

CAPITOLUL 8

INSTALAȚII DE ALIMENTARE CU POMPE DE INECȚIE ROTATIVE PENTRU MOTOARE DIESEL

8.1. POMPA DE INECȚIE CU DISTRIBUTOR ROTATIV, DE TIP CAV-DPAM

8.1.1. Construcția și funcționarea pompei de inecție cu distribuitor rotativ

Acest tip de pompe de inecție 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 inecție 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 pătrunderea apei și impurităților;
- pot fi montate pe motor în orice poziție.

Dintre dezavantajele acestui tip de pompă se pot menționa:

- uzură 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 inecție cu element în linie - i fiind numărul de cilindri); ca urmare, la turații ridicate, umplerea elementului de pompare poate fi incompletă.

În **fig. 8.1.** este prezentată schema de principiu a unui sistem de alimentare echipat cu pompă de inecție cu distribuitor rotativ.

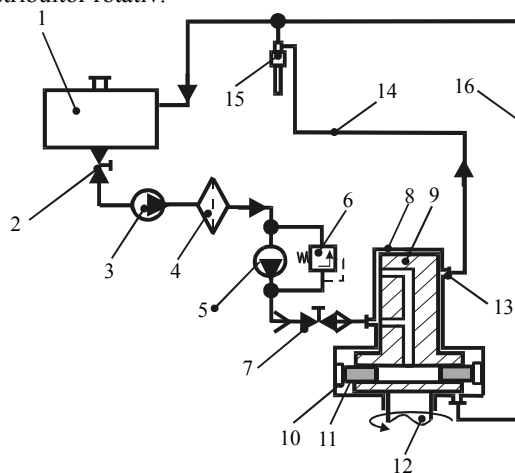


Fig. 8.1. Schema sistemului de alimentare al pompei de inecție cu distribuitor rotativ

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 (bucșă); 9-rotorul capului hidraulic; 10-inel cu came interioare; 11-pistonas; 12-arboare de antrenare; 13-racord de înaltă presiune; 14-conductă de înaltă presiune; 15-injector; 16-circuit de preluare a pierderilor de combustibil.

Se observă că alimentarea capului hidraulic al pompei de inecție este realizată prin intermediul pompei de transfer (5), care ridică presiunea combustibilului de la valoarea asigurată de către pompa de alimentare (3) - $1...1,5 \text{ daN/cm}^2$ - până la maximum 10 daN/cm^2 (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 făcând 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 și rolul de a permite amorsarea sistemului de alimentare (umplerea cu combustibil), prin acționarea manuală a pompei de alimentare. În **fig. 8.2**, este prezentată funcționarea supapei de amorsare și regularizare.

Atunci când motorul este oprit (**fig. 8.2a**), 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. 8.2b**), 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) - cu rigiditate mică - și deschide orificiul (3). Astfel, combustibilul pătrunde în pompa de injecție, ocolind pompa de transfer.

În timpul funcționării motorului (**fig. 8.2c**), 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 către pompa de transfer ajunge înapoi în admisia pompei. Ca urmare, debitul de combustibil care se întoarce în admisia pompei de transfer va 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 (**fig. 8.2d**). 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 **fig. 8.1**, se observă că alimentarea capului hidraulic cu motorină se realizează prin intermediul supapei de dozare (7), care reglează cantitatea de combustibil pătrunsă în elementul de pompare; se asigură astfel reglarea dozei ciclice. Deci, spre deosebire de pompele de injecție cu elemente în lini prezentate anterior, la care cantitatea de combustibil introdusă în elementul de pompare este permanent aceeași și la care reglarea dozei ciclice se realizează prin modificarea cantității de combustibil refulate (pompa cu aspirație constantă și refulare variabilă), la pompa cu distribuitor rotativ cantitatea de combustibil aspirată în elementul de pompare este variabilă; în schimb, întreaga cantitate aspirată este refulată către injectoare (pompa cu aspirație variabilă și refulare constantă).

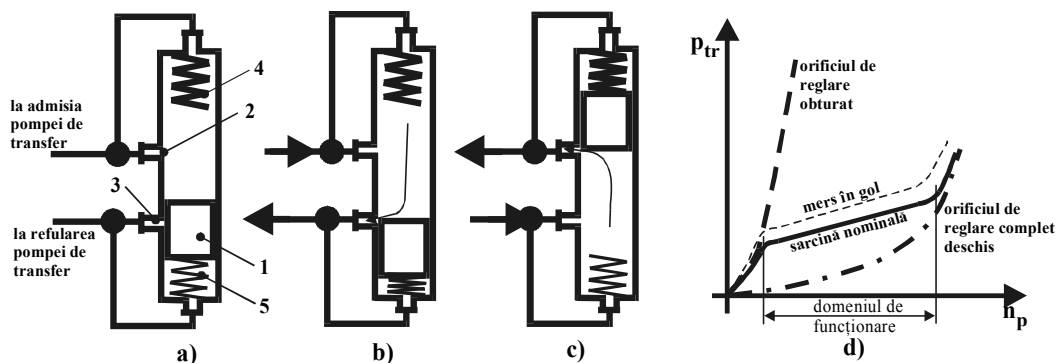


Fig. 8.2. Funcționarea supapei de amorsare și regularizare

a - motor oprit; **b**-amorsarea sistemului de alimentare; **c**-motor în funcțiune; **d**-caracteristica de debit a ansamblului pompă de transfer-supapă de amorsare și regularizare;

1-piston; 2-orificiu de reglare a presiunii de transfer; 3-orificiu pentru amorsarea sistemului; 4,5-arcuri.

Funcționarea pompei de injecție cu distribuitor rotativ este prezentată în **fig. 8.3**.

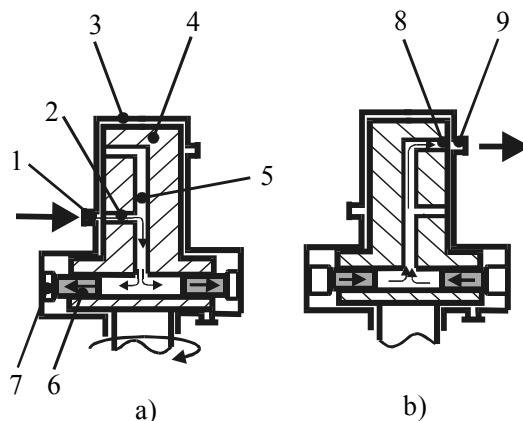


Fig. 8.3. Schema funcționării pompei de injecție cu distribuitor rotativ

1-canalul de admisie al bucușei capului hidraulic; 2-canalul de admisie al rotorului capului hidraulic; 3-bucașă (partea fixă); 4-rotor; 5-canal central; 6-pistonaș; 7-inel cu came interioare; 8-canalul de refulare al rotorului; 9-canalul de refulare al bucușei. **a**-admisia combustibilului; **b**-refularea combustibilului.

Capul hidraulic al pompei este format din bucașă (3) și rotorul (4). În bucașă (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 un canal de refulare (8). Combustibilul intră în spațiul dintre pistonășele (6) atunci când unul din canalele de admisie (2) este pus în comunicație cu canalul de admisie (1 - **fig. 8.3a**), trecând apoi prin canalul central (5) în spațiul dintre cele două pistonășe (6). În acest moment pistonășele (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);
- pistonășele 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. 8.3b**).

După cum s-a menționat anterior, pompa de transfer este de asemenea inclusă în capul hidraulic, rotorul acestei fiind înfiletat în rotorul (4), în partea opusă celei în care se găsesc pistonășele (**fig. 8.6**).

