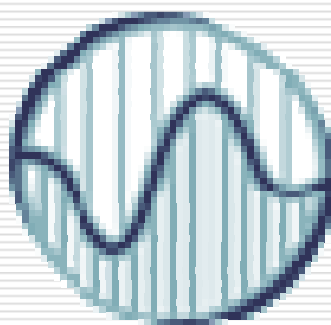
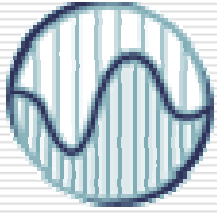




Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

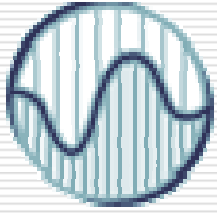
СИСТЕМ ЗА ДОВОД ГОРИВА ОТО МОТОРА

1. Основни задаци и подела
2. Сагоревање у ото мотору
3. Класични системи за довод горива
4. Системи за убризгавање бензина



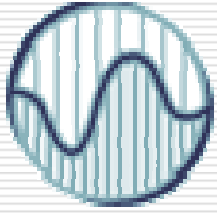
Основни задаци система за образовање смеше

- обезбеђење добро измешане **хомогене** смеше горива и ваздуха са већим уделом парне фазе,
- тачно дефинисан **састав смеше** који обезбеђује поуздано упаљење и ширење пламена,
- *развијена снага* на пуном оптерећењу,
- *економичност* (нарочито на средњим и нижим режимима рада),
- *смањена токсичност издувних гасова*,
- *сигурно образовање смеше при различитим спољним условима* (ниске и високе температуре),
- *поузданост у раду* као и *одржавање регулације током експлоатације мотора*.



Појам октанског броја и утицај на рад бензинског мотора

- **Отпорност горива према детонацији** је важна карактеристика горива за ото моторе изражена октанским бројем (ОБ), који је усвјен као мерило отпорности горива према детонацији.
- Детонација код ото мотора је негативан вид експлозивног сагоревања које може угрозити нормално функционицање ото мотора.
- Врста, састав и карактеристике горива битно утичу на његову отпорност на детонацију.
- **Октански број горива** представљен је процентом **изооктана** C_8H_{18} у смеши са **нормалним хептаном** C_7H_{16} која детонира у истим условима као и посматрано гориво.
- Одређивање октанског броја врши се по специјалним стандардизованим методама на посебним једноцилиндричним моторима, при чему се узима да *изооктан има рефернтни октански број 100*, док је нормални хептан изразито неотпоран на детонацију и *има октански број 0*.



Подела система за образовање смеше

- *Пнеуматско образовање смеше:*
карбураторски системи
 - Конвенционални
 - Електронски
- *Притисно образовање смеше:*
системи за убризгавање горива
 - Централно убризгавање (SPI)
 - Појединачно убризгавање (MPI)
 - Директно убризгавање (GDI)



Сагоревање у ото мотору: Формирање и кретање пламена

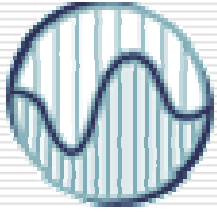
- ❑ Прескакањем варнице формира се мала сфера пламена (језгро пламена) око варнице – електрода свећице
- ❑ Сагоревање језгра ствара простор – шупљину, попуњену топлим продуктима сагоревања, одакле се топлота преноси на слој смеше око језгра пламена. Слој смеше на који је топлота пренета има облик сферне љуске.
- ❑ Сферна љуска се пали, сагорева и преноси топлоту на себи спољни окружујући сферни слој. Фронт пламена се покреће.
- ❑ Фронт пламена напредује кроз комору – љуска расте у пречнику и шири се ка периферији простора за сагоревање све док не сагори сва смеша. Фронт пламена је танка сферна љуска у којој се одвијају хемијске реакције оксидације горива. Фронт раздваја сагорелу од несагореле смеше.

Иза фронта пламена температура је виша, тиме и притисак, него испред фронта пламена у смеру његовог кретања. Гасови иза фронта пламена компримују несагорелу смешу испред фронта пламена.

Геометрија фронта пламена и простора за сагоревање су некомпатибилне.

Место формирања језгра пламена (између електрода свећице) је несиметрично у односу на простор за сагоревање (далеко од средишта).

- ❑ Време сагоревања треба да буде кратко, а по углу к.в. непосредно иза СМТ – при најмањој запремини, што одговара услову $V = \text{const}$ за довођење топлоте ото циклуса.
- ❑ Простор за сагоревање треба да је најмањи: При најмањој запремини гас је највише сабијен
Температура гаса највиша. Смеша се најлакше пали.
Простор за сагоревање је најмањи. Пут фронта пламена је најкраћи најбрже и траје најкраће.



Фазе сагоревања у ото мотору

I фаза: **Период притајеног сагоревања**

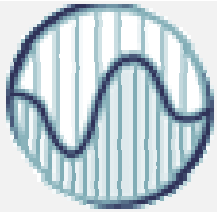
- Од прескакања варнице између електрода свећице до пораста притиска изнад линије сабијања. (Пре СМТ)
Фаза је везана за стварање језгра пламена, које има довољно топлоте да упали остатак смеше, а премало топлоте да притисак порасте значајно изнад линије сабијања до величине која одузима рад у току компресије.

II фаза: **Период простирања пламена (период интензивног сагоревања)**

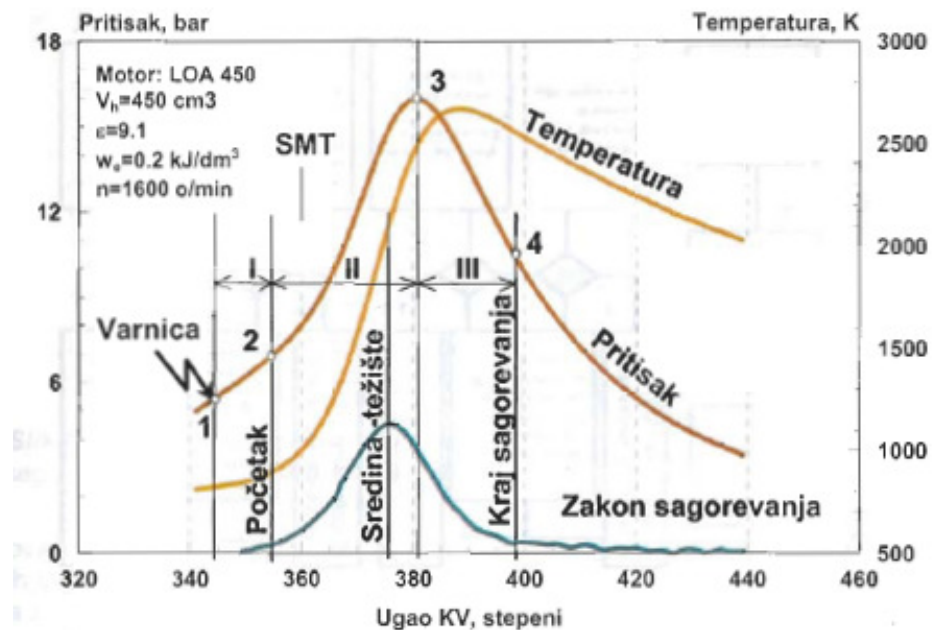
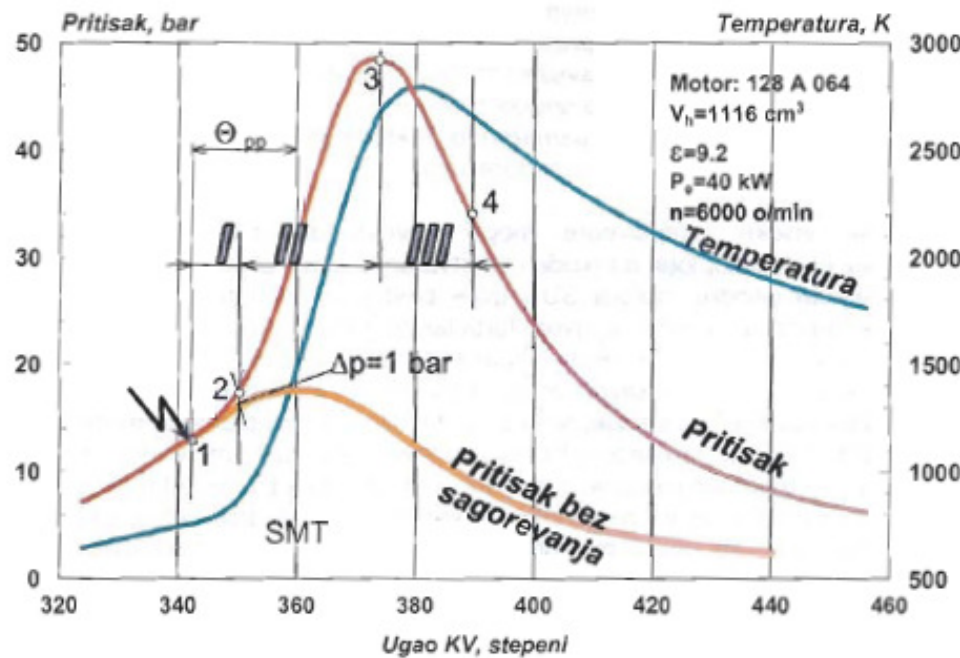
- Од пораста притиска изнад линије сабијања до постизања максималног притиска у цилиндру и мањим делом при ширењу. Фаза треба да буде што више одмах после СМТ, при $V = \text{const}$. (Важи за стваран-реалан циклус, за који је брзина довођења топлоте коначна). Највећи део топлоте доводи се у овој фази.

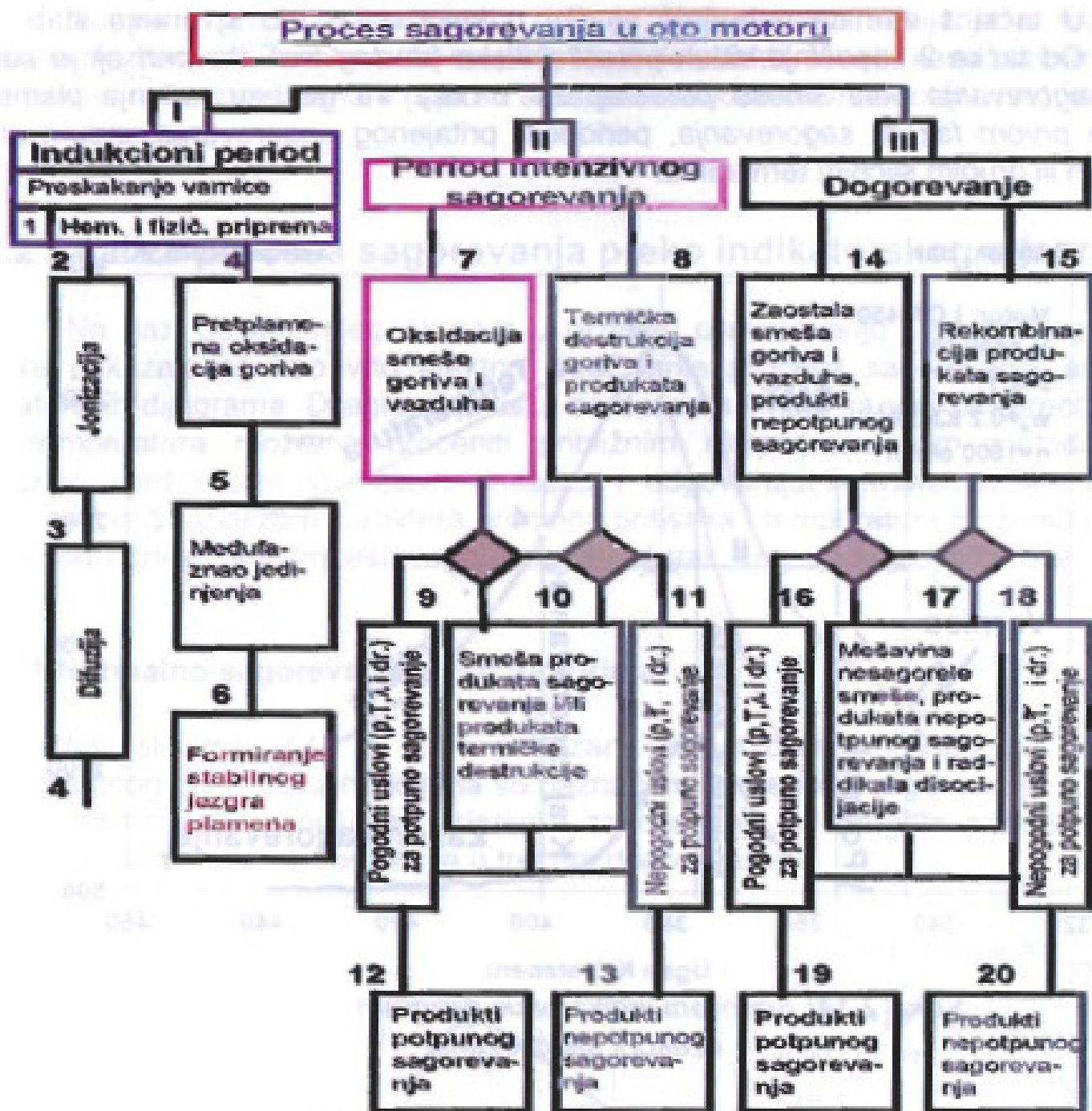
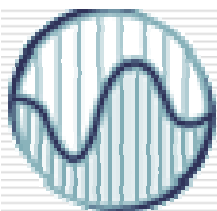
III фаза: **Период догоревања**

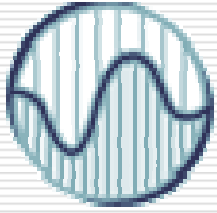
- Од краја друге фазе до потпуног сагорвања остатка смеше. (Тачан почетак је недефинисан, али је на линији експанзије). Идући од свећице фронт пламена најкасније стиже до зидова цилиндра и у "процеп" – простор између цилиндра и клипа изнад компресионог прстена.
Смеша уз зидове цилиндра се хлади од зидова, губи топлоту, температура смеше се снижава, па се теже пали и спорије сагорева. Услед губитака, количина доведене топлоте се смањује, а сагоревање се премешта са $V = \text{const}$ на криву ширења – експанзију. Крива циклуса у pV дијаграму се заобљава у тачки $p = p_{\text{max}}$, између кривих $V = \text{const}$ (изохора) и $\delta Q = 0$ (адијабата). Заобљавање је непожељно јер одступа од површине у pV дијаграму обухваћене кривама идеалног ото циклуса, тако што се површина смањује. То значи мање рада из исте доведене топлоте, али неизбежно у хомогеном пуњењу. (Слојевити рад нема изражен овај проблем).



Индикаторски дијаграм и закони сагоревања

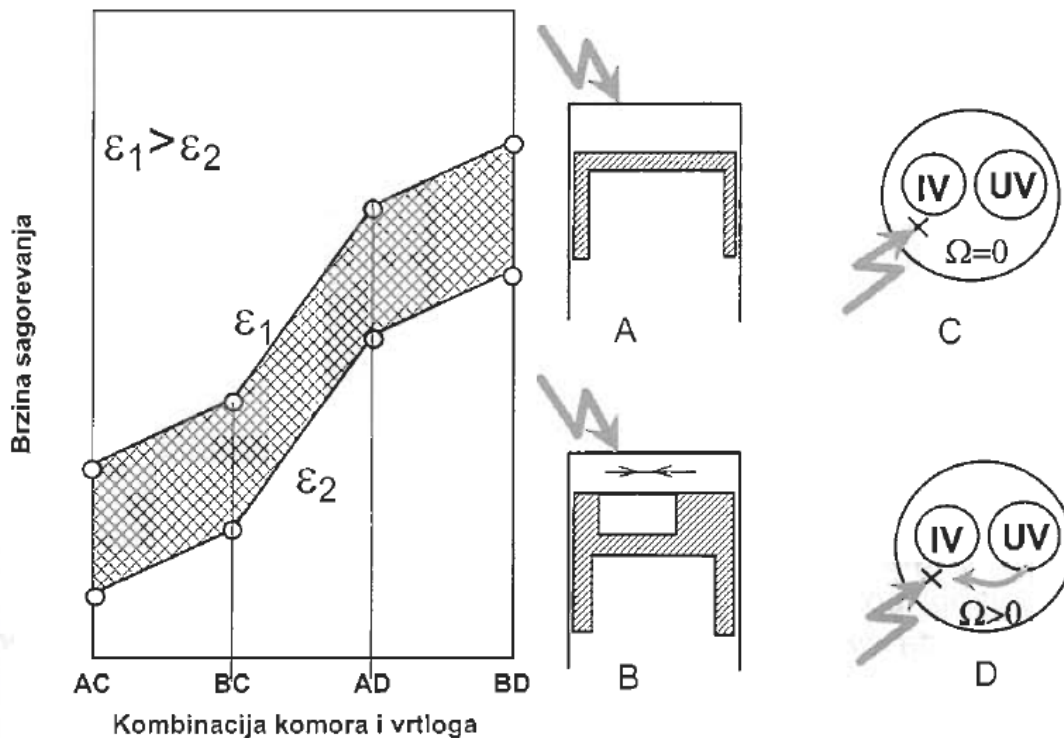




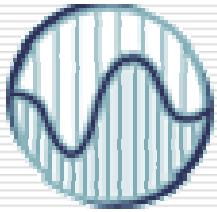


Простирање пламена у комори за сагоревање

- **Организовано струјање у комори за сагоревање:**
 - Мањи захтеви према квалитету горива (октанском броју)
 - Прихватање повећаног степена компресије
 - Мања потрошња
 - Умерена токсичност



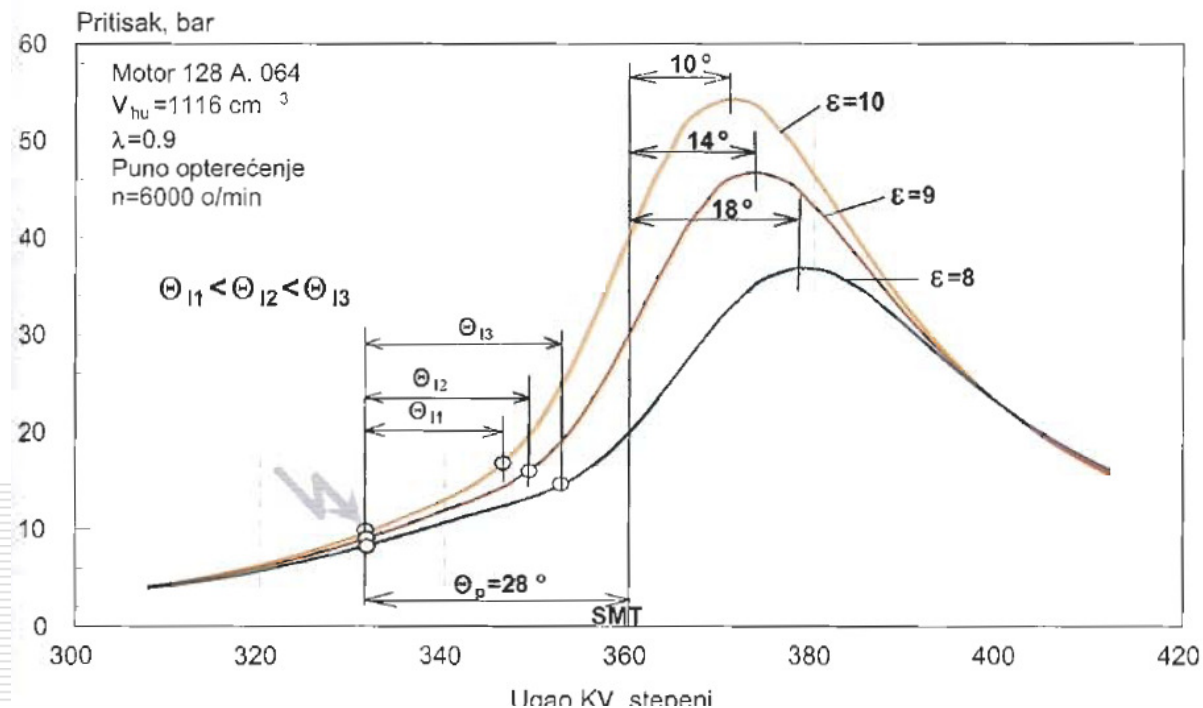
- A – раван клип без јасног струјног поља
- B – клип са радијалним струјањем
- C – цилиндарска глава без утицаја на струјну слику
- D – цилиндарска глава са усмереним вртлогом током усисавања

