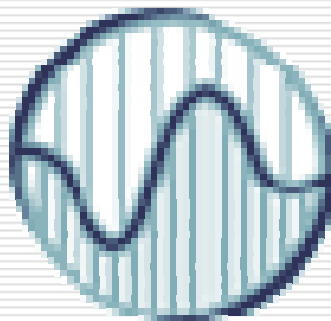
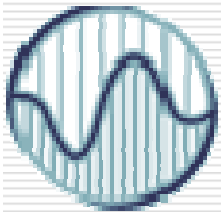




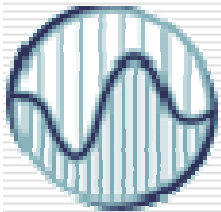
Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

СИСТЕМ ЗА ДОВОД ГОРИВА ДИЗЕЛ-МОТОРА



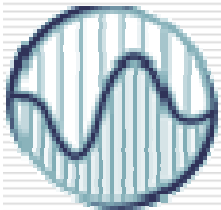
Задаци система за довод горива

- Убризгавање горива у радне просторе појединих цилиндара према редоследу паљења, у тачно утврђеном тренутку и по задатом закону убризгавања. Угао коленастог вратила од почетка убризгавања до СМТ назива се *углом предубризгавања*,
- Распршивање горива у ситне капљице и просторна расподела по комори за сагоревање која обезбеђује добро искоришћење расположивог ваздуха, зависно од примењеног начина остварења смеше.
- Дозирање убризгане количине горива по циклусу у зависности од режима рада мотора;

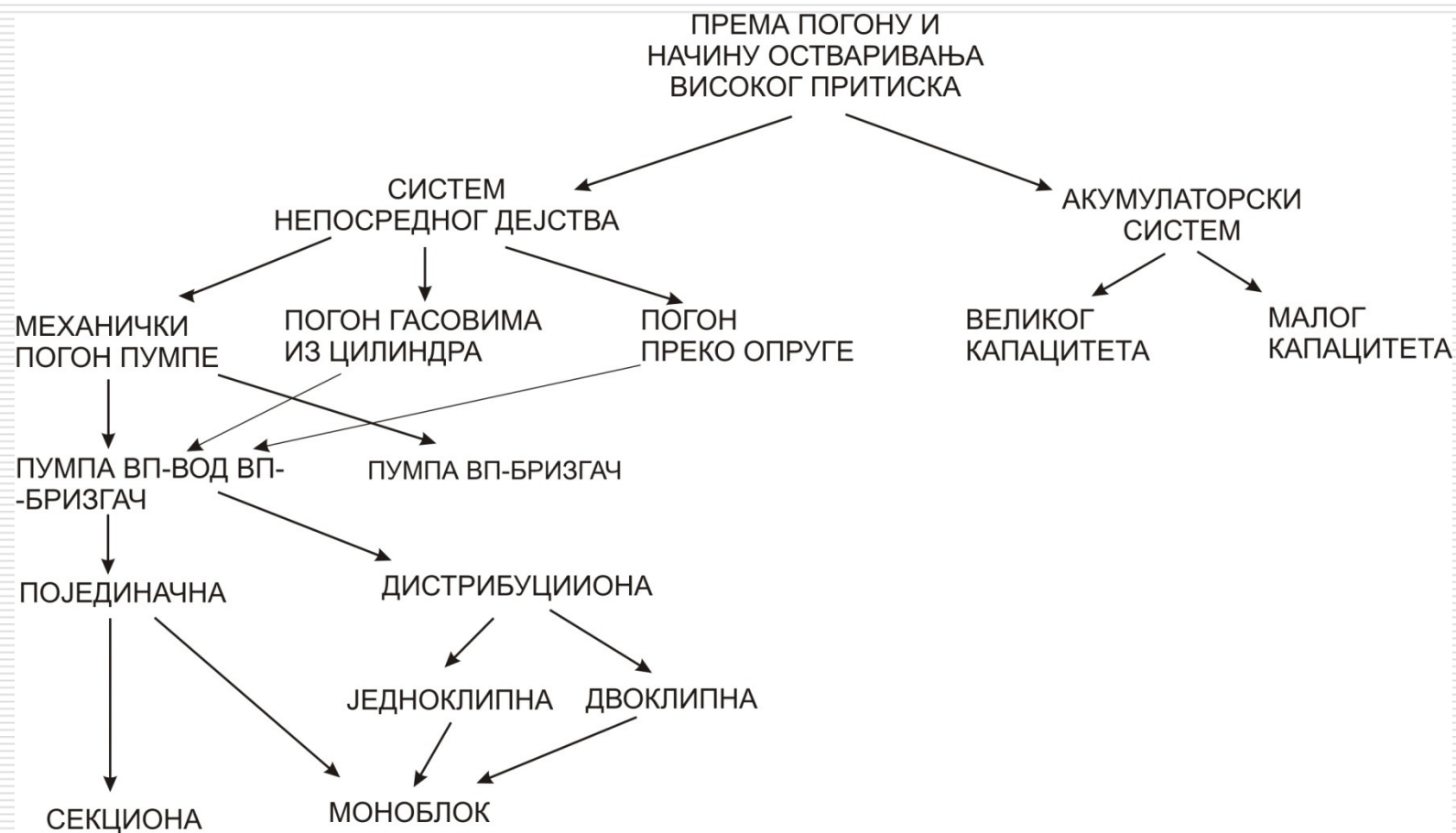


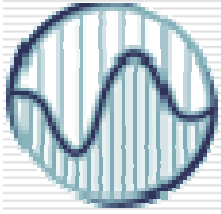
Захтеви

- што мања неравномерност убризгане количине горива између појединих циклуса у истом цилиндру (до 1 %), као и између цилиндара ($2 \div 4$ %),
- аутоматска промена убризгане количине горива и угла предубризгавања у зависности од режима рада мотора,
- поуздано одржавање карактеристика током експлоатације,
- довољно дуг век трајања,
- једноставно одржавање и регулација,
- мала маса и габарити система и
- ниска производна цена.



Подела

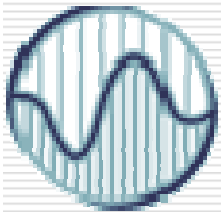




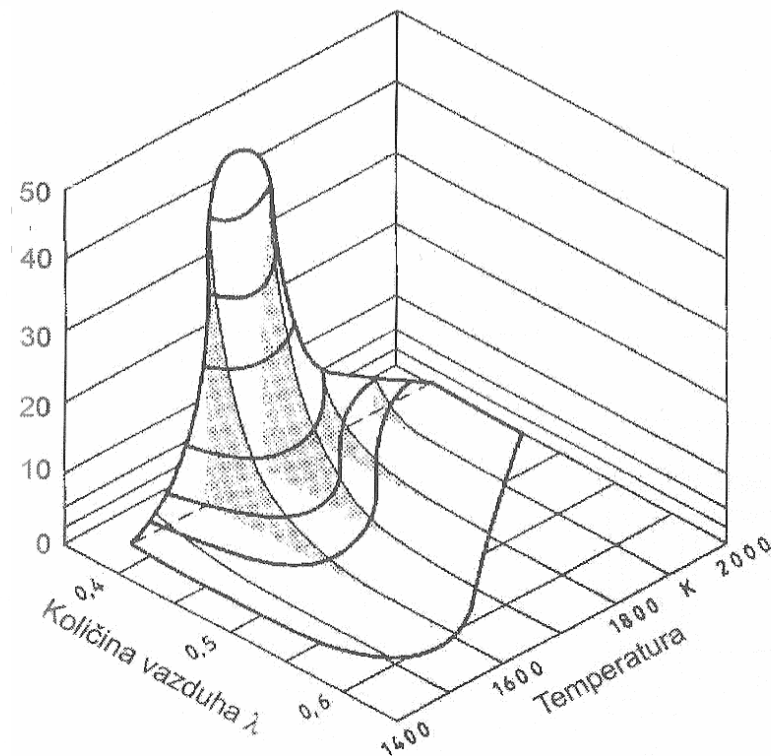
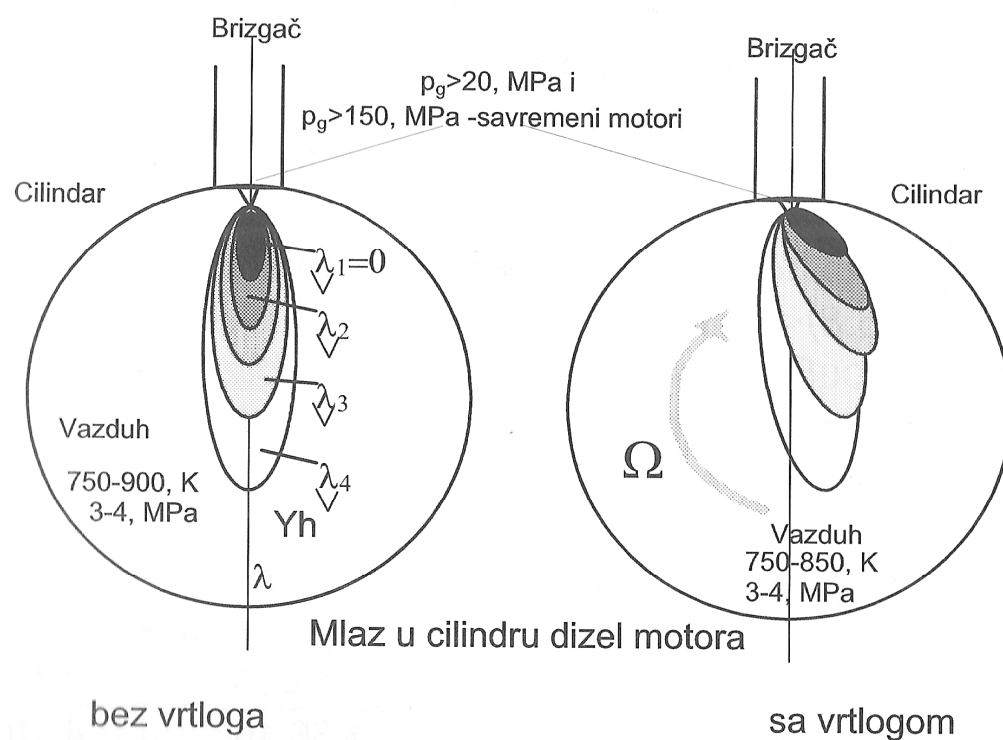
ПРОЦЕС САГОРЕВАЊА У ДИЗЕЛ МОТОРУ

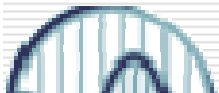
Карактеристике:

- ☐ Рад са нехомогеном смешом
- ☐ Краће време за образовање смеше
- ☐ Сагоревање почиње на много места, пре него што се целокупно гориво убризга
- ☐ У једном делу сагоревања симултано се убризгава гориво, испарава убризгано гориво, образује смеша и сагорева припремљена смеша
- ☐ Притисци у цилиндру 3-4 МПа и температуре 750-900К

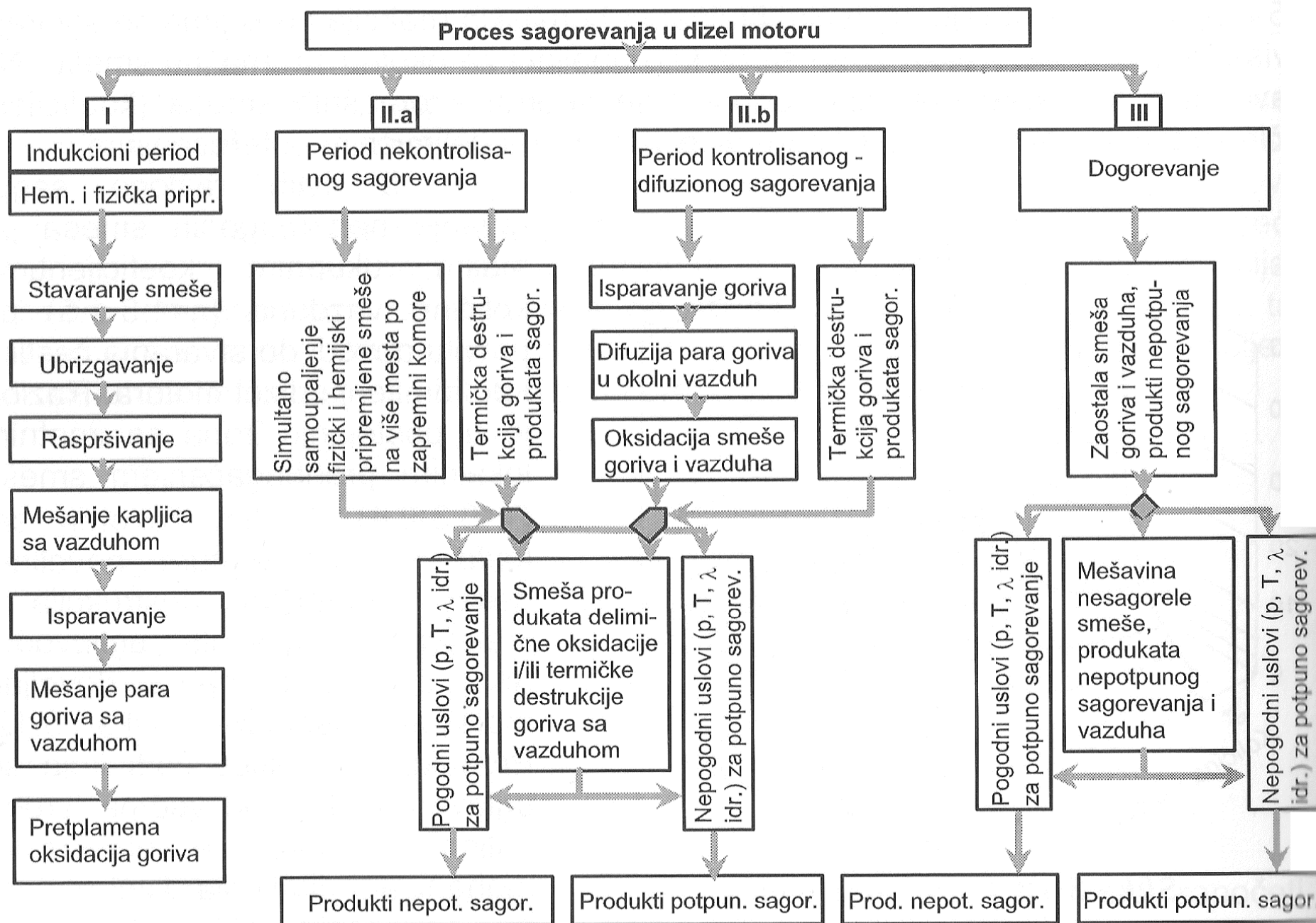


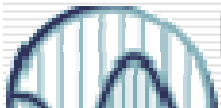
Структура млаза убризганог горива и механизам формирања чађи





Нормално сагоревање у дизел мотору





Индикаторски дијаграм нормалног сагоревања

ФАЗЕ САГОРЕВАЊА

I Индукциони период

- Процес испаравања и загревања убризганог горива доводе до опадања притиска и температуре у цилиндру
- Претпламене реакције и први центри самоупаљења
- Убризгава се значајна количина горива и формира се смеша са околним ваздухом

IIa Период интензивног неконтролисаног сагоревања

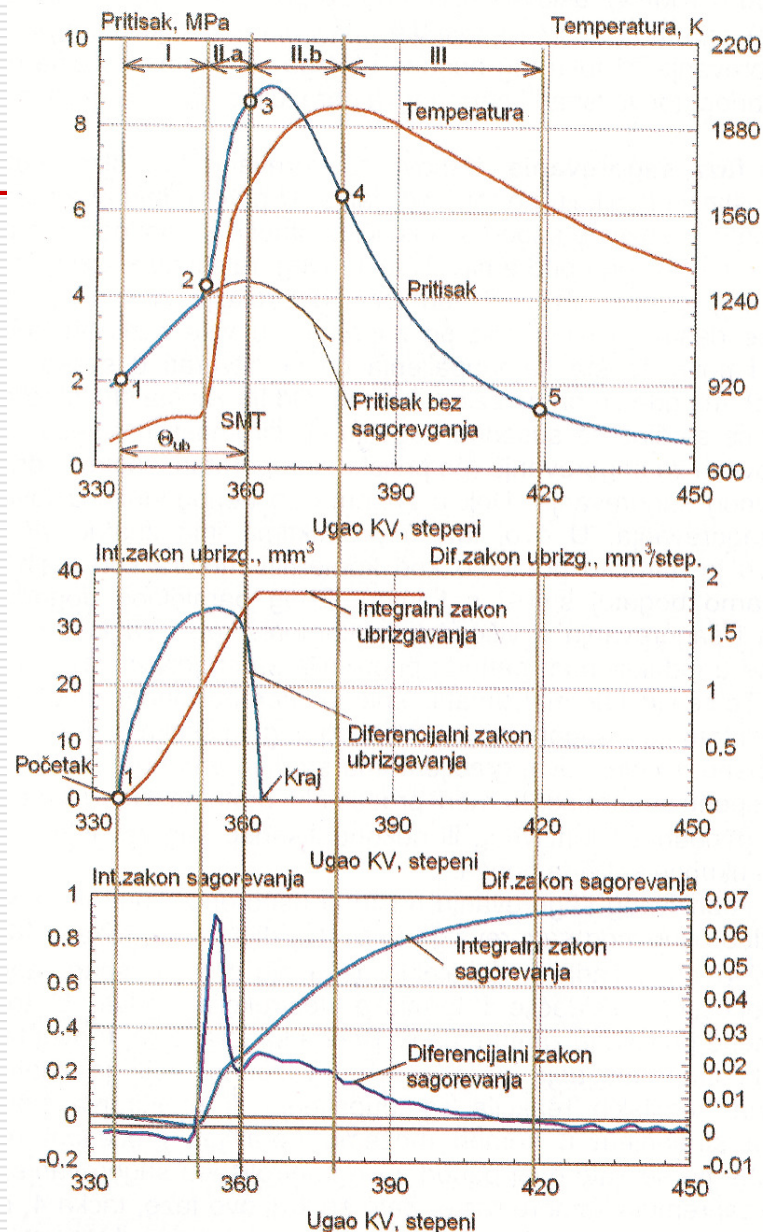
- Сагорева смеша која се припремила у индукционом периоду (20-30% укупног горива)
- Нагли скок притиска и температуре

