

CAPITOLUL 7

INSTALAȚII DE ALIMENTARE CU POMPE DE INECȚIE CU ELEMENTI ÎN LINIE PENTRU MOTOARE DIESEL

7.1. CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA POMPEI DE INECȚIE CU ELEMENTI ÎN LINIE

La motoarele cu aprindere prin comprimare, formarea amestecului are loc în cilindrul motorului, combustibilul fiind introdus în camera de ardere sub formă de picături fine, către sfârșitul comprimării. În acest scop, la fiecare ciclu funcțional în cilindru se introduce o cantitate de combustibil (denumită *doză ciclică* - $10 \dots 200 \text{ mm}^3/\text{ciclu}$, în mod uzual), la o presiune de $80 \dots 300 \text{ daN/cm}^2$. Presiunea ridicată a combustibilului este impusă atât de necesitatea învingerii contrapresiunii existente în cilindru către sfârșitul comprimării, cât și pentru a se asigura dispersia combustibilului în picături fine, care amestecându-se cu aerul să permită obținerea unui amestec aer-combustibil cât mai omogen.

Ridicarea presiunii combustibilului și reglarea cantității de combustibil introduse în cilindru sunt realizate cu ajutorul unei pompe de construcție specială, denumită *pompă de inecție*. În funcție de soluția constructivă adoptată, pompele de inecție pot fi:

- cu elemente de pompare în linie (cu plunjer sau cu piston sertar) – aceste pompe sunt prevăzute cu câte un element de pompare pentru fiecare cilindru al motorului;
- cu distribuitor hidraulic rotativ – aceste pompe sunt prevăzute cu un singur element de pompare, indiferent de numărul de cilindri ai motorului.

Schema sistemului de alimentare cu combustibil, în cazul utilizării pompelor cu elemente în linie (pentru un motor cu patru cilindri), este prezentată în **fig. 7.1**.

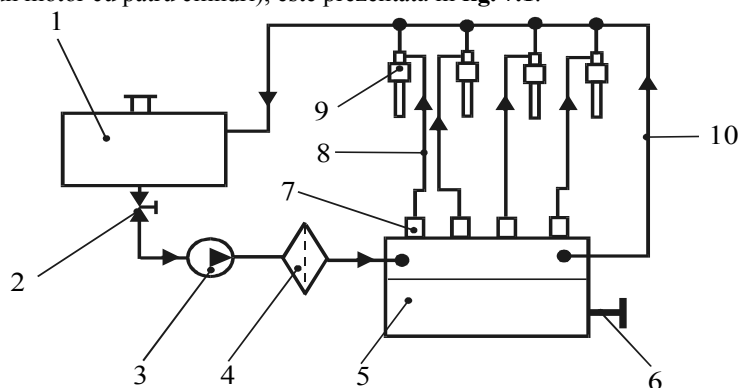


Fig. 7.1. Schema sistemului de alimentare

1-rezervor; 2-robinet; 3-pompă de alimentare; 4-filtru; 5-pompă de inecție; 6-arbore de antrenare; 7-racordul de refulare al elementului de pompare; 8-conductă de înaltă presiune; 9-injector; 10-circuit de recuperare a scăpărilor de combustibil.

Combustibilul este preluat din rezervorul (1) și trimis către pompa de inecție (5) de către pompa de alimentare (3). În cazul pompelor de inecție cu elemente în linie, pompa de alimentare este de tipul cu piston și este montată pe pompa de inecție, fiind antrenată de către arborele (6) al pompei de inecție. Înainte de intrarea în pompa de inecție, combustibilul este filtrat cu ajutorul filtrului (4). Fiecare element de pompare al pompei de inecție este prevăzut cu racordul de refulare (7) - în care se găsește și supapa de refulare; introducerea combustibilului în cilindru este realizată de către injectoarele (9), conectate la racordurile de refulare prin intermediul conductelor de înaltă presiune (8).

Etanșarea spațiilor de înaltă presiune ale pompei de injecție (respectiv etanșarea elementului de pompare) și injectorului (respectiv pulverizatorul) este realizată metal pe metal, prin prelucrarea foarte precisă a elementelor conjugate. Din acest motiv este necesară prezența unui circuit (10) care să preia combustibilul scăpat prin neetanșeități și să îl trimită în rezervorul de combustibil.

