

STRUCTURA ȘI ELEMENTELE COMPONENTE ALE INSTALAȚIEI LA MOTOARELE CU APRINDERE PRIN COMPRIMARE. ECHIPAMENTUL DE INECȚIE

1. GENERALITĂȚI

La motoarele cu aprindere prin comprimare, aerul și combustibilul sunt introduse separat în cilindri, unde se formează amestecul carburant. Spre deosebire de motoarele cu carburator, la motoarele diesel, reglarea puterii se realizează exclusiv prin modificarea dozei de combustibil injectate în cilindri (reglajul calitativ al puterii).

Deoarece formarea amestecului trebuie să se producă într-un timp foarte scurt, care este de circa 10 ori mai mic față de motoarele cu carburator, obținerea unui amestec omogen impune condiții deosebite de lucru ale instalației de alimentare. Pentru asigurarea unei arderi complete și la timp a amestecului, la motoarele cu aprindere prin comprimare, coeficientul de exces de aer are valori relativ mari: $\lambda = 1,20 \dots 1,75$ și peste (până la circa 2,20).

2. INSTALAȚIA DE ALIMENTARE CU COMBUSTIBIL A M.A.C.

Componenta generală a instalației de alimentare cu combustibil a m.a.c. este următoarea (fig.4.1.a): rezervorul de combustibil 1; filtrul grosier 2; pompa de alimentare (de circulație) 3; filtrul fin 4; pompa de inecție 5; injectoarele 6; conductele de joasă presiune 7; conductele de retur 8 și conductele de înaltă presiune 9.

Porțiunea instalației dintre rezervor și pompa de inecție constituie **partea de joasă presiune**. Aici combustibilul circulă la presiuni reduse (1...5 bar), rolul părții de joasă presiune fiind alimentarea continuă cu combustibil filtrat a restului instalației, care reprezintă **partea de înaltă presiune (echipamentul de inecție)**. În această porțiune combustibilul este vehiculat la presiuni de sute și, chiar, mii de bar. Echipamentul de inecție trebuie să îndeplinească următoarele funcțiuni:

- realizarea unei presiuni de inecție suficient de mare, necesară pulverizării fine a combustibilului în camera de ardere;
- dozarea cantității de combustibil pe ciclu, în concordanță cu regimul de funcționare al motorului;
- pulverizarea cât mai fină a combustibilului și distribuirea acestuia în camera de ardere în conformitate cu cerințele formării amestecului;
- declanșarea inecției la un anumit moment pe ciclu (avansul la inecție optim) și limitarea duratei inecției;
- injectarea combustibilului după o lege impusă (caracteristica de inecție optimă);
- uniformitatea dozei de combustibil la toți cilindrii motorului.

Pompele de inecție îndeplinesc funcțiile de realizare a unei presiuni de inecție ridicate și de dozare a cantității de combustibil injectată, iar injectorului funcțiile de pulverizare și distribuție a combustibilului. Restul funcțiilor sunt asigurate atât de pompa de inecție, cât și de injector.

Modul concret de organizare a instalației de alimentare cu combustibil, numărul și felul elementelor sale componente, precum și parametrii constructiv-funcționali depind de tipul și de destinația motorului pe care instalația urmează să-l echipeze.

Astfel, la motoarele de puteri mici și mijlocii, pompa de alimentare, filtrele și echipamentul de inecție sunt montate pe motor (fig.4.1.a). Instalația este prevăzută cu pompă de inecție

monobloc (înglobează elementele de refulare ale tuturor cilindrilor). Pompa de alimentare vehiculează debite de combustibil mult mai mari decât debitul de combustibil injectat pe ciclu. Surplusul de combustibil este colectat și dirijat spre rezervor. Colectarea se poate face de la pompa de injecție și/sau de la filtre. Majoritatea instalațiilor se realizează cu colectarea surplusului de la pompa de injecție, deoarece fluxul continuu de combustibil antrenează aerul, vaporii de combustibil și impuritățile solide, împiedicând pătrunderea acestora în partea de înaltă presiune. În plus, se asigură și răcirea pompei de injecție în zona collectorului de alimentare.

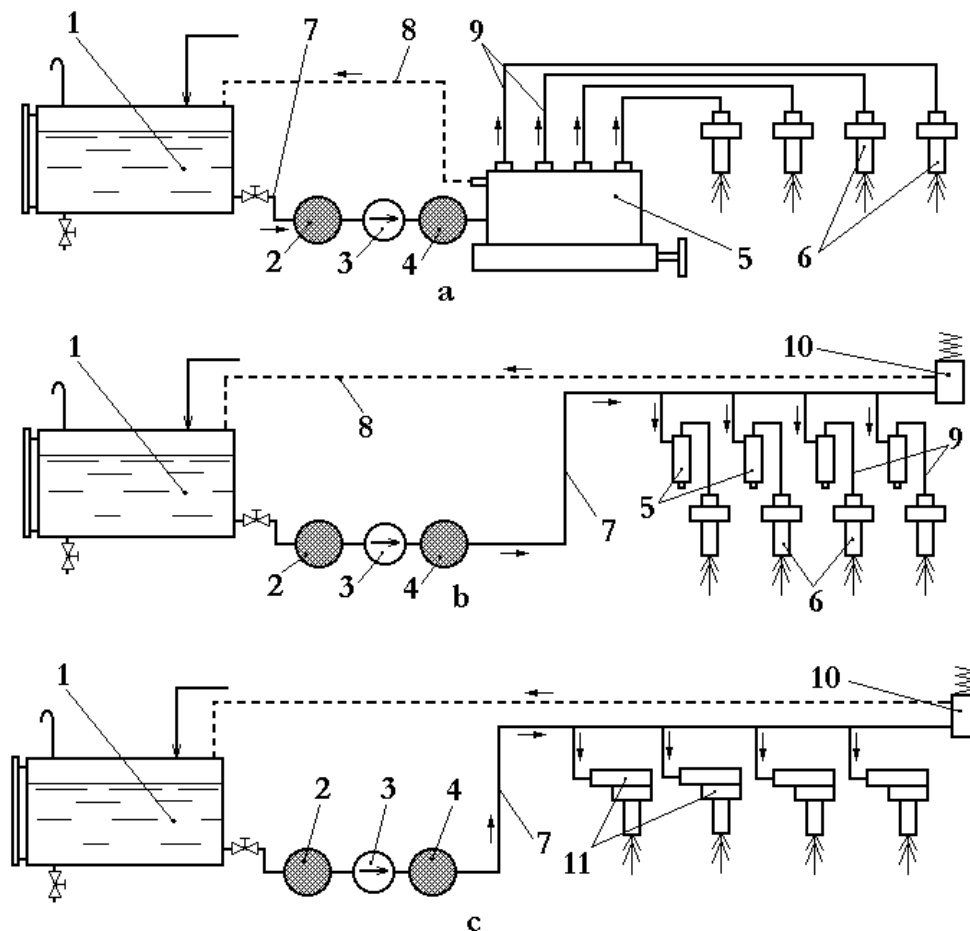


Fig.4.1

La motoarele semirapide și la cele lente se utilizează instalații cu pompe de injecție separate pentru fiecare cilindru (pompe individuale) (fig.4.1.b). Dacă sistemul de injecție trebuie să fie cât mai compact, pompa de injecție și injectorul formează un ansamblu unic (pompa-injector 11), eliminându-se conducta de înaltă presiune (fig.4.1.c). În acest caz, este posibilă realizarea unei presiuni de injecție de peste 1000 bar. Colectarea surplusului de combustibil se realizează prin intermediul supapei de retur 10, care asigură presiunea constantă a combustibilului în collectorul de alimentare a pompei de injecție.

Schema generală a instalației de alimentare cu combustibil a unui m.a.c. este prezentat în figura 4.2. Combustibilul depozitat în rezervorul 10 este condus prin conducta 9 în filtrul brut 8. În continuare, combustibilul este aspirat de pompa de alimentare 12 (prin conducta 11) și refulat prin conducta 13 spre filtrul fin 1. De aici, combustibilul ajunge prin conducta 2 la pompa de injecție 5.

Pompa de injecție refulă combustibilul prin conductele de înaltă presiune 3 la injectoarele 6, în concordanță cu ordinea de aprindere a motorului. Surplusul de combustibil al pompei de injecție se întoarce în rezervorul 10 prin conducta de retur 15.

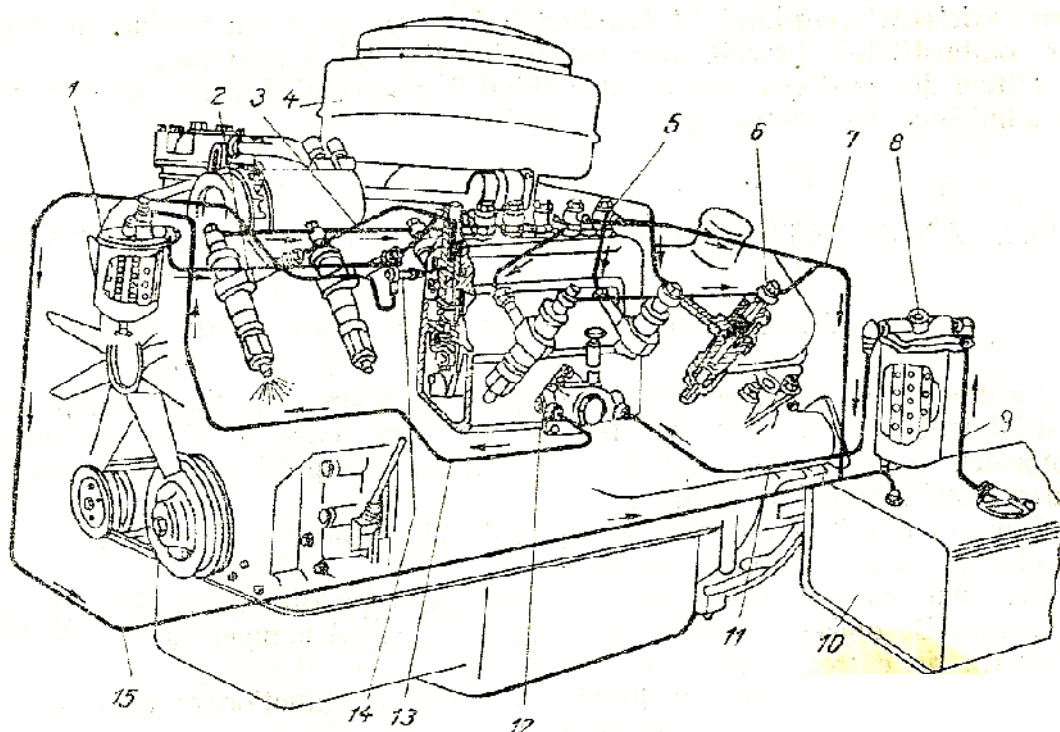


Fig.4.2

Indiferent de turația motorului, în canalele de aspirație ale pompei de injectie se menține o presiune constantă a combustibilului (cca. 1,5...2,0 bar), datorită existenței ventilului 14. Conducutele 7 servesc la readucerea în rezervor a surplusului de combustibil de la injectoare. Filtrul de aer 4 este amplasat între cilindrii motorului, deasupra colectoarelor de admisie.

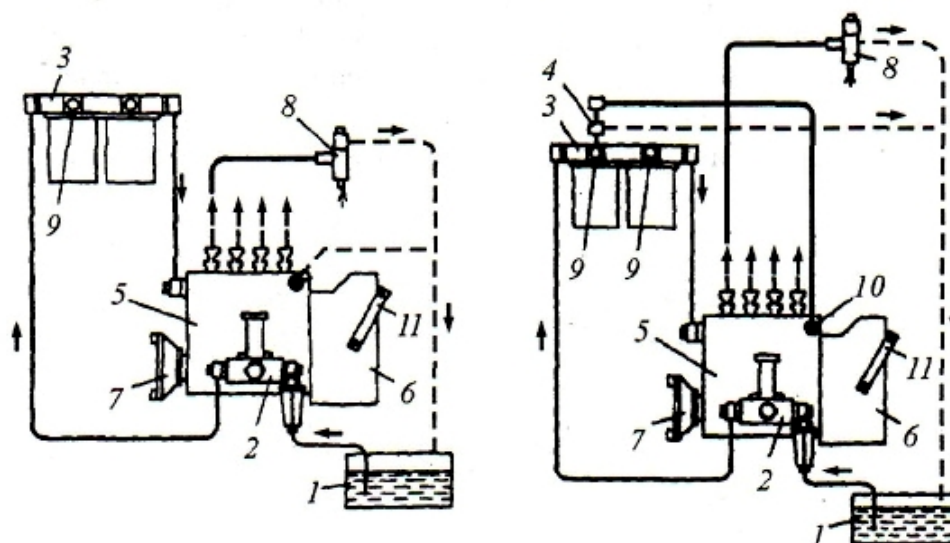


Fig.4.3

a – amplasarea supapei de retur în pompă ; b – amplasarea supapei de retur în filtrul de combustibil;
 1 – rezervor; 2 – pompă de alimentare; 3 – filtru; 4 – supapă de reflux; 5 – pompă de injectie; 6 – regulator de turație;
 7 – acționare pompă ; 8 – injector; 9 i 10 – uruburi de aerisire; 11 – manetă (levier) de comandă .

În figura 4.3 sunt prezentate alte două scheme ale instalației de alimentare cu combustibil cu pompă de injectie în linie. Diferența dintre cele două scheme o constituie modul de dirijare a surplusului de combustibil de la echipamentul de injectie la rezervor. Surplusul de combustibil trece

prin supapa 9, care menține o presiune de 0,1...0,2 MPa, pentru o cât mai bună umplere a elementelor pompei.

În cazul instalațiilor cu pompă de injecție cu distribuitor rotativ (fig.4.4), combustibilul aflat în rezervorul 1 trece prin bateria de filtre 2, sub acțiunea pompei de alimentare. Combustibilul filtrat intră din pompa de transfer în corpul pompei de injecție, unde va fi refulat la presiune mare prin conductele de legătură către injectorul 4, prin intermediul supapei de dozare. Surplusul de combustibil va fi preluat prin conducta de retur 5 și va fi dus înapoi în rezervor.