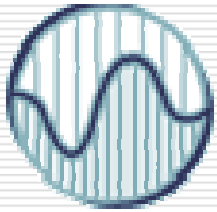


Параметри који утичу на сагоревање

Степен компресије

- Низак: недовољни притисци и температуре, непотпуно и несавршено сагоревање, мањи захтеви за квалитет горива
- Висок: побољшани услови за сагоревање на ниским оптерећењима, пораст захтева за квалитет горива
- Будућност: континуирана промена степена компресије (већи на мањим оптерећењима) – смањење потрошње, токсичности и повећање снаге



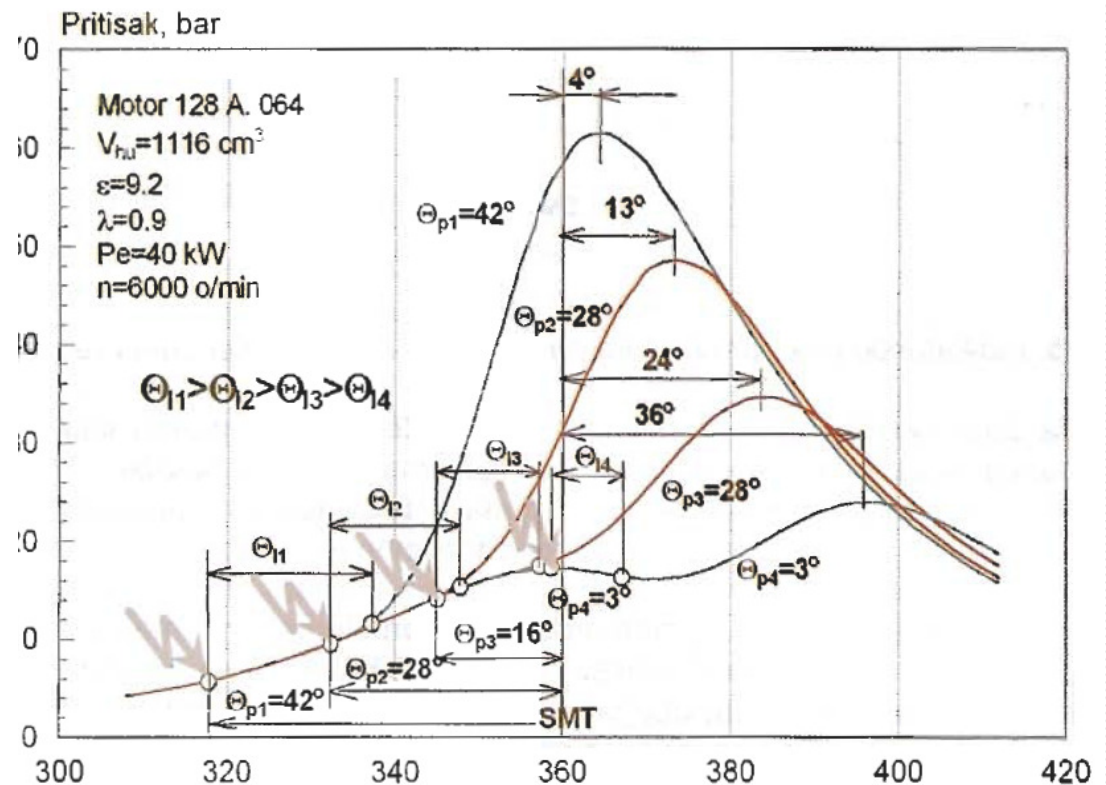


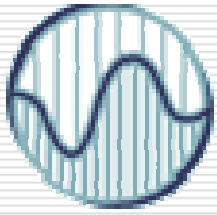
Параметри који утичу на сагоревање

Угао претпаљења

- рано паљење (велик угао претпаљења)
 - продужење прве фаза сагоревања
 - Максимални притисак и температура близу СМТ: потенцијална хаварија
 - Стварање азотових оксида и појава ненормалног сагоревања
 - Уколико са повећањем угла претпаљења долази до повећања буке то је индикатор појаве детонације

- касно паљење (мали угао претпаљења)
 - Опадање снаге, повећање потрошње
 - Нема опасности од појаве ненормалног сагоревања
 - Погодно за мање квалитетна горива
- Оптимално претпаљење је оно које обезбеђује да максималан притисак у цилиндру буде 12-15° после СМТ: неопходна аутоматска регулација угла претпаљења

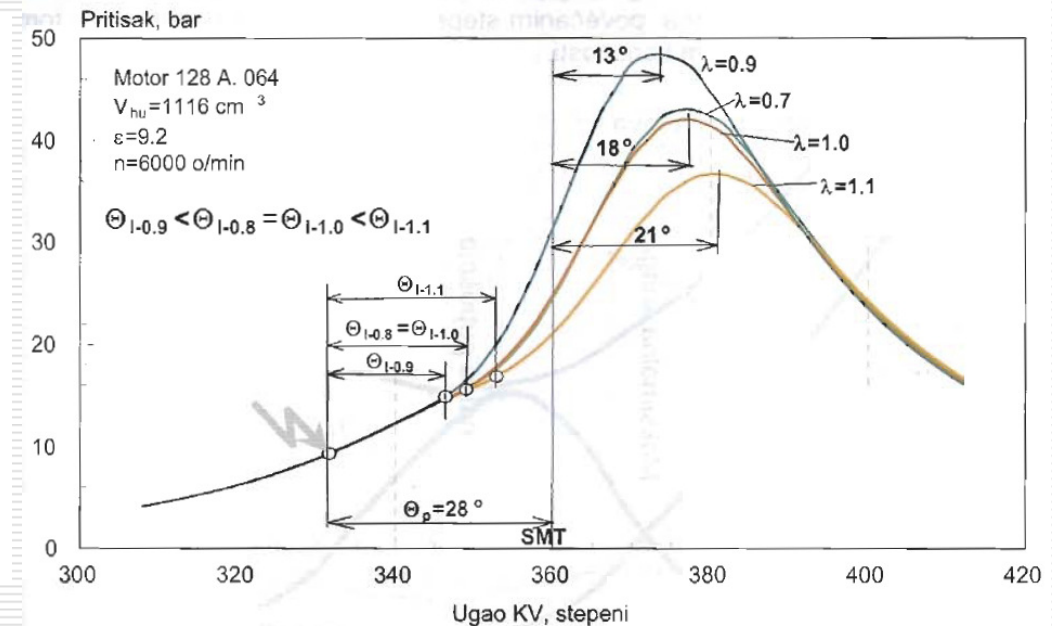
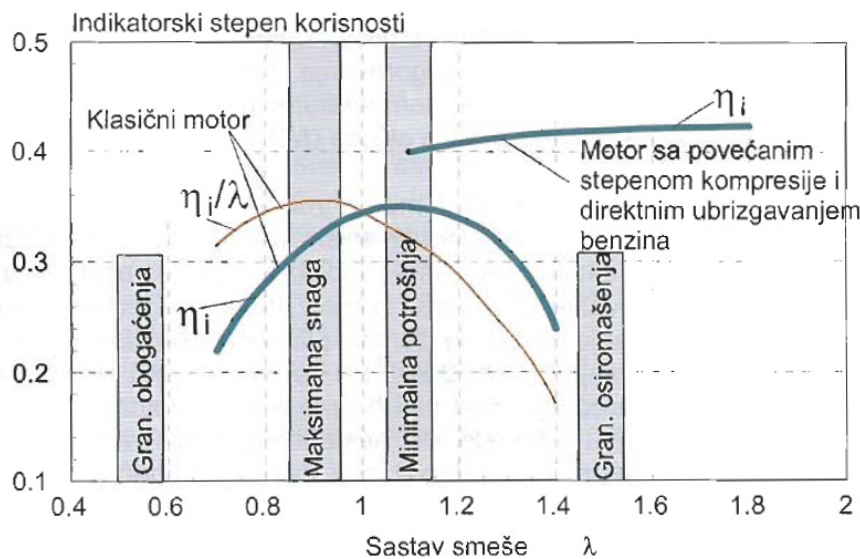


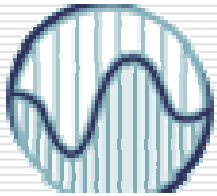


Параметри који утичу на сагоревање

Састав смеше

- ❑ Богата смеша: највећа брзина турбулентног пламена при саставу смеше 0,8 до 0,9
- ❑ Сиромашна смеша: економичан рад због смањења количине горива за исто пуњење цилиндра

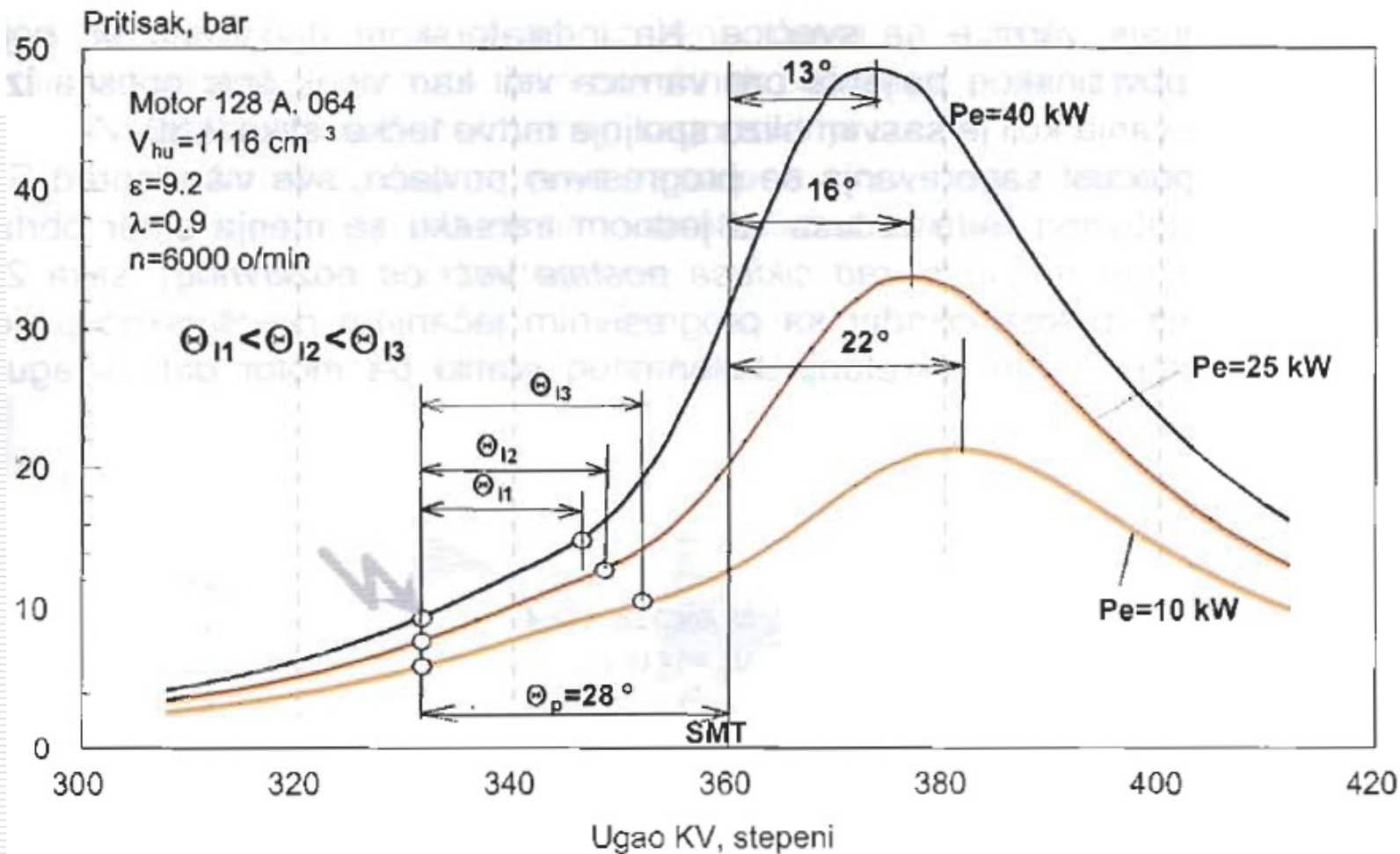


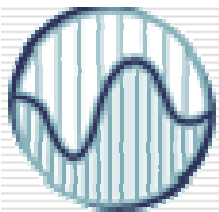


Параметри који утичу на сагоревање

Оптерећење мотора

- ❑ Мала оптерећења: велико пригушење на усису, неповољни услови за сагоревање, повећана потрошња и токсичност
- ❑ Решење је у моторима са континуалном променом степена компресије





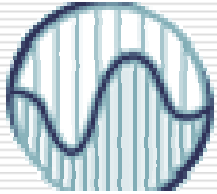
Ненормално сагоревање у ото моторима

Представља поремећај неке од следећих карактеристика:

- ❑ Велика брзина сагоревања (преко 200 m/s)
- ❑ Испрекидан ток температуре, максимална прелази 2500°C
- ❑ Необична бука, јаки тонови учестаности 5-10 kHz
- ❑ Пораст максималних вредности притиска (*код површинског паљења*) или тестераст ток у такту ширења (*код детонације*)
- ❑ Промењен састав и мирис издувних гасова

Најчешћи облици ненормалног сагоревања:

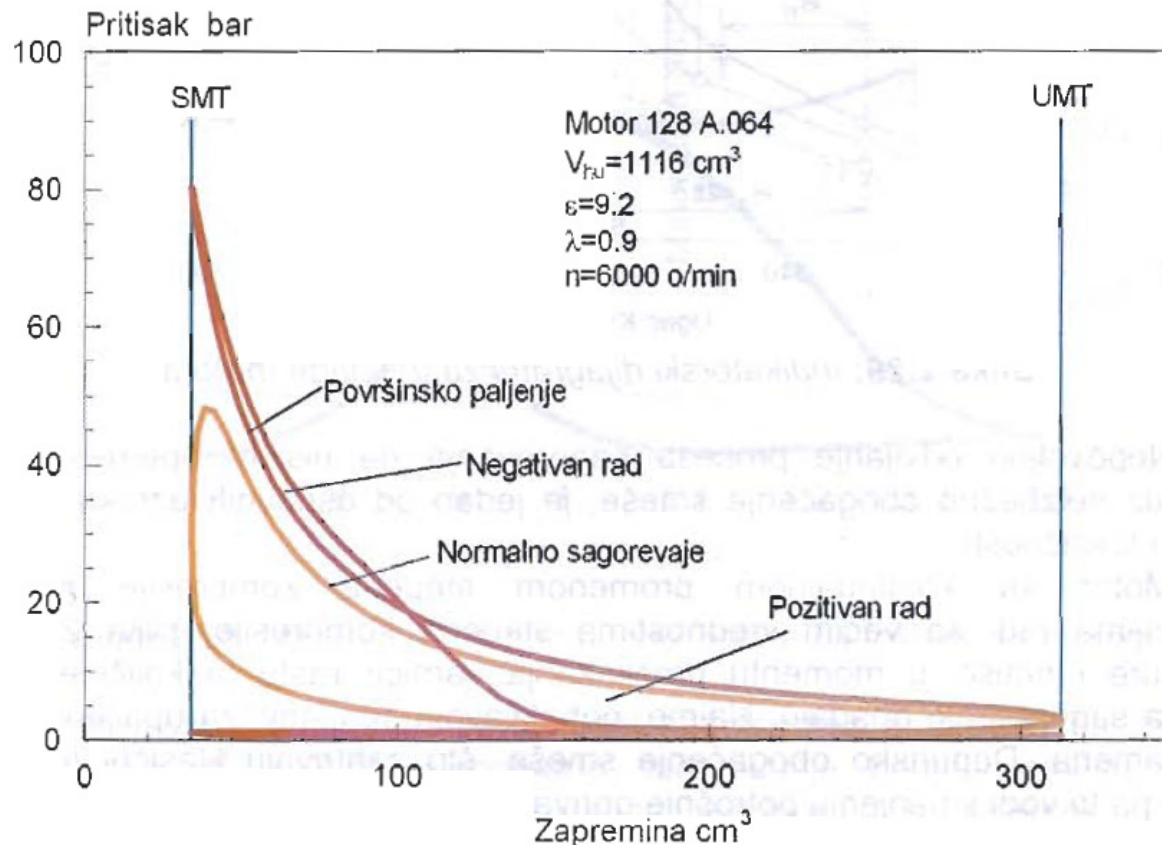
- ❑ Површинско паљење („дизелинг“)
- ❑ Детонација

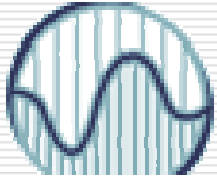


Ненормално сагоревање у ото моторима

Површинско паљење

- Паљење смеше на једном или више места пре, истовремено или после варнице на свећици
- Узроци: лоше изабрана или стара свећица, топла места у комори за сагоревање, талози
- Површинским паљењем покушава се променити смер обртања КВ мотора

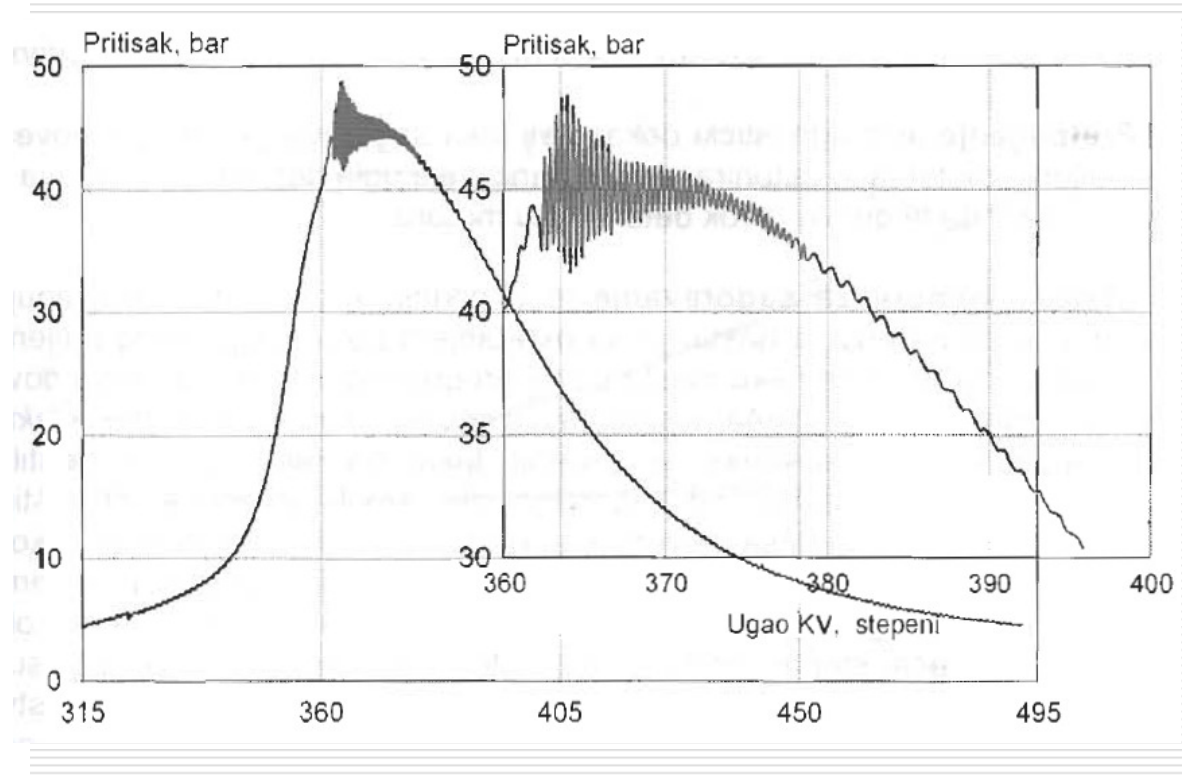


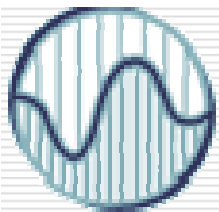


Ненормално сагоревање у ото моторима

Детонација

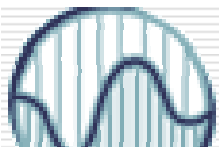
- ☐ Самопаљење дела смеше током *фазе догоревања* због мале отпорности на термичко зрачење
- ☐ Тестераста промена притиска и врло високе температуре које пробијају заштитне гасне граничне слојеве и доводе до реакције хемијски активних гасова са атомима метала коморе, клипа, главе, вентила ...
- ☐ Јака детонација изазива површинско паљење и обрнуто
- ☐ *Утицајни фактори:*
 - Облик коморе за сагоревање
 - Гориво
 - Угао претпаљења
 - Старост мотора
 - Техника вожње
- ☐ Октански број:
показатељ отпорности мотора на детонацију





Последице детонантног сагоревања





Детонативно сагоревање и директно убризгавање

- **Убризгавање горива директно у цилиндар код хомогеног пуњења**
Снижава температуру ваздуха у цилиндру, јер се топлота ваздуха троши на испаравање горива. Тиме се снижава температура смеше (укупно).
Ниже почетне температуре у цилиндру дају ниже крајње температуре од оних код убризгавања у усисни колектор. Дејство насупрот детонативном сагоревању.
- **Индиректно убризгавање:** Топлота зидова усисног колектора предата гориву пре уласка у цилиндар убрзава испаравање. Смеша се греје већ пре уласка у цилиндар, више крајње температуре сабијања. (Увек хомогено!) Дејство у смеру детонативног сагоревања.
- **Убризгавање горива директно у цилиндар код слојевитог пуњења**
Само око електрода свећице постоји просторно ограничена смеша која може да сагори. Температура смеше се снижава убризгавањем на крају компресије. Око "облака" смеше у цилиндру је термички излациони слој, ваздух и/или издувни гасови ниједно не гори. Екстремно сиромашна смеша у остатку цилиндра изван горивог слоја не може се упалити. (Граница између горивог слоја и остатка смеше није оштра јер с у питању гасови).
Количина убризганог горива је мала, с њом и довођење топлоте, мотор не развија велики момент са мало горива и термомеханички је ненапрегнут. Дејство насупрот детонативном сагоревању.

