

---

---

# EVOLUTIA SISTEMELOR DE INJECTIE DE BENZINA

## 1. O SCURTA INTRODUCERE

Trăim într-o era grabită. O epoca a vitezei. O vreme în care timpul nu mai are răbdare cu oamenii și noi nu ne îngăduim adesea un răgaz unii altora și nouă în sine. Avem fiecare mereu ceva de făcut și undeva de mers. Și foarte adesea sub presiunea timpului. Deplasarea a devenit pentru fiecare dintre noi de mare importanță. Ne e greu să ne închipuim lumea fără mișcare, fără deplasare, fie pe jos, fie cu bicicleta, fie cu autoturismul propriu, fie cu alte mijloace. Însa indiferent cum ne-am deplasa, într-un fel sau altul îi influențează pe cei din jur, direct sau indirect, într-un mod negativ sau pozitiv.

Principalul mijloc de transport și implicit de deplasare este automobilul, unul dintre cele mai moderne lucruri pe care tehnica le da omului.

Combustie internă – Transformarea energiei chimice a unui combustibil (benzina, motorina), în energie mecanică (cu unele pierderi). Transformarea are loc în urma arderii combustibilului în cilindrii motorului. Din punct de vedere al aprinderii amestecului carburant deosebim două tipuri de motoare:

- MAS (motoare cu aprindere prin scânteie).

- MAC (motoare cu aprindere prin compresie).

Motoarele MAS - După admisia și comprimarea amestecului carburant în cilindrii motorului, la PMI (punctul mort inferior) al pistonului, are loc aprinderea. Aceasta se realizează prin producerea unei scânteii între electrozii bujiei, care aprinde amestecul carburant. Arderea are loc într-un interval de

---

---

timp foarte scurt, în care presiunea și temperatura gazelor din cilindru cresc brusc până la presiunea de 30-40 daN / cm<sup>3</sup> și temperatura de 1.800 – 2.000°C. Datorită presiunii gazelor din cilindru, care acționează asupra pistonului, acesta se deplasează spre PME (punctul mort exterior), și rotește prin intermediul bielei și manivelei, arborele cotit. Această cursă a pistonului, se mai numește și cursă activă sau cursă motoare.

PMI – (punctul mort inferior) este poziția extremă a pistonului corespunzătoare distanței maxime față de axa arborelui cotit.

PME – (punctul mort exterior) este poziția extremă a pistonului corespunzătoare distanței minime față de axa arborelui cotit.

Motoarele MAC - La sfârșitul compresiei, combustibilul este introdus sub presiune în cilindru, fiind pulverizat foarte fin cu ajutorul injectorului, montat în chiulasa. Datorită contactului cu aerul fierbinte din interiorul cilindrului, particulele pulverizate se aprind și ard, iar presiunea din cilindru crește brusc. Gazele rezultate în urma arderii apasă asupra pistonului, făcând posibilă deplasarea acestuia spre PME, efectuând cursă activă. Pe toată durata acestei curse, supapele rămân închise.

Prin urmare sfârșitul compresiei și aprinderea dată de o bujie sau autoaprinderea urmate de destindere gazelor aflate în cilindru, este un moment important în funcționarea motorului. Timpul trei al unui motor în 4 timpi este numit și detentă și este important prin faptul că se produce lucru mecanic, adică efectiv energia chimică a combustibilului este transformată în energie mecanică. Valorificarea în întregime a energiei combustibilului depinde de o serie de factori dintre care amintim :

- 
- 
- 
- forma colectoarelor de admisie , prin miscarea pe care o impune fluidului in cilindru si prin rezistentele gazo dinamice