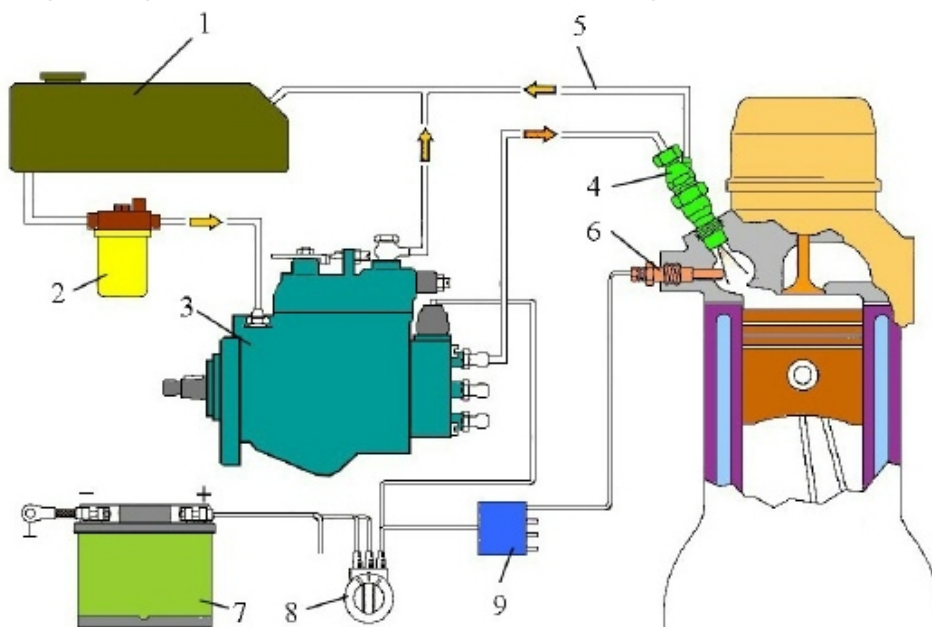


Fig.4.4

1 – rezervor de combustibil; 2 – filtru de combustibil; 3 – pompă de injecție; 4 – injector; 5 – conductă de retur; 6 – bujie incandescentă; 7 – baterie de acumulatori; 8 – contact; 9 – releul bujiei incandescente.

3. POMPA DE INJECȚIE

3.1. Rolul funcțional

Pompele de injecție care intră în componența echipamentelor de injecție au un **rol complex și variat**. În primul rând, pentru obținerea unor caracteristici optime ale jetului de combustibil injectat în cilindrul motorului, pompele de injecție trebuie să dezvolte **presiuni de refulare (injecție) foarte mari** (300...1100 bar și, uneori, chiar mai mari – de exemplu, la pompele-injector). În al doilea rând, pompele de injecție trebuie să permită **dozarea cantității de combustibil pe ciclu** în concordanță cu regimul de funcționare, asigurând totodată și **uniformitatea dozei de combustibil** la toți cilindrii motoarelor policilindrice. În al treilea rând, pompele de injecție trebuie să asigure **avansul la injecție optim, limitarea duratei injecției și caracteristica de injecție optimă**. De asemenea, pompele de injecție trebuie să fie fiabile, durabile, să aibă o construcție simplă, cost scăzut și o exploatare cât mai simplă.

Problema esențială a pompelor de injecție o constituie realizarea presiunilor mari de injecție, solicitate de necesitatea pulverizării fine a combustibilului. Aceste presiuni pot fi asigurate numai de către pompele cu piston. Pentru aceste valori ale presiunii de injecție (sute de bar), apar însă probleme deosebite în legătură cu precizia de execuție a pistonului și a cilindrului pompei, precum și cu etanșarea acestui cuplu de piese față de mediul exterior. Singura modalitate de etanșare eficientă o constituie reducerea jocului dintre pistonul și cilindrul pompei la valori de 1,5...3 μm și practicarea unei execuții a lungimii pistonului sporită în raport cu diametrul său. Aceasta presupune operații de rectificare fină, cu abateri de formă (de la calitatea prelucrării suprafețelor și de la poziția lor reciprocă) extrem de strânse, precum și operații de rodare și de

“împerechere” a pistonului cu cilindrul, care devin astfel piese cu regim interzis de interschimbabilitate.

3.2. Principiul de funcționare

Schema de principiu a unei pompe de injecție cu piston este prezentată în figura 4.5.a. Elementul de pompare se compune din cilindrul 1 și pistonul 2. Combustibilul este aspirat, prin ventilul de aspirație 3, în spațiul C, în momentul în care pistonul se deplasează în cursa de aspirație sub acțiunea arcului 4. Deplasarea pistonului în cursa de refulare are loc sub acțiunea camei 5 și a tachelului 6. Combustibilul din spațiul C este comprimat și refulat la presiuni de sute de bari către spațiul R, prin ventilul de refulare 7.

Se constată deci că, pentru realizarea procesului de injecție, pistonul pompei efectuează o cursă de aspirație și una de refulare. Antrenarea pistonului în cursa de refulare se face rigid, prin camă profilată. Aceasta prezintă ca avantaj principal posibilitatea alegerii legii de mișcare a pistonului, astfel încât să se asigure caracteristica de injecție optimă și să fie satisfăcute condițiile unei bune pulverizări a combustibilului. Din acest motiv, antrenarea pistonului cu camă profilată are, în prezent, o răspândire aproape generală. Antrenarea pistonului în cursa de refulare se poate face și elastic, prin arc. La antrenarea elastică însă, legea de deplasare a pistonului nu poate fi controlată; în schimb, procesul de injecție este scos de sub influența turării, ceea ce favorizează pulverizarea și uniformitatea dozelor de combustibil injectat la turări reduse. Antrenarea elastică a pistonului este specifică doar echipamentelor de injecție cu acumulare.

Mărirea dozei refulate se stabilește în concordanță cu necesitățile regimului de funcționare al motorului, prin fracționarea cursei de refulare a pistonului într-o **cursă utilă** s_u , variabilă (fig.4.5.b), și, cel mai des, în două **curse foarte** s_{m1} și s_{m2} , una fixă și cealaltă variabilă sau ambele variabile. Cursa utilă s_u se plasează, de obicei, în porțiunea de viteză maximă a pistonului.

În forma prezentată în figura 4.5.a, pompa de injecție cu piston refulază în spațiul R întreaga cantitate de combustibil aspirată în spațiul C. Pentru corelarea dozei de combustibil refulată cu regimul de funcționare al motorului, fie se comandă din exterior secțiunea de curgere a, fie se utilizează o camă cu profil variabil deplasabil axial.

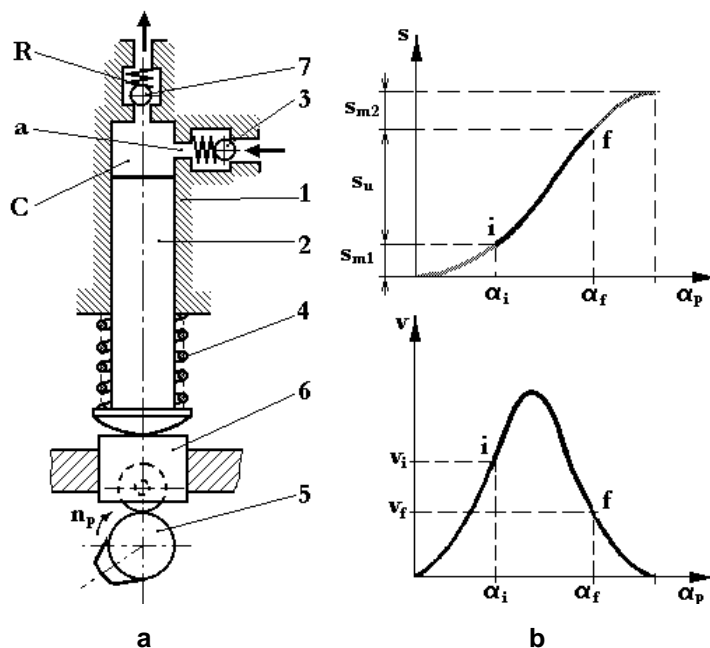


Fig.4.5

3.3. Clasificarea pompelor de injecție

Din punct de vedere constructiv, pompele de injecție se împart în două grupe:

- a) cu cursă constantă;
- b) cu cursă variabilă.

La rândul lor, pompele de injecție cu cursă constantă a pistonului pot fi:

- a) cu supape;
- b) cu piston-sertar.

În figura 4.6.a este prezentată schema pompei cu ventile, având cursa pistonului constantă. În figura 4.6.b este prezentată schema pompei de injectie având, de asemenea, cursa constantă a pistonului, însă aceasta este cu piston-sertar, de tip rotitor. Pompa de injectie având cursa pistonului reglabilă este prezentată în figura 4.6.c.

Componența și funcționarea pompelor de injectie menționate este următoarea: prin rotirea camei 9 se acționează rola 8 și tachelul 7, care determină deplasarea pistonului 2 și presarea combustibilului din cilindrul 1. Prin ventilul de refulare 4, combustibilul presat la nivelul presiunii de injectie este trimis către injector. În cazul pompei de injectie din figura 4.6.a, refularea se întrerupe în momentul în care se deschide supapa de reglare 5, acționată prin dispozitivul de reglare 10. Datorită energiei potențiale de deformare a arcului 6, pistonul 2 efectuează cursa de umplere; combustibilul pătrunde în cilindrul pompei prin ventilul de aspirație 3 (fig.4.6.a și c). La pompa cu piston-sertar (fig.4.6.b), lipsește ventilul de aspirație 3, iar reglarea cantității de combustibil refulat se face prin rotirea pistonului 2. La pompa din figura 4.6.c, reglarea se face prin deplasarea axială a camei 9.

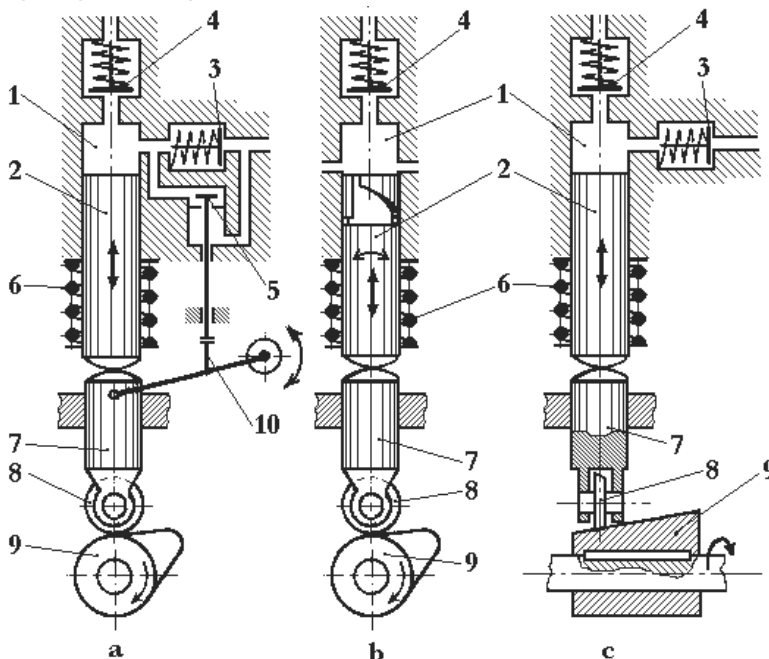


Fig.4.6

În cazul pompelor de injectie din figura 4.6.a și b, se refulază numai o fracțiune din cantitatea de combustibil aspirată în cilindrul 1. Acestea sunt pompe cu **aspirație invariabilă și descărcare parțială**. Ele prezintă ca principal avantaj refularea combustibilului la viteze mari ale pistonului. În acest sens, cursa utilă s_u (fig.4.5.b) se plasează între cursele moarte s_{m1} și s_{m2} , unde vitezele sunt reduse.

Pompa din figura 4.6.c este de tipul cu **aspirație variabilă și descărcare totală**. După acest principiu de reglare este construită și pompa cu element unic de refulare și distribuitor rotativ, răspândită în prezent la m.a.c.-urile cu turații înalte, utilizate în tracțiunea rutieră. La aceste pompe, doza de combustibil corespunzătoare fiecărui regim de funcționare a motorului se aspiră integral în spațiul de aspirație, după care este refulată în totalitate către injector. O clasificare completă a pompelor de injectie este prezentată în tabelul 4.1.

Cele mai răspândite sunt pompele cu piston-sertar, cu sau fără arbore cu came propriu. Pompele din prima categorie sunt formate dintr-un număr de elemente de refulare, egal cu numărul de cilindri ai motorului, unite într-un bloc unic; acționarea elementelor de refulare se efectuează prin intermediul unui arbore cu came comun, cuprins în corpul pompei. Dispunerea elementelor de refulare în lungul arborelui cu came a consacrat acestor pompe denumirea de pompe de injectie în linie sau pompe de injectie monobloc.

Pompele din categoria a doua sunt constituite, în general, din câte un element de refulare destinat fiecărui cilindru al motorului. Elementul de refulare este realizat deci sub forma unei pompe de injectie individuale și este acționat prin intermediul unei came de injectie plasată, de regulă, pe arborele de distribuție al motorului. Există și construcții de pompe fără arbore cu came propriu (pentru unele m.a.c.-uri răcite cu aer, de cilindree mică și turație ridicată) la care două, trei și, mai rar, patru elemente de refulare sunt unite într-un bloc unic.

În categoria pompelor individuale intră și pompele-injector, construcții care unesc în același ansamblu și pompa de injectie și injectorul, eliminându-se astfel conducta de înaltă presiune – sursă permanentă de fenomene care perturbă desfășurarea normală a procesului de injectie.

Tabelul 4.1

Clasificarea pompelor de injec ie cu piston

Criteriul de clasificare	Posibilități de realizare		Exemple constructive
1. METODA DE REGLARE A DOZEI DE COMBUSTIBIL	1.1. Prin aspirație invariabilă și refulare parțială	1.1.1. Prin supapă comandată	a) <i>Pompe cu supapă care comandă sfârșitul injecției (Dekkel)</i>
		1.1.2. Prin laminare	b) <i>Pompe cu supapă de by-pass-are a refulării (fără aplicație)</i>
		1.1.3. Prin sertar	c) <i>Pompe cu piston-sertar și ventil de aspirație</i>
	d) <i>Pompe cu piston-sertar fără ventil de aspirație*</i>		
	1.2. Prin aspirație variabilă și refulare totală	1.2.1. Prin variația cursei pistonului	e) <i>Pompe cu camă cu profil variabil</i>
			f) <i>Pompe cu camă cu profil constant și culbutor cu punct de oscilație variabil</i>
1.2.2. Prin laminarea variabilă a aspirației		g) <i>Pompe cu distribuitor rotativ*</i>	
2. MODUL DE PLASARE A CAMELOR DE INJECȚIE	2.1. Pe arborele cu came propriu	h) <i>Pompe în linie*</i>	
		i) <i>Pompe cu distribuitor rotativ</i>	
	2.2. Pe arborele de distribuție al motorului	j) <i>Pompe individuale*</i>	
k) <i>Pompe-injector</i>			
3. MODUL DE DESERVIRE A CILINDRILOR MOTORULUI	3.1. Fiecare cilindru este deservit de către un element de refulare	l) <i>Pompe individuale</i>	
		m) <i>Pompe în linie</i>	
	3.2. Toți cilindrii motorului sunt deserviți de către același element de refulare	n) <i>Pompe-injector</i>	
		o) <i>Pompe cu distribuitor rotativ</i>	

* Au răspândirea cea mai mare (pompele în linie, individuale i pompele-injector sunt pompe cu piston-sertar).

