

Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

ЕЛЕКТРОНСКО УПРАВЉАЊЕ РАДОМ ДИЗЕЛ МОТОРА

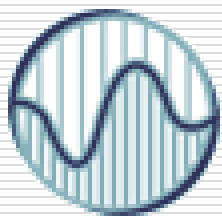


Увод

Електронско управљање радом дизел мотора омогућава прецизну регулацију параметара убризгавања горива за различите радне услове.

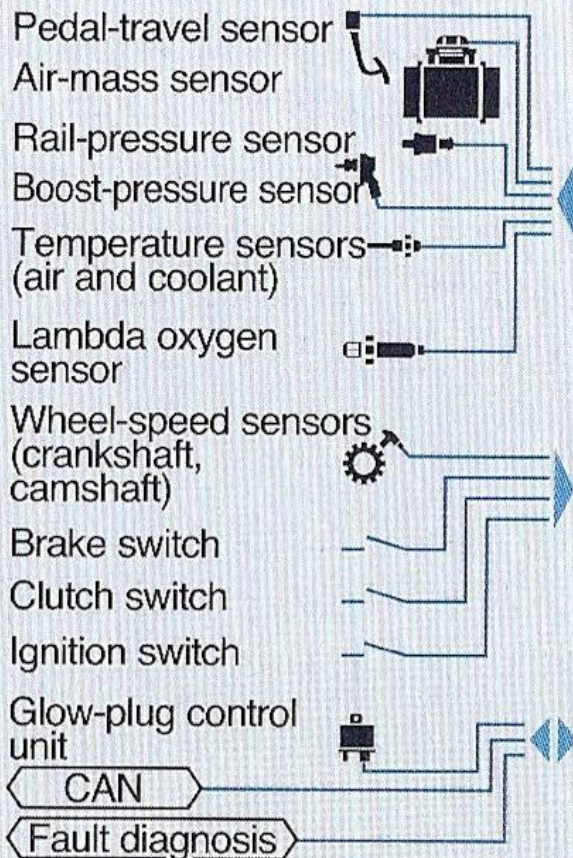
EDC (Electronic Diesel Control) - Систем електронског управљања радом дизел мотора подељен је у три подсистема:

- 1. Сензори**
- 2. Управљачка јединица**
- 3. Актуатори**

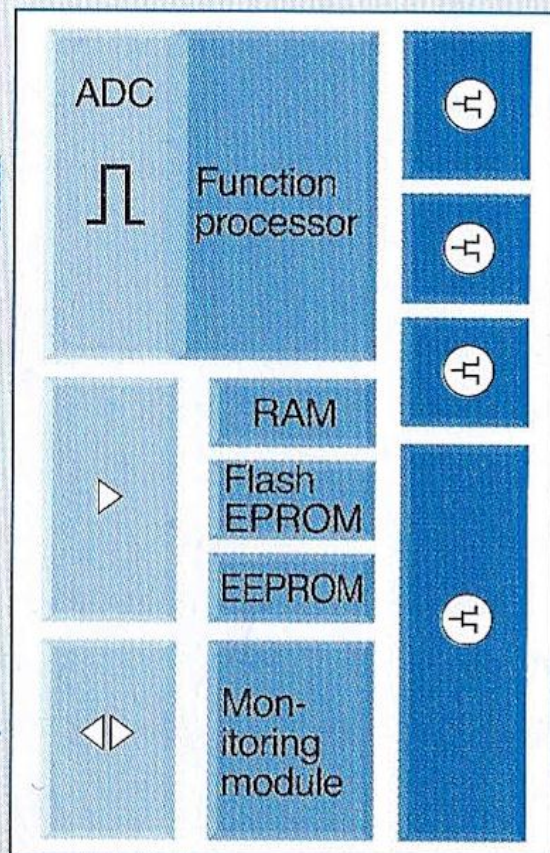


УВОД

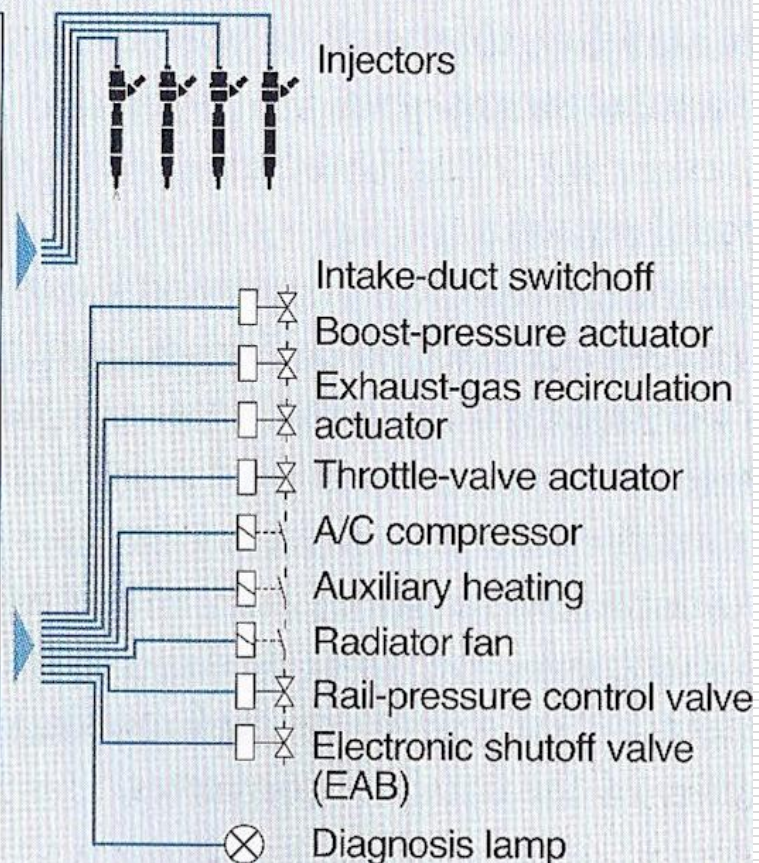
Sensors and setpoint generators

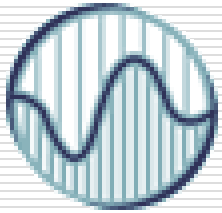


ECU



Actuators





Увод

- 1. Сензори** – детектују тренутне радне услове мотора, као и задате жељене вредности (нпр. позиција педале акцелератора). Сензори конвертују физичке величине у електричне сигнале.
- 2. Управљачка јединица** обрађује податке добијене од сензора на бази дефинисаних алгоритама. На основу овога управља радом актуатора. Осим овога управљачка јединица комуницира са другим системима возила и омогућава приступ за дијагностику стања мотора.
- 3. Актуатори** претварају излазне електричне сигнале из електронске управљачке јединице у механике параметре (нпр. ел.магнетни вентил у брызгачима).



Увод

Развој на пољу технологија дизел мотора допринело је смањењу емисије издувних гасова и побољшању перформанси дизел мотора.

Дизел мотори са директним убризгавањем су преузели примат у односу на моторе са индиректним убризгавањем захваљујући обезбеђењу квалитетнијег мешања горива са ваздухом што је допринело смањењу потрошње у опсегу од 10-20%.

Савремени дизел мотори пружају много већи комфор путницима пре свега у погледу буке.



Увод

Осим овога перформансе савремених дизел мотора побољшане су захваљујући савременим системима убризгавања који омогућавају:

- ❑ Високе притиске убризгавања горива
- ❑ Управљање законом убризгавања
- ❑ Вишеструка убризгавања током једног циклуса
- ❑ Прецизна регулација количине убризганог горива, степена пуњења и почетка убризгавања у функцији режима рада
- ❑ Температурно зависно продужено убризгавање горива током старта мотора
- ❑ Управљање радом на празном ходу независно од оптерећења мотора
- ❑ Управљање рецикулацијом издувних гасова
- ❑ Уске толеранције времена и количине убризганог горива и одржавање перформанси система током читавог радног века.

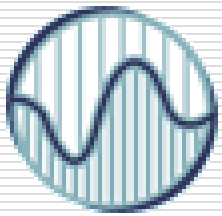


Увод

EDC представља комплексни електронски систем који је способан да обради и управља великим бројем података у реалном времену.

Овај систем представља део укупног електронског система управљања возилом по тзв. систему drive-by-wire. Резултат интеграције електронских система је повећан комфор, пре свега возача.

EDC испуњава строге захтеве у раду дизел мотора захваљујући перформансама микорконтролера које се сваким даном све више побољшавају.



Увод

Код возила опрењљених **EDC**-ом возач нема директну контролу над количином убризганог горива. Количина убризганог горива је заправо одређена бројним различитим утицајним факторима који укуљчују:

- ☐ Дејство возача на педалу акцелератора (положај педале акцелератора)
- ☐ Режим рада мотора
- ☐ Температура мотора
- ☐ Рад других система (нпр. TCS)
- ☐ Емисија издувних гасова, итд.

Управљање и прорачун количине убризганог горива базира се на свим претходно наведеним факторима



Увод

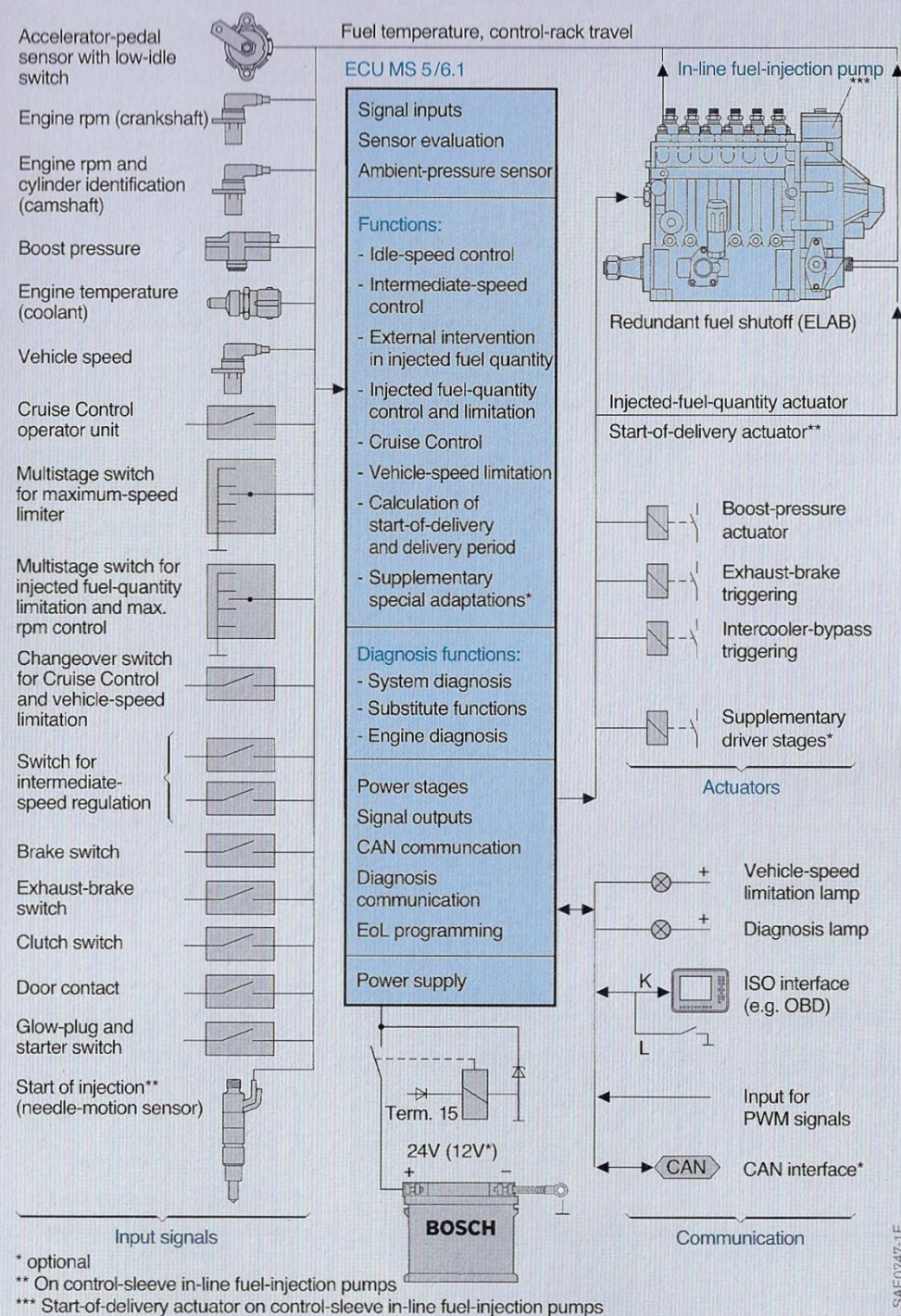
EDC- управља и моментом убризгавања на бази горе наведених фактора.

EDC размењује информације и са другим системима возила као што су TCS, ESP и ETC.

Осим овога **EDC** је потпуно интегрисан у систем дијагностике возила према OBD захтевима.