Fig.1.1

- avansul supapelor de admisie si evacuare la deschidere si inchidere

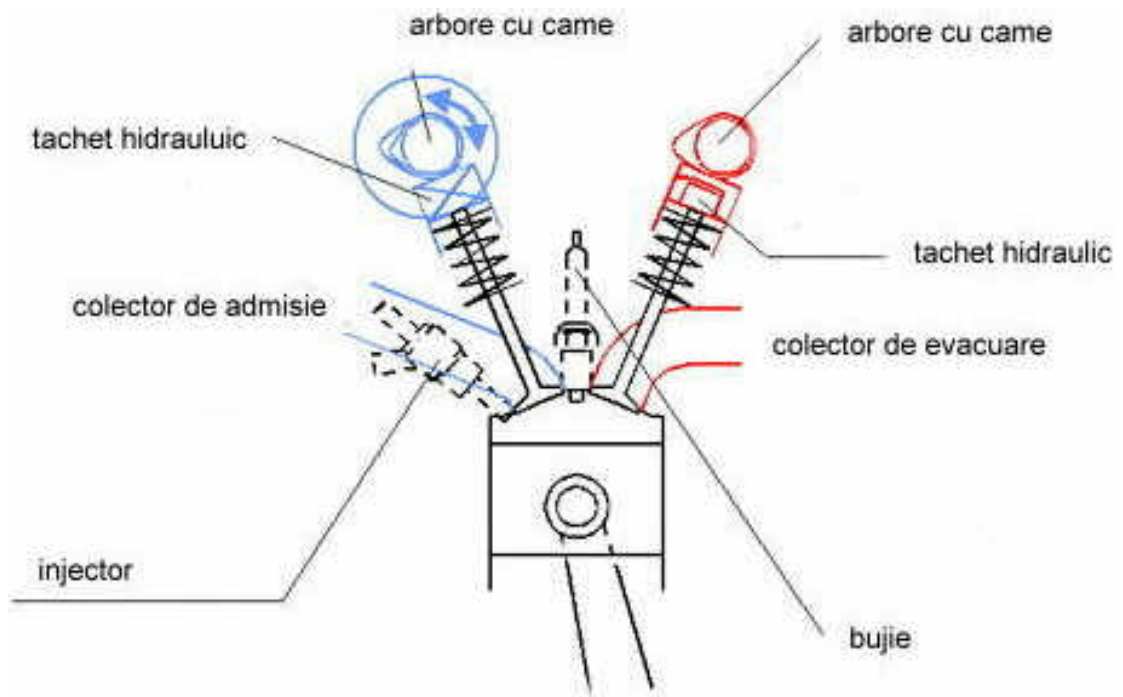


Fig.1.2

- forma capului pistonului si forma camerei de ardere

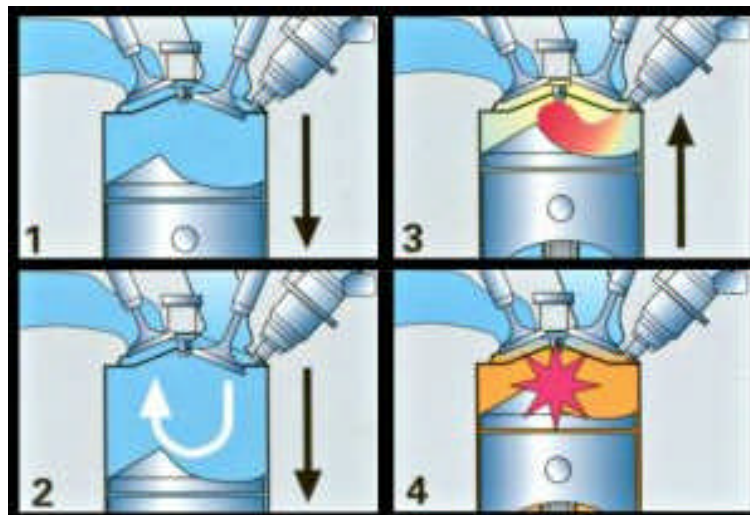


Fig.1.3

- materialele din care sunt fabricate peretii camerei de ardere (capul pistonului, cilindrul si chiuloasa)

---

---

Insa dintre toate acestea mecanisme, un rol important il joaca sistemul de alimentare, ce regleaza dozajul in functie de turatie, implicit amestecul aer combustibil. Odata cu modernizarea motorului cu ardere interna s-a impus necesitatea reglarii amestecului aer-benzina si a momentului aprinderii in vederea obtinerii de performante din ce in ce mai bune. Inca de la modelul FORD A, Henry Ford a montat langa volan un sistem de reglare care dadea posibilitatea pilotului sa regleze cantitatea de benzina si avansul.

La motoarele moderne, producatorii lasa sa fie facute toate aceste reglaje de catre un sistem computerizat de management al motorului denumit generic "calculatorul autoturismului".

Indiferent daca este vorba de injectie centrala in carburator, injectie multipunct de benzina sau de injectie de motorina, toate acestea se regleza astazi cu ajutorul celei mai moderne tehnologii.

La motoarele actuale, cu toate progresele realizate, o proportie relativ modesta din energia eliberata de combustibil in cilindrul motorului se livreaza sub forma de energie mecanica utila pentru propulsie sau tractiune. In acelasi timp insa, motorul cu ardere interna actual transforma in energie mecanica mai mult de 90-95% din caldura ce se poate transforma de catre motor in structura sa existenta in prezent. Pierderile de caldura din caldura netransformabila inca in energie mecanica nu se pot imputa motorului propriu zis, ci modului in care se transforma caldura in energie mecanica, respectiv conceptiei ansamblului instalatiei energetice pentru propulsie. Inceputul acestor cercatari are la baza carburatorul elementar.

---

---

## 2. CARBURATORUL

Influenta raportului de comprimare are un rol foarte important in producerea lucrului mecanic. Din expresia generala a randamentului pentru ciclul mixt rezulta ca randamentul termic toretic creste la marirea raportului de comprimare.

Deoarece  $\eta_i \eta_g \eta_t$ , la gradul de acoperire constant, cu cresterea randamentului termic se maresta si randamentul indicat si, ca urmare, sreste si presiunea.

$$\eta_i \eta_g \eta_t = \frac{1}{\eta_i \eta_g \eta_t} \frac{\eta_i \eta_g \eta_t}{\eta_i \eta_g \eta_t} (\eta_i \eta_g \eta_t)$$

Randamentul difera de la o instalatie de alimentare la alta. Prin urmare inceputul dezvoltarii tehnicii moderne incepe cu carburatorul. Carburatorul trebuie sa furnizeze amestecuri carburante cat mai apropiate de cele optime pentru fiecare regim de functionare. Infinitatea de regimurilor in care poate functiona un motor poate fi structurata in urmatoarele regimuri de functionare :

- regimul de pornire
- regimul de mers in gol.
- regimul sarcinilor medii
- regimul sarcinilor mari si maxime
- regimul acceleratiilor bruste (repriza)

---

---

Regimul de pornire este caracterizat prin turatii mici, frecari mari in angrenaje, motorul este rece-deci clapeta de soc este in pozitia inchisa. Acestui regim ii corespunde un amestec bogat cu  $\phi = 0,2-0,6$

Acest regim, de mers in gol este caracterizata prin turatii scazute (600-1000rot/min), clapeta de acceleratie aproape complet inchisa (distanta maxima la tubul de aer al carburatorului 0,3-0,8mm), puterea dezvoltata de motor de 3-6% din puterea nominala si se utilizeaza numai pentru invingerea rezistentelor proprii ale motorului.

La trecerea de la regimul de regimul in gol spre regimul sarcinilor medii se prelungeste actiunea dispozitivului de mers in gol incet cu ajutorul orificiului de progresiune, care, prin deschiderea clapetei de acceleratie, va intra si el in zona de depresiune maxima si va incepe sa debiteze, la randul ei emulsia suplimentand debitul furnizat prin orificiul de descarcare. Acest regim se doreste cel mai indicat pentru un motor, deoarece puterea creste odata cu turatia, consumul creste odata cu puterea.

In cazul sarcinilor medii si maxime, motorul functioneaza la temperatura optima si se doreste ca intreaga putere calorica a combustibilului sa fie valorificata. Sarcinile medii si maxime reprezinta incarcare motorului .

In timpul regimului de acceleratii bruste pompa de acceleratie previne saracirea excesiva si temporara a amestecului. In cazul accelerarilor bruste saracirea amestecului este o consecinta a inertiei diferite a coloanei de combustibil si a celei, ca urmare a greutatilor specifice diferite.

Fiecarui tip de regim ii sunt corespunzatoare anumite calitati de amestecuri carburante, care se obtin cu anumite dispozitive ce compun carburatorul.