3.4. Pompa de injec ie cu piston-sertar

Datorită avantajelor însemnate pe care le prezintă:

- asigurarea începutului i sfâr itului procesului de injec ie la viteze mari ale pistonului-sertar (presiuni mari de injec ie);
- posibilitatea reglării dozei de combustibil injectate prin simpla rotire a pistonului în cilindru;
- construc ie simplă;
- siguran ă sporită în func ionare;
- deservire u oară,

pompele de injec ie cu piston-sertar au în prezent o răspândire aproape generală.

Pompa de injec ie cu piston-sertar func ionează astfel: cilindrul se umple cu combustibil la sfâr itul cursei descendente, când pistonul descoperă orificiile de alimentare (fig.4.7.a i b). La începutul cursei ascendente, pompa nu refulează, deoarece, ini ial, orificiile de alimentare sunt deschise (fig.4.7.c). După ce pistonul a acoperit cu partea sa superioară orificiile de alimentare (cursa h_1 – preliminară), pistonul continuă să urce, presând combustibilul (fig.4.7.d i e), cursa numindu-se de “comprimare” (cursa h_2). Când presiunea din cilindru învinge tensiunea resortului

ventilului de refulare, combustibilul este trimis spre injector (fig.4.7.f), cursa numindu-se cursă activă (de refulare) h_3 . Ea durează până în momentul în care marginea elicoidală a pistonului dezobturează orificiile de alimentare (fig.4.7.g) și combustibilul este trimis prin aceste orificii înapoi, în partea de joasă presiune. De acum, și până când pistonul ajunge în *pmi*, are loc a doua cursă moartă h_4 .

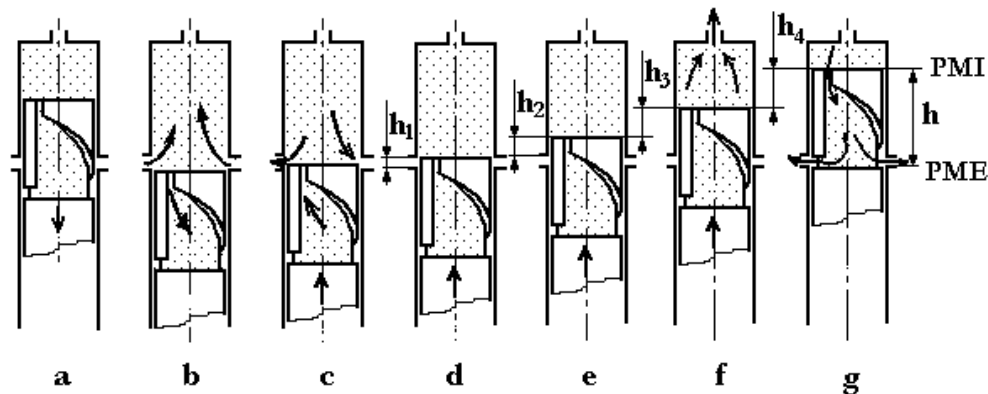


Fig.4.7

Reglarea dozei de combustibil injectate se realizează prin rotirea pistonului-sertar în jurul propriei axe. Ca urmare, dacă în plină sarcină, lungimea rampei elicoidale este maximă și pistonul refulează doza maximă (fig.4.8.a), la rotirea pistonului-sertar, cursa utilă a pistonului se micșorează datorită reducerii înălțimii rampei elicoidale în dreptul orificiilor de alimentare (fig.4.8.b și c). Cursa utilă se anulează și pompa nu refulează atunci când canalul pistonului-sertar vine în dreptul orificiilor de alimentare, asigurând legătura permanentă dintre cilindrul pompei și aceste orificii.

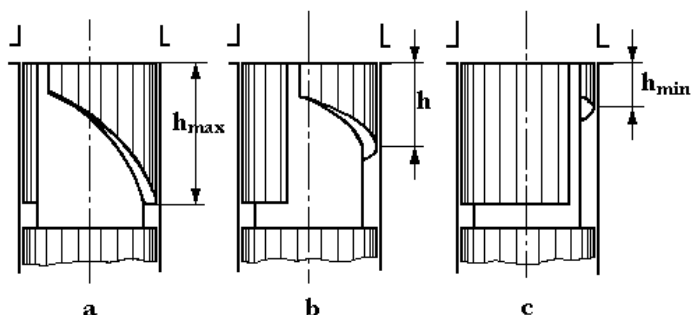


Fig.4.8

Referitor la reglarea dozei de combustibil injectate în cilindrul motorului, trebuie menționat faptul că acest reglaj poate fi realizat modificând fie momentul sfârșitului injectării, fie momentul începutului injectării, fie ambele momente (reglajul combinat). În primul caz (fig.4.9.a), începutul injectării (punctul A) rămâne constant indiferent de regimul de funcționare al motorului. Sfârșitul injectării (punctele B₁, B₂, B₃) poate fi modificat și, prin aceasta se modifică și cursa de refulare a pompei.

Procedeul de reglaj utilizat are influențe însemnate asupra desfășurării procesului de ardere și a economicității motorului. Astfel, dacă nu se modifică sfârșitul injectării, atunci la turații reduse, arderea se prelungește în destindere, măbind pierderile termice. Dacă se menține constant începutul injectării, atunci la turații reduse crește durata avansului la injectare, ceea ce duce la creșterea rapidă a presiunii fluidului motor, înainte ca pistonul să ajungă în *pmi*.

În cazul în care se modifică începutul injectării (figura 4.9.b), injectarea va începe în A₁, A₂, sau A₃, în timp ce sfârșitul injectării (punctul B) rămâne constant. În sfârșit, la procedeul de reglaj combinat (fig.4.9.c), se modifică atât începutul injectării (punctele A₁, A₂, A₃), cât și sfârșitul injectării (punctele B₁, B₂, B₃). Acest procedeu se aplică la m.a.c.-uri cu domenii mari de variație atât ale turației, cât și ale puterii.

Refularea combustibilului se realizează prin intermediul unui ventil care întrerupe legătura dintre conducta de înaltă presiune și cilindrul pompei de injecție, în intervalul dintre două curse utile. Când cursa de refulare încetează, ventilul se așază pe scaun sub acțiunea resortului propriu, împiedicând aspirația combustibilului din conducta de înaltă presiune, ceea ce ar face imposibilă reluarea injectării.

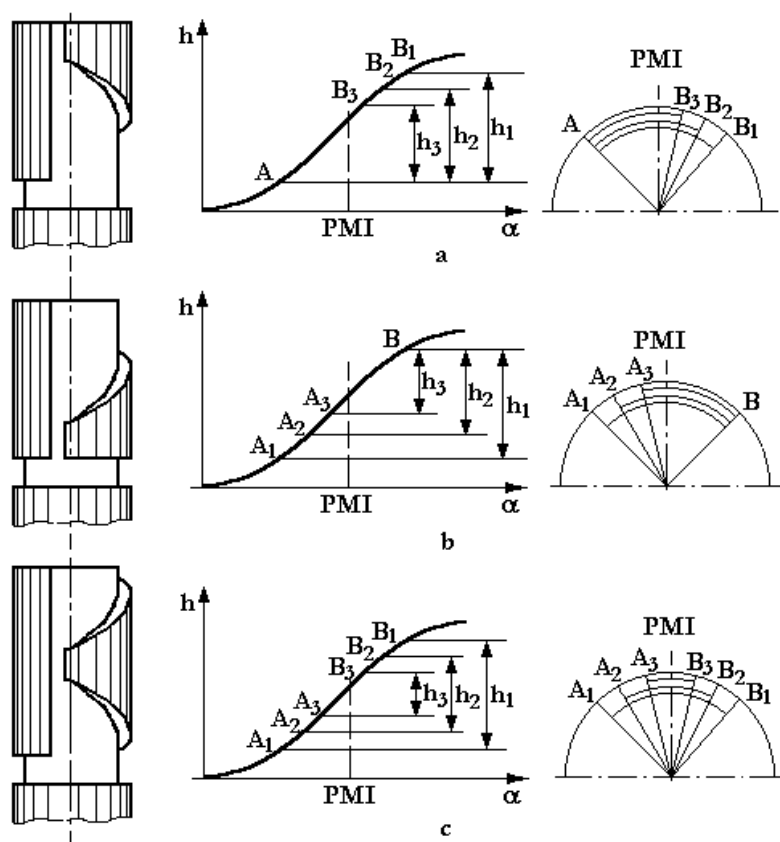


Fig.4.9

Ventilul de refulare îndeplinește o a doua funcție: asigură descărcarea conductei de înaltă presiune de presiunile reziduale înalte, dar, în special, asigură întreruperea bruscă a injectiei, ameliorând astfel fenomenul de picurare.

Conform tipizării Bosh, producătoare de echipament de injectie tipizat din anul 1927, pompele de injectie se împart convențional în mai multe mărimi, diferențiate prin valoarea cursei de refulare a pistonului-sertar (înălțimea de ridicare pe cama de injectie). Mărimea pompei se identifică printr-un simbol literal, care se include în simbolul general al pompei. De regulă, simbolul mărimii se plasează între simbolul prin care se identifică numărul secțiunilor de pompare și cel care exprimă valoarea diametrului pistonului-sertar. De exemplu, pompa de injectie cu simbolul general PFR 1 K 65 A 332/2 este o pompă de injectie de mărime K (cursa de refulare a pistonului este de 7 mm), cu o singură secțiune de pompare și cu valoarea diametrului pistonului-sertar de 6,5 mm.

Pompele de injectie de o anumită mărime pot fi realizate în mai multe variante constructive, executându-se pistoane cu diametre diferite, tipizate. În acest fel, se obține o plajă întinsă de valori pentru debitul de combustibil refulat, reuindu-se, cu aceeași mărime de pompă, să se deservască o gamă diversă de motoare.

Mărimea pompei de injectie se alege în funcție de parametrii constructivi și funcionali ai motorului pe care aceasta urmează să-l echipeze, utilizând nomograme oferite de firmele constructoare: Bosch, Bryce-Berger, l'Orange, Friedman-Maier, Yanmar, WZM (Delta), MOTORPAL, MEFIN-Sinaia etc. Pentru utilizarea nomogramelor, este necesară și cunoașterea valorii cantității de combustibil injectat pe ciclu (teoretic, egală cu doza refulată de elementul de pompare în timpul cursei utile). Aceasta se poate determina cu relația

$$Q_{inj} = \frac{10^3 \cdot P_e \cdot c_e}{60 \cdot i \cdot n_p \cdot \rho} [\text{mm}^3/\text{cursă}], \quad (4.1)$$

în care P_e este puterea efectivă a motorului, în kW; c_e – consumul specific efectiv de combustibil, în g/kWh; i – numărul de cilindri ai motorului; n_p – turația axului cu came al pompei de injecție, în rot/min; ρ – densitatea combustibilului, în kg/dm³.

3.5. Pompa de injecție cu distribuitor rotativ

Realizarea unor motoare diesel de cilindree mai mică și turație ridicată a impus dezvoltarea pompelor de injecție cu distribuitor rotativ (cu element unic de refulare), care sunt cu aspirație variabilă și refulare totală.

Acest tip de pompe de injecție se caracterizează prin faptul că sunt echipate cu un singur element de pompare, indiferent de numărul de cilindri ai motorului; distribuitorul rotativ asigură trimiterea combustibilului sub presiune, pe rând, către fiecare injector. Elementul de pompare și distribuitorul rotativ sunt încorporate în capul hidraulic al pompei. Avantajele pompelor de injecție cu distribuitor rotativ sunt:

- uniformitate ridicată a debitelor ciclice trimise către fiecare cilindru al motorului;
- construcție compactă;
- nu sunt echipate cu arcuri cu rigiditate mare;
- sunt etanșe, ungerea fiind asigurată de către motorina sub presiune, împiedicându-se prunderea apei și a impurităților;
- pot fi montate pe motor în orice poziție.

Dintre dezavantajele acestui tip de pompe se pot menționa:

- uzura mai rapidă a elementului de pompare;
- timp mai scurt disponibil pentru umplerea și golirea elementului de pompare (de i ori mai scurt decât în cazul pompei de injecție cu elemente în linie, i fiind numărul de cilindri); ca urmare, la turații ridicate, umplerea elementului de pompare poate fi incomplet.

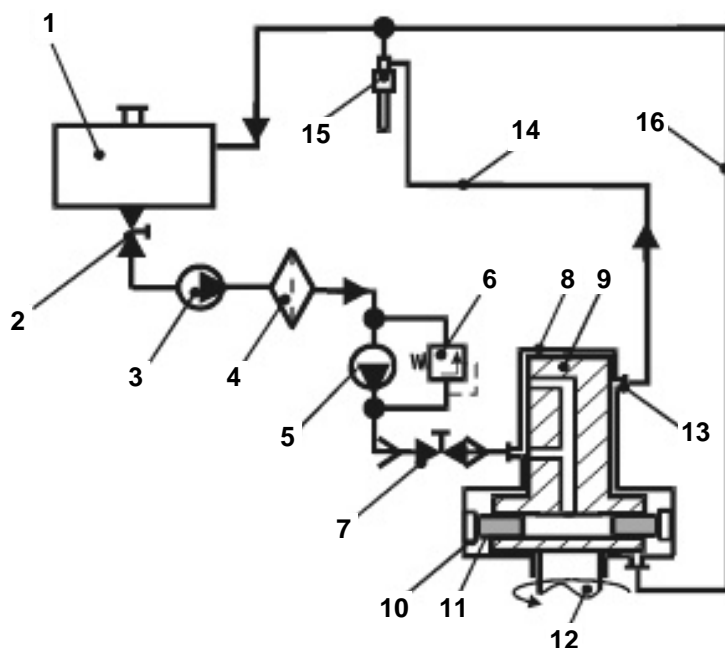


Fig.4.10

1 – rezervor; 2 – robinet; 3 – pompă de alimentare; 4 – filtru; 5 – pompă de transfer; 6 – supapă de amorsare și regularizare; 7 – supapă de dozare; 8 – partea fixă a capului hidraulic (bucă); 9 – rotorul capului hidraulic; 10 – inel cu came interioare; 11 – pistonă; 12 – arbore de antrenare; 13 – racord de înaltă presiune; 14 – conductă de înaltă presiune; 15 – injector; 16 – circuit de preluare a pierderilor de combustibil.