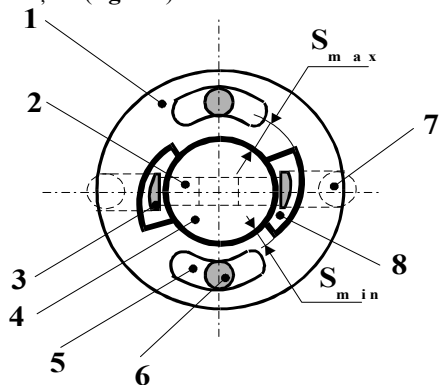


Fig. 8.4. Sistemul de reglare a dozei ciclice maxime

1-disc de reglare; 2-pistonaș; 3-umerul tachețului;
4-arbore de antrenare; 5, 8-fante; 6-șurub de fixare;
7-rola tachețului.

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 diferită; soluția este prezentată în **fig. 8.4**.

Sistemul de reglare a dozei ciclice maxime este format din discul (1), ce 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 șuruburilor de fixare (6). Discul este prevăzut și cu fantele asimetrice (8), în care pătrund umerii (3) ai tacheților cu role ce acționează asupra pistonășelor (2). Cursa de pompare a pistonășelor este limitată

de lăţimea fantei în care se găsesc umerii tacheţilor. Prin rotirea discului (1), datorită asimetriei fantelor (8), cursa tacheţului (şi deci şi a pistonuşului corespunzător) se modifică între valoarea maximă S_{\max} şi cea minimă S_{\min} , ceea ce conduce la modificarea cantităţii de combustibil refulate de către pompă ; de exemplu, prin rotirea discului (1) în sens orar, doza ciclică maximă creşte.

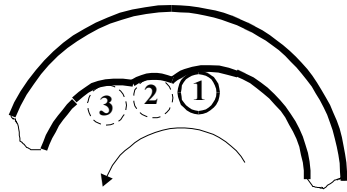


Fig. 8.5. Profilul camei

(fenomen însoţit de descărcarea conductei de înaltă presiune), iar în continuare pistonuşele revin în poziţia iniţială (zona 3). Începutul refulării combustibilului este condiţionat de coincidenţa momentului de suprapunere a celor două orificii de refulare ale capului hidraulic (din rotor şi bucsă) cu momentul în care pistonuşele încep să fie acţionate de către porţiunea de urcare a camelor.

În fig. 8.6 şi 8.7 sunt prezentate vederi generale ale pompelor de injecţie cu distribuitor rotativ.

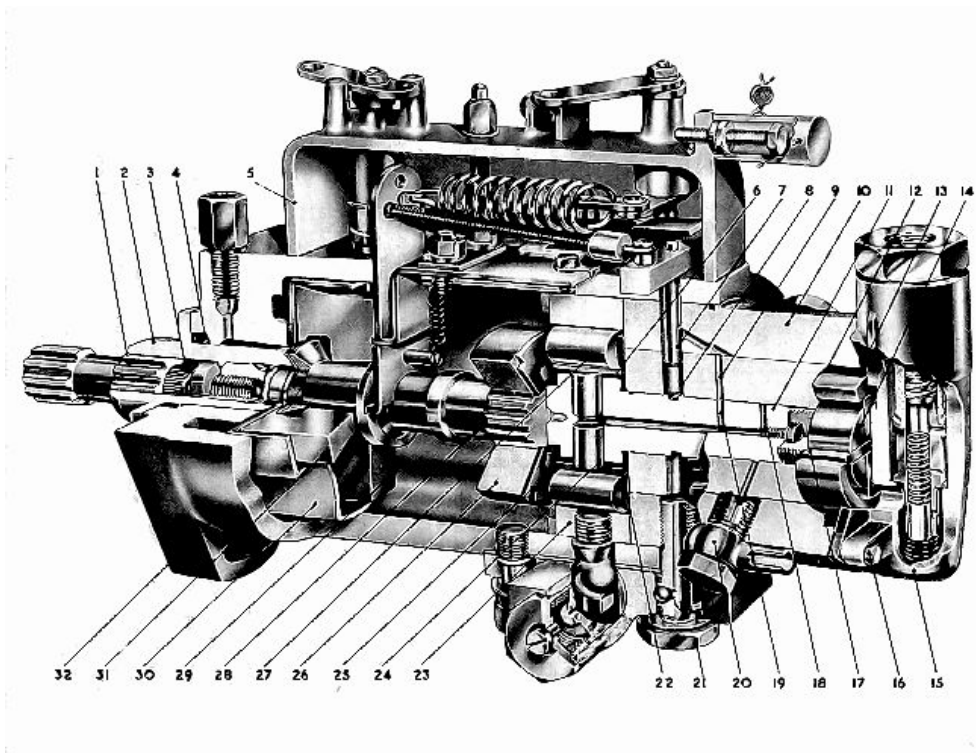


Fig. 8.6. Pompă de injecţie cu distribuitor rotativ DPAM, cu regulator mecanic de turaţie

1-arbore de antrenare; 2-carcasă; 3-simering; 4-racord surplus combustibil; 5-capac; 6-tachet; 7-supapă de dozare; 8-canal admisie; 9- canal admisie (din bucsă); 10-bucsă; 11-rotor; 12-pompă de transfer; 13-filtru admisie combustibil; 14-rotorul pompei de transfer; 15-corpul supapei de amorsare şi regularizare; 16-şurub de prindere; 17-paletă; 18-canal de refulare (în rotor); 19-canal de admisie (în bucsă); 20-racord refulare (în bucsă); 21-racord de legătură; 22, 27-rolele tacheţului; 23-inel cu came interioare; 24-pistonuş; 25-disc pentru reglarea dozei ciclice maxime; 26-flanşa cuplajului capului hidraulic; 28-arborele de antrenare al capului hidraulic; 30-carcasa greutăţilor regulatorului de turaţie; 31-greutate; 32-flanşă de prindere a pompei.

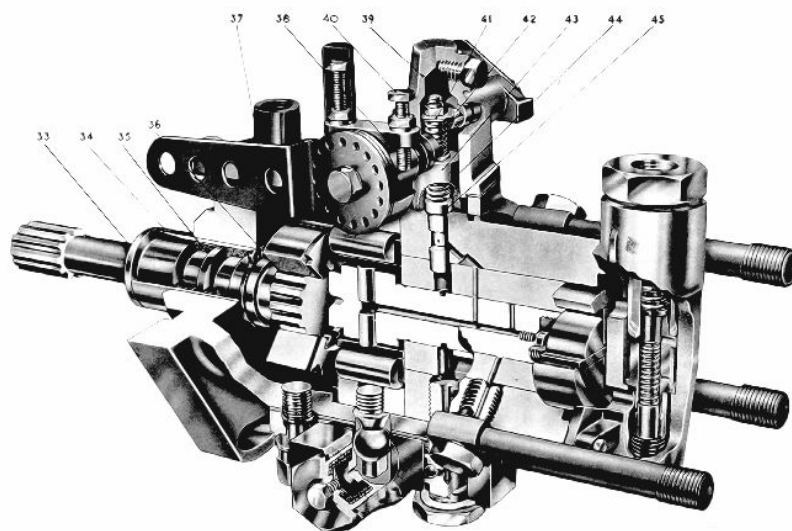


Fig. 8.7. Pompă de injecție cu distribuitor rotativ, cu regulator hidraulic de turație

8.1.2. Variatorul de avans

Pompele de injecție de tip **DPAM** sunt echipate cu un variator automat de avans, care realizează creșterea avansului la injecție odată cu creșterea turației pompei. În acest scop, dispozitivul prezentat în **fig. 8.8.** 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. 8.2.d** - variază liniar cu turația arborelui pompei).

