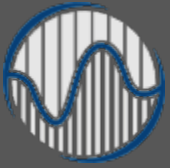




Visoka škola elektrotehnike i  
računarstva strukovnih studija  
Beograd

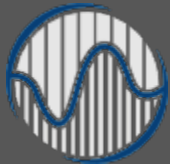
# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora





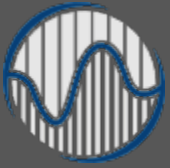
# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

- Proces rada dizel motora podrazumeva uvođenje goriva direktno u radni prostor motora preko brizgača pod pritiskom od 200 do 2.000 bar-a (i preko)
- Zavisno od oblika radnog prostora motora, gorivo može biti ubrizgano u predkomoru pod relativno niskim pritiskom (ispod 350 bar-a), ili direktnim ubrizgavanjem, koje podrazumeva uvođenje goriva pod veoma visokim pritiskom
- Rad dizel motora je baziran na usisavanju maksimalne količine vazduha, moment koji se razvija u taktu ekspanzije zavisi od:
  - ubrizgane mase goriva
  - početka procesa sagorevanja, koji je određen početkom procesa ubrizgavanja
  - procesa ubrizgavanja/sagorevanja



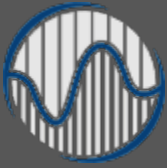
# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

- Maksimalna vrednost obrtnog momenta motora ograničava se pri određenom broju obrtaja zbog:
  - emisije čestica čađi
  - indicirane vrednosti pritiska u cilindru
  - termičkog opterećenja određenih delova motora
  - mehaničkog opterećenja elemenata sistema za prenos snage
- Osnovni zadatak sistema za upravljanje radom dizel motora je određivanje potrebne vrednosti obrtnog momenta
- Pri određenim radnim režimima osnovna funkcija je održavanje broja obrtaja motora unutar određenih granica (npr. režim praznog hoda)



# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

- Uz pomoć sledećih parametara moguće je uticati na najnepoželjnije karakteristike dizel motora buku i sastav izduvnih gasova:
  - načina punjenja cilindra (mogućnost vrtloženja)
  - sastava smeše u cilindru (odnos svežeg vazduha i izduvnih gasova, vraćenih na ponovno sagorevanje preko EGR sistema)
  - stepena napunjenosti cilindra
  - početka ubrizgavanja
  - pritiska ubrizgavanja
  - načina ubrizgavanja (pilot ubrizgavanje, glavno ubrizgavanje, post ubrizgavanje)



# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

- Dodatni zahtevi u pogledu izduvnih gasova uslovili su potrebu za preciznijom kontrolom rada sistema ubrizgavanja dizel motora – *Electronic Diesel Control*
- Prednosti EDC kontrole su:
  - niža potrošnja goriva, bolja emisija izduvnih gasova, veća izlazna snaga motora i obrtni moment motora
  - niži i konstantniji broj obrtaja u režimu praznog hoda
  - preciznija regulacija brzine praznog hoda motora pri varijaciji opterećenja (npr. uključenje klima uređaja)
  - bolje karakteristike komfora ostvarene kroz funkcije kontrole ravnomernosti rada motora (smooth-running control), kontrole prigušenja fluktuacija obrtnog momenta (surge damping control) i kontrole krstarenja (cruise control)
  - unapređene mogućnosti dijagnostike
  - dodatne kontrolne funkcije: kontrola nadpunjenja, upravljanje rada grejačima, recirkulacija izduvnih gasova (EGR), tretman izduvnih gasova, elektronska blokada neovlašćenog pokretanja motora (imobilajzer)
  - komunikacija sa ostalim elektronskim sistemima: elektronska kontrola proklizavanja (TCS), elektronska kontrola izbora stepena prenosa i njihova integracija u jedinstven informacioni sistem vozila



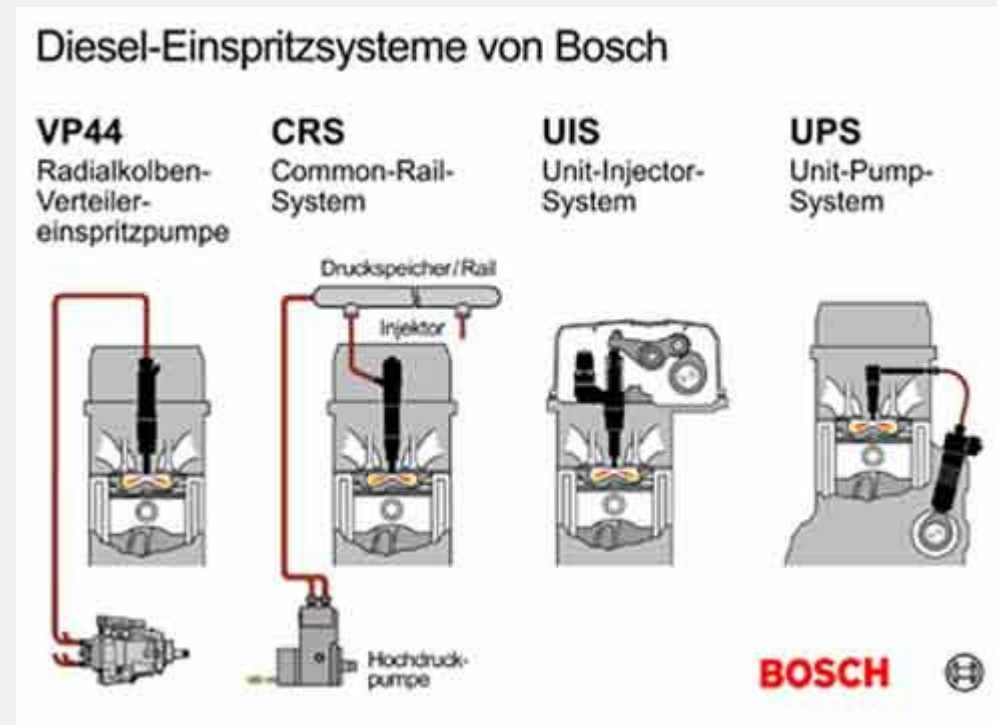
# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Sistemi ubrizgavanja dizel motora

- Redne (linijske) pumpe
- Distributivne (razdelne) pumpe
  - Aksijalne
  - Radijalne
- PF pumpe

## Diskretni sistemi ubrizgavanja

- Sistem pumpa-brizgač
- Sistem pumpa-vod-brizgač
- Akumulatorski sistem ubrizgavanja – Common Rail





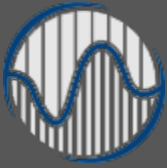


# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Sistemi ubrizgavanja dizel motora – Redne (linijske) pumpe

- Osnovna karakteristika rednih ili linijskih pumpi, bilo da poseduju mehaničku ili elektronsku kontrolu je da svaki cilindar motora poseduje po jedan radni element koji se sastoji od cilindra i klipa. Broj radnih elemenata pumpe odgovara broju cilindara motora.
- Prilikom projektovanja sistema za ubrizgavanje mora biti ispunjen uslov da količina goriva, odnosno trajanje ubrizgavanja pod određenim pritiskom zadovoljavaju potrebe motora u svim režimima rada.

