

# Prelegerea nr. 4

## Controlul electronic al avansului

Sistemele electronice de aprindere cu distribuitor convențional cu reglaj centrifugal și vacuumatic al avansului, pot asigura numai caracteristici simple de avans la aprindere. Aceste sisteme nu pot acoperi în totalitate cerințele de funcționare ale motoarelor.

În cazul controlului electronic, nu se mai utilizează regulatorul mecanic al avansului din distribuitorul de aprindere.

Semnalul sub formă de impulsuri, folosit pentru declanșarea aprinderii, este utilizat ca semnal despre turație. Un sensor de presiune furnizează semnalul despre sarcină. Microcomputerul calculează timpul pentru avansul la aprindere necesar și modifică în mod corespunzător semnalul de ieșire ce este furnizat circuitului de aprindere.

- **Avansul la aprindere poate fi mai bine adaptat la cerințele variate și individuale în care funcționează motorul;**
- **Devine posibilă includerea unor parametri suplimentari pentru creșterea acurateții controlului (de exemplu temperatura motorului);**
- **Se asigură o comportare bună la pornire, se îmbunătățește controlul regimului de mers în gol și consumul de benzină se reduce;**
- **Se poate extinde interpretarea datelor de operare;**
- **Se poate introduce un control electronic antidetonație.**

**Funcționare:** Cartograma caracteristică, de tipul celor ce pot fi utilizate pentru controlul electronic al avansului la aprindere cu sisteme cu microcomputer, are un aspect mult mai complicat în raport cu cartograma unui sistem de reglare mecanică.

Ca semnal de sarcină pentru sistemul de aprindere este folosit semnalul de ieșire de la un sensor de depresiune. Acest semnal și turația motorului se utilizează pentru a construi o caracteristică de aprindere tridimensională. Cartograma face posibil să se controleze cel mai bine, în termeni referitori la poluare și consum, unghiul de aprindere pentru fiecare punct turație-sarcină.

În figura 3.20 a se prezintă o caracteristică la reglaj al avansului la aprindere cu reglatoare mecanice, iar în figura 3.20 b cartograma corespunzătoare pentru un sistem electronic.

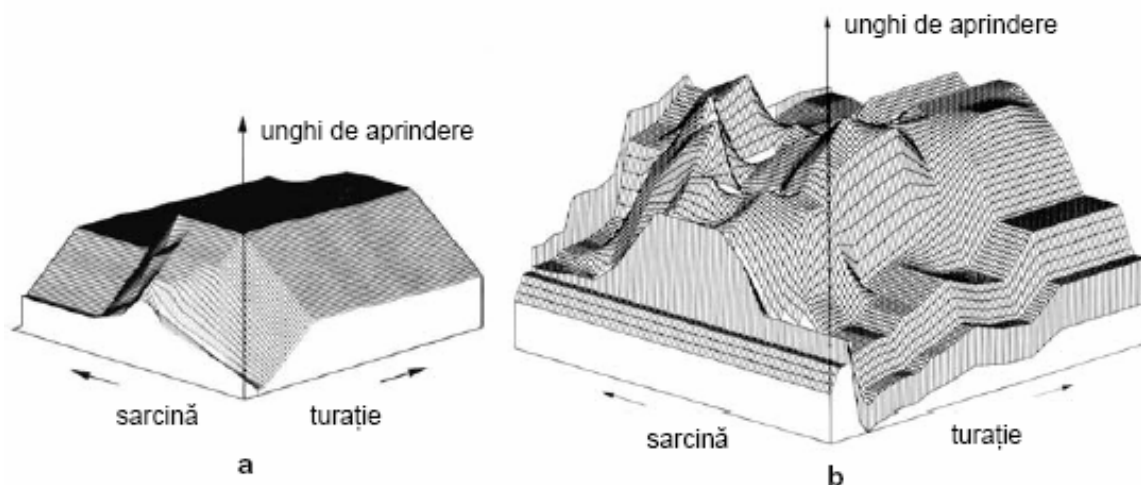


Figura 3.20

Întreaga cartogramă conține în total un număr de 1000 ... 4000 de puncte accesibile separat pentru controlul unghiului de avans la aprindere, funcție de necesități.

Când clapeta de accelerație este închisă, linia inferioară a cartogramei este selectată ca fiind caracteristica de mers în gol / mers în gol forțat.

Pentru turații sub valoarea dorită de mers în gol, unghiul de aprindere capătă avans suplimentar cu scopul de a stabiliza turația de mers în gol prin creșterea cuplului.

Pentru regimul de mers în gol forțat, avansul la aprindere este programat pentru a optimiza conținutul gazelor de evacuare și motricitatea (*"driveability"*).

La sarcină plină, este selectată zona corespunzătoare liniei superioare a cartogramei.

În acest regim valoarea avansului se programează la valoarea cea mai favorabilă, funcție de limita de detonație a motorului.

Pentru pornire se utilizează o curbă a unghiului de aprindere ca o funcție de turația și temperatura motorului, independentă de cartograma de aprindere. În acest fel se poate asigura un cuplu mare al motorului în faza de pornire, fără a întâmpina vreun cuplu invers.

În funcție de diferitele cerințe, în sistem se pot utiliza cartograme de diferite complexități sau este posibil să se asigure numai câteva curbe de programare a avansului la aprindere. De exemplu, un sistem integrat de control integral al avansului este prevăzut în sistemul Bosch Motronic.

### Unitatea de control al avansului la aprindere

Circuitul pentru controlul electronic al avansului la aprindere poate fi realizat folosind un microcomputer corespunzător.

Mărimile de intrare, cum ar fi semnalele de la comutatoare, semnalele sub formă de impulsuri sau de la sensori analogici, sunt furnizate microcomputerului fie direct, fie prin intermediul unui convertor analog – digital (figura 3.21).

