

# DYZELINIO VARIKLIO GALIOS IR IŠMETAMŲJŲ DUJŲ ANALIZĖ KOREGUOJANT VARIKLIO VALDYMO SISTEMĄ

**Osvaldas Kazlauskas, lekt. Tomas Kalinauskis**  
*Šiaulių valstybinė kolegija, Aušros al. 40, Šiauliai*

## **Anotacija**

Straipsnyje nagrinėjamas dyzelinio variklio galios didinimas ir išmetamųjų dujų kiekio pokytis po didinimo darbų. Išanalizuotas automobilio „Audi“ 2,5TDI AKE V formos variklis, jų valdymo sistemų sandara ir veikimo principai, euro standartai, naudojama įranga. atliktas variklio valdymo sistemos koregavimas, galios bei išmetamųjų dujų kiekio matavimas prieš ir po darbų.

**Pagrindiniai žodžiai:** dyzelinio variklio galios analizė, išmetamųjų dujų analizė.

## **Ivadas**

*Tyrimo aktualumas ir problematika:* Šiandien automobilis yra viena iš pagrindinių susisiekimo priemonių. Populiariausi automobilių varikliai išlieka varomi dyzelinu dėl savo efektyvumo, ilgaamžiškumo ir mažų degalų sąnaudų. Bet griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai, priverčia automobilių gamintojus ir techninės priežiūros specialistus ieškoti būdų, kaip sumažinti išmetamų teršalų kiekį ir išlaikyti aukštas variklio charakteristikas.

Variklio valdymo sistemos koregavimas leidžia keisti pagrindinių variklio komponentų darbą t. y turbokompresoriaus pripūtimo slėgį, degalų įpurškimo kiekį ir slėgį, laiką. Tinkamai suderinti parametrai leidžia pasiekti geresnį variklio efektyvumą, sumažinti išmetamųjų dujų kiekį. Taipogi šie gamintojo nustatyti parametrai, gali nebeatitikti esamų dėl galimo variklio, bei jo komponentų nusidėvėjimo.

Pernelyg aukštas galios didinimas gali lemti emisijų pažeidimą, o emisijų mažinimas gali lemti variklio galios praradimą.

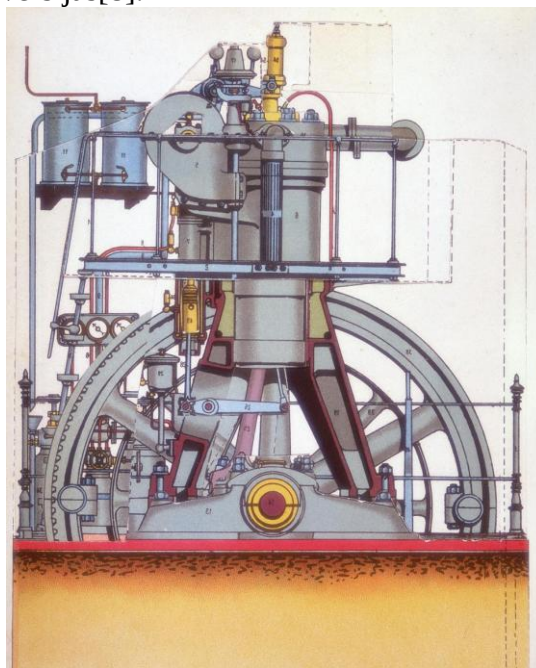
Šiuolaikinių variklių gamyboje svarbus dviejų vienas kitam prieštaraujančių faktorių derinimas – siekiamas didesnis variklio galingumas išlaikant kuo mažesnę išmetamųjų dujų taršą, jog būtų atitinkami vis labiau griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai. Viena iš galimybių yra variklio valdymo sistemų koregavimas, bet apie būtent tokių darbų atlikimą ir rezultatus trūksta informacijos. Tad kyla problema, kaip pasirinktas variklio valdymo sistemų koregavimas susijęs su galios ir išmetamųjų dujų kiekio pokyčiu?

*Tyrimo objektas:* Automobilio dyzelinio vidaus degimo variklio valdymo sistema

*Tyrimo tikslas:* Automobilio dyzelinio vidaus variklio galios didinimas koreguojant variklio valdymo sistemą ir galios bei išmetamųjų dujų pokyčio nustatymas po koregavimo.