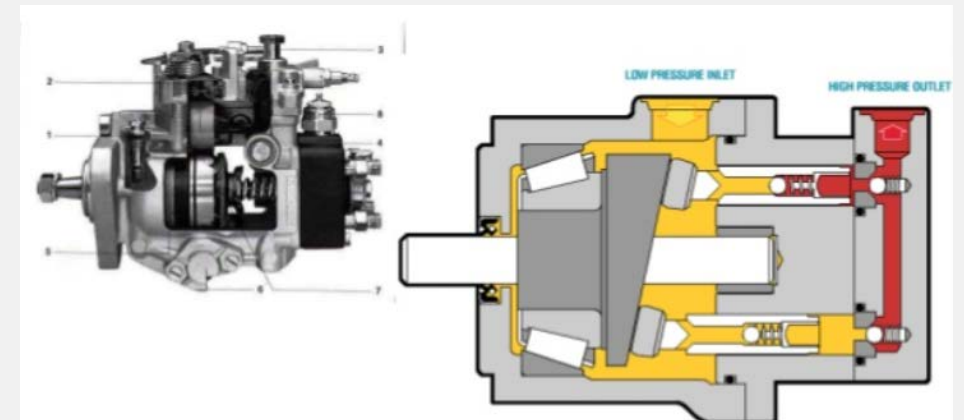




# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Sistemi ubrizgavanja dizel motora – Aksijalno razdelne VE pumpe

- Ove pumpe imaju samo jedan radni element (klip) koji se karakteriše aksijalno-oscilatornim kretanjem, kojim se ostvaruje visok pritisak za potiskivanje goriva
- Istovremeno klip ujedno obavlja i rotaciono kretanje kojim se gorivo raspoređuje i razvodi ka pojedinim cilindrima motoraž
- Ove pumpe karakterišu se kompaktnom konstrukcijom i relativno malim dimenzijama, zbog čega su pogodne za primenu na brzohodnim dizel motorima manjih snaga
- Iako su zastupljene najviše na putničkim vozilima, određene generacije pumpi sa mehaničkom regulacijom koriste se i na motorima manjih teretnih vozila snage do 150 kW sa 6 cilindara.
- Primenom elektronske regulacije (EDC kontrole) omogućena je i primena na motorima sa direktnim ubrizgavanjem, odnosno sa jedinstvenim radnim prostorom



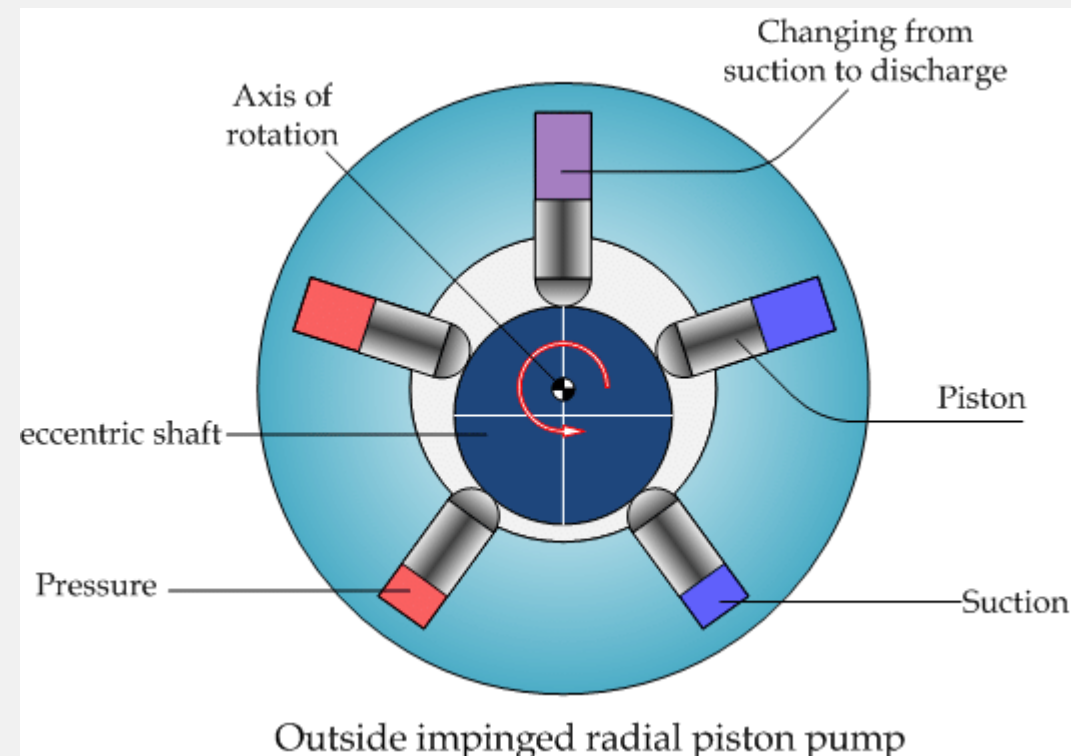


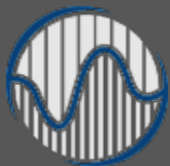


# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Sistemi ubrizgavanja dizel motora – Radijalno-razdelne VE pumpe

- Ove pumpe su zastupljene na brzohodnim dizel motorima sa direktnim ubrizgavanjem za putnička i manja teretna vozila
- Razvijane su specijalno za motore sa direktnim ubrizgavanjem snage do 37 kW po cilindru
- Karakteriše ih radijalan raspored radnih elemenata pumpe u odnosu na glavu osu pumpe
- Izdvajaju se izraženom dinamičkom regulacijom količine i početka ubrizgavanja sa pritiscima od oko 1.600 bar-a na brizgačima





# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Sistemi ubrizgavanja dizel motora – PF pumpe

- Pumpe sa sopstvenim pogonom
- Primenjuju se za masivne brodske motore, za poljoprivredne i građevinske mašine kao i za sporohodne motore
- Nemaju primenu na savremenim motornim vozilima
- Pogodna za 3 do 200 hp/cilindru na dizel motorima od 2kw do 2300 kw





# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

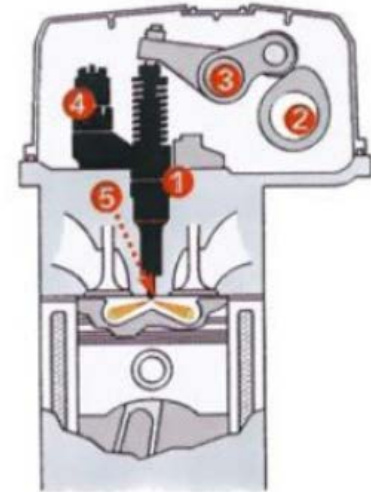
## Diskretni sistemi ubrizgavanja

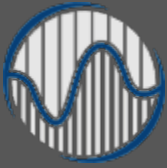
Sistem pumpa-brizgač (UIS-Unit Injector System ili PD sistem)

- Pumpa-brizgač, čine jedinstvenu celinu
- U glavu motora se za svaki cilindar ugrađuje se po jedna pumpa sa brizgačem koja se pokreće pomoću podizača i klackalica ili direktno sa bregastog vratila
- Elektromagnetnim ventilom sa brzim otvaranjem reguliše se početak i trajanje ubrizgavanja
- U sistemu nema vodova, čije fizičke osobine ograničavaju maksimalno ostvarive vrednosti pritiska, pritisci ubrizgavanja mogu dostići vrednost i do 2.000 bar-a
- Koncept EDC kontrole omogućava i dodatne funkcije:
  - podešavanje početka ubrizgavanja u zavisnosti od temperature
  - ravnomerniji rad motora
  - recirkulaciju izduvnih gasova
  - mogućnost pred-ubrizgavanja u cilju smanjenja buke motora
  - mogućnost post-ubrizgavanja u cilju regeneracije DPF filtera (filtera čestica)
  - Dodatno, omogućeno je isključenje pojedinih cilindara motora u režimima rada sa smanjenim ili delimičnim opterećenjem u svrhu uštede goriva

### Unit Injector Systems (UIS)

1. pressure generation unit
2. camshaft
3. rocker arm (roller type)
4. electromagnetic valve
5. injection nozzle

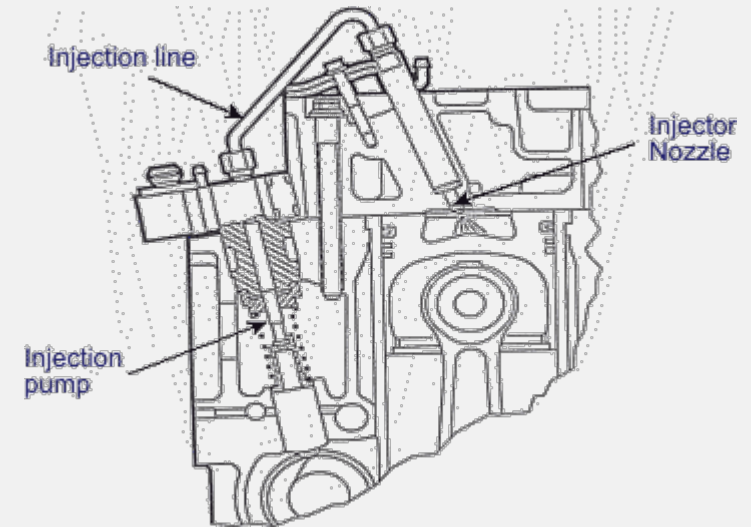


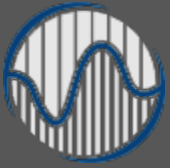


# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Sistem pumpa-vod-brizgač (UPS-Unit Pump System)

- I ovaj sistem ima zasebnu pumpu za svaki cilindar motora, koja se pokreće pomoću posebno ugrađenih bregova na bregastom vratilu, s tim da dodatno sadrži i kratak vod visokog pritiska
- Elektromagnetnim ventilima sa brzim odzivom sekvencijalno se podešava trenutak i količina ubrizganog goriva za svaki cilindar posebno
- Ovako koncipiran sistem ubrizgavanja omogućava značajnu fleksibilnost prilikom projektovanja, obzirom na mogućnost izbora položaja ugradnje bregastog vratila
- Koncept elektronske kontrole rada ovog sistema isti je kao i u slučaju sistema pumpa-brizgač

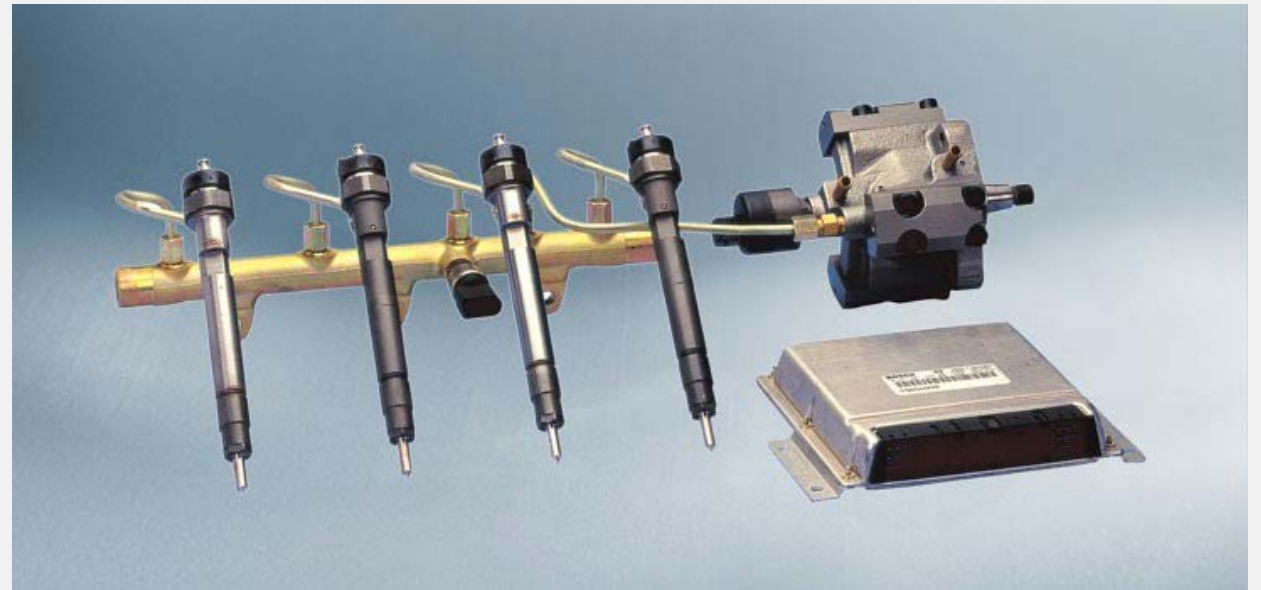




# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Akumulatorski sistemi ubrizgavanja (Common Rail)

