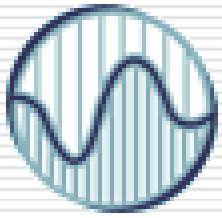


Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

ДИЈАГНОСТИКА СИСТЕМА УБРИЗГАВАЊА ДИЗЕЛ МОТОРА

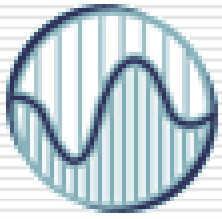
1. Увод

- Управљања радом дизел мотора - историјски развој
- Тренутно стање и тенденције развоја
- On-board и off-board дијагностика мотора
- Статистички подаци



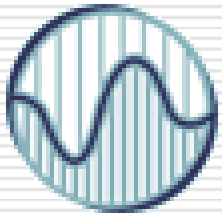
Увод

- ❑ Основни задатак дијагностике мотора је утврђивање стања мотора или појединих његових система и компонената без расклапања и ако је могуће без прекида рада мотора.
- ❑ Основа за квалитетну дијагностику стања мотора је мерење одабраног параметра.
- ❑ Провера стања може бити периодична или континуална.



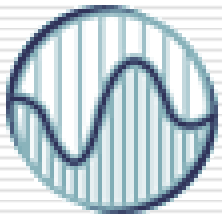
Увод

- ❑ Тенденција развоја савремених возила води у правцу повећавања броја електричних и електронских Е/Е система и компонената.
- ❑ 1995. године удео Е/Е компонената у возилима је био око 20%. 2014. године око 35%!
- ❑ Проценат удела Е/Е компонената фигурира или кроз појаву нових система или кроз замену механичких, хидруаличких и пнеуматских компонената Е/Е компоненатама.
- ❑ Ово утиче на поузданост возила као система али са друге стране омогућава примену напредних дијагностичких функција!