### ***Dyzelinio variklio istorija***

Dar 1824 metais prancūzų fizikas Nicolas Léonard Sadi Carnot suformulavo Karno ciklo teoriją, kurioje teigiama, jog norint išgauti maksimalų šiluminės mašinos efektyvumą, reikia įkaitinti darbinį kūną iki kuro degimo temperatūros jį staigiai suspaudžiant, t. y. mažinant tūrį. Vokiečių inžinierius Rudolfas Kristianas Karlas Dyzelis 1890 m. pasiūlė šio teorinio principo praktinį taikymą, o 1892 m. vasario 23 d. užpatentavo savo variklio konstrukciją (JAV patentas išduotas 1895 m.). 1893 m. jis paskelbė informacinę brošiūrą apie savo išradimą ir vėliau patentavo kelias modifikuotas variklio versijas[8].



1 pav. Pirmasis dyzelinis variklis [8]

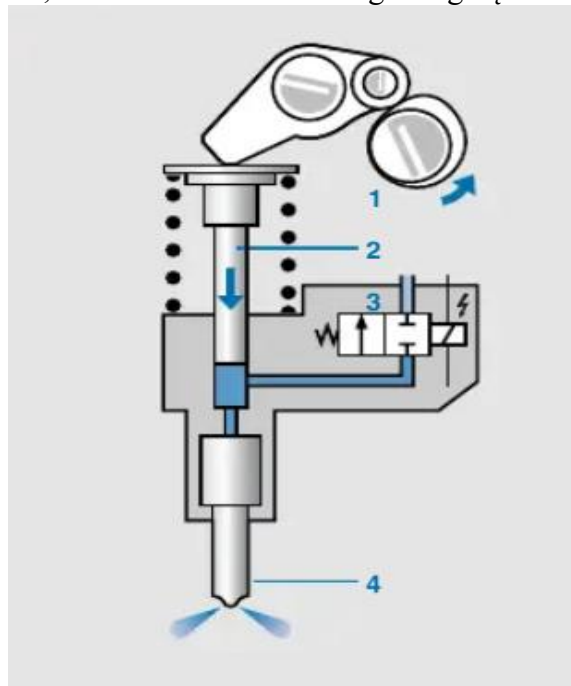
Po keleto nesėkmingų bandymų 1897 m. pradžioje Dyzelis sukūrė pirmąjį (žr. 1 pav.) praktiškai veikiantį vidaus degimo variklį, pavadintą „Dyzel motor“, kuris buvo sėkmingai išbandytas tų pačių metų sausio 28 dieną, po šio pasiekimo jis pradėjo aktyviai platinti gamybos licencijas įvairioms įmonėms[9].

Nepaisant didelio naudingumo koeficiento ir eksploatacinių pranašumų prieš garo mašinas, tokio tipo variklio plėtrą riboja reikšmingi trūkumai – didelis svoris ir gabaritai[9].

Po ilgų dyzelinio variklio tobulinimo bei raidos metų, tik XX-ojo amžiaus pusėje tapo vis labiau populiariesnis visuomeniniame transporte, ir nuo 1950-ųjų buvo dideliais kiekiais dyzeliniai varikliai pradėti montuoti į sunkvežimius bei furgonus. Bėgant metams dėl gero ekonomiško, mažesnio toksiškų išmetamųjų dujų kiekio dyzelinių variklių naudojimas lengvuosiuose bei krovininiuose automobiliuose labai sparčiai augo[9].