Rgimuri caracteristice de functionare	Calitatea amestecului	Dispozitivul aferent din Carburator
Regimul de pornire	0,2-0,6	Dispozitivul de pornire
Regimul de mers in gol incet	0,6-0,8	Disp. De mers in gol incet
Regimul sarcinilor medii	0,9-1,1	Disp. Principal de dozare
Regimurile sarcinilor mari si maxime	0,8-0,9	Economizorul
Regimul de acceleratiilor brus	?	Pompa de acceleratie

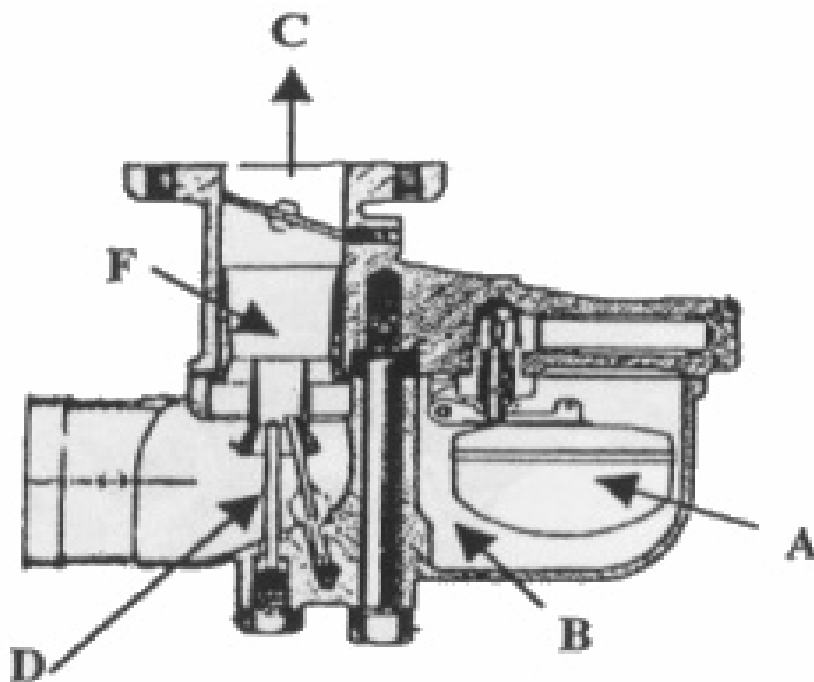


Fig. 2.1 Carburatorul elementar

*A – plutitor*

*B – camera de nivel constant*

*C – colector de aer*



---

---

*D – clapeta de accleratie*

*E – difuzor*

Functionarea carburatorului elementar are la baza legea lui Bernoulli, a continuitatii si fenomenului de dispersie hidrodinamica.

Aerul proaspat, aspirat de cilindrii motorului trece prin difuzor unde atinge viteza de curgere maxima in sectiunea minima ; aici apare depresiune maxima datorita careia benzina va fi aspirata din camera de nivel constant, dozata de jiclor si deversata in difuzor prin pulverizator. Aici va fi preluata de jetul de aer si datorita fenomenului de dispersie hidrodinamica va fi faramitata in picaturi fine, ce se vor amesteca cu aerul si vaporii de benzina formand amestecul carburant. Carburatoarele sau dezvoltat ajungandu-se pana la carburatoare electronice. Insa nici acestea nu satisfceau pe deplin toate regimurile. Astfel sa ajuns la injectia de benzina.

### **3. ALIMENTAREA M.A.S. PRIN INJECTIE DE BENZINA**

Injectia de benzina, cunoscuta si sub numele de carburatie mecanica, isi are inceputurile intre anii 1898-1901, cand firma *Deutz* foloseste prima data instalatii pentru injectarea benzinei la motoarele de serie stabile. Sistemul este apoi adoptat de constructorii de avioane *Antoinette* si *Wright*, iar apoi la motoarele *Junkers*.

In 1937 s-a construit prima motocicletă cu injectie de benzina si injectoare electromagnetice, in timp ce uzinele Daimler-Benz si Auto-Union echipeaza cateva automobile cu injectie de benzina.

Indiferent de variatiile constructive ale instalatiilor de injectie, ele realizeaza pulverizarea combustibilului direct in cilindrii motorului sau pe traectul admisiei. Se disting astfel procedee de injectie directa(fig. 3.1) si indirecta( fig 3.2 )- in canalul de admisie .

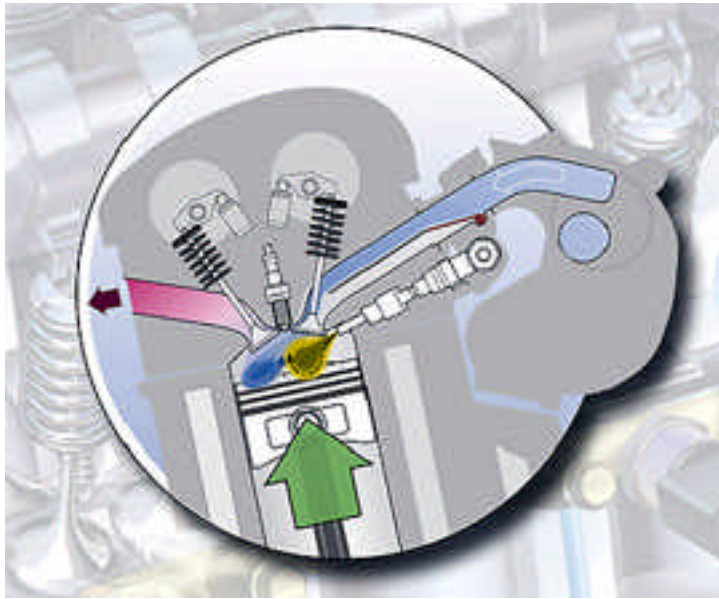


Fig. 3.1

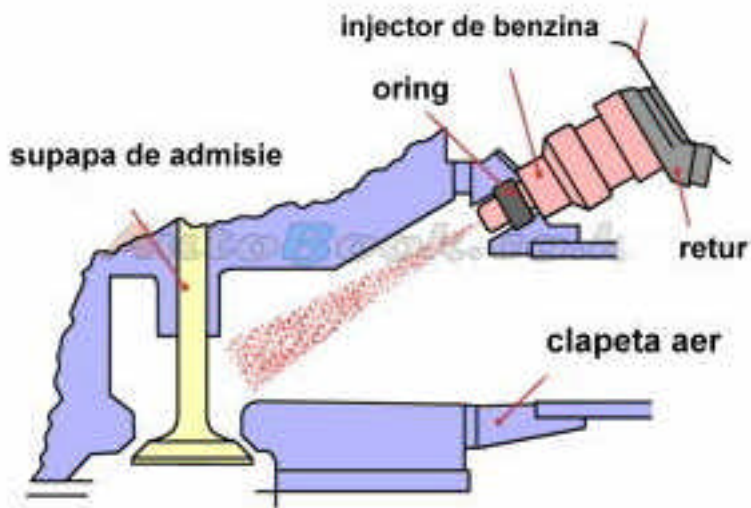


Fig. 3.2

Unul dintre primile sisteme de injectie care a dat rezultate a fost *K-Jetronic*(fig. 3.3).