- Common Rail, zbog principa akumulatorskog skladištenja goriva u zajedničku magistralnu cev omogućava visok stepen kvalitetnog raspršivanja goriva kao posledica ubrizgavanja pod visokim pritiskom
- Za razliku od ostalih sistema ubrizgavanja dizel goriva, prednost Common Rail-a je nezavisnost generisanja pritiska od broja obrtaja motora i količine ubrizganog goriva
- Količina ubrizganog goriva podešava se kontrolom uključenosti elektromagnetnih ili piezo brizgača





# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Common Rail

Primena ovog sistema je veoma rasprostranjena, a prema izvoru Boscha-a, primena Common Rail sistema je naročito ostvarena u sledećim segmenima:

- putnička vozila – od ekonomičnih motora sa tri cilindra do luksuznih vozila sa deset cilindara
- laka komercijalna vozila, sa izlaznom snagom do 30 kW/cilindru,
- teška komercijalna vozila, lokomotive, brodovi, sa izlaznom snagom do 200kW/cilindru





# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

Prednosti Common Rail sistema su:

- visok stepen fleksibilnosti u procesu projektovanja (odnosi se na raspored komponenti)
- širok domen primene
- visoki pritisci ubrizgavanja
- varijabilno vreme ubrizgavanja,
- mogućnost uvođenja pred i post ubrizgavanja (čak i kasnog post ubrizgavanja, za vozila sa NOx katalizatorom),
- varijacija pritiska ubrizgavanja u zavisnosti od režima rada



# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

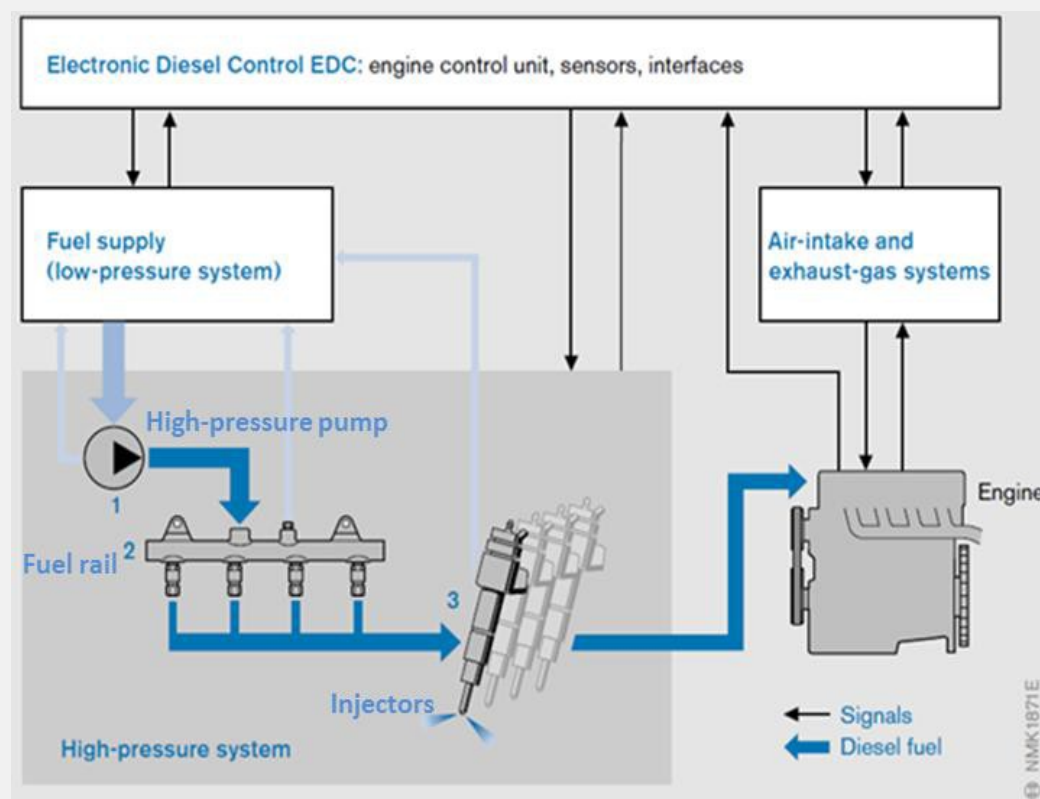
Common Rail sistem se može podeliti na četiri podsistema:

- instalacija niskog pritiska koja obuhvata komponente za napajanje motora gorivom,
- instalacija visokog pritiska koja obuhvata:
  - pumpu visokog pritiska,
  - zajedničku magistralnu cev (rail),
  - visokopritisne vodove,
  - brizgače,
- EDC kontrolu – elektronsku kontrolu rada sistema, koja se sastoji od:
  - davača (senzora),
  - izvršnih elemenata (aktuatora),
  - elektronske kontrolne jedinice,
- podsistema usisne i izduvne grane.



# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

## Principijelna struktura Common Rail sistema

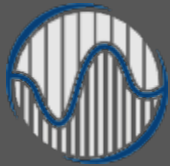




# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

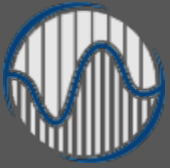
Osnovni senzori u sistemu EDC kontrole kod Common Rail sistema su:

- senzor broja obrtaja motora (senzor broja obrtaja kolenastog vratila),
- senzor broja obrtaja bregastog vratila (davač faze),
- senzor pritiska u rail-u,
- senzor apsolutnog pritiska u usisnoj grani (MAP senzor),
- senzor temperature rashladne tečnosti motora,
- senzor temperature goriva,
- senzor temperature usisanog vazduha,
- senzor mase usisanog vazduha (protokomer),
- senzor brzine kretanja vozila...



# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

- Osnovne funkcije EDC kontrole ogledaju se u određivanju signala električne aktiviranosti brizgača u cilju određivanja odgovarajuće količine ubrizganog goriva pri ostvarenom pritisku ubrizgavanja
- Dodatne funkcije EDC kontrole odnose se na tendenciju unapređenja emisije izduvnih gasova i funkcija komfora i bezbednosti. Primeri dodatnih funkcija EDC kontrole su:
  - kontrola recirkulacije izduvnih gasova (EDC sistem),
  - kontrola usisane mase vazduha,
  - kontrola krstarenja,
  - elektronska blokada pokretanja motora (imobilajzer).



# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

- Podsystem usisne i izduvne grane obuhvata komponente i funkcije sa ciljem smanjenja štetne emisije izduvnih gasova
- Recirkulacija izduvnih gasova je efektivan način da se smanji emisija azotnih oksida (NOx). Azotni oksidi su štetni produkti sagorevanja koji nastaju prilikom sagorevanja smeše sa velikim viškom vazduha na visokim temperaturama
- Vraćanjem izduvnih gasova na ponovno sagorevanje, deo radnog prostora se ispunjava tim inertnim gasovima, koji snižavaju vršnu temperaturu sagorevanja, usled čega se ostvaruje manja emisija azotnih oksida, niža potrošnja goriva i mirniji rad motora
- Recirkulacija izduvnih gasova aktivira se pri nižim radnim opterećenjima i brzinama motora.
- U slučaju pojačanog stepena recirkulacije izduvnih gasova, smanjuje se snaga motora i povećava se emisija čestica čađi
- Obzirom na veliku zastupljenost, sistemi za prečišćavanje izduvnih gasova kod dizel motora su od esencijalnog značaja za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi.

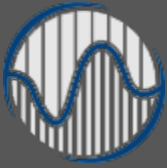




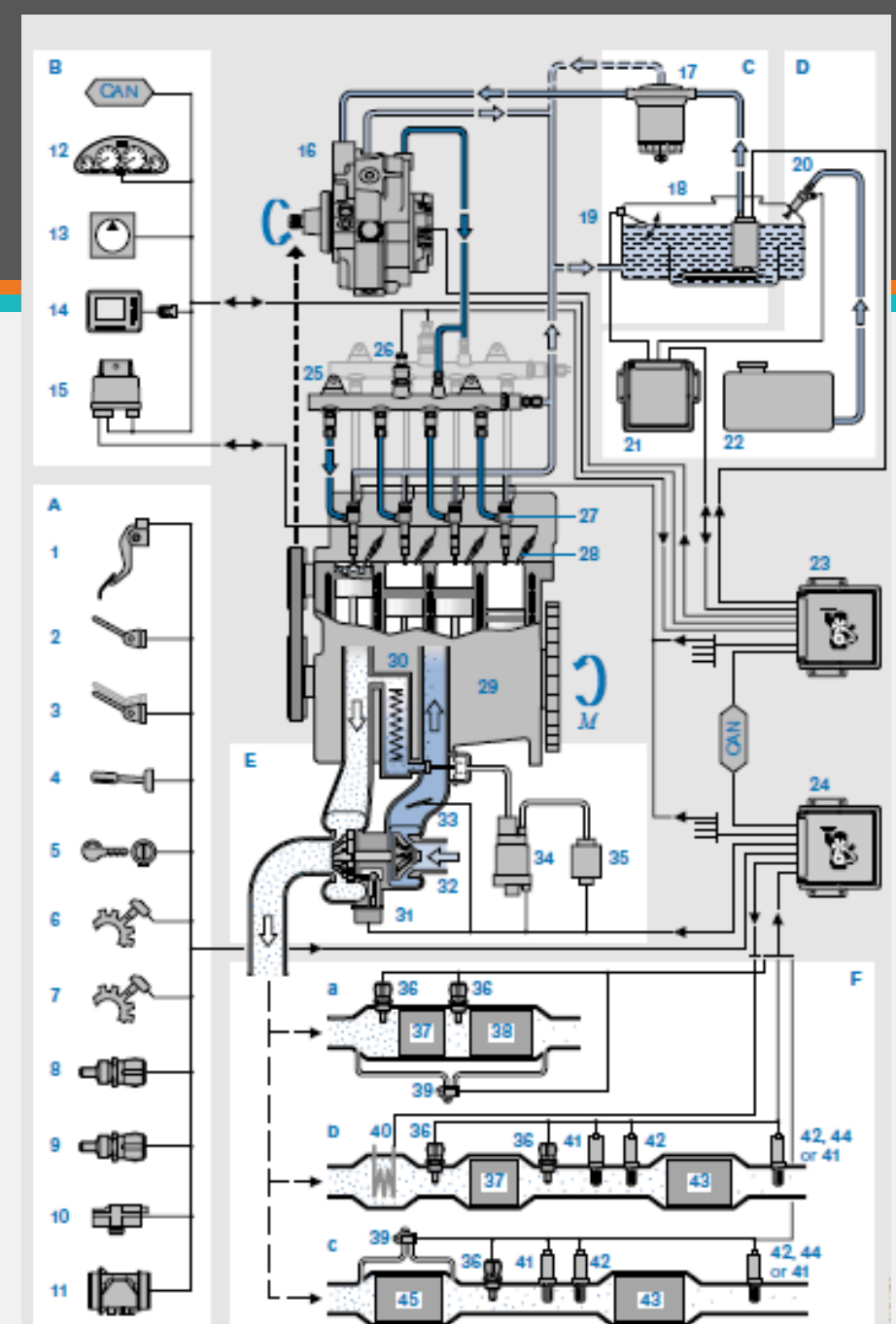
# Elektronski sistem upravljanja radom dizel motora

Osnovni koncepti prečišćavanja izduvnih gasova su:

- Dizel oksidacioni katalitički konvertor (DOC – Diesel Oxidation Catalytic Converter) – prvenstveno redukuje emisiju ugljovodonika (HC) i ugljen-monoksida (CO), kao i lako isparljive komponente čestica čađi.
- Filter čestica čađi (DPF- Diesel Particulate Filter) – skladišti i nakon određenih intervala vrši regeneraciju akumuliranih čestica čađi, putem povećanja temperature izduvnih gasova, čime se inicira proces prinudnog sagorevanja čestica u DPF filteru.
- Katalitički konvertor za azotne okside (NO<sub>x</sub> accumulator-type catalytic converter) – redukuje okside azota NO i NO<sub>2</sub>.
- Selektivna katalitička redukcija (SCR – Selective Catalytic Reduction) – podrazumeva redukciju azotnih oksida uz pomoć amonijaka. Amonijak se dobija procesom hidrolize redukcionog sredstva uree, koja se odvija u katalitičkom konvertoru.