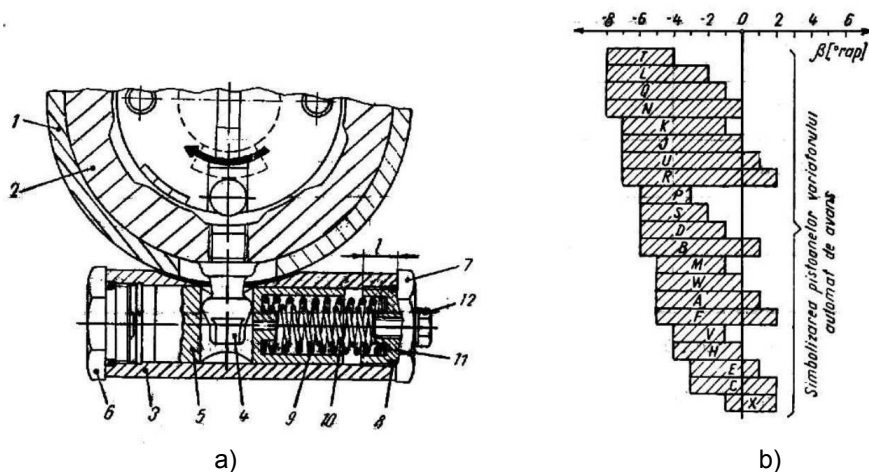


Fig. 8.8. Variatorul de avans

a-construcția variatorului; b-plaja de reglare a avansului

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

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 pătrunde șurubul cu cap sferic (4), fixat în inelul cu came interioare (2).

La creșterea turației, presiunea care acționează asupra pistonului (transmisă prin intermediul racordului 21 – **fig. 8.6.**) 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.

Mărirea plăjei de reglare a avansului este determinată de următorii factori:

- lungimea pistonului și poziția orificiului în care pătrunde capul șurubului (4);
- combinarea arcurilor (9) și (10) cu setul de șaibe de reglaj (11);
- utilizarea unor dopuri filetate (6, 7) de lungimi diferite – **tabelul 8.3.**

Tabelul 8.3

Modificarea avansului la injecție prin intermediul dopurilor filetate			
Simbolizare	Modificare avans, °RAP	Lungimea l , mm	
		Dopul (7)	Dopul (6)
B	-1,0	7,35	5,75
C	-0,5	6,95	6,15
fără 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 (21-fig. 8.6) 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.

8.1.3. Regulatorul de turație

Pompele de injecție cu distribuitor rotativ sunt echipate cu reglatoare de turație pentru toate regimurile, mecanice sau hidraulice.

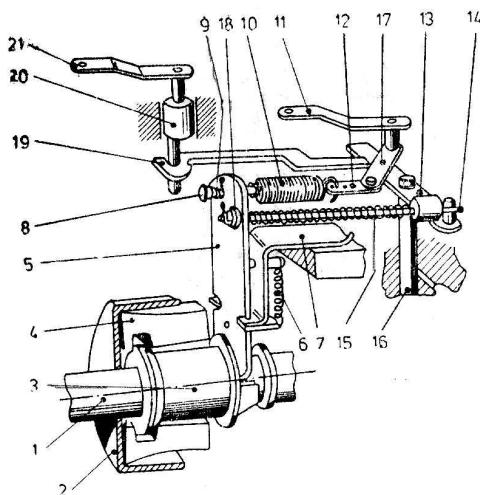


Fig. 8.9. Regulatorul mecanic de turație

1-arbore de antrenare; 2-carcasa greutăților; 3-manșon glisant; 4-greutăți; 5-pârghie de acționare; 6-arc de fixare; 7-piesă de fixare în corpul pompei; 8-bolt; 9-arc pentru mersul în gol; 10-arcul principal al regulatorului; 11-pârghia de accelerație a pompei de injecție; 12-brațul pârghiei de accelerație; 13-brațul supapei de dozare; 14-tijă de acționare a supapei de dozare; 15-arc pentru preluarea jocurilor; 16-supapa de dozare; 17-braț de comandă; 18-piuliță; 19-tijă pentru oprire; 20-excentric; 21-pârghie de oprire.

Regulatorul de turație mecanic (**fig. 8.9.**) este de tipul centrifugal, fiind format din greutatea (4), montate în carcasa (2); aceasta este la rândul ei fixată pe arborele de antrenare (1) al pompei de injecție. Regulatorul acționează asupra brațului (13) al supapei de dozare (16) prin intermediul manșonului (3), a pârghiei (5) și a tijei (14).

La un regim de funcționare dat, stabilit prin poziția pârghiei de accelerație (11), forța centrifugă a greutăților (4) este echilibrată de către forța elastică a arcului principal (10), stabilindu-se astfel o anumită poziție pentru supapa de dozare (16). La creșterea turației, forța centrifugă crește și supapa de dozare este rotită în sensul scăderii debitului de combustibil, până în momentul în care se ajunge din nou la un echilibru între forța centrifugă și forța elastică. Arcul (9) asigură funcționarea regulatorului de turație la mersul în gol.

Oprirea motorului este realizată cu ajutorul pârgiei de oprire (21) care, prin intermediul excentricului (20), deplasează tija de oprire (19); aceasta rotește supapa de dozare în poziția de debit nul, realizând astfel oprirea motorului.

Pârghia de acționare (5) și brațul pârghiei de accelerație (12) sunt prevăzute cu câte trei orificii de fixare arcului principal; varianta de fixare arcului este specificată pe plăcuța indicatoare de pe corpul pompei de injecție (fig. 8.10).

Greutățile regulatorului sunt montate liber în carcasa lor; aceasta este prevăzută cu șase locașuri, care pot fi ocupate de tot atâtea mase centrifuge sau de un număr mai mic (de ex. patru).

Regulatorul hidraulic de turație (fig. 8.11) utilizează presiunea pompei de transfer, supapa de dozare fiind înlocuită de către pistonușul (1), ce se poate deplasa axial sub acțiunea presiunii combustibilului. Forțele de presiune a combustibilului i se opune forța elastică a arcului (2), care poate fi modificată de către pârghia de accelerație (3). Pentru o anumită poziție a pârghiei de accelerație, forța de presiune este echilibrată de către forța elastică a arcului; la creșterea turației, presiunea de transfer crește, pistonușul se ridică într-o nouă poziție de echilibru, iar muchia sa micșorează secțiunea de trecere a combustibilului către capul hidraulic. Ca urmare, turația motorului scade.

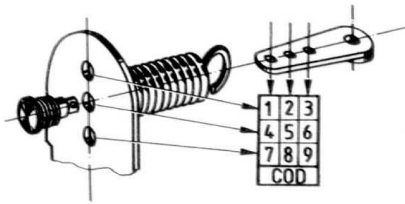


Fig. 8.10. Codul de montare a arcului principal
Exemplu de marcaj: **49/800/3/2550**, unde:
49 mm³/ciclu – doza ciclică maximă; **E** în loc de / - reglaj pe stand Hartridge; **800** rot/min – turația la care a fost reglată doza ciclică; **3** – codul de montare a arcului; **2550** rot/min – turația maximă de mers în gol a motorului.