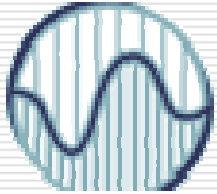
Мотори са директним убризгавањем горива у цилиндар, посебно у слојевитом раду, су мање подложни детонативном сагоревању, него мотори са убризгавањем у усисни колектор у близини усисног вентила. Због тога се DI мотори могу конструисати са већим степенима компресије од IDI мотора.

Директно убризгавање има предност над индиректним убризгавањем у смислу конструктивне отпорности мотора на детонацију.



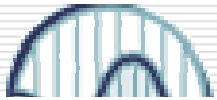
Мере за спречавање детонативног сагоревања

- Мотори који немају контролу детонативног сагоревања морају бити на довољном “удаљењу” са углом паљења од оног који може да изазове детонативно сагоревање, 5 – 8 степени иза СМТ за главно сагоревање. Према овоме се подешава предпаљење. Цена ове мере је:
 - мање рада у pV дијаграму, због померања криве $v=\text{const}$ на страну ширења
 - немогућност да се избегне детонативно сагоревање за све услове рада
(Каже се: Угао паљења је “оптимизован”).
- Раније или касније код свих мотора долази до детонације.
- У случају детонације код неуправљаног мотора одузима се “гас” (возач) у циљу смањења оптерећења мотора. У цилиндар се доводи мања количина топлоте, притисак пада, тиме и температура у цилиндру.
- У случају недостатка снаге са смањеним гасом за савлађивање спољних отпора (узбрдица) потребно је променити степен преноса из актуелног у нижи. Тиме се истовремено за исту брзину кретања возила и исту снагу мотора у нижем степену преноса оптерећење мотора смањује, а број обртаја повећава:
$$P_1 = T_1 \omega_1 = T_2 \omega_2 = P_2 = P, \text{ где је } T_2 < T_1, \text{ а } \omega_2 > \omega_1$$
- Смањене момента смањује оптерећење мотора, односно укупно довођење топлоте, а повећање броја обртаја убрзава експанзију, па се по две основе удаљава од услова за детонативно сагоревање. (Видети утицај оптерећења и брзине мотора на температуру сагоревања.)



Мере за спречавање детонативног сагоревања

- Мотори који имају контролу детонативног сагоревања могу да остваре повољнији положај кривих у радном p, v дијаграму, преко мањих – најбољих углова предпаљења, тако да максималан притисак у цилиндру буде што ближе по проласку клипа кроз СМТ. ($V=V_{\min}$, па је $p=p_{\max}$)
Код настанка детонативног сагоревања, враћа се паљење на касније (ECU) за цилиндар у ком је сагоревање детонативно*. По престанку детонације, враћа се паљење постепено ка номиналним вредностима.
- Сваки цилиндар може имати сензор за детонацију, али се и са једним давачем-сензором може пратити процес сагоревања по појединим цилиндрима током радног такта.
Управљање паљењем не зависи од начина убризгавања, па се може остварити и за моторе са индиректним убризгавањем (у усисни вод пре усисног вентила) и за моторе са директним убризгавањем (у цилиндар мотора).
- Уз сензор детонације (knock sensor) може постојати и сензор за отклањање погрешног тумачења детонације, услед потреса при кретању возила по неравнинама на путу. (Смештен у шасији).
Неравнине на путу могу потресати мотор слично потресима при детонативном сагоревању. Сензор детонације је у суштини сеизмички сензор.



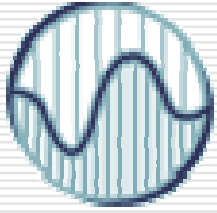
Предности контролисања детонативног сагоревања

Угао паљења контролише се и мења–управља у току рада мотора ECU

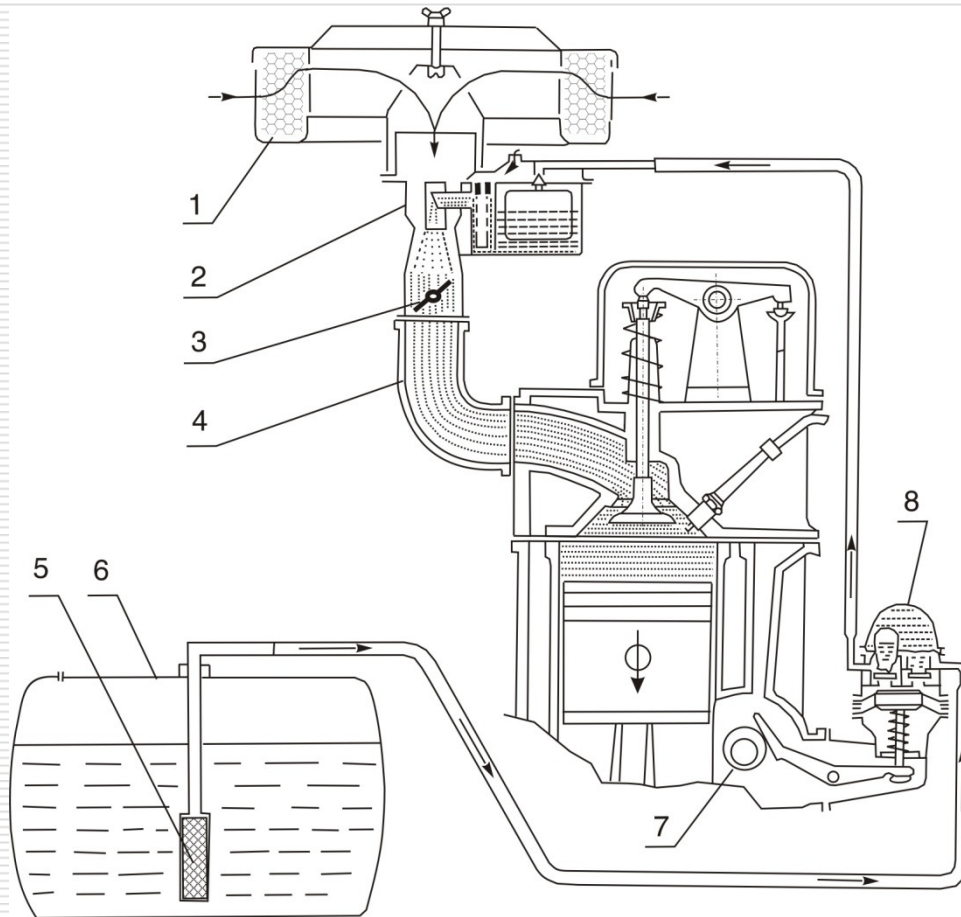
- Побољшање термодинамичког степена корисности мотора
Време паљења се подешава тако да се добије највише рада у p, v дијаграму. Положај кривих циклуса при довођењу топлоте у процесу сагоревања је бољи (захватају више површине) и вршни притисак у такту ширења већи. (Нема безбедносних граница 5 – 8 степени за избегавање детонације, које нужно положај кривих у p, v дијаграму померају на страну ширења, са последицом да се добије мање рада.)
- Омогућавање рада мотора са већим степенима сабијања због тачније одређеног тренутка паљења без детонације.
Добијање више рада по циклусу због повећања степена компресије (конструктивно, тиме експлоатационо).
Добијање већег момента због већих крајњих притисака.
- Мања осетљивост мотора на промену отпорности горива према детонативном сагоревању – квалитет горива у експлоатацији.

Мање снажне детонације са краћим трајањем не оштећују мотор који се конструише са трајном динамичком чврстоћом таквом да их може поднети. Са друге стране, температуре код детонативног сагоревања су довољно високе да разлажу талог од уља и горива на површинама простора сагоревања, (клип, глава) који се, онда, избацују кроз издувни систем напоље из мотора. Одстрањивање талог умањује могућност од површинског неконтролисаног сагоревања јер талози стварају топла места.

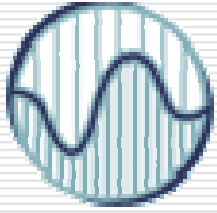
*Талози настају од **лошег горива** и **прекомерне потрошње уља у мотору**.*



Класични (карбураторски) систем за довод горива ото мотора

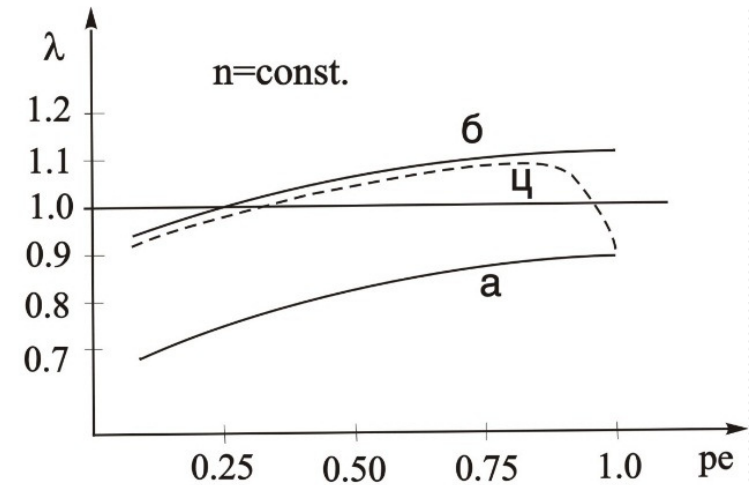
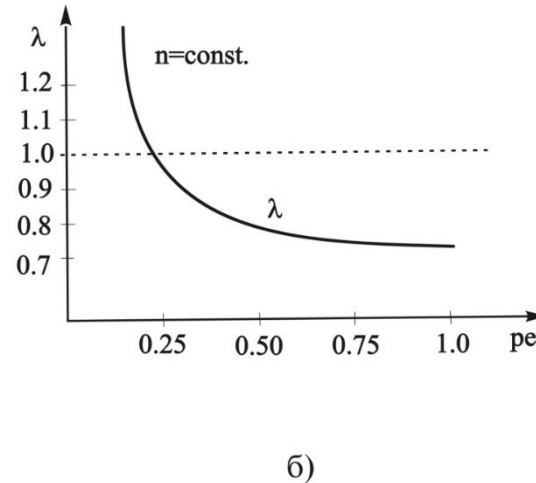
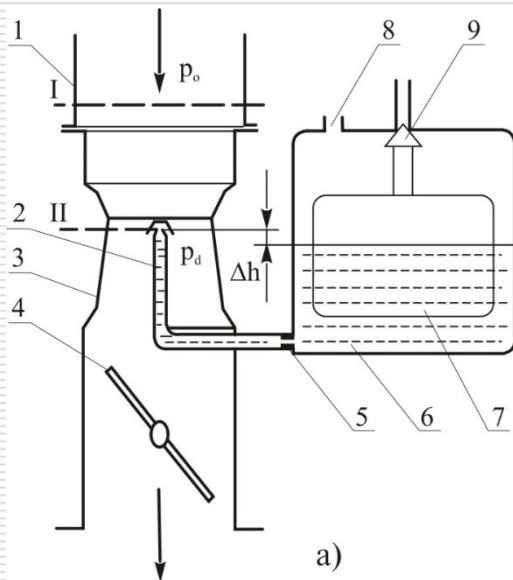


- 1- пречистач ваздуха
- 2- кабуратор
- 3- лептир карбуратора
- 4- усисни колектор
- 5- усисна корпа
- 6- резервоар за гориво
- 7- ексцентар за погон пумпе за гориво
- 8- пумпа за гориво



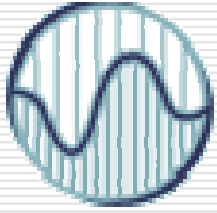
Карбуратор

- ☐ Криве састава смеше
- ☐ Елементарни карбуратор



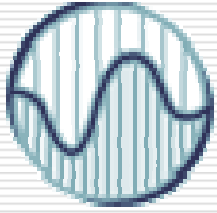
Помоћни уређаји карбуратора:

- ☐ За хладан старт
- ☐ За празан ход
- ☐ За корекцију састава смеше (економајзер)
- ☐ За нагло убрзање
- ☐ За максималну снагу
- ☐ „cut-off“
- ☐ Висински коректор,
- ☐ ...

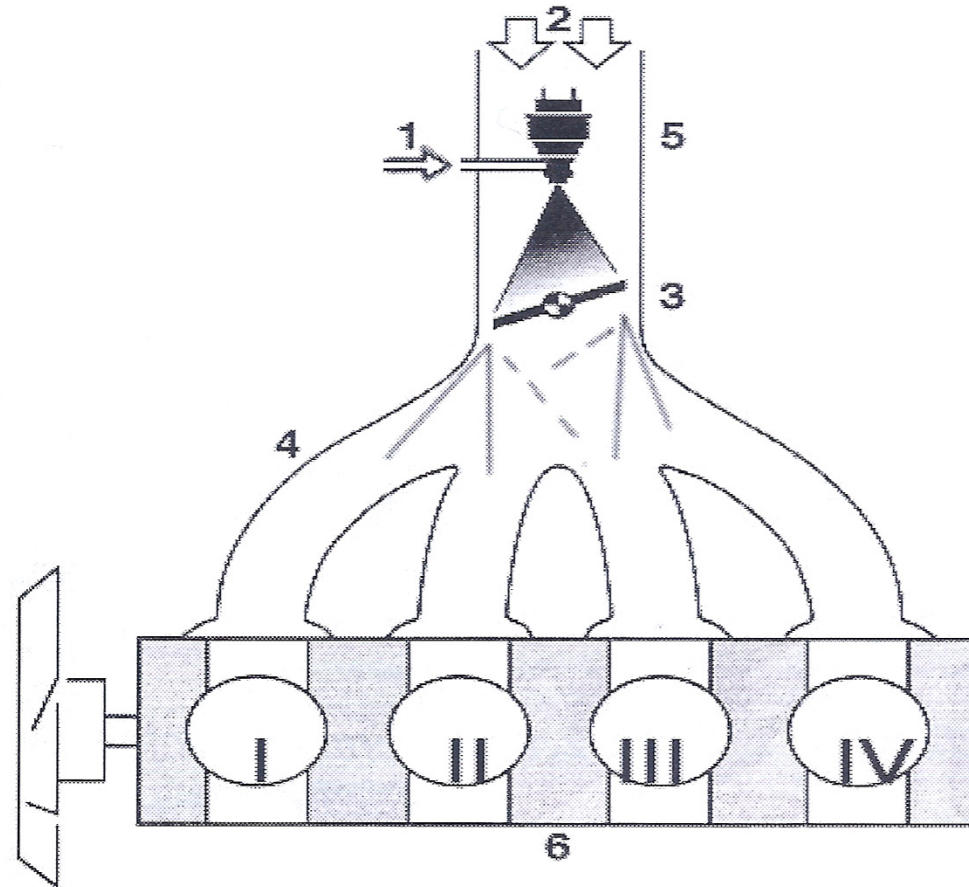


Системи за убризгавање бензина

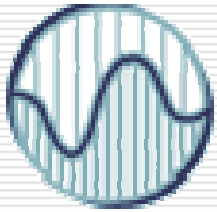
- Први системи убризгавања бензина: убризгавање механичким клипним пумпама, као код дизела (авионски мотори уочи другог светског рата)
- Моно системи убризгавања (SPI): јефтина решења са свим слабостима карбуратора
- Системи убризгавања за сваки цилиндар (MPI):
 - Убризгавање бензина у усисну цев
 - Симултано за све цилиндри одједном
 - Секвенцијално, за сваки цилиндар, синхроно са процесом усисавања (једном или више пута током усисавања)
 - Убризгавање бензина директно у цилиндри (GDI)