### ***Dyzelinių variklių valdymo sistemos***

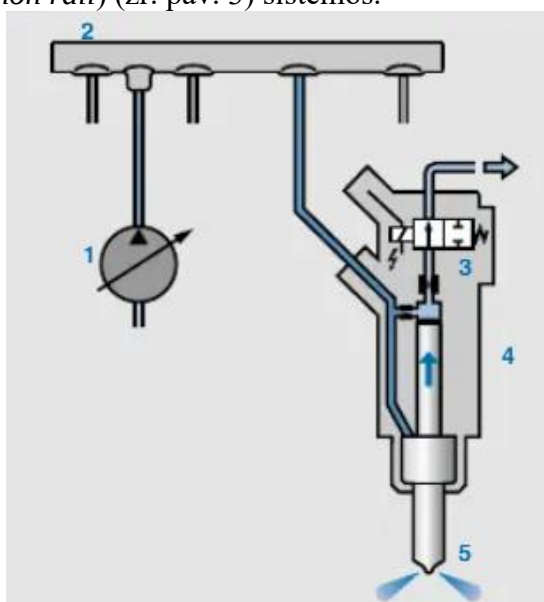
Dyzelinių variklių pirmtakai naudojo primityvias degalų tiekimo sistemas, be elektrinių komponentų, jutiklių, degalus tiekdamo visiškai mechaniniai aukšto slėgio siurbiai, o degalus išpurkšdavo bei atomizuodavo visiškai mechaniniai purkštuvai veikiantys nuo sukeliama slėgio. Vystantis automobilių inžinerijai paprastus mechaninius aukšto slėgio degalų siurblius keitė mechaniniai degalų siurbiai su elektroniniais komponentais – elektromagnetais paskubos kampui ir degalų išpurškimo laikui keisti, individualiais aukšto slėgio degalų siurblio valdymo blokais[5].



2 pav. Purkštuvas – siurblys[15]:

1 – Valdymo kumštelis; 2 – Siurblio plundžeris; 3 – Aukšto slėgio elektromagnetas; 4 – Purkštuvo antgalis. [5]

Šiuos įrenginius palaipsniui keitė techniniu terminu (*pumpe-duse*) pavadintos (žr. pav. 2) maitinimo sistemos – tai siurbiai purkštuvai, kurie degalus slėgdavo paskirstymo velenėliu bei išpurkšdavo patys, valdomi elektroninio valdymo bloko. Vėliau šiuos purkštuvus – siurblius pakeitė akumuliatorinės (angl. *common rail*) (žr. pav. 3) sistemos.



3 pav. Akumuliatorinės maitinimo sistemos sandara[5]:

1 – Aukšto slėgio siurblys; 2 – Degalų akumuliatorius; 3 – Aukšto slėgio valdymo elektromagnetas; 4 – Purkštuvo mazgas; 5 – Purkštuvo antgalis. [5]

Šios sistemos turi grandinę ar diržinę pavara sukamą aukšto slėgio siurbį, elektromagnetinius degalų purkštuvus sumontuotus kiekvienam cilindrai, bei elektroninį valdymo bloką. Įpurškimo laikas ir trukmė kontroliuojama labai tiksliai, dėl šių savybių šiomis sistemomis aprūpinti varikliai labai efektyviai naudoja degalus, dirba tyliau, bei degalų proporcijai esant tiksliai dozuojamai išmetamųjų dujų kiekis tampa labai mažas.

### ***Automobilio „Audi“ variklio pasirinkto bandymui analizė***

Automobilio „Audi“ 2,5Tdi variklis – tai V formos šešių cilindrų, dėl euro standarto pokyčių, dyzelinis variklis pakeitęs penkių cilindrų eilėje pirmąją, pasižymėjus aukštu sukimo momentu žemuose variklio sūkiuose, kas užtikrino gerą dinamiškumą miesto bei užmiesčio važiavimo sąlygomis. Gamintas nuo 1996 iki 2006 metų. Buvo montuojamas į daugelį „Audi“ gamos automobilių kėbulų. Populiarūs „Audi“ modeliai kuriuose buvo montuojamas šis variklis: „Audi“ A6 (kėbule 4B) „Audi“ A4 (kėbule 8D,8E). Atitiko Euro 3 emisijų standartą. „Audi“ išleido daug šio variklio variacijų, pakeitimų ir atnaujinimų. Skirtingos šio variklio versijos leido turėti skirtingą galią kuri svyruoja nuo 150 AG iki 180 AG ir turi skirtingą sukimo momentą nuo 310 Nm iki 370 Nm [11].