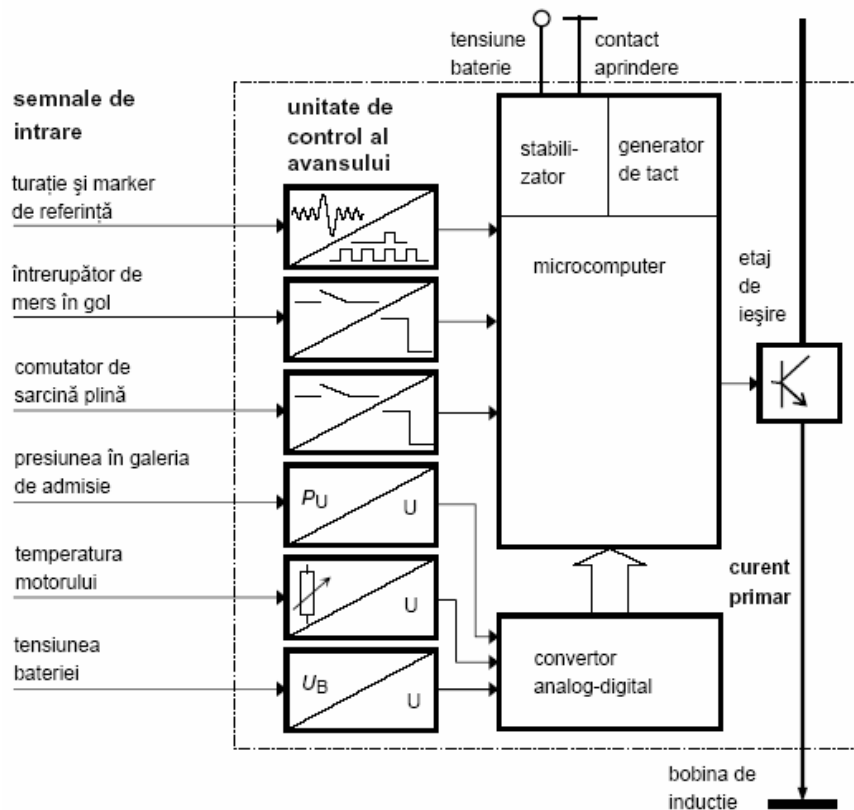


Figura 3.21

**Semnale de intrare.** Pentru controlul punctului de aprindere se folosesc două mărimi principale: **turația motorului / poziția unghiulară a arborelui cotit și presiunea din galeria de admisie.**

**Turația motorului și poziția arborelui cotit.** Turația este măsurată, de exemplu, cu ajutorul unui generator inductiv de impulsuri ce sesizează dinții unei roți dințate speciale montate pe volanta motorului. Ca urmare, datorită modificării fluxului magnetic, se induce o tensiune alternativă. Tensiunea alternativă astfel apărută este evaluată de către unitatea electronică de control.

Pentru a măsura cu precizie poziția arborelui cotit, roata dințată are o pauză ce este sesizată de generatorul de impulsuri de tip inductiv. Acest semnal este apoi prelucrat într-un circuit special. De asemenea este posibil să se măsoare turația motorului și să se obțină referința motorului folosind un generator Hall în distribuitorul de aprindere.

**Sarcina (presiunea din galeria de admisie).** Presiunea din galeria de admisie acționează asupra unui sensor de presiune cu membrană prin intermediul unui racord realizat cu un tub. Deplasarea membranei modifică poziția unui magnet permanent. Acest fapt are ca rezultat modificarea câmpului magnetic ce acționează asupra unui element semiconductor (Hall). Tensiunea Hall de ieșire din acest element semiconductor este direct proporțională cu câmpul magnetic și prin aceasta cu presiunea din galeria de admisie.

**Temperatura motorului.** Un sensor (rezistiv – cu coeficient negativ de temperatură) montat în blocul motor permite măsurarea temperaturii lichidului de răcire și furnizarea către unitatea de control a unui semnal ce corespunde temperaturii motorului.

**Tensiunea bateriei.** Informația despre tensiunea bateriei este utilizată ca mărime de corecție și valoarea este măsurată de către unitatea de control.

**Poziția clapetei de accelerație.** Când motorul este în regim de mers în gol sau la sarcină plină, un întrerupător al clapetei de accelerație, montat pe axul clapetei, furnizează un semnal corespunzător.

**Prelucrearea semnalelor.** Marimile analogice: presiune în galeria de admisie, temperatura motorului și tensiunea bateriei sunt convertite în mărimi numerice cu ajutorul unui convertor analog-numeric. Turația motorului, poziția arborelui cotit și poziția clapetei de accelerație sunt mărimi digitale și sunt furnizate direct microcomputerului. Microcomputerul prelucrează aceste semnale.

Acesta folosește un microcontroler (microprocesor), un generator cu cuarț pentru generarea semnalelor de tact, o memorie programabilă ROM și o memorie RAM pentru schimbări rapide de date. Valorile pentru perioadele de aprindere și Dwell sunt actualizate până la de 9300 de ori pe minut. Valorile sunt recalculat în așa fel încât să fie capabile să asigure punctul optim de aprindere – care este mărimea de ieșire pentru motor, în orice punct de funcționare.

**Semnalul de ieșire pentru aprindere.** Circuitul primar al bobinei de inducție este comutat de un etaj de putere de ieșire din unitatea electronică de control. Perioada Dwell este controlată astfel încât tensiunea secundară rămâne virtual constantă, fără a depinde de turația motorului și de tensiunea bateriei.

Tensiunea secundară ajunge la bujii de la bobina de inducție prin intermediul unui distribuitor de înaltă tensiune. Întrucât unitatea electronică de control asigură fixarea avansului la aprindere și declanșarea procesului de aprindere, eliminându-se astfel reglatoarele mecanice care erau plasate în corpul distribuitorului, singura funcție a acestuia este cea de a distribui înalta tensiune la bujii.

În prezent există din ce în ce mai multe sisteme electronice de control integral al aprinderii la care distribuitorul este de tip cu comutație statică pe partea de joasă tensiune (12 V), situație în care fiecare bujie are o bobină de inducție proprie. Constructiv, aceste bobine de inducție pot fi incluse în fișele de conectare a bujiilor, rezultând astfel o construcție compactă. Algoritm de stabilire a avansului la aprindere este prezentat în figura 3.22.



Figura 3.22

## Controlul electronic al detonației

Pentru a reduce consumul de benzină și a asigura un cuplu crescut se poate apela la creșterea raportului de comprimare. Totuși, cu cât crește raportul de comprimare, cu atât se mărește pericolul aprinderii spontane, necontrolate, a amestecului. Apare arderea cu detonație.

Vibrațiile emise din camera de ardere sunt măsurate cu ajutorul unui sensor, detectate de un circuit de evaluare și furnizate circuitului de control. În acest caz, unitatea de control întârzie momentul aprinderii până când motorul revine sub limita de detonație. Se obțin următoarele avantaje:

- **La creșterea raportului de compresie crește cuplul motor și se reduce în mod corespunzător consumul specific de carburant;**
- **Cartograma de aprindere poate fi optimizată în raport cu puterea, consumul și emisia de gaze toxice;**
- **Sistemul de aprindere ia în considerare în mod automat limita de detonație a motorului, ca o funcție de condițiile de funcționare;**
- **Calitățile diferite ale benzinelor, efectul factorilor de mediu (presiune, temperatură) se compensează prin selecția automată a unghiului de aprindere corect;**
- **Electronica modernă face posibil să se realizeze detecția individuală a detonației în fiecare cilindru, în legătură cu un sistem adecvat de control al detonației.**

Principiul de funcționare a controlului detonației în buclă închisă rezultă și din figura 3.23.