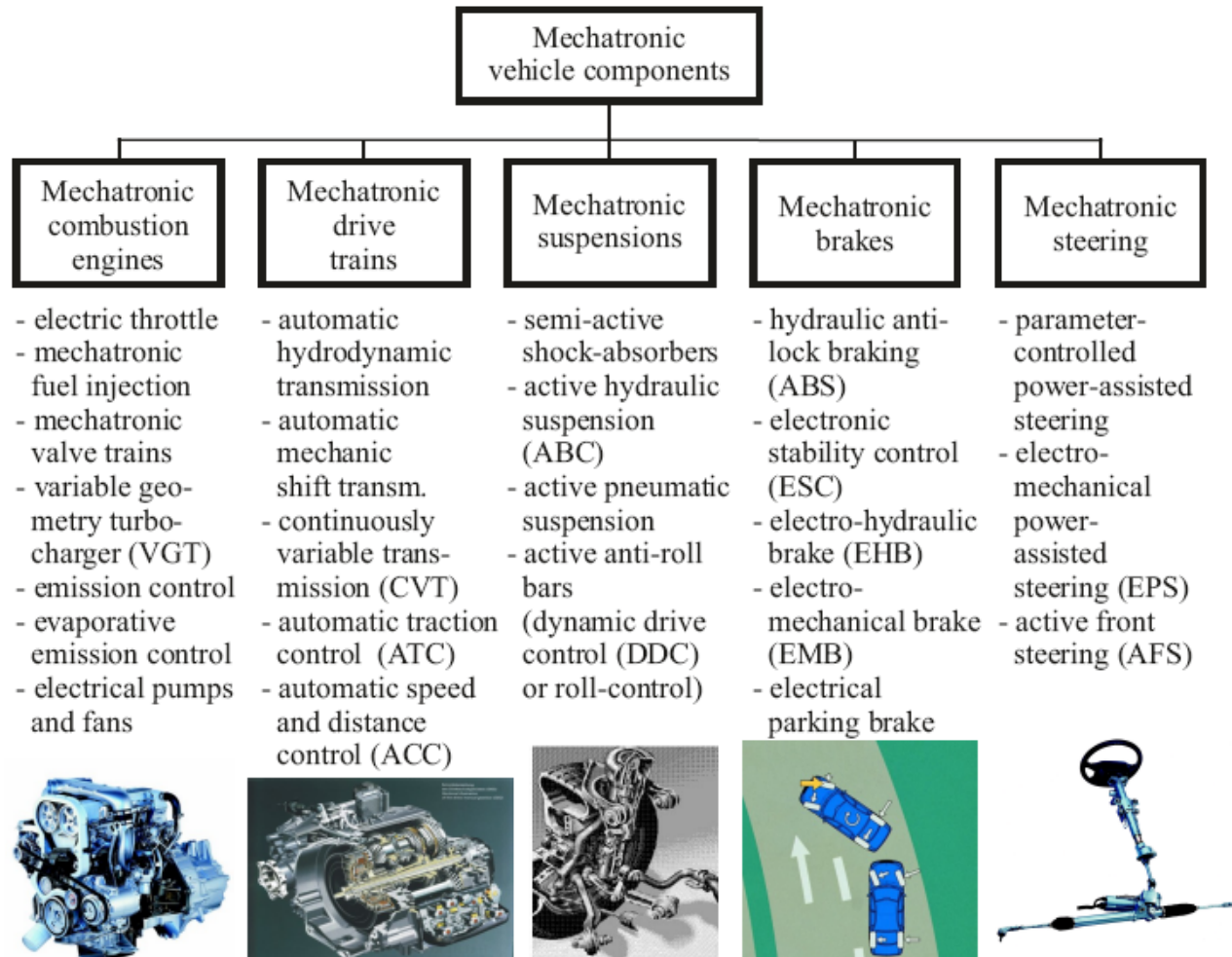


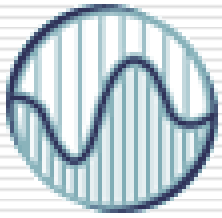
Управљања радом дизел мотора - историјски развој-

- ❑ Развој аутомобилке технике последњих деценија креће се у развоју и примени све већег броја мехатроничких компонената
- ❑ Мехатроничке компоненте карактерише интеграција механичких и електронских компонената кроз хардвер и софтвер
- ❑ Овај правац развоја је значајно утицао на начин рада мотора и система возила али и на његове перформансе и поузданост.



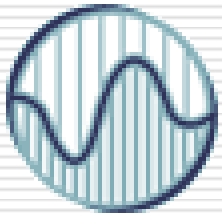
Управљања радом дизел мотора - историјски развој-





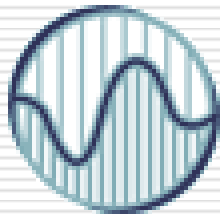
Управљања радом дизел мотора - историјски развој-

- ❑ Пре појаве мехатроничких компонената стање мотора је било могуће само на основу неколико величина које су мерене – притисак уља, температура расхладне течности, напон електричних система.
- ❑ Увођењем аналогног система управљања радом мотора 1967. и дигиталног 1979. могућности утврђивања стања мотора су значајно порасле.
- ❑ 1998. у САД, законски прописи по питању емисије издувних гаова условиле су примену *on-board diagnosis* (OBD) на моторима. Исто у Европи од 2000.г. Под називом EOBD



Управљања радом дизел мотора - историјски развој-

- Наведни прописи између осталог подразумевају ревизију прописа по питању дозвољених граница емисије издувних гасова на сваких 4-5 година!
- Последица – развој варијабилних система мотора - варијабилни усис, варијабилно отварање вентила, варијабилна рецикулација издувних гасова, варијабилни турбо пуњачи. Развој система за редуцију издувних гасова.
- Велики број оваквих компонената утицао је на поузданост мотора и значајно отежао начин управљања мотором али и утврђивања стања мотора!



Classical diesel engine with
 - swirl chamber
 - piston injection pump
 - fly weight speed control

1960

← turbocharger with waste-gate
 ← electronic control

1978

Diesel engine with
 - direct injection (900 bar)
 - turbocharger, waste-gate
 - microprocessor control

1989

← exhaust gas recirculation 1991
 ← oxidation catalyst 1991
 ← turbocharger with variable geometry 1992
 ← four valves per cylinder 1996
 pump-nozzle injection 1998

EURO 1
 EURO 2

1992 →
 1996 →

Diesel engine with
 - common rail and unit pump
 - direct injection (1500 bar)
 - variable geometry turbocharger
 - microprocessor control

1997

← electromagnetic injectors
 ← pilot injection
 ← particulate filter 2000
 ← DeNO_x catalyst
 ← selective catalytic reduction
 ← twin turbocharger