K-Jetronic

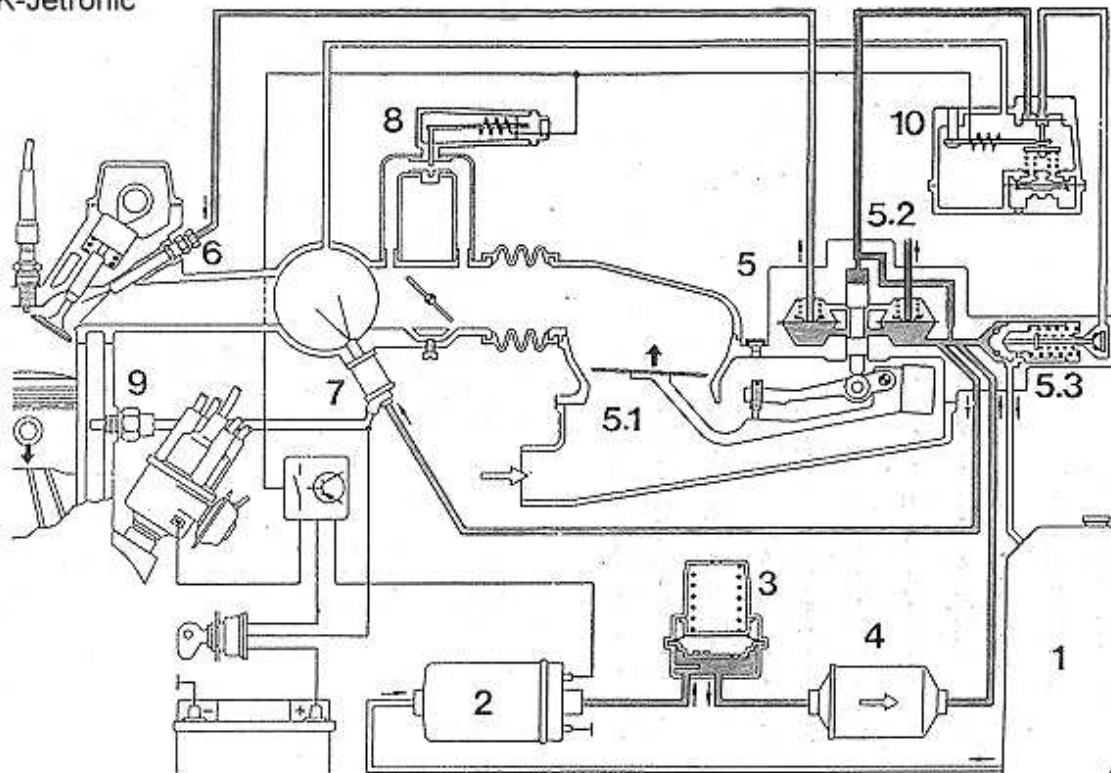
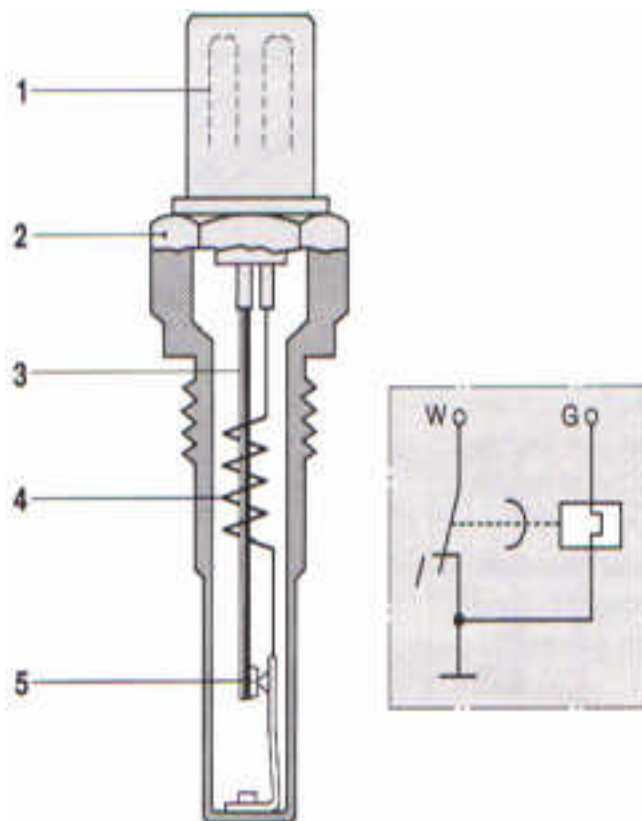


Fig. 3.3

- 1- rezervor
- 2 – pompa electrica
- 3 – acumulator de combustibil
- 4 – filtru
- 5 – regulator de amestec
- 6 – injector
- 7 – injector de pornire
- 8 – comanda aerului aditionat
- 9 – termocontact temporizat
- 10 – regulator de amestec

Instalatia functioneaza astfel : pompa electrica aspira combustibilul din rezervorsi il trimite catre acumulatorul 4, iar apoi in filtru de unde se merge in unitate de cantarire , care este o parte componenta a regulatorului de amestec sub presiune. Presiunea de combustibil este pastrata constanta in partea de reglare a presiunii din dispozitivul de distribuire, care trimite combustibil catre injectoare. O componenta importanta a circuitului este debitmetru de aer, care functioneaza conform principiului corpurilor flotante : platoul circular se ridica intr-un flux de aer de forma conica pana cand forta de apasare a aerului, care se exercita pe fata platoului , echilibreaza greutatea acestuia. Informatia se duce de aici sistem de parghii mecanice care dirijeaza combustibilul la injectoare in functie de aerul inregistrat. In aceasta pozitie de echilibru, care este functie de cantitatea de aer aspirat, pistonul de comanda plaseaza intr-o pozitie determinanta regulatorul de carburant 17.



In acelasi timp un rol important il joaca si termocontactul temporizator.

1-conexiune electrica

2-hexagon de strangere

3-element bimetalic

4-inf. de incalzire

5-contact

Fig 3.4 Termocontact temporizat

Datorita relatiei lineare dintre debitmetru si distribuitorul de carburant si datorita parghiei de actionare asupra pistonului de comanda, care reuneste cele doua parti intr-o singura unitate, se obtine o adaptare precisa si stabila pentru un coeficient de aer  $\lambda = 1$ .

Termocontactul reprezinta de fapt un circuit electromagnetic, care controleaza durata injectiei in timpul regimurilor de pornire a motorului sau intrerupe functionarea cand temp. e crescuta.

