

EVOLUȚIA ȘI UTILIZAREA INSTALAȚIILOR DE ALIMENTARE PRIN INECȚIE DE BENZINĂ LA MOTOARELE DE AUTOMOBIL

Acest procedeu, prin care se injectează benzina în interiorul sau în exteriorul cilindrilor motorului, a început să fie aplicat inițial încă din 1898 în Germania, la motoarele stabile *Deutz*, pentru ca apoi, câțiva ani mai târziu, între 1906-1910, să fie introdus la motoarele de aviație *Antoinette*, în doi timpi, cu 8 cilindri dispuși în V, având puterea de 50 CP și *Wright*, în patru timpi. Astfel, în acest domeniu, fenomenul de înghețare a carburatorului și sensibilitatea sa față de poziția avionului au făcut ca inecția benzinei să fie preferată carburatoarelor. Ea s-a introdus cu succes la motoarele de avion *Junkers* în doi timpi, cu cilindri opuși, ca apoi, între anii 1939-1945, să se răspândească la motoarele *Daimler-Benz DB 601* și *DB 603*, de 1000 CP, respectiv 2500 CP [4, 8]. Ulterior, în domeniul aviației, extinderea sistemelor de alimentare prin inecție de benzină a fost rapidă și masivă încât, de exemplu, la nivelul anului 1947, circa 80% din producția mondială de motoare cu piston, destinată acestui domeniu, era echipată cu astfel de instalații [91].

Încercările ulterioare, în scopul adaptării acestui nou procedeu de formare a amestecului la motoarele folosite în tracțiunea rutieră, au condus la realizarea, în anul 1952, a motorului *Mercedes M 196*, cu cilindrul de 3000 cm³ care a înregistrat performanțe demne de remarcat.

Procedul nu s-a extins însă în prima etapă prea rapid, din cauza complexității instalației și a întreținerii dificile, pe de o parte și a costului mai ridicat, pe de altă parte, cost care trebuia compensat prin avantajele globale ale aplicării alimentării prin inecție de benzină la motorul cu aprindere prin scânteie, deși s-a dovedit ulterior că are și un rol pozitiv privind reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare.

De la primele echipamente produse de firma *Bosch* care lucrează de peste 60 de ani în acest domeniu, după anul 1930, pompe de inecție pentru echiparea instalațiilor de inecție ale benzinei erau fabricate și de firmele: *Deckel*, *L'Orange* și *Junkers*. Aceste echipamente care nu difereau prea mult (în special pompele de inecție) de cele pentru inecția motorinei la motorul cu aprindere prin comprimare, pe măsura progreselor realizate și a experienței acumulate au fost perfecționate, apoi transformate datorită trecerii la o inecție în exteriorul cilindrului de presiune joasă care a urmărit, în special, înlocuirea pompei de inecție cu instalații mai simple, la care presiunea necesară pulverizării combustibilului se realizează de pompa de alimentare.

Încercări de introducere a inecției de benzină cu comandă electrică datează din 1940, când *Alfa Romeo* a echipat un motor de 2500 cm³ cu o instalație originală care cuprindea niște injectoare simple, amplasate înaintea supapelor de admisie și prevăzute cu ajutaje cu comandă electromagnetică, în timp ce pompa de inecție debita combustibilul prin conducte la presiune constantă. Comanda inecției era obținută pe cale electrică de către curentul care alimenta o serie de electromagneți amplasați deasupra ajutajelor printr-un distribuitor similar cu cel folosit la instalația de aprindere. Ajutajele aveau cursa acului de 0,2 mm, timpul de reacție în momentul conectării sau deconectării curentului fiind astfel extrem de redus [60].

Extinderea utilizării echipamentelor de inecție a benzinei a fost limitată, în perioada 1960 – 1970, de numărul și complexitatea elementelor componente ale întregii instalații, de costul încă ridicat față de varianta echipării motorului cu aprindere prin scânteie cu carburatoare multiple și în special de precizia insuficientă a dozării combustibilului, în vederea reducerii severe a emisiilor nocive din gazele de evacuare impusă de legislațiile internaționale. În **fig. 3.1** se prezintă sintetic o comparație între reglementările CEE din 1970 și normele federale USA, privind limitarea emisiilor poluante.

Prin introducerea inecției de benzină comandată electronic, adică a **inecției electronice**, s-a rezolvat o parte din problemele mai sus amintite. Se poate menționa, de asemenea, creșterea securității în conducerea automobilelor echipate cu motoare cu inecție electronică de benzină.