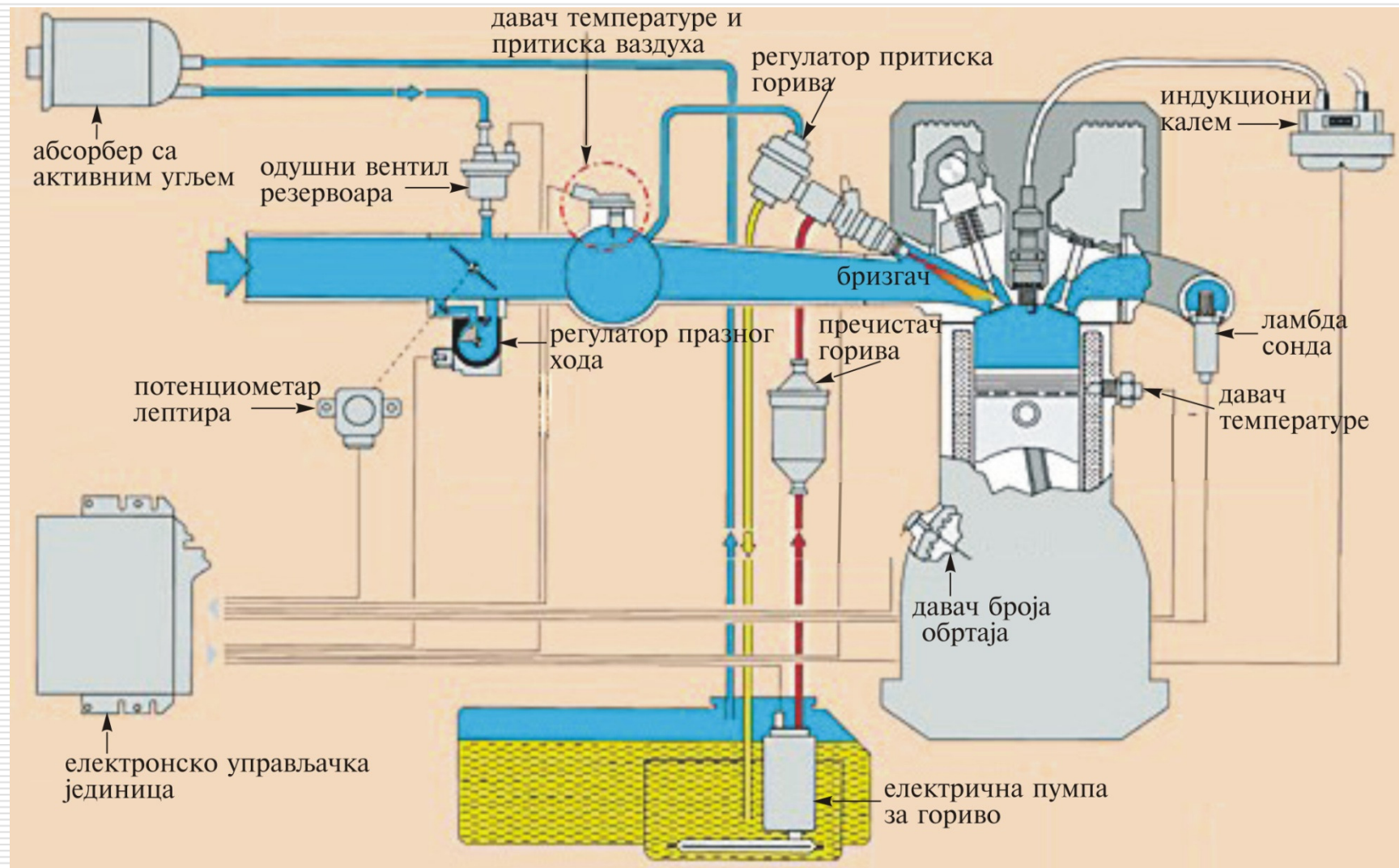
Системи са моно (централним) убризгавањем

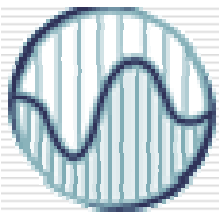


- 1- ulaz goriva u brizgač, 2- prečišćeni vazduh, 3- komandni leptir u usisnoj cevi na koji se brizga gorivo,
4- pojedinačne cevi do cilindara, 5- modul za ubrizgavanje,
6- motor, I, II, III i IV cilindri



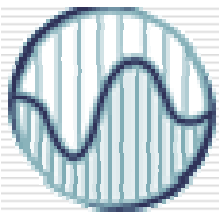
Систем са убризгавањем бензина у усисни вод за сваки цилиндар (ME - Motronic)





Основне карактеристике система Motronic

- ❑ Интегрисно електронско управљање убризгавањем горива, паљењем смеше, варијабилним разводом и сл.
- ❑ *Мерач протока усисног ваздуха* искључује грешке због промене температуре и висине
- ❑ Давач броја обртаја коленастог вратила омогућава да се гориво убризгава при жељеном углу коленастог вратила
- ❑ Додатне функције: реуглатор празног хода, ламбда регулатор, контрола испаравања горива из резервоара у целом радном пољу мотора, регулација ненормалног сагоревања, ОБД, аутодијагноза
- ❑ Током развоја систем се софтверски прилагођава сваком мотору и за мотор се снима поље радних тачака мотора
- ❑ Регулациона и адаптивна стратегија управљања обезбеђује распознавање старости мотора и промене изазване експлоатацијом
- ❑ Контрола регуларности сагоревања је селективна по цилиндрима



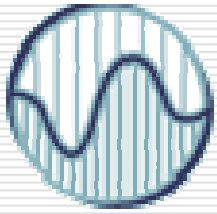
Регулација протока горива у систему за довод горива

□ Конвенционални системи

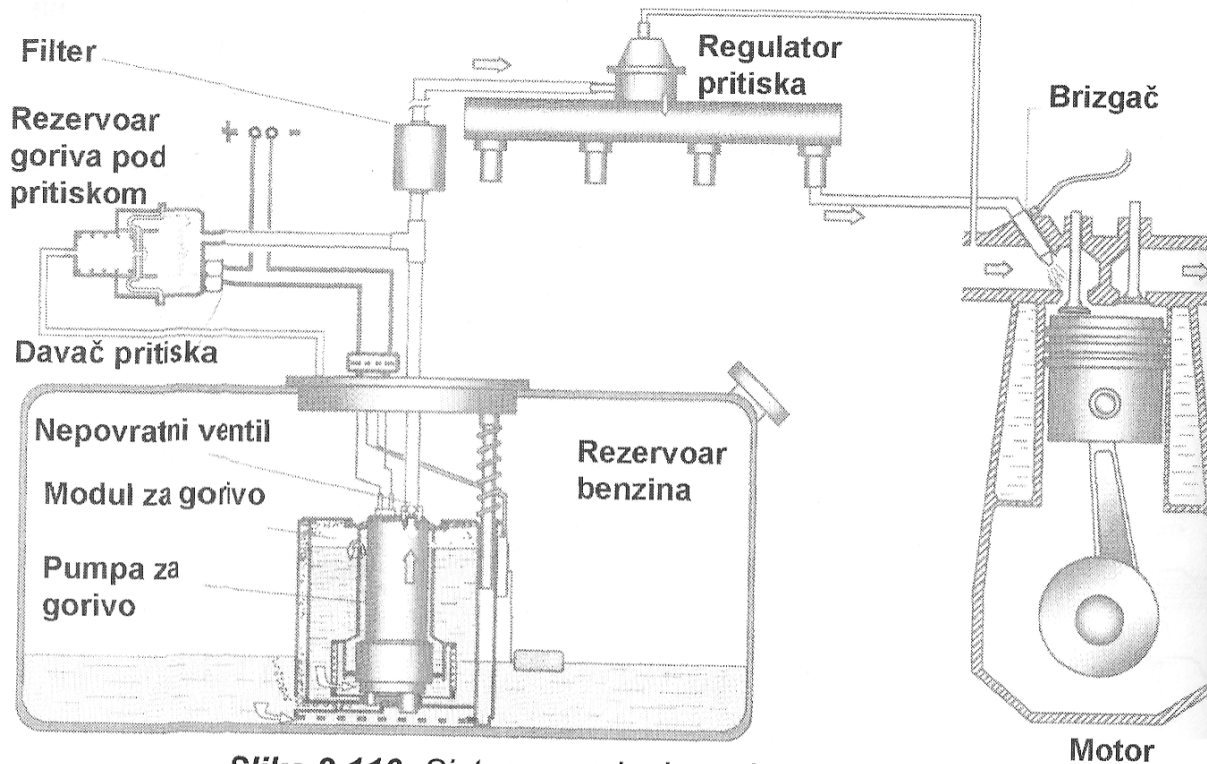
- пумпа за довод горива пројектује се за екстремне услове, притисак се регулише на улазу у брызгаче (или карбуратор) по принципу рецикулације (повратног цевовода)
- Пумпа је вишеструко предимензионисана за уобичајене услове експлоатације тако да је рецикулација горива и до 90% номиналног протика: последица је између осталог и повећана потрошња горива, као и краћи век пумпе

□ Савремени системи

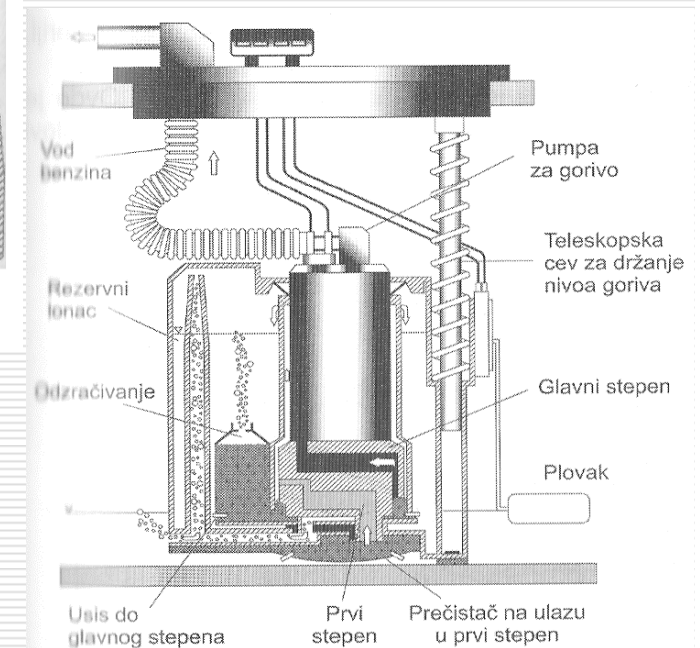
- систем без рецикулације, са „модулом“ у резервоару за гориво
- Пумпа за гориво ради повремено (активира се на сваких 2-4 минута код максималне потрошње, а на 6-8 минута код минималне потрошње)
- Поуздан старт мотора и сигуран довод горива, без обзира на екстремне услове (минимална количина горива у резервоару, нагиб и сл.)
- Спречава се нагло гашење топлог мотора или евентуално паљење и гашење мотора код нестанка горива на прекиде, што би уништило катализаторе

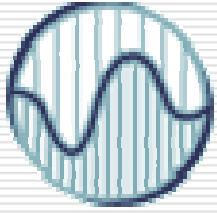


Довод горива без рециркулације



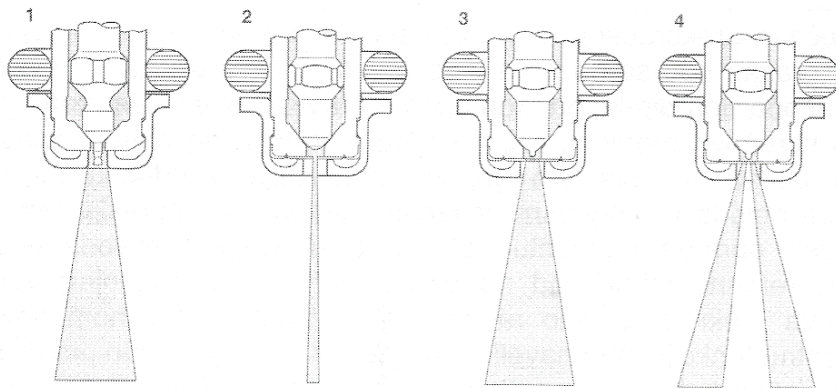
Slika 2.110. Sistem napajanja gorivom sa modulom i



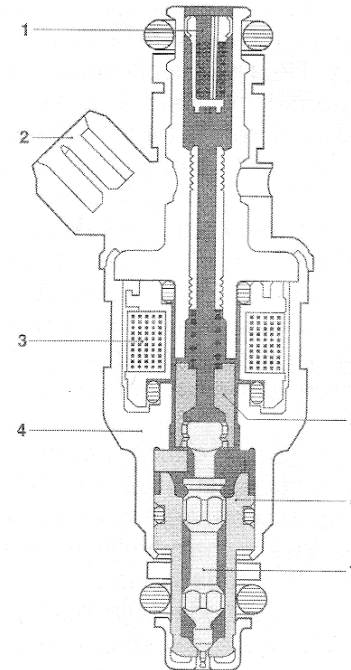


Бризгачи

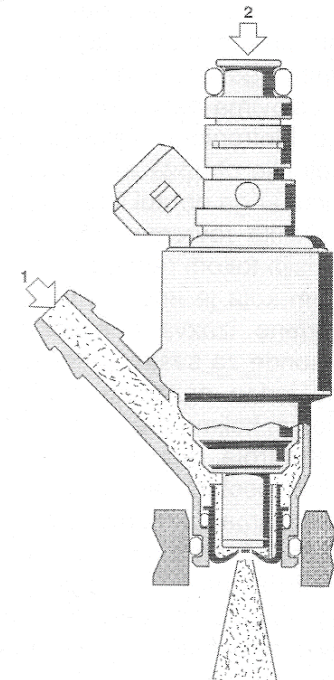
- ❑ Облик отвора бризгача утиче на квалитет смеше
- ❑ Емулговањем горива добија се квалитетнија смеша



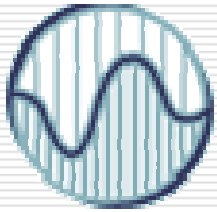
1- otvor u obliku prstena, 2- jedan otvor, 3- više manjih otvora, 4- dva otvora



1- filter, 2- električni priključak, 3- namotaji el. magneta,
4- kućište ventila, 5- armatura, 6- telo ventila,
7- igla ventila

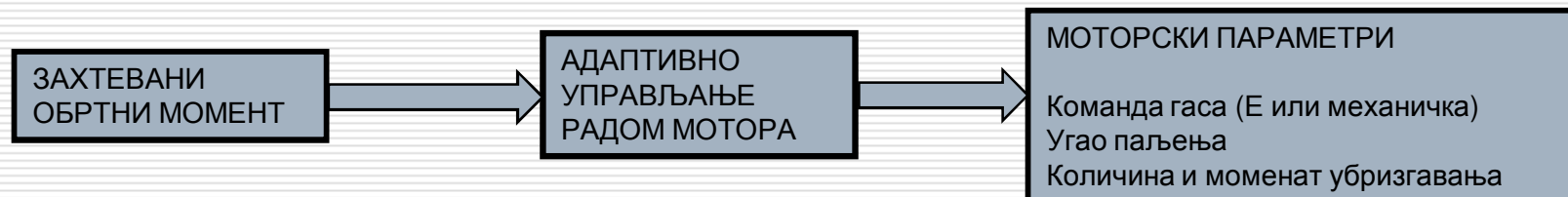
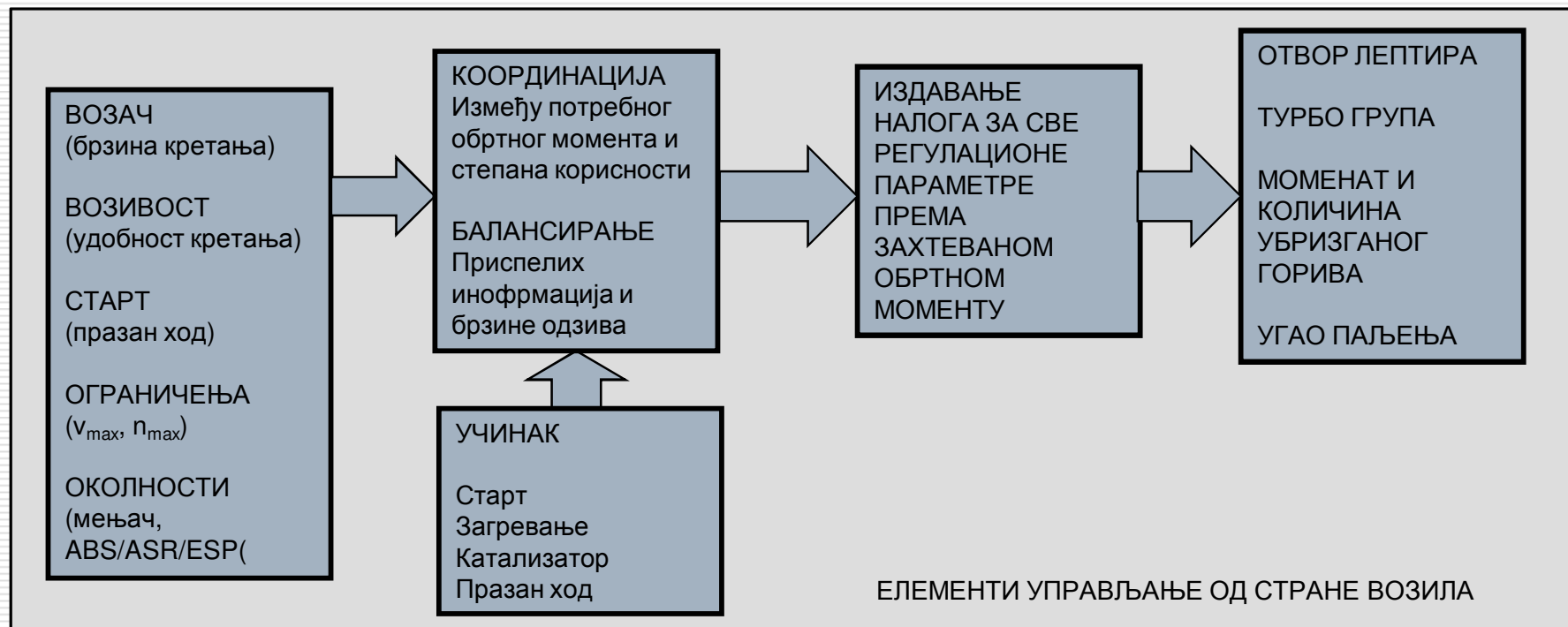