Tehnica a avansat si nevoia unui sistem mai complex cu informatii mai precise a impus combinarea sistemelor mecanice de injectie cu cele electrice. O incercare care pentru o perioada a fost chiar o solutie la ceea ce se dorea a fi *KE-Jetronic* (fig 3.5). Construita pe baza schemei *K-Jetronic*, folosind aceeiasi structura de reglare, are inlocuite regulatoarele mecanice de presiune cu altele comandate electric in baza datelor functionale preluate de la senzori, in vederea optimizarii amestecului.

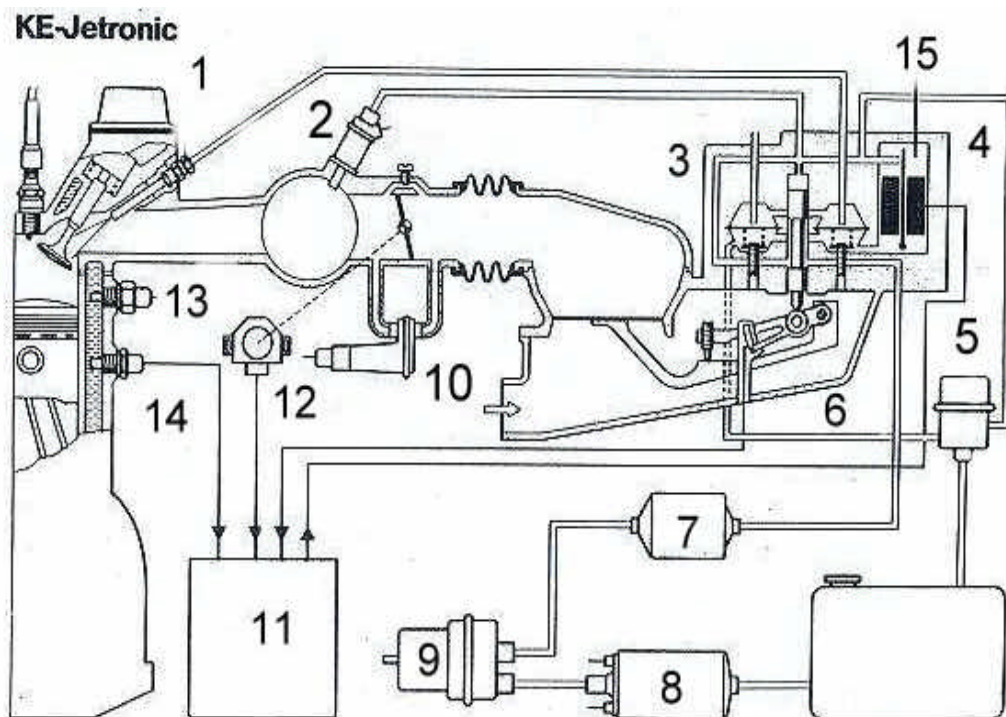


Fig.  
3.5

- 
- 
- 1- *injector*
  - 2- *injector de pornire*
  - 3- *regulator de amestec*
  - 4- *regulator de presiune*
  - 5- *regulator*
  - 6- *debitmetru*
  - 7- *filtru*
  - 8- *pompa electrica*
  - 9- *acumulator de combustibil*
  - 10-*regulator de aer*
  - 11-*bloc electronic*
  - 12-*senzor al pozitiei obturatorului*
  - 13-*termocontact temporizat*
  - 14-*senzor de temp.*
  - 15-*pompa de presiune a comb.*

Aceasta instalatie este conceputa in baza schemei K-Jetronic folosin aceiasi structura de reglare, inlocuind regulatoarele mecanice de presiune cu altele comandate electronic in baza datelor functionale preluate de la senzori, in vederea imbunatatirii amestecului. Semnalele sunt preluate de la diversi senzori cum ar fi : potentiometrul pt. stabilirea poz platoului debitmetrului, termocontacte, sonda lamnda, sunt prelucrate de un modul electric pentru pregatirea amestecului si vor fi influentate de urmatoarele functii : imbogatirea amestecului la pornire, la acceleratii, la suprasarcinii, domeniul de turatii, reglarea factorului de aer, si corectia cu altitudinea.

Sistemul *L-Jetronic* aduce imbunatatiri la *KE-Jetronic*, folosin din ce in ce mai mult electronica.

Ceea ce aduce nou acest sistem este inregistrarea unor parametri prin intermediul unitatii electronice. In rest sistemul se pastreaza avand aceeasi structura ca si la *KE-Jetronic*.

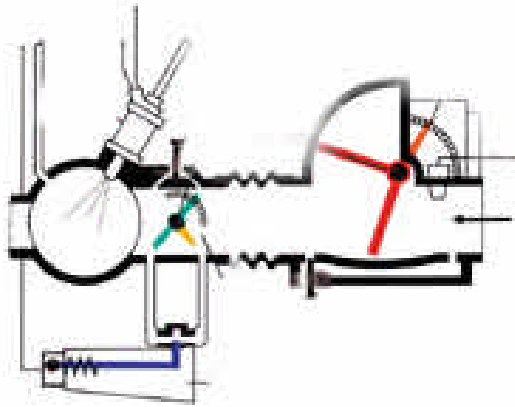


Fig. 3.6 Debitmetru de aer

1-injector de pornire

2- clapeta de acceleratie

3 - volum de compensare

4 – controlerul aerului aditional

L - Jetronic

*MONO-Jetronic*(fig. 3.7) constituie un sistem de injectie, care utilizeaz un singur injector electromagnetic, situat intr-o pozitie centrala in colectorul de admisie, inaintea clapetei de acceleratie, cu pulverizare intermitenta si reglaj prin pozitia clapetei de acceleratie.Sistemul de alimentare cu combustibil consta in rezervor, pompa electrica, filtru, regulator de presiune, injector.Diferenta dintre presiunea combustibilului si presiunea in colectorul de admisie este tinuta constanta pe injectorul de joasa presiune la o valoare de 0,1 Mpa

de catre un sistem de reglare hidraulic.