IIb Период контролисаног дифузног сагоревања

- Паралелан процес испаравања и стварања смеше са процесом оксидације и термичке деструкције горива
- Мањи пораст притиска и максимум температуре
- Брзина сагоревања је одређена брзином мешања пара горива и ваздуха
- Постоји могућност управљања процесом сагоревања
- Сагори укупно 60-70% горива

III Период догоревања

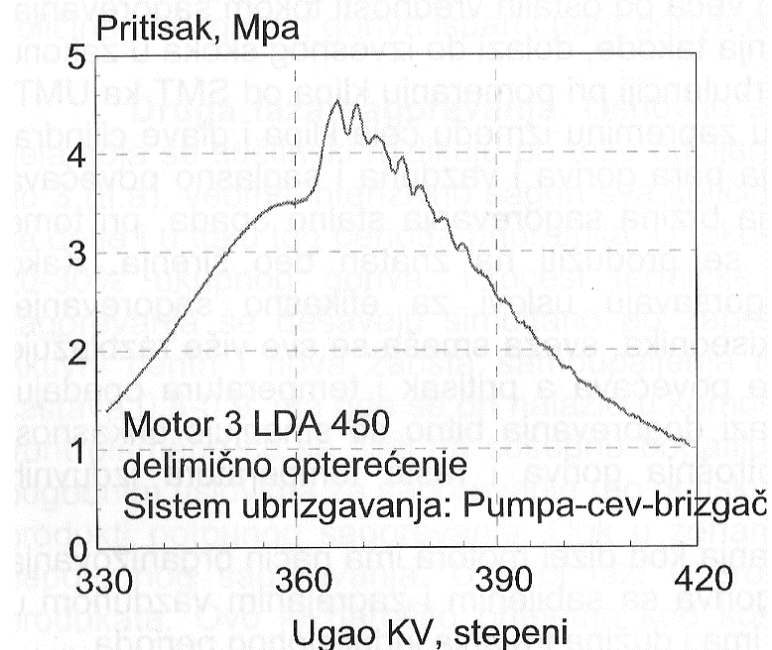
- Сагорева преосталих 30-40% горива
- Брзина сагоревања одређује се брзином дифузије и турбулентног мешања ваздуха са парама несагорелог горива

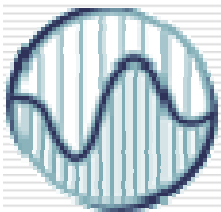




Ненормално сагоревање у дизел мотору

- Утицајни параметри:
 - Организација процеса мешања горива и ваздуха
 - Дужина трајања индукционог периода
- У случају дужег трајања индукционог периода у тренутку самоупаљења појављује се велика количина горива и процес сагоревања је праћен ударним таласима који изазивају осцилаторне промене притиска (код мотора са директним убризгавањем и класичним системом убризгавања)
- **На дужину индукционог периода утичу:**
 - Хемијски састав горива (цетански број)
 - Температура и притисак сабијеног ваздуха у цилиндру у моменту почетка убризгавања
 - Финоћа распршивања горива
 - Карактер организованог струјања пуњења
 - Присуство топлих места у комори за сагоревање
- **Други вид ненормалног сагоревања у дизел мотору је појава дима** (код горива са високим цетанским бројем и код накнадног убризгавања)
- Дизел мотори су мање осетљиви на појаву ненормалног сагоревања од ото мотора





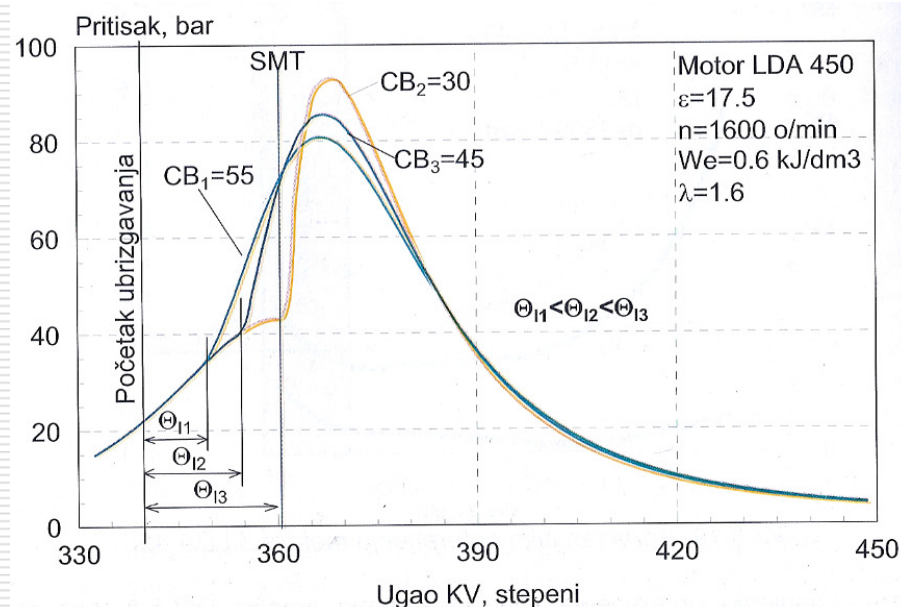
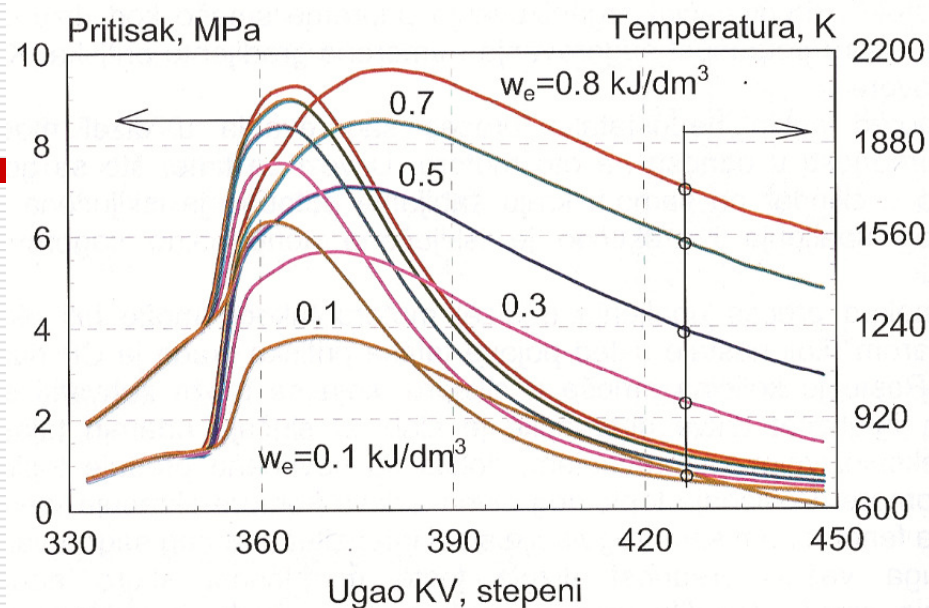
Параметри који утичу на сагоревање у дизел мотору

Промена оптерећења

- Квалитативна регулација снаге
- Потпуније сагоревање при мањим оптерећењима: мања потрошња горива него код ото мотора

Гориво

- Повећањем цетанског броја обезбеђује се мекши радни процес са нижом максималном температуром и притиском





Параметри који утичу на сагоревање у дизел мотору

Степен компресије

- ❑ Бира се из услова поузданог старта на ниским температурама
- ❑ Повећањем степена компресије смањује се индукциони период
- ❑ Већа механичка оптерећења

Угао предубризгавања

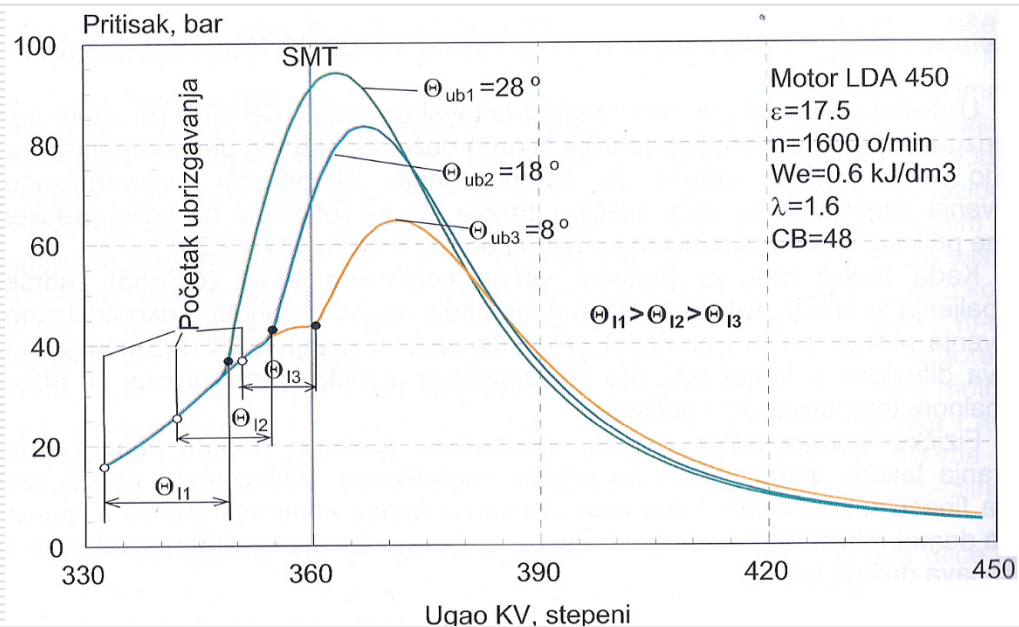
- ❑ Повећањем угла предубризгавања повећава се индукциони период, што повећава градијент пораста притиска

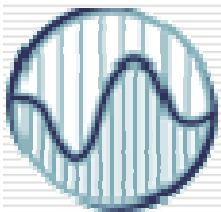
Квалитет стварања смеше и дужина убризгавања

- ❑ Финија смеша која се добија повећањем притиска скраћује индукциони период
- ❑ Закон убризгавања битно утиче на градијент промене притиска

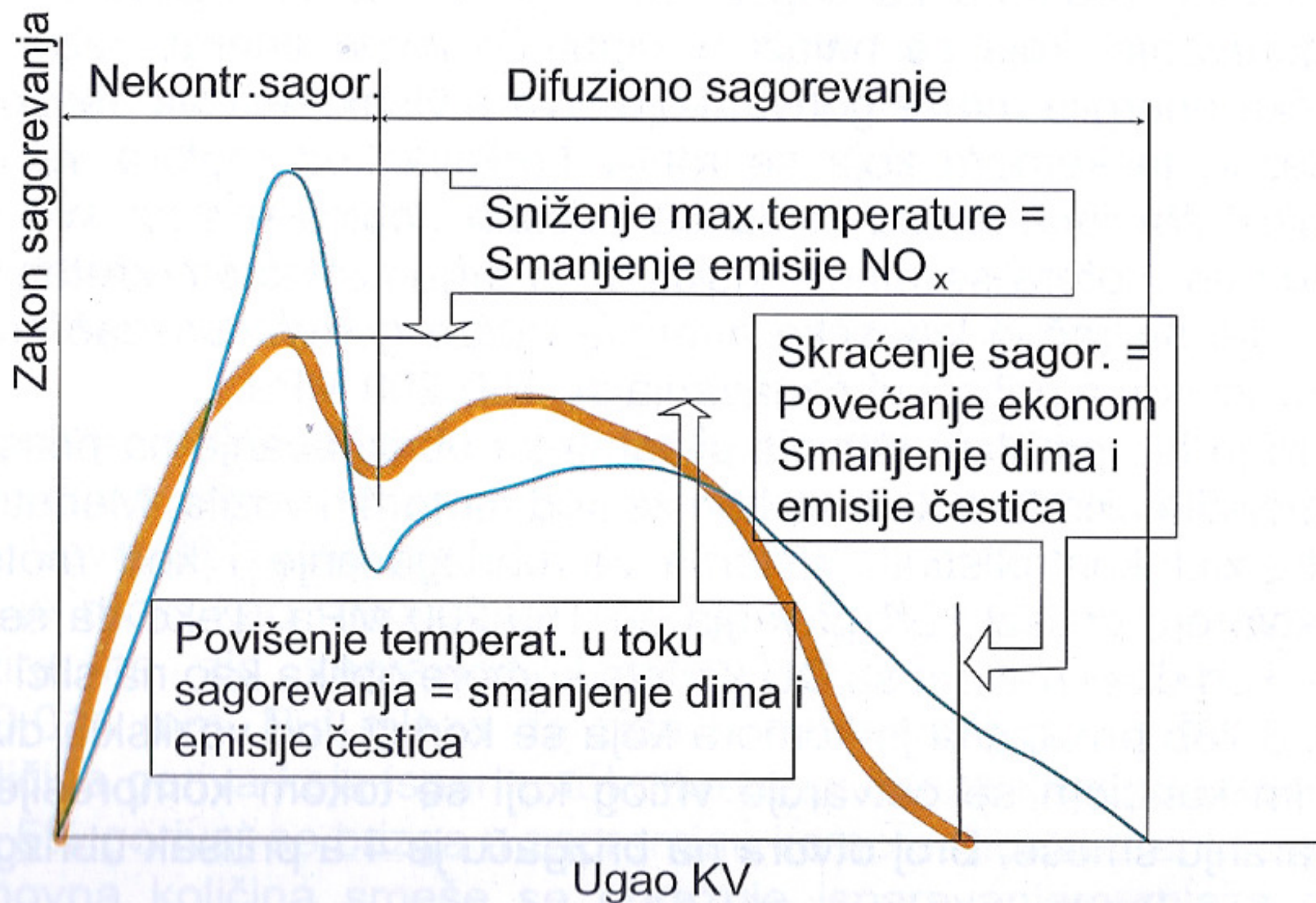
Број обртаја

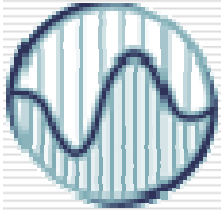
- ❑ Повећањем броја обртаја добија се квалитетнији индукциони период, али се смањује време за сагоревање: повећање угла предубризгавања





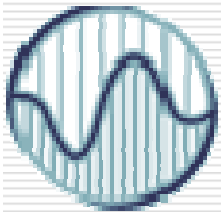
Еколошко сагоревање у дизел моторима





Коморе за сагоревање код дизел мотора

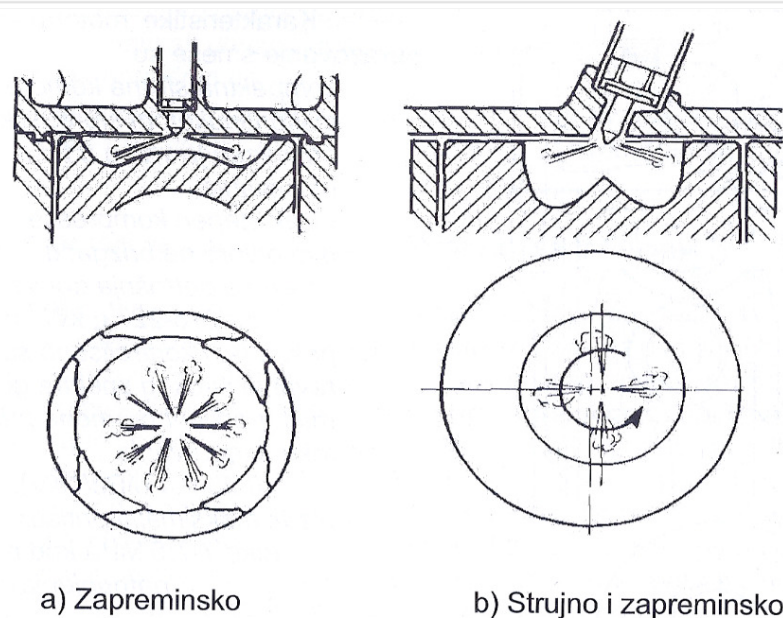
- Јединствен простор за сагоревање: директно убризгавање
 - Запреминско образовање смеше
 - Филмско образовање смеше
 - Комбиновано образовање смеше
- Подељен простор за сагоревање: коморни мотори
 - Преткоморе
 - Вихорне коморе

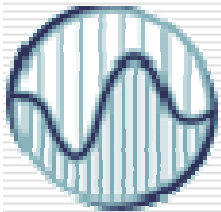


Коморе за сагоревање код дизел мотора

Директно убризгавање и запреминско образовање смеше

- Мали топлотни губици
- Код неких варијанти неопходан вртлог
- Релативно низак степен компресије
- Већи број отвора мањег пречника на брызгачу
- Висок притисак убризгавања (изнад 150 МПа)
- Мала потрошња горива
- Велики градијент промене притиска код класичних система
- Примењује се код већине савремених мотора