În **fig. 7.2** și **fig.7.3** este prezentată construcția unei pompei de injecție cu elementii în linie, de mărime A.

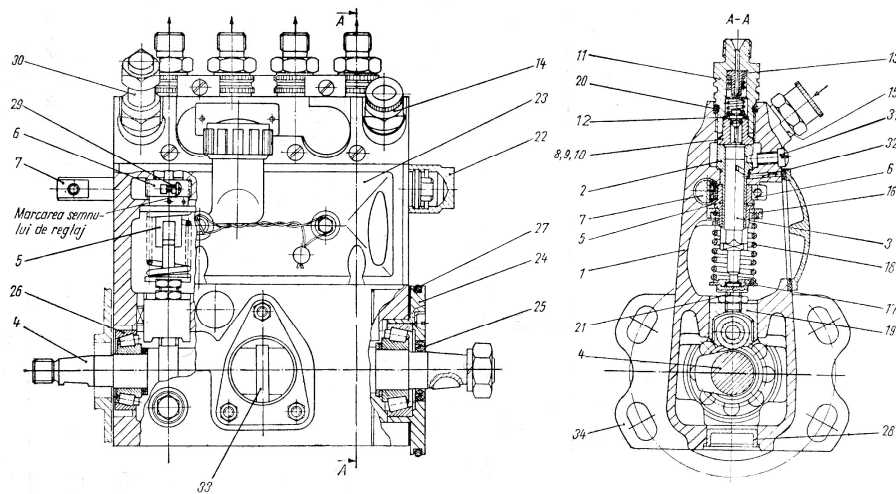


Fig. 7.2. Construcția pompei de injecție cu elementii în linie

- 1-corpul pompei; 2-bucșă; 3-pistonaș (plunjer); 4-arbore cu came; 5-bucșă pentru rotirea pistonașului; 6-sector dințat; 7-cremalieră; 8, 9, 10-ansamblul supapei de refulare; 11-racord de refulare; 12-suprafață conică de etanșare; 13-limitator; 14-racord de intrare a combustibilului; 15-garnitură; 16-disc fix; 17-disc mobil; 18-arc; 19-tachet cu rolă; 20, 27-inele O; 21-șurub de reglaj; 22, 23-capace; 24-suport lagăr; 25-simering; 26-rulment; 28-dop; 29-șurub; 30-supapă de reglare a presiunii de alimentare; 31-șurub deflector; 32-știft de blocare; 33-camă pt. antrenarea pompei de alimentare; 34-flanșă de prindere.

Elementul de pompare este format din bucșă (2) și pistonașul (3); pomparea se realizează prin deplasarea pistonașului în bucșă. Ridicarea pistonașului are loc sub acțiunea camei de pe arborele (4), mișcarea fiind transmisă de către tachetul cu rolă (19), prevăzut cu un șurub (21) ce permite reglarea cursei pistonașului. Coborârea pistonașului are loc datorită arcului (18).

Bucșă (5) și sectorul dințat (6) permit rotirea pistonașului cu ajutorul cremalierii (7), asigurându-se astfel reglarea dozei ciclice (după cum se va arăta mai departe).

Arborele cu came este montat în corpul (1) al pompei prin intermediul unor rulmenți radial-axiali (26); pompele cu mai mult de patru elemente de pompare sunt prevăzute cu un lagăr intermediar (10, fig. 33). Arborele este prevăzut cu un număr de came egal cu numărul de cilindri ai motorului (plus o camă pentru antrenarea pompei de alimentare), decalate astfel încât să asigure ordinea de injecție corespunzătoare ordinii de aprindere a motorului.

Camele de injecție și tacheții se ung prin barbotaj, cu uleiul existent în baia de ulei a pompei. Alimentarea pompei de injecție cu combustibil se realizează prin racordul (14); presiunea combustibilului este limitată la $1...1,5 \text{ daN/cm}^2$ cu ajutorul supapei de reglare (30), surplusul de combustibil fiind trimis înapoi în rezervor.