În figura 4.10 este prezentată schema completă a unui sistem de alimentare echipat cu o pompă de injecție cu distribuitor rotativ. Se observă că alimentarea capului hidraulic al pompei de injecție este realizată prin intermediul pompei de transfer 5, care ridică presiunea combustibilului de la valoarea asigurată de către pompa de alimentare 3 (1,0...1,5 daN/cm²) până la maximum 10

daN/cm² (valoare corespunzătoare turației maxime de mers în gol). Aceste valori ale presiunii de transfer asigură, pe de o parte, o umplere rapidă a elementului de pompare în intervalul dintre două injecții succesive, iar pe de altă parte asigură învingerea rezistențelor hidraulice relativ ridicate ale canalizației din interiorul capului hidraulic al pompei de injecție. Pompa de transfer este de tipul cu palete culisante în rotor, ea fiind parte integrantă din capul hidraulic.

Limitarea presiunii maxime de transfer și realizarea unei dependențe liniare între presiunea de transfer și turația arborelui pompei de injecție este asigurată de către supapa de amorsare și regularizare 6. Aceasta are rolul de a permite amorsarea sistemului de alimentare (umplerea cu combustibil), prin acționarea manuală a pompei de alimentare.

În figura 4.11 este prezentată funcționarea supapei de amorsare și regularizare. Atunci când motorul este oprit (fig.4.11.a), pistonul 1 obturează orificiul 3 (aflat în legătură cu racordul de refulare al pompei de transfer), împiedicându-se astfel dezamorsarea sistemului. La amorsarea sistemului prin acționarea manuală a pompei de alimentare (fig.4.11.b), presiunea din racordul de admisie al pompei de transfer se transmite, prin orificiul 2, asupra pistonului 1, pe care îl deplasează în jos. Acesta comprimă arcul 5 (de rigiditate redusă) și deschide orificiul 3. Astfel, combustibilul punde în pompa de injecție, ocolind pompa de transfer.

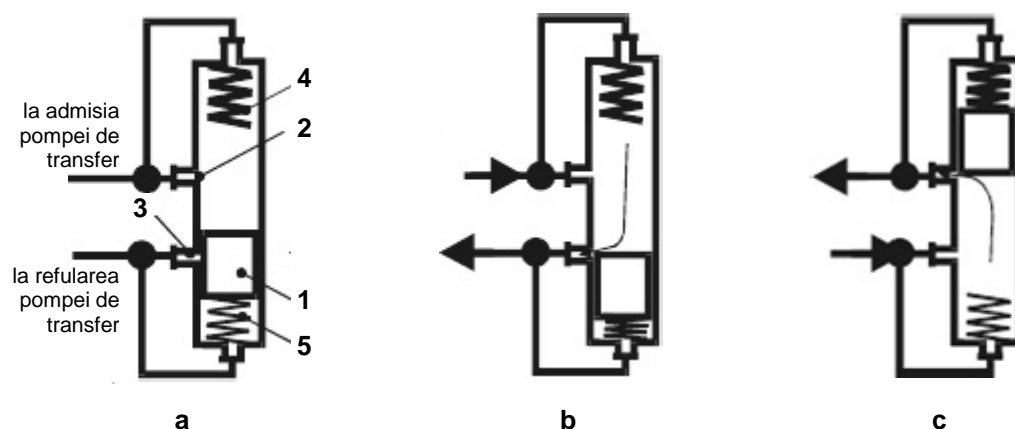


Fig.4.11

a – motor oprit; b – amorsarea sistemului de alimentare; c – motor în funcțiune;
1 – piston; 2 – orificiu de reglare a presiunii de transfer; 3 – orificiu pentru amorsarea sistemului; 4 și 5 – arcuri.

Pe timpul funcționării motorului (fig.4.11.c), presiunea de transfer acționează, prin orificiul 3, asupra pistonului 1, care va fi deplasat în sus. Poziția pistonului 1 va depinde de echilibrul stabilit între forța datorată presiunii de transfer și forța elastică a arcului 4 (cu rigiditate mare). În funcție de această poziție, pistonul 1 va deschide mai mult sau mai puțin orificiul de reglare 2, prin care o parte din combustibilul refulat de pompa de transfer ajunge înapoi în admisia pompei. Ca urmare, debitul de combustibil care se întoarce în admisia pompei de transfer va fi cu atât mai mare, cu cât presiunea de transfer este mai mare.

Rezultatul va fi o dependență relativ liniară între presiunea de transfer și turația pompei, dependentă ilustrată grafic în figura 4.12. După cum se va vedea mai departe, această dependență liniară este exploatată de către variatorul automat de avans al pompei de injecție. Revenind la schema din figura 4.10, se observă că alimentarea capului hidraulic cu motorin se realizează prin intermediul supapei de dozare 7, care reglează cantitatea de combustibil punde în elementul de pompare; se asigură astfel reglarea dozei ciclice.

Prin urmare, spre deosebire de pompele de injecție cu elemente în linie, prezentate anterior, la pompa cu distri-

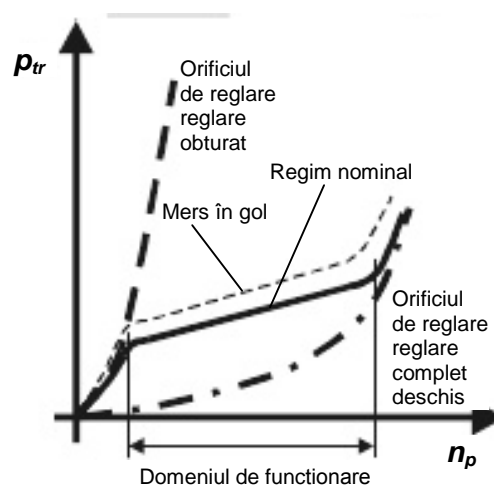


Fig.4.12

buitor rotativ, cantitatea de combustibil aspirat în elementul de pompare este variabil. În schimb, întreaga cantitate aspirată este refulată către trei injectoare (pompa cu aspirație variabilă și refulare constant).

Funcționarea pompei de injecție cu distribuitor rotativ este prezentată în figura 4.13. Capul hidraulic al pompei este format din bucșă 3 și rotorul 4. În bucșă 3 există un canal 1 pentru admisia combustibilului, precum și canalele de refulare 9, într-un număr egal cu numărul de cilindri ai motorului. Rotorul 4 este prevăzut cu un număr de canale de admisie 2 (egal cu numărul de cilindri ai motorului), precum și cu canalul de refulare 8. Combustibilul intră în spațiul dintre pistonale 6, atunci când unul din canalele de admisie 2 este pus în comunicație cu canalul de admisie 1 (fig.4.13.a).

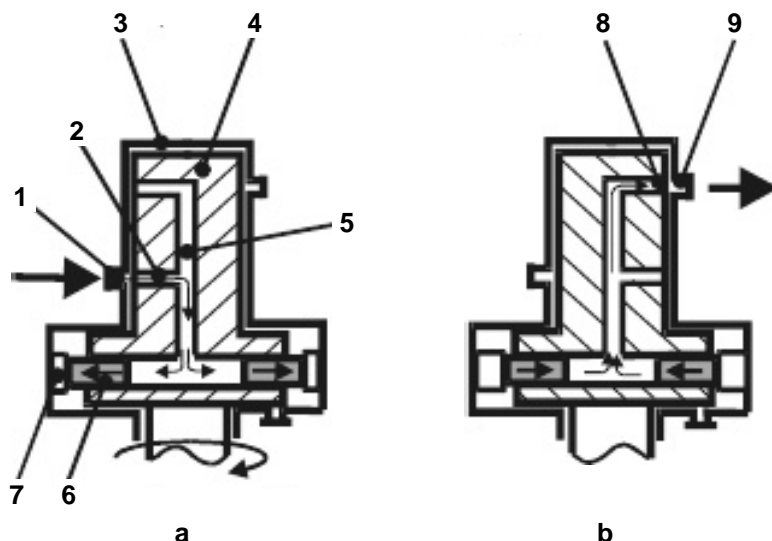


Fig.4.13

a – admisia combustibilului; b – refularea combustibilului;

1 – canalul de admisie al bucșei capului hidraulic; 2 – canalul de admisie al rotorului capului hidraulic; 3 – bucșă (partea fixă); 4 – rotor; 5 – canal central; 6 – pistonale; 7 – inel cu came interioare; 8 – canalul de refulare al rotorului; 9 – canalul de refulare al bucșei.

În continuare, combustibilul trece prin canalul central 5 în spațiul dintre cele două pistonale 6. În acest moment, pistonalele 6, care urmăresc profilul inelului cu came interioare 7, sunt îndepărtate la maximum unul de celălalt. La rotirea rotorului 4, au loc următoarele fenomene:

- se întrerupe legătura dintre canalele 1 și 2;
- pistonalele se apropie unul de celălalt, sub acțiunea camelor, realizându-se astfel creșterea presiunii combustibilului;
- canalul de refulare 8 este pus în legătură cu unul din racordurile de refulare 9, combustibilul sub presiune fiind trimis către injector (fig.4.13.b).

După cum s-a menționat anterior, pompa de transfer este, de asemenea, inclusă în capul hidraulic, rotorul acesteia fiind înfiletat în rotorul 4, în partea opusă celei în care se găsește pistonalele. Modul de amplasare va fi ilustrat în figura 4.17.

În construcția rotorului distribuitor 4, este inclusă o soluție ce permite reglarea dozei ciclice maxime, ceea ce asigură utilizarea aceleiași pompe de injecție pe motoare cu cilindree diferite; soluția este prezentată în figura 4.14. Sistemul de reglare a dozei ciclice maxime este format din discul 1, care se poate roti cu un anumit unghi față de arborele de antrenare 4, datorită existenței orificiilor alungite 5; discul este fixat într-o anumită poziție cu ajutorul uruburilor de fixare 6. Discul este prevăzut și cu fantele asimetrice 8, în care pot intra umerii 3 ai tacheților cu role ce acționează asupra pistonalelor 2.

Cursa de pompare a pistonalelor este limitată de lățimea fantei în care se găsește umerii tacheților. Prin rotirea discului 1, datorită asimetriei fantelor 8, cursa tachețului (deci, și a pistonalei corespunzătoare) se modifică între valoarea maximă S_{max} și cea minimă S_{min} , ceea ce

conduce la modificarea cantității de combustibil refulate de către pompă. De exemplu, prin rotirea discului 1 în sensul acelor de ceasornic, doza ciclică de combustibil crește.

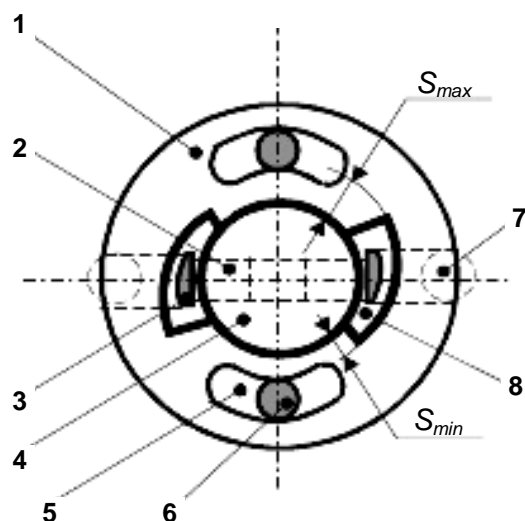


Fig.4.14

1 – disc de reglare; 2 – pistonii; 3 – umărul tachelului; 4 – arbore de antrenare; 5 și 8 – fante; 6 – urub de fixare; 7 – rola tachelului.

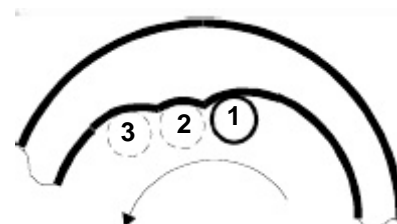


Fig.4.15

Pentru a se asigura descărcarea conductelor de înaltă presiune, camele de acționare a pistonilor au o construcție asimetrică (fig.4.15). Astfel, cama este prevăzută cu o zonă de deplasare a pistonului pe cursa de refulare (poziția 1), care determină caracteristica de injecție. Urmează apoi zona 2, pe care are loc o îndepărtare a celor doi pistonii de la elementul de pompare (fenomen însoțit de descărcarea conductei de înaltă presiune). În continuare, pistonii revin în poziția inițială (zona 3). Începutul refulării combustibilului este condiționat de coincidența momentului de suprapunere a celor două orificii de refulare ale capului hidraulic (din rotor și bucă) cu momentul în care pistonii încep să fie acționați de către porțiunea de urcare a camelor.

În figurile 4.16 și 4.17 sunt prezentate vederi generale ale pompelor de injecție cu distribuitor rotativ (pompă cu regulator hidraulic în fig.4.16 și pompă cu regulator mecanic în fig.4.17).