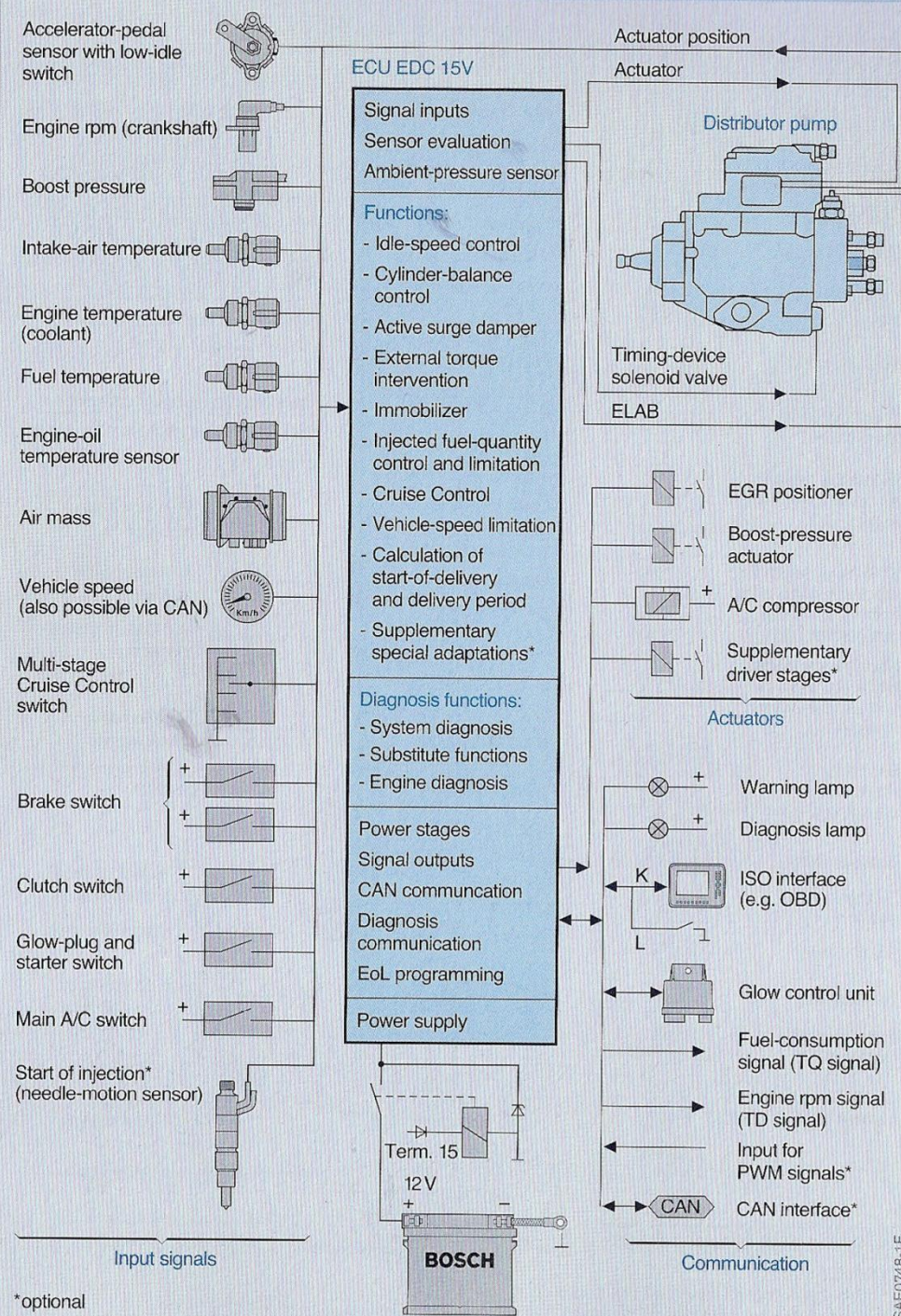


Управљање системом убризгавања дизел горива са линијском ПВП





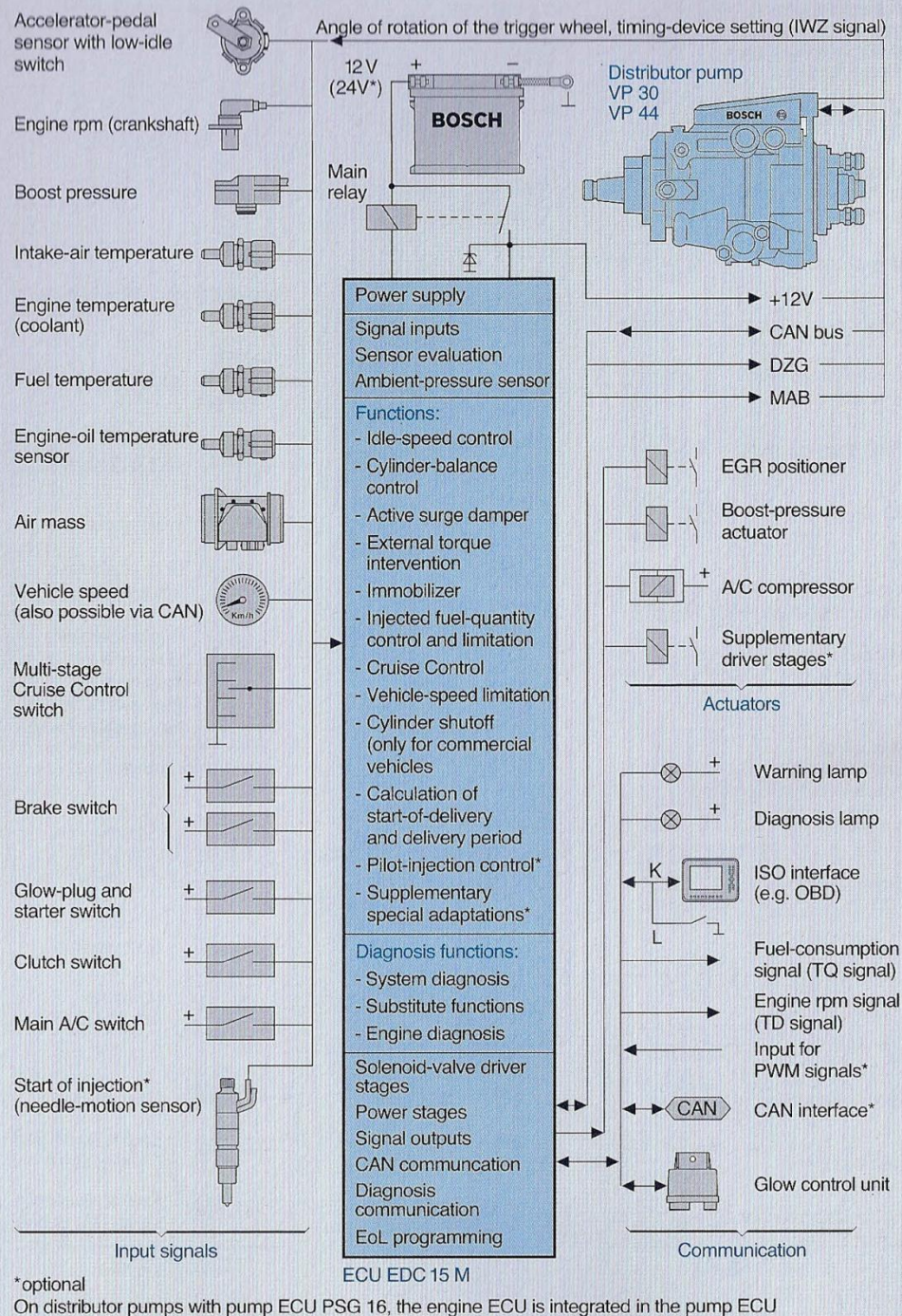
Управљање системом убризгавања дизел горива са аксијалном ПВП





Увод

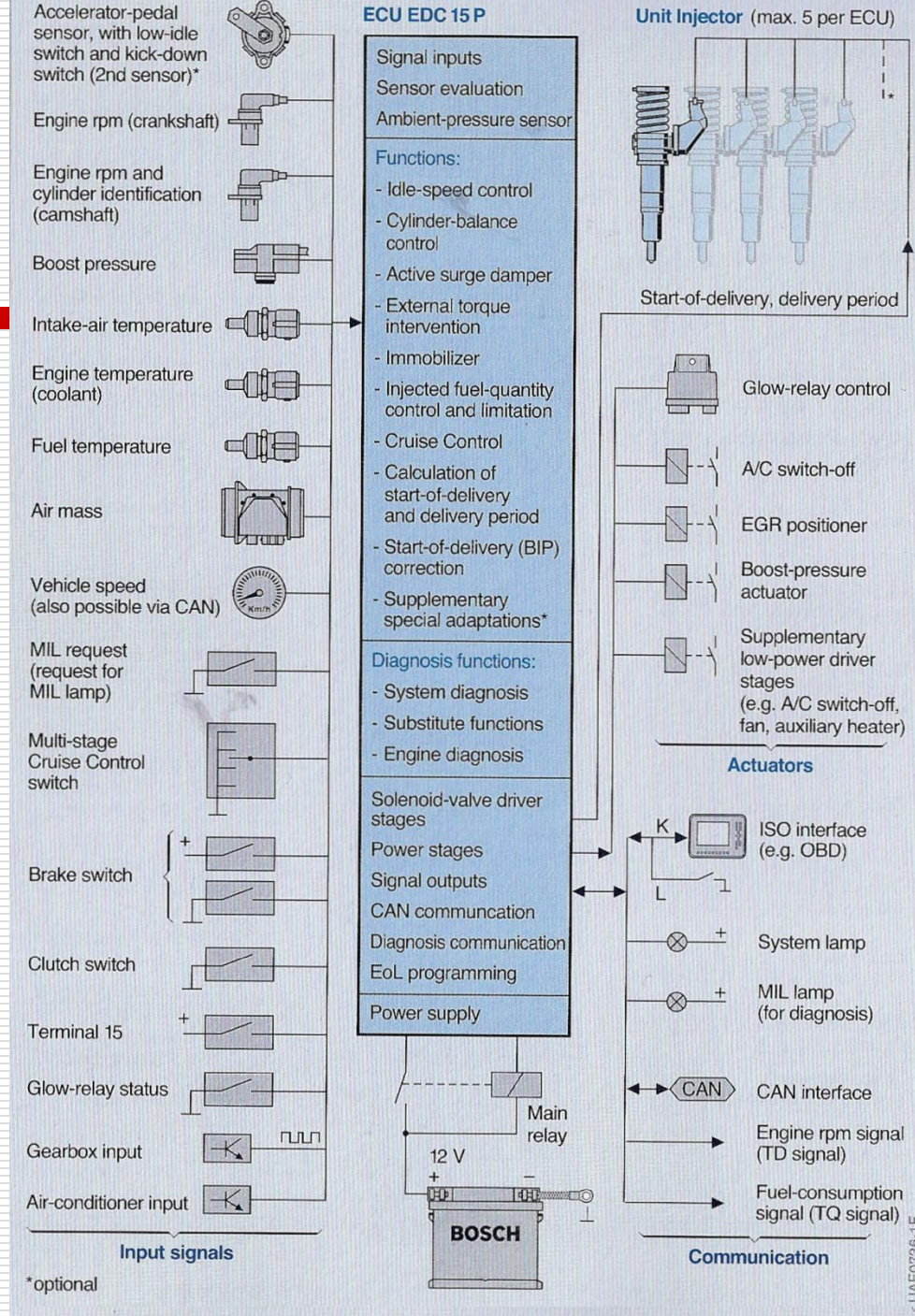
Управљање системом убризгавања дизел горива са ради- аксијалном ПВП





Увод

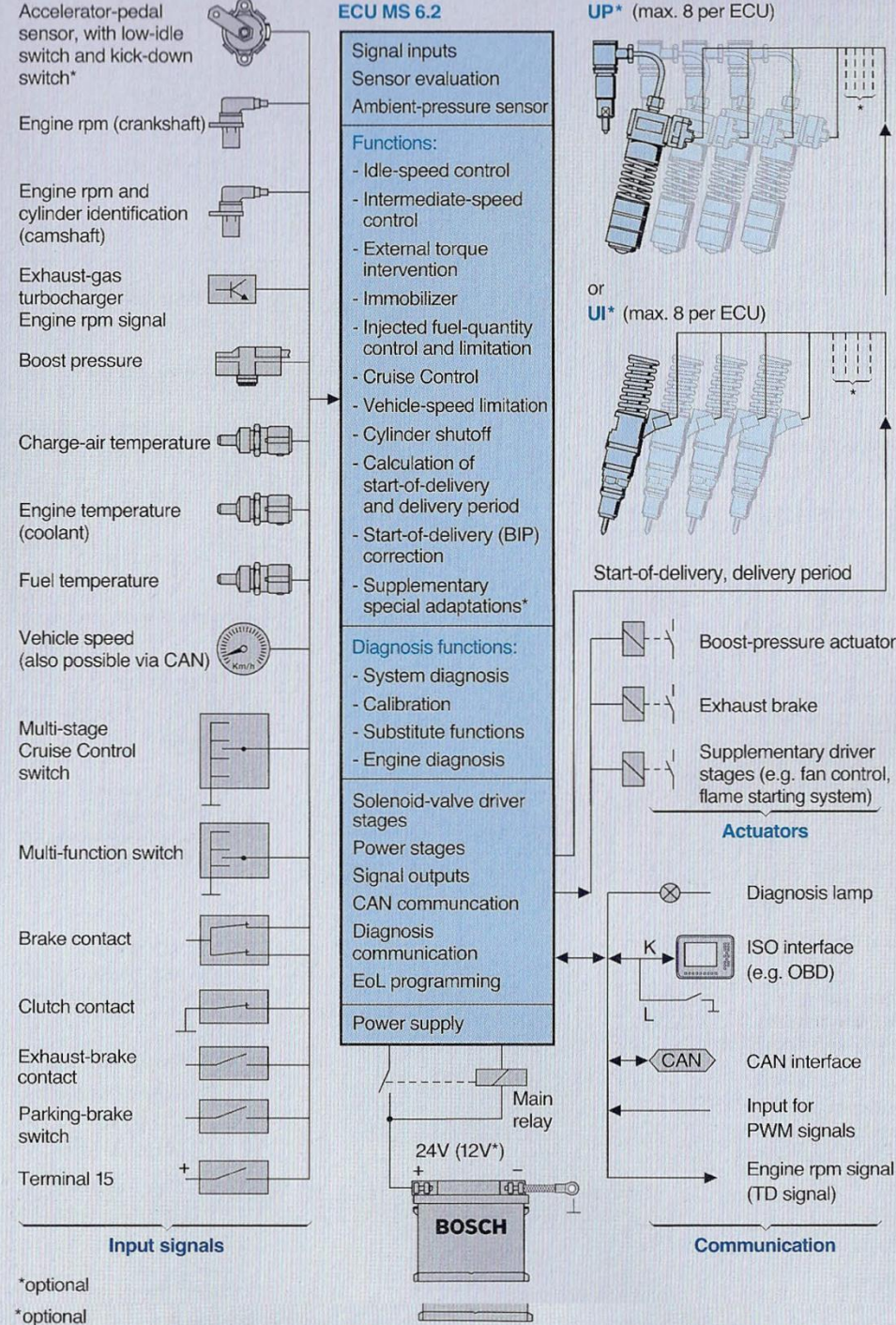
Управљање системом убризгавања дизел горива UIS за путничка возила