În **fig. 7.4** este prezentat procesul de lucru al elementului de pompare. Umplerea elementului de pompare are loc atunci când pistonașul se găsește în punctul mort inferior (**fig. 7.4a**), combustibilul refulat de către pompa de alimentare intrând prin orificiul de admisie (O). Pistonașul se ridică (sub acțiunea camei) până când muchia sa superioară acoperă orificiul de admisie (**fig. 7.4b**), parcurgând cursa moartă S_m fără ca elementul să refuleze combustibil. Din acest moment

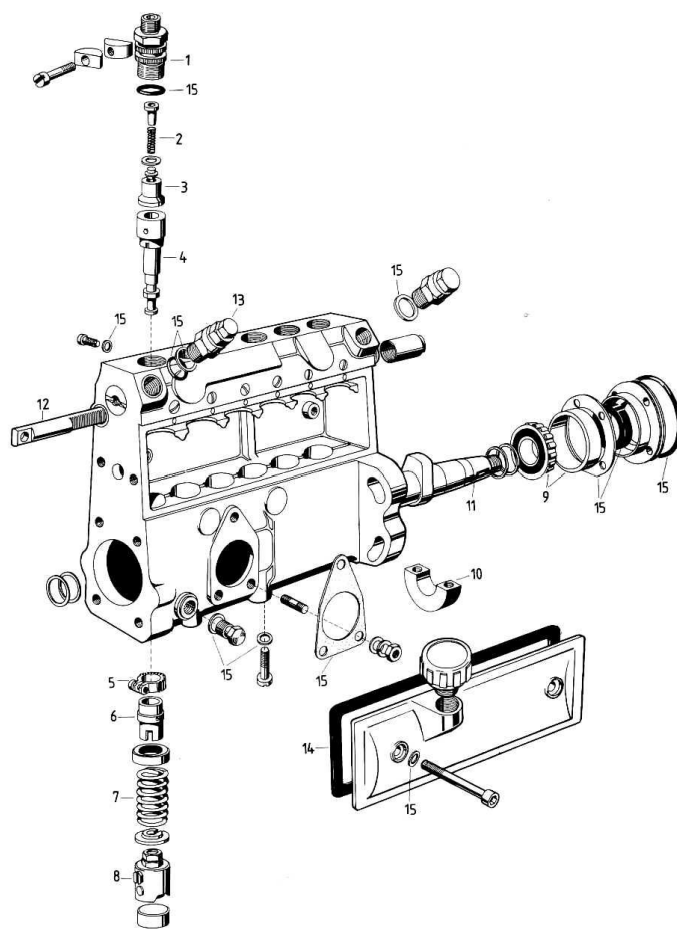


Fig. 7.3. Vedere explodată a pompei de injecție

1-racord refulare; 2-arcul supapei; 3-supapa de refulare; 4-element de pompare; 5-sector dintat; 6-bucșă pt. rotirea pistonășului; 7-arc; 8-tachet cu rolă; 9-rulment; 10-lagăr palier; 11-arbore cu came; 12-cremalieră; 13-supapă pt. reglarea presiunii de alimentare; 14, 15-garnituri.

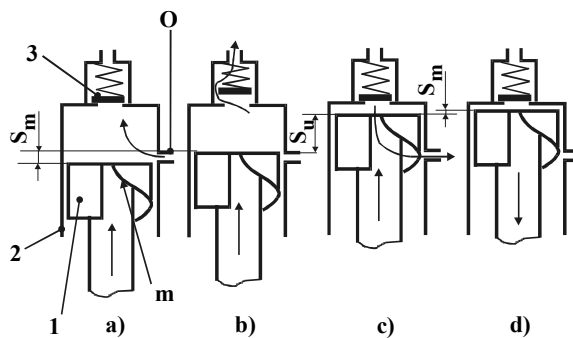


Fig. 7.4. Procesul de lucru al elementului de pompare

1-pistonaș; 2-bucșă; 3-supapă de refulare; O-orificiu de admisie; m-muchie elicoidală; S_m -cursă moartă; S_u – cursă utilă.

începe refularea combustibilului, supapa de refulare (3) deschizându-se datorită creșterii presiunii; pistonul parcurge cursa utilă S_u . Refularea combustibilului încetează în momentul în care muchia elicoidală (m) a pistonușului deschide orificiul de admisie (**fig. 7.4c**); ca urmare, presiunea combustibilului aflat deasupra pistonușului scade brusc și supapa de refulare se închide. Pentru ca jetul de combustibil sub presiune ce iese prin orificiul de admisie (O) să nu producă eroziunea prin cavitație a corpului din aluminiu al pompei, în dreptul acestui orificiu este montat șurubul deflector din oțel (31, **fig. 7.2**).