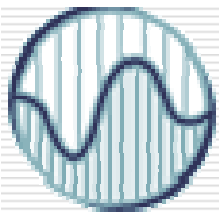
1- vazduh, 2- gorivo



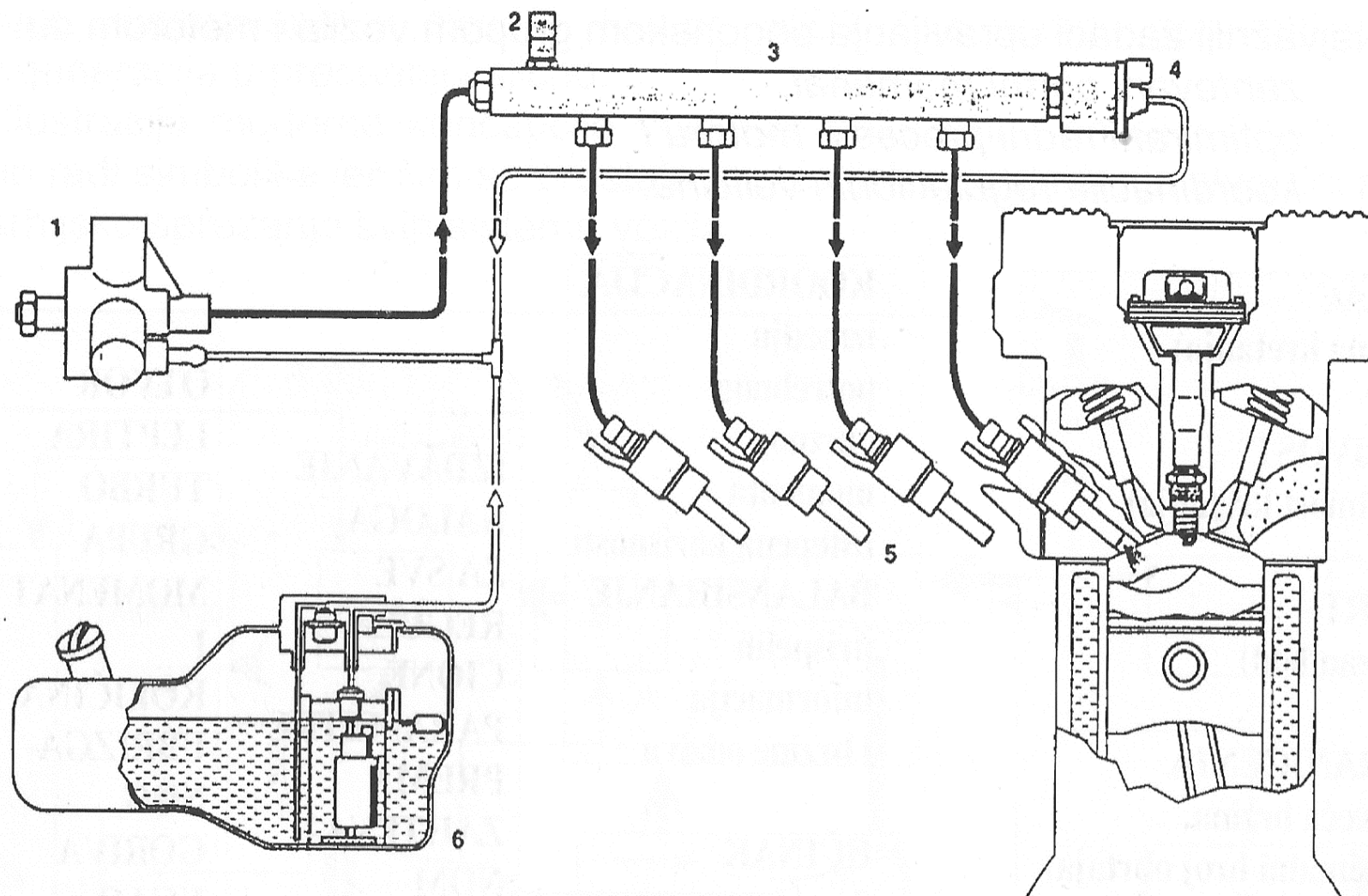
Директно убризгавање горива у цилиндре

□ Интегрисно управљање погонском групом

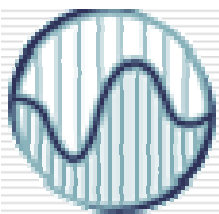




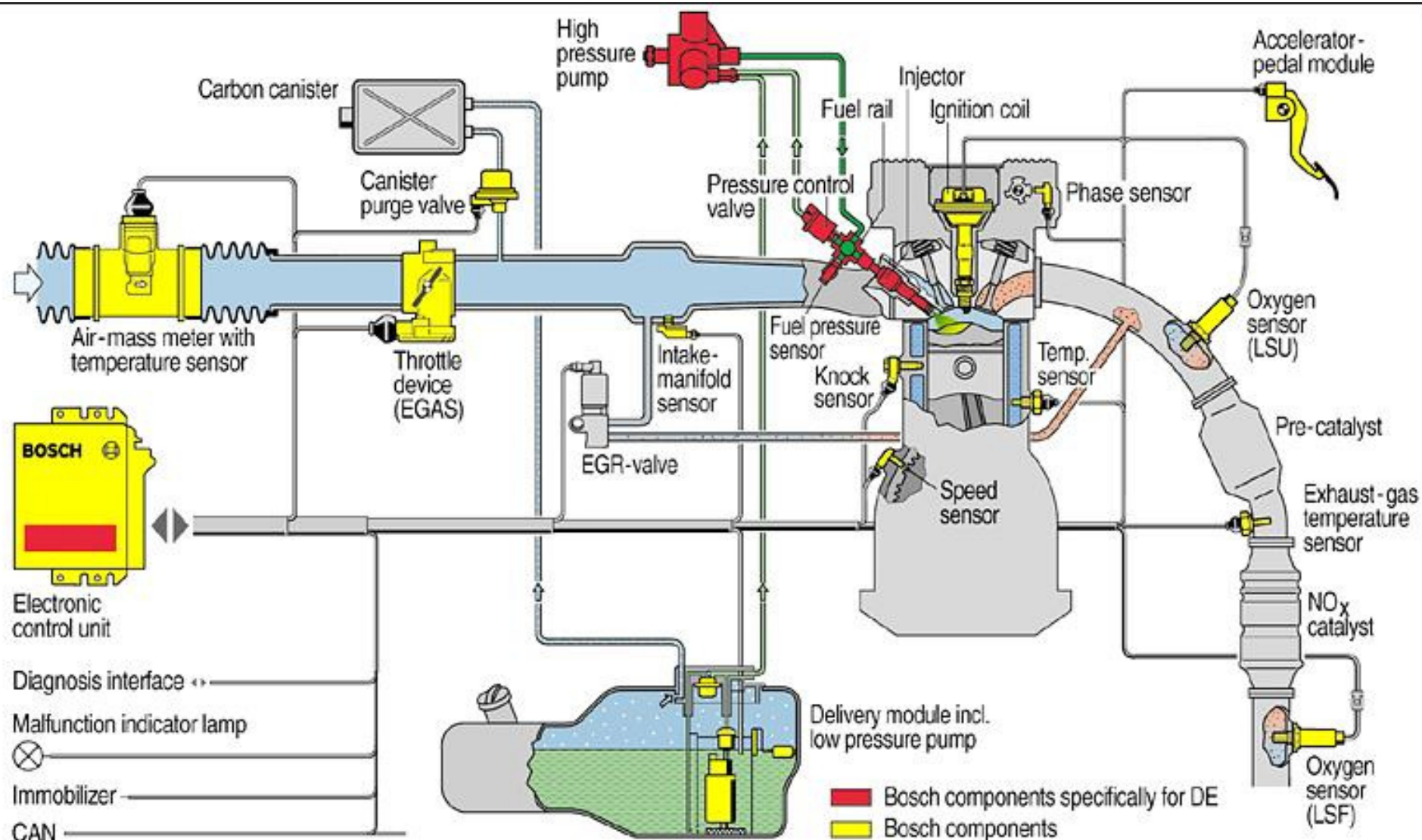
Директно убризгавање бензина – принципијелна шема

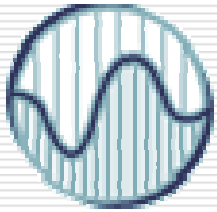


1- pumpa visokog pritiska, 2- davač pritiska, 3- gorivo pod pritiskom, 4- regulator pritiska,
5- brizgači, 6- rezervoar goriva sa modulom



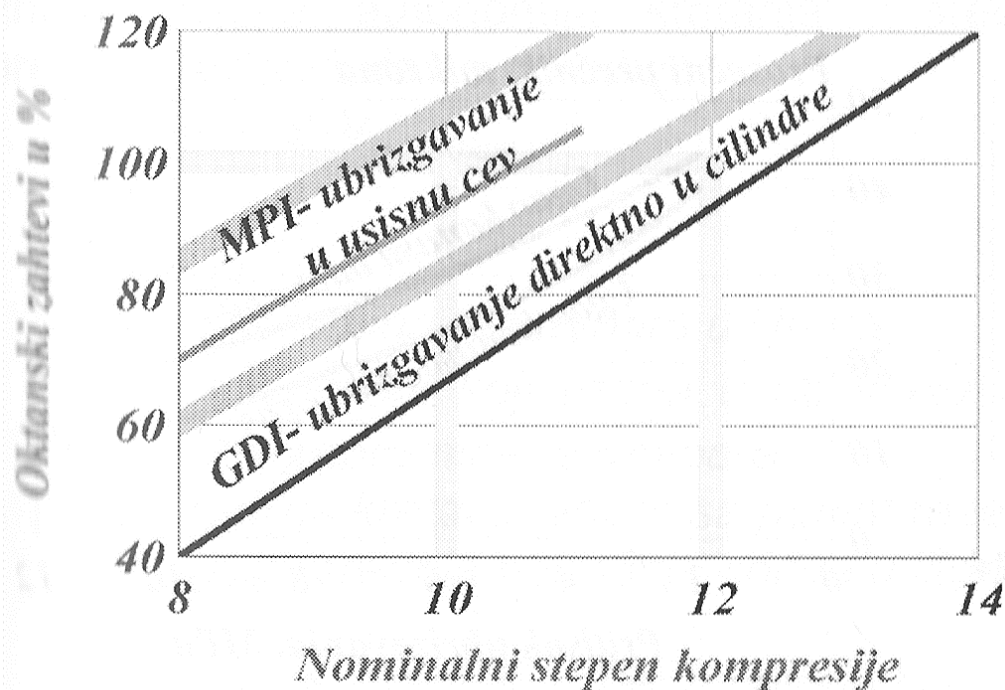
Директно убризгавање бензина (Motronic MED 7)



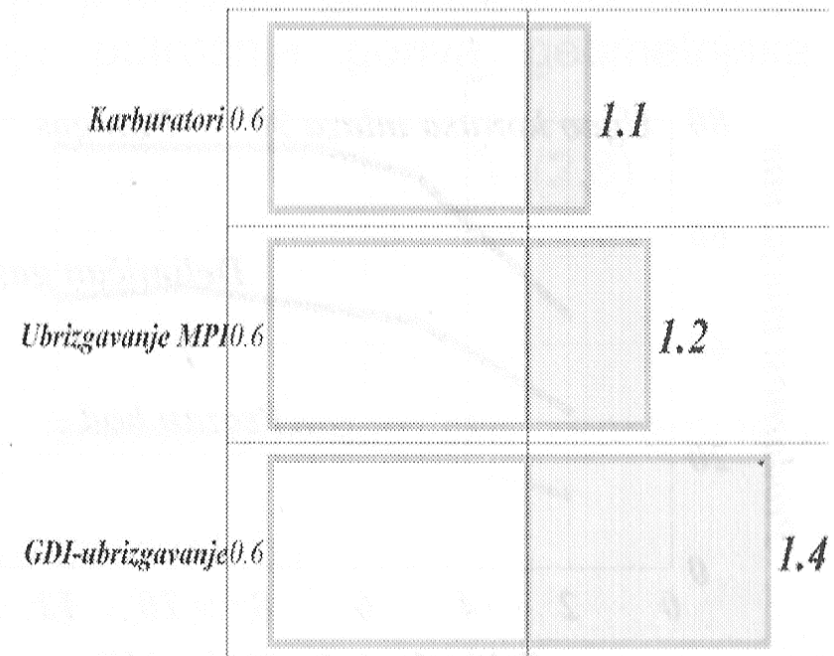


Карактеристике директног убризгавања

- ❑ Повећање степена компресије
- ❑ Рад са сиромашном смешом

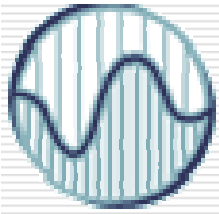


Oktanski zahtevi GDI i MPI



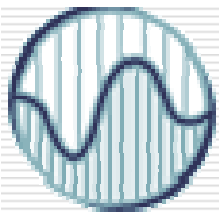
Sastav smeše u cilindru

Sastavi smeše



Елементи конструкције система за довод горива код директног убризгавања

- ❑ **Пумпа високог притиска (ПВП)**
Снабдева заједничку магистралу горивом под високим притиском (180/220 бар)
- ❑ **Заједничка магистрала ("fuel distributor")**
Акумулатор за гориво под високим притиском (исти "common rail", принцип као код дизел мотора)
- ❑ **Сензор притиска (високог) за убризгавање горива**
Рачунар (ECU) користи сензор за управљање притиском горива у магистрали, али и за управљање притиском у инсталацији ниског притиска за правилно снабдевање горивом ПВП ако је пумпа НП таква да се може регулисати притисак (контролисати снабдевање).
- ❑ **Бризгаљке за убризгавање горива директно у цилиндар**
Постављене на заједничкој магистрали али је могућа и раздвојена конфигурација бризгаљке/магистрала



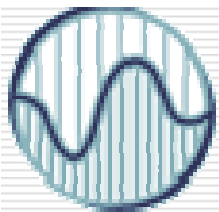
Елементи конструкције система за довод горива код директног убризгавања

Снабдевање горивом континуално на високом притиску (ВП), старија решења:

- Вентил за контролу (управљање) високог притиска
Управља притиском (високим) горива у акумулатору за гориво. Одржава потребан притисак тако што пропушта вишак горива из инсталације високог притиска ка инсталацији ниског притиска. Енергија се губи, гориво се греје. Обезбеђује од недозвољено високог притиска (преоптерећења инсталације ВП), друга функција вентила. Вентил је постављен на магистрали.

Снабдевање горивом на захтев, на високом притиску (ВП), савремена решења

- Вентил за контролу (управљање) високог притиска
Управља протоком и притиском горива, интегрисан са ПВП. Енергија се не губи, гориво се не греје.
- Вентил за ограничење притиска ограничава максималан притисак у заједничкој магистрали (безбедност на преоптерећење притиском), постављен на магистрали, механички вентил, у нормалним условима затворен.
Функције управљања протоком и притиском су раздвојене од функције спречавања преоптерећења, за разлику код система са континуалним снабдевањем горивом.



Инсталација високог притиска ДИ-конфигурације

У употреби су системи са погоном пумпе ВП преко брегастог вратила:

□ **Континуални системи (радијална клипна пумпа високог притиска са три коморе)**

Количина горива, коју испоручује пумпа високог притиска, не може се подесити и зато је увек максималан. Вишак горива враћа се у систем ниског притиска.

Непотребан проток горива за рад мотора.

Притисак горива на заједничкој магистрали је променљив према начину рада мотора и одржава га вентил за контролу (управљање) притиском убризгавања. Вентил пропушта више горива када треба мањи притисак убризгавања. Смањењем притиска штеди се енергија за погон пумпе на стварању притиска, иако се проток пумпе не смањује. Вентил уједно има и функцију заштите система од превеликог притиска. (Управља га ЕЦУ).

□ **Системи по захтеву (радијална клипна пумпа високог притиска са једном комором.)**

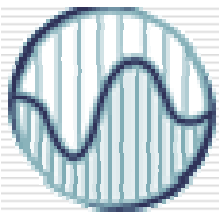
Количина горива, коју испоручује пумпа високог притиска, може се подесити.

Само количина горива потребна за рад мотора (проток) и одржавање притиска убризгавања (притисак) се шаље ка заједничкој магистрали. Штеди се енергија и на протоку и на стварању притиска за погон ПВП.

Притисак горива је променљив и подешава се према начину рада мотора.

Подешавање притиска убризгавања почиње већ подешавањем притиска у пумпи ниског притиска. Вентил за контролу високог притиска је интегрисан са ПВП.

Приступни притисак из ПНП у ПВП се регулише тако да у заједничкој магистрали буде притисак потребан за тренутни начин рада мотора. (Управља ЕЦУ преко два давача за притисак, за низак притисак код ПНП и висок притисак на магистрали или код ПВП).

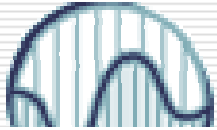


Инсталација високог притиска ДИ-конфигурације

Безбедност

Вентил за ограничене високог притиска

Код континуалних система ограничење максималног притиска врши вентил за управљање притиском уједно, а код система за испоруку горива према захтеву увек је додат посебан вентил на магистрали чиме је раздвојена функција безбедности од функције снабдевања горивом. Вентил такође има функцију растерећења од пораста притиска грејањем код топлог, заустављеног мотора (relief).



Пумпа ниског притиска (Пумпа за довод горива)

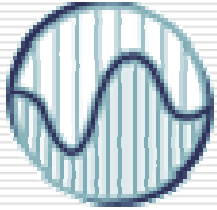
- **Погон: електрични**
- **Типови**
 - Са променом запремине (positive displacement)
Транспорт горива и градња притиска преко малих запремина, (ћелије)
 - Хидрокинетичке, са лопатицама (impeller flow)
Транспорт горива и градња притиска променом кинетичке енергије флуида (ротацијом)
- **Захтеви**
 - Проток горива, $Q = (50-250) \text{ l/h}$
Максималан проток пумпе увек мора бити мало већи од максималне потрошње мотора да би се обезбедила довољна количина горива и при највећим оптерећењима мотора
 - Притисак, $p = (3-6,5) \text{ bar}$ (и 7 bar)
Остварење притиска горива у раду мотора са 50-60% номиналног напона при напонском регулисању радом пумпе

Снага потребна за погон пумпе одређена је производом протока и притиска пумпе и може се умањити смањењем запреминског протока и/или притиска пумпе:

$$P = Qp \text{ [W]}$$

$$P = (m^3/s) (N/m^2) = Nm/s = J/s = W$$

Електричне пумпе за гориво се користе за ото моторе и код индиректног и код директног убризгавања, такође за дизел моторе као пумпе ниског притиска.



Пумпе ниског притиска са променом запремине

□ Начин рада:

- Коначно мале запремине горива улазе у затворене ћелије на усној страни и ротацијом ћелија преносе се ка потисној страни.
- Гориво улази у ћелије под утицајем повећања запремине ћелије, што обара притисак у ћелији, а излази из ћелије под утицајем смањења запремине, што повећава притисак у ћелији.

□ Типови:

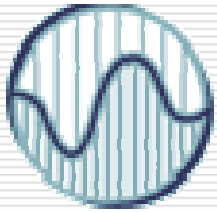
- Крилна пумпа са ваљчићима (roller cell)
- Зупчаста пумпа са унутрашњим озубљењем (gerotor)
- Пумпа са завојним вретеном (screw spindle) (vijčana)

□ Предности

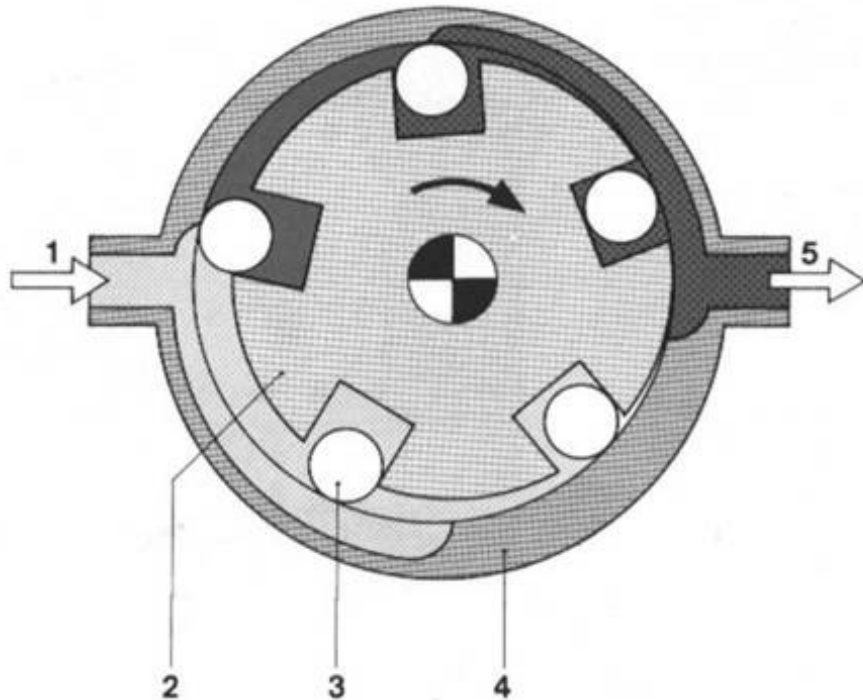
- Висок притисак, $450 \text{ kPa} = 4,5 \text{ bar}$
- Добра ефикасност*, до 25%
- Равномерна промена протока пумпе са променом напона којим се регулише снага пумпе

□ Недостаци

- Пулсације притиска због транспорта горива коначно малим запреминама – ћелијама, неповољно за усисну страну пумпе високог притиска
- Могућа бука у инсталацији у зависности од конфигурације инсталације, проузрокована пулсацијама притиска. (Утицајни фактори су дужина и пречници водова за гориво и начин ослањања пумпе на подлогу).

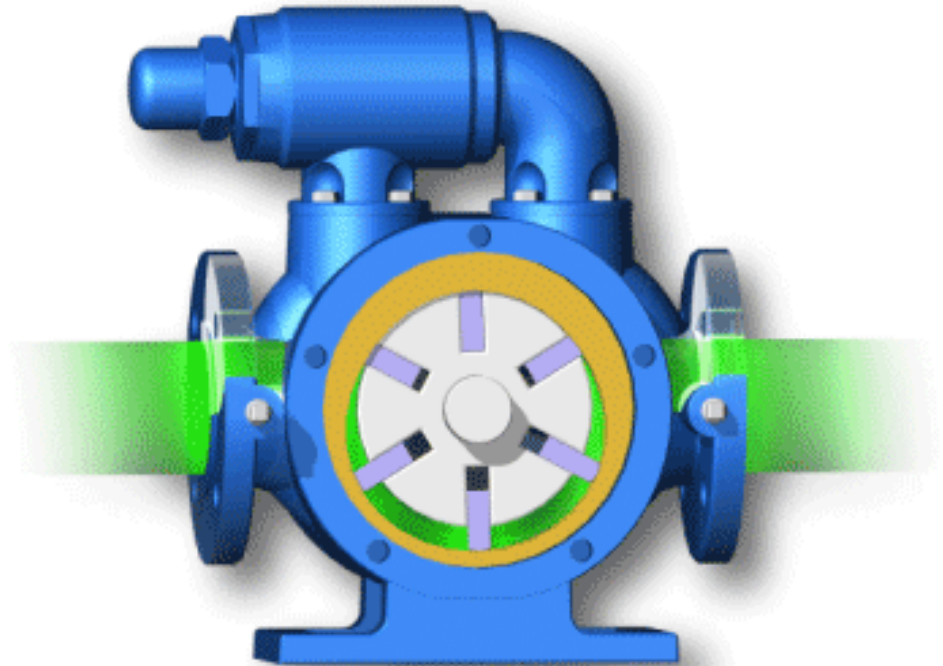


Пумпе ниског притиска са променом запремине



Крилна пумпа са ваљкастим котрљајним крилима

1 усисни вод, 2 ротор, 3 ваљкасто тело, 4 кућиште, 5 потисна страна (тамна боја за надпритисак)



Крилна пумпа са равним клизним крилима

(Ако је лева стране пумпе усисна, онда је смер окретања ротора супротан смеру обртања казаљке на сату).