Увод

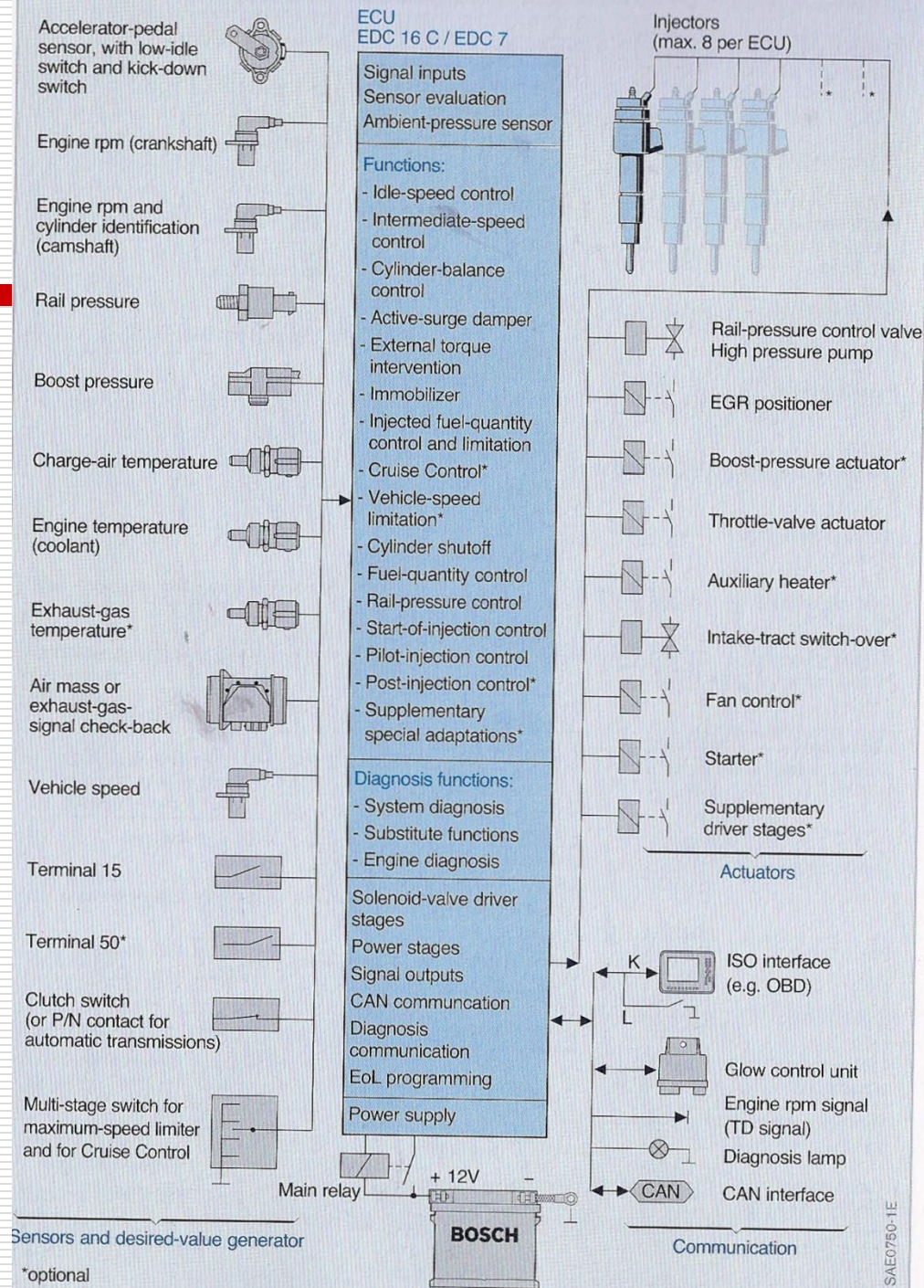
Управљање системом убризгавања дизел горива UIS и UPS за комерцијална возила





Увод

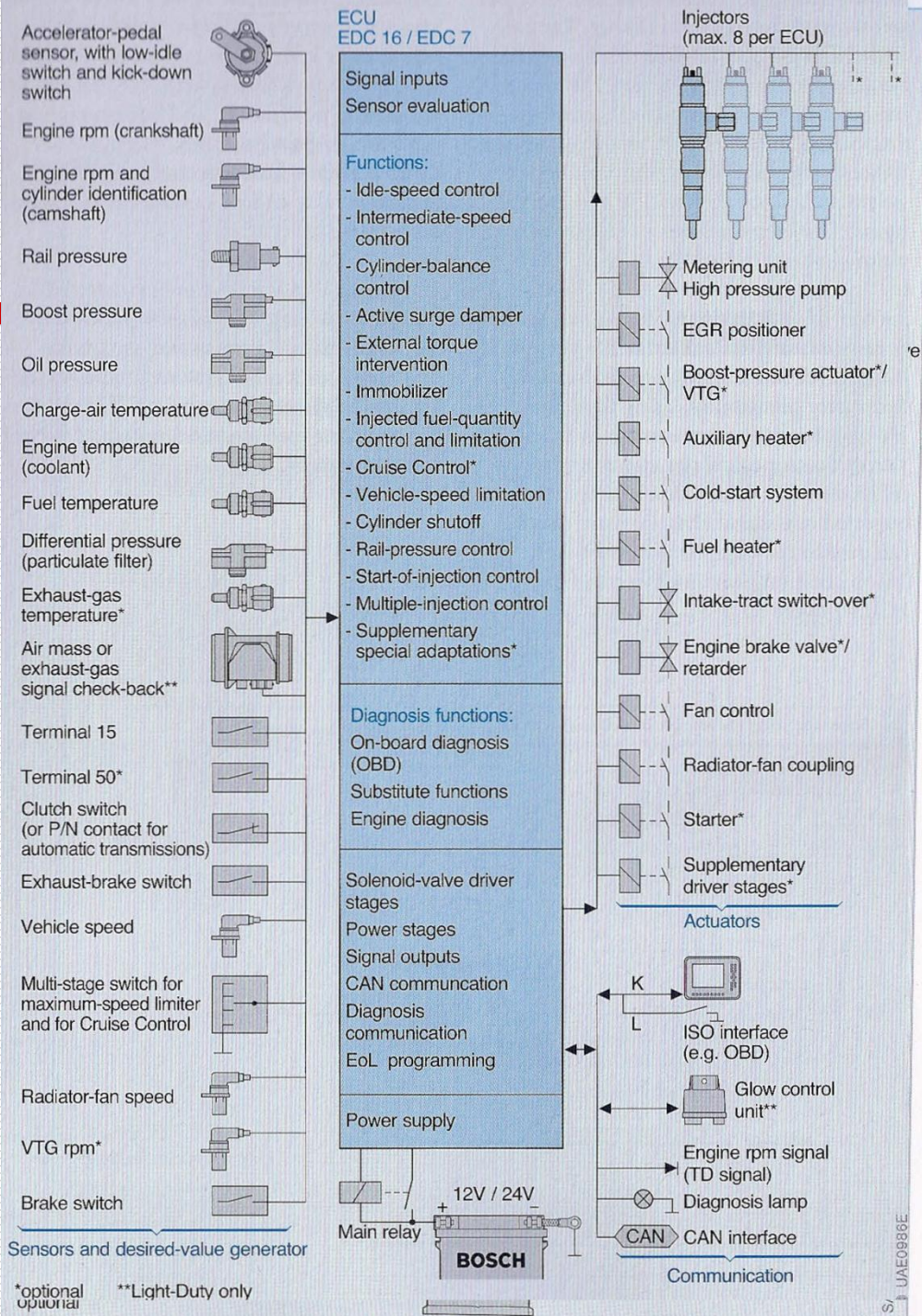
Управљање системом убризгавања дизел горива CR за путничка возила





Увод

Управљање системом убризгавања дизел горива CR за комерцијална возила

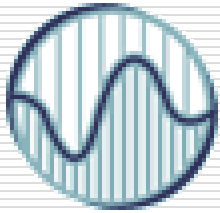




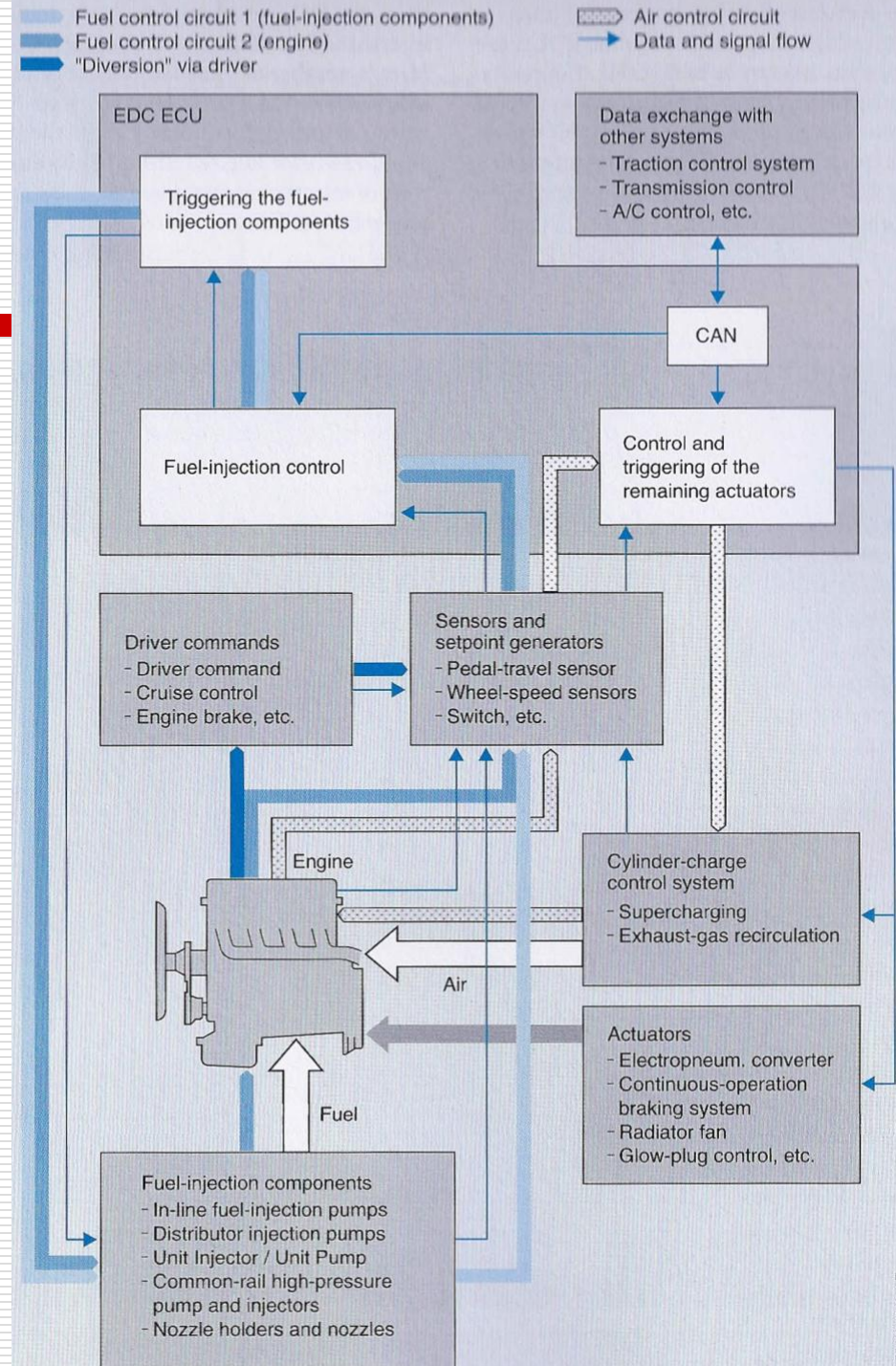
Обрада података

Основна функција **EDC**-а је управљање количином убризганог горива и временом убризгавања.

Код common rail система се осим овога управља и притиском убризгавања горива.

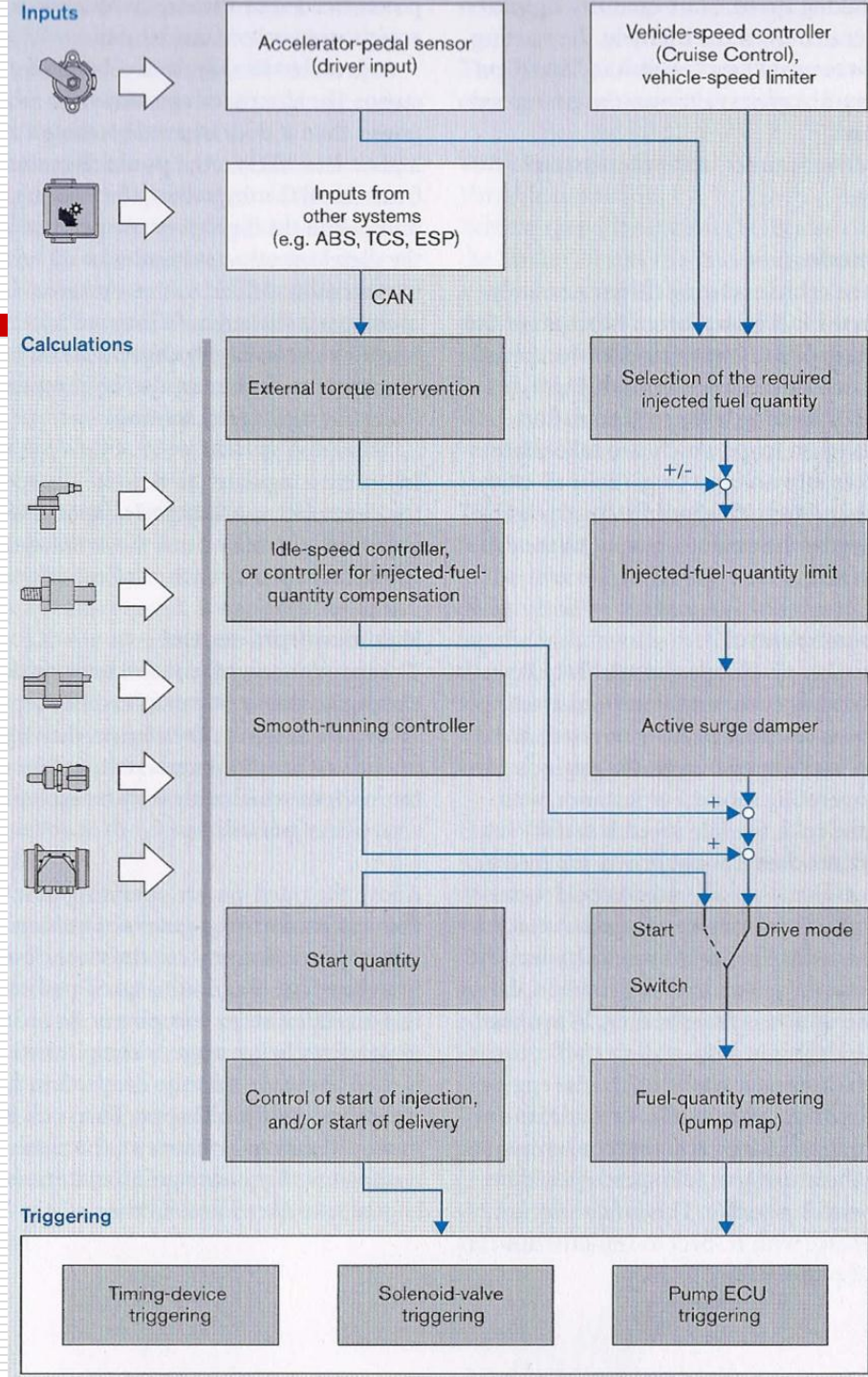


EDC – блок дијаграм





Прорачун процеса убризгавања у ECU





Управљање процесом убризгавања

Почетно убризгавање – односно количина горива током старта мотора је прорачунато у функцији температуре расхладне течности мотора и броја обртаја током старта. Сигнал за количину горива током старта се генерише од тренутка старта до достизања минималног броја обртаја мотора. Возач нема утицаја на овај процес.