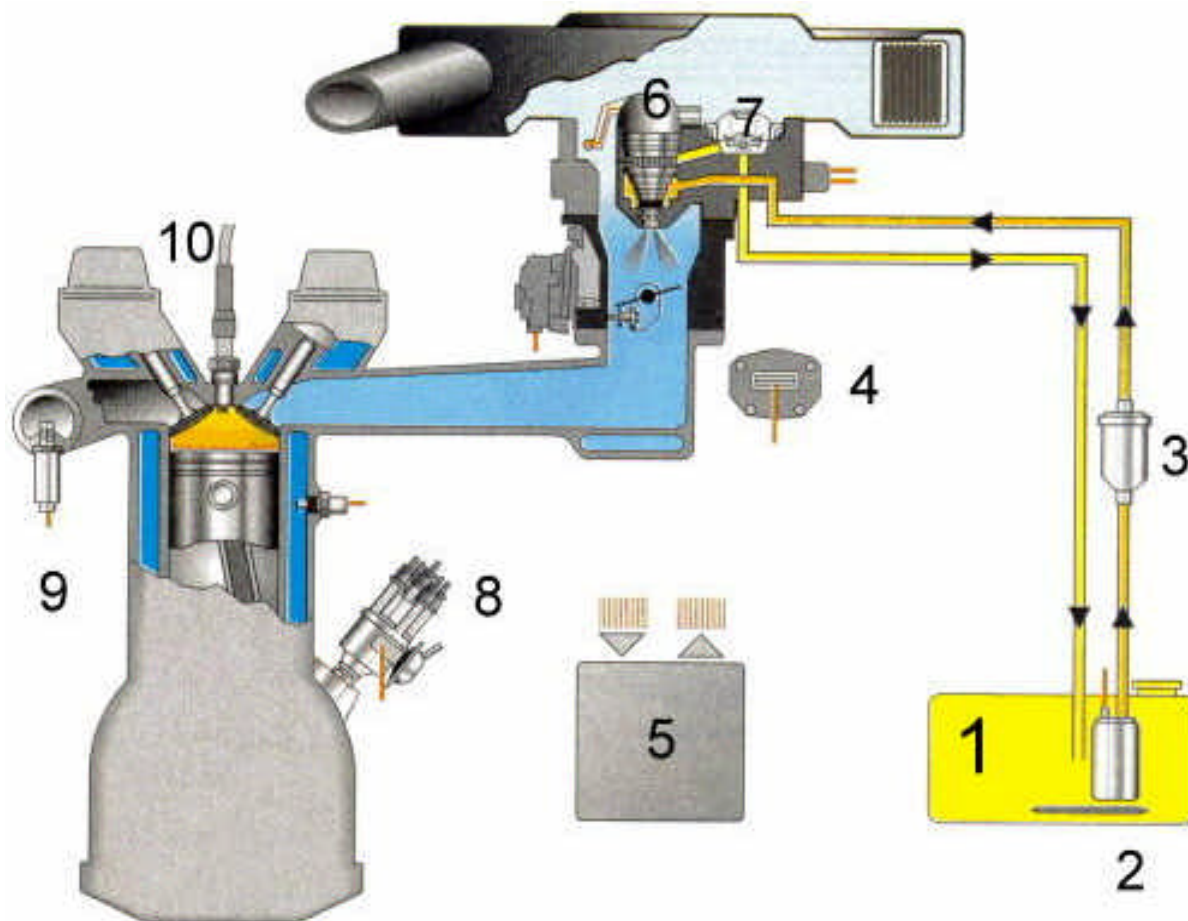


Fig. 3.7

- 1- rezervor de combustibil
- 2- pompa de benzina
- 3- filtru
- 4- potentometru clapetei
- 5- unitate de comanda
- 6- injector
- 7- regulator de presiune
- 8- distribuitorul de aprindere
- 9- sonda lamda
- 10-bujie

*Motronic*(fig. 3.8) un sistem relativ nou care incearca sa optimizeze pe cat posibil amestecul din camera de ardere. In acest caz dispare delcoul, un element mecanic, inasa se introduce o aprindere electronica de o inalta calitate