Пумпе ниског притиска са променом запремине

Крилна пумпа са ваљкастим котрљајним крилима

Ротор 2 је постављен ексцентрично у односу на кућиште пумпе 4.

Запремина једне ћелије за транспорт горива састоји се из запремине простора у ком се налази ваљчић и запремине између ротора и кућишта између два ваљчића.

На усисној страни, усисни прикључак 1 пумпе (светлија боја означава нижи притисак), са окретањем ротора 2 пумпе, ваљчићи 3 се удаљавају због ексцентрицитетa ротора од центра окретања и тиме повећавају запремину простора у којима се налазе.

Истовремено, такође због ексцентрицитетa, расте запремина ћелије између ротора и кућишта.

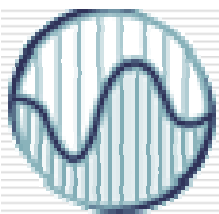
Услед пораста запремине ћелије притисак у ћелији пада, па гориво из усисног вода улази кроз прикључак 1 у ћелију/пумпу.

На потисној страни, ка прикључку 5 (тамнија боја означава виши притисак), у смеру окретања ротора ваљчићи се приближавају центру и тиме смањују запремину простора у којима се налазе. Истовремено, такође због ексцентрицитетa ротора, смањује се запремина ћелије између ротора и кућишта.

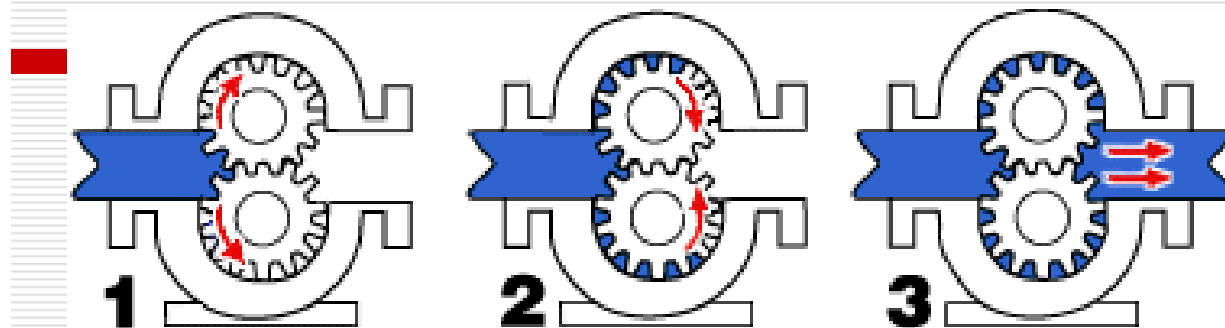
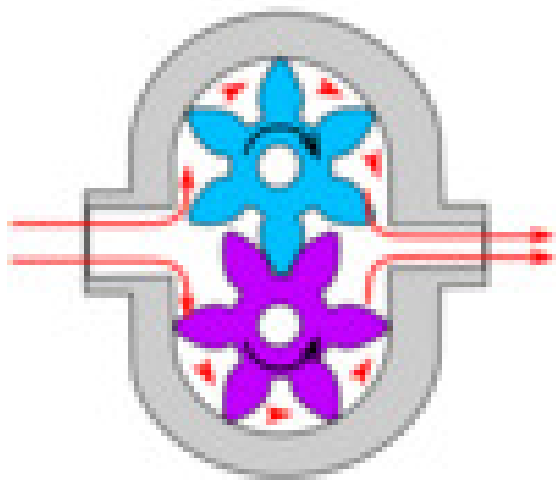
Услед смањења запремине ћелије притисак у ћелији расте, па гориво из пумпе излази кроз прикључак 5 у потисни вод.

У кућишту 4 налазе се прилазне и одлазне запремине за гориво на вези са усисним 1 и потисним 5 водом.

Ваљчићи се котрљају по унутрашњој страни кућишта, на коју налажу услед центрифугалне силе, а на задњи зид простора у ротору налажу услед отпора окретању ротора. Налеганњем на ове две повшине ваљчићи врше заптивање ћелије. Са друге стране ваљчића гориво улази у ћелије, јер су ширине ћелија веће од пречника ваљчића

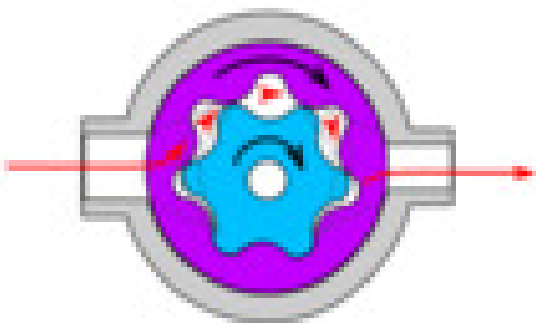


Зупчаста пумпа са спољним и унутрашњим озубљењем



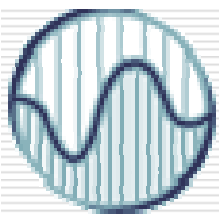
< Click Here to Animate >

Зупчаста пумпа са спољашњим озубљењем

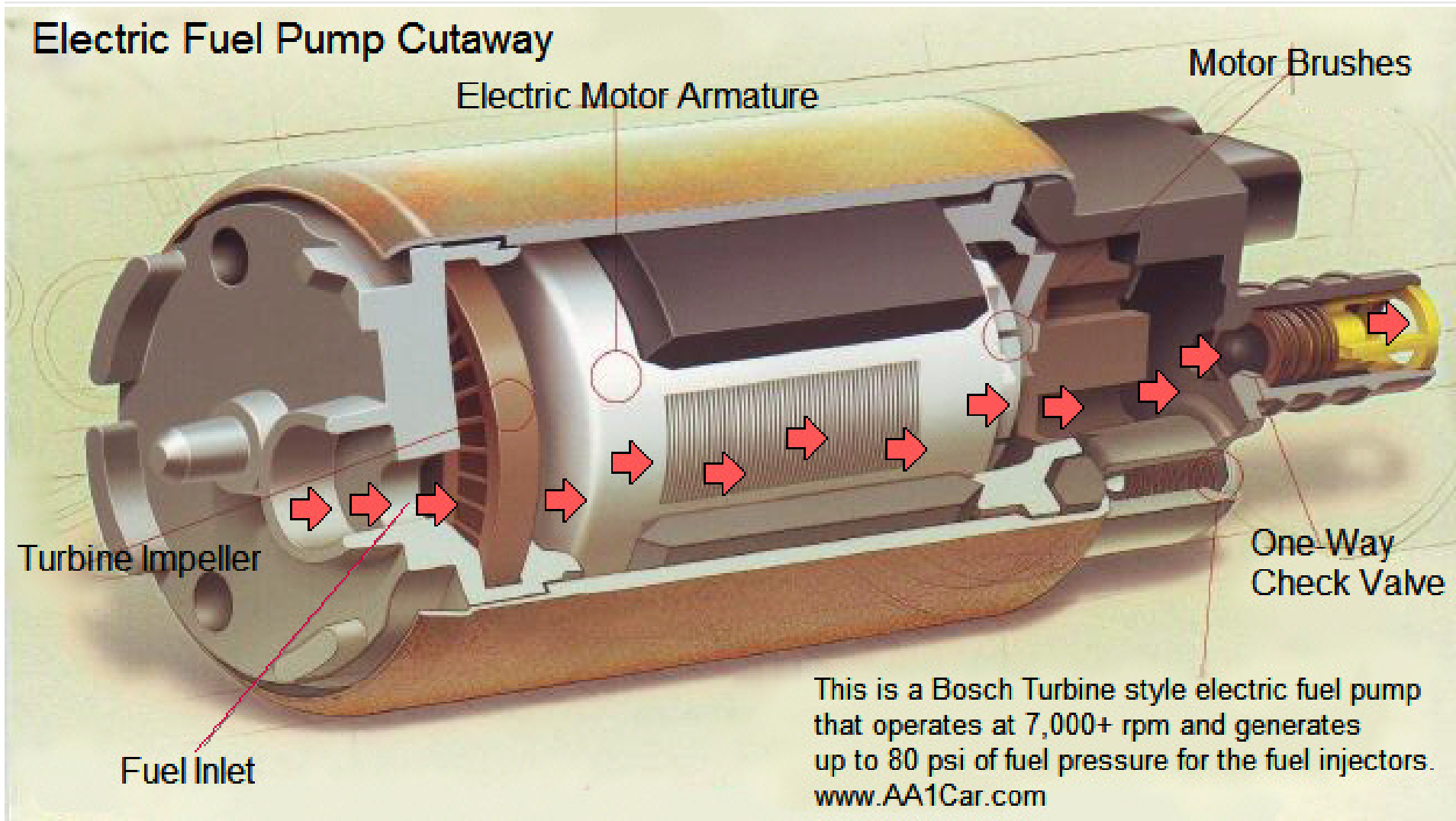


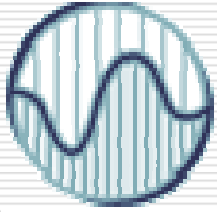
Зупчаста пумпа са унутрашњим озубљењем

Унутрашњи зупчаник има један зубац мање од спољног зупчаника, (6/7) што повећава укупну запремину ћелија са горивом, односно транспортну запремину и тиме проток пумпе



Хидрокинетичке пумпе са лопатицама





Хидрокинетичке пумпе са лопатицама

Конструкција:

- ❑ Улазни степен са пумпним елементом
- ❑ Средњи степен са електромотором (сталан магнет и угљене четкице)
- ❑ Излазни степен са неповратним вентилом, излазним хидрауличким прикључком и електричним прикључком

За одстрањивање мехурића паре из горива постоји један канал малог попречног пресека под одређеним углом и растојањем од улазног отвора. Ако нема мехурића паре горива, врло мала количина горива излази из пумпе. (Ниска цена за одстрањивање мехурића паре бензина).

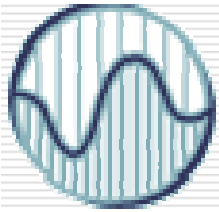
Начин рада:

Пумпни елемент има распоређене лопатице, само по периферији импелера*.

(Отуда и назив "периферне пумпе".)

Облик и угао лопатица дефинише усисну и потисну страну.

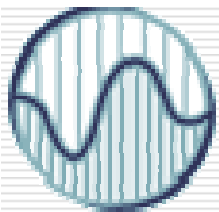
Лопатице импелера увлаче гориво кроз улазни отвор на периферији испред лопатица у колу турбине и потискују кроз излазни отвор на периферији иза лопатица, на супротној страни (аксијално) од стране улазног отвора. Флуид направи скоро цео круг пре аксијалног изласка из кола турбине, све до заустављивача ("stopper"), који се налази између улазног степена и средњег степена. На месту заустављивача гориво улази у средњи степен пумпе.



Хидрокинетичке пумпе са лопатицама

Дејство улазног степена на стварању протока и подизању притиска је троделно:

- **Импелерско*** – усисавање горива лопатицама импелера у коло турбине импелера (аксијално кретање горива).
Угао/облик лопатица је подешен тако да захвата гориво и уводи га у улазни степен.
У улазном степену влада мањи притисак него испред улазног степена, јер гориво ротира великом брзином у пумпном елементу – турбини и одлази у средњи степен из турбине.
Услед разлике притисака гориво улази у улазни степен.
- **Центрифугално** – стварање кинетичке енергије кружним кретањем флуида (Број окретаја ротора са лопатицама турбине је $n \geq 7000$ о/min)
Ротацијом великом брзином гориво између лопатица добија кинетичку енергију.
- **Импелерско** – стварање притиска на промени кретања флуида из кола импелера у средњи степен пумпе (аксијално)
Угао/облик лопатица је подешен тако да гориво излази у средњи степен.
На уласку у средњи степен после ротације великом брзином гориво нагло успорава, прелазећи из брзог ротационог кретања у колу турбине у споро аксијално кретање у средњем степену пумпе.
Услед успоравања горива на изласку из улазног степена у средњи степен пумпе, кинетичка енергија горива прелази у притисну.



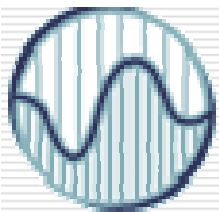
Хидрокинетичке пумпе са лопатицама

□ Предности

- Висок притисак, до $500 \text{ kPa} = 5 \text{ bar}$
- Нема пулсација притиска (равномерно одржавање притиска) јер је транспорт горива континуалан, добро за уписну страну ПВП
- Нема буке од пулсација притиска
- Једноставнија конструкција у односу на пумпе са променом запремине
- Добра ефикасност (до 22%)

□ Због већег притиска и бољих радних и конструктивних особина хидрокинетичке пумпе су увелико замениле пумпе са променљивом запремином.

Ово посебно важи за инсталације ниског притиска за снабдевање горивом пумпи у инсталацијама високог притиска и дизел и бензинских мотора.



Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу (EVAP)

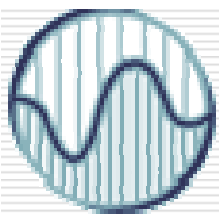
Узроци испаравања горива

- *Природно испаравање горива* - бензина у резервоару је стално присутно (и кад мотор не ради) и расте са порастом спољне температуре.

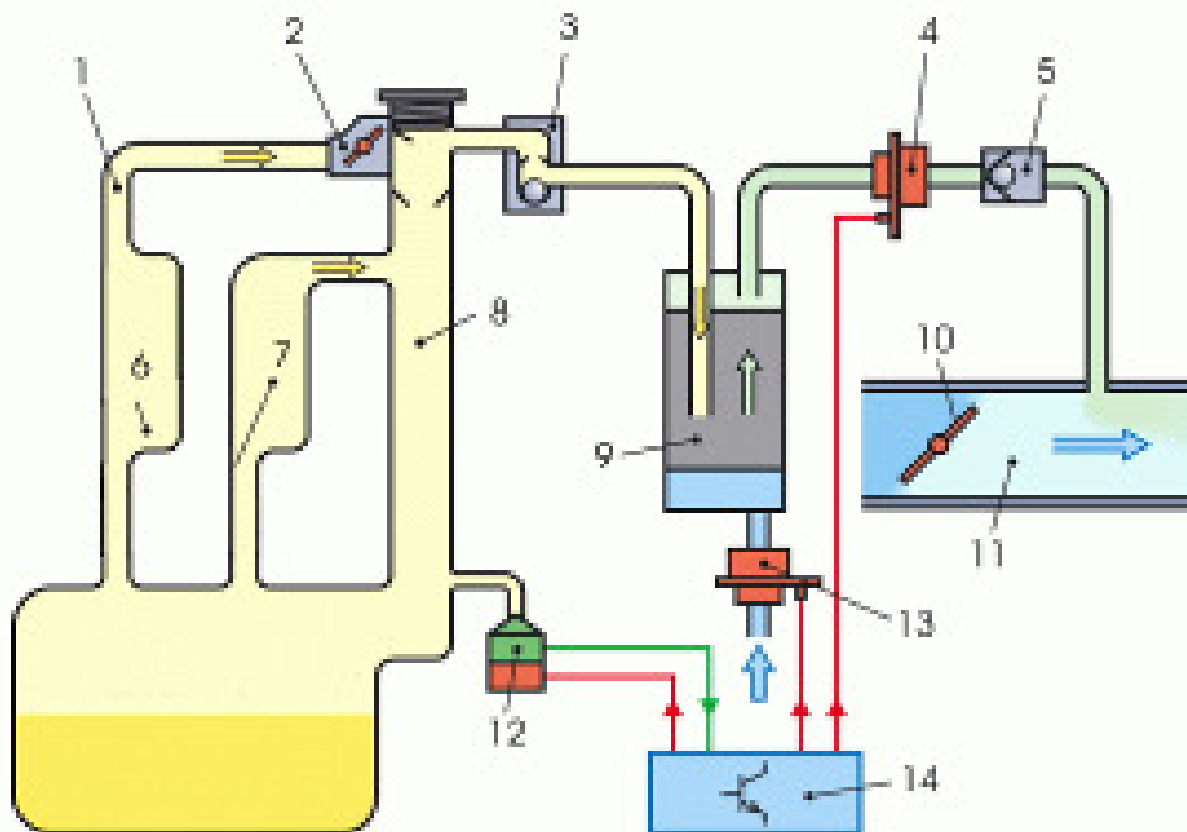
Додатно испаравање угљоводоничног горива у резервоару ствара:

- Грејање горива
 - Близина издувног система и резервоара
 - Топлота горива из повратног вода (код континуалних система за снабдевање горивом)
- Пад притиска
 - Пад атмосферског притиска (текуће временске прилике)
 - Пењање у висине* (хидростатички пад притиска ваздуха)

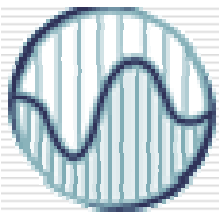
(Evaporative – emissions control system, Evap)



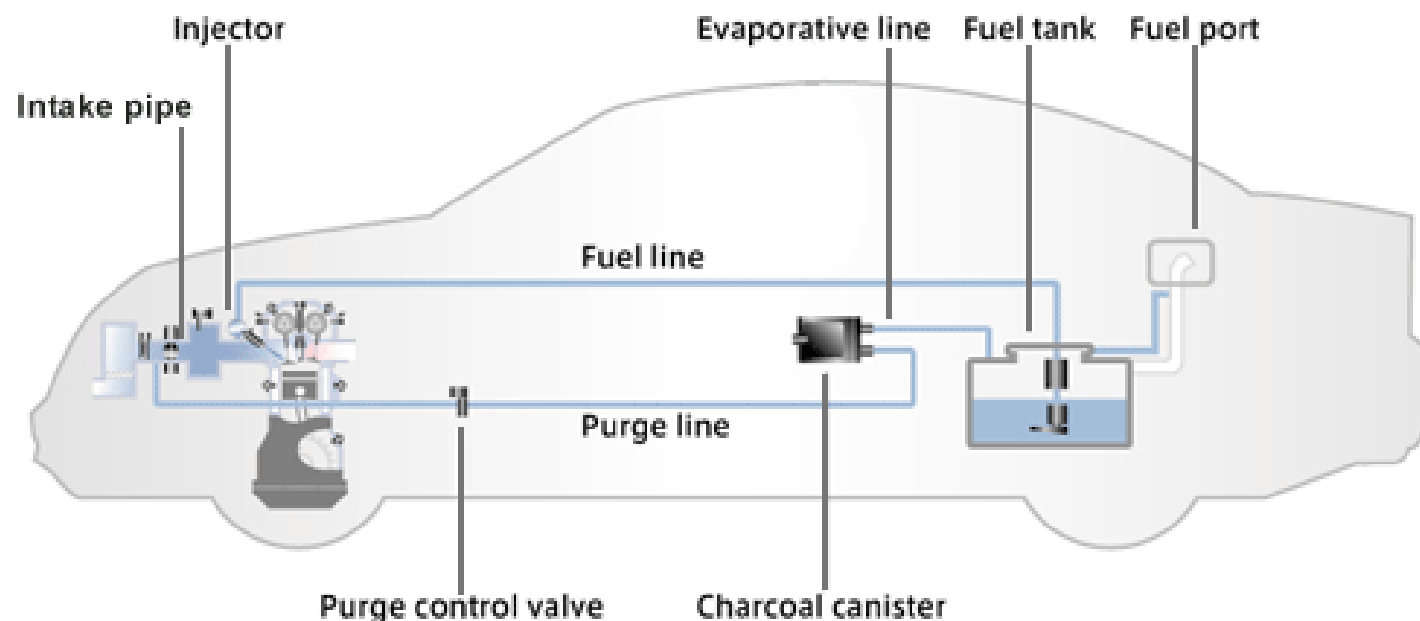
Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу (EVAP)



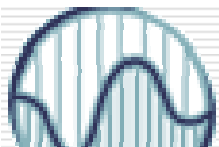
1. вентилациона цев
2. Вентилациони вентил
3. Гравитациони плутајући вентил
4. Регенерациони вентил (purge valve), активација за ресорпцију пара
5. Неповратни вентил (једносмерни в.)
6. Експанзиони суд
8. Цев за пуњење резервоара
9. Посуда са активним угљем
10. Лептир гаса
11. Усисни вод иза клапне
12. Давач притиска и пумпа за дијагнозу
13. Атмосферски прекидни вентил, активација за апсорпцију и ресорпцију пара
14. ECU



Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу (EVAP)



- ❑ Вентил на посуди са активним угљем (неповезан на шеми возила) је веза са атмосфером.
- ❑ Потребно је пречишћавати и ваздух који из атмосфере улази у посуду са активним угљем, да се угаљ не запрља нечистоћама из ваздуха.