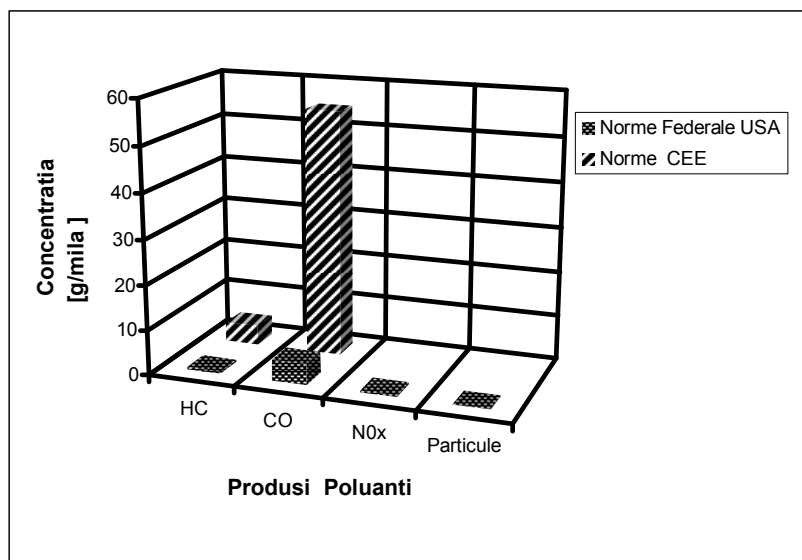


Fig.3.1. Comparația limitelor emisiilor poluante la nivelul anului 1970

În Europa, începutul **electronizării injectiei** datează din anul 1967, odată cu echiparea unui motor *Volkswagen* având cilindrul de 1600 cm³ cu un astfel de sistem de injecție. Extinderea rapidă (astfel încât, la nivelul anului 1977, peste un milion de autoturisme au fost echipate cu astfel de sisteme electronice), demonstrează necesitatea lor în concordanță cu criteriile **economicității** și al **limitării poluării**, introduse de autoturismului actual, criterii care vor rămâne și în viitor în atenția specialiștilor [99, 100, 101, 105].

Deși clasificarea, mai ales după un singur punct de vedere este dificilă, multitudinea echipamentelor de injecție sugerează însă încercarea de eșalonare a lor, așa cum prezintă unii autori [2, 35, 64], după mai multe criterii și anume:

- a) **După locul de injectare:**
 - a.1. în colectorul de admisie, comun;
 - a.2. în porțile supapelor de admisie;
 - a.3. în cilindrii motorului.
- b) **După modul de lucru al injectorului:**
 - b.1. cu injecție continuă;
 - b.2. cu injecție intermitentă, corelată cu ciclul motorului;
 - b.3. cu injecție intermitentă, independentă de ciclul motorului.
- c) **După modul de reglare a debitului de combustibil:**
 - c.1. sistem cu reglaj mecanic;
 - c.2. sistem cu reglaj pneumatic;
 - c.3. sistem cu reglaj combinat: mecanic-pneumatic;
 - c.4. sistem cu reglaj electronic.
- d) **După schema hidraulică utilizată:**
 - d.1. sistem cu o singură pompă și rampă comună de alimentare;
 - d.2. sistem cu o singură pompă și distribuitor cantitativ;
 - d.3. sistem cu pompă cu elemente multiple.
- e) **După valoarea presiunii de lucru a pompei de injecție:**
 - e.1. sistem cu pompă de înaltă presiune;
 - e.2. sistem cu pompă de joasă presiune.

Global, utilizarea injectiei de benzină, pe lângă o diminuare substanțială a emisiilor nocive realizează, așa cum s-a arătat și reducerea sensibilă a consumului de combustibil, atât în regim stabilizat

(între 5-7%), cât mai ales în regimurile tranzitorii (până la 15%). Aceste economii de combustibil sunt justificate în primul rând de reducerea pierderilor aferente funcționării carburatorului în perioadele de accelerare, decelerare și mers în gol forțat. În plus, distribuția amestecului la cilindri este uniformă putându-se asigura același dozaj și aceeași uniformitate a amestecului la fiecare cilindru, iar dozajul amestecului nu este influențat de demarajele, frânările sau înclinările motorului. De asemenea, vaporizarea combustibilului obținută prin injectarea benzinei este superioară vaporizării prin carburație.