4 pav. Automobilio „Audi“ 2,5Tdi variklis [11]

„Audi“ kūrinys, 2,5 litro darbinio tūrio, keturių taktų, šešių cilindrų dyzelinis TDI variklis (žr. 4 pav.) (angl. *turbocharged direct injection*) trumpinys reiškia, jog variklis turi įrengtą turbokompresorių ir tiesioginę degalų įpurškimo sistemą. Šis V6 variklis, buvo pirmasis „Audi“ gamos dyzelinis V formos variklis. Turintis  $2496\text{cm}^3$  darbinį turi, du paskirstymo velenėlius (Įsiurbimo ir išmetimo) kiekvienoje variklio galvoje, velenėliai varomi paskirstymo diržu. Kiekvienas cilindras turi 4 vožtuvus, hidraulinius kompensatorius, bei slydimo guolio veikimo pagrindu sumontuotus vožtuvų kėlikus. Variklio galvos pagamintos iš aliuminio, galvų dangteliai plieniniai, cilindrų blokas iš ketaus. Degalų maitinimo sistemai buvo pasirinktas „Bosch“ VP44 siurblys – tai elektroniniu būdu valdomas degalų tiekimo įrenginys. su elektroniniu valdymo bloku „Bosch“ EDC15VM+ [10].

### ***Dyzelinio variklio galios didinimo būdai***

Tyrimui pasirinkto variklio AKE galią galima kelti dviem būdais: Elektroniniu (variklio

valdymo bloko programavimas) ir mechaniniu (turbokompresoriaus, purkštuvų, tarpinių oro aušintuvų keitimas). Montuojant didesnį turbokompresorių į variklį galima tiekti daugiau oro, su didesniu oru kiekiu galima didinti ir degalų kiekį. Tiekiant daugiau oro didėja jo keliamas slėgis, kylant slėgiui didėja į variklį patenkančio oro temperatūra, kylant temperatūrai mažėja oro tankis, kuo mažiau deguonies tuo labiau suprastėja degimo procesas. Jog išvengti šios grandininės reakcijos montuojami didesni tarpiniai oro aušintuvai, aušintuvo didesnis plotas, plonesnės ir platesnės aušintuvo plokštelės leidžia orą atvėsinti daug efektyviau.

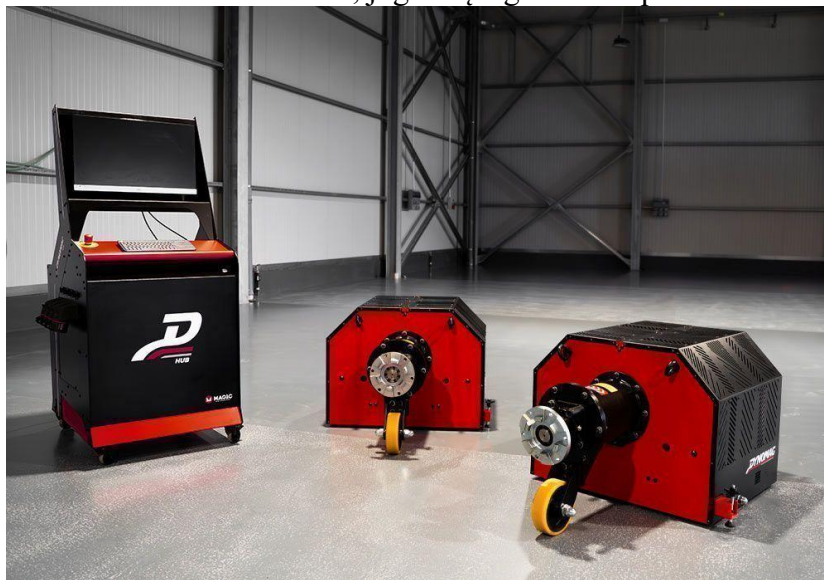
Padidėjus tiekiamam oro kiekiui, reikalingas didesnis degalų kiekis. Degalų kiekiui didinti naudojami purkštuvai nuo galingesnės variklio versijos, pavyzdžiui turint silpniausią AKN 110kw ir 310nM variklio versiją galime montuoti purkštuvus nuo AKE 132kw ir 370nM turinčio variklio. Gausime bent 20kw prieaugį atitinkamai atlikus ir kitas modifikacijas. Jei galios prieaugis siekiamas daug didesnis, tuo atveju montuojami didesnio pralaidumo neoriginalus purkštuvai.