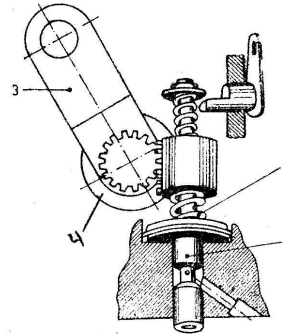


Fig. 8.11. Regulatorul hidraulic de turație
1-pistonuș; 2-arcul regulatorului; 3-pârghia de accelerație; 4-roată dințată.

8.1.4. Simbolizarea pompelor de injecție de tip DPA

Pompele de injecție cu distribuitor rotativ sunt prevăzute cu o plăcuță inscripționată, care se găsește pe corpul pompei; pe aceasta sunt marcate:

- sensul de rotație al arborelui pompei;
- simbolul pompei: **DPAM 38 3 2 F x y C**, unde:
 - **DP** – pompă de injecție cu distribuitor rotativ;
 - **A** – mărimea A;
 - **M** – MEFIN România (R – Roto Diesel Franța; J- Lucas CAV KK Japonia etc.);
 - **3** – număr de cod;
 - **8** – proveniența proiectului (0 – SUA; 4 – Franța; 8- România etc.);
 - **3** – numărul de cilindri ai motorului pe care se montează pompa;
 - **2** – regulator mecanic cu dispozitiv de avans automat (6 și 7 – regulator hidraulic cu dispozitiv de avans automat);
 - **F** – modificări aduse proiectului inițial (de la D în continuare);
 - **x** – numărul caracteristic individual al pompei;
 - **y** – număr rezervat pentru modificări constructive ce nu afectează reglajul (între 0 și 9);
 - **C** – modificări aduse proiectului inițial (de la A la C).
- codul de montare al arcului principal, debitul ciclic etc. (conform celor prezentate în fig. 8.10).

8.2. POMPA DE INECȚIE DE TIP BOSCH VE

8.2.1. Construcție

Această pompă este de tipul cu distribuitor rotativ și piston axial; pistonul plonjor, care este amplasat axial față de arborele de antrenare, este acționat în mișcare de translație prin intermediul unui platou cu came axiale.

În interiorul pompei se găsesc următoarele subansambluri principale (**fig. 8.12.a**);

- pompa de transfer (1);
- capul hidraulic (2);
- regulatorul centrifugal de turație (3);
- supapa electromagnetica de oprire (4);
- variatorul automat de avans (5).

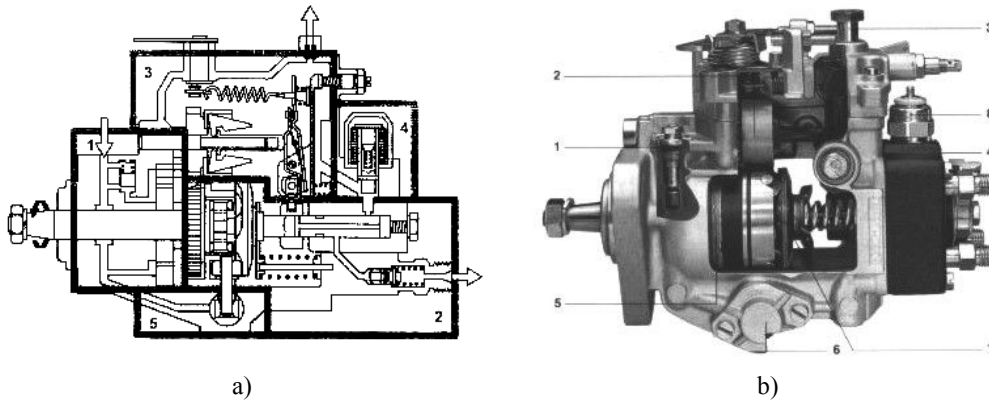


Fig. 8.12. Pompa de injectie de tip *VE*

- a) 1-pompă de transfer; 2-cap hidraulic; 3-regulator de turație; 4-electrovalvă; 5-regulator de avans;
b) 1- supapă de limitare a presiunii; 2-regulatorul de turație; 3-racord retur combustibil; 4-cap hidraulic; 5-pompă de tranfer; 6-regulator de avans; 7-platou cu came axiale.

Pompa de transfer este de tipul cu palete, fiind asemănătoare cu cea utilizată la pompele *LUCAS CAV-DPA*, fiind prevăzută cu supapă de limitare a presiunii maxime de transfer (1, **fig. 8.1b**).

Funcționarea capului hidraulic rezultă din schema din **fig. 8.13**.

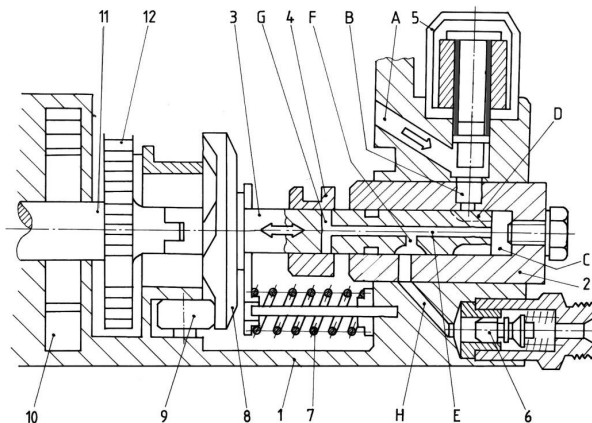


Fig. 8.13. Schema de principiu a capului hidraulic al pompei de tip *VE*

- 1-corp; 2-cap hidraulic; 3-piston plonjor; 4-bucșă de control; 5-electroventil; 6-supapă de refulare; 7-arc; 8-platou cu came axiale; 9-rolă; 10-pompă de transfer; 11-arbore de antrenare; 12-transmisie cu roți dințate.

Combustibilul refulat de către pompa de transfer (10) intră prin racordul (A), iar trecerea către canalul (B) din capul hidraulic este controlată de către electroventilul (5), care permite oprirea motorului.

Pistonul plonjor (3) este pus în mișcare de rotație de către arborele (11), mișcarea axială fiind obținută cu ajutorul platoului cu came axiale (8) – solidar cu pistonul – și a rozelor (9) – ce se găsesc pe un platou fix. Arcul (7) asigură revenirea pistonului în poziția inițială.

Pistonul este prevăzut cu un număr de degajări (D) egal cu numărul de cilindri ai motorului, precum și cu un canal de refulare (F); capul hidraulic este prevăzut cu un număr de canale de refulare (H), egal cu numărul de cilindri ai motorului.

Combustibilul intră în spațiul (C) în momentul în care o degajare (D) din piston intră în legătură cu racordul (B) – vezi și **fig. 8.14a**; prin rotirea în continuare a pistonului, legătura dintre (B) și (D) se întrerupe. Datorită deplasării axiale a pistonului, combustibilul este comprimat și trece prin canalul central (E) și canalul de refulare (F) către racordul de refulare (H). Debitarea combustibilului încetează în momentul în care, datorită deplasării axiale a pistonului, canalul (G) iese de sub bușa de control (4), iar canalul central (E) este pus în legătură cu spațiul din interiorul pompei (**fig. 8.14b**). Reglarea dozei ciclice se realizează prin deplasarea axială a bușei (4): deplasarea către dreapta a bușei conduce la mărirea dozei ciclice.

După cum s-a menționat, pentru oprirea motorului se întrerupe alimentarea cu energie electrică a electroventilului (5, **fig. 8.13.**), racordul de admisie (B) fiind astfel obturat.