Количина горива током вожње – је функција положаја педале акцелератора и броја обртаја мотора. Прорачун зависи од мапе која узима у обзир и друге утицајне параметре (гориво и температура усиса, нпр.). Овај процес обезбеђује усклађивање на најбољи могући начин жеље возача са излазним параметрима мотора.



Управљање процесом убризгавања

Рад на празном ходу – обезбеђује рад мотора када возач не делује на педалу акцелератора. Овај режим може да варира у зависности од радних услова мотора. Нпр., када је мотор хладан број обртаја мотора на празном ходу мора бити виши него када је мотор загрејан.

Повишен број обртаја је потребан када је већи број електричних уређаја на возилу активан или када је укључен клима уређај.

Систем управља количином убризганог горива до достизња жељеног броја обртаја у зависности од режима рада мотора.



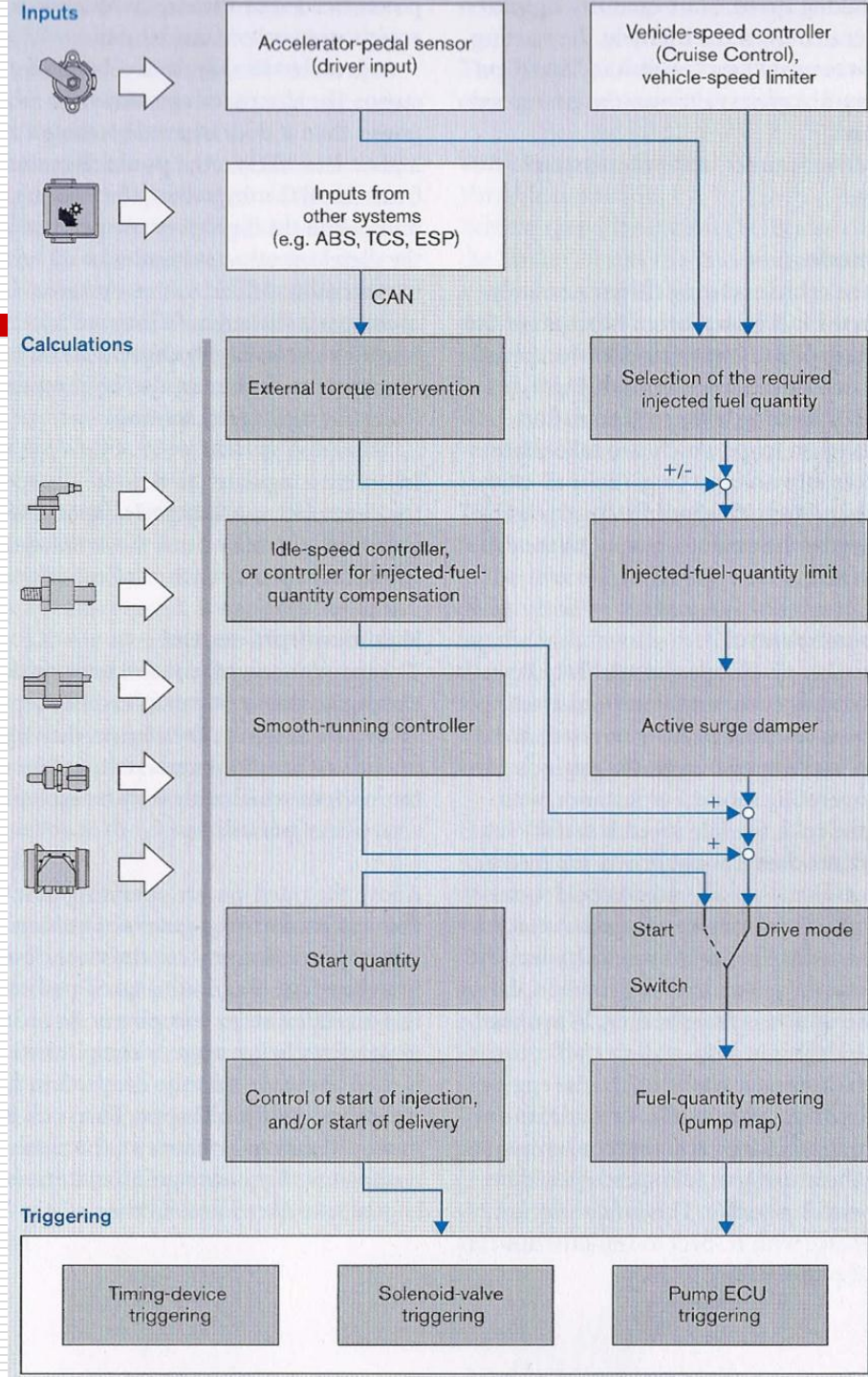
Управљање процесом убризгавања

Управљање максималним бројем обртаја мотора- обезбеђује да број обртаја мотора не пређе дефинисану максималну задату вредност.

Рад на средњим оптерећењима мотора – промењен је код комерцијалних и лаких теретних возила или код специјалних возила код којих се мотор возила користи и за погон неких додатних система на возилу (погон генератора или неких радних машина).



Прорачун процеса убризгавања у ECU





Управљање процесом убризгавања

Рад возила у систему са константном брзинама кретања возила, Cruise control – обезбеђује кретање возила без дејства возача на педалу акцелератора. Количина убризганог горива се повећава или смањује у функцији оптерећења на задати број обртаја мотора.

Граничник брзине кретања возила – не дозвољава број обртаја преко вредности која омогућава максималну брзину кретања возила иако возач делује на педалу акцелератора.

- Променљиве граничне вредности (радне машине, возила за превоз смећа)
- Фиксне вредности (због законских ограничења)



Управљање процесом убризгавања

Одржавање режима рада на средњим оптерећењима – користи функције Cruise control-а. Задржава рад на средњим бројеима обртаја када возило стоји у месту и има потребу за слањем снаге за погон неких других система: генератор струје код амбулантних возила или кран код дизалица. Примењује се и код возила која имају аутоматизоване трансмисије током промене степена преноса.

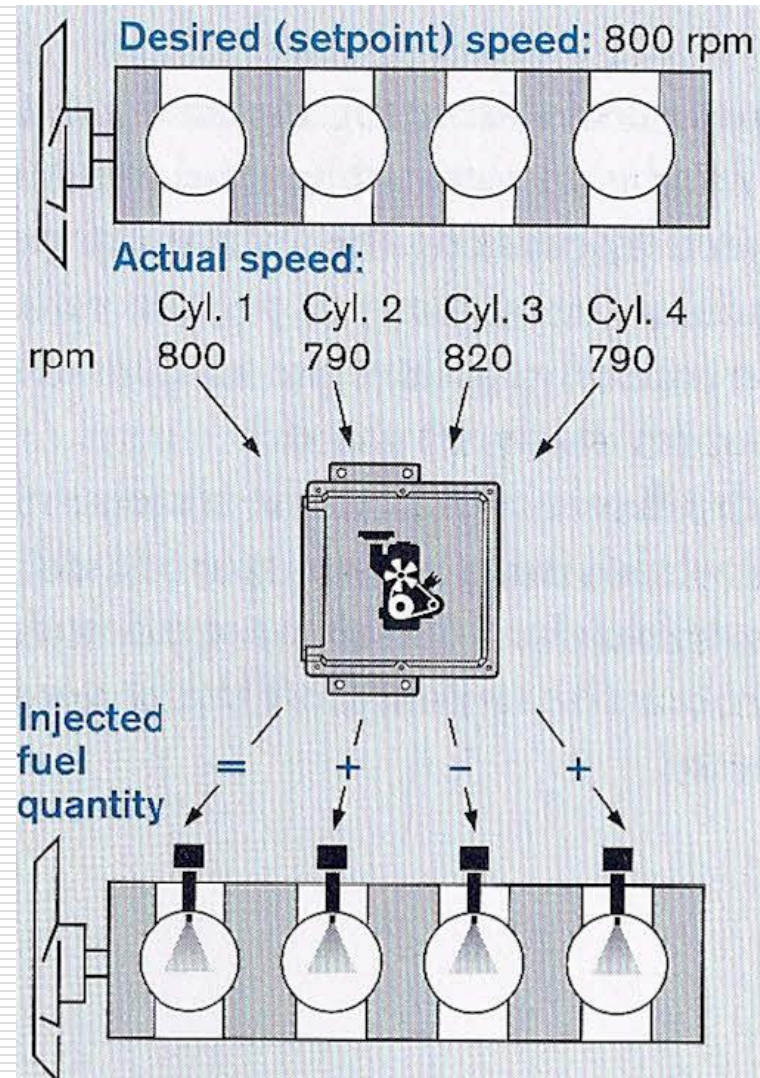


Управљање процесом убризгавања

Управљање компензацијом убризгане количине горива –

Систем детектује
неравномеран рад и преко
разлике у убризганој
количини горива по
цилиндру врши
уравнотежење рада мотора.

Циљ миран рад на
минималном броју обртаја



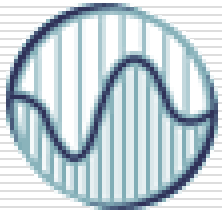


Управљање процесом убризгавања

Кочење мотором – или се врши смањење убризгане количине горива или се прекида довод горива.

Компензација убризганог горива у функцији спољашњих атмосферских услова (притисак ваздуха околине) – у функцији степена пуњења дефинише се количина убризганог горива.

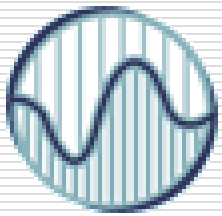
Искључивање цилиндара – У случају потребе за нижим обртном моментом могуће је искључити рад појединих цилиндара, с тим што се онда у преостале цилиндрице мора обезбдити убризгавање веће количине горива.



Управљање процесом убризгавања

**Ограничење убризгане количине горива –
разлози за ограничењем:**

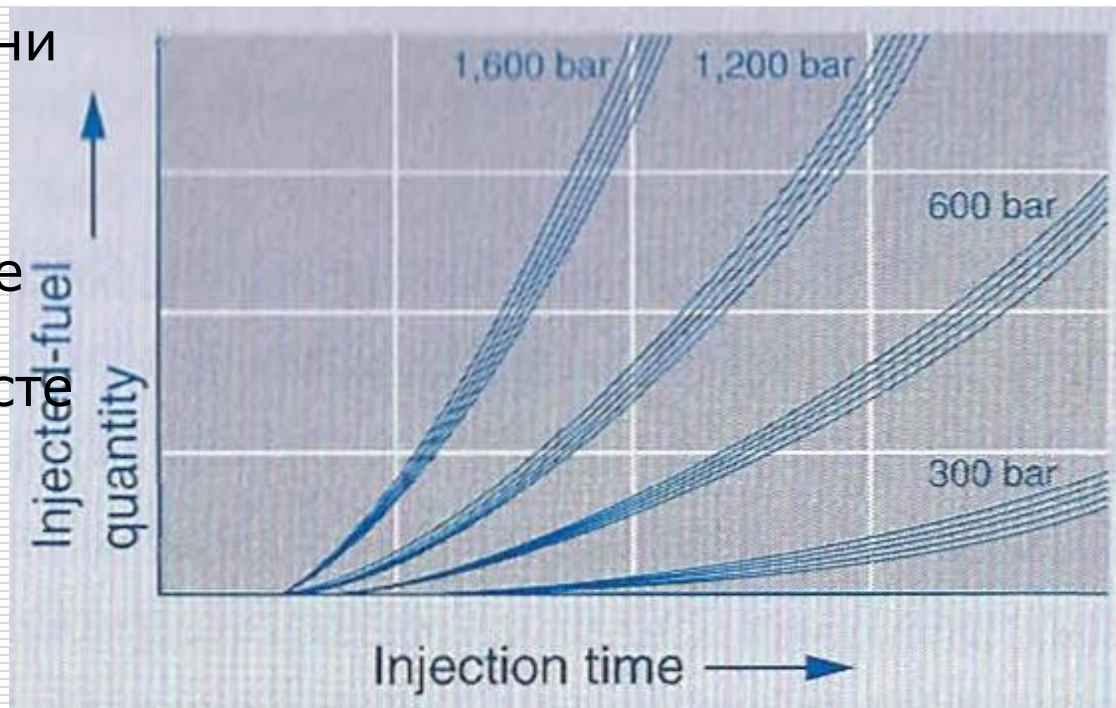
- Емисија издувних гасова
- Дим
- Механичко преоптерећење
- Температура издувних гасова



Управљање процесом убризгавања

Компензација убризгане количине горива – овај систем се дефинише још током процеса производње бризгача. Подаци о количини убризганог горива у различитим режимима се мере и уносе у матрицу података бризгача и исти се уносе у ECU. Током рада мотора ови подаци се користе како би се извршила компензација девијације убризгане и жељене количине горива.