În continuare, pistonușul se ridică sub acțiunea camei (parcurend al doilea spațiu mort S_m – **fig. 7.4d**), până la atingerea punctului mort superior, după care revine în poziția inițială datorită arcului (18, **fig. 7.2**; 7, **fig. 7.3**).

Reglarea dozei ciclice de combustibil se realizează (**fig. 7.2**) prin rotirea pistonușului (3) prin intermediul bucșei (5), a sectorului dințat (6) și a cremalierei (7). Astfel, se reglează momentul în care muchia elicoidală a pistonușului deschide orificiul de admisie, deci se modifică momentul în care injecția încetează. Ca urmare, prin rotirea pistonușului se acționează asupra cursei active a pistonușului, modificându-se cantitatea de combustibil injectată (**fig. 7.5**).

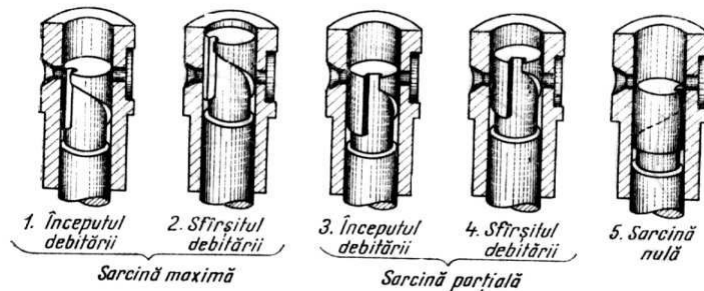


Fig. 7.5. Reglarea dozei ciclice

Șurubul (29, **fig. 7.2**) permite modificarea poziției sectorului dințat (6) față de bucșa (5); astfel, se asigură reglarea egalității între dozele ciclice refulate de către elementele de pompă. Modificarea poziției șurubului (21) are ca efect modificarea momentului în care începe injecția, deci modificarea avansului la injecție.

7.2. POMPE DE INECȚIE ÎN LINIE CU BUCȘĂ DE CONTROL

Modelele noi de pompe de injecție în linie, ce permit obținerea unor presiuni de injecție de până la 1200 bar, utilizează principiul bucșei de control (prezentat la pompele cu distribuitor rotativ) pentru reglarea debitului ciclic și, în unele cazuri, a avansului la injecție.

În cazul elementului de pompare din **fig. 7.6**, acesta este format din pistonul plonjor (1) și bucșa (2). Umplerea elementului de pompare cu motorină are loc atunci când pistonul (1) se găsește în poziția inferioară extremă, poziție în care canalul (A) nu este obturat de către piston.

Injecția combustibilului începe din momentul în care muchia superioară a pistonului (1) depășește canalul (A) și durează până când, datorită ridicării pistonului, canalul (C) iese din bucșa de control (6). Astfel, spațiul de înaltă presiune de deasupra pistonului (1) este pus în legătură cu racordul de admisie al elementului prin canalul central (B) și canalul radial (C). Modificarea poziției pe verticală a bucșei (6) prin intermediul mecanismului cu excentric (7) permite reglarea debitului

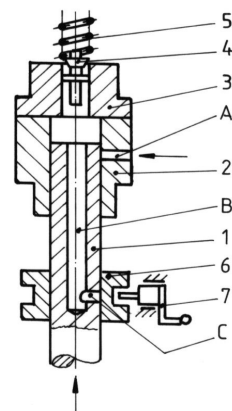


Fig. 7.6. Element de pompare cu bucșă de control pentru reglarea debitului ciclic
1-piston plonjor; 2-bucșa elementului de pompare; 3-scaunul supapei de refulare; 4-supapă de refulare; 5-arc; 6-bucșă de control; 7-mecanism cu excentric.

ciclic (prin ridicarea bușei, debitul ciclic crește). Se observă că, în acest caz, se renunță la soluția de reglare a debitului prin fantă elicoidală executată în piston și rotirea acestuia.

Soluția constructivă din **fig. 7.7** utilizează bușă de control (4) atât în procesul de reglare a debitului ciclic, cât și pentru reglarea avansului la injecție.