Racordurile de refulare ale pompei sunt prevăzute cu supape cu brâu de descărcare, asemănătoare celor utilizate la pompele de injecție cu elemente în linie (**fig. 8.15.**)

Pompa este echipată cu un regulator centrifugal cu greutate, pentru toate regimurile; pentru reducerea gabaritului pompei, antrenarea regulatorului se realizează prin intermediul unei transmisii cu roți dințate cu raport de transmitere subunitar. Funcționarea acestui regulator poate fi urmărită cu ajutorul schemei din **fig. 8.16.**, din care rezultă că manșonul cu tijă (3), comandat de către greutatea regulatorului, acționează bușa de control (13) prin intermediul sistemului format din pârghiile (4), (5) și (6).



Fig. 8.14. Fazele funcționării pompei *VE*
a-admisia combustibilului; b-sfârșitul injectiei.

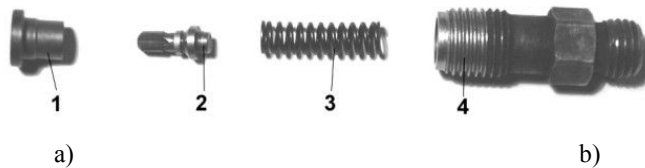


Fig. 8.15. Racord de refulare cu supapă
1-scaunul supapei; 2-supapă; 3-arc; 4-racord de refulare.

La **pornirea motorului**, turația motorului fiind mică, regulatorul de turație nu funcționează; arc (7) rotește pârghia (4) în sens orar (aceasta fiind articulată în 15); ca urmare, bușa de control (13) va fi deplasată către dreapta, în sensul creșterii dozei ciclice.

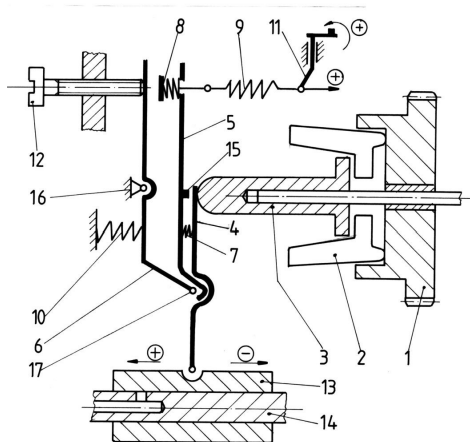


Fig. 8.16. Regulatorul de turație al pompei de tip *VE*
1-roata dințată; 2-greutăți; 3-tija; 4, 5, 6-pârghii;
7, 8, 9, 10-arcuri; 11-pârghia de accelerație; 12-șurub de
reglaj; 13-bucșă de control; 14-piston;
15-limitator; 16, 17-articulații.

a regulatorului. Prin rotirea pârghiei de accelerație, tensiunea arcului (9) crește, învingând forța de apăsare a tijei (3), iar pârghia (5) este rotită în sens orar, iar bușă de control este deplasată către stânga, în sensul creșterii dozei ciclice. Pentru o poziție constantă a pârghiei de accelerație, la creșterea turației motorului, forța exercitată de către tija (3) devine mai mare decât forța elastică a arcului (9), pârghia (5) este rotită în sens antiorar, iar bușă (13) este deplasată în sensul micșorării dozei ciclice.

Corectarea caracteristicii de debit a pompei are loc la regimul de sarcină maximă, pârghia de accelerație fiind rotită în poziția maximă. Atunci când turația motorului scade (ca urmare a creșterii rezistențelor la înaintare întâmpinate de către autovehicul), forța de apăsare a tijei (3) scade, iar forța elastică a arcului (9) învinge forța elastică a arcului (10) al corectorului. Ca urmare, pârghia (6) se rotește în sens orar în jurul articulației (16), iar capătul său inferior se deplasează către stânga; prin intermediul articulației (17), capătul inferior al pârghiei (4) este deplasat de asemenea către stânga, iar bușă de control (13) este deplasată în sensul creșterii dozei ciclice. Cu ajutorul șurubului (12) se reglează valoarea maximă a dozei de combustibil injectate.

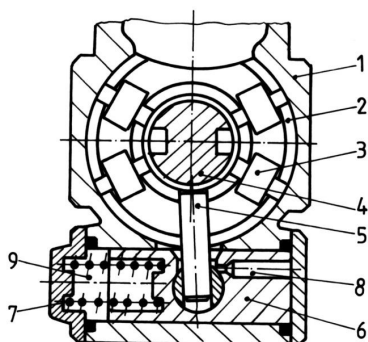


Fig. 8.17. Regulatorul de avans al pompei *VE*
1-corp; 2-inel cu came; 3-rolă; 4-cuplaj pentru
antrenarea pistonului; 5-bolț; 6-pistonul regulatorului; 7-
arc; 8-canal; 9-cameră.

Sub acțiunea combustibilului sub presiune, pistonul (6) este deplasat către stânga până într-o poziție în care forța datorată presiunii este echilibrată de forța elastică a arcului (7). Odată cu

După **pornirea motorului**, forța centrifugă ce acționează asupra greutăților regulatorului deplasează tija (3) către stânga; arcul (7) este comprimat, iar pârghia (4) se așează pe limitatorul (15) aflat pe pârghia (5). Astfel, tija (3) poate deplasa bușă de control (13) prin intermediul pârghiei (5).

La **regimul de mers în gol**, poziția axială a bușei de control (13) depinde de echilibrul stabilit între forța cu care tija (3) a regulatorului de turație acționează asupra pârghiei (5) și forța elastică a arcului (8); atunci când turația crește, pârghia (5) este rotită în sens antiorar, iar bușă (13) este deplasată în sensul micșorării dozei ciclice.

La **funcționarea motorului în sarcină**, arcul principal (9) este tensionat prin rotirea pârghiei de accelerație (11) a pompei de injecție. Poziția axială a bușei de control (13) depinde de echilibrul stabilit între forța elastică a arcului (9) și forța exercitată de către tija (3)

Modificarea avansului la injecție se realizează prin rotirea platoului cu role prin intermediul unui dispozitiv hidraulic (**fig. 8.6**), comandat de presiunea de transfer, asemănător celui utilizat la pompele de tip *DPA*.

Dispozitivul hidraulic este format din pistonul (6), care se găsește într-un alezaj executat în corpul (1) al pompei. Pe fața din stânga a pistonului acționează arcul (7), camera (9) fiind pusă în legătură cu spațiul de aspirație al pompei de transfer.

Fața din dreapta a pistonului (6) se găsește sub acțiunea combustibilului sub presiune din corpul (1) al pompei de injecție, combustibilul refulat de către pompa de transfer. Combustibilul ajunge pe fața din dreapta a pistonului prin canalul (8).

deplasarea pistonului are loc și rotirea inelului cu came (2), prin intermediul bolțului (4), care este articulat de pistonul (6) și rigidizat de inelul cu came (2).

Cum presiunea combustibilului refulat de către pompa de transfer depinde de turația motorului, rezultă că și poziția unghiulară a inelului cu came (2) - față de carcasa (1) a pompei - va depinde de turația motorului, avansul la injecție crescând astfel odată cu creșterea turației motorului.

Cuplajul (4), solidar cu arborele de antrenare al pompei, asigură transmiterea mișcării de rotație către pistonul distribuitor al pompei de injecție.

8.3. SISTEMUL POMPĂ - INJECTOR

La presiunile mari de injecție utilizate pe motoarele Diesel actuale, elasticitatea conductelor de legătură dintre pompă și injectoare 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 pompă-injector. La aceste sisteme, fiecare injector conține și elementul de pompare corespunzător; dispar astfel pompa de injecție ca subansamblu distinct și conductele de înaltă presiune. Fiecare element de pompare este acționat de câte o camă, arborele cu came al motorului conținând deci came pentru acționarea supapelor și came pentru acționarea pompelor-injector.