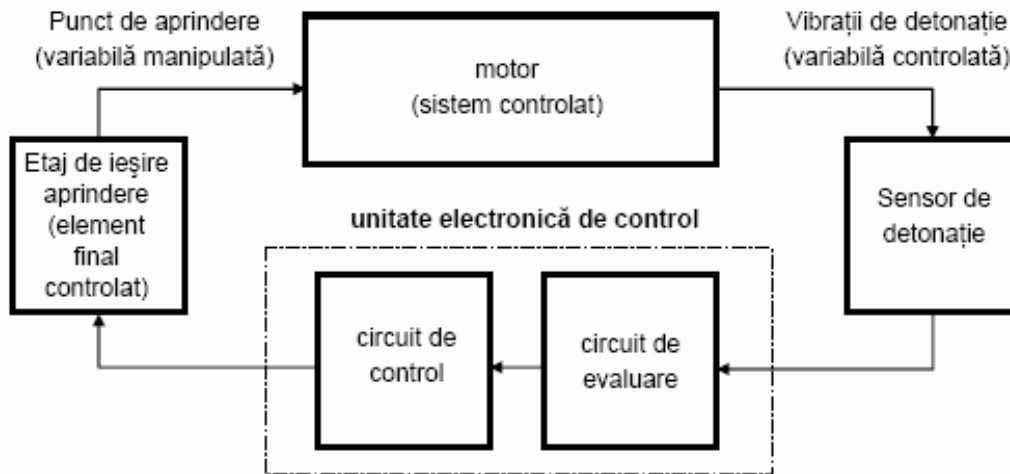


Figura 3.23

**Proiectare.** Sistemul de control al detonației poate fi utilizat ca o unitate separată, de sine stătătoare, împreună cu un sistem electronic de aprindere sau poate fi integrat în mod specific într-un sistem complex, sofisticat, cum ar fi Motronic (Bosch).

Posibilitatea de a combina aprinderea electronică și controlul detonației este o modalitate semnificativă de sporire a performanțelor motoarelor. Pentru controlul detonației este necesar un sensor de detonație, fixat în blocul motor cu ajutorul unui filet. Sensorul constă dintr-un disc piezoceramic, asupra căruia acționează o masă seismică, fixate într-o montură din material plastic. Semnalul de la sensor este utilizat de o unitate electronică de control.

Controlul detonației poate fi combinat cu următoarele alte funcții:

- **Schimbarea factorului de dozaj prin controlul injecției de benzină și suprimarea injecției în regimul de mers în gol forțat;**
- **Controlul recirculării gazelor de evacuare (sistemul EGR);**
- **Diagnoză, recunoașterea automată a defectelor cu ajutorul microcontrolerului intern.**

**Funcționare.** Limita de detonație a motorului nu este descrisă de o valoare fixă, mai mult, ea depinde de diferitele condiții de funcționare. Este însă important să se detecteze limita de detonație specifică motorului. Sensorul de detonație “ascultă” vibrațiile provenite de la blocul motor și convertește aceste vibrații în semnale electrice.

Unitatea de control în buclă închisă filtrează și analizează semnalul caracteristic detonației.

Așa cum se prezintă în figura 3.24, detecția detonației și controlul se realizează pentru fiecare cilindru în parte.

Semnalul de detonație este atribuit cilindrului corespunzător. În acest mod este posibil să se adapteze individual tipul de control folosit pentru fiecare cilindru. Odată ce a fost detectată detonația, circuitul de control întârzie imediat punctul de aprindere pentru cilindrul corespunzător (de exemplu cu  $1,5^\circ$  RAC). Acest proces este repetat pentru fiecare aprindere ce urmează dacă sensorul detectează din nou detonație.

Procesul este continuat până când sensorul nu mai “aude” nici o detonație. După acesta sistemul de control avansează pas cu pas (de exemplu cu  $0,15^\circ$  RAC) spre valoarea memorată pe cartogramă, care este mai apropiată de limita de detonație a motorului.

În acest mod se mențin optime randamentul motorului și consumul de benzină.

Semnalul din circuitul de control declanșează etajul de ieșire pentru aprindere. Un circuit de siguranță identifică funcționarea necorespunzătoare și defectele, asigurându-se astfel faptul că motorul nu poate fi exploatat în zone în care detonația reprezintă un real pericol.

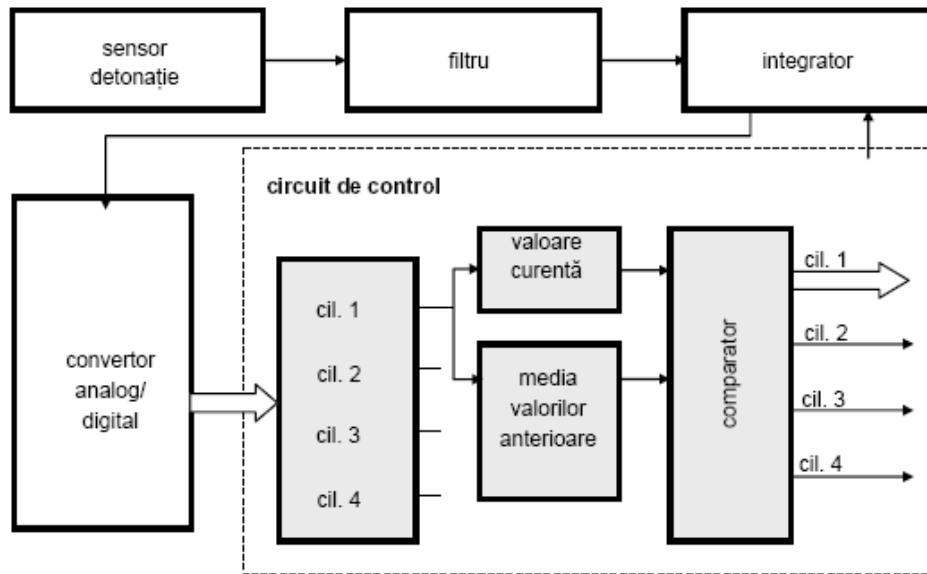


Figura 3.24

În aceste situații, punctul de aprindere este întârziat în mod suficient și se aprinde indicatorul de avarie pe bordul automobilului. Sistemul de control al siguranței are două circuite: 1 – sensorul, adaptorul și circuitul de evaluare și 2 – microcomputerul.