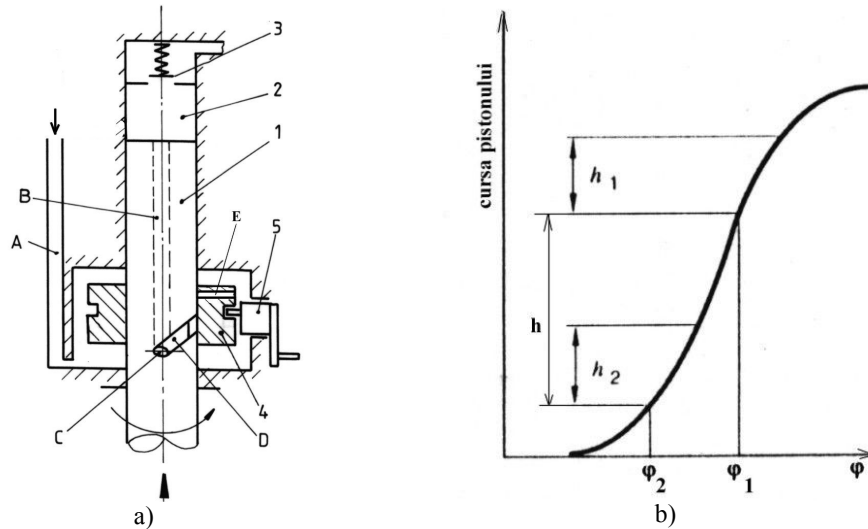


Fig. 7.7. Element de pompare cu bușă de control pentru reglarea debitului ciclic și a avansului la injecție
a) construcție; **b)** reglarea avansului la injecție; 1-piston plonjor; 2-bușă elementului de pompare; 3-supapă de
 refluxare; 4-bușă de control; 5-mecanism cu excentric; φ -unghiul de rotație al arborelui cu came al pompei.

Combustibilul pătrunde în spațiul de deasupra pistonului (1) prin canalul de admisie (A), orificiul (C) din piston și canalul axial (B), atunci când orificiul (C) se află sub nivelul bușei de control. Comprimarea începe atunci când, în cursa ascendentă a pistonului, orificiul (C) intră complet în bușă de control (4) și se termină în momentul în care muchia superioară a canalului elicoidal (D) ajunge în dreptul orificiului de descărcare (E) din bușă (poziție în care spațiul de înaltă presiune este pus în legătură cu spațiul de aspirație A prin canalul B, orificiul C, canalul D și canalul E). Prin **rotirea** pistonului se modifică momentul în care fanta (D) deschide canalul (E) din bușă de control, realizându-se astfel reglarea debitului ciclic.

Momentul începerii injecției (avansul la injecție) se modifică prin **deplasarea pe verticală** a bușei de control; din **fig. 7.7b** rezultă că prin deplasarea bușei de control pe distanța h , momentul unghiular al începerii injecției se schimbă de la φ_2 la φ_1 .

În **fig. 7.8**, sunt prezentate două tipuri de pompă de injecție în linie cu bușă de control.

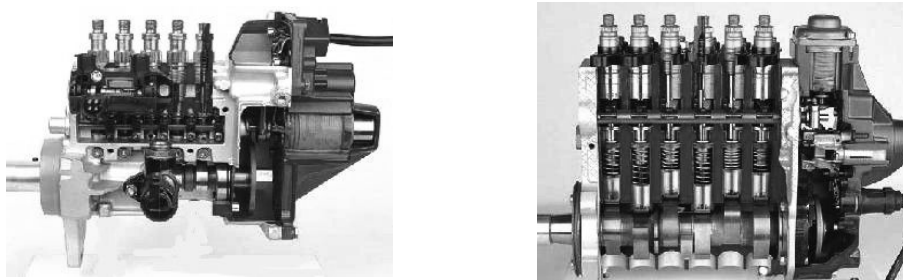


Fig. 7.8 Pompe de injecție în linie cu bușă de control

7.3. REGULATORUL DE TURAȚIE

Pompele de injecție cu elemente în linie sunt echipate cu reglatoare de turație montate pe corpul pompei, la capătul arborelui cu came opus antrenării. Prezența regulatorului de turație la motorul cu aprindere prin comprimare este impusă de următoarele cerințe:

- asigurarea stabilității la mers în gol;
- asigurarea stabilității la mers în sarcină;
- limitarea turației maxime a motorului, pentru a se evita emisia de fum și creșterea solicitărilor termo-mecanice ale motorului.