Acest tip de sistem permite controlul precis al începutului și sfârșitului injecției, comanda pompelor injector fiind asigurată de către unitatea electronică a motorului.

Schema de principiu a unei unități pompă-injector este prezentată în **fig. 8.18**. Se observă 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 coboare sub acțiunea camei (1), canalul de admisie (3) este obturat.

Atât timp cât supapa (7) este deschisă, combustibilul refulat de către elementul de pompare trece prin canalul (11) și pe lângă supapa (7) către rezervorul de combustibil.

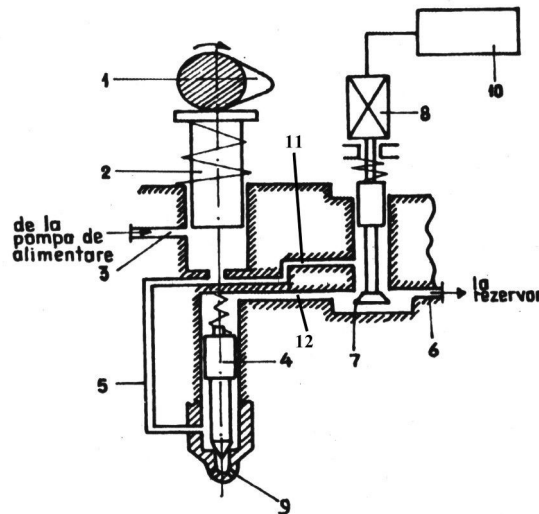


Fig. 8.18. Principiul de funcționare al pompei-injector

1-camă; 2-piston; 3-canal admisie; 4-acul injectorului; 5-canal înaltă 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 pentru colectarea scărilor de combustibil.

Injecția propriu-zisă (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 deschisă, combustibilul sub presiune trecând prin canalul (11) către rezervor; astfel, datorită scăderii presiunii, acul injectorului închide orificiile de pulverizare.

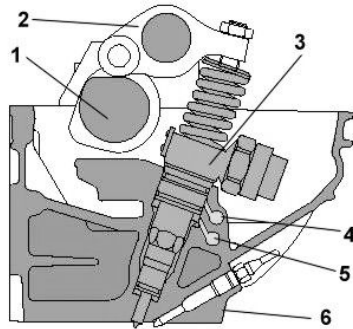


Fig. 8.19. – Amplasarea pompei injector
1-arbore cu came; 2-culbutor; 3-pompă-injector; 4-canal de întoarcere a combustibilului în rezervor; 5-canal de alimentare cu combustibil; 6-chiulasă.

Din **fig. 8.19.** 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 **fig. 8.21.** este prezentată schema funcțională a pompei-injector de tip BOSCH, care permite obținerea unei injectii în trepte (injectia pilot de motorină și injectia principală).

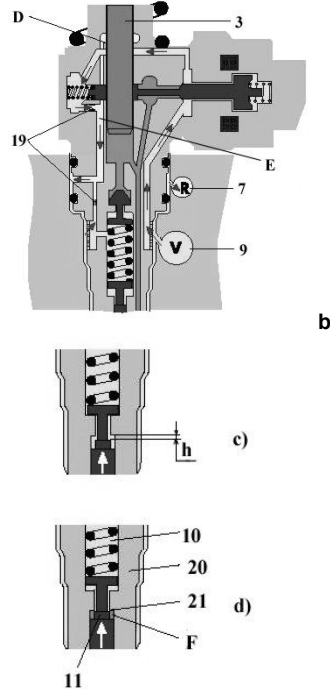
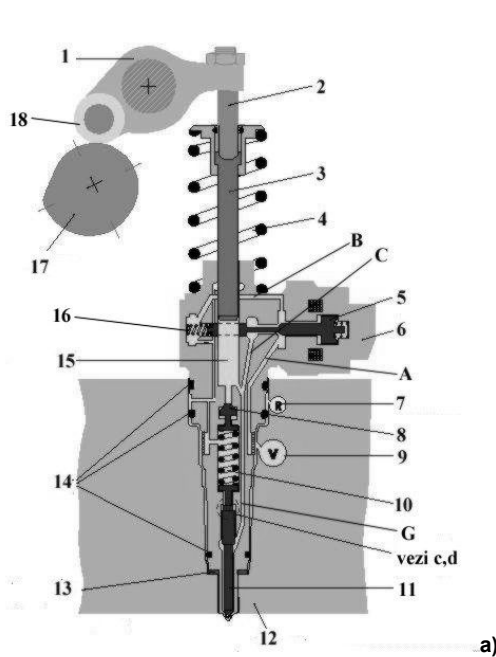


Fig. 8.21. – Funcționarea pompei-injector de tip BOSCH
1-culbutor; 2-șurub; 3-piston; 4, 10, 16-arcuri; 5-sertar; 6-electrovalvă; 7-canal retur combustibil; 8-piston de compensare; 9-canal alimentare combustibil; 11-acul pulverizatorului; 12-chiulasă; 13-garnitură etanșare; 14-inele de etanșare; 15-spațiu de înaltă presiune; 17-camă; 18-rolă; 19-drozele; 20-pulverizator; 21-alezaj.

Alimentarea cu combustibil a pompei-injector se realizează prin canalul (9, fig. 8.21.a), executat în chiulasă. 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 răcirea 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. 8.21.b) se asigură ungerea pistonului plonjor (3). Atunci când electrovalva (6) nu este alimentată cu energie electrică, arcu (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 (h, fig. 8.21.c) de ridicare a acului este limitată de faptul că, atunci când capătul acului injectorului pătrunde 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 introdusă în cilindru în timpul preinjecției.

Prin creșterea presiunii combustibilului (până la maximum 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).

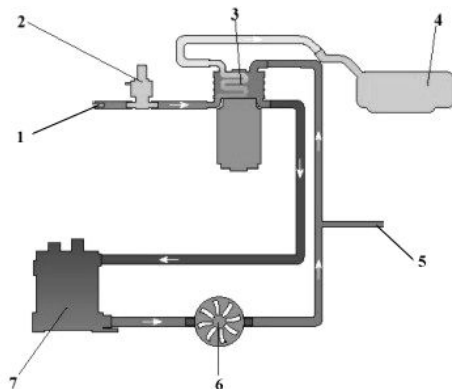


Fig. 8.22. – Circuitul de răcire a combustibilului
1-de la pompele-injector; 2-senzor temperatură combustibil;
3-schimbător de căldură combustibil-lichid de răcire;
4-rezervor combustibil; 5-către circuitul de răcire al motorului; 6-pompă pentru circuitul de răcire al combustibilului; 7-radiator pentru răcirea combustibilului.

Injecția principală începe după ce, prin coborârea în continuare a pistonului (3), presiunea în camera (15) începe să crească din nou, acul pulverizatorului fiind din nou ridicat.

Injecția principală se termină atunci când încetează alimentarea cu energie electrică a electrovalvei (6), sertarul (5) fiind deplasat către dreapta de către arcu (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 răcirea acestora, motorul este prevăzut cu un circuit de răcire a combustibilului (fig. 8.22.), înainte ca acesta să fie trimis înapoi în rezervor.

8.4. INECȚIA DE COMBUSTIBIL 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 acționării prin camă a elementului de pompare, ceea ce limitează posibilitățile de control.