EURO 3
 EOBD
 EURO 4

2000 →
 2003 →
 2005 →

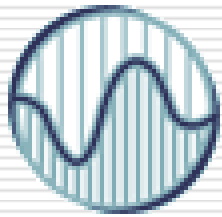
Diesel engine with
 - common rail
 - direct injection (2000 bar)
 - twin turbocharger
 - exhaust gas treatment

2005

EURO 5
 EURO 6

2009 →
 2014 →

← HP and LP exhaust gas recirculation
 ← piezo injectors
 ← combustion pressure sensors



Управљања радом дизел мотора - историјски развој-

Sensors

angular speed
(crankshaft)

phase sensor
(camshaft)

temperatures (coolant,
air, fuel, oil, exhaust)

air mass flow sensor

pedal position

charging pressure

rack-travel sensor
(injection pump)

needle-motion sensor

rail pressure sensor

lambda sensor

NO_x sensor

combustion pressure (2008)

Sensors and actuators for diesel engines



- 15–20 sensors
- 5–9 main manipulation variables
- 50–150 look-up tables
- adaptive corrections

Actuators

injection:
electronic controlled injection (1986) -
direct injection with 900 bar (1989) -
common-rail injection with
1500 bar (1997), 2000 bar (2008) -
pilot injection (1991) -

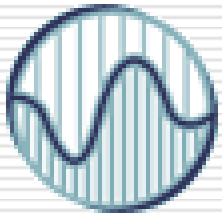
injectors:
pressure-controlled -
electromagnetic -
piezoelectric (2003) -

EGR valve (high pressure)

swirl flap actuator

turbocharger actuator
wastegate (1978) -
VGT (1992) -
twin turbocharger (2006) -

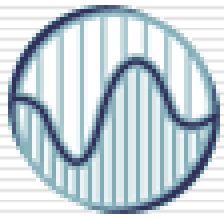
low pressure EGR valve -
(2008)



Тренутно стање и тенденције развоја

- Тенденција :
 - Смањење потрошње
 - Смањење емисије NOx
 - Смањење честица у издувној емисији

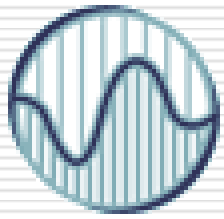
- Како?
 - Унапређење common rail система
 - Унапређење процеса сагоревања
 - Унапређење система за довод ваздуха
 - Унапређење система за третман издувних гасова



Тренутно стање и тенденције развоја

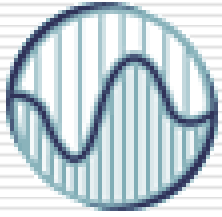
□ Common rail систем:

- повећање притиска (више од 2200 bar)
- Вишеструка убризгавања –побољшавају процес сагоревања, смањују буку и емисију
- Различите комбинације начина убризгавања горива у функцији режима рада мотора
- Повећан удео рецикулације издувних гасова, смањује NOx, утиче на мање оптерећење турбо компресора



Тренутно стање и тенденције развоја

- ❑ **Модификација процеса сагоревања:**
 - ❑ Homogeneous compression ignition (HCCI).
Рано убризгавање са високим степено EGR-а на делимичном оптерећењу. Овакав начин води драстичном смањењу NOx-а и честица у емисији издувних гасова.
 - ❑ Проблем! Потребно је управљати процесом сагоревања мерењем притиска у цилиндрима због веома уског режима рада и разлика у процесима који се одвијају у појединим цилиндрима.



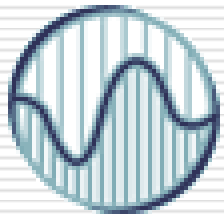
Тренутно стање и тенденције развоја

- **Примена два турбо пуњача:**
 - Различитих пречника ради остваривања високог степена пуњења у ширем опсегу рада као и бољег урбзања на нижим бројевима обртаја.