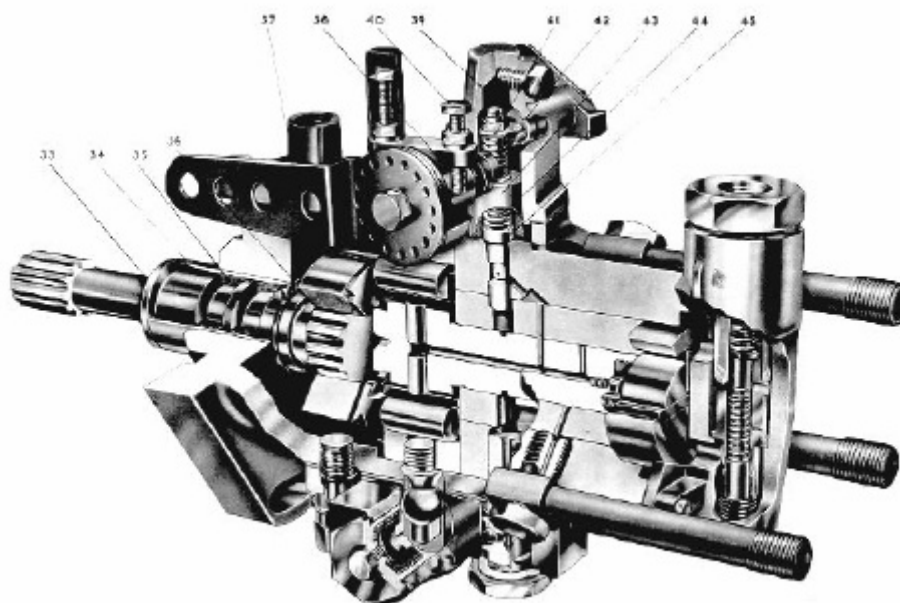


Fig.4.16

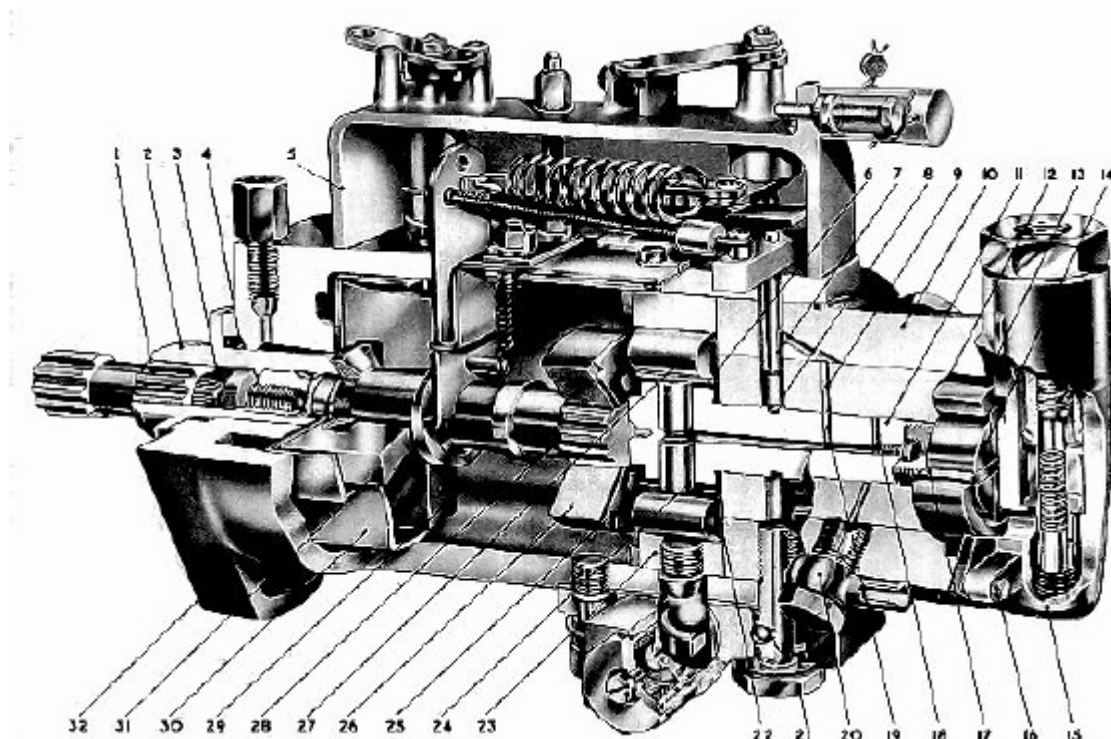


Fig.4.17

1 – arbore de antrenare; 2 – carcasă ; 3 – semering; 4 – racord surplus combustibil; 5 – capac; 6 – tachet; 7 – supapă de dozare; 8 – canal admisie; 9 – canal admisie (din bucă); 10 – bucă ; 11 – rotor; 12 – pompă de transfer; 13 – filtru admisie combustibil; 14 – rotorul pompei de transfer; 15 – corpul supapei de amorsare și regularizare; 16 – urub de prindere; 17 – palet ; 18 – canal de refulare (în rotor); 19 – canal de admisie (în bucă); 20 – racord refulare (în bucă); 21 – racord de legătură ; 22 și 27 – rolele tachetului; 23 – inel cu came interioare; 24 – pistonă ; 25 – disc pentru reglarea dozei ciclice maxime; 26 – flanșă a cuplajului capului hidraulic; 28 – arborele de antrenare al capului hidraulic; 30 – carcasa greutăților regulatorului de turație; 31 – greutate; 32 – flanșă de prindere a pompei.

În componența pompelor de injecție cu distribuitor rotativ mai intră dispozitivul de reglare a avansului la injecție și regulatorul de turație. Regulatorul de avans va fi prezentat în cele de urmă, în timp ce construcția și funcționarea reglatoarelor de turație vor fi prezentate într-o temă ulterioară, întrucât ele intră în componența pompelor de injecție cu elemente de pompă în linie.

Variatorul de avans realizează creșterea avansului la injecție, odată cu creșterea turației pompei. În acest scop, dispozitivul prezentat în figura 4.18 asigură rotirea inelului cu came interioare față de carcasa pompei (în sens invers sensului de rotație al rotorului capului hidraulic), în funcție de presiunea de transfer (care, conform celor prezentate anterior – fig.4.12 – variază liniar cu turația arborelui pompei).

Variatorul de avans este format dintr-un piston 5, a cărui poziție depinde de echilibrul dintre forța datorată presiunii de transfer (care acționează pe fața din stânga a pistonului) și forța datorată arcurilor 9 și 10. Pistonul este prevăzut cu o degajare în care ptrunde urubul cu cap sferic 4, fixat în inelul cu came interioare 2.

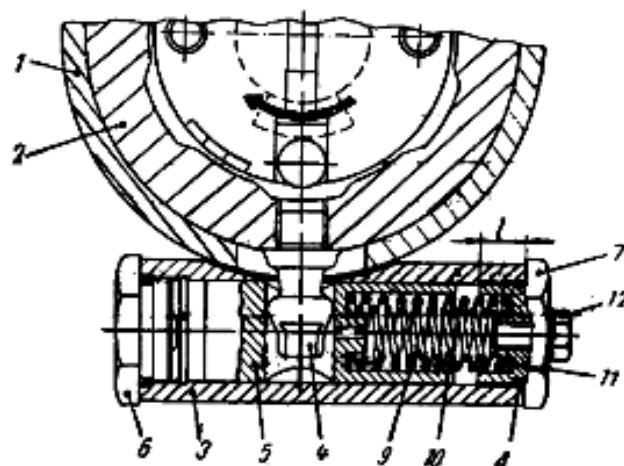


Fig.4.18

1 – corpul pompei; 2 – inel cu came interioare; 3 – carcasa variatorului de avans; 4 – urub cu cap sferic; 5 – piston; 6, 7 și 12 – dopuri filetate; 8 – garnitură ; 9 și 10 – arcuri; 11 – așe de reglaj.

La creșterea turației, presiunea care acționează asupra pistonului (transmis prin intermediul racordului 21 – fig.4.17) crește, pistonul se deplasează către dreapta (comprimând suplimentar arcurile 9 și 10), inelul cu came interioare este rotit în sens invers celui în care are loc rotația rotorului capului hidraulic, iar avansul la injecție crește. Mărimile plajei de reglare a avansului este determinat de următorii factori:

- lungimea pistonului și poziția orificiului în care prinde capul urubului 4;
- combinarea arcurilor 9 și 10 cu setul de aibe de reglaj 11;
- utilizarea unor dopuri filetate (6 și 7) de lungimi diferite.

În tabelul 4.2 este prezentat modul de modificare a avansului prin utilizarea unor dopuri de reglare cu lungimi diferite, în timp ce în figura 4.19 este ilustrată plaja de reglare a acestui avans.

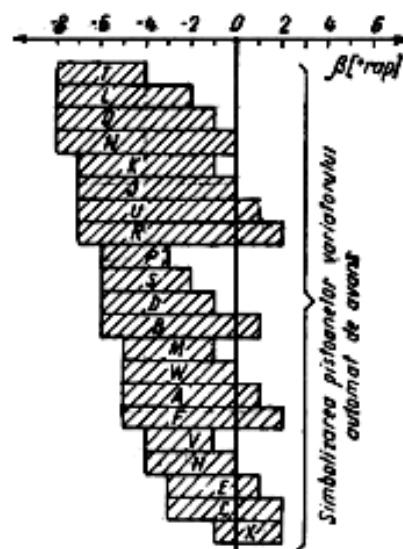


Fig.4.19

Tabelul 4.2

Modificarea avansului la injecție prin intermediul dopurilor filetate

Simbolizare	Modificare avans [°RAP]	Lungimea [mm]	
		Dopul 7	Dopul 6
B	1,0	7,35	5,75
C	0,5	6,95	6,15
f r marcaj	0	6,55	6,55
D	+ 0,5	6,15	6,95
E	+ 1,0	5,75	7,35

La unele pompe de injecție, racordul de alimentare al variatorului de avans (racordul 21 din fig.4.17) este prevăzut cu o supapă comandată manual sau electric, care permite blocarea accesului combustibilului în variator, asigurându-se astfel reducerea avansului la injecție la pornirea motorului.

4. INJECTORUL

Injectorul este un element component al echipamentului de injecție, cu rol de introducere a combustibilului în cilindrul motorului, de pulverizare fină a acestuia și de distribuire uniformă a picăturilor de combustibil în camera de ardere.

Partea principală a injectorului o constituie **pulverizatorul**, în care sunt practicate unul sau mai multe orificii calibrate de pulverizare, cu diametre de ordinul zecimilor de milimetru. Ca atare, pulverizarea fină a combustibilului depinde de construcția pulverizatorului, dar și de mișcarea organizată a aerului în camera de ardere.

După cum orificiul de pulverizare este controlat sau nu de către o supapă (în general, în formă de ac), injectoarele se împart în:

- injectoare deschise;
- injectoare închise.

În cazul injectoarelor închise, în funcție de modul în care se realizează deschiderea supapei, se deosebesc:

- injectoare hidraulice (comanda se realizează prin intermediul combustibilului care urmează să fie injectat);
- injectoare mecanice (comanda se realizează cu ajutorul unor came și a unui sistem de pârghii);

- c) injectoare electromagnetice (comanda se realizează prin impulsuri electrice).

4.1. Injectorul de tip deschis

La unele motoare de puteri mici se utilizează injectoare de tip deschis. Din punct de vedere constructiv și funcțional, injectorul deschis este cel mai simplu (fig.4.20). Acesta este format din corpul injectorului 1, pulverizatorul 2 și piulița 3, prin care pulverizatorul se assemblează cu corpul injectorului.

Corpul injectorului este prevăzut cu un racord 4 de legătură cu conducta de înaltă presiune și o canalizație interioară 5 prin care combustibilul ajunge la orificiul (orificiile) 6 de pulverizare. La trecerea combustibilului prin orificiul (orificiile) de pulverizare apar rezistențe hidraulice importante, datorită diametrului mic al acestuia (acestora), ceea ce determină pulverizarea combustibilului.

Avantajele injectorului deschis sunt următoarele:

- a) construcție simplă (tehnologic ușor de realizat);
- b) fiabilitate și durabilitate sporite în exploatare (lipsește piesele în mișcare, care constituie principala cauză a uzurilor și a defecțiunilor care apar în timpul funcționării);
- c) posibilitatea eliminării aerului care pătrunde în conducta de înaltă presiune.

Injectorul deschis are o răspândire restrânsă, datorită **dezavantajelor** pe care le prezintă:

- a) injectia începe la presiuni foarte mici, din care cauză pulverizarea și penetrația jetului de combustibil sunt nesatisfăcătoare, ceea ce duce la mărirea întârzierii la autoaprindere (motorul funcționează brutal);
- b) sfârșitul injectiei are loc, de asemenea, la presiuni foarte mici și nu poate fi controlat (finea pulverizării și penetrația jetului sunt nesatisfăcătoare, astfel că ultimele fracțiuni de combustibil injectat ard insuficient);
- c) după terminarea procesului de injectie, combustibilul din canalizația interioară continuă să picure în cilindrul motorului, înrăutățind considerabil condițiile de ardere și înlesnind formarea de calamină, care poate obtura orificiul de pulverizare;
- d) gazele fierbinți din cilindrul motorului ridică temperatura pulverizatorului, având consecințe nefavorabile asupra durabilității acestuia.

Utilizarea injectoarelor deschise dă rezultate satisfăcătoare în cazul injectiei de benzină (în colectorul de admisie) sau al ansamblului pompă-injector. În acest din urmă caz, efectul de picurare este înlăturat prin montarea unei supape de reținere.

4.2. Injectorul de tip închis

Injectorul de tip închis are orificiul (orificiile) de pulverizare controlat(e) de un ac (tift), menținut în poziția închisă cu ajutorul unui arc elicoidal.

Injectoarele închise cu comandă hidraulică a acului pulverizatorului au construcția clasică prezentată în figura 4.21. Corpul 1 este asamblat cu pulverizatorul 2 prin intermediul piuliței speciale 3. În corpul pulverizatorului se introduce acul 4, menținut pe sediu de tijă 5 și arcu elicoidal cilindric 6. Tensiunea arcului este reglabilă. În acest sens, se utilizează urubul de reglare 7, care se deplasează în piesa 8 și se fixează cu contrapiulița 9. Accesul la urubul de reglare este posibil prin îndepărtarea capacului 10.

Motorina este introdusă în injector prin racordul 13 (la care se leagă conducta de înaltă presiune); acest racord poate conține și un filtru preventiv, capabil să rețină impuritățile din conducta de înaltă presiune.

Orificiile *a* și *b*, prelucrate în corpul injectorului și în corpul pulverizatorului servesc la dirijarea combustibilului către orificiile de pulverizare *p*. Corespondența dintre orificiul *a* și orificiul *b* se asigură fie cu ajutorul unui canal circular *c* (fig.4.21), fie cu ajutorul unor tifturi.

Ridicarea acului de pe scaunul prelucrat în corpul pulverizatorului are loc sub acțiunea forței dezvoltate de presiunea combustibilului din camera *q* a pulverizatorului, forță exercitată asupra porțiunii tronconice a acului, rezultată prin prelucrarea acestuia cu diametre diferite. Acul este ridicat de pe sediu atunci când forța de presiune învinge tensiunea arcului elicoidal cilindric,

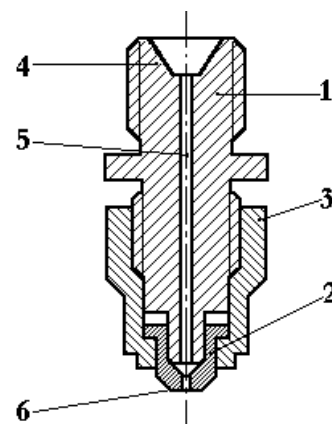


Fig.4.20

moment ce coincide cu începutul injeciei combustibilului în cilindru motorului. După ce combustibilul începe să pătrundă în cilindru, presiunea în camera pulverizatorului scade; când forța de presiune devine mai mică decât tensiunea arcului, acul se așază pe scaunul conic – moment ce coincide cu sfârșitul injeciei. Durata injeciei este determinată, adică, de intervalul de timp dintre deschiderea și închiderea acului pulverizatorului.