La sistemele de tip **rampă comună** (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. Schema de principiu a unui sistem cu rampă comună este prezentată în **fig. 8.23**.

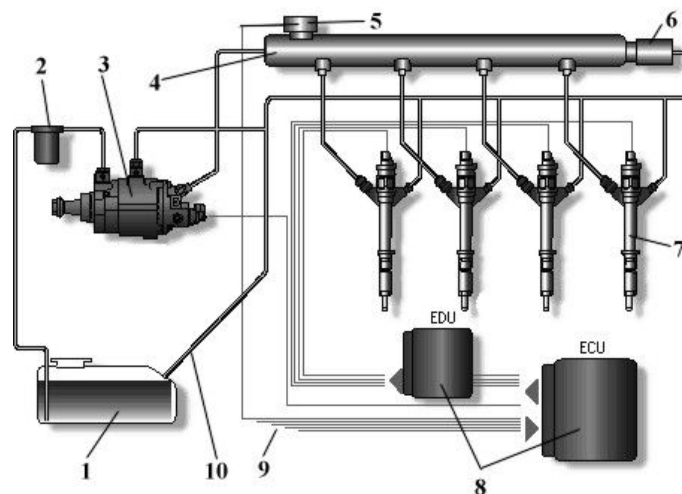


Fig. 8.23. – Sistem de injecție de tip rampă comună (schemă de principiu)
1-rezervor; 2-filtru; 3-pompă; 4-rampă comună; 5-senzor de presiune; 6-supapă de limitare a presiunii; 7-injector; 8-blocuri electronice; 9-de la diverse traductoare (de turație, presiune de admisie etc.); 10-circuit retur combustibil.

Din schema prezentată se observă că pompa (3) debitează combustibil către rampa comună (4), presiunea maximă în rampă fiind reglată de către supapa (6).

Injectoarele (7) sunt comandate electric de către blocurile electronice ale sistemului; la sistemele common rail din generația I-a și a II-a, 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. 8.24.**), începând din anul 1997; acestea aveau o presiune de injecție de 1350 bar, fiind destinate, la acea oră, autoturismelor Alfa Romeo și Mercedes.

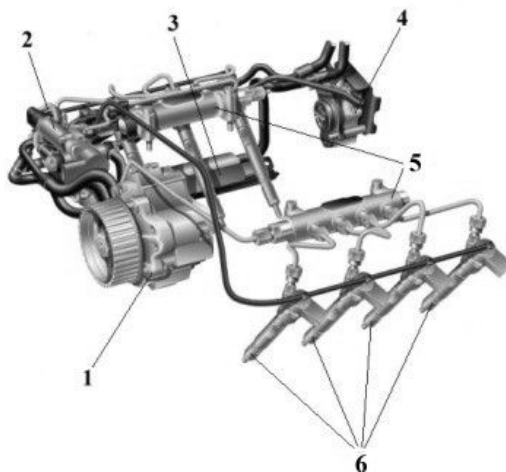


Fig. 8.24. – Sistem de injecție BOSCH de tip rampă comună
1-pompă de înaltă presiune; 2-pompa de transfer și dispozitiv de reglare a debitului; 3-schimbătorul de căldură al circuitului de răcire a combustibilului; 4-pompa circuitului de răcire a combustibilului; 5-rampe comune; 6-injectoare.

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 paletе culisante în rotor sau cu roți dințate). Debitul de combustibil refulat de către 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*.

Pompele cu **cilindri radiali mobili** (fig. 8.25. și fig. 8.26.) sunt asemănătoare părții de pompare a 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 (2) cu role.

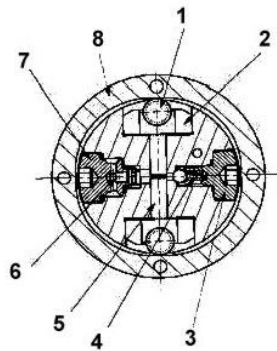


Fig. 8.25. – Pompă de înaltă presiune cu cilindri radiali mobili
1-rolă; 2-tachet; 3-ansamblu supapă refulare; 4-orificiu refulare; 5-pistonaș; 6-orificiu admisie; 7-ansamblu supapă admisie; 8-inel cu came interioare.

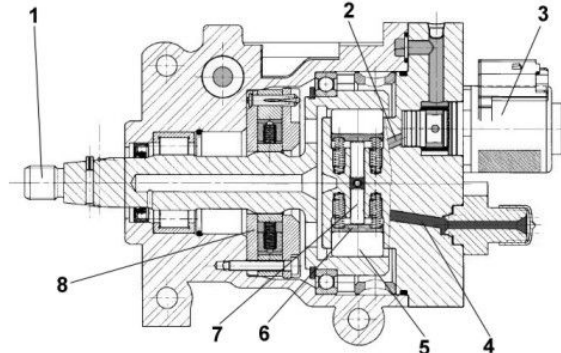


Fig. 8.26. – Pompă de înaltă presiune cu cilindri radiali mobili
1-arbore antrenare; 2-canal aspirație; 3-electrovalvă; 4-canal refulare;
5-rolă; 6-tachet; 7-piston; 8-pompă de transfer.

Pompele cu **cilindri radiali imobili** (fig. 8.27.) sunt acționate prin intermediul unui arbore (1), prevăzut cu camele radiale (2). În statorul pompei sunt montate radial elementele de pompare ce 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 fig. 8.28. 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. 8.19.) care permite reglarea cantității de combustibil aspirate prin modificarea secțiunii de trecere a orificiului (12) de către sertarul (9). Poziția sertarului depinde 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 deschisă (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.

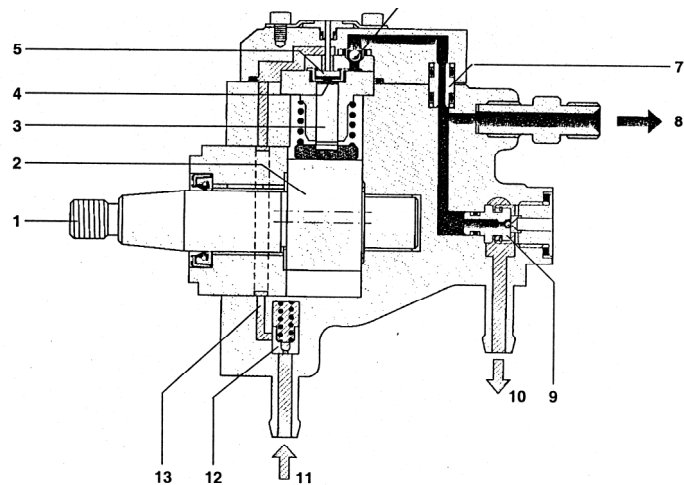


Fig. 8.27. – Pompă de înaltă presiune cu cilindri radiali imobili
1-arbore de antrenare; 2-camă; 3-piston; 4-cameră de pompare; 5-supapă de admisie; 6-supapă de evacuare;
7-elemente de etanșare; 8-racord de înaltă presiune; 9, 12-supape; 10-circuit retur combustibil;
11-racord alimentare combustibil; 13-canal aspirație.