În figura 3.25 se prezintă un detaliu de montare a sensorului de detonație, iar în figura 3.26 o secțiune prin sensor.

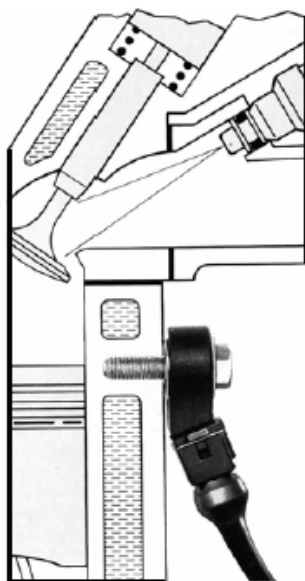


Figura 3.25

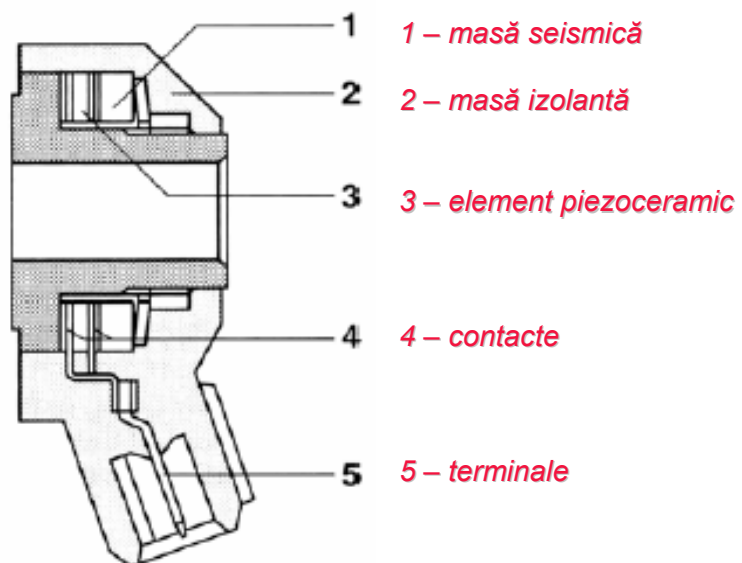


Figura 3.26

Acesta este de fapt un sensor de accelerație de bandă largă, cu o frecvență naturală ce depășește 25 kHz. Sensorul este încorporat într-o masă plastică ce asigură izolare termică. Temperatura maximă de funcționare permisă este de 130°C.

În figura 3.27 se arată modul în care acționează controlul antidetonație în timpul funcționării motorului.

Imediat ce apare fenomenul de detonație, unghiul de avans la aprindere este micșorat, dar aproape imediat este mărit din nou, cu pași mai mici, spre valori din zona limitei de detonație a motorului.



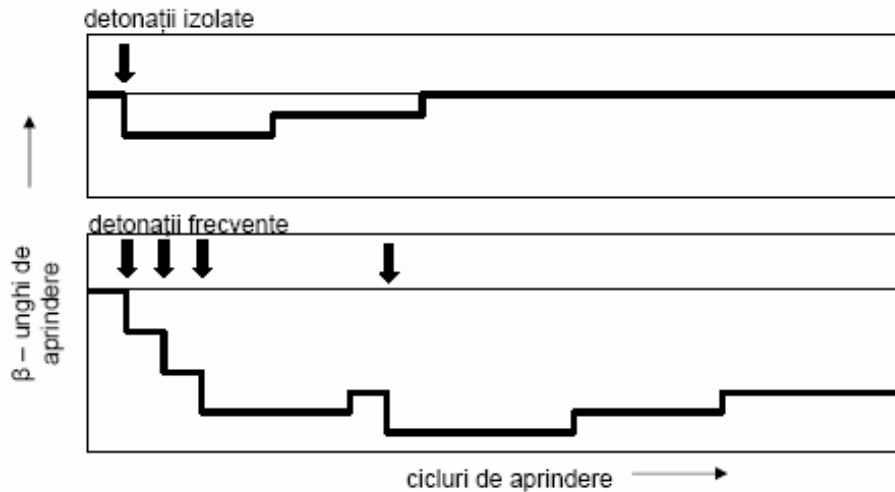


Figura 3.27

Semnalele ce se obțin în sistem sunt de tipul celor prezentate în figura 3.28. Sensorul furnizează un semnal *c* care corespunde curbei de presiune *a* din cilindru. Semnalul filtrat este de tipul *b*.

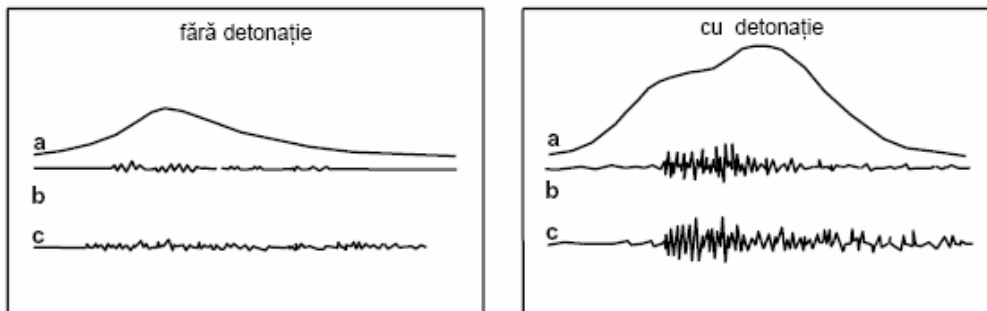


Figura 3.28

- a* – presiunea în cilindru
- b* – semnal filtrat
- c* – semnal de la sensorul de detonație

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

### Probleme generale ale utilizării injectiei de benzină

Introducerea injectiei de benzină în motoarele cu aprindere prin scântie a urmărit, cu precădere, îmbunătățirea performanțelor de putere și de consum, limitate de modul de formare a amestecului și de umplerea cilindrilor mai puțin eficiente la motoarele cu carburator. Ulterior, restricțiile privind poluarea mediului de către motoarele cu aprindere prin scântie au pus în valoare o particularitate a injectiei de benzină: reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare.

Injecția de benzină a fost aplicată cu succes încă din anii '930, pe motoare Daimler-Benz de 1000 CP și 2500 CP destinate aviației. Ulterior a pătruns și în domeniul tracțiunii rutiere, în care motoarele cu aprindere prin scânteie dețineau întâietatea. Astfel, în anul 1952, un motor de competiție de 3 litri a realizat performanțe deosebite de putere și de consum.