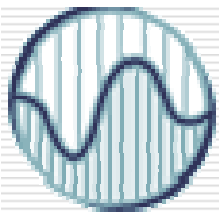
Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу (ЕВАР)– начин рада

Пуњење посуде са активним угљем* парама горива

- Испарено гориво ствара надпритисак у затвореном резервоару. Отвара се вентил на посуди за излаз ваздуха у атмосферу и кроз цеовод из резервоара одлазе паре горива у посуду са активним угљем (карбон канистер). Струјање из резервоара према посуди остварује се под утицајем разлике притисака у резервоару (мали надпритисак) и у околини (атмосферски притисак).
- Абсорбција: Активни угаљ упија испарено гориво, а ваздух са којим је испарено гориво дошло у посуду са активним угљем, излази кроз вентил према атмосфери (ЕЦУ) у околину.
- Давач притиска паре горива налази се на резервоару (притисак у резервоару).

Пражњење посуде са активним угљем од пара горива

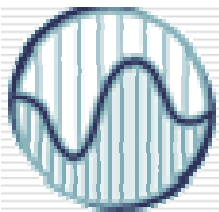
- Ресорбција: Активни угаљ отпушта гориво које испарава. Гориво испарава под дејством разлике притисака у посуди, где је притисак већи, у односу на притисак у усисном воду где је притисак мањи. Подпритисак из усисног вода доводи се у посуду са активним угљем када се отвори вентил између евап-а и усисниг вода (ЕЦУ).
- Паре горива – ресорбовано гориво одлази у усисни вод и даље у цилиндри мотора где сагорева. Код ресорбције ваздух из атмосфере улази на исти отвор на канистеру, кроз који је излазио у фази апсорбције (управља ЕЦУ) и кретањем односи паре горива према усисном воду.



Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу (EVAP)– начин рада

Управљање пуњењем и пражњењем посуде са активним угљем

- ❑ Електромагнетни вентил у цевоводу између канистера и усисног вода мотора ("purge valve" – вентил за прочишћавање пара горива из активног угља), отвара и затвара проток горива са ваздухом из канистера у усисни вод. Вентилом управља ECU.
- ❑ Пражњење канистера врши се у интервалима (повремено) у току рада мотора.
- ❑ Рачунар отвара и затвара вентил за прочишћавање на основу притиска у резервоару, подпритиска у усисном воду, начину рада мотора и степена засићености посуде са активним угљем. Степен засићености – концентрације пара горива у канистеру констатује се динамички, током рада мотора уз помоћ ламбда сонде. Већа количина горива, која долази у усисни систем током пражњења посуде даје богатију смешу.



Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу (EVAP)– начин рада

Утицај на састав смеше

- ❑ Количина убризганог горива за мотор умањује се за количину горива која долази из посуде.
- ❑ Концентрација горива које се доводи из посуде варира и расте са количином апсорбованог горива, а опада са смањењем – пражњењем посуде.
- ❑ Максималан доток горива из посуде у усисни вод је ограничен тако да у тренутку отварања вентила спољни поремећај – додатно гориво, не буде већи од вредности са којом се може смеша довољно брзо одржати у потребним границама (одзив САУ на спољни поремећај). Максималан доток ограничен је величином проточних пресека евап-система (физичке димензије проточних пресека евап-а).
- ❑ Састав смеше мотора у току узимања горива из посуде се контролише и поправља λ давачима (динамичка контрола).
- ❑ Задатак је ЕЦУ да израчуна колико треба да смањи количину убризганог горива кроз бризгаљке тако да истовремено оствари и добру возивост* и добар састав издувних гасова. (За контролу тачности прорачуна и корекцију убризг.гор. ЕЦУ користи λ сонду.)



Систем за спречавање емисије пара горива у атмосферу и слојевит рад (DI)

Слојевит рад се одвија са широко отвореним лептиром (WOT – wide open throttle).

Начин рада мотора у комбинацији WOT-Евап има карактеристике хомогеног слојевитог рада. (Сиромашна смеша из евапа и слој из слојевитог пуњења који је пали.)

Пригушење у усисном воду је мање, тиме и подпритисак у усисном воду.

Због широм отвореног лептира мања је разлика између притиска пара у посуди и притиска у усисном воду него при хомогеном раду, кад делимично отворен лептир пригушује ваздух усиса и ствара већи подпритисак у усисном воду.

Последица:

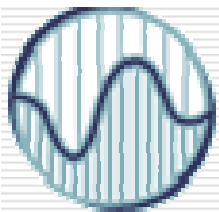
Ресорбција горива из активног угља у виду мешавине горива и ваздуха и одвођење смеше у усисни вод је смањено

Умањен проток ваздуха из атмосфере у посуду па је доток смеше спорији, а отежано испаравање горива у активном угљу јер је у споријој струји притисак већи (WOT).

Према томе могућност усисавања пара горива из посуде са активним угљем је у значајној мери смањена при слојевитом раду.

Ако се засити активни угаљ у посуди, односно изгуби моћ даље ефикасне апсорпције пара бензина, систем за спречавање емисије пара губи функцију. У мотор се тада из евапа увлачи течна фаза горива, уместо парне фазе.

Да би евап систем остао у функцији апсорбције пара, мотор мора да пређе на хомоген начин рада безусловно, чак иако се отпори кретања возилу могу савладати слојевитим пуњењем. Преласком на хомогени начин рада, са мало горива и ваздуха, за оптерећење као у слојевитом раду, пригушење у усису расте, притисак у усису битно пада, па се активни угаљ ефикасно ослобађа пара бензина. Кад се активни угаљ ослободи од апсорбованог горива и посуда буде способна да поново акумулира паре бензина, мотор може да се врати на слојевит рад.



Пречишћавање горива

Пречистач (филтер) за гориво

□ Функција

Издвајање и задржавање честица прљавштине из горива. Честице помешане са горивом имају абразивно дејство које повећава истрошење (хабање) елемената система за убризгавање.

□ Конструкција

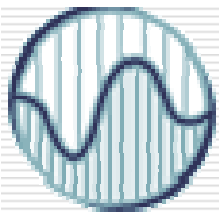
Кућиште са улошком као елементом за пречишћавање – филтрирање.

Кућиште пречистача је ваљкастог облика од челичног лима, ливеног алуминијума или пластике, са улазним и излазним прикључком на базама ваљка.

Елемент за пречишћавање је намотан у спиралу око централне цеви у кућишту или савијен у облику радијалне хармонике са шупљином око осе ваљка (v – форма). Код спирале гориво струји паралелно оси ваљка кућишта, а код радијалног елемента попреко на осу.

Величина пора ткања одређује апсолутну величину честица које се задржавају у пречистачу, али и отпоре струјању кроз елемент. Мање поре пречишћавају ситније честице, али дају веће отпоре. (Пумпа за гориво мора да даје веће притиске и троши више снаге).

Материјал је ткање од синтетичких импрегнираних микро-vlakana.



Пречишћавање горива

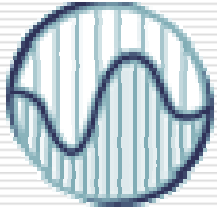
Облик пречистача и прикључци: Изводе се тако да струја горива у највећој мери истом брзином пролази кроз целу запремину елемента за пречишћавање у циљу побољшања ефикасности издвајања честица прљавштине из горива и дужине века елемента за пречишћавање.

(Што боље искоришћење запремине улошка пречистача).

Оријентација улошка: Приликом замене улошка пречистача, због V – форме савијања елемента није свеједно како се okreће уложак пречистача. Ако нема асиметрије улошка према кућишту пречистача, треба се оријентисати према ознакама (стрелице) на елементу за смер струје горива кроз пречистач.

□ **Постављање у струји горива:** У потисни вод пумпе за гориво ниског притиска.

□ **Место у систему за довод горива:** На возилу може бити у резервоару за гориво, у склопу пумпе, или у моторском простору. У моторском простору филтрирајући елемент се може замењивати, у резервоару се израђује са дужином трајања једнаком радном веку мотора (life time, боље решење, али за земље у којима је гарантован квалитет горива).

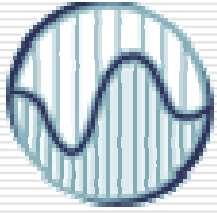


Пречишћавање горива

Пречистач (филтер) за гориво

Принцип рада

- Веће честице од величине пора: не пролазе кроз поре пречистача.
- Мање честице од величине пора: Заустављају се адхезијом – дејством међумолекуларних сила између молекула влакана и молекула честица, на начин који зависи од њихове величине:
 - Веће мале честице услед инерције не прате ток струје, која нагло мења правац око влакана, већ се сударају са влакнима пречистача. На влакнима остају под дејством адхезије.
 - Средње мале честице прате ток струје и обилазе влакна, све док се не приближе неком влакну на даљину дејства адхезије, које их привлачи и задржава уз влакно.
 - Најмање честице се крећу са струјом и могу проћи кроз поре, али у струји због своје величине деловањем молекуларног кретања горива долазе у близину влакана, где их привуку и задрже међумолекуларне силе. (Brown – ово кретање, кретање честица под дејством кретања молекула течности, уочено голим оком на зрнцима полена у течности - води).

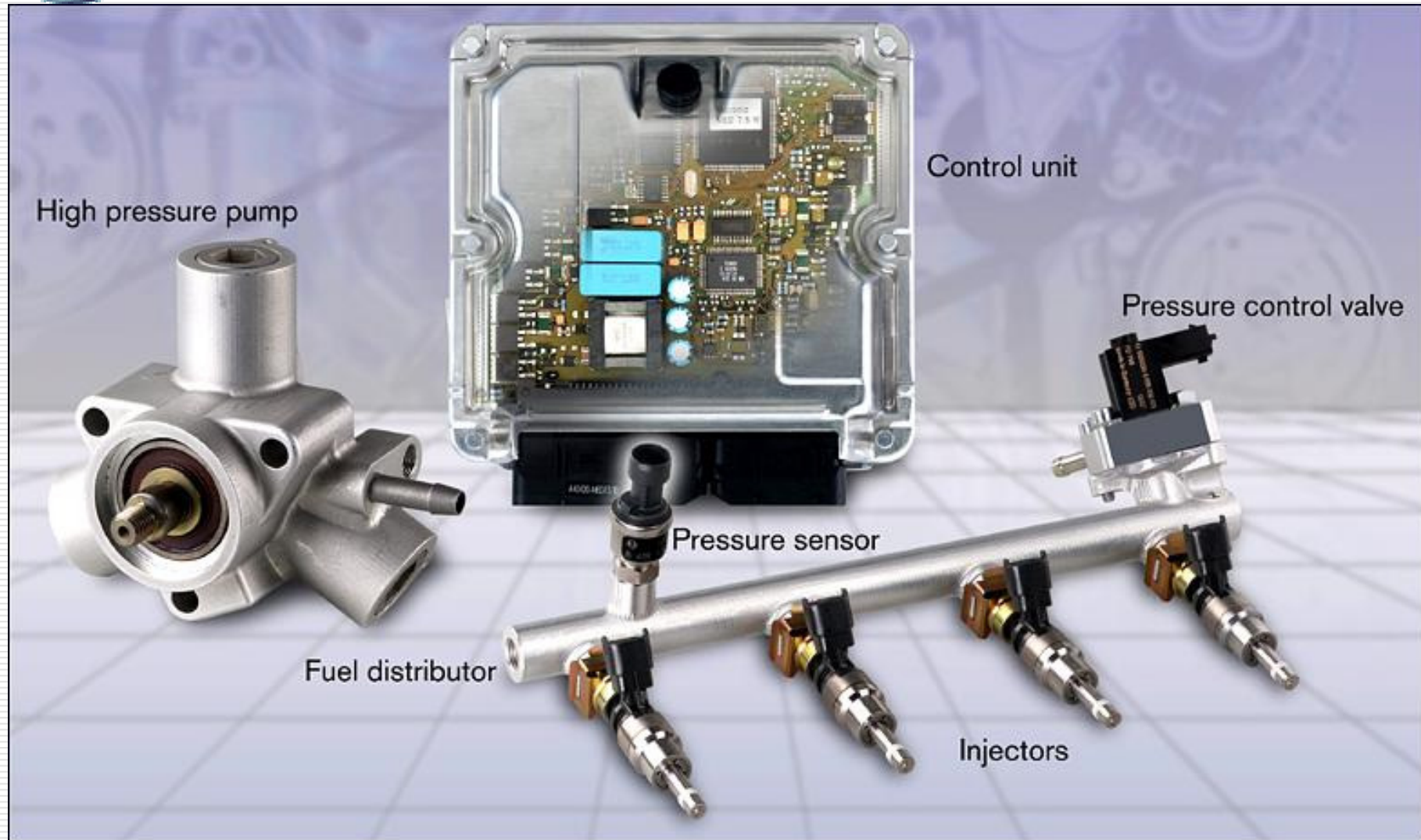


Пречишћавање горива

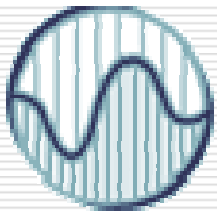
- Величина пора филтера
Око 5 μm за директно убризгавање бензина, 10 μm за индиректно убризгавање, јер проточни елементи индиректног система имају веће проточне пресеке.
- Ресурс
30.000 – 90.000 km за пречистаче изван резервоара, за пречистаче у резервоару најмање 160.000 km. (За ДИ и 250.000+ km).



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом



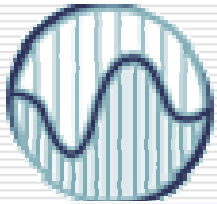
ХДП1* пумпа високог притиска са три клипа и заједничка магистрала са вентилом за управљање притиском и давачем високог притиска и брызгаљкама



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом



ХДП5* са интегрисаним вентилом за регулацију притиска (вентил у склопу пумпе), заједничка магистрала, сензор високог притиска и брызгаљке



Пумпа високог притиска* са три клипа

2 Three-cylinder high-pressure pump HDP 1 (cross-section)

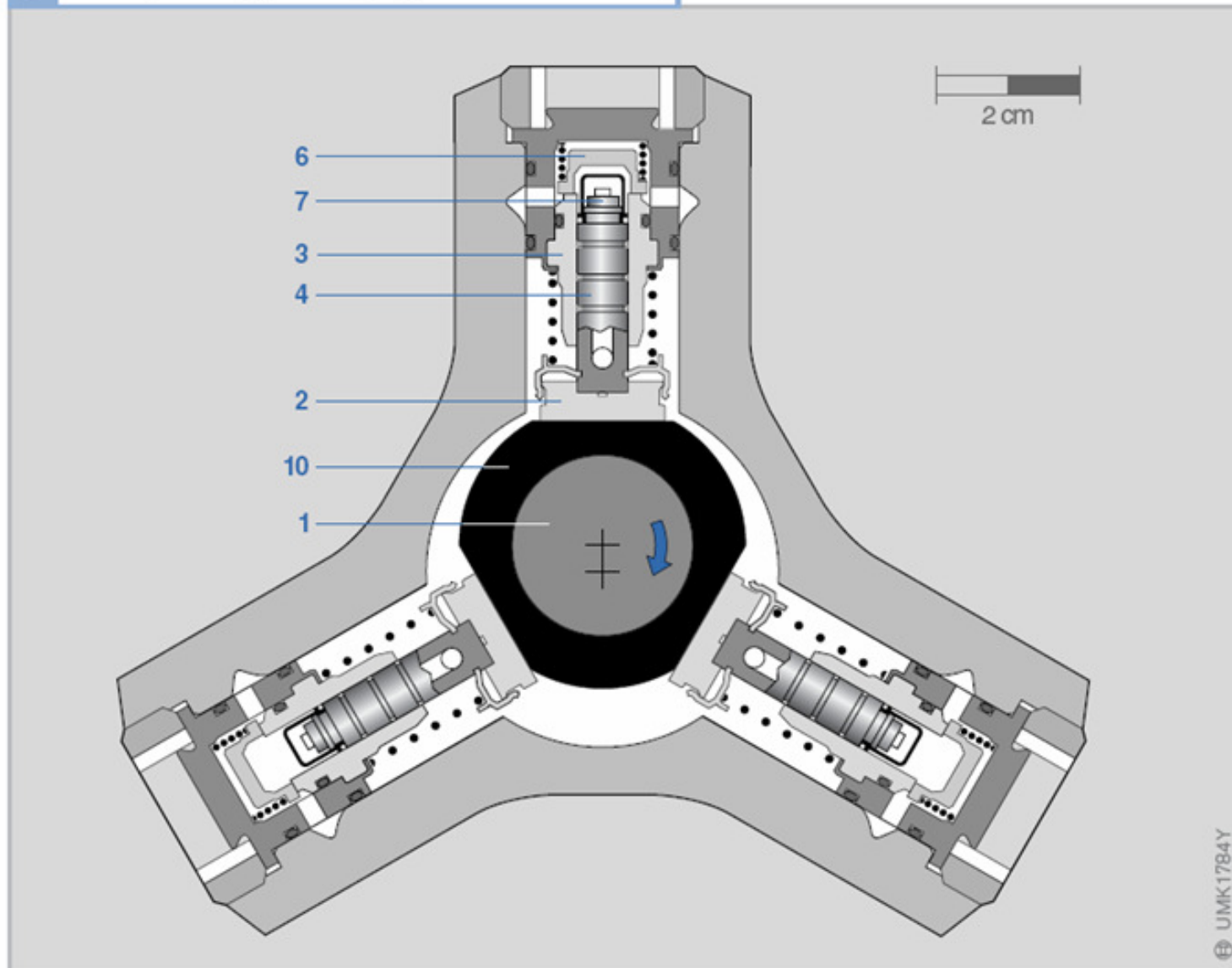
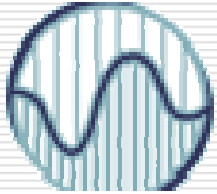


Figure 2

(Position numbers identical to Fig. 1)

- 1 Eccenter cam
- 2 Sliding block
- 3 Pumping element with pump piston
- 5 Outlet valve
- 6 Inlet valve
- 9 Eccenter ring



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Пумпа високог притиска са три клипа и континуалним протоком Конструкција:

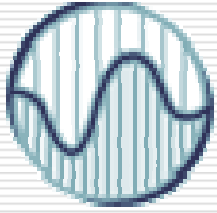
- Распоред цилиндара (комора) клипова је радијалан према погонском вратилу са међусобним углом цилиндара од 120 степени. Клипови потискују гориво секвенцијално и пропорционално брзини окретања вратила пумпе.
- Погон вратила пумпе је преко брегастог вратила мотора. Кружно кретање вратила пумпе се преко ексцентр(ицитет)а на брегастом вратилу и чауре око ексцентр(ицитет)а претвара у праволинијско кретање подизача клипова.
- Подмазивање брегастог пара је горивом, а гориво уједно и хлади пумпу.