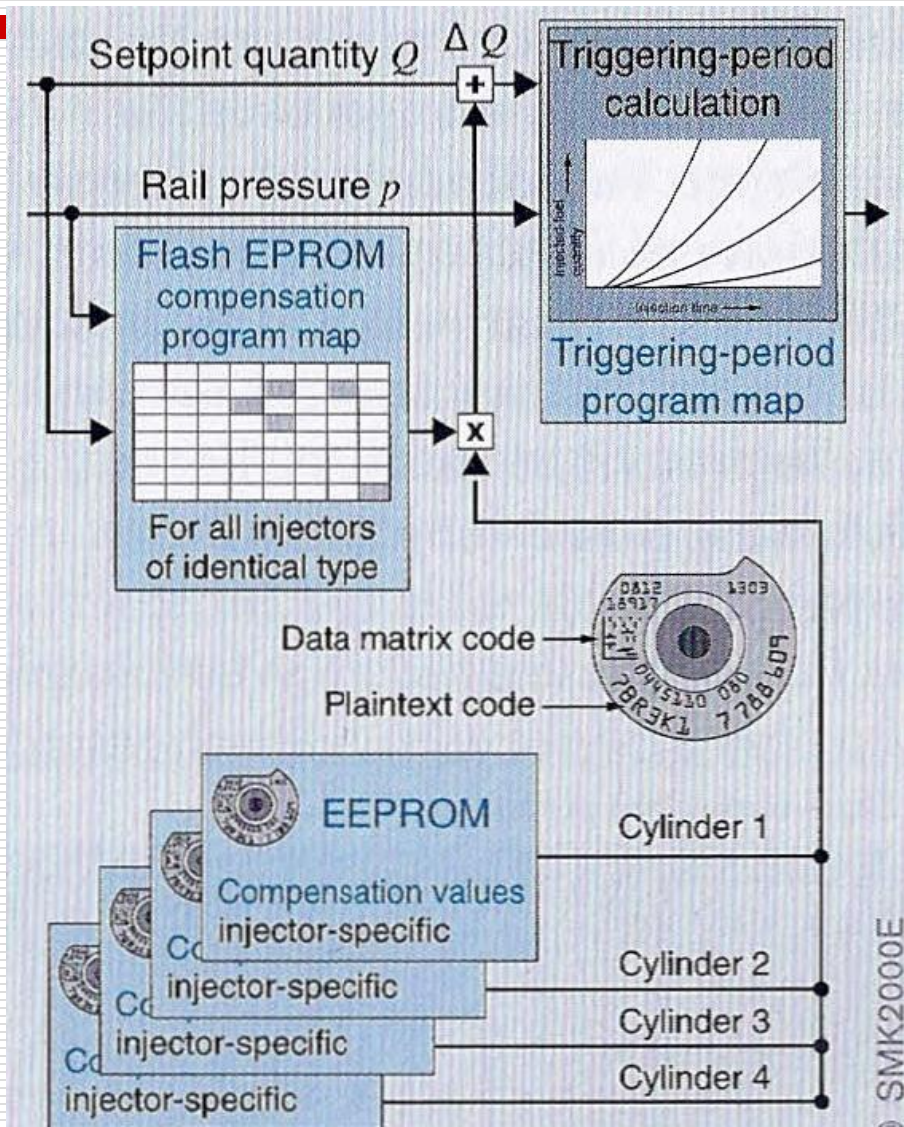
На овај начин се постиже врло прецизна регулација и повећава ефикасност бризгача.





Управљање процесом убризгавања

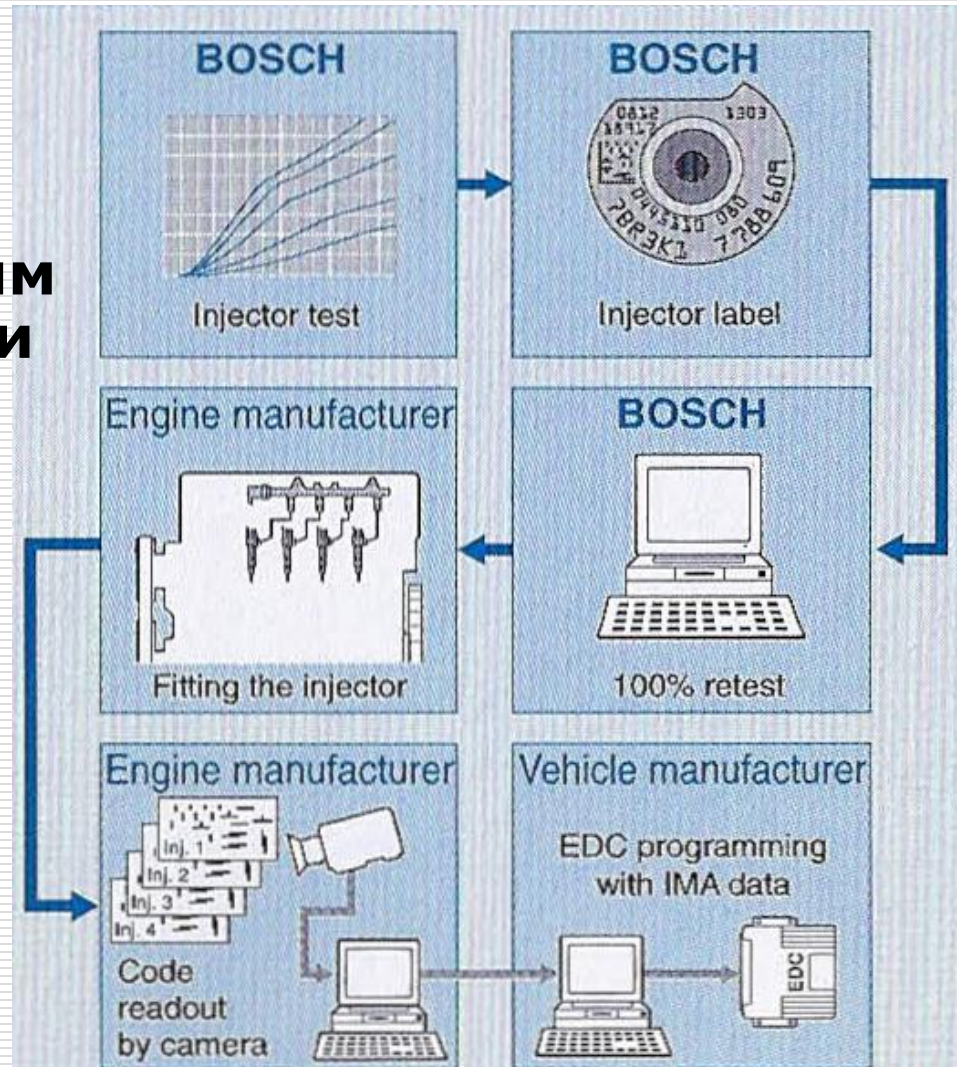
Комплетно окружење мотора се коригује на основу корекционе мапе која користи компензационе величине како би се прорачунала корекциона вредност количине горива. Ови подаци се уносе за сваки брызгач појединачно. Уколико се током експлоатације укаже потреба за заменом брызгача, **обавезно је репрограмирање мапе подацима новог брызгача!**





Управљање процесом убризгавања

**Подаци о компензационим
вредностима су исписани
на сваком бризгачу!**





Управљање процесом убризгавања

Зеро калибрација – Поуздана количина предубризгавања је кључна за достизање жељеног нивоа комфора по питању буке мотора. Из овог разлога је неопходна компензација дрифта количине горива у брызгачима.

Сензор броја обртаја детектује промене броја обртаја које су последица врло мале промене обртног момента мотора. Ове промене возач не може да осети али су повезане са убризганом количином горива.

Зеро калибрација је базирана на алгоритму учења за сваки брызгач и различите режиме рада на основу чега се дефинише компензација за сваки брызгач у погледу тригер периода током предубризгавања.



Управљање процесом убризгавања

Управљање почетком убризгавања

Почетак убризгавања има критичан ефекат на излазну снагу, потрошњу, буку и емисију издувних гасова. Жељена вредност почетка убризгавања зависи од броја обртаја и убризгане количине горива и дефинисана је у мапи ECU. Прилагођавање је могуће као функција температуре мотора и амбијенталног притиска.

| Closed-loop control | Control using needle-motion sensor | Start-of-delivery control | BIP control |
|--|--|------------------------------|-------------|
| Injection system | | | |
| In-line injection pumps | ● | — | — |
| Helix-controlled distributor pumps | ● | — | — |
| Solenoid-valve-controlled distributor pumps | ● | ● | — |
| Common Rail | — | — | — |
| Unit Injector/Unit Pump | — | — | ● |



Управљање процесом убризгавања

Толеранције у производњи и монтажи ПВП, заједно са променама у ел.маг. вентилима током експлоатације воде ка разликама у почетку убризгавања које се морају компензовати.

Није неопходно код common rail-а услед високог напона тригера који омогућава висок степен поновљивости почетка убризгавања!

Управљање почетком убризгавања

| Closed-loop control | Control using needle-motion sensor | Start-of-delivery control | BIP control |
|---|------------------------------------|---------------------------|-------------|
| Injection system | | | |
| In-line injection pumps | ● | — | — |
| Helix-controlled distributor pumps | ● | — | — |
| Solenoid-valve-controlled distributor pumps | ● | ● | — |
| Common Rail | — | — | — |
| Unit Injector/Unit Pump | — | — | ● |

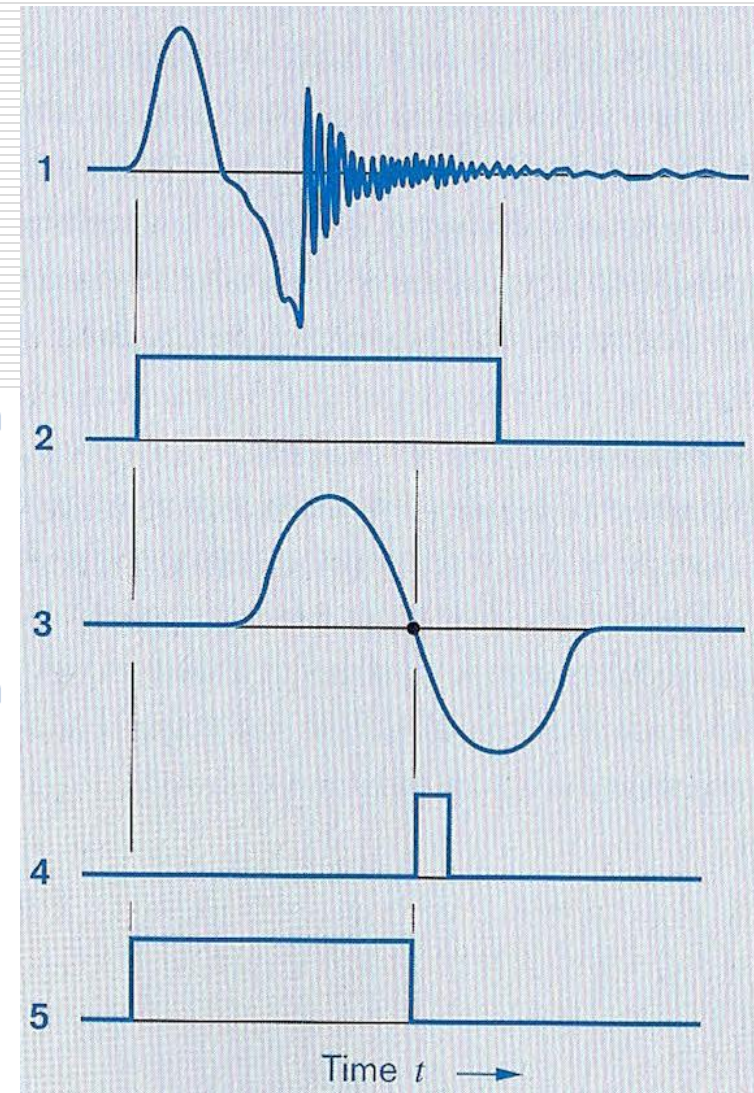


Управљање процесом убризгавања

Управљање почетком убризгавања применом сензора кретања брызгача

Сигнал са сензора на брызгачу се користи као потврда почетка убризгавања. Ово значи да се на основу повратне спреге почетак убризгавања може прилагодити жељеној вредности.

- 1 Untreated signal from the needle-motion sensor (NBF),
- 2 Signal derived from the NBF signal,
- 3 Untreated signal from the inductive engine-speed sensor
- 4 Signal derived from untreated engine-speed signal,
- 5 Evaluated start-of-injection signal

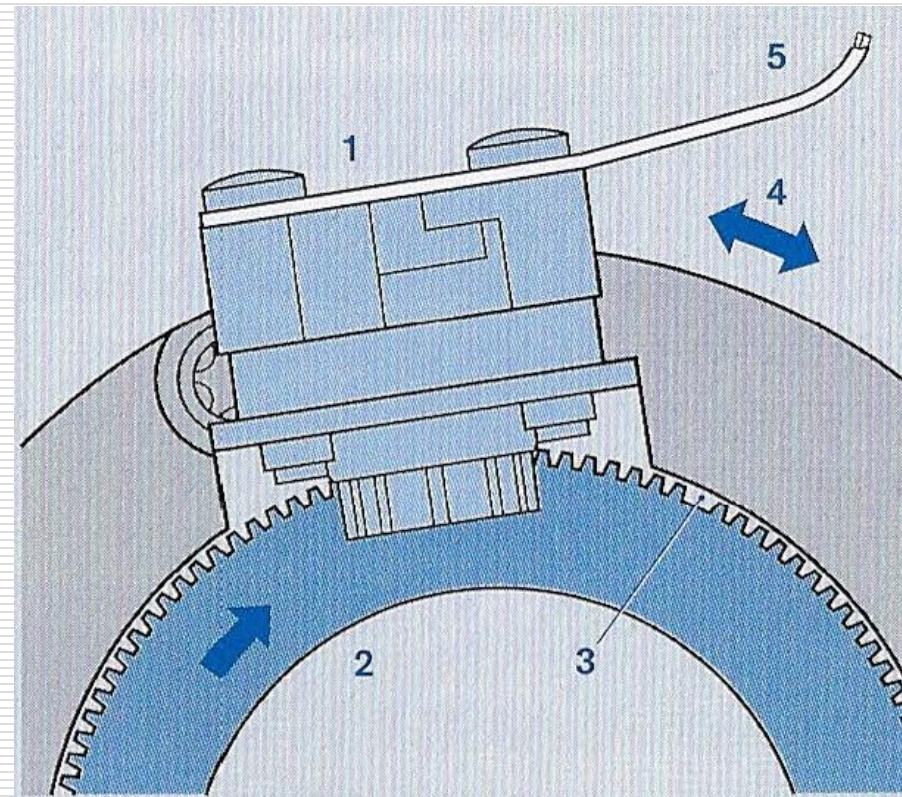




Управљање процесом убризгавања

Управљање почетком убризгавања применом сензора положаја/броја обртаја пумпе

Почетак убризгивања је строго
дефинисан положјем вратила
ПВП.