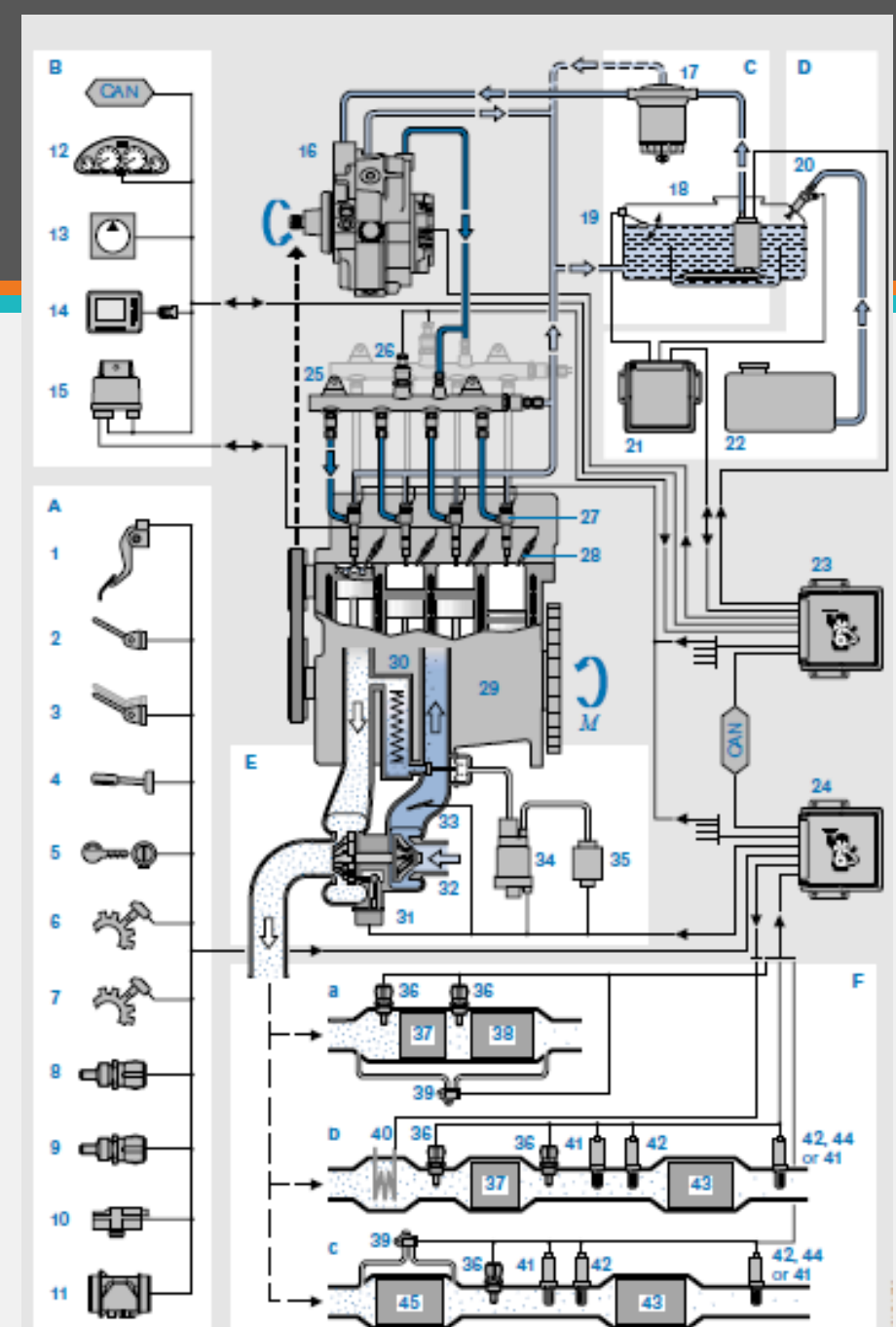
- **Motor, kontrolna jedinica motora i komponente instalacije visokog pritiska**
- 16 – Pumpa visokog pritiska
- 23 – Glavna elektronska kontrolna jedinica
- 24 – Pomoćna elektronska kontrolna jedinica
- 25 – Akumulator goriva (rail)
- 26 – Senzor pritiska goriva u rail-u
- 27 – Brizgači
- 28– Grejači
- 29– Dizel motor
- M – Moment

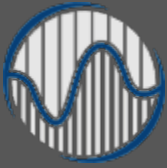




- **A – Ulazni signali**
- 1– Senzor pozicije pedale gasa
- 2– Senzor pozicije pedale kvačila
- 3 – Senzor položaja pedale kočnice
- 4 – Komanda kontrole krstarenja (tempomat)
- 5 – Kontakt-ključ
- 6 – Senzor brzine kretanja vozila
- 7 – Senzor broja obrtaja motora
- 8 – Senzor temperature rashladne tečnosti motora
- 9 – Senzor temperature usisanog vazduha
- 10– Senzor pritiska u usisnoj grani (MAP)
- 11- Senzor usisane mase vazduha (protokomer)

Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija Beograd,2020



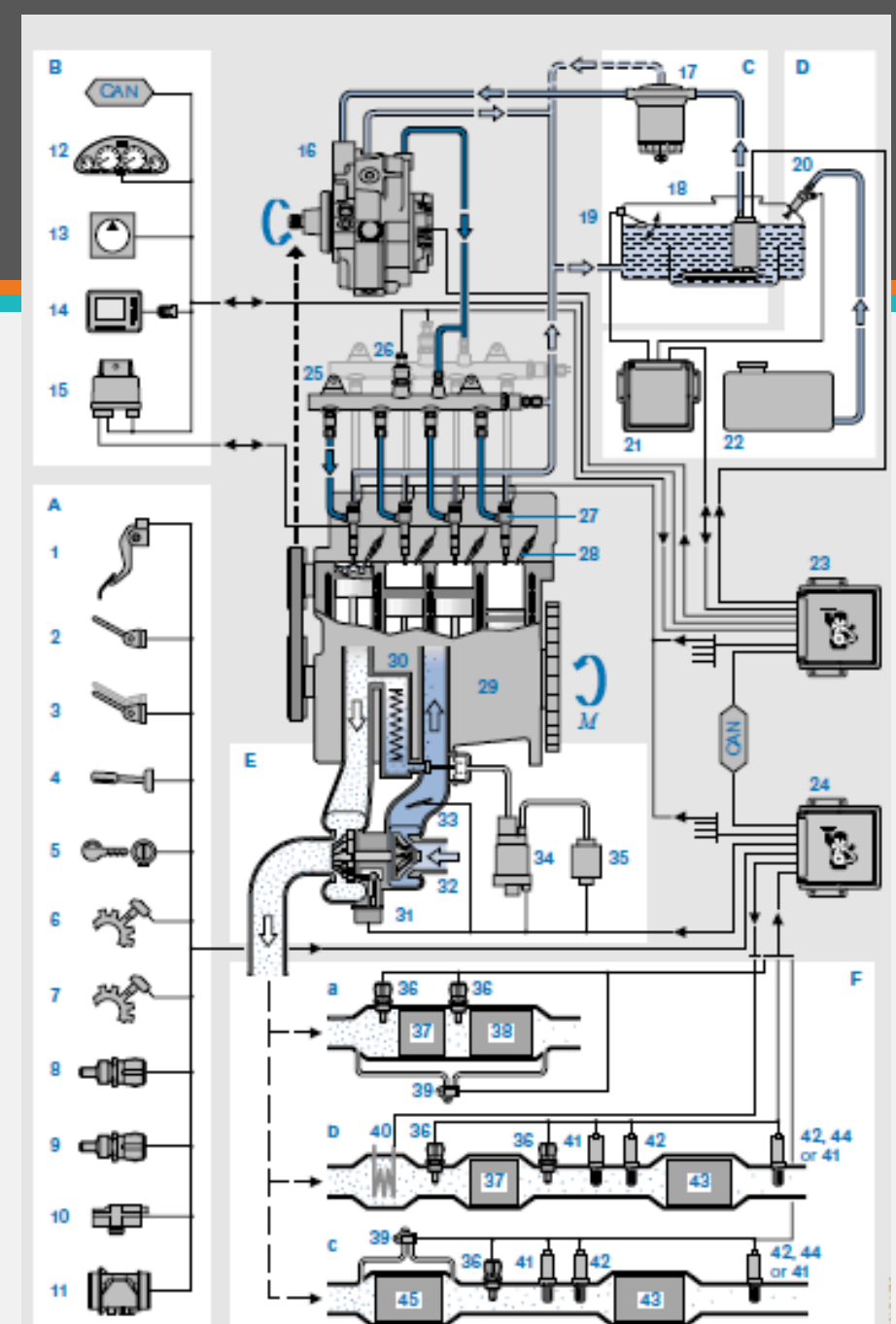


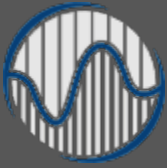
## B – Interfejsi

- 12 – Instrument tabla
- 13 – Klima uređaj
- 14 – Dijagnostički priključak
- 15 – Kontrola rada grejača
- CAN – Controller Area Network

## C – Niskopritisna instalacija goriva

- 17– Filter goriva sa prelivnim ventilom
- 18– Rezervoar goriva, filter i električna pumpa
- 19 – Senzor nivoa goriva



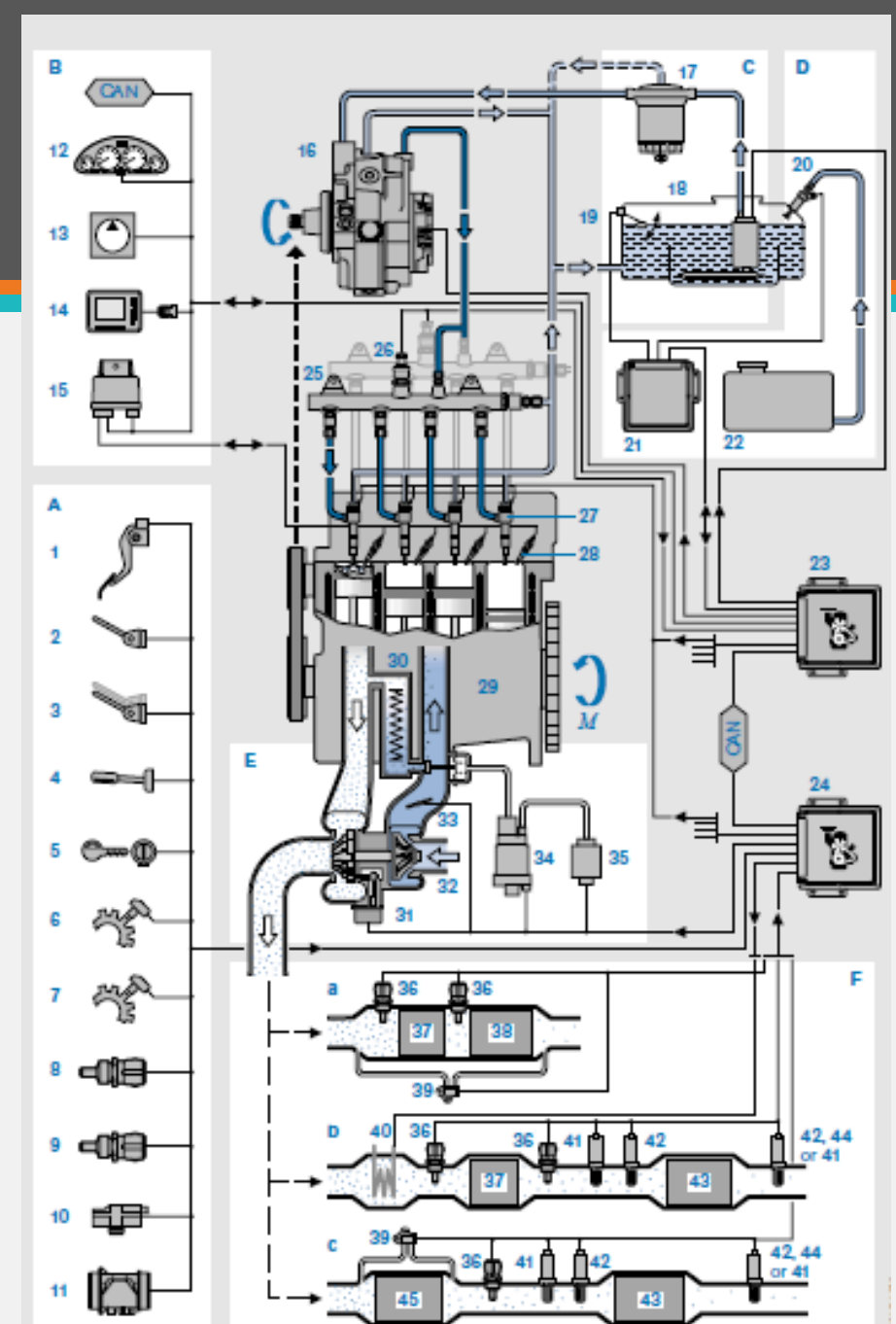


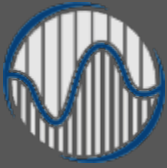
## D – Aditivni sistemi

- 20 - Aditivni uređaj za ubrizgavanje
- 21 - Aditivna kontrolna jedinica
- 22 - Aditivni rezervoar