La început echipamentele de injecție de benzină au fost furnizate de firma BOSCH și nu difereau prea mult de echipamentele pentru injecția de motorină. Această concepție inițială ridică probleme delicate în ceea ce privește ungerea cuplurilor de piese în frecare de pe traseul de înaltă presiune. Având în vedere calitățile antilubrefiante ale benzinei, ungerea trebuia asigurată într-un circuit separat.

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

- **pulverizarea foarte fină la toate regimurile de funcționare și în special la sarcini și turații reduse;**
- **uniformizarea dozei de benzină între cilindrii motorului, mai ales în situația injecției multipunct;**
- **creșterea coeficientului de umplere a cilindrului cu 8 ... 12 %, datorită rezistenței gazodinamice reduse a traseului de alimentare (prin eliminarea difuzorului carburatorului), lipsei încălzirii încărcăturii proaspete și mai ales, în cazul injecției directe, absenței benzinei din încărcătura proaspătă;**
- **creșterea puterii efective cu 10 .. 15 % în special datorită îmbunătățirii umplerii cilindrului, posibilității de mărire a raportului de comprimare (cu până la o unitate) datorită neîncălzirii încărcăturii proaspete, răcirii suplimentare a amestecului aer-benzină și a pereților camerei de ardere ca urmare a vaporizării, uniformității sporite de repartizare a debitului de benzină între cilindrii motorului;**
- **scăderea consumului specific efectiv de combustibil cu o valoare de 12 ... 15% datorită formării mai bune a amestecului și arderii mai eficiente a acestuia (este posibilă stratificarea amestecului și arderea unor amestecuri sărace) și uniformității sporite a umplerii (între cilindri);**
- **reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare, ca urmare a posibilităților de stratificare a amestecului și de ardere a amestecurilor sărace;**
- **ameliorarea comportării motorului, eliminarea fenomenului de givraj și a rateurilor, reducerea înălțimii motorului cu 15 ... 25 cm prin lipsa carburatorului din instalația de alimentare.**

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

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

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

Uneori, pentru anumite regimuri tranzitorii, cum ar fi accelerarea și decelerarea, pentru îmbogățirea amestecului la sarcină plină sau la mersul în gol, pentru pornirea la rece, etc., echipamentele modifică cantitatea de benzină injectată în conformitate cu cerințele menționate. De asemenea, se pot prevedea o serie de corecții, cum ar fi după temperatura lichidului de răcire, temperatura uleiului, presiunea atmosferică, etc.



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

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

## Sisteme de formare a amestecului

Funcția carburatorului sau a sistemului de injecție este de a alimenta motorul cu un amestec aer-benzină optim pentru condițiile instantanee de funcționare. Injecția de benzină reprezintă metoda preferată datorită avantajelor pe care aceasta le asigură în domeniul economicității, performanțelor, motricității și nivelului scăzut al noxelor.

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

**Injecția de benzină multipunct.** Injecția multipunct asigură condițiile inițiale ideale pentru atingerea acestor obiective. Sistemul de injecție multipunct folosește câte un injector separat pentru a injecta benzina în poarta supapei de admisie a fiecărui cilindru. Principiul injecției multipunct este prezentat în figura 4.1.

1 – benzină

2 - aer

3 - clapeta de accelerație

4 - galerie de admisie

5 - injectoare

6 - motor

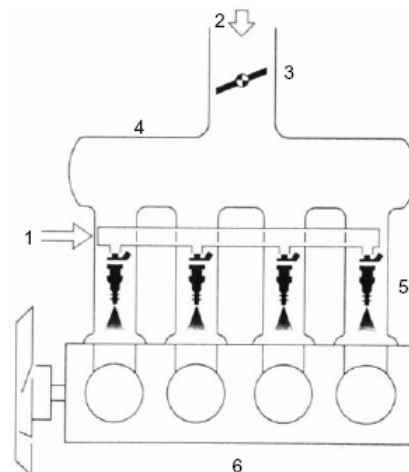


Figura 3.28

**Injecția monopunct.** Injecția de benzină monopunct descrie un sistem unitar de injecție de benzină cu control electronic folosind un singur injector electro-magnetic plasat în imediata vecinătate a clapetei de accelerație. Sistemul asigură o modalitate comodă de trecere a alimentării unui tip de motor dat de la carburator la injecție fără prea multe transformări constructive (în special în ceea ce privește galeria de admisie și corpul clapetei de accelerație). Principiul injecției monopunct rezultă din figura 4.2.

1 - benzină

2 - aer

3 - clapeta de accelerație

4 - galerie de admisie

5 - injector

6 - motor

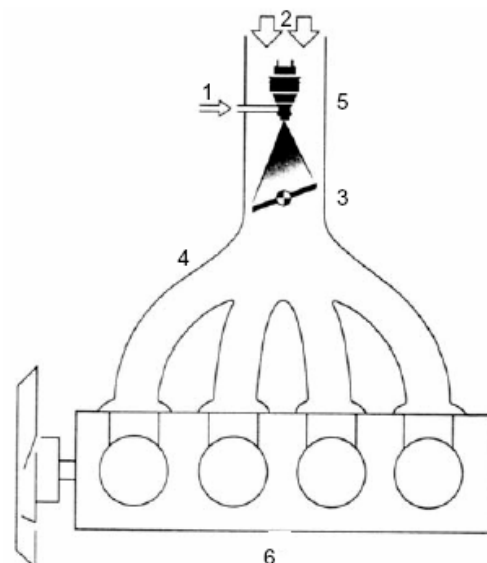


Figura 3.29

## Aspecte ale utilizării injecției electronice de benzină

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

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

Dozarea combustibilului la sisteme mai vechi era realizată la admisia acestuia în pompa de benzină sau la refulare. În ambele cazuri a fost posibilă participarea electronicii, fie prin acționarea unei electrovalve, fie acționând cremaliera pompei de injecție. În cazul utilizării injectoarelor electromagnetice, dozarea se face prin reglarea timpului de deschidere a acestora, controlând durata semnalului electric emis de unitatea electronică.

Declanșarea injecției, precum și precizarea momentului producerii acesteia pe ciclu pot fi ușor comandate electronic, asigurându-se și o precizie ridicată. În acest scop se utilizează semnale electrice de declanșare, emise de sensori speciali sau de întrerupătoare acționate de came speciale, în corelație cu turația și ordinea la aprindere a motorului. De asemenea, semnalele de declanșare pot fi livrate de unitatea electronică, după un program special.

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

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

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

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

Principala sarcină a echipamentului electronic de injecție constă în realizarea dozajului optim pentru fiecare regim de funcționare a motorului. Rezolvarea problemei întâmpină dificultăți deosebite din punct de vedere tehnic. Pentru aceasta se recurge la măsuri ce permit exprimarea unor dependențe cunoscute între cantitățile de aer și de benzină și o serie de parametri ai motorului (depresiunea din colectorul de admisie, turația, poziția obturatorului, etc.).