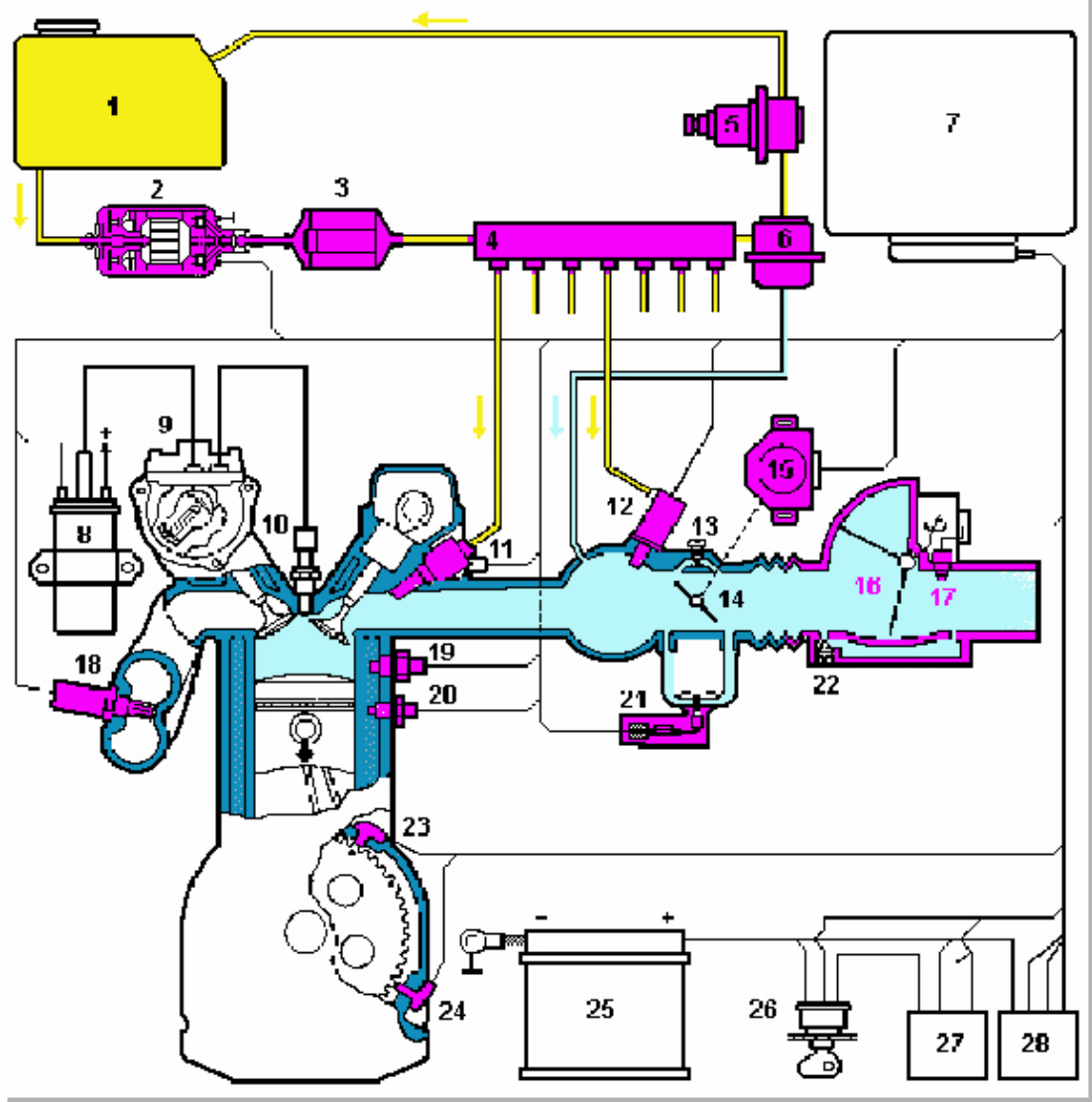


Fig. 3.8 Motronic

- 1- rezervor
- 2- pompa de benzina
- 3- filtru de benzina
- 4- rampa comuna
- 5- supapa de retur
- 6- dispozitiv cu supapa unisens
- 7- unitate electronica centrala (ECU)
- 8- bobina de inductie
- 9- circuit electric de aprindere
- 10- bujie
- 11- injector
- 12- injector de pornire
- 13- disp de reglare a aerului
- 14- clapeta de acceleratie
- 15- traductor ce masoara poz clapetei de acc.

- 
- 
- 16-debitmetru
  - 17-senzor ce coreleaza inf preluata de debitmetru cu cea de intrare
  - 18-sonda lamda
  - 19-senzor
  - 20-senzor de temp.
  - 21-regulator de aer
  - 22-disp de reglare a aerului
  - 23-senzor de presiune
  - 24-senzor inf. calc de poz. PMI
  - 25-acumulator
  - 26-contact de pornire
  - 27-releu de pornire
  - 28-releu de pornire

Aceasta instalatie s-a dovedit economica si foarte ecologica in acelasi timp. Unitatea electronica de comanda "calculatorul" prelucreaza digital semnalele de intrare si calculeaza durata de injectie si sfarsitul injectarii combustibilului. Ea cuprinde un microprocesor specializat, un program implementat intr-o memorie de date, un convertor analog/digital, un multiplexor de intrare, amplificatoare de intrare si iesire. Unitatea determina o durata de injectie de baza pornind de la unghiul de deschidere al clapetei de acceleratie si de la turatie. Ea cuprinde o memorie de baza de date cu 15 unghiuri ale clapetei si 15 puncte de turatie. Aceste 225 de puncte de referinta memorate pentru  $\lambda = 1,0$ , vor corespunde tot atator durate de injectie de baza. Microprocesoarul are implementat un algoritm adaptiv, care va inregistra o abatere sigura de la valori din baza de date, astfel, tolerantele individuale ale instalatiei de injectie sau ale motorului vor fi compensate.

Sistemul a fost intr-o continua perfectionare, asadar din 2002, motoarele de la Wolkswagen erau echipate cu un nou sistem de injectie mult mai performant, atat din punct de vedere economic cat si ecologic. Noul sistem era numit FSI si ca particularitati foloseste tot mai mult electronica, unitatea de comanda jucand un rol esential in functionarea optima a motorului. In loc

de 225 de puncte de referinta FSI-ul foloseste 400 de puncte, iar  $\lambda = 1$  este inlocuit cu un lambda  $1 < \lambda < 1,1$  care compenseaza pierderile de energie prin frecare in mecanismele existente in motor.