Etanșarea acului la presiunile mari din camera pulverizatorului se asigură prin prelucrarea cu precizie deosebită a alezajului din pulverizator și a acului, pe lungimea corespunzătoare porțiunii de diametru mare. Astfel, jocul cuplului pulverizator-ac pe această porțiune este de circa $1,5...3\ \mu\text{m}$. Cu toate acestea, prin jocul respectiv au loc scăpări de combustibil. După ce asigură ungerea suprafețelor în contact, scăpările de combustibil sunt dirijate către racordul 11 prin orificiul axial practicat în urubul 7.

Etanșarea în zona de așezare a suprafețelor plane ale pulverizatorului și corpului injectorului se asigură prin prelucrarea acestora cu valori strânse ale abaterilor de formă (planeitate sub $1\ \mu\text{m}$) și de la calitatea prelucrării suprafețelor (rugozitate sub $0,1\ \mu\text{m}$). Etanșarea pe suprafața de așezare a capacului 10 se face cu ajutorul garniturii din cupru 12. O garnitură din cupru sau tablă de oțel se utilizează și pentru fixarea tubulaturii de înaltă presiune în racordul 13.

De regulă, corpul injectorului se montează în chiulasă într-o poziție univocă, deoarece orificiile pulverizatorului trebuie să orienteze jetul de combustibil după direcții determinate de cerințele procesului de formare a amestecului. Fixarea în loc a celui din chiulasă se realizează după mai multe metode:

- prin intermediul unor flanșuri și prezoane;
- prin intermediul unor bride;
- prin înfiletare direct în chiulasă;
- prin înfiletare prin intermediul unei piule speciale.

Pulverizatorul injectoarelor închise comportă două piese: corpul 2 și acul 4 (fig.4.21). Vârful acului pulverizatorului poate fi:

- conic;
- cu tift.

Când acul este prevăzut cu vârf conic, în corpul pulverizatorului se prelucrează punga P , din care combustibilul este pulverizat prin unul sau mai multe orificii de pulverizare p (fig.4.22.a și b). În cazul existenței unui singur orificiu de pulverizare (fig.4.22.a), acesta se execută, de regulă, înclinat. Valorile optime ale diametrului și unghiului de înclinare ale orificiului de pulverizare se stabilesc în concordanță cu procedeul de formare a amestecului. Vârful pulverizatorului cu un singur orificiu se execută conic (fig.4.22.a). În cazul existenței mai multor orificii de pulverizare (fig.4.22.b), vârful corpului pulverizatorului are formă de bulb, iar orificiile se dispun echidistant pe suprafața laterală a unui con imaginar, numit con de pulverizare. Unghiul acestuia și diametrul orificiilor constituie parametri care se optimizează cu ocazia stabilirii soluției energetice a m.a.c.-ului. De asemenea, se optimizează și lungimea orificiilor, parametru care influențează penetrația jetului de combustibil.

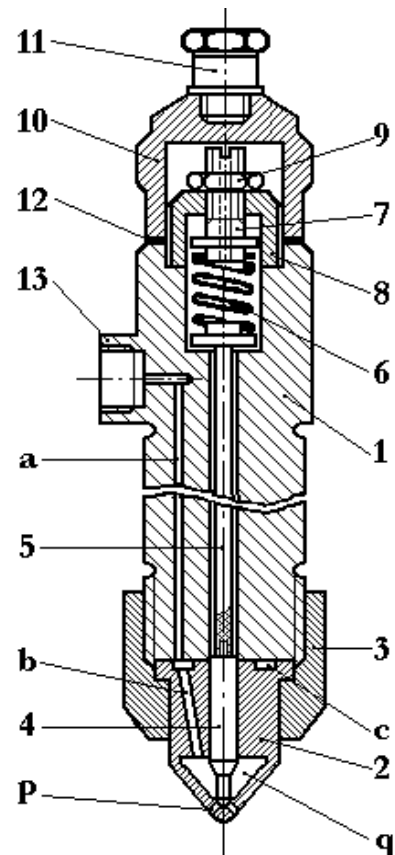


Fig.4.21

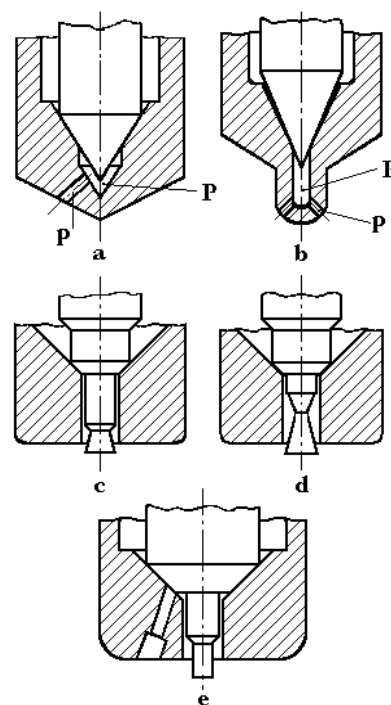


Fig.4.22

Când acul este prevăzut cu tift, în corpul pulverizatorului se execută un singur orificiu de pulverizare dispus central (fig.4.22.c și d). Dacă tiftul este cilindric, rolul lui principal este de a curăți orificiul de pulverizare de depunerile carbonoase (fig.4.22.e). Dacă tiftul este tronconic (fig.4.22.c) sau dublu tronconic (fig.4.22.d), la acțiunea de autocurățire se adaugă și efectul de dispersie a jetului (particulele de combustibil se lovesc de ultima suprafață conică a tiftului, formând o pânză conică).

Secțiunea de curgere variază proporțional cu înălțimea de ridicare a acului. În cazul pulverizatoarelor cu tift, secțiunea de curgere crește lent la începutul ridicării acului, datorită prezenței tiftului tronconic sau dublu tronconic. Ca urmare, la începutul injectiei, se introduce o fracțiune mică din doză pe ciclu, doza principală introducându-se ulterior. Această particularitate este convenabilă pentru limitarea mersului brutal al motorului.

În același scop se utilizează și pulverizatoarele denumite **Pintaux** (fig.4.22.e), care permit realizarea injectiei pilot de combustibil. Acestea au prelucrat sub scaunul conic din corpul pulverizatorului un orificiu lateral, înclinat. Tiftul cilindric formează cu orificiul principal de pulverizare un ajustaj cu joc foarte mic (cca. 3 μm). La ridicarea acului, atâta timp cât porțiunea cilindrică a tiftului (cea care formează ajustajul) nu deschide orificiul de pulverizare, combustibilul curge numai prin orificiul lateral, jetul fiind îndreptat către centrul camerei de ardere; se produce injectia pilot. Ulterior, când acul deschide orificiul de pulverizare, se produce injectia dozei principale. Raportul dintre doza injectată prin orificiul lateral și doza principală variază în funcție de regimul de funcționare al motorului. **Injectoarele Pintaux** asigură pornirea ușoară a motorului; se utilizează pe motoare cu camere de ardere de mare turbulență.

Corpul injectorului se execută din OLC de calitate pentru cementare sau de îmbunătățire, semifabricatul obținându-se prin forjare în matriță. Suprafața de așezare se carbonitrează și se călește pentru evitarea deformării și pentru asigurarea unei etanșări corespunzătoare.

Arcului injectorului i se impune o caracteristică precisă, fiind necesare tratamente de stabilizare care să-i asigure menținerea calității lor în timp.

La rândul lor, pulverizatoarele se execută din oțeluri speciale. Corpul pulverizatorului se împerechează cu acul, astfel încât jocul în porțiunea de etanșare să rezulte în limitele prescrise (1,5...3 μm). Odată împerecheate, corpul și acul pulverizatorului, devin un ansamblu de piese neinterschimbabile.

Concluzionând, injectoarele închise cu comandă hidraulică prezintă următoarele **avantaje**:

- a) injectia începe la o presiune relativ mare, care poate fi reglată convenabil prin modificarea tensiunii arcului;
- b) întrucât injectia se termină la presiuni relativ mari, se elimină fenomenul de picurare, fenomen ce duce la o ardere prelungită și la cocsarea pulverizatoarelor;
- c) nu este necesar un dispozitiv special de comandă.

Aceste injectoare prezintă însă și o serie de **dezavantaje**:

- a) construcție mai complicată, cu piese în număr care fac posibilă apariția defecțiunilor și reducerea duratei de funcționare;
- b) din cauza ocului produs la închiderea acului, scaunul și brâul de etanșare a acului se uzează rapid;
- c) datorită presiunilor variabile ale combustibilului din camera pulverizatorului, sistemul ac-arc poate intra în vibrație;
- d) datorită dilatării și contracției volumului de combustibil conținut în pompa de injectie, conducta de înaltă presiune și injector, doza de combustibil care poate fi injectată în cilindru este limitată.

Avantajele injectoarelor hidraulice sunt mult mai importante, astfel încât ele au o utilizare generalizată la motoarele cu ardere internă. Injectoarele prevăzute cu comandă mecanică sau electrică au utilizări extrem de restrânse.

INFORMAȚII SUPLIMENTARE¹

I.1. SISTEMUL POMP - INJECTOR

La presiunile mari de injecție utilizate pe motoarele diesel actuale, elasticitatea conductelor de legătură dintre pompă și injectoare, precum și vibrațiile acestora pot modifica legea de injecție și pot conduce la apariția postinjecției (introducerea necontrolată de combustibil în cilindru după terminarea injecției principale), cu afectarea performanțelor de poluare și consum ale motorului. În plus, prezența conductelor de înaltă presiune limitează presiunile maxime de injecție, iar inerția coloanei de lichid din conductă afectează caracteristicile injecției.

Una din modalitățile de contracarare ale acestor efecte negative constă în utilizarea sistemelor de injecție de tip **pomp -injector** (fig.I.1). La aceste sisteme, fiecare injector conține și elementul de pompare corespunzător; dispar astfel pompa de injecție (ca subsamblu distinct) și conductele de înaltă presiune. Fiecare element de pompare este acționat de câte o camă, arborele cu came al motorului conținând, de fapt, atât came pentru acționarea supapelor, cât și came pentru acționarea pompelor-injector. Acest tip de sistem permite controlul precis al începutului și sfârșitului injecției, comanda pompelor-injector fiind asigurată de unitatea electronică a motorului.



Fig.I.1

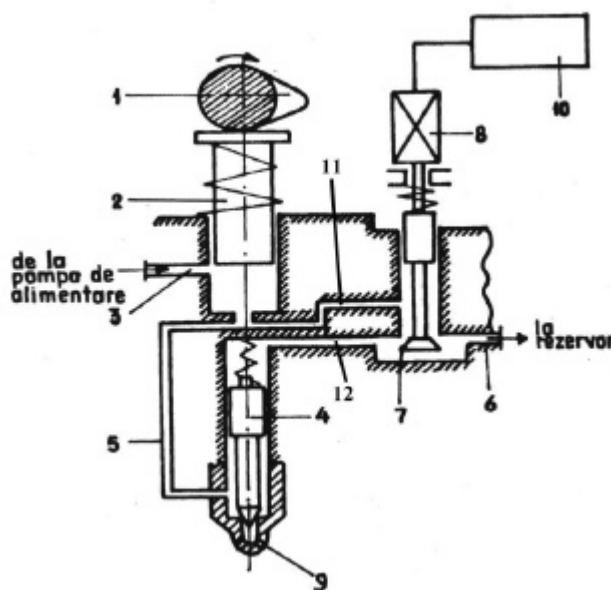


Fig.I.2

- 1 – camă ; 2 – piston; 3 – canal admisie; 4 – acul injectorului; 5 – canal înalt presiune; 6 – canal de legătură cu rezervorul; 7 – supapă ;
8 – electromagnet; 9 – orificiu de pulverizare; 10 – unitate centrală ;
11 – canal de by-pass; 12 – canal colectare scurte de combustibil.

Schema de principiu a unei unități pompă -injector este prezentată în figura I.2. Se observă faptul că pistonul 2 al elementului de pompare este acționat, pe cursa de comprimare, de către cama 1. Umplerea elementului de pompare cu combustibil are loc atunci când acesta se găsește în poziția extremă superioară, deschizând astfel canalul de admisie 3. Odată ce pistonul începe să

¹ Elementele prezentate în următoarele pagini au un caracter informativ, pentru completarea cunoștințelor referitoare la echipamentul de injecție.

coboare sub acțiunea camei 1, canalul de admisie 3 este obturat. Atât timp cât supapa 7 este deschis, combustibilul refulat de către elementul de pompare trece prin canalul 11 și pe lângă supapa 7, către rezervorul de combustibil.

Injectia propriu-zis (introducerea combustibilului în camera de ardere) începe din momentul în care electromagnetul 8 închide supapa 7, combustibilul refulat de către pistonul 2 fiind trimis în camera de acumulare a pulverizatorului prin canalul 5. Presiunea combustibilului ridică acul 4 al pulverizatorului, orificiile de pulverizare 9 fiind astfel deschise.

Întreruperea injectiei are loc atunci când supapa 7 este deschis, combustibilul sub presiune trecând prin canalul 11 către rezervor; astfel, datorită scăderii presiunii, acul injectorului închide orificiile de pulverizare.

Din figura I.3, se observă că alimentarea cu motorină a pompei-injector 3 și preluarea surplusului de combustibil se realizează prin intermediul canalelor 4 și 5, practicate în chiulasa 6. În figura I.4 este prezentată schema funcțională a pompei-injector de tip Bosch, care permite obținerea unei injectii în trepte (injectia pilot de motorină și injectia principal).

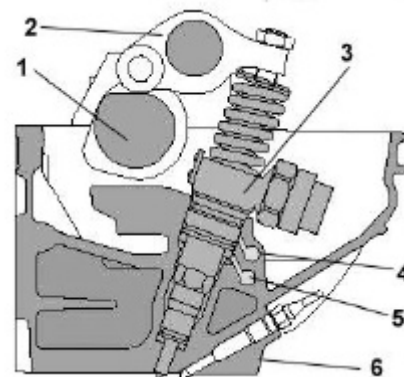


Fig.I.3

1 – arbore cu came; 2 – culbutor;
3 – pompă-injector; 4 – canal de retur
combustibil în rezervor; 5 – canal de
alimentare cu combustibil; 6 – chiulasa.