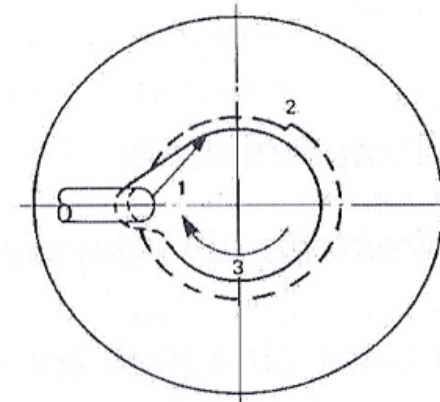
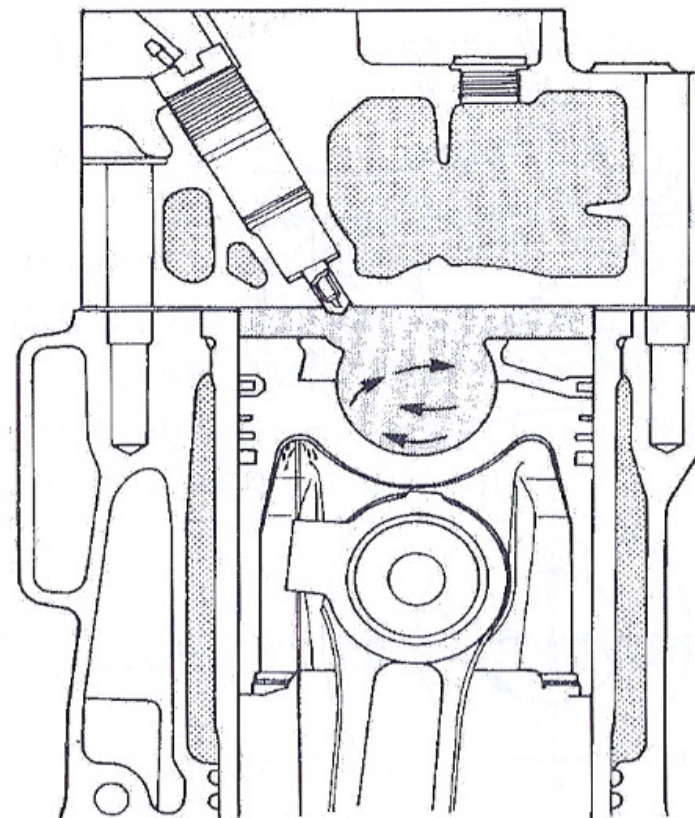
Коморе за сагоревање код дизел мотора

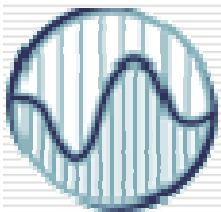
Филмско обтразовање смеше (М поступак)

- ❑ Компактна сферна комора
- ❑ Обавезан вртлог у току усисавања
- ❑ Низак степен компресије
- ❑ Два отвора на брызгачу
- ❑ Умерена потрошња горива
- ❑ Мања осетљивост на квалитет горива
- ❑ Мали градијент промене притиска
- ❑ Низак максимални притисак

Недостаци

- ❑ Отежан старт хладног мотора
- ❑ Мали степен искоришћења ваздуха
- ❑ Не подносе надпуњење

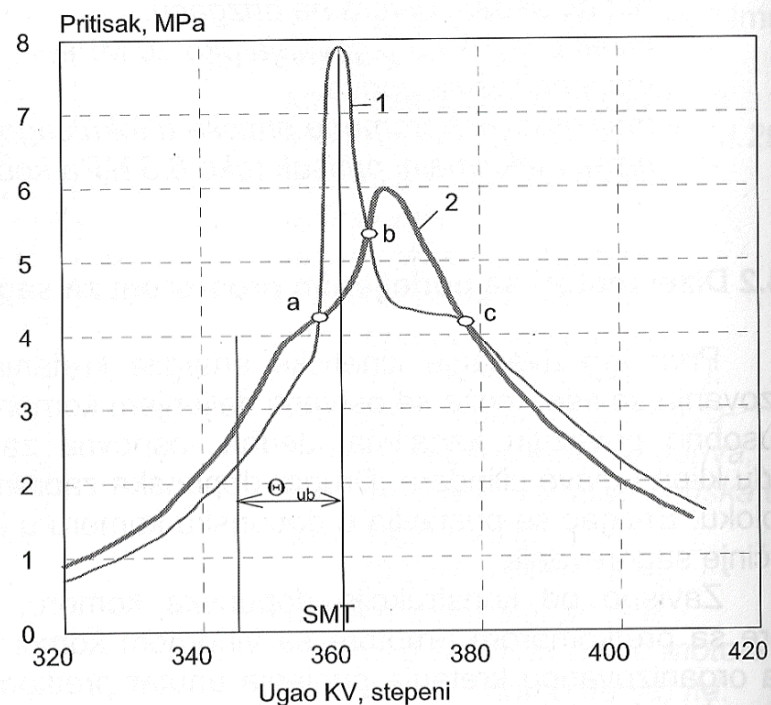
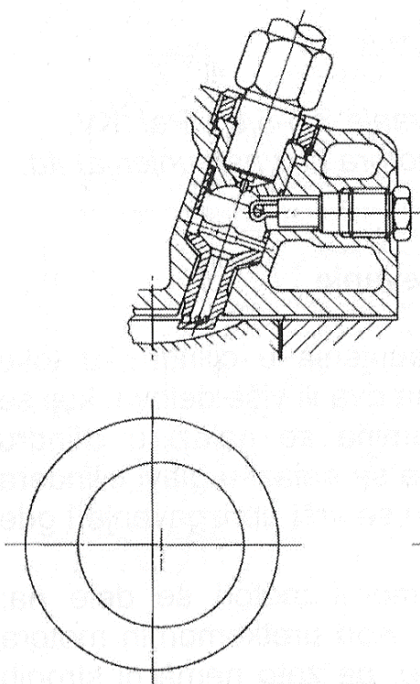


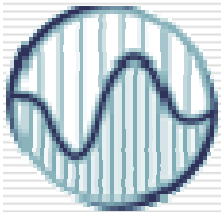


Коморе за сагоревање код дизел мотора

ПРЕТКОМОРЕ

- ❑ Велики топлотни губици
- ❑ Независност радног процеса од броја обртаја мотора
- ❑ Висок степен компресије 22-24
- ❑ Један отвор на брызгачу
- ❑ Низак притисак убризгавања
- ❑ Велика потрошња горива
- ❑ Мали градијент промене притиска у цилиндру и бруталан процес у преткомори
- ❑ Низак максимални притисак у цилиндру

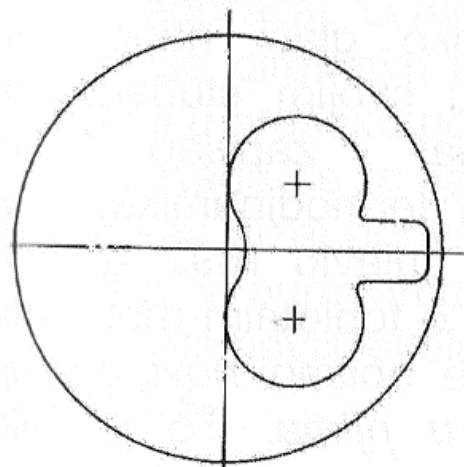
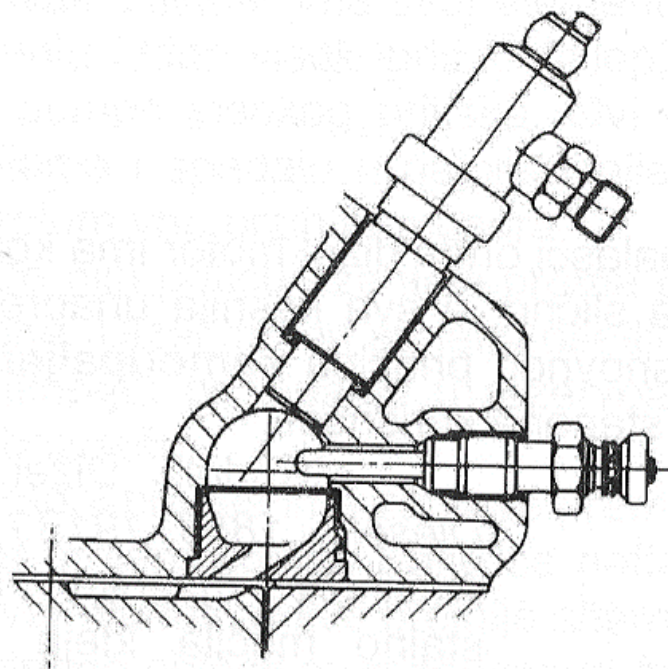


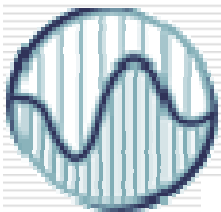


Коморе за сагоревање код дизел мотора

ВИХОРНЕ КОМОРЕ

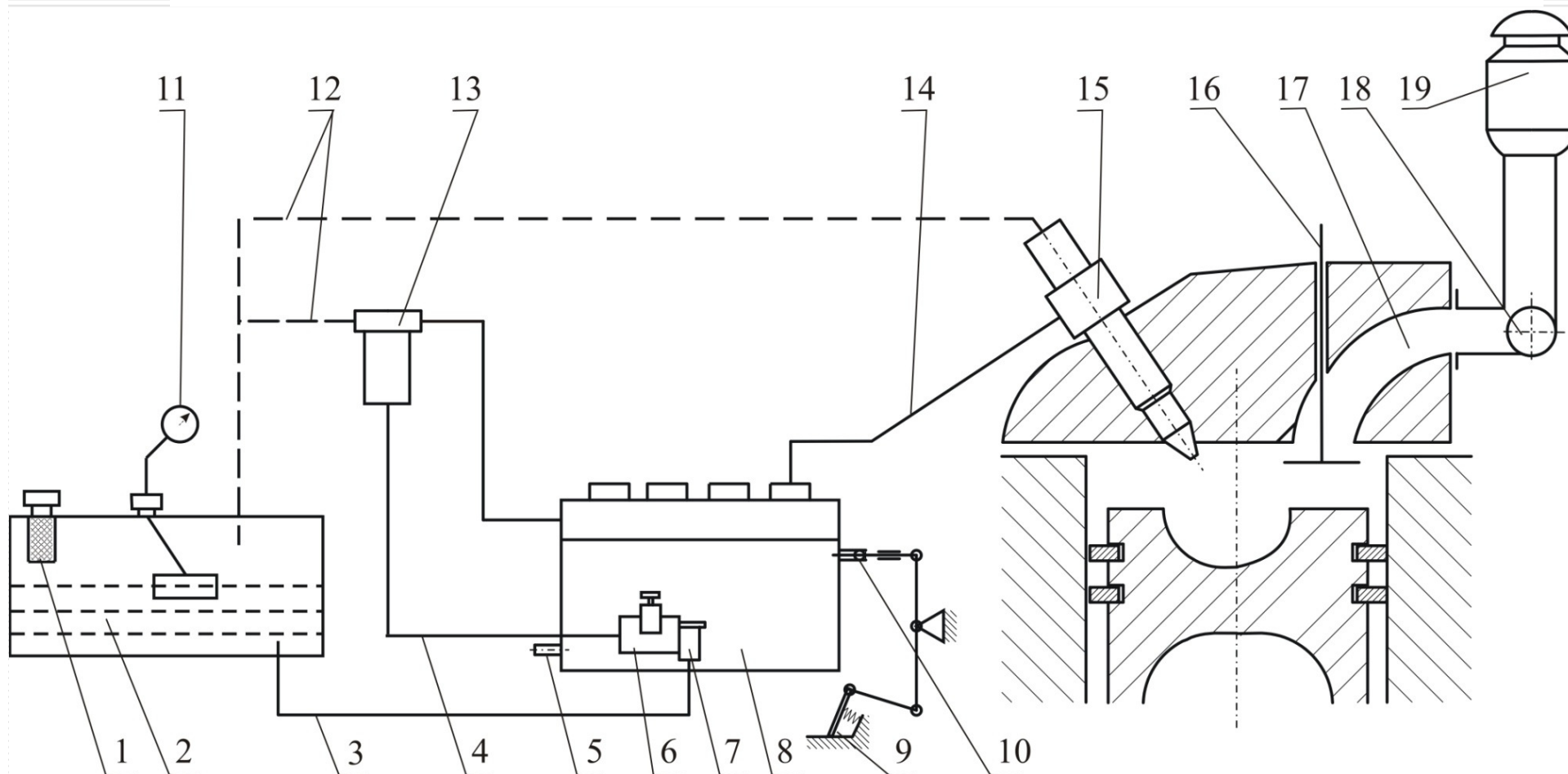
- ❑ Високи топлотни губици, али мањи него код преткоморе
- ❑ Мања зависност од промене броја обртаја мотора
- ❑ Висок степен компресије: 18-22
- ❑ Бризгач са једним или са два отвора
- ❑ Низак притисак убризгавања
- ❑ Мали градијент промене притиска
- ❑ Низак максимални притисак у цилиндру



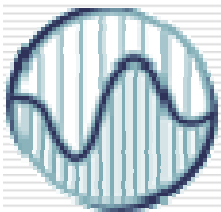


Класични систем за довод горива

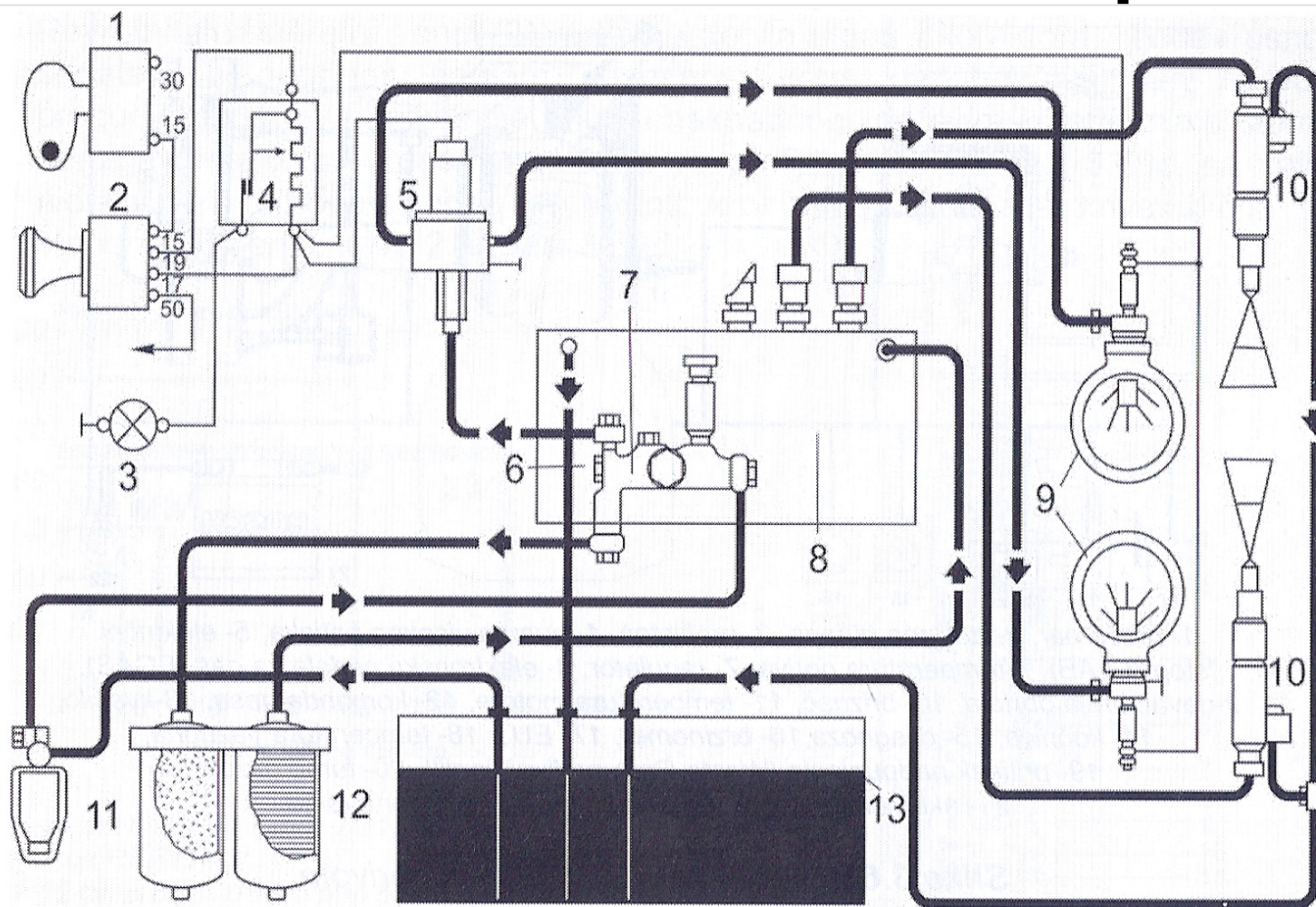
□ Систем пумпа – цев – брызгач: автомобилски мотори



□ Систем пумпа - брызгач: најчешће мотори великих снага

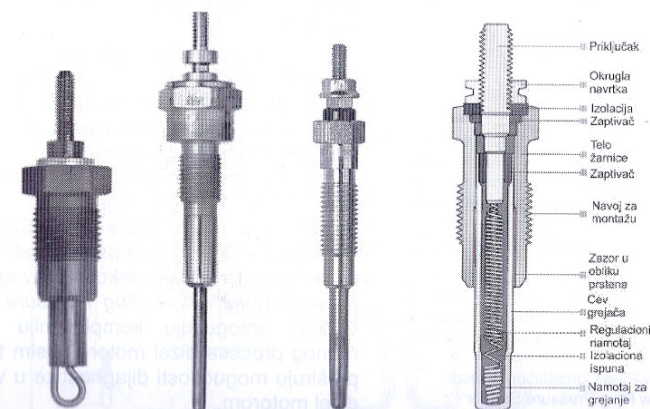
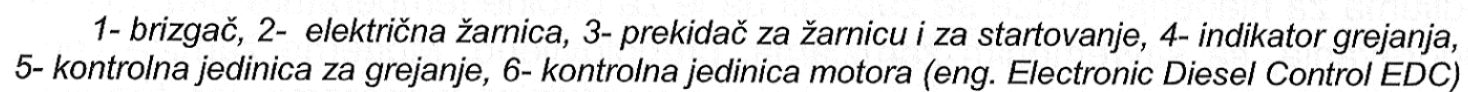