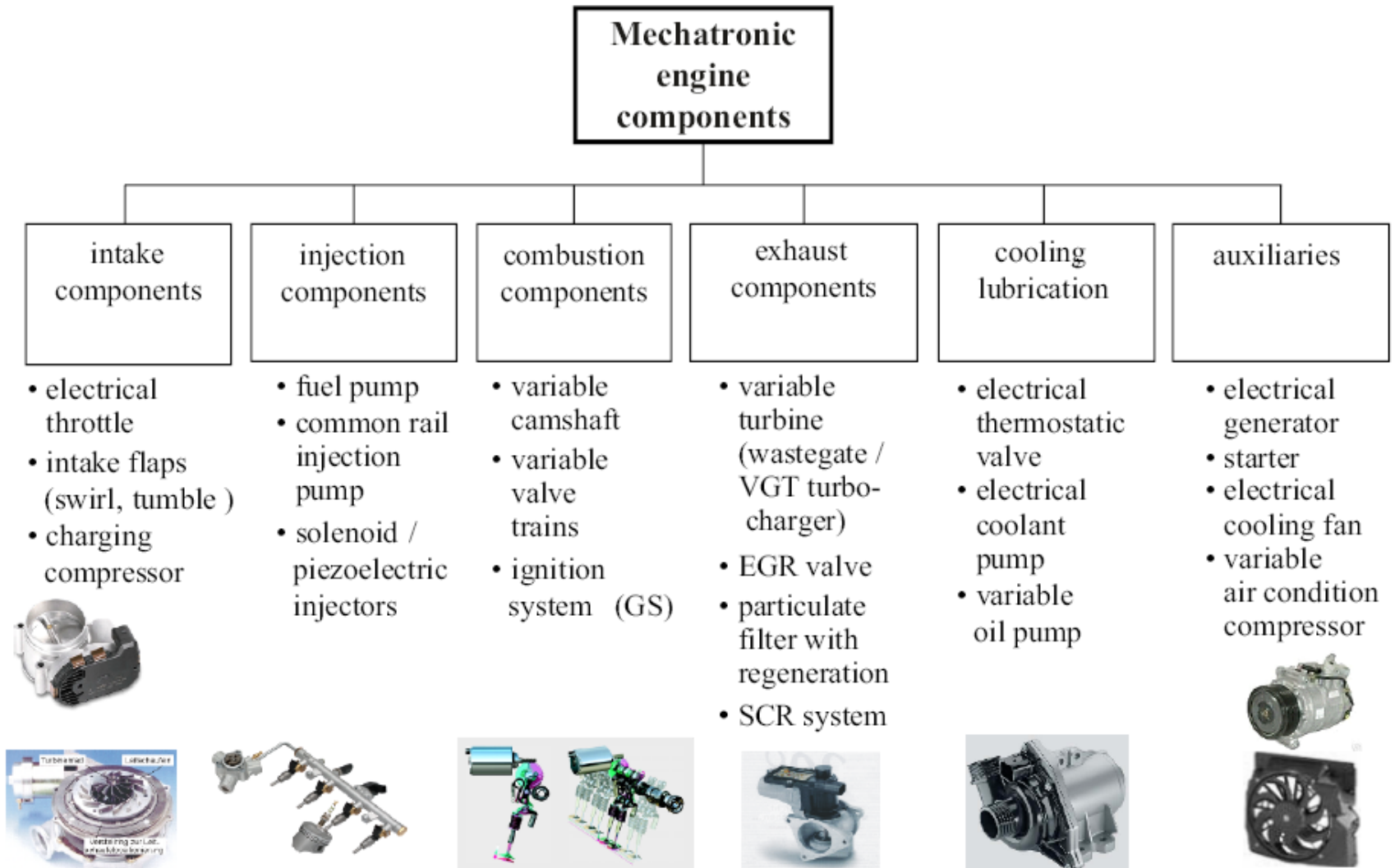


Тренутно стање и тенденције развоја

- Третман издувних гасова:
 - SCR, Nox, H₂S
 - Управљање радом на бази модела
 - Већи број сензора
 - Различити циклуси регенерације

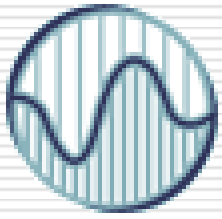


Тренутно стање и тенденције развоја



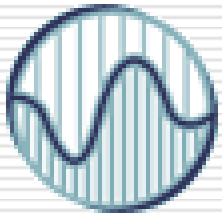


On-board и off-board дијагностика мотора



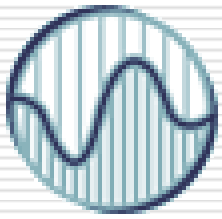
On-board дијагностика мотора

- ❑ Дијагностика возилских система подељена је на дијагностику мотора, система за пренос снаге и система шасије.
- ❑ Најсвеобухватнији је дијагностички систем мотора који заузима више од 50% ресурса ЕУЈ.
- ❑ Разлог – прописи по питању емисије издувних гасова. Дизел мотори за путничка возила су од 2003 године (ЕУ4) у обавези да имају систем за управљање емисијом издувних гасова (EOBD), комерицјална возила од 2005.г.