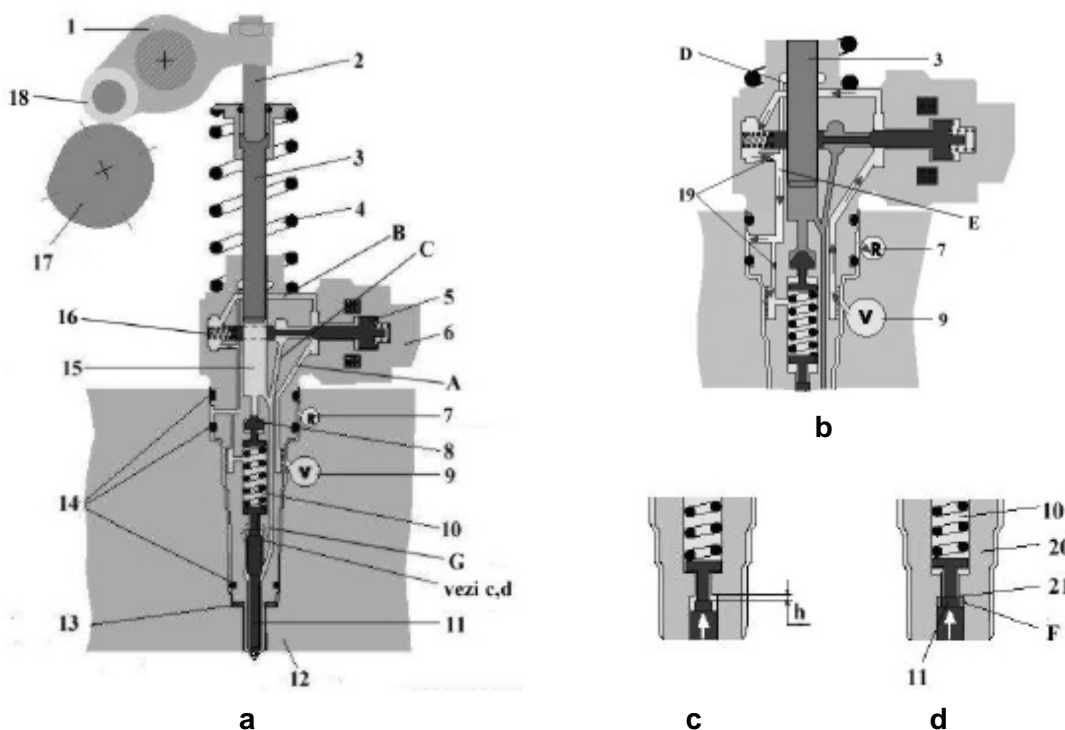


Fig.I.4

1 – culbutor; 2 – urub; 3 – piston; 4, 10 și 16 – arcuri; 5 – sertar; 6 – electrovalvă; 7 – canal retur combustibil; 8 – piston de compensare; 9 – canal alimentare combustibil; 11 – acul pulverizatorului; 12 – chiulasa; 13 – garnitură de etanșare; 14 – inele de etanșare; 15 – spațiu de înaltă presiune; 17 – camă; 18 – rol; 19 – drosele; 20 – pulverizator; 21 – alezaj.

Alimentarea cu combustibil a pompei-injector se realizează prin canalul 9 (fig.I.4.a), executat în chiulasa. Prin intermediul droselelor 19, o parte din debitul de motorină este trimis către canalul 7, de unde combustibilul ajunge înapoi în rezervorul de combustibil; se asigură astfel funcționarea pompei-injector. Prin canalul A, combustibilul ajunge în spațiul controlat de către sertarul 5 al electrovalvei 6. De aici, prin canalul B și unul din droselele 19, combustibilul este trimis către canalul de retur 7.

În același timp, prin canalul *D* (fig.I.4.b), se asigură ungerea pistonului plonjor 3. Atunci când electrovalva 6 nu este alimentată cu energie electrică, arcul 16 menține sertarul 5 deplasat către dreapta, iar combustibilul poate trece prin canalul *C* către spațiul de pompare 15. Preinjecția combustibilului are loc prin coborârea pistonului 3, sub acțiunea culbutorului 1, acționat de către cama 17. Presiunea combustibilului începe să crească atunci când electrovalva 6 este alimentată cu energie electrică, sertarul 5 fiind deplasat către stânga; astfel, se închide legătura dintre spațiul de înaltă presiune 15 – respectiv canalul *C* – și canalul *A*. Prin canalul *G*, combustibilul sub presiune (min. 180 bar) ajunge în camera de acumulare a pulverizatorului 2, acul 11 fiind ridicat.

Cursa de ridicare a acului *h* (fig.I.4.c) este limitată de faptul că, atunci când capătul acului injectorului *p* trunde în alezajul 21, în spațiul *F* se formează o „pernă” de combustibil ce împiedică ridicarea în continuare a acului. Astfel se limitează cantitatea de combustibil introdus în cilindru pe timpul preinjecției. Prin creșterea presiunii combustibilului (până la max. 300 bari), presiunea din camera 15 devine suficientă pentru a acționa pistonul de compensare 8, deplasându-l în jos. Astfel, volumul camerei 15 crește, iar presiunea combustibilului scade; ca urmare, injecția pilot de combustibil se termină, forța elastică a arcului 10 realizând coborârea acului 11.

Injecția principală începe după ce, prin coborârea în continuare a pistonului 3, presiunea în camera 15 începe să crească din nou, acul pulverizatorului fiind iarăși ridicat. Injecția principală se termină atunci când încetează alimentarea cu energie electrică a electrovalvei 6, sertarul 5 fiind deplasat către dreapta de către arcul 16. Astfel, spațiul de înaltă presiune 15 este pus în legătură, prin canalul *C*, cu spațiul de admisie (canalul *A* și canalul de alimentare 9); scăderea presiunii din camera 15 conduce la coborârea acului 11, orificiile de pulverizare fiind închise. Având în vedere montarea unităților pompă-injector în chiulasă, precum și faptul că motorina este folosită și pentru răcire a acestora, motorul este prevăzut cu un circuit de răcire a combustibilului (fig.I.5), înainte ca acesta să fie trimis înapoi în rezervor.

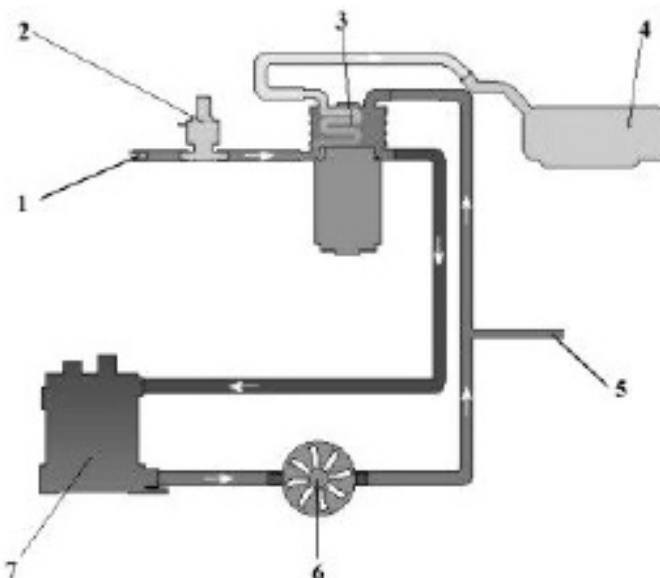


Fig.I.5

1 – de la pompele-injector; 2 – senzor temperatură combustibil; 3 – schimbător de căldură combustibil-lichid de răcire;
4 – rezervor combustibil; 5 – către circuitul de răcire al motorului; 6 – pompă pentru circuitul de răcire al combustibilului;
7 – radiator pentru răcirea combustibilului.

I.2. SISTEMUL DE INECȚIE CU RAMPĂ COMUNĂ („COMMON RAIL”)

Pompele de injecție controlate electronic au fost primele utilizate pentru injecția de înaltă presiune în motoarele diesel. Există însă tendința ca utilizarea lor să fie restrânsă datorită faptului că, pe de o parte, legea de injecție fiind dependentă de profilul camei, nu poate fi modelată mai aproape de cerințele motorului, iar pe de altă parte, preinjecția și injecția nu sunt complet

controlate electronic. În același timp, sistemele de tip pompă-injector sunt, de asemenea, tributare acțiunii prin camă a elementului de pompare, ceea ce limitează posibilitățile de control.

La sistemele de tip **rampă comun („common rail”)**, fiecare injector este conectat la o conductă (comună tuturor injectoarelor) în care permanent se găsește combustibil la presiune înaltă (1000...1500 bar). Pentru creșterea presiunii combustibilului, se folosește o pompă volumetrică, antrenată de către motor.

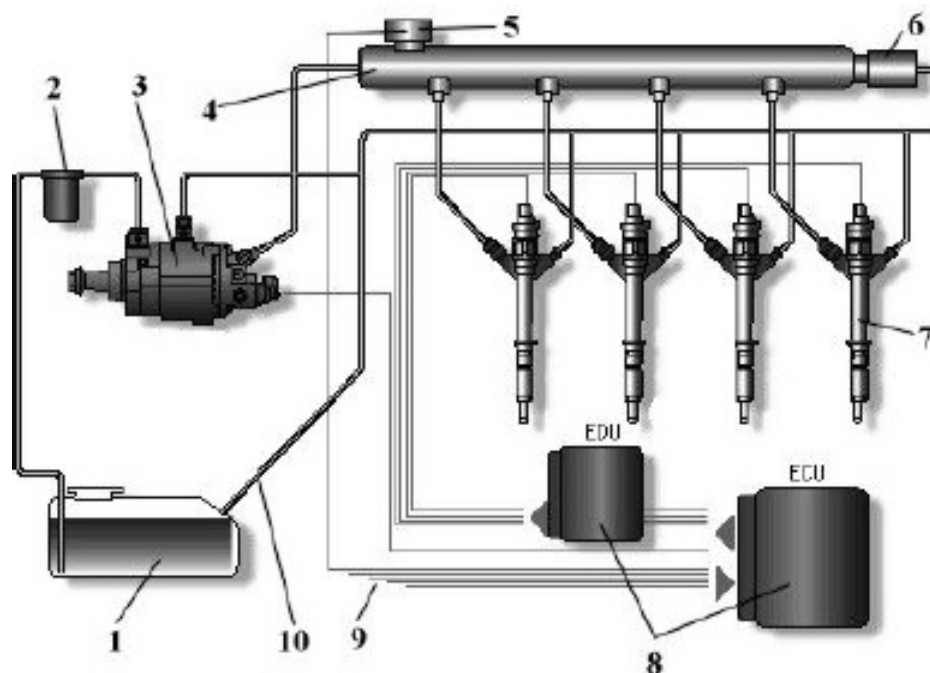


Fig.I.6

- 1 – rezervor; 2 – filtru; 3 – pompă; 4 – rampă comună; 5 – senzor de presiune; 6 – supapă de limitare a presiunii;
7 – injector; 8 – blocuri electronice; 9 – de la diverse traductoare (de turație, presiune de admisie etc.);
10 – circuit retur combustibil.

Schema de principiu a unui sistem cu rampă comun este prezentat în figura I.6. Din schema prezentată, se observă că pompa 3 debitează combustibilul către rampa comună 4, presiunea maximă în rampă fiind reglată de către supapă 6. Injectoarele 7 sunt comandate electric de către blocurile electronice ale sistemului; la sistemele „common rail” din generația I și II, injectoarele sunt electromagnetice; la sistemele din cea de a treia generație, injectoarele sunt piezoelectrice. Sistemele de injecție „common rail” au fost dezvoltate de către firma Bosch (fig.I.7) începând din anul 1997; acestea aveau o presiune de injecție de 1350 bar, fiind destinate, la acea vreme, autoturismelor Alfa Romeo și Mercedes.

Sistemele destinate autocamioanelor au fost dezvoltate începând cu anul 1999, presiunea maximă de injecție putând atinge 1400 bar. Începând din anul 2001, firma Bosch a produs cea de a doua generație de sisteme de injecție cu rampă comună, destinate autoturismelor Volvo și BMW, la care presiunea de injecție atingea 1600 bar. În 2002 au apărut și sistemele din cea de a doua generație destinate autocamioanelor. Sistemele de injecție de tip „common rail” din generația a treia sunt produse începând cu anul 2003. Acestea utilizează injectoare piezoelectrice și permit reducerea cu 20% a emisiilor poluante și o creștere de 5% a puterii. Presiunea maximă de injecție atinge 1600 bar. Primele sisteme au fost destinate autoturismelor Audi. Alimentarea cu motorină a pompei de înaltă presiune se realizează prin intermediul unei pompe de transfer (cu palete culisante în rotor sau cu roți dințate). Debitul de combustibil refulat de pompa de transfer este controlat de către un dispozitiv de reglare a debitului, comandat de către unitatea centrală în corelație cu presiunea din rampa comună. Pompele de înaltă presiune sunt de tipul cu cilindri radiali mobili sau imobili.

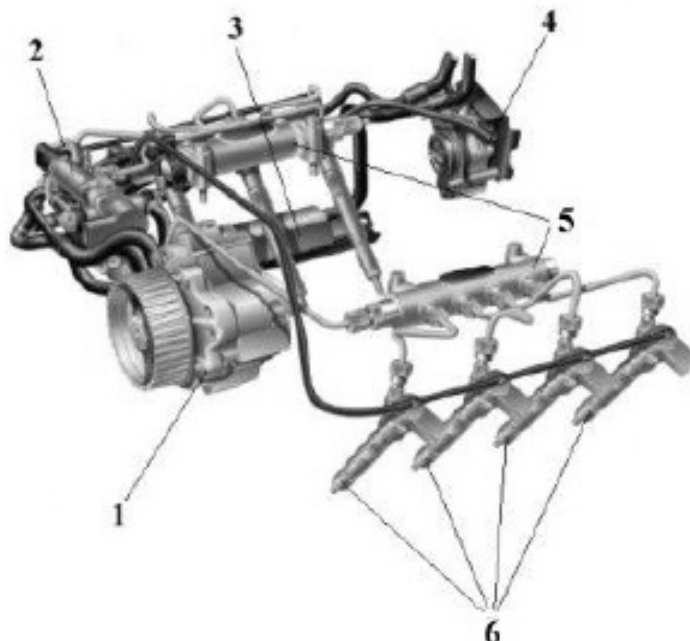


Fig.I.7

1 – pompă de înaltă presiune; 2 – pompă de transfer și dispozitiv de reglare a debitului; 3 – schimbător de căldură al circuitului de răcire a combustibilului; 4 – pompa circuitului de răcire a combustibilului; 5 – rampa comună; 6 – injectoare.