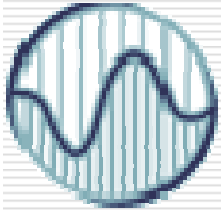
Класични системи за довод горива



1- kontakt ključ, 2- prekidač grejača, 3- kontrola zagrejanosti, 4- bimetalni otpornik, 5- magnetni ventil, 6- regulator pumpe visokog pritiska, 7- ručna pumpa za gorivo, 8- telo pumpe visokog pritiska, 9- gorionici za zagrevanje vazduha, 10- brizgači, 11 i 12- prečistači goriva, 13- rezervoar goriva

Систем за довод горива са загревањем усисног ваздуха при хладном старту

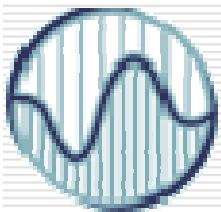




Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

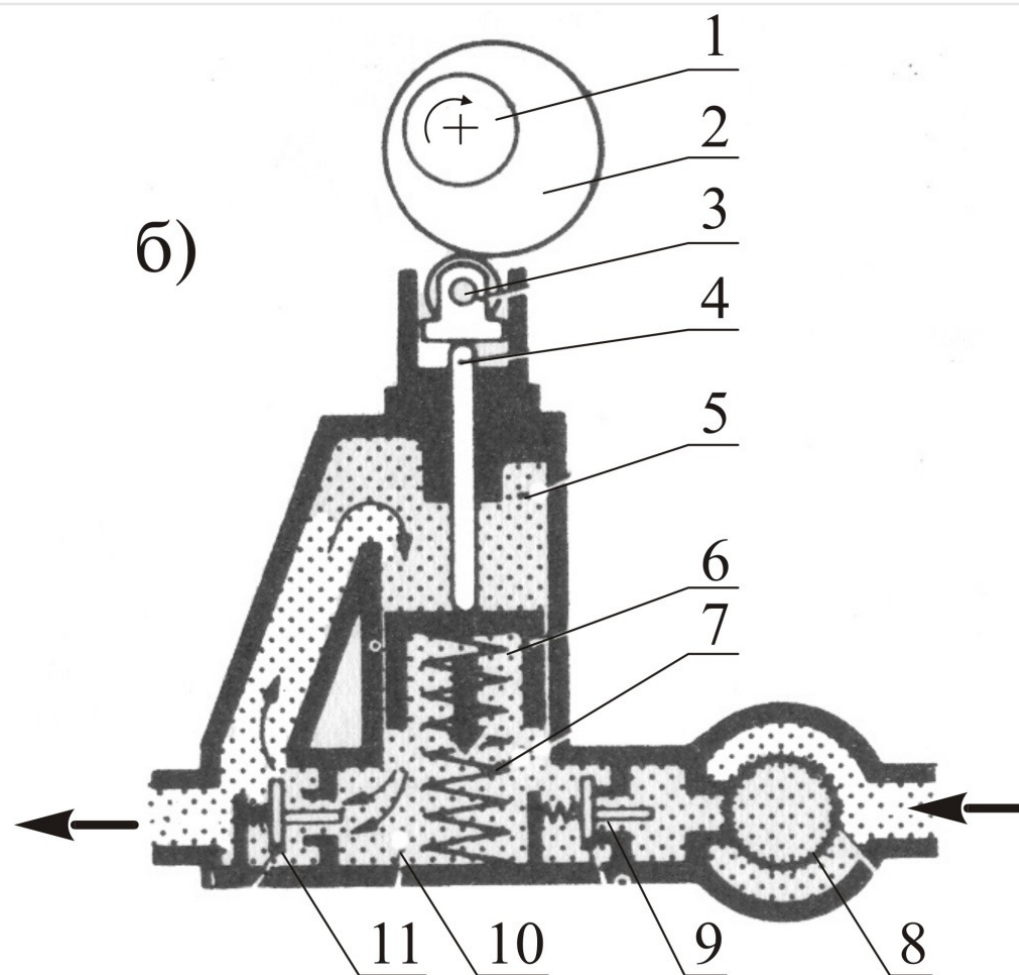
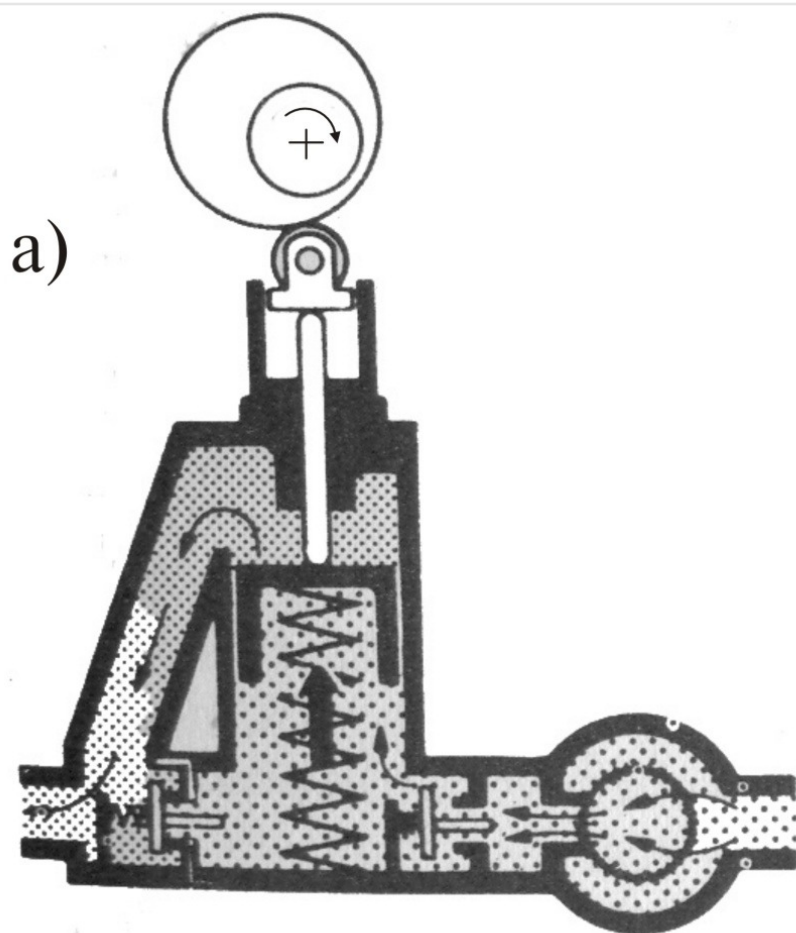
Цевоводи у систему за напајање дизел-мотора, могу се поделити у две групе:

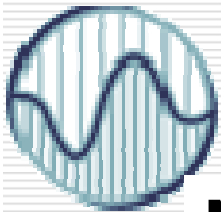
- Прву групу сачињавају тзв. *водови ниског притиска (НП)*, у коју спадају водови од резервоара до пумпе НП, од пумпе НП до пречистача горива, од пречистача до пумпе ВП, као и повратни водови;
- Другу групу чине *водови високог притиска (ВП)* који повезују пумпу ВП и брызгаче.



Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

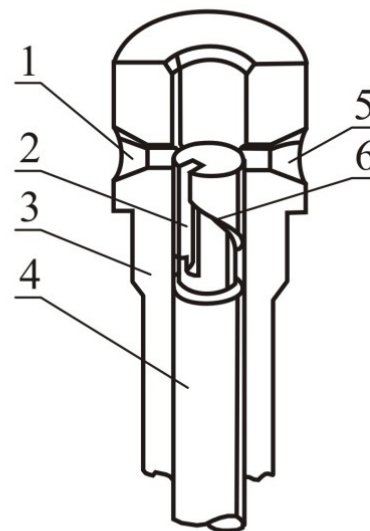
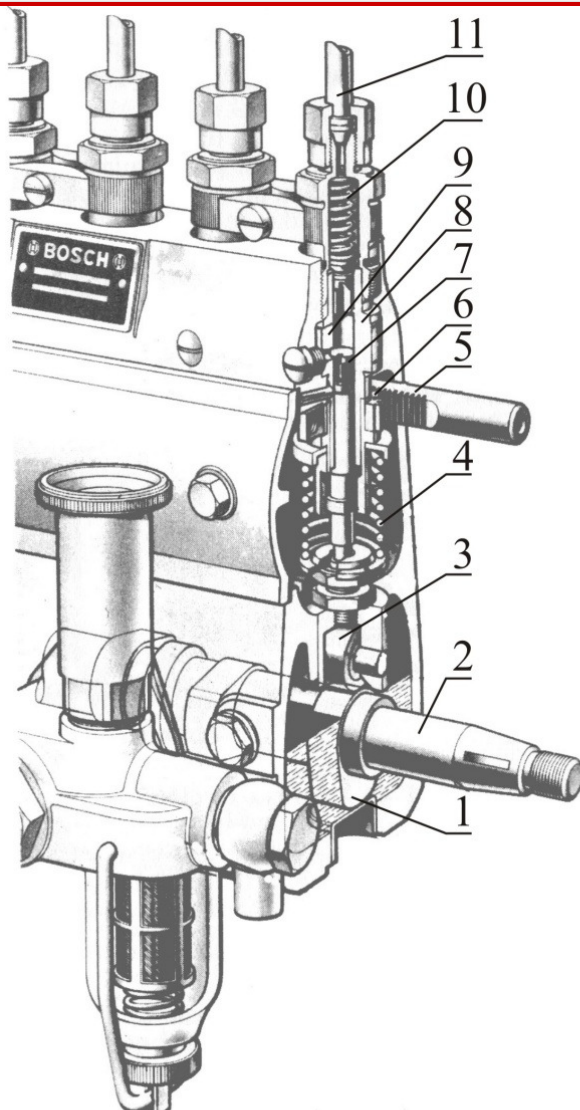
Клипна пумпа ниског притиска

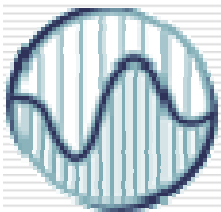




Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

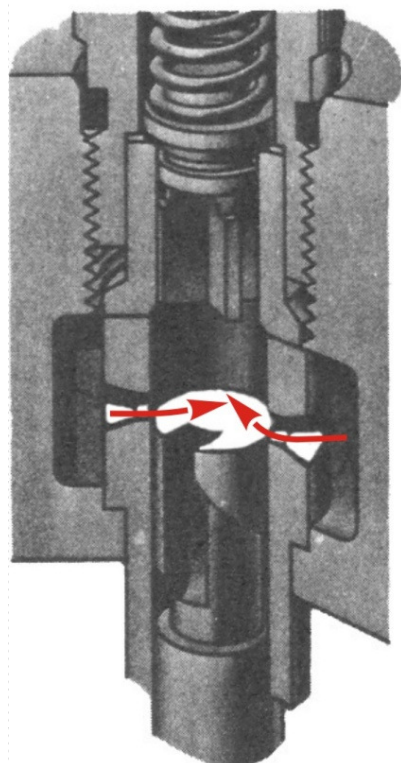
Моноблок линијска пумпа високог притиска



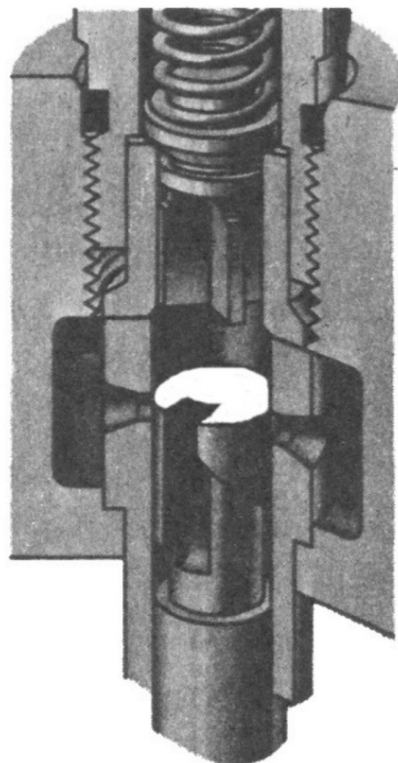


Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

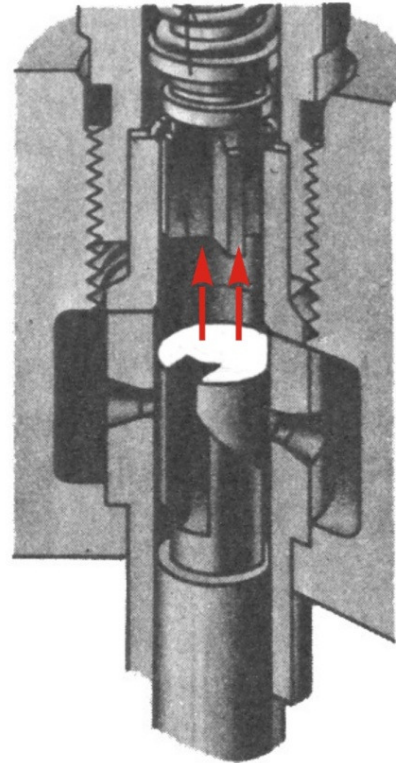
Пумпа високог притиска – дозирање горива



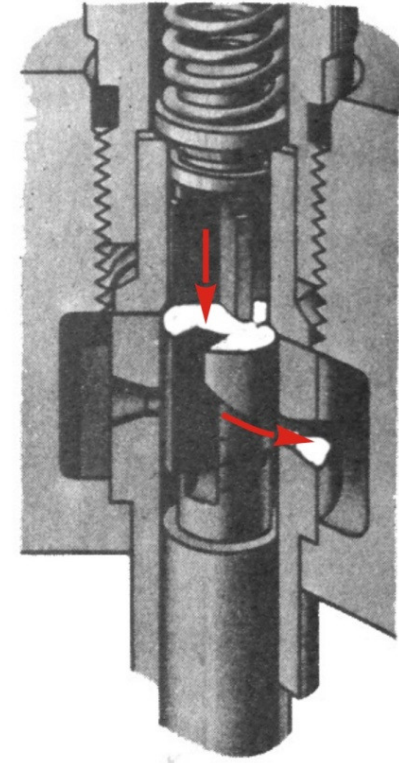
а)



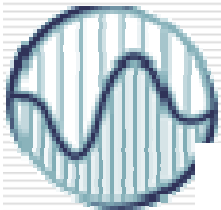
б)



в)

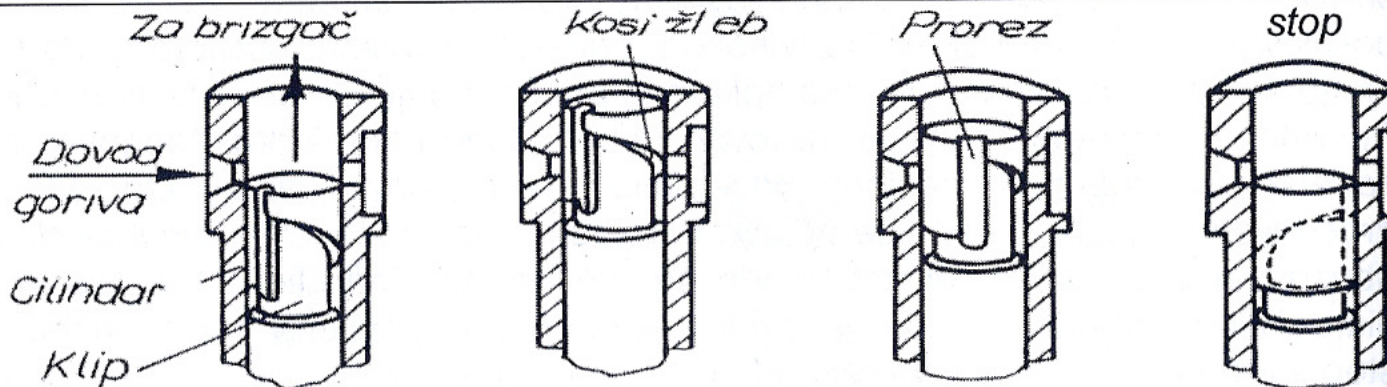


г)



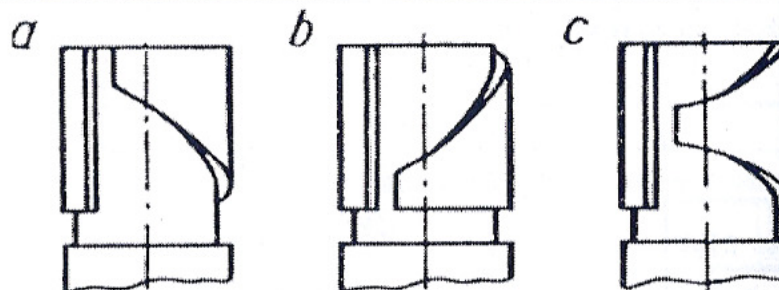
Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

Konstruktivne varijante u izvođenju kosog žleba na klipu pumpe visokog pritiska



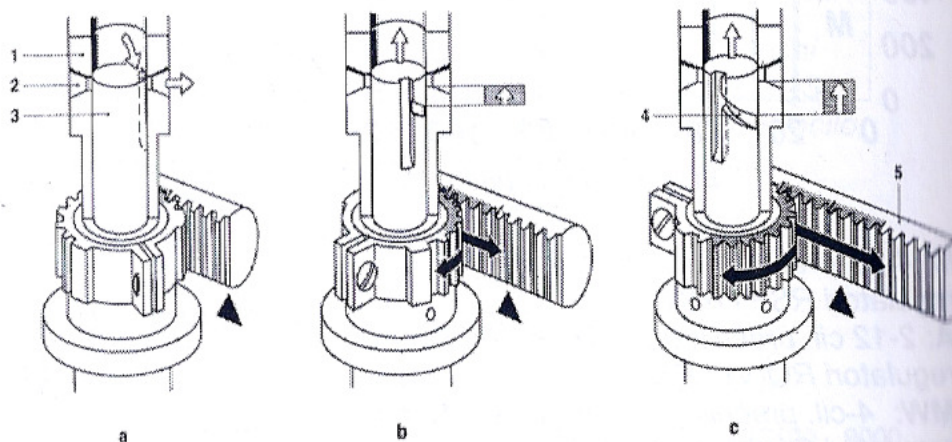
Izvođenjem kosog žleba može se fiksirati:

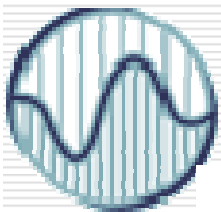
- a-** početak ubrizgavanja, a kraj promenljiv
- b-** kraj ubrizgavanja, a početak promenljiv
- c-** promenljivi i početak i kraj ubrizgavanja



Zakretanjem klipnog elementa, a time i prereza na klipnom elementu odlučuje se o količini ubrizganog goriva:

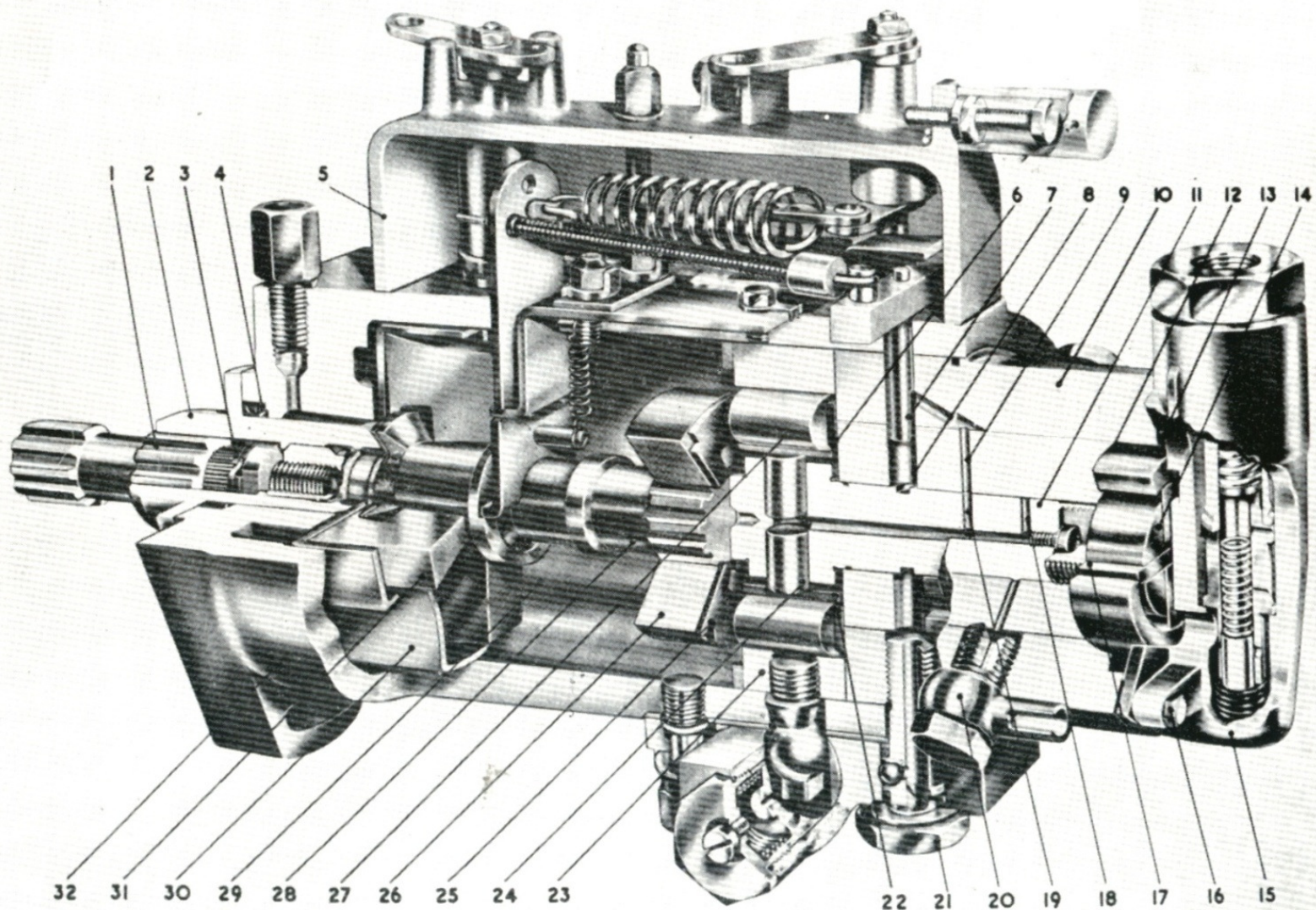
- a-** prekid dovoda "stop"
 - b-** pola gasa
 - c-** pun gas
- (1- komora, 2- ulaz goriva, 3- klip, 5- zupčasta letva)

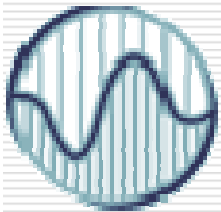




Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

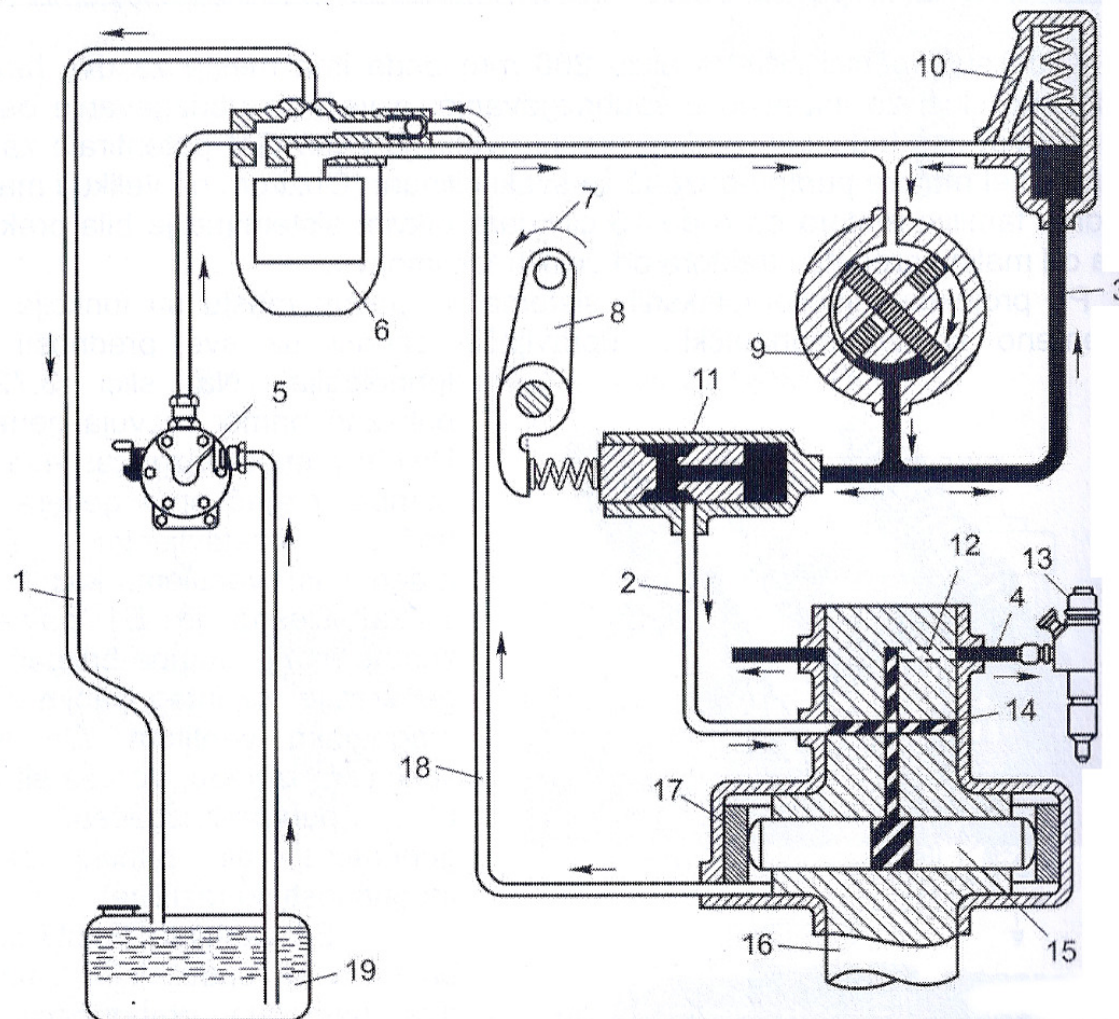
Дистрибуциона пумпа високог притиска



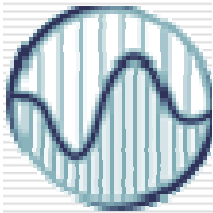


Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

Дистрибуциона пумпа високог притиска

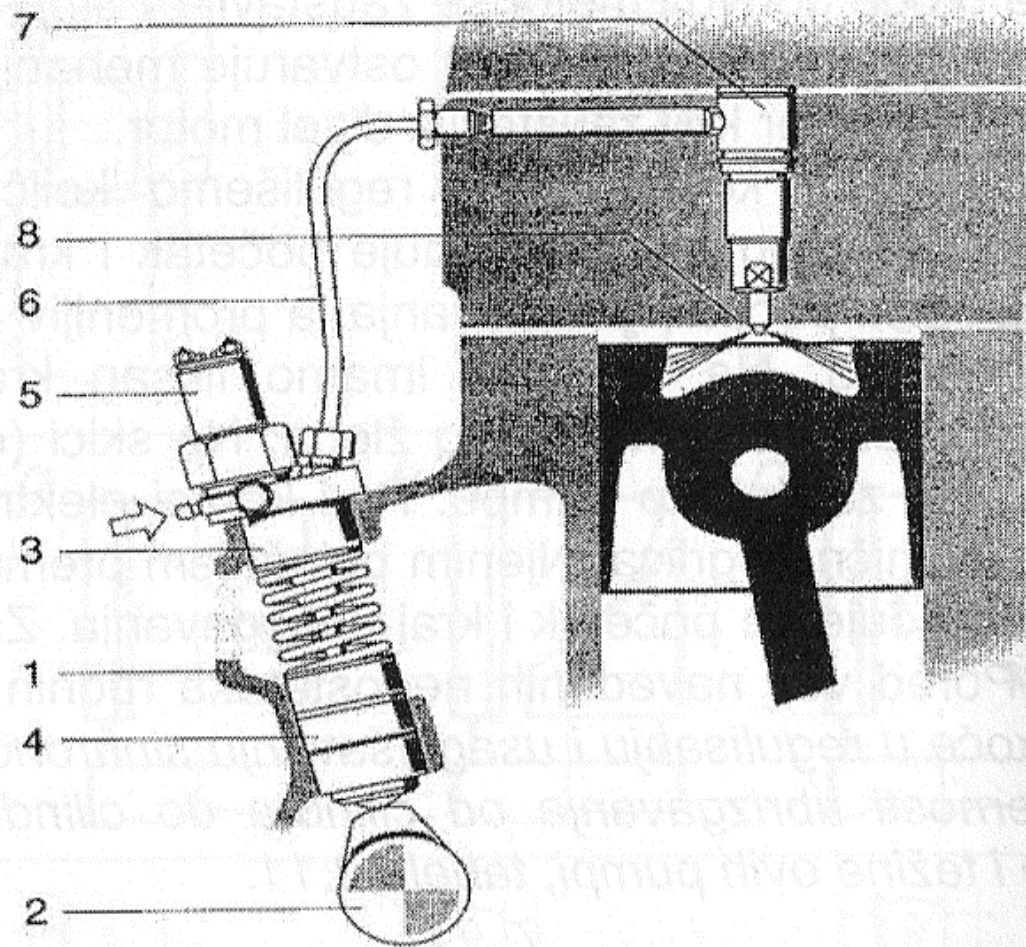


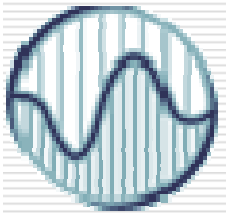
- 1- повратни вод goriva, 2- ulaz u hidrauličku glavu, 3- повратни вод do regulatora, 4- вод visokog pritiska do brizgača, 5- pumpa niskog pritiska, 6- prečistač goriva, 7- komanda gasa, 8, 9- transfer pumpa, 10- regulator pritiska iza transfer pumpe, 11- odmerni ventil na ulazu u hidrauličku glavu, 12- kanal do voda visokog pritiska, 13- brizgač, 14- kanal za ulaz goriva, 15- radijalni klipovi, 16- pogon, 17- prsten sa bregovima, 18- повратни вод, 19- rezervoar sa gorivom



Појединачна пумпа за сваки цилиндар (дискретни системи убризгавања)

- 1- Blok motora
- 2- Bregasto vratilo motora
- 3- Dovod goriva
- 4- Pumpa visokog pritiska
- 5- Elektromagnenti ventil
- 6- Cev visokog pritiska
- 7- Telo brizgača
- 8- Mlaznica brizgača

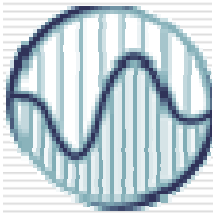




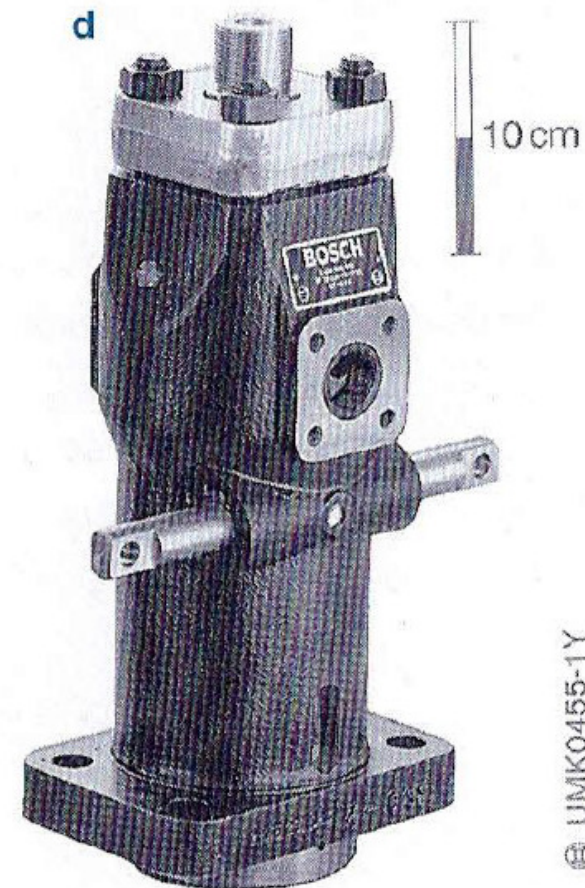
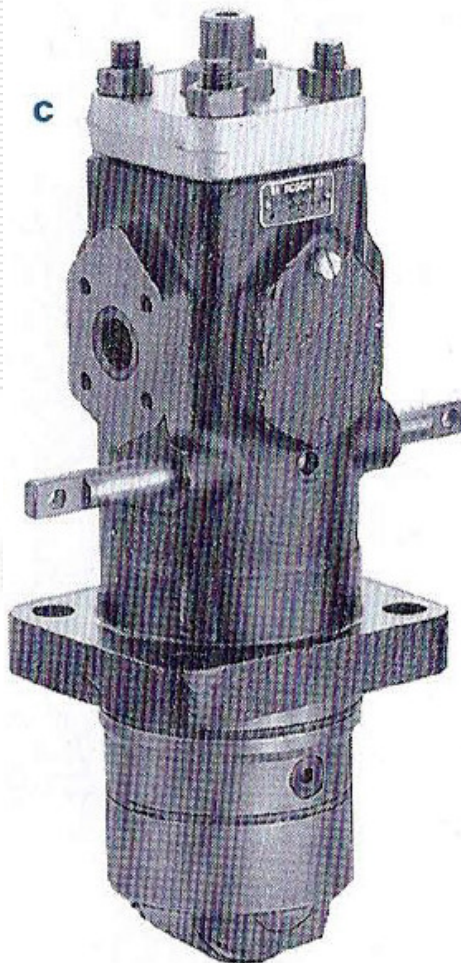
Појединачна пумпа за сваки цилиндар (дискретни системи убризгавања)

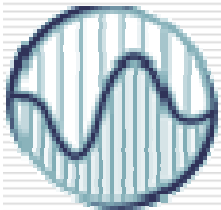
Намена:

- Снага мотора 4-75 kW по цилиндру у малим грађевинским машинама.
- Снага мотора 75-1000 kW по цилиндру у великим грађевинским машинама или у бродским моторима.
- Начин остварења притиска идентичан је као у линијским пумпама, као и аутоматска регулација количине убризганог горива и момента убризгавања.
- Пумпе се снабдевају горивом зупчастом пумпом ниског притиска 3-10 bara.
- Код мотора чија је снага већа од 100 kW по цилиндру уместо дизела, могу се користити високо вискозитетна тешка уља која се морају претходно грејати на 150°C.