Pentru satisfacerea acestor cerințe, reglatoarele de turație pot fi:

- pentru un regim;
- pentru două regimuri;
- pentru toate regimurile.

Regulatorul pentru un singur regim de funcționare asigură stabilitatea funcționării motorului la o anumită turație (de obicei cea nominală), fiind montat pe pompele de injecție ce echează motoare ce funcționează la o turație constantă (de exemplu motoare ce antrenează grupuri electrogene).

Regulatorul pentru două regimuri asigură, în plus, stabilitatea funcționării la mers în gol.

Regulatorul pentru toate regimurile funcționează pentru toată gama de turații cuprinse între turația de mers în gol și cea nominală, asigurând stabilitatea turației la oricare regim de turație aflat între cele două limite mai sus menționate. Acest tip de reglatoare de turație este montat pe motoarele destinate tracțiunii rutiere.

Pompele de injecție cu elemente în linie de mărime A sunt echipate cu reglatoare de tip RSV (fig. 7.9 și 7.10).

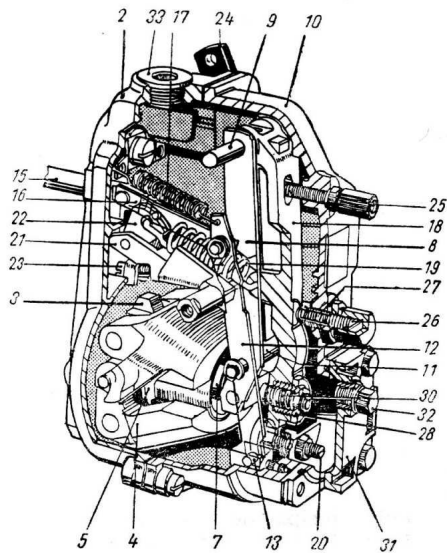


Fig. 7.9 Regulator *RSV* – vedere axonometrică

2-carcasă; 3-flanșă fixată pe arborele cu came; 4-greutăți; 5-manșon culisant; 7-tijă; 8-pârghia regulatorului; 9, 11, 13-axe de articulație; 10-carcasă; 12-pârghie de comandă a cremalierii; 15-cremalieră; 16-bridă;

17-arc de pornire; 18-pârghia principală; 19-arcul principal al regulatorului; 20-tampon pt. limit-aria dozei maxime; 21-pârghie oscilantă; 22-furcă; 23-șurub de reglaj; 24-pârghie de accelerație; 25-limitator *STOP*; 26-șurub reglaj stabilitate la mers în gol; 27-arc pentru mers în gol; 28-bucșă filetată; 29-tampon; 30-arcu corectorului de debit; 31-capac; 32, 33-dopuri filetate.

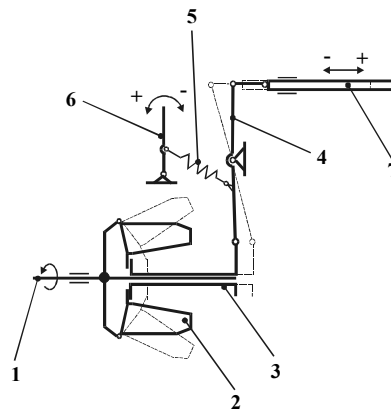


Fig. 7.10 Schema de principiu a regulatorului de turație pentru toate regimurile, la funcționarea în sarcină

1-arborele regulatorului; 2-greutăți; 3-manșon glisant; 4-pârghia regulatorului; 5-arcul principal al regulatorului; 6-pârghia de accelerație; 7-cremalieră.

În **fig. 7.10** este prezentată schema de principiu a regulatorului de turație, la funcționarea în sarcină. Pentru o anumită turație a motorului, greutatea (2) se găsește într-o poziție ce rezultă din echilibrul stabilit între forța centrifugă ce acționează asupra lor și forța elastică cu care arcul (5) acționează, prin intermediul pârgheii (4) asupra manșonului culisant (3) și deci și asupra greutăților. Ca urmare, cremaliera (7) se va găsi și ea într-o anumită poziție, ce corespunde unei anumite turații a motorului.

În acest moment, în funcționarea regulatorului pot interveni două situații:

- pârghia de accelerație rămâne în aceeași poziție, dar turația motorului crește datorită scăderii cuplului rezistent;
- pârghia de accelerație este acționată de către conducătorul auto.