Pompele cu cilindri radiali mobili (fig.I.8 și I.9) sunt asemănătoare pompelor de injecție cu distribuitor rotativ și pistoane radiale: într-un rotor sunt executate alezaje radiale în care se găsesc pistoanele 5, acționate de către un inel 8 cu came interioare, prin intermediul unor tacheți cu role 2.

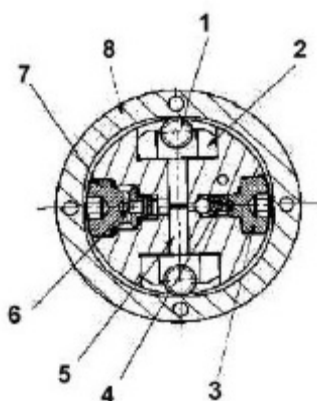


Fig.I.8

1 – rol; 2 – tchet; 3 – ansamblu supapă refulare; 4 – orificiu refulare; 5 – pistonă; 6 – orificiu admisie; 7 – ansamblu supapă admisie; 8 – inel cu came interioare.

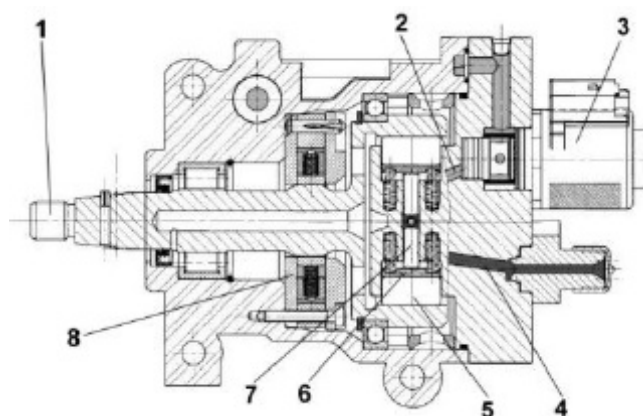


Fig.I.9

1 – arbore antrenare; 2 – canal aspirație; 3 – electrovalvă; 4 – canal refulare; 5 – rol; 6 – tchet; 7 – piston; 8 – pompă de transfer.

Pompele cu cilindri radiali imobili (fig.I.10) sunt acționate prin intermediul unui arbore 1, prevăzut cu camele radiale 2. În statorul pompei sunt montate radial elementele de pompare care conțin pistoanele plonjoare 3. Cursa de admisie (deplasarea către axa camei 2) a pistonului se desfășoară sub acțiunea arcului acestuia, în timp ce cursa de refulare se desfășoară datorită acțiunii camei 2.

Din figura I.11, se observă că pompele de tip Bosch au trei elemente de pompare, decalate unghiular cu 120°. Fiecare element de pompare conține pistonul plonjor 1, introdus în alezajul din corpul 3 al elementului. Alimentarea pompei de înaltă presiune se realizează prin intermediul unui

dispozitiv (fig.I.3) care permite reglarea cantității de combustibil aspirate prin modificarea secțiunii de trecere a orificiului 12 de către sertarul 9. Poziția sertarului depinde de cantitatea de combustibil ce se găsește în spațiul A al dispozitivului. Aceasta, la rândul ei, depinde de factorul de umplere al semnalului dreptunghiular cu care este alimentată electrovalva 7: cu cât electrovalva va fi deschis (poziția din figură) mai mult timp, cu atât cantitatea de combustibil din spațiul A va fi mai mică, iar secțiunea de trecere prin orificiul 12 va fi, de asemenea, mai mică.

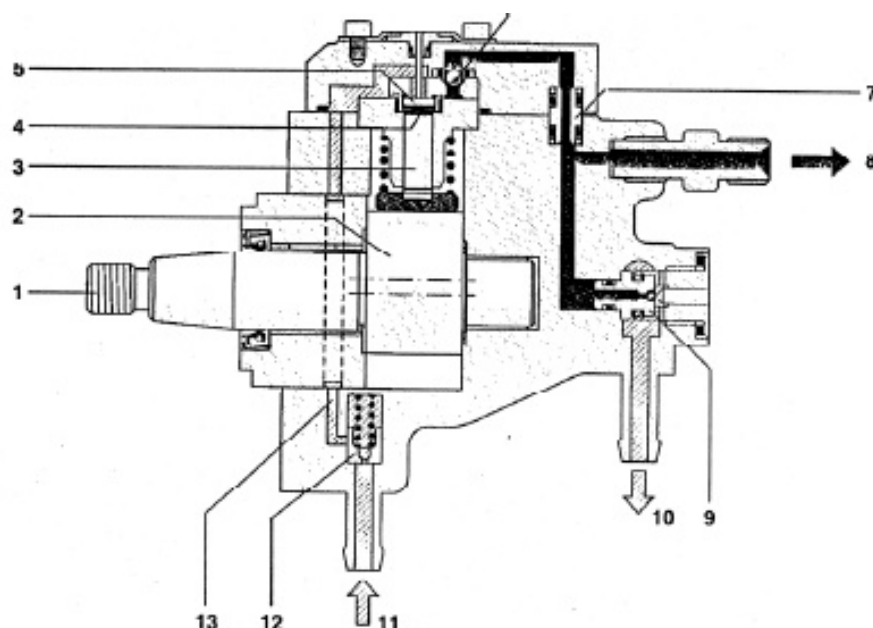


Fig.I.10

1 – arbore de antrenare; 2 – camă; 3 – piston; 4 – cameră de pompare; 5 – supapă de admisie; 6 – supapă de evacuare; 7 – elemente de etanșare; 8 – racord de înaltă presiune; 9 și 12 – supape; 10 – circuit retur combustibil; 11 – racord alimentare combustibil; 13 – canal aspirație.

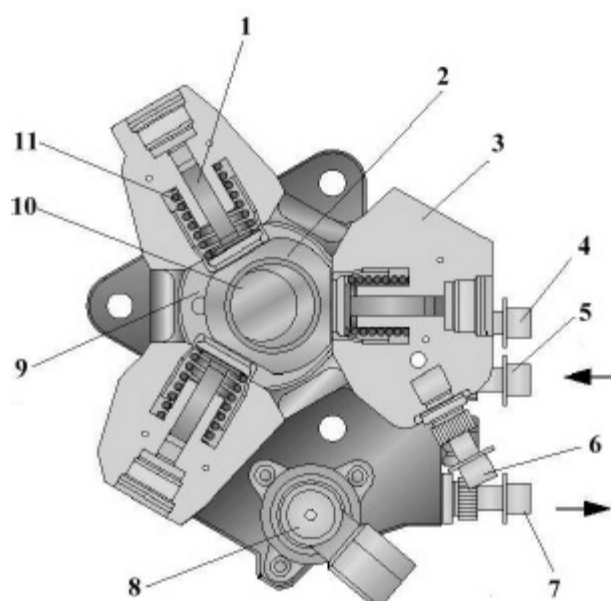


Fig.I.11

1 – piston plonjor; 2 – came; 3 – corpul elementului de pompare; 4 – racord retur combustibil; 5 – racord retur combustibil de la injectoare; 6 – racord intrare combustibil; 7 – racord înaltă presiune; 8 – electrovalvă reglare debit; 9 – carcasa pompei; 10 – arbore de antrenare; 11 – arc.

Combustibilul este utilizat i pentru ungerea cuplului piston-alezaj, prin intermediul canalului 10. Dup cum s-a menționat anterior, injectoarele utilizate la sistemele de tip ramp comun pot fi electromagnetice sau piezoelectrice.

În figura I.12 este prezentat construcția unui **injector electromagnetic** de tip Bosch. Acesta este alimentat cu combustibil sub presiune prin racordul 8; de aici, prin canalele 10 i 12, combustibilul ajunge în camera de presiune 2, respectiv în camera de acumulare 13. Atât timp cât bobina 7 a injectorului nu este alimentat cu energie electric , supapa 9 este închis . Având în vedere faptul c în camerele 2 i 13 presiunile sunt acelea i, acul 14 al pulverizatorului închide orificiile de pulverizare. Atunci când injectorul este alimentat cu energie electric , bobina 7 deplaseaz în sus tija 4, iar supapa 9 se deschide. Prin orificiul calibrat 3, spațiul 2 este pus în leg tur cu racordul de retur al combustibilului 5. Ca urmare a faptului c motorina din spațiul 2 poate trece c tre racordul 5, tija 11 se poate ridica sub acțiunea presiunii din camera de acumulare 13; acul 14 se ridic i comprim arcul 1, combustibilul trecând spre orificiile de pulverizare.

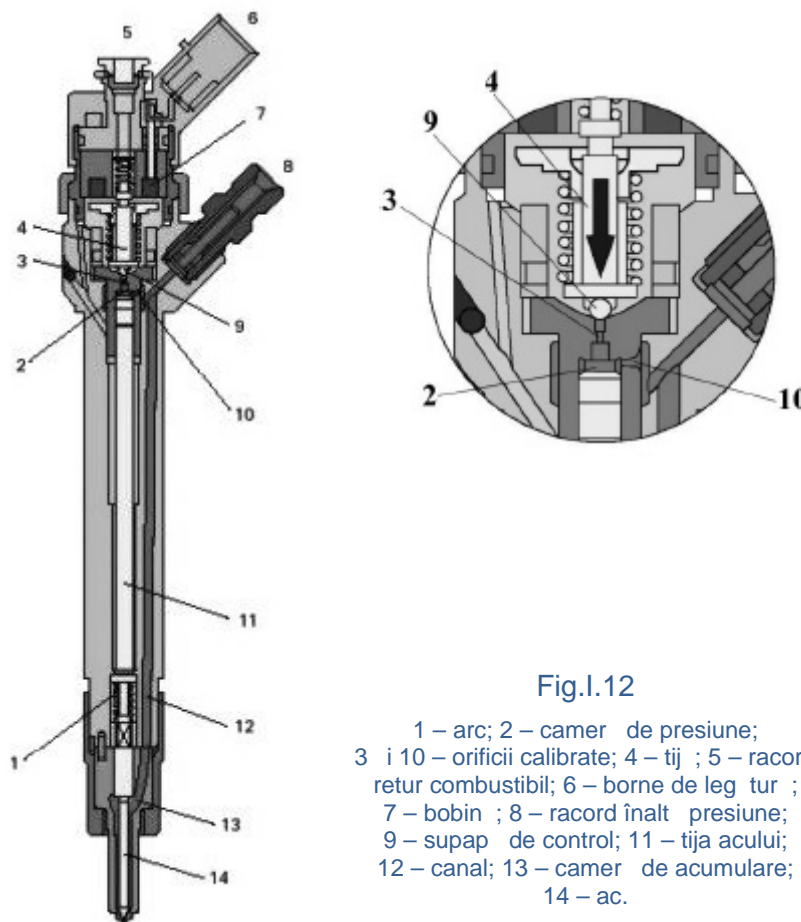


Fig.I.12

- 1 – arc; 2 – camer de presiune;
 3 i 10 – orificii calibrate; 4 – tij ; 5 – racord
 retur combustibil; 6 – borne de leg tur ;
 7 – bobin ; 8 – racord înalt presiune;
 9 – supap de control; 11 – tija acului;
 12 – canal; 13 – camer de acumulare;
 14 – ac.

Ridicarea acului injectorului are loc atunci când presiunea atinge 160 bar. Ca urmare a deschiderii orificiilor de pulverizare, presiunea combustibilului din camera de acumulare 13 scade, acul 14 coboară , iar preinjectia încetează . Injectia principal are loc dup ce presiunea combustibilului din camera 13 a crescut din nou, suficient pentru a ridica din nou acul pulverizatorului. Injectia încetează atunci când se întrerupe alimentarea cu energie electric a bobinei 7. Arcul tije 4 asigur închiderea supapei 9. Prin orificiul calibrat 10, combustibilul sub presiune ce sose te prin racordul 8 intr în spațiul 2 i împinge în jos tija 11 care, la rândul ei, împinge acul pulverizatorului, iar acesta obturează trecerea combustibilului c tre orificiile de pulverizare.

Injectoarele piezoelectrice au avantajul unei viteze de operare de patru ori mai mare decât în cazul injectoarelor electromagnetice, ceea ce permite un control mai precis al timpului, presiunii i volumului injectiei. Astfel sunt posibile injectii pilot multiple la turații ale motorului sub

2500 rot/min, injecții duble sau triple la turații de 2500...3000 rot/min și injecții singulare la turația maximă.

Construcția unui injector piezoelectric este prezentat în figura I.13. Principiul de funcționare este asemănător celui utilizat la injectoarele electromagnetice. Singura diferență constă în sistemul de comandă al supapei de control 3 care, în acest caz, este format din pastila piezo-ceramică 1 și sistemul mecanic de amplificare 2.

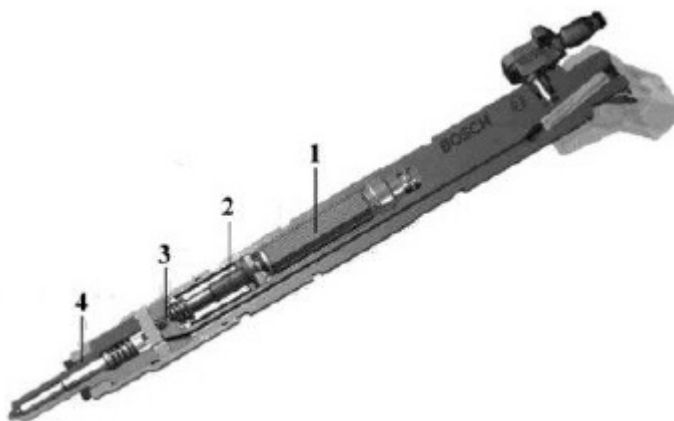


Fig.I.13

1 – pastilă piezo-ceramică ; 2 – sistem mecanic de amplificare; 3 – supapă de control; 4 – pulverizator.

Pastila piezoceramică are formă paralelipipedică, având dimensiunile de 7x7x30 mm și este formată din 400 de straturi. La o lungime de 30 mm, prin aplicarea tensiunii electrice, pastila suferă o dilatare de 40 μm , dilatare ce este amplificată de către sistemul mecanic cu pârghii 2 până la o valoare suficientă pentru a acționa supapa de control 3.