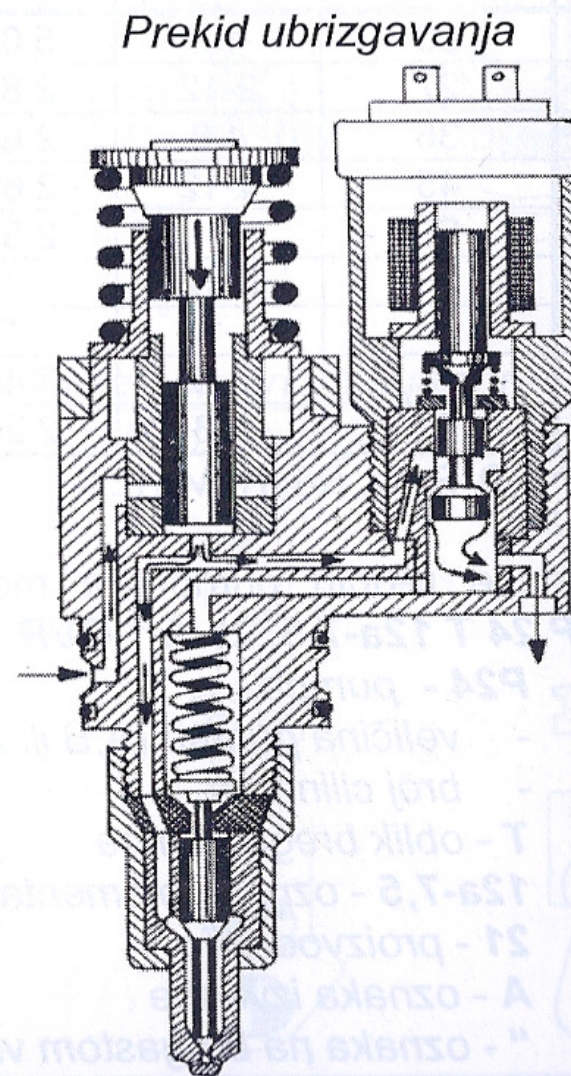
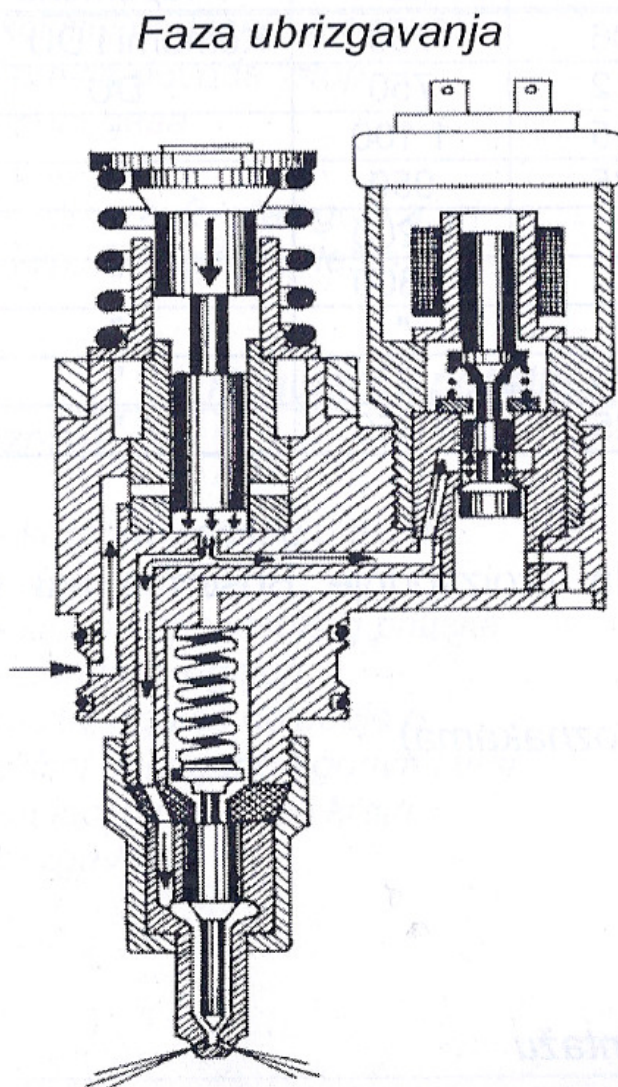
Појединачна пумпа за сваки цилиндар (дискретни системи убризгавања)

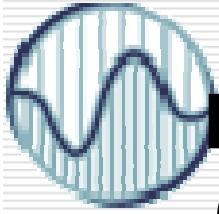




Инсталација за довод горива и ваздуха код дизел-мотора

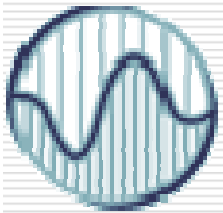
Пумпа брызгач са електронском регулацијом





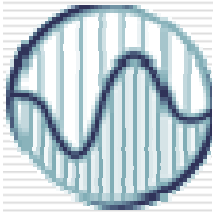
UNIT INJECTOR SYSTEM (UIS)_ПУМПА БРИЗГАЧ СИСТЕМ И UNIT PUMP SYSTEM (UPS)_ПОЈЕДИНАЧНА ПУМПА БРИЗГАЧ СИСТЕМ

- ☐ Оба система омогућавају екстремно високе притиске
- ☐ Омогућавају прецизну регулацију убризгавања горива која је практично бесконачан у зависности од услова рада мотора
- ☐ Мотори опремљени овим системима имају нижу емисију издувних гасова, економичнији су и тиши и имају боље перформансе и карактеристике



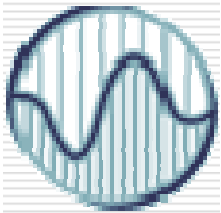
UNIT INJECTOR SYSTEM (UIS)_ПУМПА БРИЗГАЧ СИСТЕМ

- Појавио се у комерцијалним возилима 1994.год. а у путничким возилима 1998.год.
- Веома погодан за уградњу код система директног убризгавања (DI).
- Путничка и комерцијална возила са моторима од 3 цилиндра и 1,2 l радне запремине и 45kW са обртним моментом од 195 Nm до мотора са 10 цилиндара од 5 l радне запремине и 230kW са обртним моментом од 750 Nm.
- Као и код тешких камиона који развијају снагу од 80 kW по цилиндру.
- Системи имају одличне хидрауличке карактеристике.
- Притисци убризгавања до 2050 bara.
- Имају могућност пилот убризгавања.



UNIT PUMP SYSTEM (UPS)_ ПОЈЕДИНАЧНА ПУМПА БРИЗГАЧ СИСТЕМ

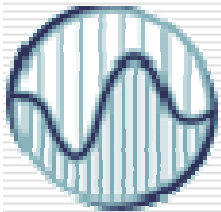
-
- Веома погодан за уградњу код система директног убризгавања (DI).
 - Постоје 3 (три) верзије овог система:
 - За комерцијална возила са моторима до 8 цилиндара и излазном снагом до 35 kW по цилиндру,
 - За тешка комерцијална возила са моторима до 8 цилиндара и излазном снагом до 80 kW по цилиндру,
 - За моторе у грађевини, пољопривреди, железници и бродове са моторима до 20 цилиндара и излазном снагом до 500 kW по цилиндру.



UNIT INJECTOR SYSTEM (UIS)_ПУМПА БРИЗГАЧ СИСТЕМ И UNIT PUMP SYSTEM (UPS)_ ПОЈЕДИНАЧНА ПУМПА БРИЗГАЧ СИСТЕМ

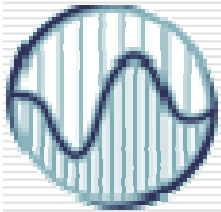
Оба система се састоје од 4 (четири) подсистема:

- **Подсистем ниског притиска** чији је задатак да обезбеди гориво одговарајуће чистоће и притиска.
- **Подсистем високог притиска** који генерише неопходан притисак убризгавања и убризгава гориво у радни простор мотора/комору за сагоревање.
- **Електронски систем управљања радом (EDC)** који се састоји од сензора, управљачке јединице и актуатора обезбеђујући све управљачке и контролне функције, као и комуникацију са другим системима.
- **Подсистем за довод ваздуха и избацивање продуката сагоревања** који обезбеђује довољну количину ваздуха и врши рецикулацију издувних гасова и смањење токсичне емисије.



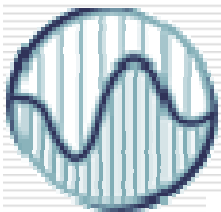
Бризгачи

- ❑ Бризгачи врше убризгавање горива у коморе за сагоревање
- ❑ Начин и квалитет убризгавања су одлучујући фактор у ефикасности остварења смеше и сагоревања
- ❑ Убризгавање значајно утиче на перформансе, састав издуних гасова и буку
- ❑ Како би остварили своју улогу у што већој мери бризгачи се пројектују како би одговорили захтевима типа система за довод горива и типу мотора у који су уграђени



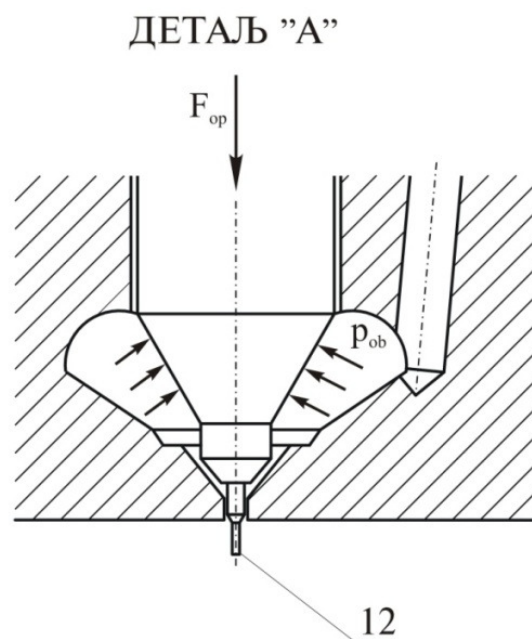
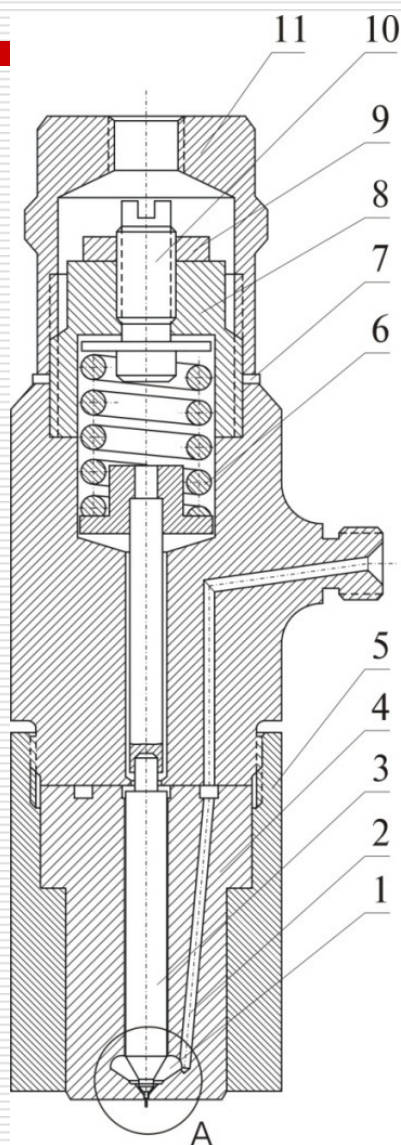
Бризгачи

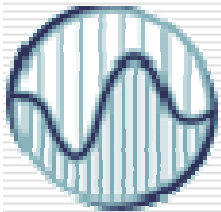
- ❑ Због своје позиције бризгачи су непрекидно изложени константној пулзацији механичких и термичких оптерећења од стране мотора и система за довод горива
- ❑ Гориво које пролази кроз бризгач мора да га хлади
- ❑ Када нема убирзгавања након престанка рада мотора, бризгачи су изложени високом порасту температуре које морају бити у стању да издрже



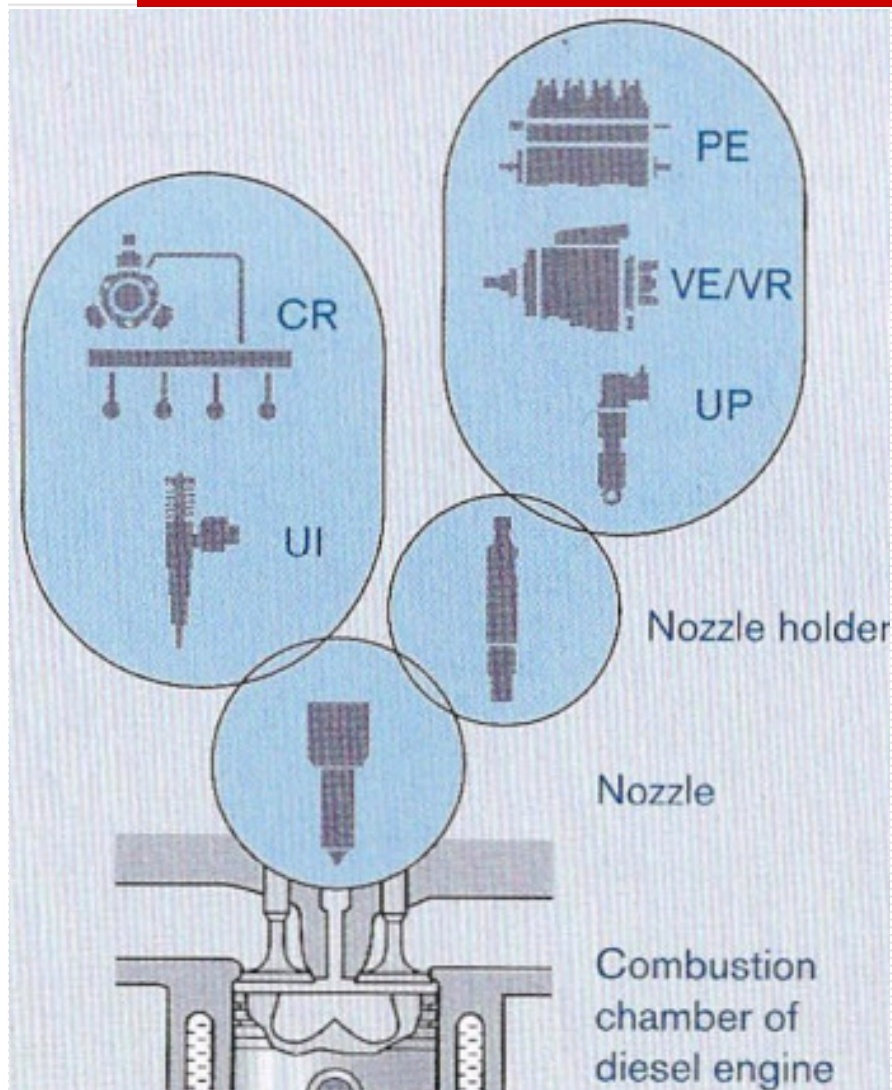
ИНСТАЛАЦИЈА ЗА ДОВОД ГОРИВА И ВАЗДУХА КОД ДИЗЕЛ-МОТОРА

Бризгач

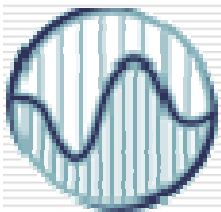




Бризгачи

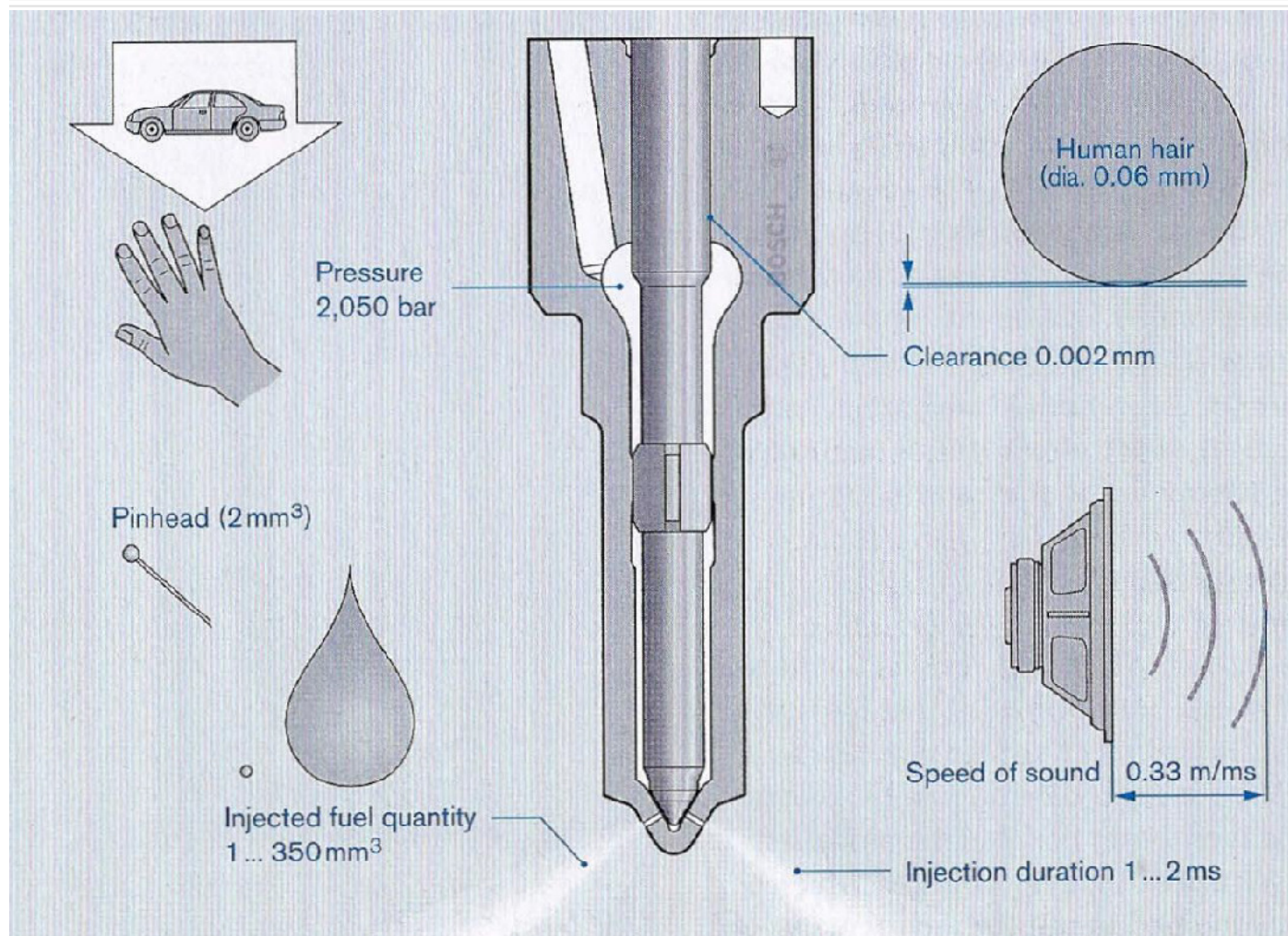


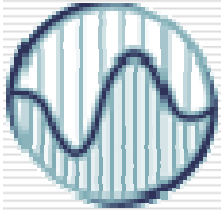
- ❑ У системима за довод горива који имају линијску или дистрибутор ПВП или код UP система, бризгачи имају свој носач са којим чине јединствен склоп.
- ❑ Код UIS и Common rail система бризгач је интегрисан у систем и носач није потребан
- ❑ Начелно два типа бризгача:
 - ❑ Са језичком (код индиректног убризгавања)
 - ❑ Са млазицама (код директног убризгавања)



Бризгачи

- ❑ Бризгачи се у току радног века отворе и затворе више од милијарду пута.
- ❑ Обезбеђују запитвање при притисцима вишим од 2200 bar
- ❑ Убризгавање траје око 1-2 ms што је довољно да звук из звучника пређе 33 cm



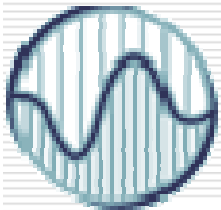


РЕГУЛАТОРИ ПУМПЕ ВИСОКОГ ПРИТИСКА

За правилан рад дизел-мотора неопходно је да се почетак убризгавања и количина убризганог горива могу прилагођавати у зависности од режима рада мотора.