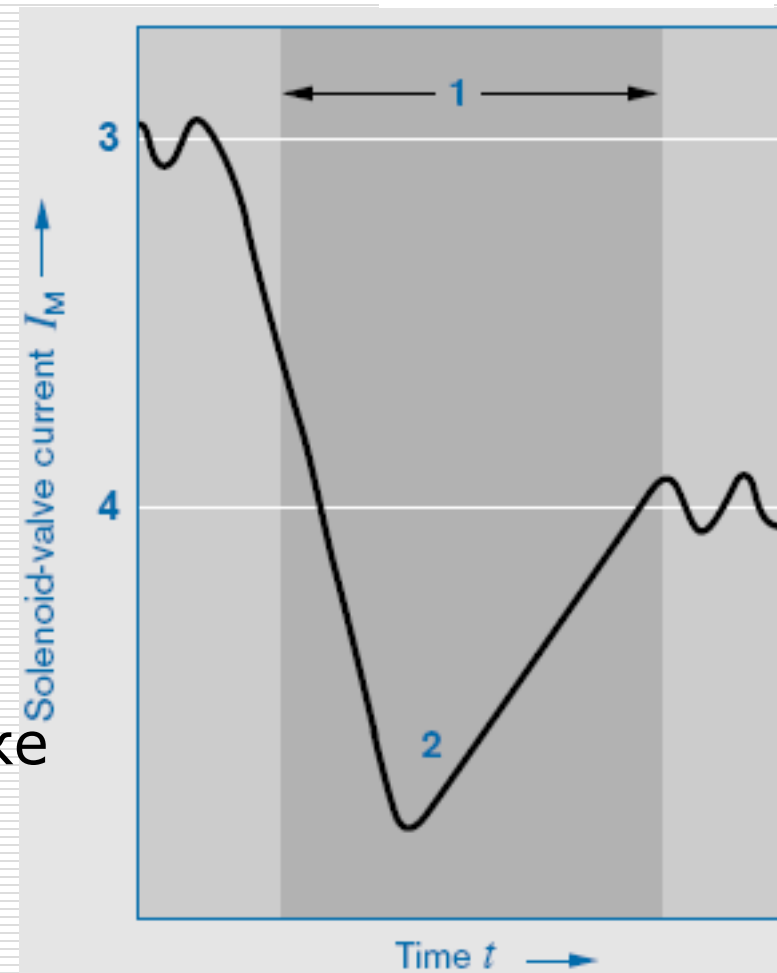


Управљање процесом убризгавања

- 1 BIP window
- 2 BIP signal
- 3 Level of pickup current
- 4 Holding-current level

BIP (Begin of Injection Period) управљање почетком убризгавања

BIP- почетак периода испоруке горива код UPS/UIS система је дефинисан као тренутак када је ел. магнет затворен. У том тренутку притисак горива рапидно расте, иглица се отвара и почиње убризгавање. Мерење количине горива почиње од тренутка испоруке до краја тригер сигнала ка ел.магнету.





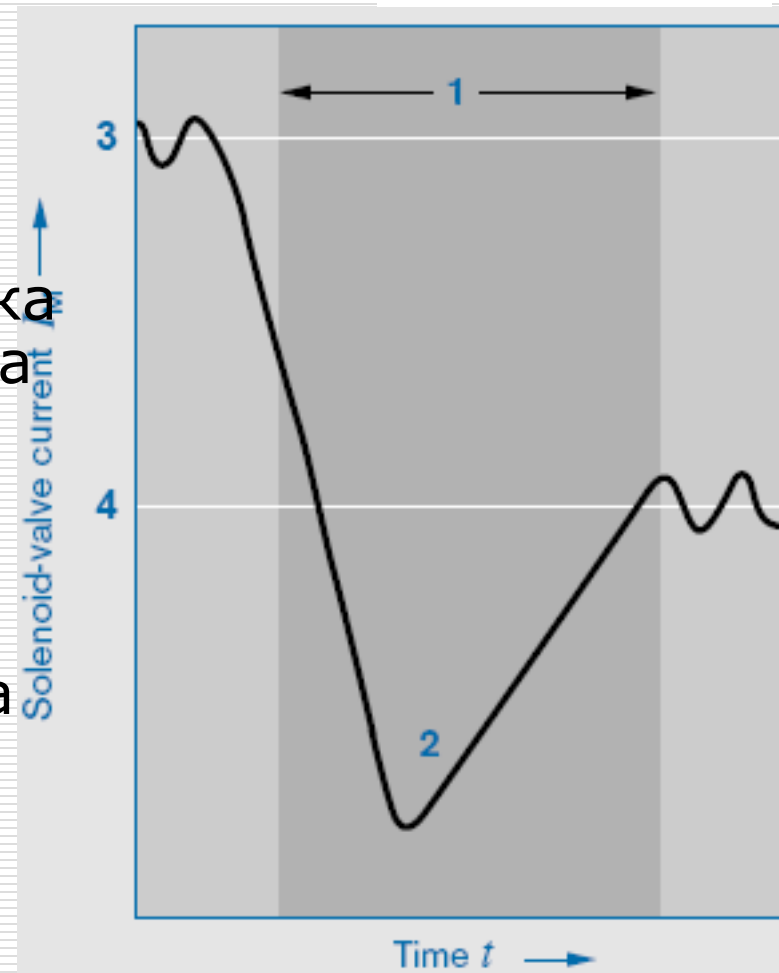
Управљање процесом убризгавања

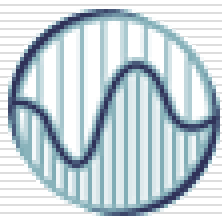
- 1 BIP window
- 2 BIP signal
- 3 Level of pickup current
- 4 Holding-current level

BIP (Begin of Injection Period) управљање почетком убризгавања

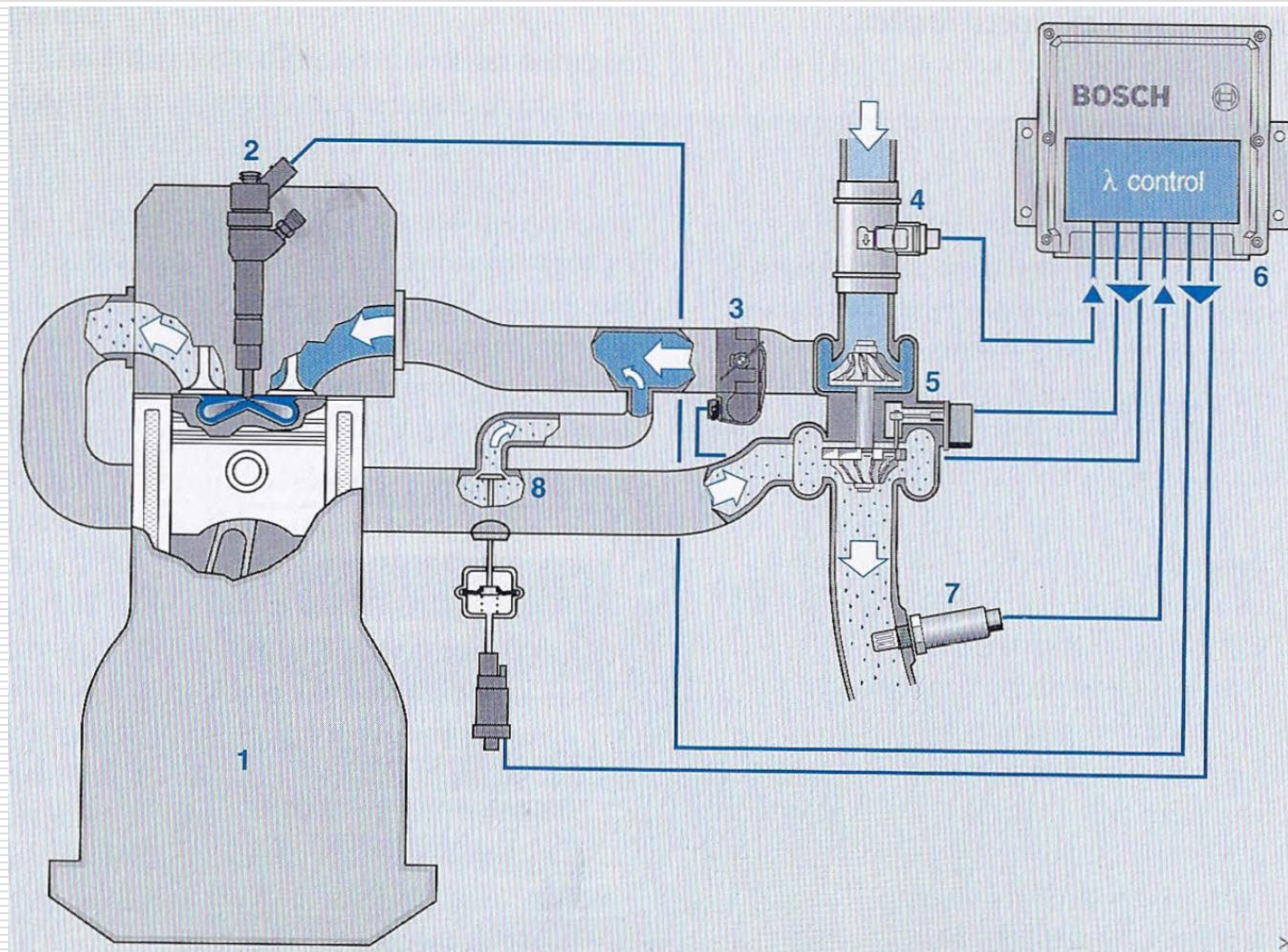
Постоји директна веза између почетка испоруке и почетак убризгавања, па је довољно када почиње испорука-затварање ел. маг. вентила.

Да се не би користили додатни сензори искоришћена је карактеристична крива која се јавља током затварања магнета која се вреднује у ЕУЈ и користи за компензацију убризгане количине горива.





Ламбда петља дизел мотора путничких возила





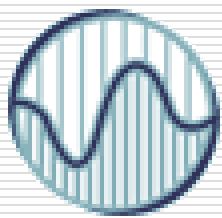
Ламбда петља дизел мотора путничких возила

Ламбда управљачка петља користи се у процесу регенерације азотних оксида код акумулаторског типа каталитичких конвертора.

Ламбда сензор мери преостали садржај кисеоника у издувним гасовима.

На рад ламбда сонде утиче притисак издувних гасова па се из овог разлога мора извршити компензација података које шаље овај сензор.

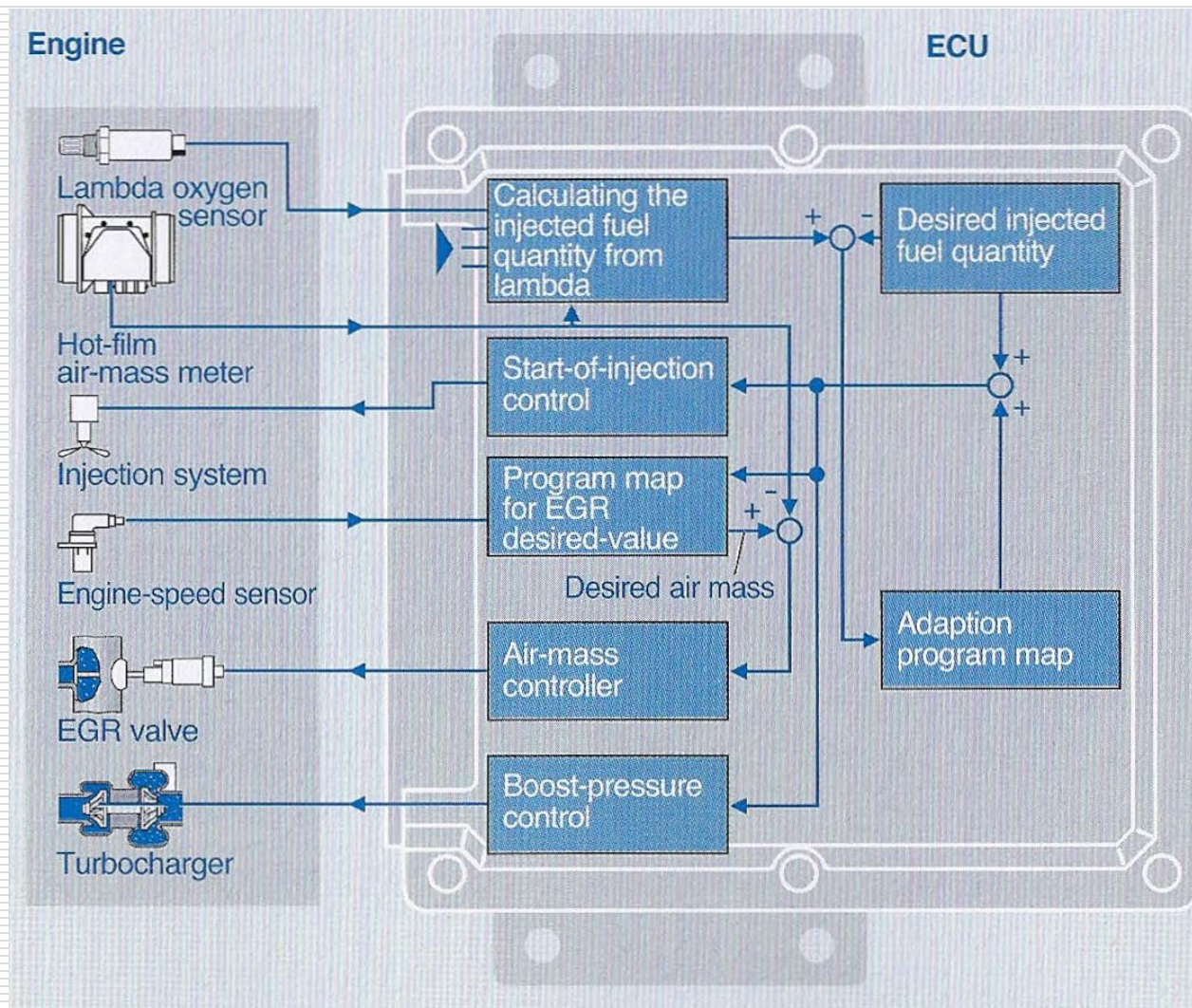
Програмска мапа садржи податке о утицају притиска на излазне податке са ламбда сензора.



Ламбда петља дизел мотора путничких возила

Шема процеса
адаптације
убризгане
количине горива
– индиректни
метод.