Avantajele energetice nete ale acestui procedeu de alimentare a motorului cu aprindere prin scânteie sunt puse în discuție într-un capitol următor.

Aceste aspecte justifică larga răspândire, în deceniul 8, a sistemelor de injecție a benzinei. Firma *Bosch*, de exemplu, unde peste 11.000 de oameni sunt angrenați în probleme de tehnica injecției de benzină, a livrat, până la finele anului 1984, mai mult de 13 milioane de astfel de instalații de injecție (fără a socoti și livrările sub licență), montate pe aproximativ 320 de tipuri de autovehicule din Europa, USA și Japonia, așa cum se arată în **tabelul 3.1**.

Tabelul 3.1

Alfa Romeo	Alfa 6, 90, Alfetta, GTVi, Spider	
BMW	318i, 320i, 323i, 325e, 518i, 520i, 525i, 525e, 528i, 528e, 532i,	535i, 628CSi, 633CSi 635CSi, 5M, M 635CSi 728i, 732i, 735i, 745i
BMW Mottorad	K 100, RS, RT	
Citroen	Visa GTI, CX25GTI, Turbo	
Daimler-Benz	190 E, 190 E 2.3; 190 E 2.3-16, 230 E, CE, TE, GE, 280 E, CE	TE, GE, SE, SEL, SL 300 E, 380 SE, SEL, SEC, SL, 500 SE, SEL SEC, SL
Ferrari	206 GTB Turbo, 308 GTB, GTS, GTSi, Mondial 8, 400i GT	400i Automatic, BB 512i, Testarossa
Ford	Granada 2.8 injection, Capri 2.8 injection	Escort XR3-i, Escort RS 1600i Escort RS Turbo, Sierra XR4-i, Scorpio 2.0i, Sierra 2.0iS
Jaguar	XJ6, XJ12, XJ27, XJ28, XJ57, XJ58	
Opel	Ascona 1.8i, Kadett 1.8 GSi Manta 2.0 GSi, Manta 400 Rallye, Monza 2.2i, Rekord 2.2i	Senator 2.2i, Monza 2.5 i Monza 3.0i, Senator 3.0i
Peugeot	205 GTI, 505 GTI, Turbo Injection, 604 GTI	
Porsche	924, 944, Turbo, 911, SC, Carrera, 911 Turbo, 928S, 959	
Renault	R5 Turbo 2, Alliance, R9 Turbo Injection, Turbo, R11 Turbo, Fuego Turbo, R 18i	Alpine/GTA, R25 V6 R25 GTX, Winnebago
Rolls Royce	Bentley Muisanne, Camargue, Corniche, SilverSpirit, Silver Spur	
Rover	Montego, SD1 Series II, Vitesse	
Saab	900i, 900 Turbo, 900 Turbo 16, 900 Turbo 16S,	

	9000 Turbo 16	
Vauxhall	Astra GTE, Carlton 2200i, Cavalier CD, SRI, Senator	
Volvo	240 GLE, GLT, Turbo 360 GLE, GLT	740 GLE, 760 GLE, Turbo
VW/Audi	Golf GTI, Golf Cabrio GTI, Jetta GT, Scirocco GT, Passat GT, Variant Synchro GT, Quantum, Vanagon, Transporter, Bus	Audi 80 GTE, Audi 90, Quattro, Audi 100, Audi 200 Turbo Audi 4000, Quattro, Audi Coupe, Audi Quattro S, Audi 5000 Turbo, Quattro, Audi Avant Quattro
Chrysler USA	Le Baron, GTS, Town + Country, Station Wagon, Convertible	Laser, XE, New Yorker
Dodge USA	Aries LE, Daytona, Z, Dodge 600, SE Club, Coupe, Convertible	Lancer, ES, Omni, GLH, Shelby Turbo
Plymouth USA	Caravelle, Reliant LE	
Ford Australien	Fairlane, Fairmont, Falcon, LTD	
Ford USA	Crown Victoria, LTD Mustang, Taurus, Tempo, Thunderbird	
Ford Lincoln/Mercury USA	Capri, Continental, Cougar, Grand Marquis, Lincoln Town Car	Mark VII, Marquis, Topas, Merkur, Sable
Ford Truck USA	Aerostar, Econoline, LT Truck, Bronco, Broco II, Ranger	
GM Holden Australien	Camira, Commodore	
GM Buick USA	Century, Electra, Regal, Skyhawk T Type, Riviera, Skylark Custom Regal Limited	
GM Chevrolet USA	Camaro, Cavalier, Celebrity, Citation, Corvette	
GM Oldsmobile USA	Calais, Ciera, Ninety-Eight Regency, Omega	
GM Pontiac USA	Fiero, Firebird, Grand AM, Sunbird SE	