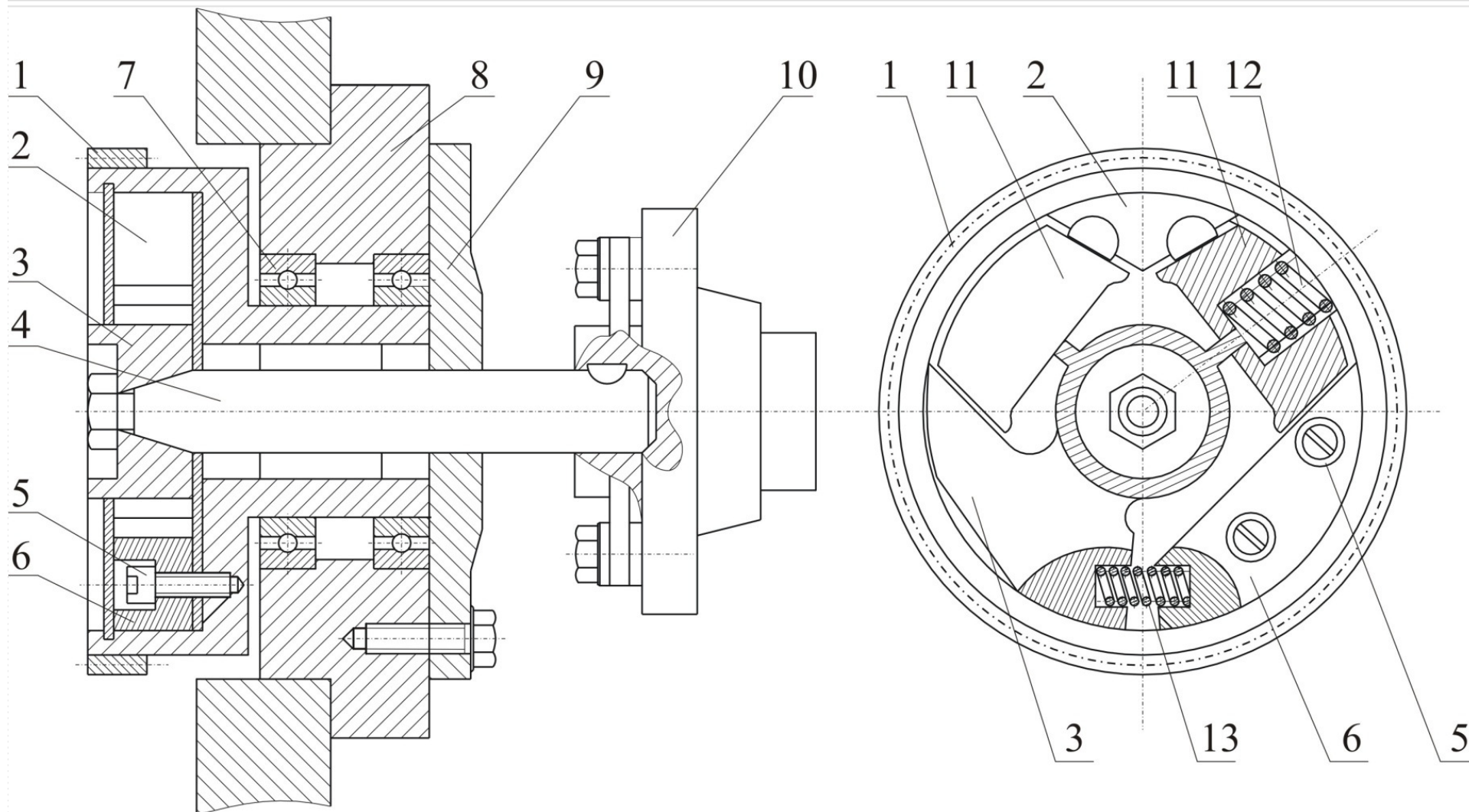
То се постиже помоћу:

- регулатора момента убризгавања,
- регулатора убризгане количине горива (регулатор броја обртаја) и
- Коректора количине горива.



РЕГУЛАТОРИ ПУМПЕ ВИСОКОГ ПРИТИСКА

Регулятор момента убризгавања

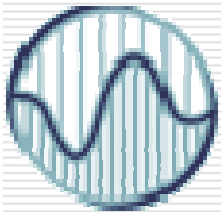




The diagram illustrates a mechanical system with the following components and connections:

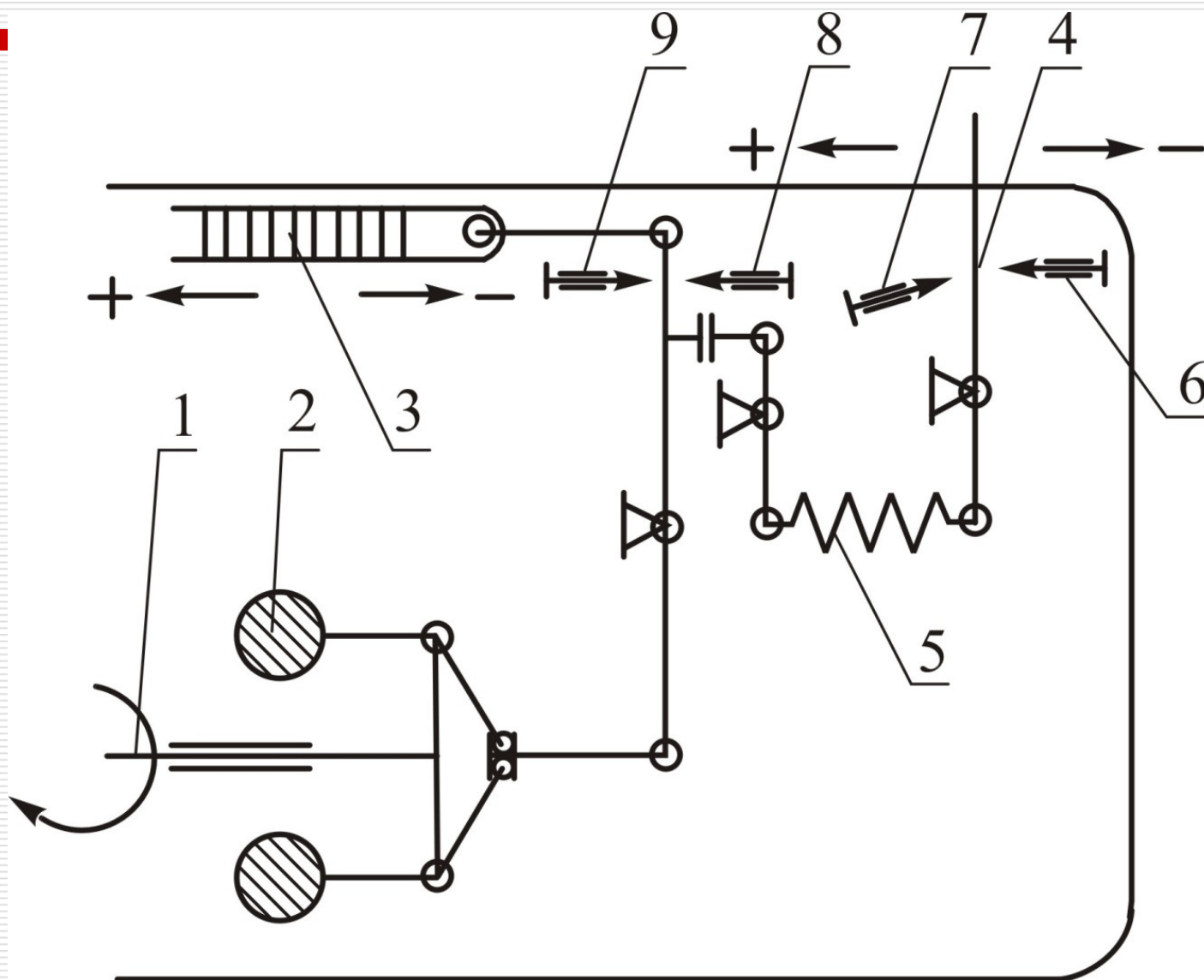
- 1:** A horizontal shaft on the left with a curved arrow indicating counter-clockwise rotation.
- 2:** A circular mass (hatched) mounted on shaft 1.
- 3:** A vertical spring connected to the bottom of mass 2.
- 4:** A horizontal spring connected to the right of mass 2.
- 5:** A horizontal bar with a hatched rectangular mass in the center, connected to the right end of spring 4.
- 6:** A diagonal link connected to the right end of bar 5 and to a pivot point on a vertical shaft.
- 7:** A vertical shaft with a hatched circular mass (pulley) in the middle.
- 8:** A diagonal link connected to the bottom of the pulley on shaft 7 and to a fixed pivot point on the right.

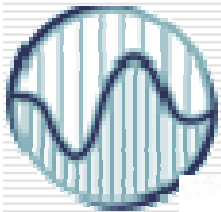
Arrows indicate forces and motions: a horizontal arrow pointing left is labeled with a '+' sign; a horizontal arrow pointing right is labeled with a '-' sign; a diagonal arrow pointing up and to the right is labeled with a '+' sign; a diagonal arrow pointing down and to the right is labeled with a '-' sign.



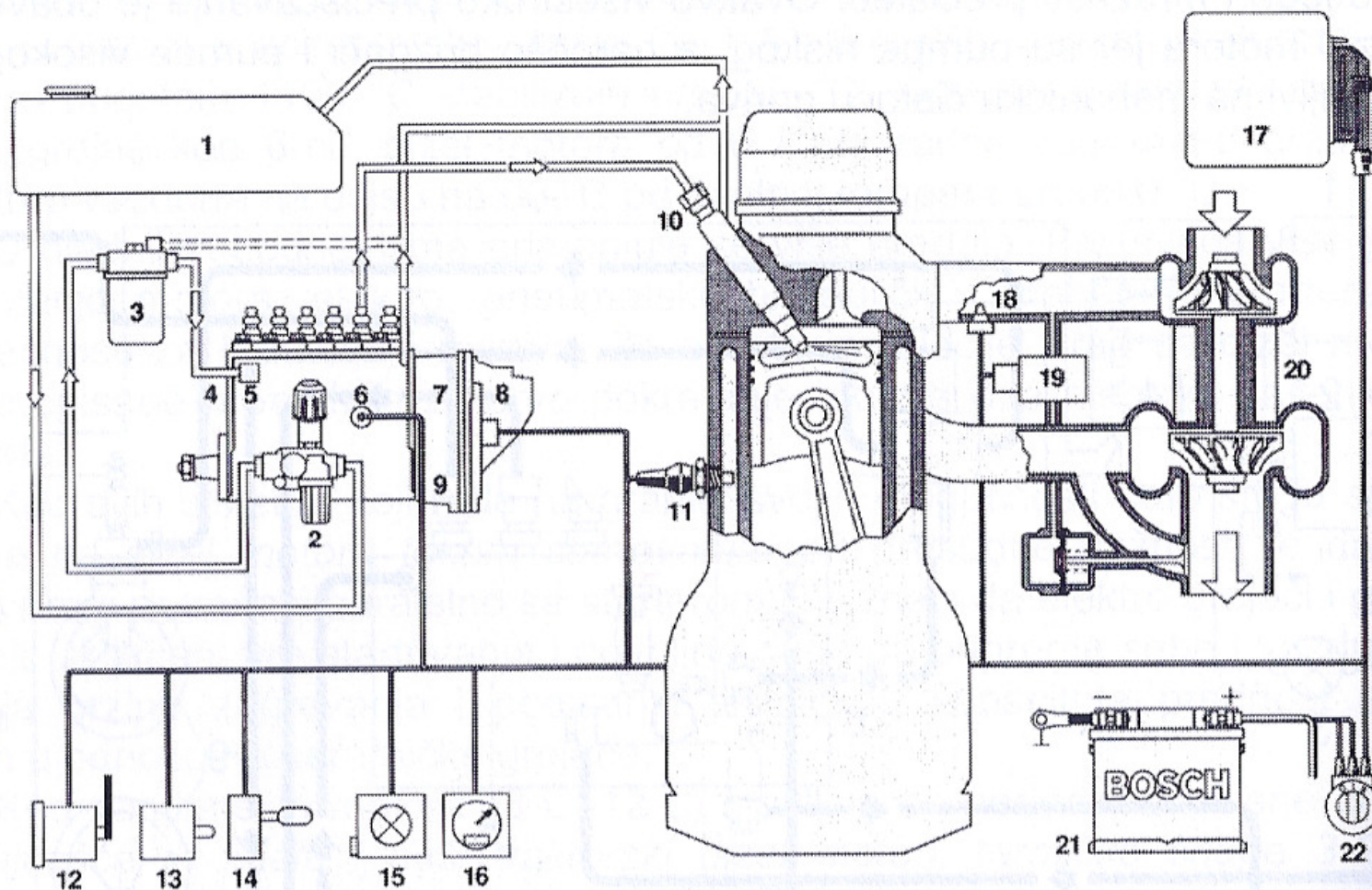
РЕГУЛАТОРИ ПУМПЕ ВИСОКОГ ПРИТИСКА

Регулятор броја обртаја - свережимски

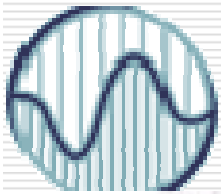




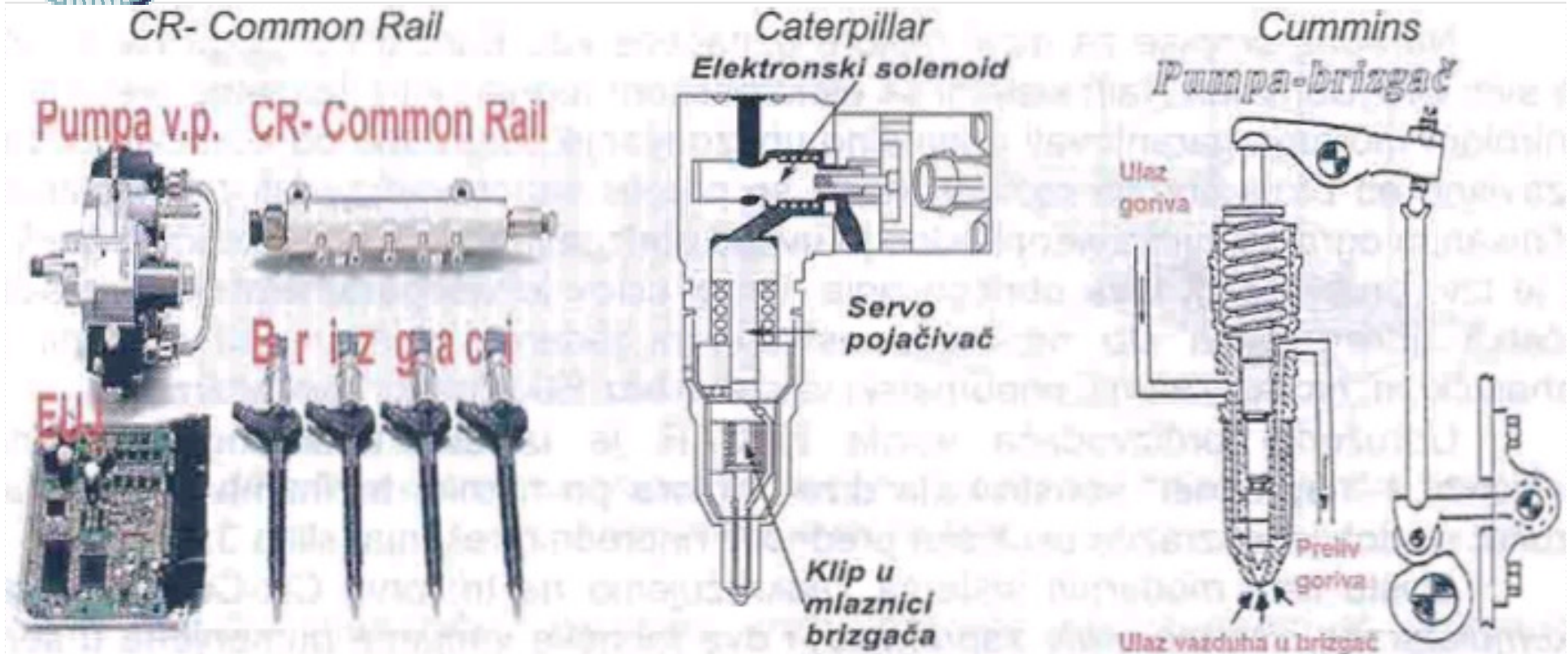
Електронска регулација класичног система за довод горива