## E – Usisna grana

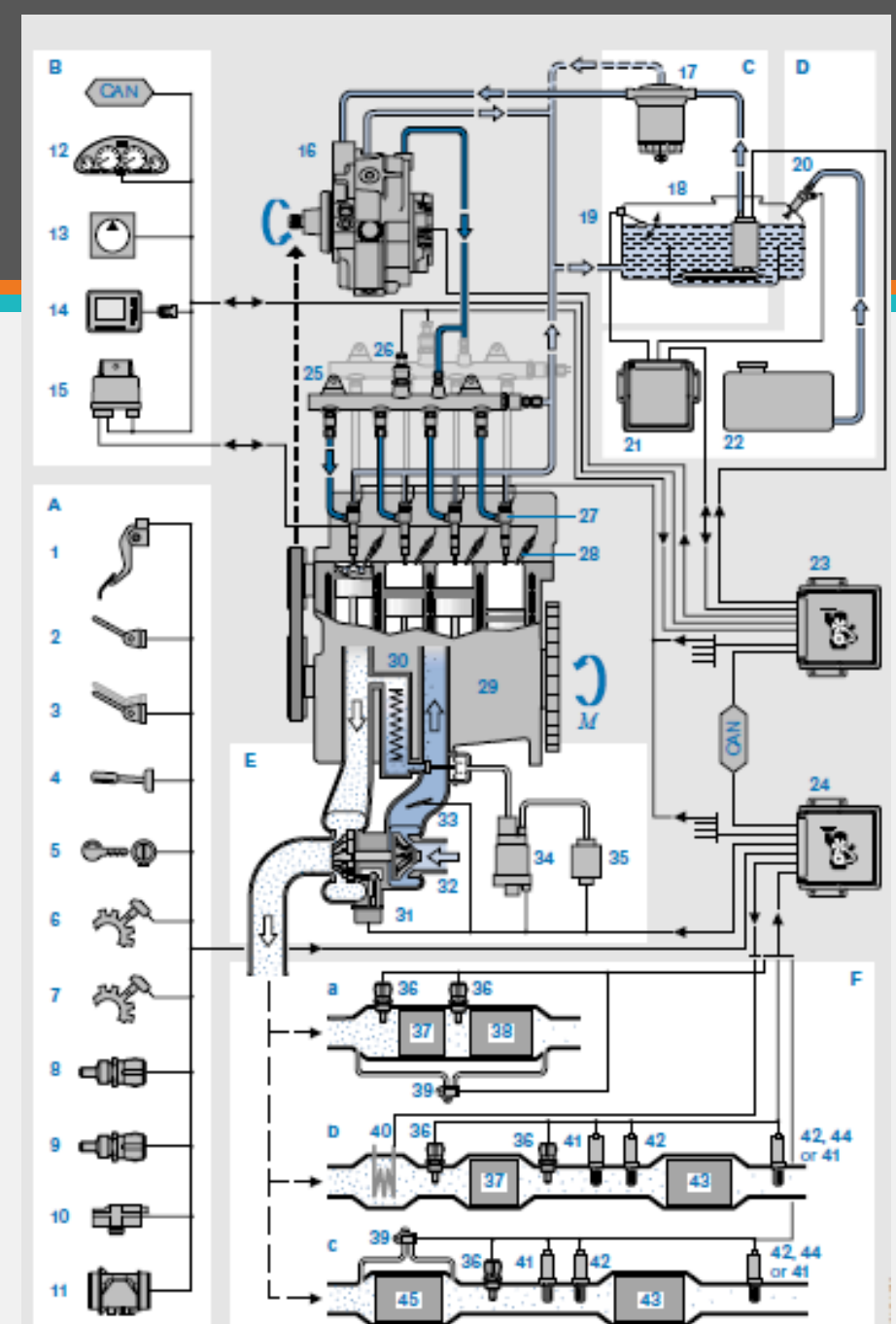
- 30 – EGR hladnjak
- 31 – Regulator pritiska punjenja
- 32 – Turbopunjač (sa varijabilnom geometrijom)
- 33 – Kontrolna klapna
- 34 – EGR regulator
- 35 – Vakuum pumpa



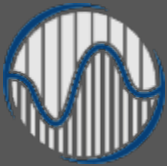


## F – Izduvna grana

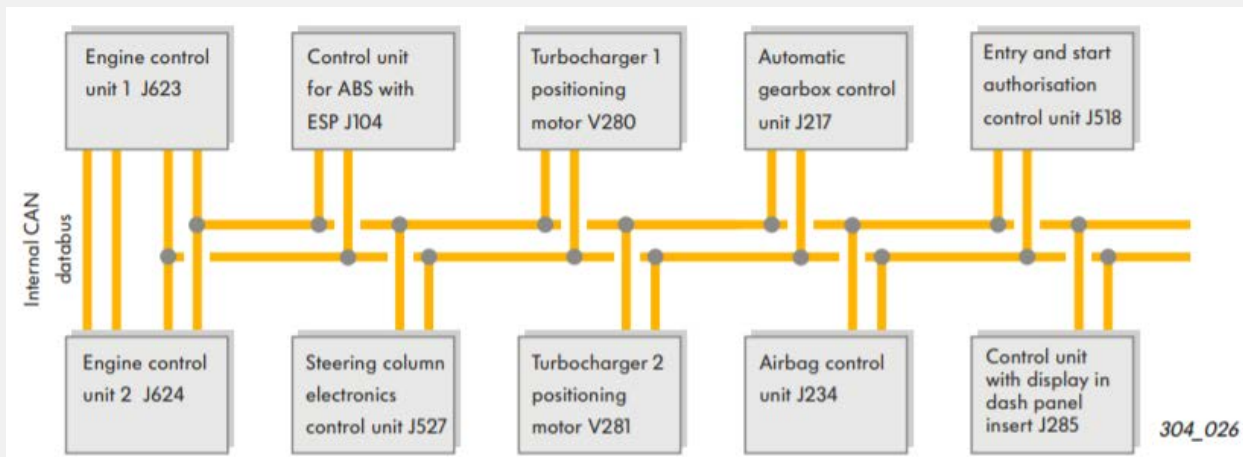
- 36 – Senzor temperature izduvnih gasova
- 37 – Oksidacioni katalitički konvertor
- 38 – Filter čestica čađi (PF tip)
- 39 – Senzor diferencijalnog pritiska
- 40 – Grejač izduvnih gasova
- 41 – NOx senzor
- 42 – Širokopojasna lambda sonda (LSU)
- 43 – NOx katalizator
- 44 – Dvostepena lambda sonda (LSF)
- 45 – Filter čestica čađi







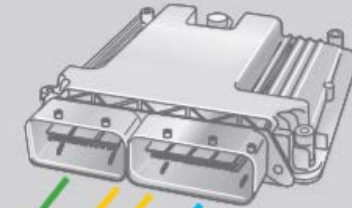
# BOSCH EDC16



## Internal torque demands

- Start
- Idling speed control
- Full throttle
- Power limitation
- Speed governor
- Driving comfort
- Component protection

Engine control unit J...



## External torque demands

Accelerator pedal module

Cruise control system

Automatic gearbox control unit J217

ABS with ESP control unit J104

Climatronic control unit J255

## Realisation of torque demands



EGR valve N18



Unit injector solenoid valves N240 ... 244



Turbocharger 1 positioning motor V280



Turbocharger 2 positioning motor V281

Hvala na pažnji!