Elektroninis variklio galios kėlimas. Galia keliama perprogramuojant variklio valdymo programą, keičiant pagrindinius žemėlapius: degalų kiekio bei turbokompresoriaus slėgio. Pakeitus žemėlapius padidinamas turbokompresoriaus pripūtimo slėgis bei degalų kiekis išduodamas aukšto slėgio degalų siurblio, jog mišinys išliktų tinkamas.

## Naudojama įranga ir specifikacijos

### *Galios matavimo įrenginys*

Pasaulyje vyraujančių automobilių modelių, bei modifikacijų kiekis tapo milžiniškas, skirtingos kėbulo formos, važiuoklės konstrukcijos, varikliai. Kadangi pasiūlos kiekis didėja, didėja ir skirtingo darbinio tūrio, cilindų kiekio, kuro tipo, galingumo varikliai. Jog nustatyti variklių maksimalų galingumą, reikalingi įrenginiai, vadinami automobilio galios matavimo stendais. Šių įrenginių pagalba išmatuojamas maksimalus variklio galingumas (Ag/kW) ir sukimo momentas (Nm) naudojant apkrovą. Tai tarsi važiavimas automobiliu į stačią įkalnę. Dažniausiai naudojami inerciniai dinamometrai, šie stendai turi volus kurių inercijos pagalba matuojamas galingumas, didelio galingumo automobiliai. Taip pat gali būti naudojamas stebulinis galios matavimo stendas. Pagrindinis stebulinio stendo skirtumas nuo inercinio, jog stendas yra mobilus ir matavimas vykdomas naudojant stende esančius stabdžius, jog būtų išgaunama apkrova.



5 pav. Galios matavimo stendas „Dynomag“ [6]

Šiame projekte automobilio galios matavimo darbams naudojamas „Dynomag“ hub stebulinis galios matavimo stendas (žr. 5 pav.), jis yra mobilus, lengvai prijungiamas bei gali matuoti automobilių galią kurie yra varomi dvejais arba keturiais varomaisiais ratais. Stendo kompiuteris aprūpintas naujausia programine įranga, greitu procesoriumi, HD raiškos monitoriumi ir avarinio

stabdymo jungikliu. Moderni kompiuterio sąsaja išaugo jau matuotų automobilių duomenis, leidžia pasirinkti norimo bandymo tipą, bei lengvai lyginti gautus rezultatus[6]. Šio stendo techninės specifikacijos nurodytos (žr.1 lentelė ).

1 lentelė Galios matavimo stendo techninės specifikacijos[6]

| Modelis                             | //    | Dynomag Hub                                     |
|-------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|
| Šaltinio maitinimo įtampa           | Vac   | Trijų-fazių: 400                                |
| Šalinio dažnis                      | Hz    | 50                                              |
| Darbo vietos garso lygis            | dB(A) | < 70                                            |
| Darbo vietos temperatūra            | °C    | [0; +40]                                        |
| Maksimalus drėgmės lygis dirbtuvėse | %     | 85                                              |
| Galimos pavarų dėžės                | //    | Mechaninė, automatinė, CVT (lockup transmisija) |

Šiuo stendu atliekami matavimai yra tikslūs, nes stendas tiesiogiai sujungiamas su automobilio stebule, nėra ratų ar volų keliamų nuostolių. Šiuo įrenginiu atlikti matavimai prieš ir po programos koregavimo darbų, palyginti ir aptarti gauti rezultatai.

#### ***Išmetamųjų dujų kiekio matavimas***

Šių dienų viena iš didžiausių pasaulio problemų yra didėjančios CO<sub>2</sub> emisijos keliamos pramonės bei transporto sektorių. Europa siekdama mažinti išmetamųjų dujų kiekį į atmosferą taiko įvairius apribojimus, mokesčius. Transporto sektoriuje taikomi vis griežtesni euro standartai naujai pagamintiems automobiliams, žemės ūkio technikai, sunkvežimiams, vilkikams. Šiais standartais vis labiau ribojamas kenksmingų išmetamųjų dujų kiekis į atmosferą taikant papildomus filtrus ir įrengimus dujų kenksmingumo mažinimui.