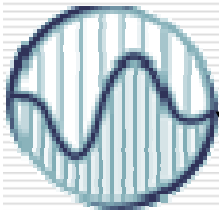
- 1- rezervoar, 2- doturna pumpa, 3- prečistač, 4- pumpa visokog pritiska, 5- električni "stop"(ELAB), 6-temperatura goriva, 7- regulator, 8- elektronska pedala za gas (EGAS), 9-davač broja obrtaja, 10- brizgač, 11- temperatura motora, 12- komanda gasa, 13-kvačilo, 14- kočnica, 15- dijagnoza, 16- brzinomer, 17- EUJ, 18- temperatura vazduha, 19- pritisak nadpunjenja (Waste Gate-prelivni ventil), 20- turbo grupa, 21- akumulator, 22- komande za grejače pri startovanju



Савремени системи за довод горива дизел мотора



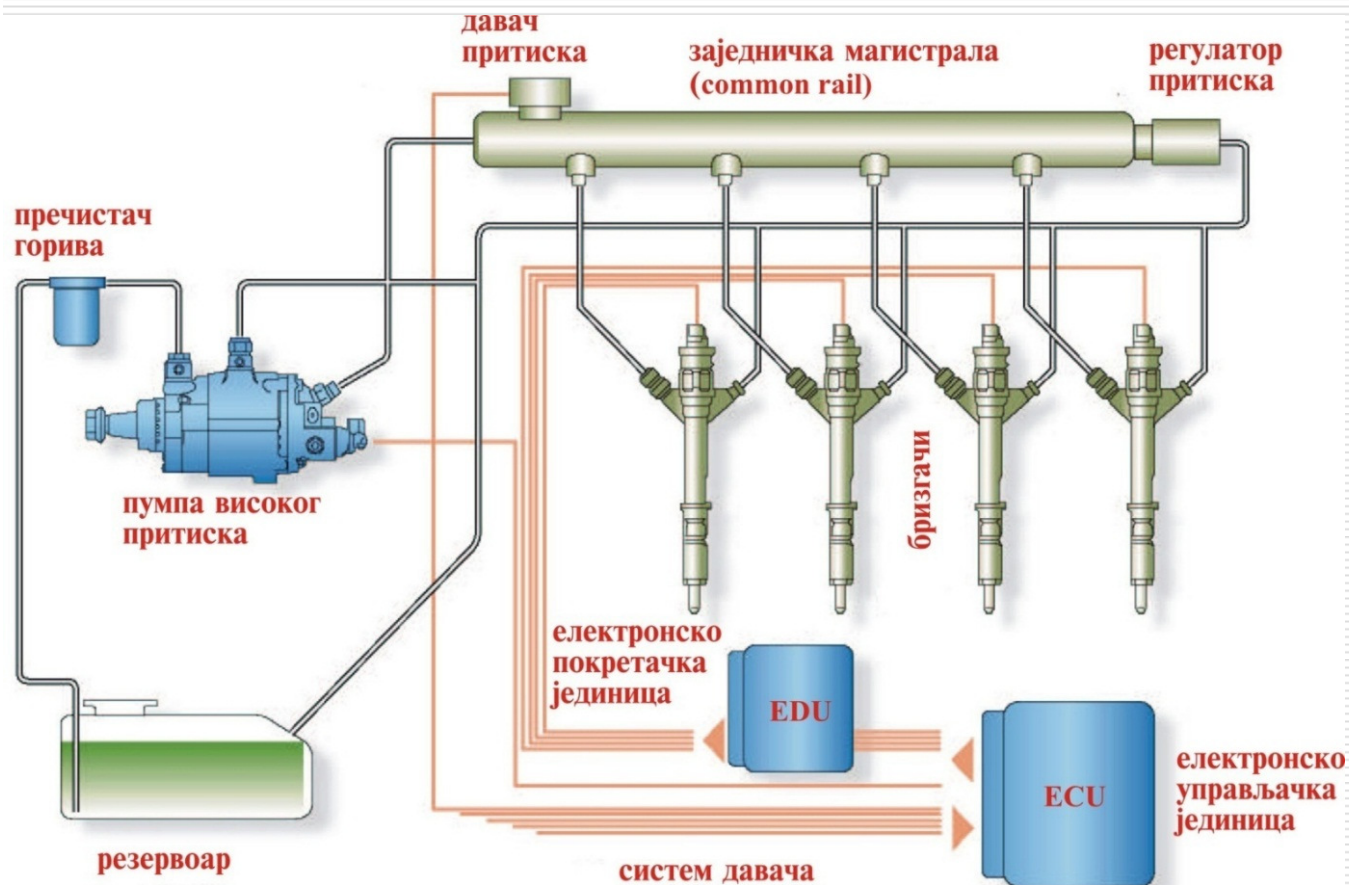
- ❑ CR (common rail) системи: акумулаторски системи са електронским отварањем бризгача
- ❑ Caterpillar: хидраулички сервопојачивач и хидраулично отварање бризгача
- ❑ Cummins: пумпа бризгач са механичким затварањем бризгача



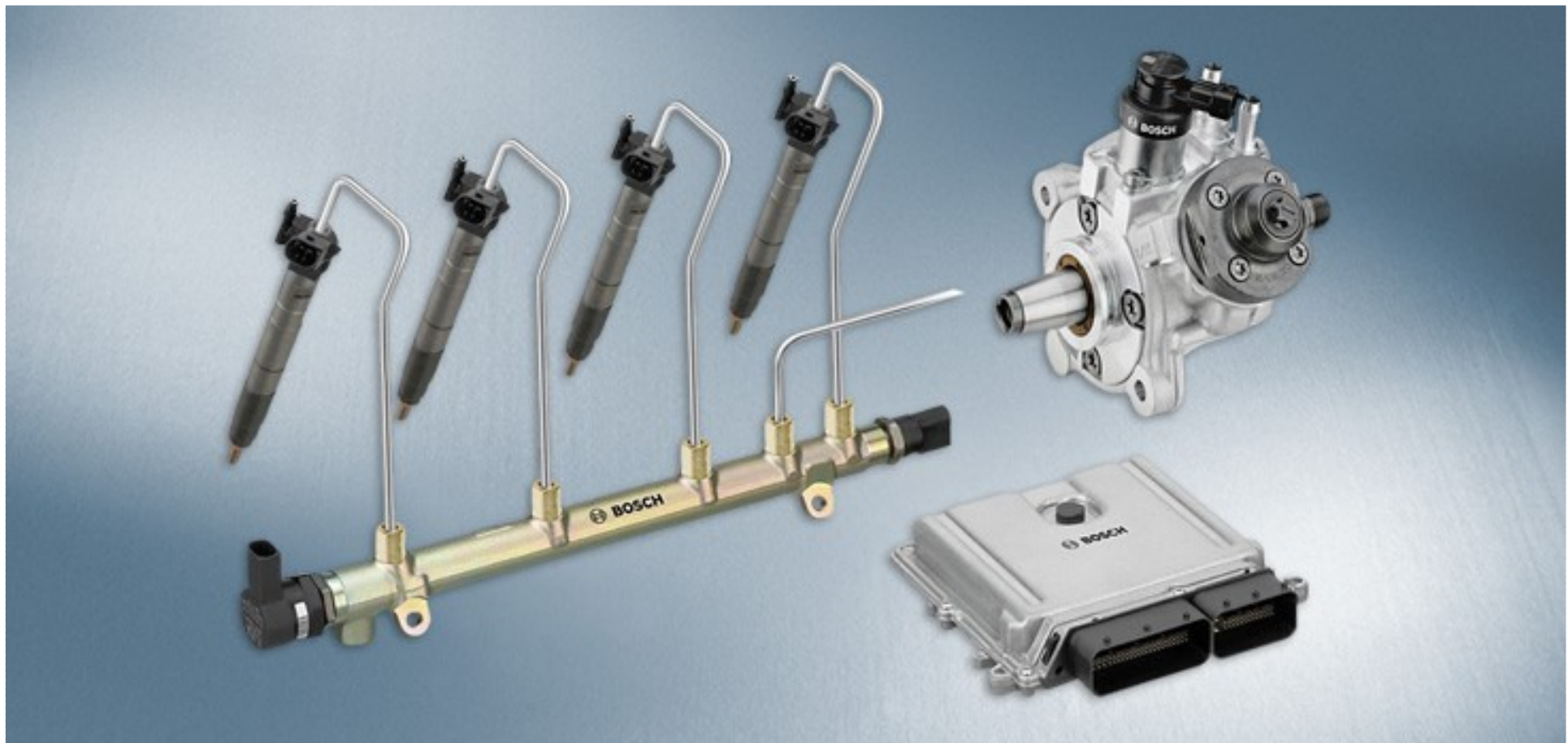
ЕЛЕКТРОНСКА КОНТРОЛА УБРИЗГАВАЊА

Акумулаторски систем убризгавања типа "common rail"

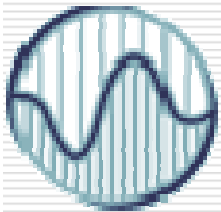
ЗАХТЕВИ



- ☐ Уједначеност циклуса по цилиндрима
- ☐ Минимална потрошња без накнадног убризгавања
- ☐ Ниска емисија штетних продуката сагоревања
- ☐ Мања бука
- ☐ Могућност уградње у постојеће моторе са директним убризгавањем



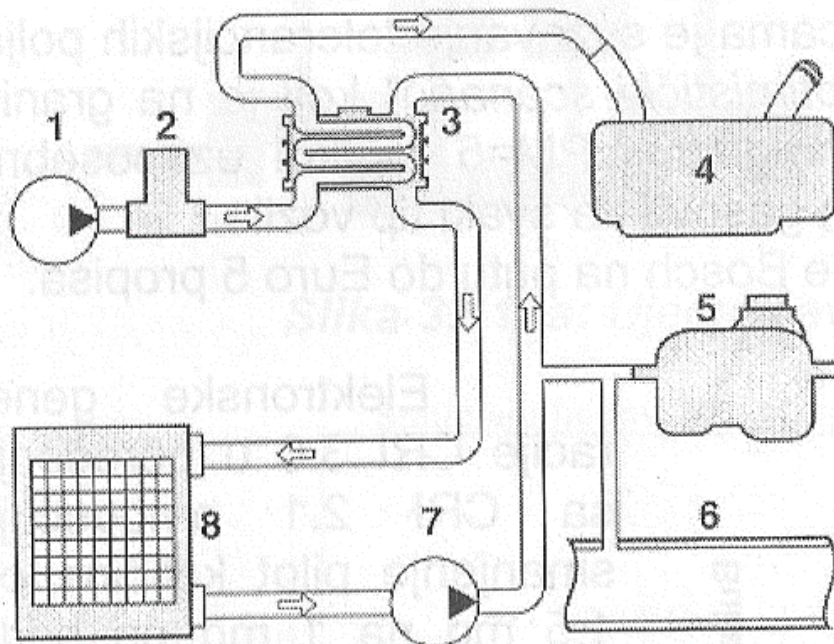
- ❑ Bosch лансирао први common rail систем 1997. године.
- ❑ Систем је назван по заједничком резервоару високог притиска (common rail) који снабдева све цилиндри горивом.
- ❑ Са конвенционалним системима дизел убризгавања, притисак горива мора бити генерисан појединачно за свако убризгавање.
- ❑ Са common rail системом, међутим, генерисање притиска и убризгавање су одвојени, што значи да је гориво стално доступно по неопходном притиску за убризгавање.



Контрола и управљање подсистемима код CR система убризгавања

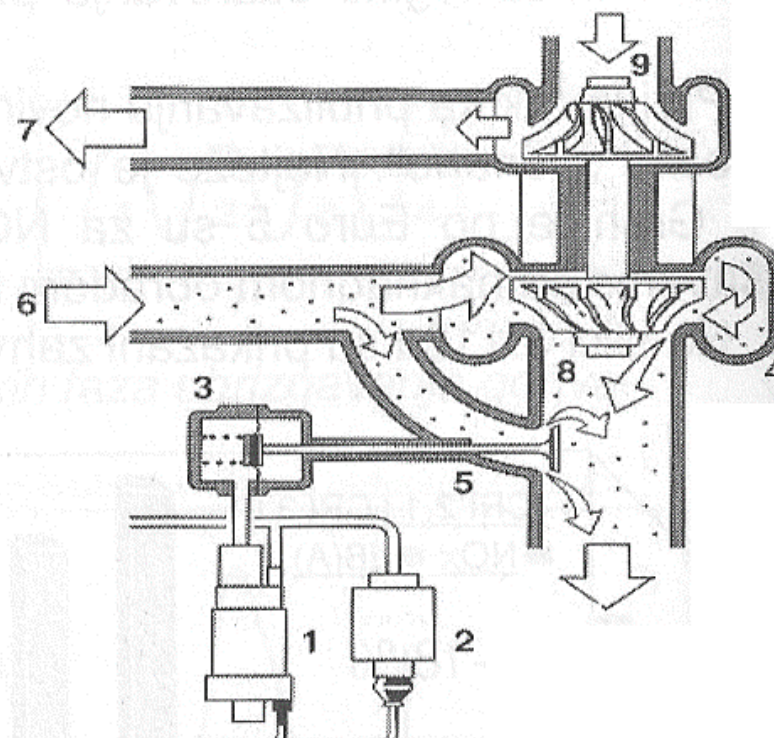
Hlađenje goriva

- 1- pumpa za gorivo, 2- davač temperature,
3- hladnjak goriva, 4- rezervoar goriva,
5- oduška za vodu, 6- kolo hlađenja motora,
7- pumpa za vodu, 8- hladnjak vode

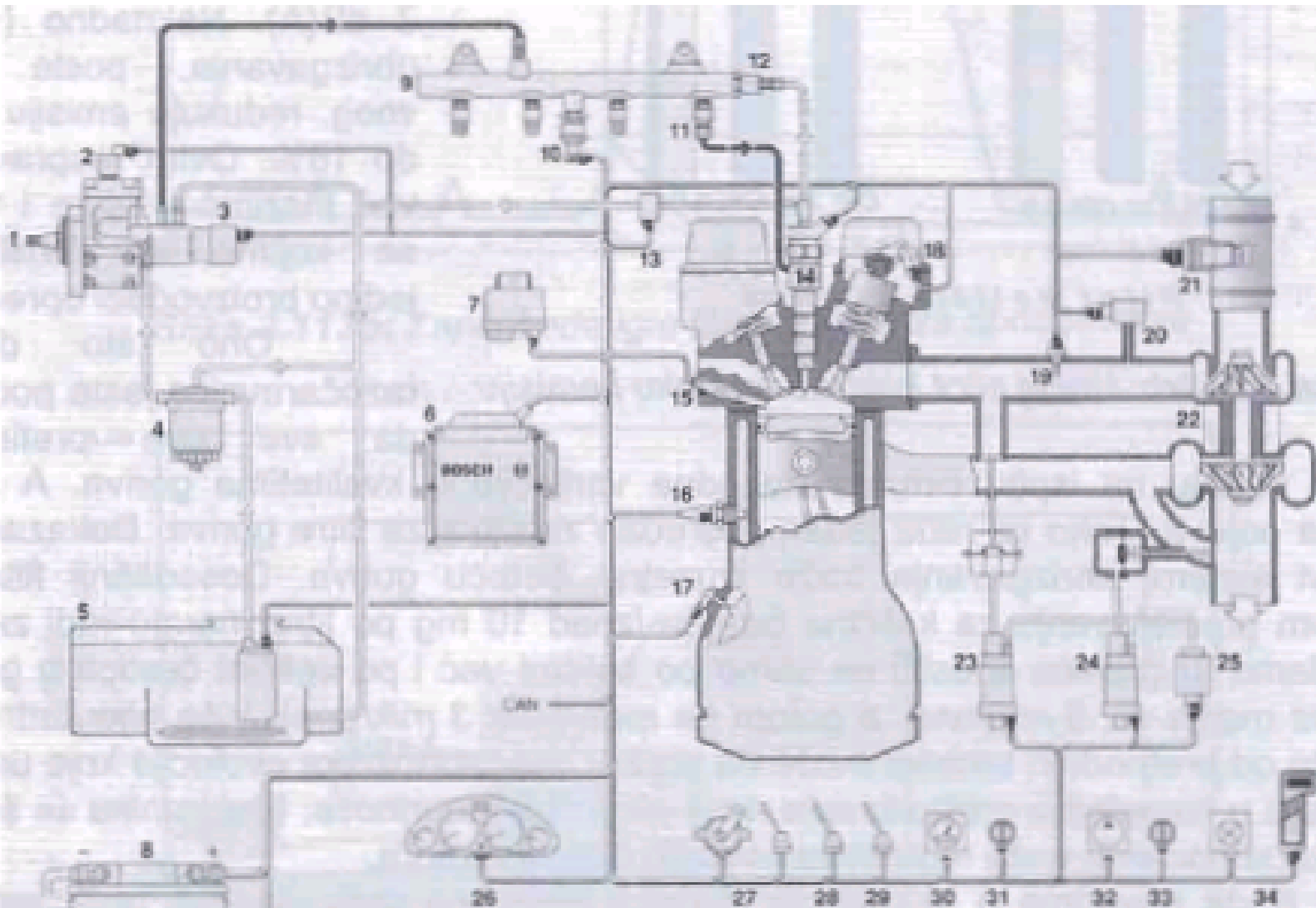


Kontrola nadpunjenja

- 1- davač pritiska, 2- vakum pumpa, 3- izvršni organ, 4- turbina, 5- prelivni ventil



Интеграција CR система убризгавања са електроником возила



- 1- pumpa v.p., 2- ventil za isključenje, 3- kontrola pritiska, 4- filter goriva, 5- rezervoar, 6- EUJ, 7- kontrola žarnice, 8- akumulator, 9- šina, 10- davač pritiska, 11- odmerivač protoka, 12- ograničivač pritiska, 13- davač temperature goriva, 14- brizgač, 15- žarnica, 16- davač temperature motora, 17- davač broja obrtaja, 18- davač položaja bregastog vratila, 20- pritisak nadpunjenja, 21- merač protoka vazduha, 22- turbo grupa, 23- EGR, 24- davač pritiska, 25- vakum pumpa, 26- komandna tabla, 27- komanda gasa, 28- signali sa kočnica, 29- kontrola kvačila, 30- brzinomer, 31- pilot, 32 i 33- A/C, 34- dijagnostika