectorul de admisie, ceea ce diminuează pierderea termică. Astfel, prin reducerea temperaturii încărcăturii proaspete se mărește densitatea ei și implicit cantitatea de amestec pătrunsă în cilindru. Mai mult decât atât, dacă injecția are loc în interiorul cilindrului, în locul vaporilor de combustibil prezenți în amestec, în cursa de admisie poate pătrunde în cilindru o cantitate suplimentară de aer.

Lipsa de încălzire a încărcăturii proaspete, răcirea suplimentară a amestecului și a pereților camerei de ardere în cazul injecției directe, precum și distribuția mai uniformă a amestecului între cilindri, asigură posibilitatea creșterii raportului de comprimare cu până la o unitate.

Particularitățile injecției de benzină pot conduce la o creștere a puterii motorului în medie cu 10,...,15%, de asemenea, a cuplului motor. În același timp, funcționarea cu dozaaje mai sărace, precum și utilizarea unor rapoarte de comprimare mai mari, pot reduce consumul specific de combustibil. Funcționarea în cea mai mare a timpului cu dozaaje mai sărace ($\lambda = 1,1 \dots 1,3$) reduce, în egală măsură, conținutul de emisii pentru toți produșii poluanți. Creșterea economiei de benzină derivă și din faptul că la decelerare sau la regim de mers în gol forțat întreruperea alimentării se face prompt. În același timp, pulverizarea foarte bună la sarcini reduse permite o mărire a coeficientului de exces de aer, fără o funcționare anormală a motorului, ceea ce constituie premisele utilizării unui amestec economic. Prin injecție de benzină se poate forma în cilindrul motorului un amestec

trigger de către două generatoare de impulsuri [5, 65].

Într-o încercare de sistematizare, introducerea și utilizarea sistemelor de alimentare prin injecție de benzină, poate asigura motorului cu aprindere prin scânteie o serie de avantaje, reluate pe scurt în cele ce urmează.

Astfel, pulverizarea foarte fină a combustibilului asigură, chiar la regimuri de sarcini și turații reduse, o funcționare mai bună a motorului, precum și o pornire la rece mai facilă.

În același timp, injecția de benzină oferă o distribuție mai uniformă a combustibilului între cilindri, reducând drastic maldistribuția, mai ales în cazul alimentării lor individuale, ceea ce constituie o cale importantă de îmbunătățire a performanțelor motorului. Reducându-se abaterile de la valoarea medie a dozaajului,

stratificat, obținându-se astfel, alături de alte avantaje, o creștere suplimentară a coeficientului de exces de aer.

Pe de altă parte, injecția de benzină previne formarea peliculei de combustibil în colectorul de admisie, aspect care concură evident la îmbunătățirea economicității motorului; în același timp, se reduce pe această cale și uzura cilindrilor.

Din punct de vedere constructiv se apreciază că sistemele de injecție a benzinei reduc înălțimea totală a grupului moto-propulsor, contribuind astfel la reducerea volumului compartimentului energetic al automobilului.

Nu în ultimul rând, generalizarea sistemelor de injecție a benzinei conferă automobilului o adaptabilitate mai bună la tracțiune, determinată de accelerarea mai rapidă și de funcționarea mai uniformă a motorului în acest regim; în aceste condiții conducerea automobilului devine mai sigură, mai comodă și mai plăcută.

Este posibil ca fiecare dintre avantajele injecției de benzină, privit individual să reprezinte un efect redus; practica a demonstrat însă că totalitatea avantajelor trecute în revistă conduce la un efect global important care a impus acest procedeu de alimentare, astfel încât costul mai ridicat al instalației, complexitatea ei și întreținerea care necesită un nivel de pregătire profesională mai ridicat, nu mai reprezintă la ora actuală dezavantaje [3, 4, 5, 8, 13, 20, 26, 32, 35, 65, 67].

1.4. CONDIȚII FUNCȚIONALE ALE SISTEMELOR DE ALIMENTARE PRIN INECȚIE DE BENZINĂ

În cazul sistemelor de alimentare prin injecție de benzină, dispozitivul de pulverizare reprezintă o unitate separată, compusă dintr-o pompă de alimentare cu combustibil și un pulverizator, care, uneori include și un circuit suplimentar de aer.

Presiunile de lucru ale pulverizatoarelor au valori cu mult mai mici decât în cazul motoarelor cu aprindere prin comprimare, în special cele moderne.

Din punct de vedere al modului de realizare a reglajului sarcinii, în locul modificării cantității de amestec în cazul carburatoarelor, la sistemele de injecție a benzinei se acționează asupra cantității de aer, de asemenea, prin intermediul unei clapete obturatoare.

Dozarea cantitativ corectă a combustibilului în aerul aspirat necesită în cazul injecției de benzină dispozitive de reglaj speciale și relativ complexe. Din punct de vedere al reglajului s-au utilizat, principial, trei procedee diferite și anume,

- reglajul debitului de combustibil în funcție de poziția clapetei de admisie a aerului și de turație;
- reglajul debitului de combustibil în funcție de depresiunea din poarta supapei de admisie și de turație;
- reglajul debitului de combustibil în funcție de debitul de aer aspirat.

Pe lângă aceste reglaje principale se practică o serie întreagă de reglaje secundare, care se introduc sub forma unor corecții referitor la presiunea barometrică, temperatura aerului, temperatura lichidului de răcire, temperatura uleiului, îmbogățirea la plină sarcină, îmbogățirea la mersul în gol, regimul de pornire la rece, regimurile de accelerare și mers în gol ș.a. [3, 66, 67].