Siekiant išsiaiškinti, koks išmetamųjų dujų pokytis įvyks atlikus variklio valdymo programos korekciją, atliekamas išmetamųjų dujų kiekio matavimas, tuo pačiu metu vykdant automobilio galios matavimą. Šiame darbe išmetamųjų dujų kiekio matavimui naudojamas (žr. 6 pav.) „Nextech“ NDO-6000 dūmingumo matavimo įrenginys.



6 pav. Išmetamųjų dujų kiekio matavimo prietaisas „Nextech“[7]

Šis matuoklis rodo dūmų tankį, kurio pagalba įvertinamas degimo efektyvumas, šis įrenginys yra tinkama diagnostinė priemonė atliekant dyzelinių variklių techninę priežiūrą, jog būtų taupiau vartojami degalai ir saugoma aplinka[7]. Atlikus matavimus šiuo įrenginiu, bus aptarti bei paminėti pokyčiai prieš ir po variklio valdymo programos koregavimo.

#### ***Gedimo klaidų bei parametrų realiu laiku fiksavimas***

Atliekant matavimus automobilių galios matavimo stendu svarbu fiksuoti parametrus realiu laiku, kadangi iš šių užfiksuotų grafikų bus galima stebėti pokyčius prieš ir po, bei nustatyti kuriuose vietose reikalingi pokyčiai. Šiam darbui atlikti bus naudojama „Bosch“ KTS560 diagnostinė įranga (žr. 7 pav).



7 pav. diagnostinė įranga „Bosch“ KTS560 [12]

2 Lentelė diagnostinės įrangos „Bosch“ KTS560 specifikacijos[12]

|                                                      |     |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Darbinė įtampa                                       | V   | 8-28                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Automobilio ar maitinimo šaltinio suvartojama įtampa | W   | <10                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Prijungimas prie kompiuterio                         | -   | USB 2.0, Bluetooth 1 klasė                                                                                                                                                                                                                                |
| Svoris                                               | kg  | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Apsaugos laipsnis                                    | -   | Nuo dulkių ir drėgmės IP53                                                                                                                                                                                                                                |
| Multimetro pralaidumas                               | kHz | 100                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Palaiko transporto priemonių protokolus              | -   | SO 15031, ISO 22900, SAE J2534-1 ir -2 (PassThru), ISO 9141-2 (K ir L), SAE J1850 VPW ir PWM, CAN High Speed ISO 11898, ISO 15765-4 (OBD), CAN Single Wire, CAN Low Speed, ISO 13400 (diagnostika per IP) ir kiti transporto priemonės būdingi protokolai |
| Matmenys                                             | mm  | 125x44x180                                                                                                                                                                                                                                                |
| Darbinė temperatūra                                  | °C  | 5-40                                                                                                                                                                                                                                                      |

Visos specifikacijos bei nurodomi protokolai nurodyti lentelėje (žr. 2 lentelė). Kartu su „Bosch“ FSA560 yra ESI [tronic] 2.0 programine įranga palaikanti visus naujausius dabartinius diagnostinius protokolus ir daugelį automobilių gamintojų įskaitant, VAG, Mercedes-Benz, BMW, Volvo, Jaguar ir t.t [12].