LIVRĂRI SUB LICENȚĂ BOSCH

Fuji/Subaru	Leone 1.8	
Isuzu	Gemini 1.8, Aska 2.0, Piazza 2.0	
Honda	City 1.2, Ballade 1.5, Civic 1.5, Accord 1.8, Vigor 1.8	
Mitsubishi	Mirage 1.6, Chariot 1.8, Cordia 1.8, Lancer 1.8, Tredia 1.8, Starion 2.0	Lambda 2.0, 2.6, Sigma 2.0, 2.6

Nissan/Datsun	Langley 1.4, 2.5, Liberta 1.4, 1.5, Pulsar 1.4, 1.5, Laurel Spirit 1.5, Sunny 1.5, Auster 1.6, 1.8, Liberta 1.6, 1.8, Stanza 1.6, 1.8, Bluebird 1.6, 1.8, 2.0, Gazelle 1.8, 2.0	Santana 1.8, 2.0 Silvia 1.8, 2.0, Skyline 1.8, 2.0, 2.8 Laurel 2.0, 2.8, Leopard 2.0, 2.8, Fairlady-Z 2.0, 2.8, 3.0, Cedric 2.0, 2.8 3.0, Gloria 2.0, 2.8 3.0, President 4.4
Toyo Kogyo	Capella, Cosmo, Ford Laser & Telstar, Svanna RX 7	
Toyota	Starlet 1.3, Corolla 1.6, MRII 1.6, Sprinter 1.6, Corona 1.6, 1.8, Carina 1.6, 1.8, 2.0, Celica 1.6, 1.8, 2.0, 2.8, Camry 1.8, 2.0, Chaser 1.8, 2.0	Cresta 1.8, 2.0, Vista 1.8, 2.0, Town Ace 2.0, Mark II 2.0 2.8, Crown 2.0, 2.8, 3.0, Soarer 2.0, 2.8 3.0, Hi-lux 2.4, Century 4.0

După 1990 injecția de bezină a marcat un salt calitativ în domeniul controlului emisiilor motorului prin introducerea în fabricația de serie, tot de către firma *Bosch*, a unui echipament de injecție asociat cu un catalizator **cu trei căi**, ansamblul fiind supravegheat prin intermediul unui filtru cu reglaj *Lambda* (λ).

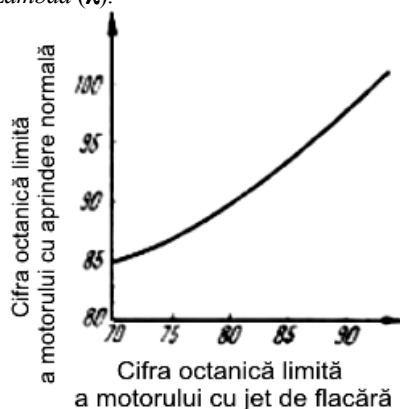


Fig. 3.2. Efectul detonant al aprinderii prin jet de flacără considerat față de motorul cu aprindere normală

Ameliorarea procesului de ardere din motorul cu aprindere prin scânteie, în special în regimul sarcinilor parțiale a fost posibilă, de asemenea, datorită progreselor realizate în dezvoltarea echipamentelor de injecție. Ele au permis utilizarea lor și în vederea arderii **amestecurilor sărace**, procedeu prin care se reduc, de asemenea, nivelul emisiilor nocive pe de o parte și consumul de combustibil pe de altă parte, obținându-se în mod curent, în regim de funcționare în sarcini parțiale (regim predominant în exploatarea motorului cu aprindere prin scânteie), consumuri specifice de combustibil situate în jurul valorii de 230 g/kW.h.

În plus, pentru una din variantele acestui procedeu propus și realizat de *A.S. Socolic* și anume **aprinderea prin jet de flacără**, se remarcă calitatea deosebită de a frâna mult mai intens apariția detonației decât în cazul alimentării motorului exclusiv prin injecție de benzină [3], (**fig. 3.2**). În