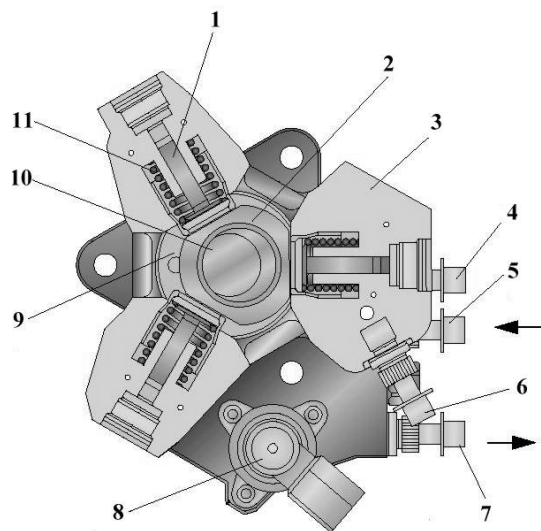


Fig. 8.28. – Pompă de înaltă presiune de tip BOSCH
1-piston plonjor; 2-came; 3-corpul elementului de pompare;
4-racord retur combustibil; 5-racord retur combustibil de la injectoare; 6- racord intrare combustibil; 7-racord înaltă presiune; 8-electrovalvă reglare debit; 9-carcasa pompei;
10-arbore de antrenare; 11-arc.



Fig. 8.29. – Pompă de înaltă presiune pentru sistem common rail

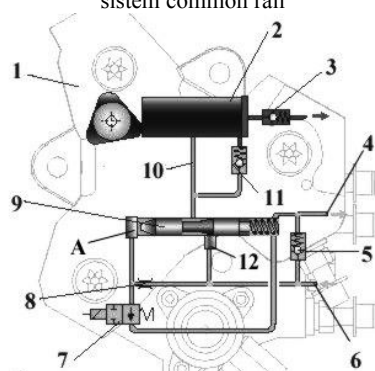


Fig. 8.30. – Sistemul de reglare a debitului de combustibil aspirat

1-pompă de înaltă presiune; 2-piston plonjor;
3-supapă refulare; 4-retur combustibil; 5-supapă limitare presiune transfer; 6-racord de legătură cu pompa de transfer; 7-electrovalvă reglare debit; 8-drosel; 9-sertar; 10-canal pentru ungerea pistonului; 11-supapă admisie; 12-orificiu alimentare.

Combustibilul este utilizat și pentru ungerea cuplului piston-alezaj, prin intermediul canalului (10).

După cum s-a menționat anterior, injectoarele utilizate la sistemele de tip rampă comună pot fi **electromagnetice** sau **piezoelectrice**.

În **fig. 8.31.** este prezentată construcția unui **injector electromagnetic** de tip BOSCH. Acesta este alimentat cu combustibil sub presiune prin racordul (8); de aici, prin canalele (10) și (12), combustibilul ajunge în camera de presiune (2), respectiv în camera de acumulare (13).

Atât timp cât bobina (7) a injectorului nu este alimentată cu energie electrică, supapa (9) este închisă; având în vedere că în camerele (2) și (13) presiunile sunt aceleași, acul (14) al pulverizatorului închide orificiile de pulverizare.

Atunci când injectorul este alimentat cu energie electrică, bobina (7) deplasează în sus tija (4), iar supapa (9) se deschide; prin orificiul calibrat (3), spațiul (2) este pus în legătură cu racordul de retur al combustibilului (5). Ca urmare a faptului că motorina din spațiul (2) poate trece către racordul (5), tija (11) se poate ridica sub acțiunea presiunii din camera de acumulare (13); acul (14) se ridică și comprimă arcul (1), combustibilul trecând spre orificiile de pulverizare. 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 principală are loc după 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 electrică a bobinei (7); arcul tijei (4) asigură închiderea supapei (9). Prin orificiul calibrat (10), combustibilul sub presiune ce sosește prin racordul (8) intră în spațiul (2) și împinge în jos tija (11) care, la rândul ei, împinge acul pulverizatorului, iar acesta obturează trecerea combustibilului către orificiile de pulverizare.

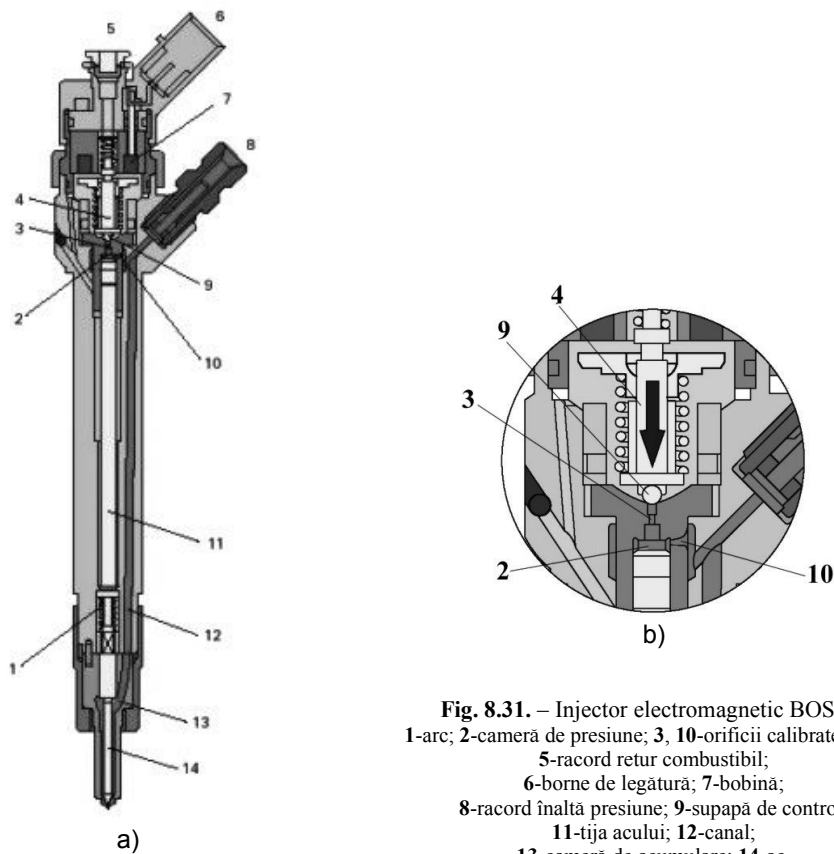


Fig. 8.31. – Injector electromagnetic BOSCH
1-arc; 2-cameră de presiune; 3, 10-orificii calibrate; 4-tija;
5-racord retur combustibil;
6-borne de legătură; 7-bobină;
8-racord înaltă presiune; 9-supapă de control;
11-tija acului; 12-canal;
13-cameră de acumulare; 14-ac.

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 și volumului injectiei. Astfel sunt posibile injectii pilot multiple la turații ale motorului sub 2500 rot/min, injectii duble sau triple la turații de 2500-3000 rot/min și injectii singulare la turația maximă.

Construcția unui injector piezoelectric este prezentată în **fig. 8.32**. 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).

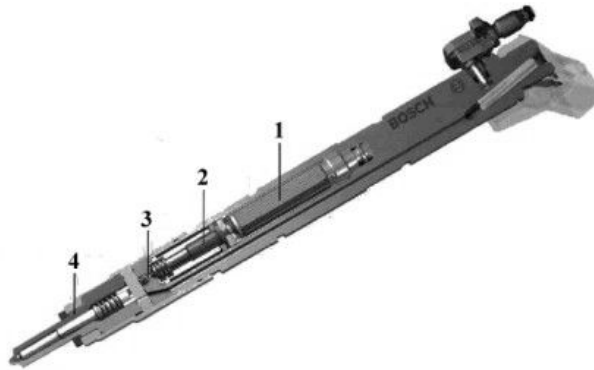


Fig. 8.32. – Injector piezoelectric

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

Pastila piezoceramică are formă paralelipipedică, având dimensiunile de 7x7x30 mm și fiind 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).