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

Pentru valori constante ale presiunii și secțiunii de curgere prin injector, modificarea cantității de benzină injectată pe ciclu, în concordanță cu regimul de funcționare a motorului, se poate realiza prin modificarea duratei injecției. Partea electronică de comandă a echipamentelor de injecție asigură modificarea timpului de deschidere a injectorului fără dificultate și cu suficientă precizie.

## Structura sistemelor de injecție electronică de benzină

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

O pompă de alimentare aspiră benzina din rezervor și o refulează către injectoarele electromagnetice.

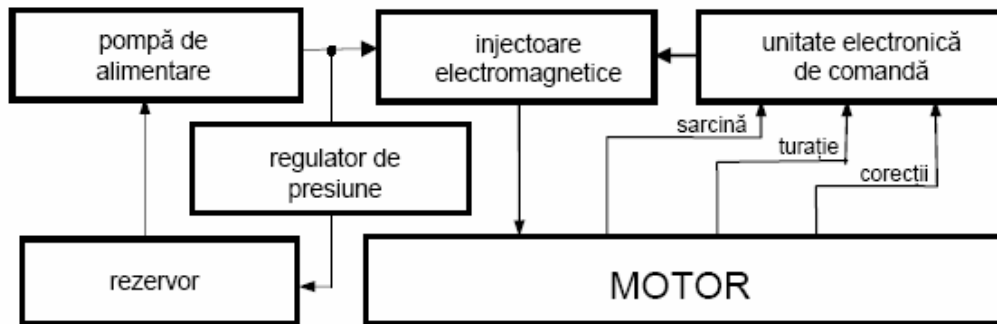


Figura 4.3

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

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

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

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

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

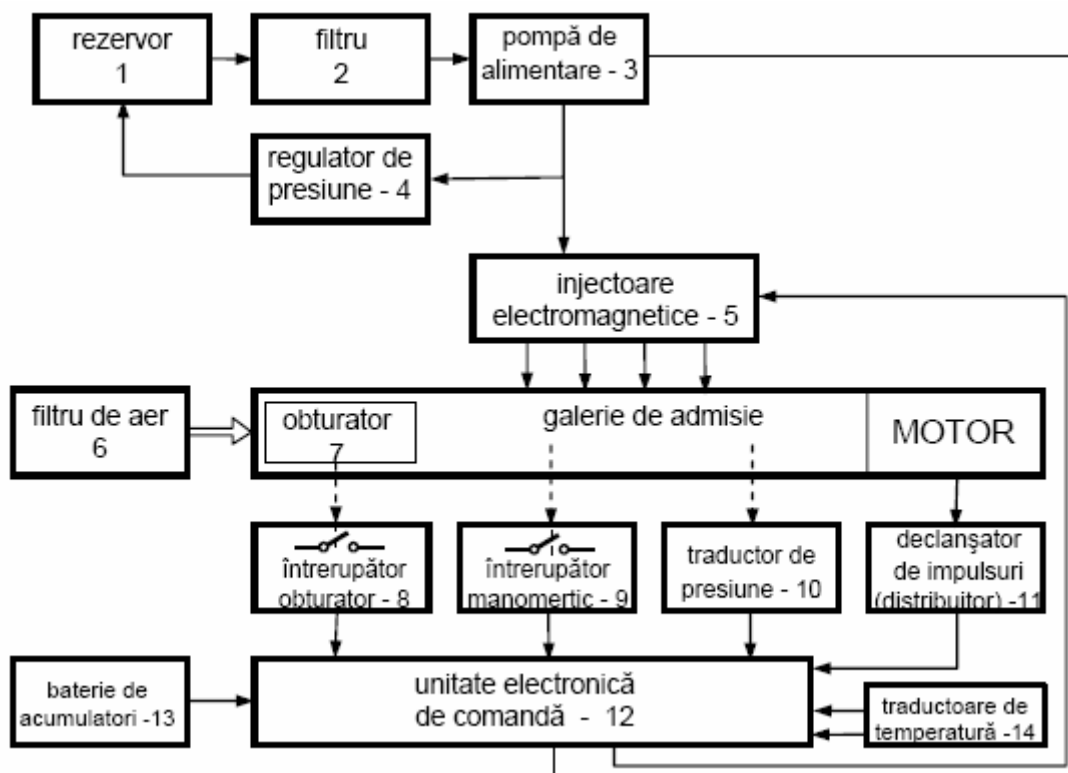


Figura 4.4

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

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

Presiunea are o valoare de  $2 \text{ daN/cm}^2$ , rezultată ca fiind un compromis între necesitatea de formare a unui amestec calitativ superior și complexitatea elementelor componente ale instalației de alimentare care concură la vehicularea benzinei la presiunea de injecție menționată.

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

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

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

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

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

Acest fapt este posibil prin aceea că, pentru orice tip de motor, în unitatea electronică sunt memorate informațiile cu privire la dependența dintre cantitatea de benzină injectată pe ciclu la fiecare regim de funcționare și timpul de deschidere a injectorului. Dependența se stabilește anticipat, la standul de probe, folosind unități de comandă controlate manual, după criterii cum ar fi: consumul specific efectiv minim, moment motor maxim și emisii poluante minime.

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

În figura 4.5 se prezintă forma acestor curbe de dependență.

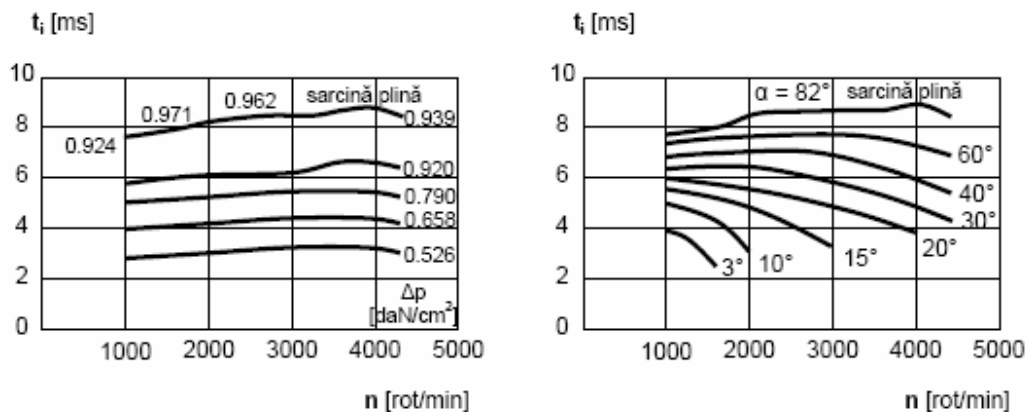


Figura 4.5

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

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

Pentru întreruperea alimentării cu benzină la regimurile de funcționare din zona regimului de mers în gol este introdus **întrerupătorul 8**. Pentru pornirea motorului la rece se folosește un traductor de temperatură care permite corectarea amestecului în sensul îmbogățirii acestuia.