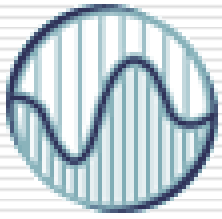
On-board дијагностика мотора

- Праћење стања и дијагностика грешака у раду ЕУЈ може се поделити на:
 - дијагностику Е/Е компонената и
 - дијагносику подсистема мотора.
- Е/Е компоненте су повезане са ЕУЈ и над њима се може директно врђити мониторинг и дијагностика
- Праћење рада и дијагностика подсистема мотора захтева специјалну анализу сигнала или вредновање неколико различитих сигнала!



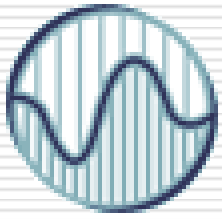
On-board дијагностика мотора

- ❑ ЕУЈ има програмирану – утврђену рутину за **детекцију** грешке и уколико је могуће за **дијагностику**.
- ❑ **Детекција грешке** подразумева да је на некој компоненти мерењем утврђена грешка
- ❑ Уколико је локација грешке, њена величина и време настанка одређена – детерминисана ради вреновања симптома онда се ради о **дијагностици стања**.
- ❑ **Грешка** подразумева недозвољено одступање најмање једне карактеристике система.
- ❑ **Неисправаност** подразумева трајни прекид способности система да обавља своју функцију.



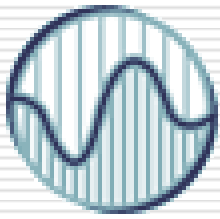
On-board дијагностика мотора

- ❑ Детектоване и дијагностиковане грешке се у облику кода смештају у привремену меморију ЕУЈ заједно са условима рада и околине у којима су настале уз назнаку да ли се ради о сталној или привременој грешки.
- ❑ Важне грешке се саопштавају возачу преко MIL-a.
- ❑ Даље акције зависе од важности грешке.
- ❑ Обавезно када се ради о емисији издувних гасова након трећег циклуса вожње о насталој грешки се обавештава возач!