În primul caz, creșterea turației motorului conduce la creșterea forței centrifuge ce acționează asupra greutăților, care devine mai mare decât forța elastică a arcului. Ca urmare, manșonul culisant (3) se deplasează către dreapta, tensionând arcul până când se ajunge din nou la un echilibru între forța centrifugă și cea elastică. În același timp, cremaliera pompei de injecție este deplasată în sensul scăderii dozei ciclice de combustibil, ceea ce va conduce la scăderea turației motorului. Se observă deci că regulatorul acționează în sensul menținerii constante a turației.

În cel de al doilea caz, dacă șoferul acționează pârghia de accelerație (6) în sensul (+), forța elastică a arcului devine mai mare decât forța centrifugă, iar pârghia (4) deplasează cremaliera în sensul creșterii debitului ciclic de combustibil; turația motorului crește. Se observă că pârghia de accelerație nu acționează direct asupra cremalierii pompei de injecție, ci prin intermediul arcului principal al regulatorului.

O problemă deosebită privind funcționarea acestui regulator apare atunci când motorul funcționează la sarcina nominală, cremaliera pompei de injecție găsindu-se la capăt de cursă (doză ciclică maximă), când cuplul rezistent al motorului crește. În acest moment, scăderea turației motorului cauzată de creșterea cuplului rezistent impune regulatorului de turație deplasarea cremalierii în sensul creșterii dozei ciclice; aceasta însă nu mai poate fi deplasată, deoarece se găsește deja în poziția de debit maxim. În plus, caracteristica de debit a acestui tip de pompă de injecție manifestă o tendință de scădere a dozei ciclice refulate odată cu scăderea turației (**fig. 7.11a**). Ca urmare a acestor două fenomene, se poate ajunge la oprirea motorului. Pentru evitarea acestei situații, pompele de injecție se prevăd cu *corectoare de debit*, care compensează scăderea debitului de combustibil la reducerea turației (mai ales la sarcină nominală).

Corectarea debitului se poate realiza prin:

- modificarea debitului prin deplasarea cremalierii;
- modificarea debitului cu menținerea cremalierii în poziție fixă.

Primul tip de corector (**fig. 7.11b**) este montat în exteriorul elementului de pompare, asigurând o deplasare suplimentară a cremalierii la regimul de sarcină totală.

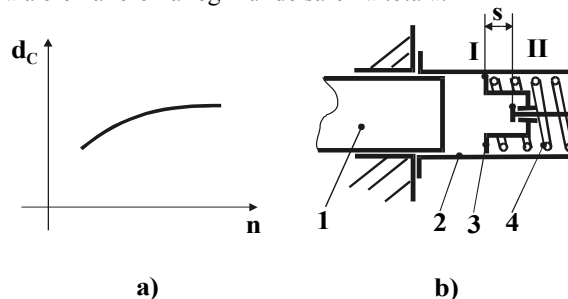


Fig. 7.11 Corector de debit

a-caracteristica de debit a elementului de pompare (necorectată); **b**-corector de debit montat în exteriorul elementului de pompare; 1-cremalieră; 2-carcasa corectorului; 3-opritor; 4-arcul corectorului; s-cursa suplimentară.

Acest tip de corector este realizat sub forma unui opritor elastic al cremalierii, fiind echipat cu arcul (4). Atunci când motorul se găsește la sarcină totală (la turația de putere maximă), cremaliera este deplasată către dreapta, sprijinindu-se pe opritorul (3); dacă turația motorului scade, regulatorul va deplasa suplimentar cremaliera către dreapta, comprimând arcul (4), asigurând astfel

creșterea dozei ciclice (d_c). Cursa suplimentară maximă a cremalierei este (s).

Corectarea debitului prin menținerea cremalierei într-o poziție fixă presupune utilizarea, la fiecare element de pompare, a unei supape de refulare de construcție specială (fig. 7.12).