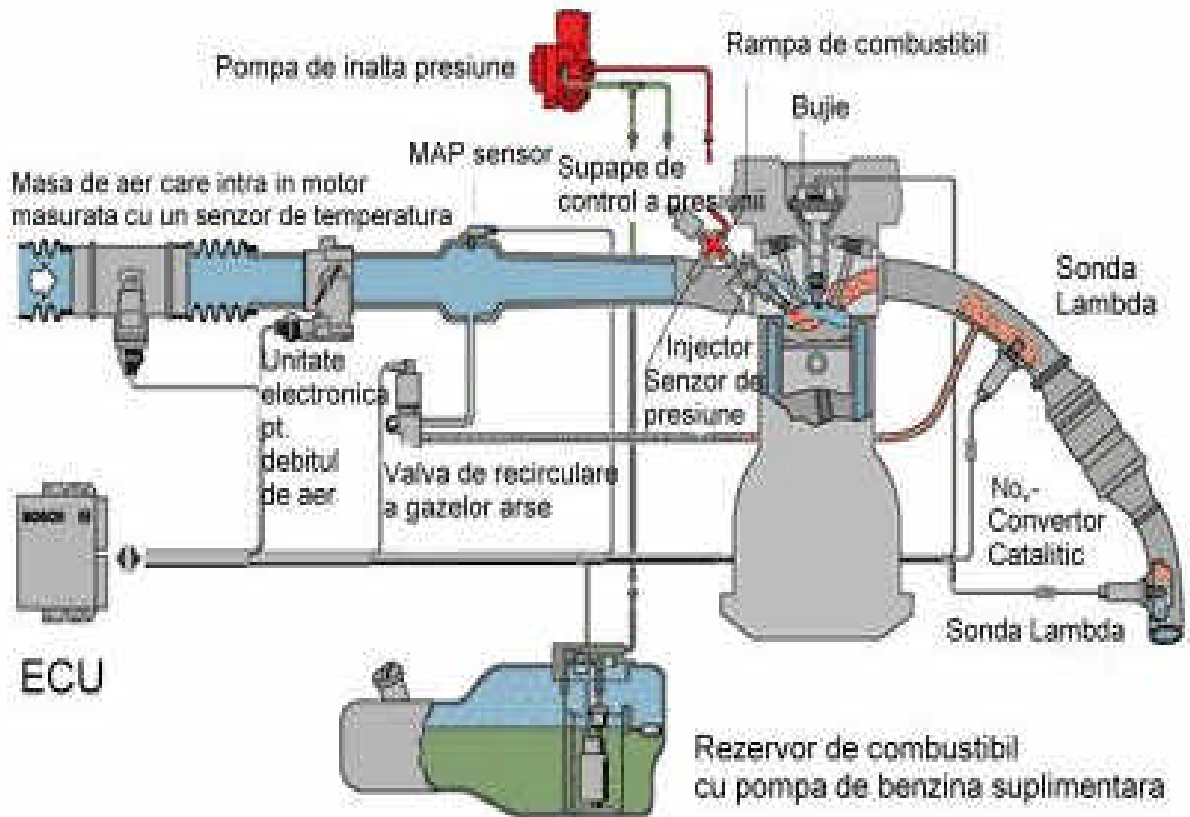


Fig.3.9

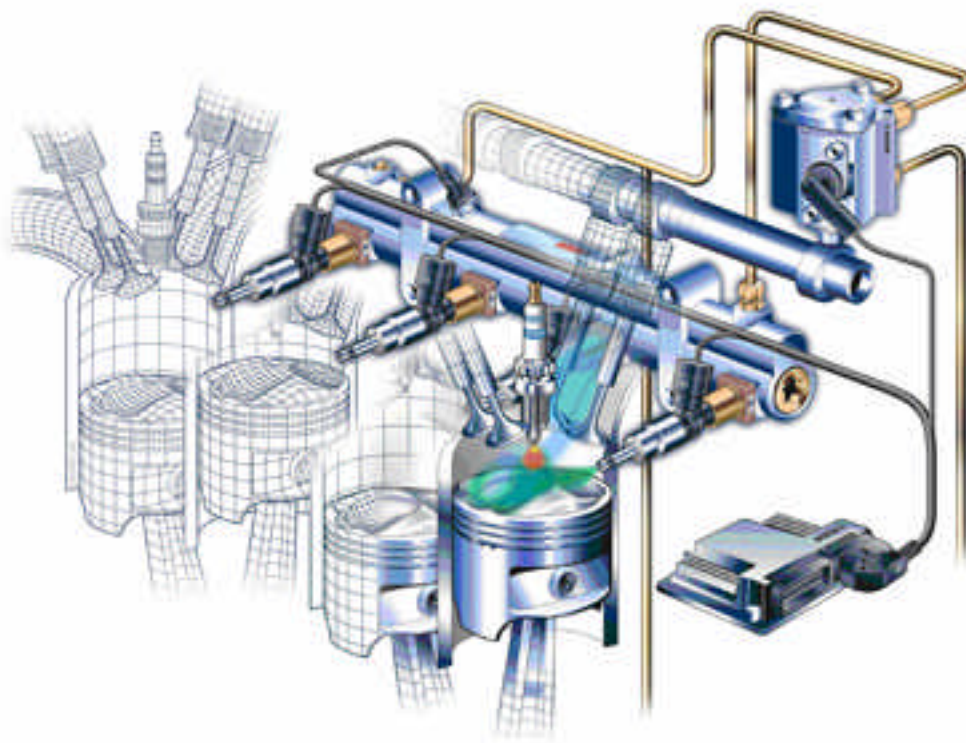


Fig.3.10

Constructorii de motoare nu au ramas indiferenti la aparitia acestui nou sistem. Raspunsul la aceasta provocare vine numai peste cateva luni , din partea firmei Peugeot care echepeaza modelele 207, initial si apoi ulterior 307 cu motoare HPi. Este urmat indeaproape de Citroen care echepeaza modelele Picasso cu noul motor.

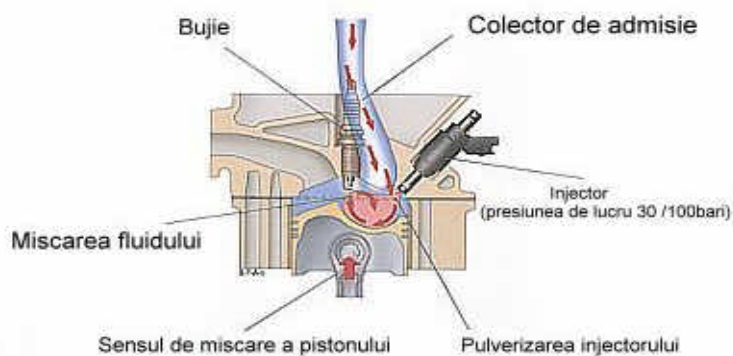


Fig.3.11

---

---

MOTOR EW10 HPi 16

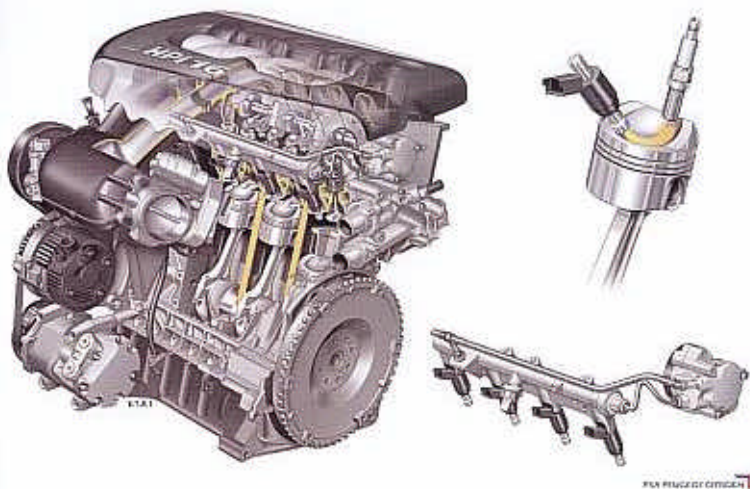


Fig.3.12

#### **4. VIITORUL SISTEMELOR DE INJECTIE**

Marile firme orienteaza sistemele de injectie catre un common rail, unde presiunea de injectie creste semnificativ. Un nou sistem de injectie aflat in teste si probabil cat de curan si folosit este injectia directa de benzina cu controlul electronic al curgerii-asa zisa metoda orbitala.

Noile sisteme de injectie de benzina sunt mai economice si mai ecologice. Tinand cont de faptul ca in aproximativ 70 de ani resursele energetice ale planetei se vor epuiza, se cauta solutii pentru inlocuirea actualelor propulsoare pentru autovehicule. Datorita unei politici, agresive, de cercetare- dezvoltare dusa de marile companii producatoare de motoare rezultatele au inceput sa apara. Astfel o solutie pentru maine poate fi autoturismul hibrid unde sistemul de injectie este inlocuit cu un circuit electric.

Vastul domeniu al motoarelor ramane deschis tinerilor inginerii, care in avntul tineresc pot gasi solutii fiabile pentru acel maine imprevizibil.

---

---

***Cuprins :***

1. O scurta introducere	1
2. Carburatorul	6
3. Alimentarea M.A.S. prin injectie de benzina	9
4. Viitorul sistemelor de injectie	21

---

---

## **Bibliografie :**

- 1. Abaitancei, D. si Bobescu, Ch –Motoare pentru Automobile. Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1980**
- 2. Stratulat, M. si Vlasie, V. –Alimentarea motoarelor cu aprindere prin scanteie. Vol I-II, Editura Tehnica, Bucuresti 1992**
- 3. [www.bosch.com](http://www.bosch.com)**
- 4. [www.motor.com](http://www.motor.com)**
- 5. [www.ottomotor.de](http://www.ottomotor.de)**