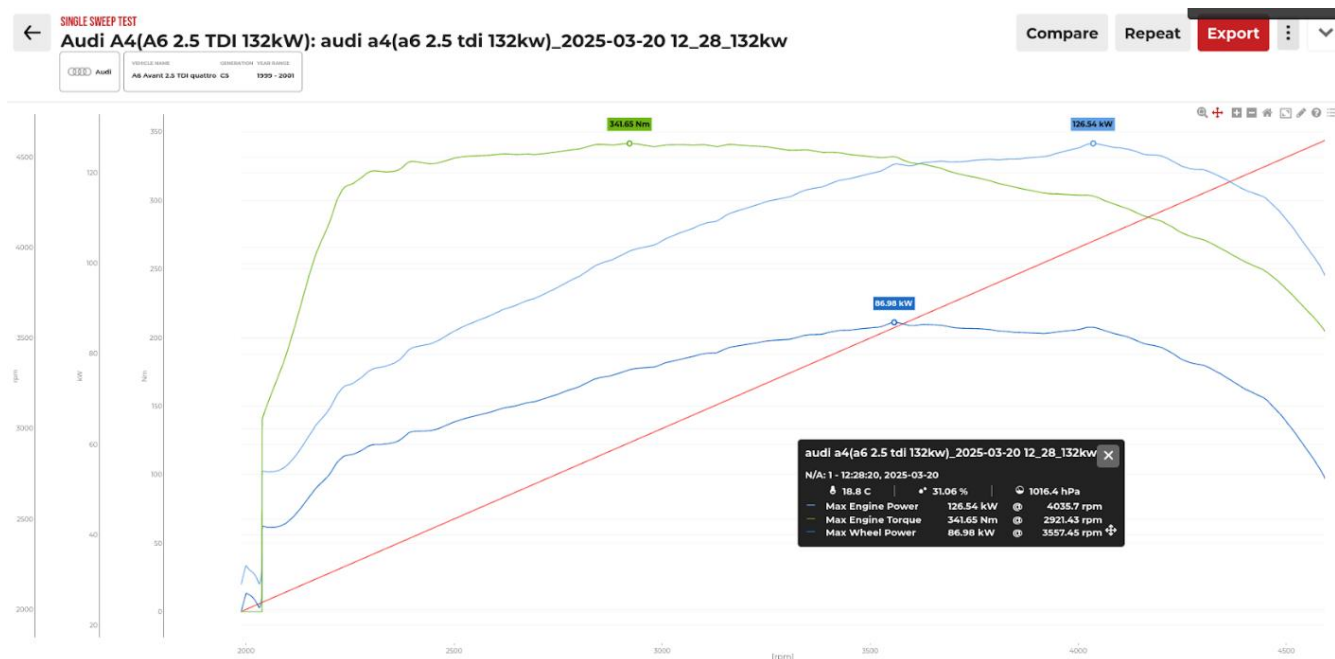
#### **Automobilio „Audi“ galios ir dūmingumo matavimas**

Siekiant sužinoti, galios, bei išmetamųjų dujų kiekio pokytį reikia sužinoti esamą variklio galingumą ir vėliau atlikti matavimą po programavimo darbų. Atlikti matavimai automobilių galios stendu, rezultatai palyginti su gautais prieš programavimą, bei gamintojo deklaruojamais duomenimis. Visi matavimai atlikti 5 pavara, matavimo pradžia ties 2 tūkstančiais per minutę alkūninio veleno apsisukimų.

Prieš pradėdant matavimo darbus, paruošiamas automobilis, patikrinamas alyvos ir aušinimo skysčio lygis, eksploatacinių skysčių nuotėkiai, esant nuotėkiams matavimas nepradedamas, atliekami remonto darbai. Jei skysčių lygis geras, nuotėkių nepastebėta, automobilis prijungiamas prie automobilio galios matavimo stendo

## Variklio galios matavimas su standartine variklio valdymo programa

Prieš pradėdant variklio programos koregavimo darbus, pirmiausia išmatuojamas esantis variklio galingumas bei išmetamųjų dujų kiekis. Taipogi stebimi ir fiksuojami parametrai realiu laiku naudojantis diagnostine „Bosch“ įranga, pagal šiuos duomenis kurie gauti varikliui esant apkrovos metu, bus koreguojama variklio valdymo programa.



1 pav. Galios matavimo kreivės su standartine variklio valdymo programa

3 lentelė. Galios matavimo rezultatai su standartine variklio valdymo programa

| Alkūninio veleno apsisukimai (RPM) | Išmatuotas sukimo momentas | Išmatuotas galingumas | Išmatuota galia perduodama į ratus (kW) |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| 2117                               | 209,09                     | 57,34                 | 44,40                                   |
| 2238                               | 310,04                     | 72,91                 | 57,47                                   |
| 2321                               | 321,10                     | 76,98                 | 59,95                                   |
| 2647                               | 333,59                     | 90,70                 | 68,49                                   |
| 2993                               | 339,83                     | 104,62                | 77,49                                   |
| 3335                               | 337,06                     | 115,92                | 83,97                                   |
| 3697                               | 320,62                     | 122,42                | 85,85                                   |
| 4053                               | 301,34                     | 126,28                | 85,44                                   |
| 4431                               | 251,23                     | 115,23                | 77,93                                   |