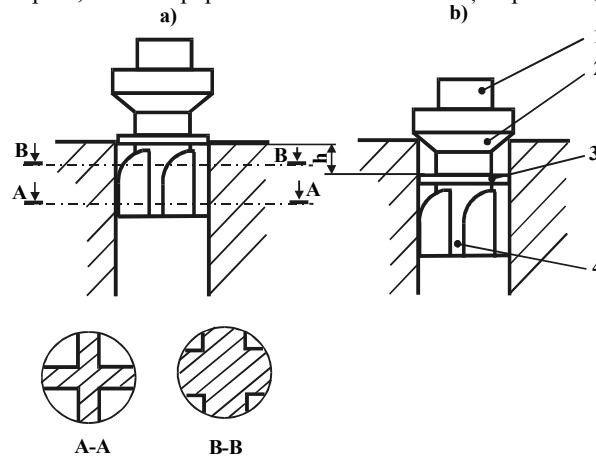


Fig. 7.12 Supapă corectoare

a-întreruperea refulării; b-ășezarea supapei pe scaun; h-cursa de descărcare; 1-umăr pentru centrarea arcului supapei de refulare; 2-zonă conică de etanșare; 3-brâu de descărcare; 4-aripioare profilate.

Se observă ca, la partea inferioară, supapa de refulare este prevăzută cu aripioarele profilate (4), ce realizează o secțiune variabilă de trecere a combustibilului. Când turația motorului crește, viteza de curgere a combustibilului prin canalele supapei crește; ca urmare, forța ce acționează asupra supapei crește, supapa ridicându-se mai mult de pe sediu. La terminarea injecției, când supapa se așează pe scaun, aceasta efectuează o cursă mai mare, dislocând un volum mai mare de combustibil în avalul ei. La injecția următoare, elementul de pompare va trebui să trimită întâi o cantitate de combustibil care să compenseze volumul dislocuit de supapă, restul de combustibil ajungând la injector. Rezultă că, cu cât turația motorului este mai mare, cu atât o parte mai mare din doza ciclică va fi folosită pentru a completa volumul dislocuit de supapă; astfel, se contracarează tendința de creștere a dozei ciclice odată cu creșterea turației, realizându-se corecția debitului refulat spre injector de către elementul de pompare. Acest mod de corectare a debitului prezintă însă unele dezavantaje:

- este greu să se asigure o caracteristică de debit identică pentru toți elementii de pompare, din cauza toleranțelor de fabricație ale canalelor (aripioarelor) supapei;
- la scăderea turației, crește avansul la injecție, fenomen dezavantajos din punct de vedere al funcționării motorului.

Supapa de refulare are rolul de a separa conducta de înaltă presiune de elementul de pompare, în intervalul dintre două injecții succesive; se împiedică astfel golirea conductei de înaltă presiune, fapt care ar face imposibilă reluarea injecției. Dezavantajul prezenței supapei de refulare este legat de faptul că prezența acesteia determină existența unui nivel ridicat de presiune a combustibilului din conductă, ceea ce poate determina apariția postinjecției (datorată, de exemplu, vibrațiilor conductei sau undelor de presiune din conductă). Evitarea acestui fenomen este realizată prin prevederea supapei cu brâu de descărcare (3); acesta realizează separarea conductei de înaltă presiune de elementul de pompare înainte ca supapa să se așeze pe scaun (fig. 7.12a). Din acest moment și până la așezarea supapei pe scaun (fig. 7.12b), supapa mai parcurge spațiul (s), ceea ce determină creșterea volumului conductei de înaltă presiune cu valoarea:

$$\Delta V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4},$$

unde d este diametrul brăului de descărcare. Se asigură astfel destinderea motorinei din conducta de înaltă presiune și scăderea nivelului presiunii din conductă între două injecții succesive, evitându-se postinjecția.

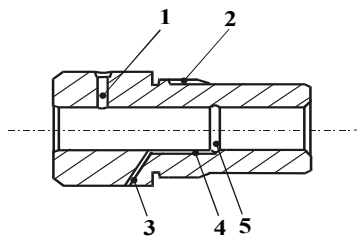


Fig. 7.13 Construcția bucșei

1-canal de alimentare-descărcare; 2-frezare pt. fixarea bucșei; 3,4,5-canale pt. colectarea scăpărilor.

Deși jocul dintre pistonaș și bucșă este foarte mic ($1,5 \dots 3,5 \mu\text{m}$), datorită faptului că nu există un element de etanșare presiunile mari dezvoltate în timpul funcționării determină scăpări de combustibil către coada pistonașului. Acestea sunt colectate prin canale circulare și orificii înclinate (fig. 7.13), practicate în bucșă, care servesc dirijării scăpărilor de motorină către colectorul de alimentare al pompei de injecție.