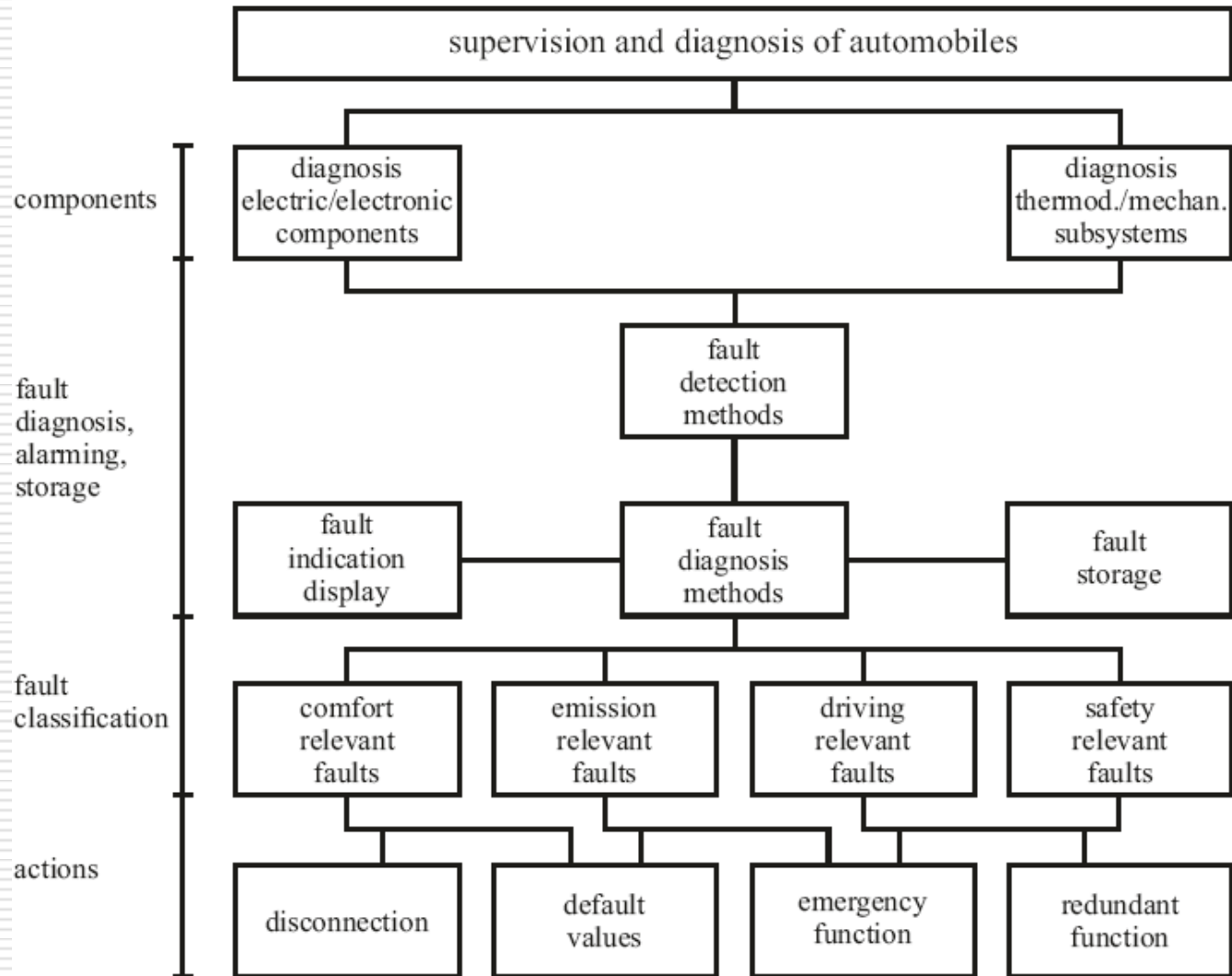


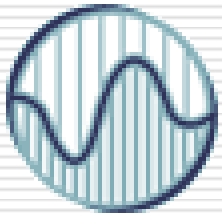
On-board дијагностика мотора

- ❑ Хитне функције подразумевају рад мотора у заштитном режиму (ограничен број обртаја мотора).
- ❑ Безбедоносне функције подразумевају рад са додатним системима (дупли сензор на педали акцелератора).



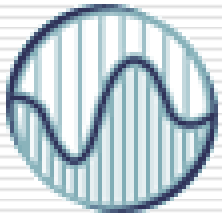
On-board дијагностика мотора





On-board и off-board дијагностика мотора

- ❑ Статус сензора, конектора и каблова се проверава вредновањем улазних сигнала.
- ❑ Крактак спој или прекид може се одмах утврдити.
- ❑ Измерене вредности се упоређују са дозвољеним вредностима, а веродостојност се проверава упоређењем са другим повезаним мерењима. На овај начин се порверавају излазни сигнали сензора.



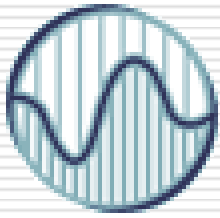
On-board и off-board дијагностика мотора

- ❑ Многе дијагностичке функције ЕУЈ се примењују у сврху **само - дијагностике**.
- ❑ Компненте као што су микорпроцесори, меморије и системи комуникације (протоколи) су под сталним надзором!
- ❑ Поједине тест процедуре се активирају при самом старту мотора и/или по прекиду његовог рада.
- ❑ Безбедносно важни микропорцесори имају у паралели процесор који га проверава!



On-board и off-board дијагностика мотора

- ☐ Актуатори се проверавају на сличан начин као и сензори.
- ☐ Дијагностика комуникације између ЕУЈ и сензора и актуратора је део bus протокола.
- ☐ Надгледање акумулатора и генератора спроводи се углавном мерењем напона напајања.
- ☐



On-board и off-board дијагностика мотора

conventional supervision and diagnosis methods for automobiles

diagnosis of electric/electronic components

diagnosis of sensor inputs

- short-circuit
- interruptions
- plausibility

diagnosis of ECU hardware

- microprocessor check
- ROM, RAM checks
- many tests
- supervisory processor

diagnosis of actuators

- short-circuit
- interruptions
- plausibility
- control deviation
- active tests

diagnosis of communication

- bus protocol checks
- time interval checks

board net generator battery

- fuses for short-circuits
- interruptions
- supply voltage
- overvoltage protection

diagnosis of subsystems

engine

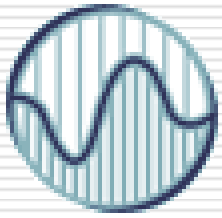
- intake
- injection
- combustion
- lubrication
- exhaust
- cooling