Dezvoltarea în continuare a echipamentelor de injecție a fost facilitată de dezvoltarea tehnologiilor din domeniul electronicii și impusă de cerințele concrete în legătură cu consumul specific efectiv de combustibil și emisiile poluante din gazele de evacuare cerute de beneficiarii motoarelor echipate cu injecție electronică de benzină. Au apărut astfel echipamente de injecție relativ simple, la care formarea amestecului aer-benzină este reunită într-un ansamblu unic, montat pe colectorul de admisie (Mono-Jetronic), dar și sofisticate, care combină injecția electronică cu controlul electronic al aprinderii (Motronic).

## Sistemul de alimentare cu aer

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

### Filtre de aer

Filtrul de aer ajută la reducerea uzurii motorului prin prevenirea aspirării în motor a aerului încărcat cu praf. Pe drumuri pavate conținutul mediu de praf este de aproximativ  $1 \text{ mg/m}^3$ , iar pe drumuri nepavate și în zonele aflate în construcție poate atinge valori ridicate de până la  $40 \text{ mg/m}^3$ . Aceasta înseamnă că funcție de condițiile de drum și de funcționare, un motor de capacitate cilindrică medie poate aspira până la 50 g de praf la 1000 km.

Pentru autoturisme se folosesc elemente filtrante din hârtie introduse în corpuri adecvate plasate central sau pe aripă. În afară de filtrarea aerului în admisie, aceste ansambluri sunt folosite pentru preîncălzirea și reglarea temperaturii aerului și pentru a atenua zgomotul de admisie. Reglarea temperaturii aerului ajută la un răspuns lin al motorului și afectează de asemenea compoziția gazelor de evacuare. Se pot folosi temperaturi diferite ale aerului pentru funcționare la sarcini parțiale sau la sarcină plină.

Admisia de aer cald este plasată în contact cu sistemul de evacuare. Pentru a doza cantitatea de aer cald de la această sursă cu aerul proaspăt mai rece din curentul de admisie se folosește un mecanism cu volet. Mecanismul regulator este în mod uzual de tip automat și este controlat fie de un dispozitiv de acționare cu vacuum conectat la galeria de admisie, fie de un element cu expansiune. O temperatură controlată a aerului din admisie (și astfel constantă) contribuie la un management mai bun al benzinei și îmbunătățește distribuția amestecului aer-benzină, cu avantaje în ceea ce privește puterea, economia de benzină și noxele de evacuare.

### Compressoare de supraalimentare

**Procese de supraalimentare.** Puterea motorului este direct proporțională cu masa de aer pompată prin el. Masa de aer este la rândul său o funcție de densitatea sa. Prin urmare este posibil să se crească puterea prin comprimarea aerului de încărcare înainte ca el să intre în cilindru. Factorul de amplificare (*boost ratio*) reprezintă creșterea densității în comparație cu motorul cu aspirație naturală. Acesta depinde de sistemul folosit (raportul de comprimare obținabil) și pentru o creștere specifică dată se obține un maxim atunci când temperatura aerului comprimat nu crește sau este adusă la temperatura inițială folosind răcire intermediară (*intercooling*). La motoarele cu aprindere prin scânteie, amplificarea maximă este definită de limita de detonație a motorului. Din această cauză motoarele cu supraalimentare (cu turbocompressoare) sunt caracterizate de un raport de comprimare (volumetric) mai mic decât motoarele corespunzătoare cu aspirație naturală.

**Răcitoare intermediare (intercoolers).** Prin răcirea aerului comprimat se reduce solicitarea termică a motorului, simultan cu reducerea temperaturii gazelor de evacuare, a emisiilor de  $\text{NO}_x$  și a consumului de benzină. De asemenea crește rezistența la detonație a motoarelor cu aprindere prin scânteie. Răcitoarele intermediare pot folosi fie aerul atmosferic, fie lichidul

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

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

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

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

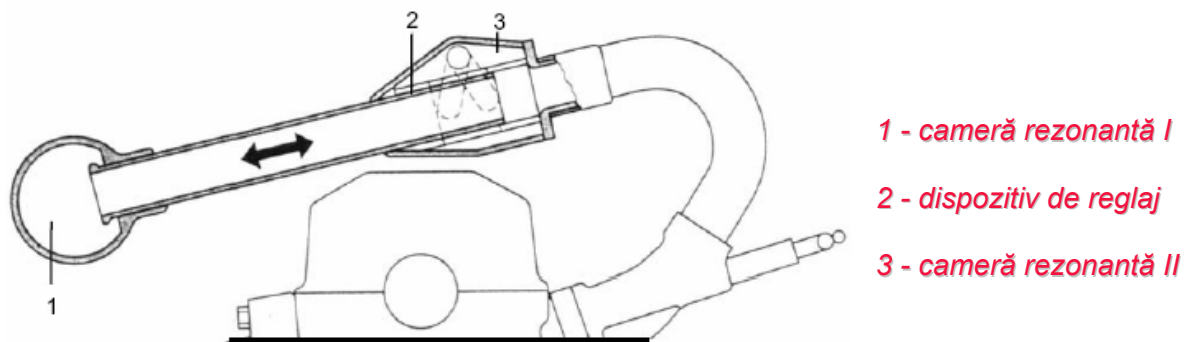


Figura 4.6

**Compressoare mecanice.** Puterea de antrenare a compresorului mecanic este asigurată de motor prin intermediul unui cuplaj fără alunecare (cuplaj mecanic între motor și compresor). Compresorul de supraalimentare funcționează în mod obișnuit la un raport fix referit la turația motorului. Pentru un control selectiv al operației de supraalimentare se folosesc adesea ambreiaje mecanice sau electromagnetice.

Pentru ca un compresor de supraalimentare să fie potrivit pentru utilizare pe automobil, atunci trebuie să furnizeze aer într-o cantitate caracterizată printr-o relație fixă, liniară în raport cu propria viteză de rotație. Ca urmare, sunt folosite pompele volumetrice (de refulare) folosind configurații cu piston, rotor cu palete, tip G sau Roots. Turbocompressoarele centrifugale nu sunt potrivite în aceste aplicații.