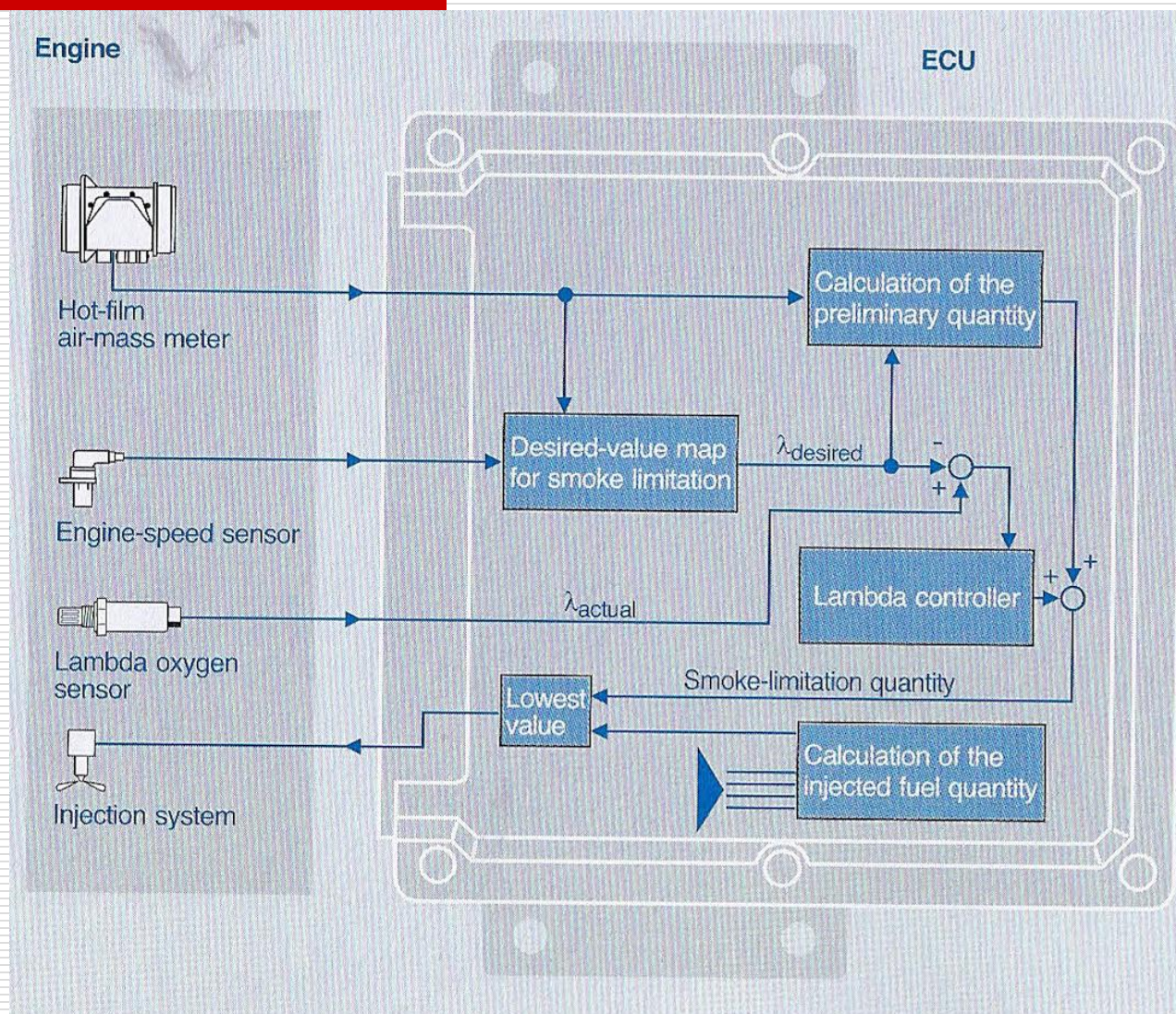
Убризгана
количина горива
се не коригује
током процеса
мерања (учење
система)





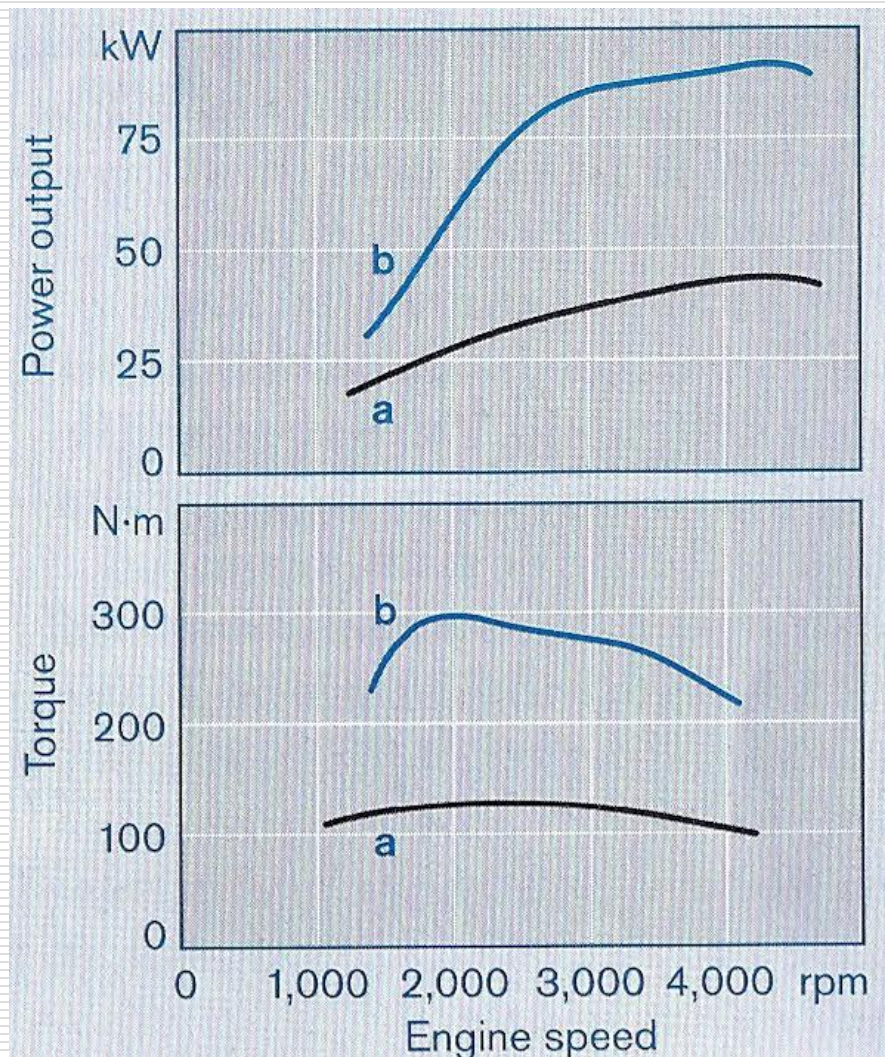
Ламбда петља дизел мотора путничких возила

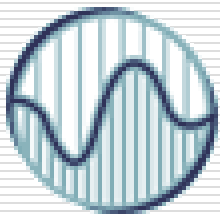
Управљање
радом мотора
на граници
дима



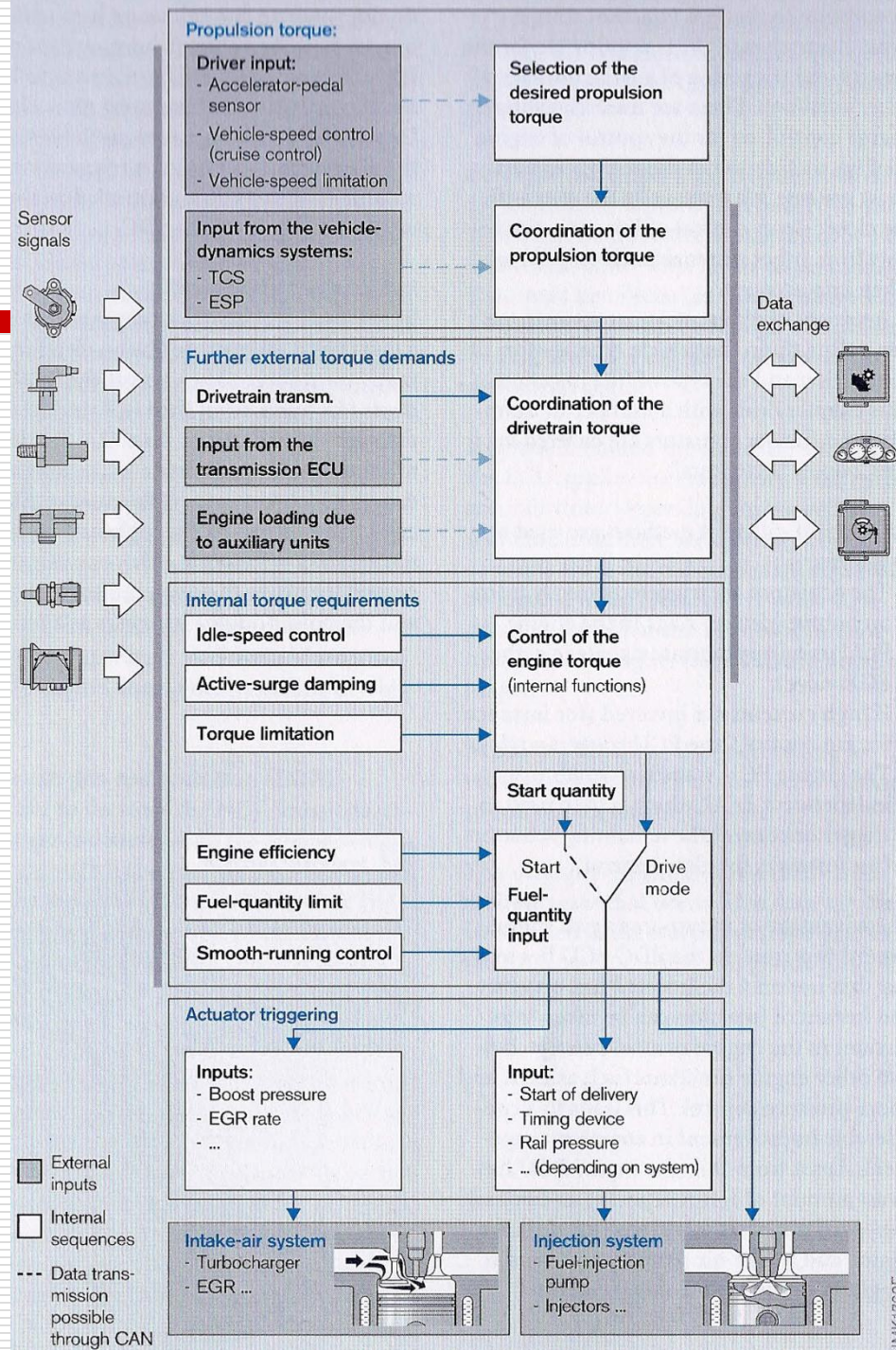


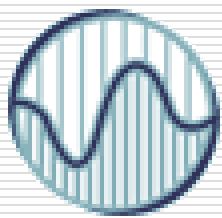
EDC систем управљања обртним моментом





EDC систем управљања обртним моментом



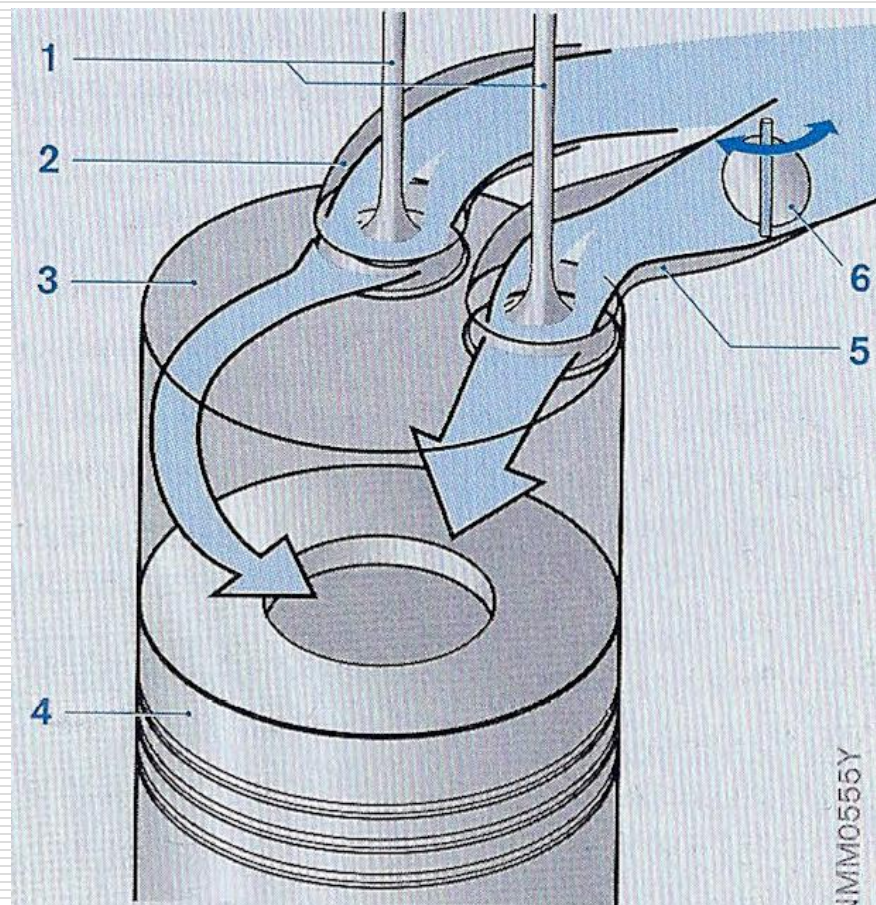


Управљање и активирање „других“ актуатора

EDC- управља радом великог броја различитих актуатора који нису везани само за управљање убризганом количином горива и процесом убризгавања. Међу „другим“ актуаторима су:

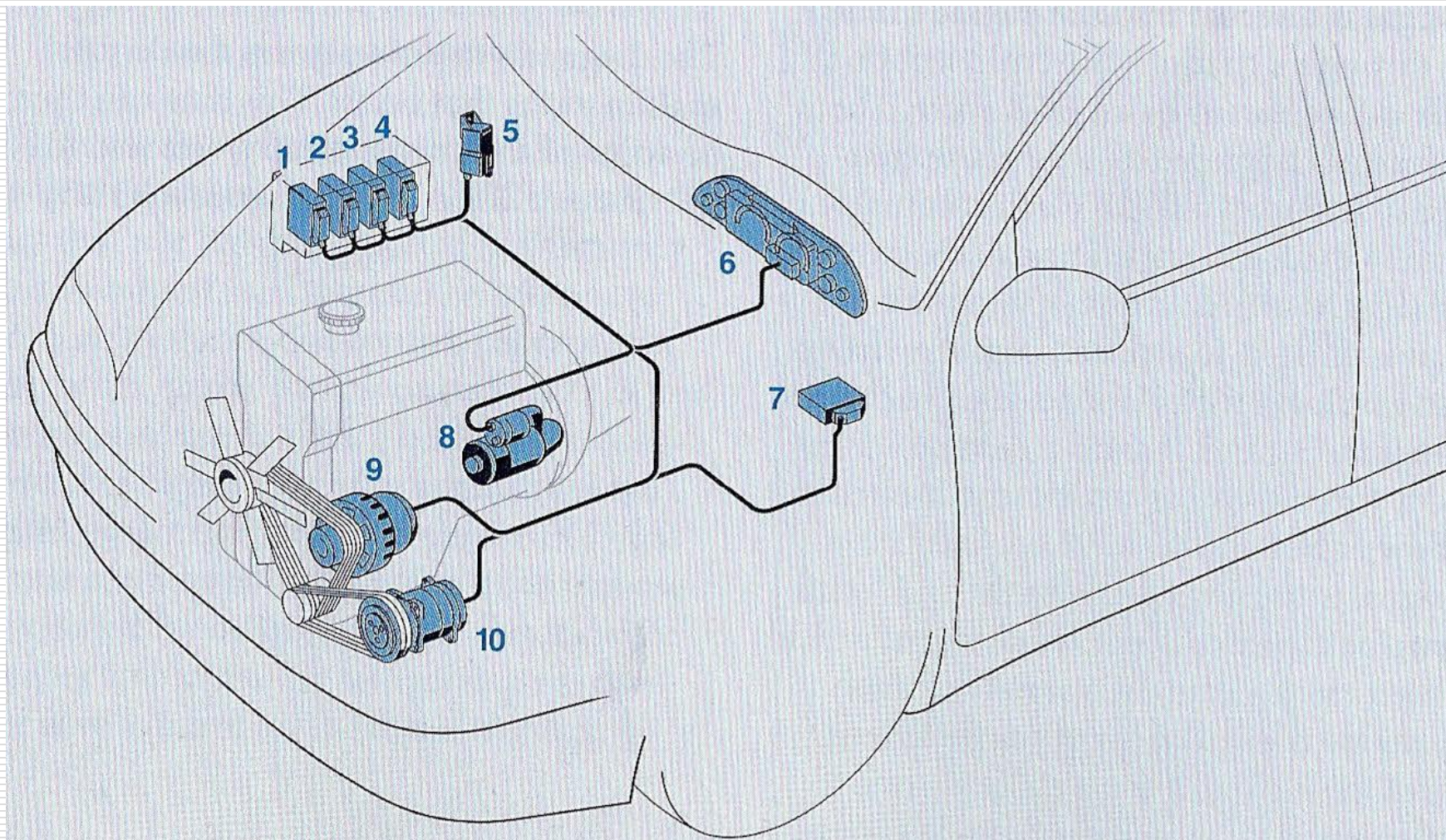
- ☐ Управљање EGR-ом
- ☐ Притиском турбо компресора
- ☐ Грејања кабине
- ☐ Вентилатора итд.