transmission

- clutch
- gear shifting
- lubrication
- cooling

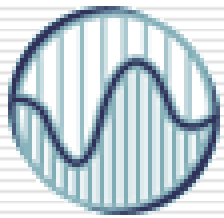
chassis

- steering system
- brake system
- suspension
- lubrication
- tires



Off-board дијагностика мотора

- ❑ **Off-board дијагностика** мотора се спроводи у сервисним станицима – радионицама.
- ❑ Користи се специјализована опрема.
- ❑ Дијагностичка опрема се повезује са ЕУЈ мотора преко сефијског инетрфејса који се налази у кабини возила са возачеве стране.
- ❑ Комуникацијски протоколи су стандардизовани и у Европис се примењује ISO 9141-2, а у САД SAE 1850.
- ❑ Након иницијације са ЕУЈ, могу се очитати грешке, очитати параметри рада мотора и тестирати актуатори.



Статистички подаци

- Из аутомобилских клубова на основу информација о стању 25 М возила за 2005. годину.

components	general electrics	ignition	motor	cooling system	fuel system	fuel injection	wheels, tires
percentage of failures [%]	35.0	14.6	7.7	5.6	5.5	6.0	6.2

components	clutch gear	chassis	exhaust system	brake system	suspension	steering system	others
percentage of failures [%]	4.1	4.2	2.0	1.4	0.6	0.3	6.8



Статистички подаци

components	V-belt	flexible pipes (heating, cooling)	cylinder head seals	water pump	coolant liquid	thermo- stat	cooler expansion vessel
percentage of failures [%]	29	20	16	10	6	6	6

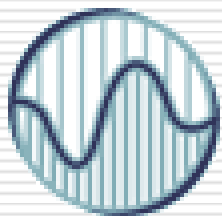


Статистички подаци

POWER TRAIN : 47.4 %

component groups	engine hardware			exhaust path, turbocharger			fuel system			ignition system	lubrication	drive train		
component	engine mechanics	valve train, belt	cylind. head	EGR	turbo charger	exhaust pipe catalyst	fuel supply	gasoline: throttle carburetor	diesel: injection	ignition coil, plug	oil supply	clutch	transmission	drive shaft
percentage of failures [%]	2	1.4	0.8	0.8	1.1	1.7	5.3	1.2	2.3	7.9	0.8	2.2	1.4	0.3
	4.2			3.6			8.8			7.9	0.8	3.9		

component groups	cooling system	auxiliary drives			control system	
component		auxiliaries	starter	generator	ECU	sensors
percentage of failures [%]	4.1	1.1	3.7	3.8	2.0	3.5
	4.1	8.6			5.5	

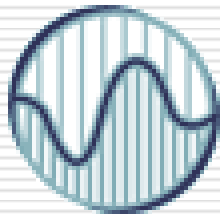


Статистички подаци

VEHICLE CHASSIS: 48.7 %

others

component groups	steering system		brake system					suspension system		electrics & electronics					heating & air conditioning		chassis general	tank	-
component	steering mechanics	power support	cylind. brake-booster, linkages	brake fluid	mechanics brake pad	parking brake	ABS ESC	suspension	tires	battery	general electrics	ignition lock	immobilizer	air bag	heating	air conditioning	body exterior	empty tank	-
percentage of failures [%]	0.05	0.28	0.08	0.04	0.65	0.6	0.2	0.5	7.0	28.7	3.5	1.9	1.8	0.1	0.2	0.2	1.1	1.1	-
	0.3		2.3					7.5		36					0.4		1.1	1.1	3.9



Статистички подаци

characteristic variables			requirements
time in service			10 years
operation time			3000 hours
mileage (in 10 years)			150, 000 km
average speed (over 10 years)			50 km/hour
average number of rides per day (over 10 years, from private up to taxi)			10 times
number of rides (in 10 years)			50, 000 times
average mileage per ride (over 10 years)			3 km
relevance	example	events per ride	events per life time
safety (rare use)	short circuit, airbag, car alarm	10^{-3}	50
safety (often use)	ABS	10	5×10^5
	indicator	50	2.5×10^6
seasonal dependent	window heating	0.2	10^4
	Air conditioning		
once per starting	door locking, starting relay	1	5×10^4
multiple per ride	lighting, wipers, horn	5	2.5×10^5