Предност:

- Осцилације притиска су мале због секвенцијалног (следног) потискивања горива према распореду клипова. Стога нема потребе за уређајем за ублажавање осцилација притиска у усисном воду пумпе (аттенуатор).
- Повећана поузданост за случај отказа појединог клипа: Пумпа ради са преостала два

Недостатак:

- Повећана потрошња снаге – тиме енергије за погон пумпе
Проток пумпе је континуалан и увек максималан за дати број обртаја. Пумпа је увек конструисана за максималне протоке – највеће снаге мотора. Мотори најчешће не раде на пуној снази, што значи да се више горива непотребно пумпа, троши енергија на пумпање у ВП и тиме повећава потрошња горива мотора.
Смањење густине горива због грејања. Гориво одлази из пумпе в.п. у магистралу. У вентилу за контролу притиска вишак горива се ослобађа притиска* до нивоа приступног притиска пумпе в.п. и шаље натраг на усисни део пумпе.

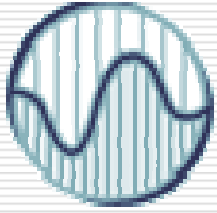


Елементи система високог притиска за директно убризавање бензина са заједничком магистралом

Пумпа високог притиска са једним клипом и континуалним протоком

Конструкција

- Један клип и вентил за контролу високог притиска, уграђен у пумпу. Уређај за ублажавање осцилација притиска (аттенуатор) и спречавање кавитације (испаравања горива) на страни усиса пумпе услед повећања запремине усиса кретањем клипа у цилиндру.
- Погон вратила пумпе брегастим паром преко брегастог вратила мотора. Кружно кретање брегастог вратила мотора се преко подизача клипа претвара у праволинијско кретање клипа. (Исти принцип као и за отварање усисних и издувних вентила).
Број брегова вратила три (или више). На пример: Уместо три клипа је један клип, али три брега на вратилу, која дају три кретања клипа пумпе за један обрт брегастог вратила.
Са више од три брега клизни подизач замењује котрљајни подизач, који смањује трење (трење клизања замењује трењем котрљања) и смањује инерцију брегастог пара, уз нешто сложенију конструкцију.



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Могуће је синхронизовати потисни ход пумпе са убризгавањем горива у цилиндар, тако да се гориво пумпа у исто време кад се убризгава у мотор. Синхронизацијом доставе са потрошњом горива смањује се напрезање водова високог притиска и запремина магистрале и смањују се осцилације притиска. Број брегова брегастог вратила погона пумпе тада је исти као и број цилиндара мотора.

- Подмазивање брегастог пара је уљем.

Предност:

- Једноставнија конструкција смањењем броја комора/клипова и тиме јефтинија израда. Уске толеранције склопова, посебно клипа и кошуљице (баррел), поскупљују израду са повећањем броја клипова пумпе.
- Нема сувишне потрошње енергије – мања потрошња горива мотора.

Недостатак:

- Компликованија конструкција због уређаја за ублажавање осцилација притиска у усисном воду пумпе (аттенуатор).



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Вентил за управљање притиском (контролу притиска)

Функција вентила код испоруке према захтеву

- Пропушта гориво у вод под високим притиском према захтевима – начину рада мотора. Доток горива у магистралу се прекида кад притисак у магистрали достигне вредност потребну за убризгавање, а према начину рада мотора (мах. п. достиже 150/200 + бар за DI).

При убризгавању горива у цилиндар притисак у магистрали пада. Сензор високог притиска даје инфомацију о току притиска у магистрали. Вентилом управља ECU.

ХДП1*: Повећањем проточног пресека вентил за управљање повећава проток у повратни вод, према усисном воду пумпе, а смањује притисак у магистрали.

Вентил одмерава доток горива у магистралу индиректно преко притиска горива.

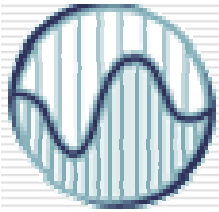
ХДП2** и ХДП5**: Отварањем и затварањем вентил одређује количину горива према захтеву (соленоид са иглом за отварање и затварање вентила).

Код ХДП2 испорука горива из пумпе у магистралу почиње са затвореним вентилом, гориво се одмах сабија и притисак расте. Испорука горива престаје отварањем вентила – сабијање престаје и притисак пада.

Код ХДП5 је обрнуто: Вентил је отворен у почетку хода клипа, нема сабијања горива. Испорука горива из пумпе у магистралу почиње затварањем вентила, сабијањем горива у остатку хода.

Нема обарања притиска по престанку испоруке (боље).

Клип код обе пумпе увек део хода пређе под високим притиском, а део без високог притиска. У делу клипа без високог притиска гориво се кроз пумпу враћа на усис пумпе високог притиска.

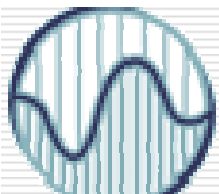


Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Упоредне особине прве (ХДП2) и друге (ХДП5) генерације једноклипних пумпи за испоруку горива према захтеву за потрошњом

Прва генерација, ХДП2

- ☐ Континуалан – сталан проток у пумпи НП
Константан приступни притисак од електричне пумпе до пумпе ВП
- ☐ Три вентила за управљање притиском и током горива:
- ☐ Улаз горива у пумпу (приступни притисак, једносмерни вентил)
- ☐ Излаз горива из пумпе (високи притисак, једносмерни вентил)
- ☐ Вентил за контролу притиска
Гориво се потискује према магистрали од почетка хода потискивања. Вентил за контролу притиска у пумпи се отвара у ходу потискивања клипа, у тренутку кад је испоручено довољно горива према потребном притиску. Гориво потиснуто у остатку хода клипа се враћа после обарања притиска на приступни притисак у усисни део пумпе (обарање већ створеног притиска).
Дужину хода клипа од почетка сабијања до тренутка отварања вентила, када се гориво потискује према усином делу пумпе под ниским притиском, прорачунава ЕЦУ према потребној количини и притиску за магистралу.
- ☐ Одривни вод за исцурело гориво (евапорација)
- ☐ Уређај за ублажавање осцилација притиска (аттенуатор) на усином делу опружно – мембранског типа
- ☐ Клизни брегасти пар

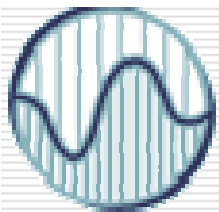


Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Упоредне особине прве (ХДП2) и друге (ХДП5) генерације једноклипних пумпи за испоруку горива према захтеву за потрошњом

Друга генерација, ХДП5

- Дисконтинуалан - променљив проток у пумпи НП
Приступни притисак већ од пумпе ниског притиска је променљив према захтеву. Мањи приступни притисци резултују мањим протоцима, мањим излазним високим притисцима и тиме мањим потребним енергијама за погон пумпе.
- Два вентила за управљање притиском и током горива:
- Улаз горива у пумпу (приступни притисак, једносмерни вентил)
Конструкција вентила је изведена тако да је улазни вентил уједно и вентил за контролу високог притиска у пумпи.
Гориво (вишак) се прво потискује према усином делу ПВП, од почетка хода потискивања клипа (боље). У остатку хода клипа до краја хода гориво се сабија и потискује према магистрали.
Дужину хода клипа на ниском притиску, од почетка хода до тренутка затварања вентила, прорачунава ЕЦУ према потребној количини и притиску горива у магистрали.
- Излаз горива из пумпе (високи притисак, једносмерни вентил)
- Нема испаравања горива (зеро евапорацион)
- Уређај за ублажавање осцилација притиска (аттенуатор) на усином делу гасно – мембранског типа.
- Котрљајни брегастни пар



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

☐ **Заједничка магистрала (“fuel distributor”, “common rail”)**

Мали резервоар за гориво под притиском

Задаци – функције:

☐ Смештање потребне количине (запремине) горива

☐ Држање горива под променљивим притиском

Магистрала је акумулатор за притисак – за гориво под притиском

Потребна количина горива у магистрали зависи од конструкције

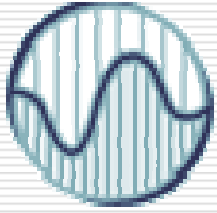
мотора, односно погонских карактеристика мотора

Притисак горива за убризгавање у магистрали зависи од тренутног начина рада мотора

Равномеран довод горива за све брызгалке на заједничком акумулатору притиска (“fuel distributor”)

☐ *Носач*

Магистрала носи брызгалке, сензор високог притиска, и зависно од конструкције ПВП, вентил за управљање притиском, вентил за растерећење (relief)



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Запремина магистрале

Зависи од потрошње горива и притиска убризгавања, мора бити довољна да спречи велике падове притиска код отварања бризгаљке, који би за последицу имали нетачност количине убризаног горива. Запремина магистрале расте са радном запремином мотора.

Облик и димензије магистрале

Ваљкаста: пречник, дужина и дебљина зидова се бирају тако да имају пригушно дејство (думп) на промене притиска, настале сукцесивним убризгавањем горива по цилиндрима.

Флуктуације и пулсације притиска у магистрали настају код отварања и затварања бризгаљки због неједнаког удаљења бризгаљки по редоследу убризгавања од прикључка за снабдевање магистрале горивом.

Притисак пада отварањем бризгаљки (гориво излази из магистрале) и расте затварањем бризгаљки (ПВП додаје нову количину горива под притиском).



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Флуктуације притиска утичу на тачност количине убризганог горива, јер бризгаљке захтевају номиналан и константан притисак за дати начин рада мотора. Притисак у гориву пада прво локално на месту отворене бризгаљке, одакле се поремећајни талас притиска преноси даље кроз гориво у простору магистрале.

Резонансе пулсација притиска стварају звучне таласе који се преносе преко водова на резервоар и одатле на возило.

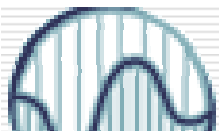
Резонансе пулсација се избегавају избором димензија магистрале – пречника и дужине и тиме фреквенције природних осцилација магистрале у односу на побудну фреквенцију убризгавања.

Материјал магистрале

Нерђајући челик (челик легиран хромом), зидови магистрале се спајају тврдим лемљењем за вођење млазом 200+ бар.

Ливени алуминијум (“шкољка” “схелл”), за вођење зидом/ваздухом, 150+ бар.

Безбедност: За притисак директног убризгавања од 200+ бар, водови ВП и магистрала су димензионисани тако да издрже $(250 + 12)$ бар, изнад овог притиска се отвара вентил за ограничење притиска. (Степен сигурности $1.25 + \sim 5\%$).



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Бризгаљке

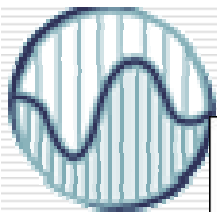
Задатак:

- Убризгавање одређене количине горива у цилиндар
- Распршивање горива (“атомизација”)
- Усмеравање горива у простору за сагоревање у зависности од начина вођења зидом/ваздухом или млазом код слојевитог пуњења.*

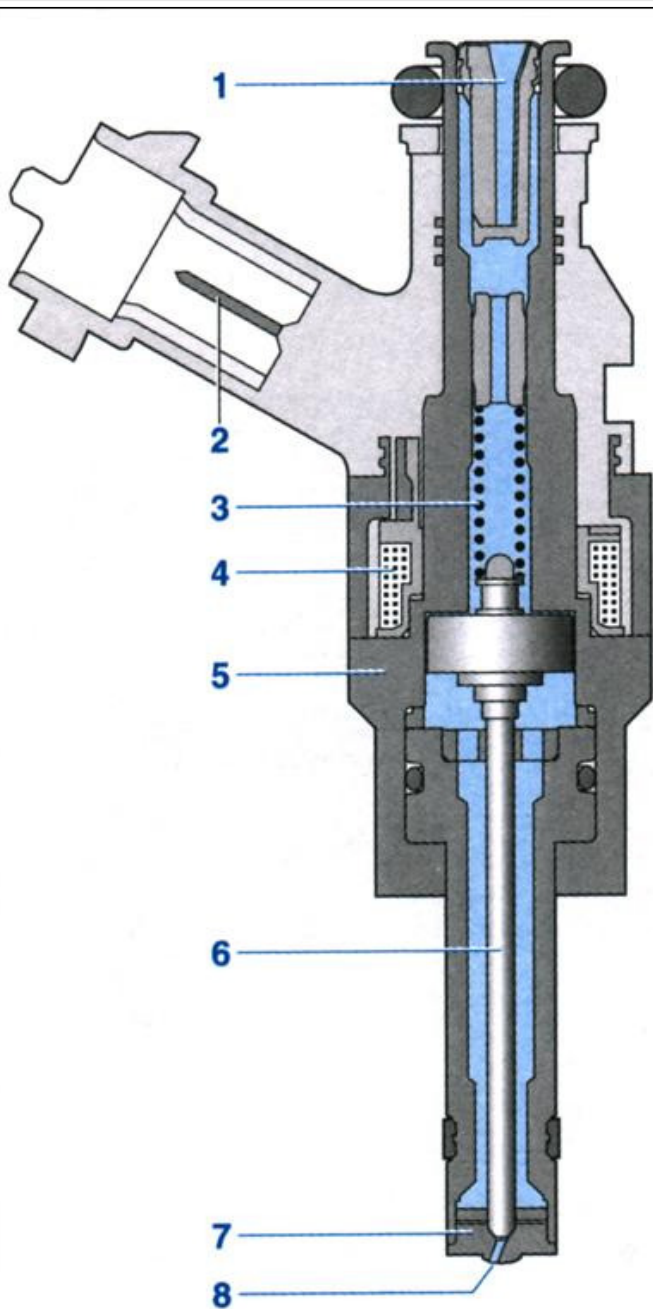
Начин рада:

- Електромагнетно поље настало протоком струје кроз калем ствара ел.магнетну силу која диже иглу са седишта вентила, насупрот дејству опруге на иглу бризгаљке. Гориво под дејством притиска у магистрали (пренетог у бризгаљку) из бризгаљки улази у цилиндар.
- По престанку протока струје престаје и електромагнетна сила, па се игла под дејством опруге враћа на седиште вентила, затвара отвор вентила и прекида убризгавање. Прелазно стање код отварања и затварања бризгаљки праћено је осцилацијама у крајњим положајима (положаји отворено/затворено). Осцилације игле су непожељне, јер ремеће тачност убризгавања. Електромагнетно дејство отварања бризгаљки појачава се хидрауличним дејством горива под притиском на клип игле која отвара бризгаљку.

Бризгаљке за директно убризгавање су у функцији исте као и бризгаљке за убризгавање у усисне водове. Разлика је у притисцима са којима раде, сходно томе и проточним пресецима. Због краћег расположивог времена за директно убризгавање бензина у односу на убризгавање у усисне водове и тежих услова за формирање смеше, притисци су неколико десетина пута већи, а појединачни проточни пресеци пригушница мањи код ДИ.



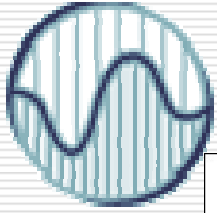
Бризгаљка



1. Улаз горива кроз филтер
2. Електрични прикључак
3. Опруга игле
4. Намотаји калема
5. Кућиште
6. Игла
7. Седиште вентила*
8. Отвор за убризгавање

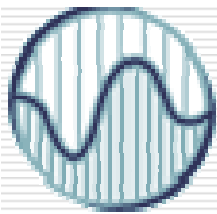
*Седиште вентила се може затварати и посредно, сферним телом које притиска игла.

Облици и бројеви појединачних отвора бризгаљки за убризгавање и правци по којима се гориво убризгава, зависе од могућих начина рада мотора и позиције бризгаљке на мотору



Piezo injector for the gasoline direct injection from Bosch





Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Вентили за ограничење притиска и растеређење од превеликог притиска (boost and relief)

□ Функција безбедности (boost)

Заштита конструкције од преоптерећења у случају отказа вентила за управљање притиском. Ограничава притисак горива у магистрали према граници издржљивости материјала елемената високог притиска (допуштени напони).

Убризгавање престаје за време превеликог броја обртаја (оверрун), док пумпа и даље има погон и може да ствара притисак (посебно континуални системи).

□ Функција растеређења (relief)

Код гашења мотора, пораст притиска услед грејања горива у магистрали (сви системи).

□ Конструкција

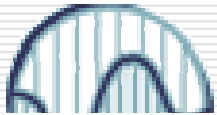
Механички систем заснован на прорачунатој сили у опрузи и напр. сферним металним телом за затварање вентила.

(Безбедносни систем не сме да зависи од напајања електричном енергијом, па је примењен механички систем.)

□ Постављање вентила за ограничење притиска (boost)

ХДП2: На магистрали, на супротном крају од улаза горива

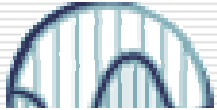
ХДП5: У пумпи високог притиска



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Вентил за ограничење притиска у магистрали – функција растеређења (relief)

- После прекида рада мотора проток горива престаје и магистрала држи притисак преко једносмерног вентила на страни пумпе, који спречава одлазак горива у пумпу и преко затворених брызгалки на страни убризгавања. Гориво затечено у магистрали греје се топлотом из заустављеног мотора. Због грејања гориво се шири, чиме притисак у магистрали расте. (Око 1MPa = 10 bar по 1 степену целзијуса).
Пораст притиска горива у магистрали због грејања горива, повећава силу притиска на иглу брызгалке и може достићи величину коју електромагнетна сила соленоида брызгалке не може да савлада и подигне иглу са седишта вентила. (Испод игле је притисак у цилиндру, око атмосферског.)
Брызгалка не може да се отвори, гориво се не може убризгати у цилиндар и загрејан мотор не може да стартује – упути у рад поново у кратком року после заустављања мотора.
- Мотор ће моћи да стартује кад се охлади, тиме охлади и гориво у магистрали, тако да притисак горива у магистрали падне до мере кад електромагнетна сила може да дигне иглу са седишта вентила брызгалке.
- Функција растеређења (релиеф) омогућава обарање притиска у магистрали тако да соленоид може да подигне иглу брызгалке и да се гориво убризга у цилиндар и код заустављеног топлот мотора. Обарање притиска врши се пропуштањем мале количине горива из система високог притиска кроз вентил за растеређење од притиска.



Елементи система високог притиска за директно убризгавање бензина са заједничком магистралом

Ублаживач осцилација притиска (attenuator)

Пумпа високог притиска, једноклипна, у ходу клипа при повећању запремине увлачи гориво у простор (комору) изнад клипа. Приступни притисак нагло пада, јер једноклипна пумпа има три пута већу запремину коморе за исту фреквенцију хода клипа од троклипне пумпе (једна комора снабдева цео мотор горивом високог притиска).

Повратне деформације инсталације и усисног кола пумпе, настале дејством притиска горива ниског притиска, су премале да потисну потребну количину горива у простор изнад клипа (Мала деформационе запремине металних проточних пресека под притиском горива).

Настаје кавитација у пумпи услед инерције горива. (Гориво испарава, појављују се запремине попуњење парама горива, а не самим горивом).

Пумпа ниског притиска додаје гориво пумпи високог притиска и кад клип пумпе високог притиска престане са увлачењем горива.

Приступни притисак расте.

Принципијелно: Пумпа високог притиска ради дисконтинуално по протоку (клипна), док пумпа ниског притиска допрема гориво континуално. (Не помешати са испоруком горива према захтеву).

Настају осцилације притиска у систему ниског притиска.

Функције ублаживача осцилација притиска

Одржавање осцилација притиска у систему НП у задатом интервалу око приступног притиска*, у смислу градње притиска убризгавања из два степена

Спречавање испаравања горива услед пада притиска код увлачења горива у простор изнад клипа додавањем у простор изнад клипа потребне количине горива.