**Turbocompressoare cu gaze de evacuare.** Turbocompresorul extrage energia de acționare a compresorului din curentul gazelor de evacuare (cuplaj hidrodinamic între motor și compresor). Această soluție exploatează energia de expansiune, care în cazul motorelor cu aspirație naturală rămâne neutilizată. În același timp, turbocompresorul crează o presiune de ieșire mai mare în propria sa sursă de alimentare - gazele de evacuare - atunci când acestea ies din motor. În motoarele actuale cu turbocompresor o turbină antrenată de gazele de evacuare convertește energia din gazele de evacuare în energie mecanică, făcând posibilă folosirea unui turbocompresor dinamic (rotor cu pale) pentru a comprima aerul din admisie.

**Supraalimentare cu undă de presiune.** În acest caz se folosește schimbarea directă de energie între gazele de evacuare și aerul din admisie pentru a-l comprima pe acesta din urmă (cuplaj fizic și hidrodinamic). Conceptul exploatează diferența între vitezele moleculelor de gaz și undele de presiune precum și proprietățile lor de reflexie. Avantajele de principiu pentru supraalimentarea cu undă de presiune sunt răspunsul rapid pe durata tranzițiilor sarcinii și rapoartele de compresie ridicate la turații reduse ale motorului.



### Controlul aerului din admisie

Sistemul electronic de management al motorului monitorizează toate datele de funcționare esențiale pentru funcțiile sale primare (formarea amestecului și aprinderea). Respectivele date sunt disponibile pentru integrare în sisteme de control intensificat. Astfel de sisteme asigură exploatarea optimă a dispozitivelor de supraalimentare descrise anterior, în timp ce se realizează și alte numeroase funcții. Sisteme ce au fost inițial independente, cum ar fi injecția de benzină și aprinderea, devin componente integrale într-un sistem extins de management al motorului ce asigură nivele de integrare mai înalte ale sistemului. Cele mai importante dintre aceste funcții integrate vor fi descrise în continuare.

### Controlul electronic al mersului în gol

Curentul aerului din admisie, factorul excesului de aer  $\lambda$  și momentul aprinderii afectează turația de mers în gol a motorului. Turația de mers în gol poate fi reglată prin modificarea cantității de aer (modificarea încărcării) și/sau momentului aprinderii (reglarea aprinderii). Reglarea turației de mers în gol prin modificarea încărcării cilindrilor (controlul mersului în gol, reglarea aerului) este o metodă eficientă și este acceptată ca standard.

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

Sensorii monitorizează turația motorului, temperatura lichidului de răcire și poziția clapetei de accelerație. Sistemul poate de asemenea să monitorizeze sarcinile impuse de o serie de dispozitive, cum ar fi transmisia automată, aerul condiționat, servodirecția și influențele altor mărimi. Se transmite un semnal spre dispozitivul de control al turației de mers în gol, care reglează turația de mers în gol la valoarea dorită prin creșterea sau scăderea debitului de aer.

### Controlul electronic al clapetei de accelerație (ETC)

Controlul electronic al clapetei de accelerație (ETC = *Electronic Throttle Control* – "E gas", "drive-by-wire") reprezintă o dezvoltare ce pleacă de la sistemele de antrenare mecanice convenționale ce folosesc pârghii și cabluri pentru a controla poziția clapetei de accelerație. Controlul electronic folosește o unitate electronică de control și un motor electric. În acest fel sistemul este capabil să controleze poziția clapetei de accelerație în concordanță cu o multitudine de parametri funcționali și poate de asemenea să asume unele funcții, cum ar fi reducerea cuplului pentru controlul electronic al tracțiunii (ASR).

Principiul de funcționare se prezintă în figura 4.7.

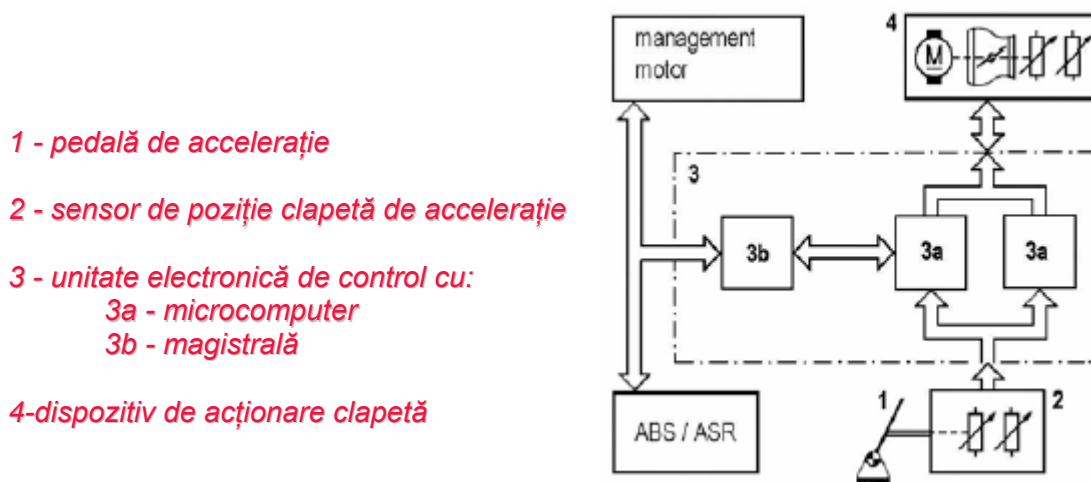


Figura 4.7

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

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

Un potențiomtru amplasat în interiorul dispozitivului de acționare a clapetei de accelerație **4** asigură închiderea buclei de reacție pentru unitatea electronică de control. În acest fel este posibil să se aplice un control în buclă închisă al poziției pentru a asigura un reglaj de precizie al unghiului clapetei de accelerație.

Unitatea electronică de control supraveghează în permanență toate componentele pentru a se asigura că sistemul funcționează corect. Se folosesc senzori duali și două circuite de procesare. Redundanța sistemului facilitează comparații ale semnalelor necesare pentru verificări suplimentare ale sistemului.

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

Întrucât controlează în mod electronic clapeta de accelerație, sistemul (ETC) poate să preia diferite alte funcții ce îmbunătățesc siguranța în conducere, comoditatea și asigură o eficiență mai mare pentru managementul motorului. Elementele de siguranță includ atât sistemul ASR (controlul tracțiunii) cât și controlul cuplului de frânare (MSR), ce folosesc deschideri programate ale clapetei de accelerație pentru a reduce frâna de motor la nivele necritice și a preveni astfel pierderea tracțiunii pe roțile de antrenare.

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