Искључивање усисног канала





Размена информација са другим системима возила



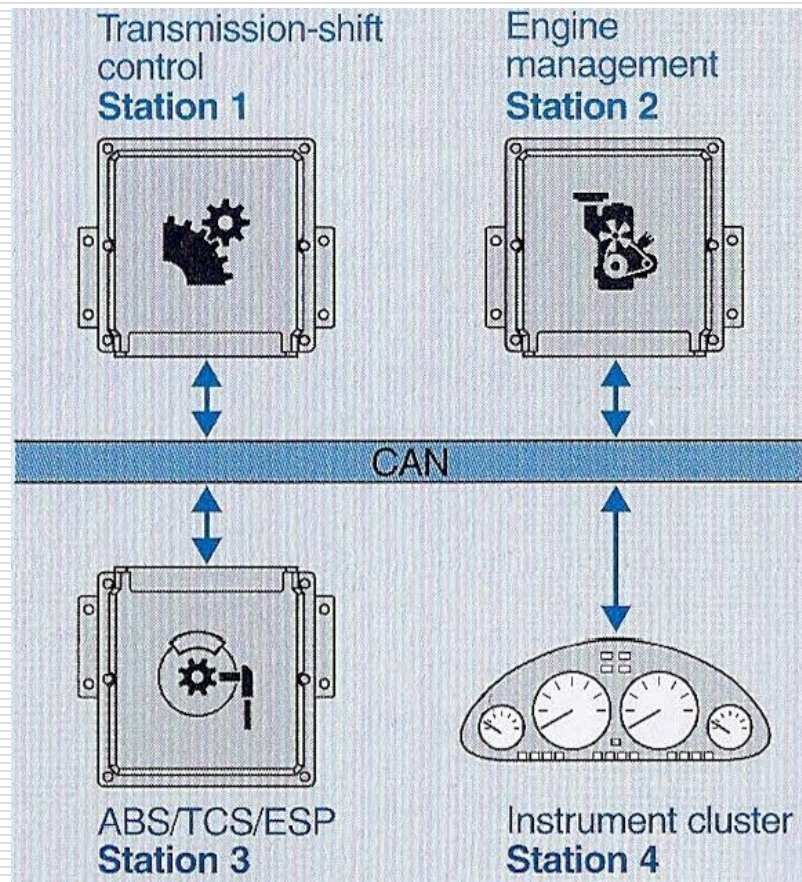


Серијски пренос података (CAN)

CAN (**C**ontroller **A**rea **N**etwork) је серијски систем преноса података специјално пројектован за аутомобилске апликације

Код конвенционалних мрежа подаци се преносе преко индивидуалних линија.

Подаци се у **CAN** систему преносе у серији један за другим преко такозване магистрале (bus line). Све **CAN** станице имају приступ магистрали и преко **CAN** интерфејса имају приступ ECU која прима и шаље информације преко магистрале, чиме је значајно скраћено време преноса података.





Серијски пренос података (CAN)

CAN у возилма има четири зоне примене које имају различите захтеве:

1. Мултиплекс примена – управљање отвореним и затвореним петљама код система комфора и безбедности.
2. Мобилне комуникације- навигација, телефон, аудио системи
3. Дијагностика система возила
4. Real time- апликације за управљање радом мотора, трансмисије система за кочење итд.



Серијски пренос података (CAN)

Принцип функционисања **CAN-а**

CAN систем не врши адресирање појединачних станица према њиховој намени, већ према информацији коју шаљу-примају!

Систем препознаје сваку поруку фиксним идентификатором који идентификује садржај поруке.

Идентификатор у стандардном формату има 11 битова док у проширеном има 29.



Серијски пренос података (CAN)

Принцип функционисања **CAN**-а

Возило може имати две или више **CAN** мрежа које раде на различитим брзинама. У зависности од намене и брзине рада у моторном возилу могу бити формиране:

- ❑ Low speed **CAN** који ради на мање од 125 Kbps и служи за рад електронике намењене за комфор путника и возача, нпр. клима уређај, ел. подизачи прозора и сл. и
- ❑ High speed **CAN** који је намењен за надзор и рад главних система возила, нпр. мотора, трансмисије.



Серијски пренос података (CAN)

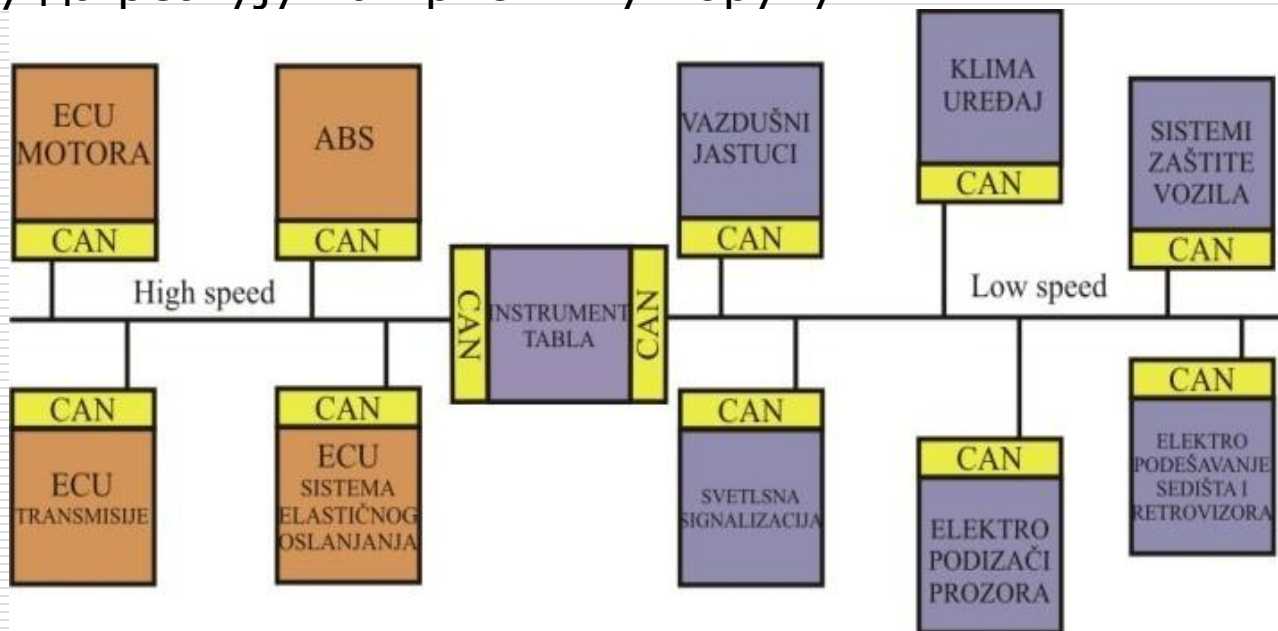
Одликује се високом поузданошћу и великом брзином преноса података. CAN представља серијску комуникациону магистралу пројектовану за повезивање интелигентних уређаја и изградњу интелигентних система и подсистема. Основне карактеристике **CAN** магистрале су следеће:

- ❑ **CAN** је мулти-мастер магистрала, што омогућава изградњу сложених система на бази уређаја различитог нивоа сложености, а без потребе уградње централизованог, мастер контролера,
- ❑ **CAN** гарантује да ће сви умрежени уређаји примити послату поруку у истом облику,
- ❑ **CAN** обезбеђује више ефикасних механизма за детекцију грешака у преносу података, што доприноси повећању поузданости целокупног система и
- ❑ **CAN** је опште прихваћен као стандард у аутомобилској индустрији.



Серијски пренос података (CAN)

CAN протокол је заснован на поруци, што практично значи да до сваког чвора у систему стиже порука са магистрале за разлику од система заснованом на адреси у оквиру кога порука стиже само до делова система са назначеном адресом. Захваљујући томе до сваког новопостављеног чвора поруке стиже одмах по његовом постављању на магистралу без потребе реконфигурације система. **CAN** хардвер у оквиру сваког чвора остварује локално филтрирање које омогућава да само одређени чворови могу да реагују на пристиглу поруку.

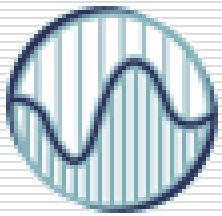




Серијски пренос података (CAN)

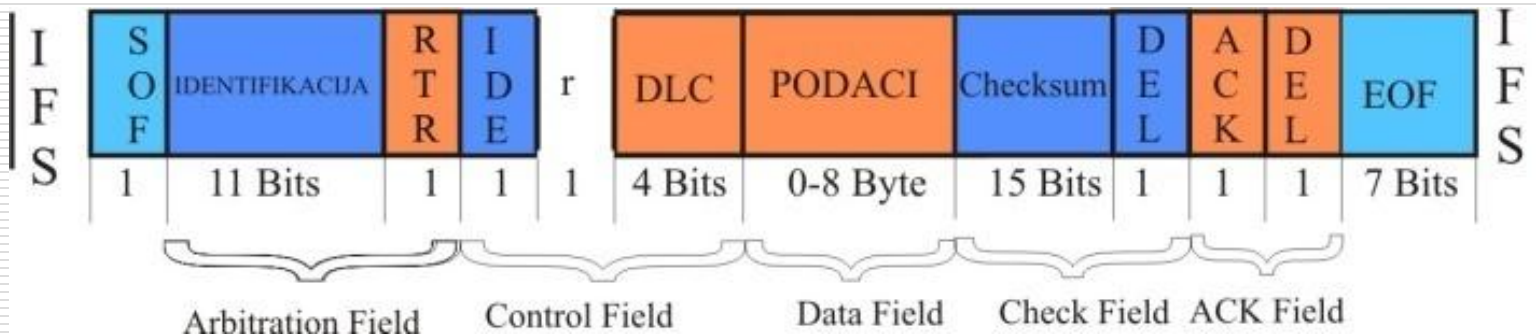
CAN протокол дефинише четири типа поруке:

- ☐ поруку са подацима (data frame),
- ☐ поруку са захтевом за подацима (remote frame),
- ☐ поруку грешке (error frame),
- ☐ поруку о заузетости (overload frame).



Серијски пренос података (CAN)

Порука са подацима (data frame) је најчешћи тип поруке и користи се када чвор шаље корисне податке осталим чворовима у систему.



Формат поруке са подацима садржи следећа поља:

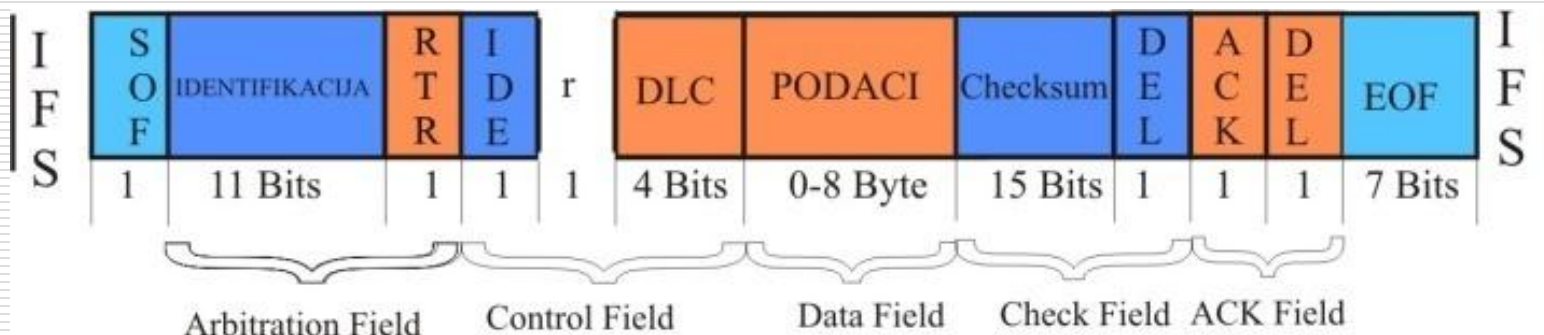
- ❑ старт бит (start of frame), који представља један доминантан бит,
- ❑ поље арбитрације (arbitration field), које одређује приоритет поруке када два или више чворова заједно постају активни на магистрали,

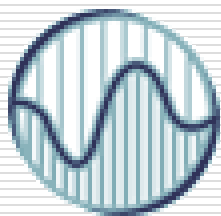


Серијски пренос података (CAN)

Према **CAN** протоколу садржај арбитрационог поља одређује приоритет. Приоритети се додељују порукама у фази пројектовања система и не могу се динамички (у току рада система) мењати.

Приоритет се везује за поруку, а не за станицу. Једна станица може да шаље више различитих порука са различитим идентификаторима. Без обзира на то што потичу из исте станице, у контексту целокупног система неке поруке имаће нижи, а друге виши приоритет.





Серијски пренос података (CAN)