Gautas galingumo rezultatas 126,54kW ir 341Nm sukimo momentas (žr. 3 lentelė). Gauta galios kreivė yra ganėtinai tolygi (žr. 8 pav.) Išmatuoti rezultatai (žr. 3 lentelė), lentelėje esantys duomenys paimti iš detalių grafiko nuotraukų esančių skyriuje priedai). Dėl variklio nusidėvėjimo, turime galios ir sukimo momento sumažėjimą nuo gamintojo deklaruojamų duomenų. Remiantis lentele prieš modifikacijas atlikto matavimo, išmatuota maksimali galia 126,5Kw ir 341.65 Nm lyginant gamintojo deklaruojamus duomenis (132 kW galingumas ir 370Nm sukimo momentas) variklis per 25metus eksploatacijos prarado 5,5kw (4,2%) galios ir 29Nm (7,7%) sukimo momento.

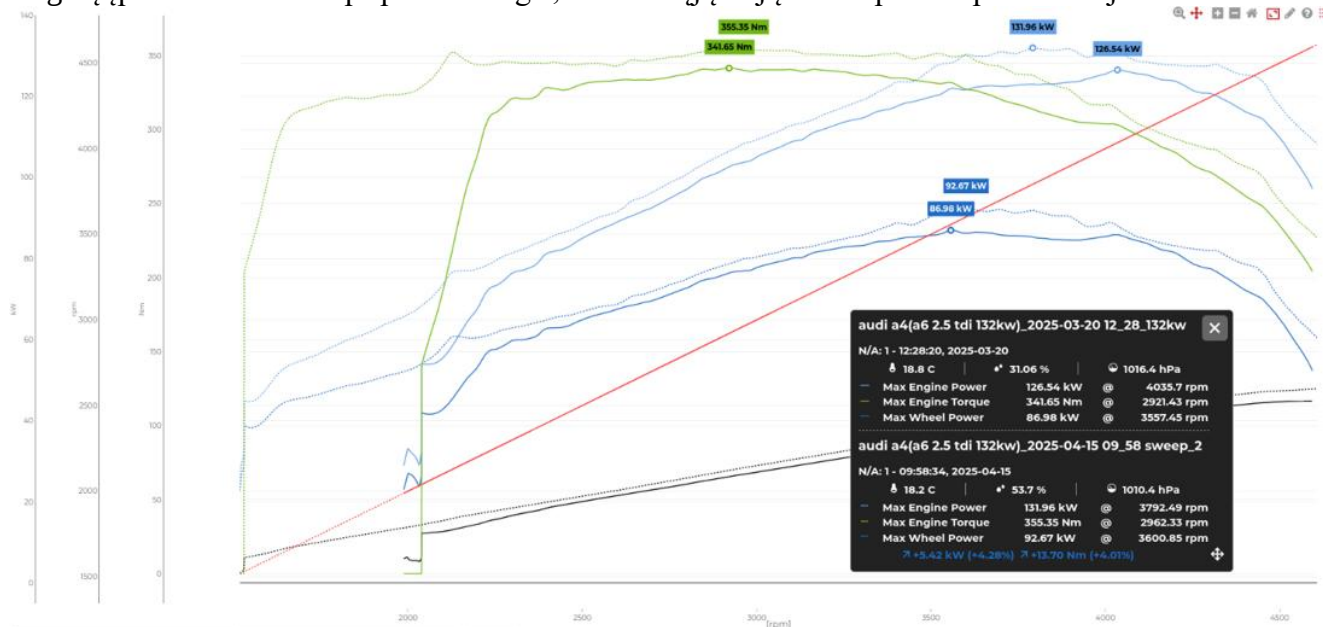
### Automobilio „Audi“ variklio valdymo sistemos koregavimas

Buvo pasirinktas variklio valdymo sistemos koregavimas programiškai. Keičiant variklio valdymo bloko parametrus.

Jog automobilio variklio darbas vyktų sklandžiai nebūtų viršijamas turbokompresoriaus pripūtimo slėgis bei degalų kiekis tiekiamas į cilindrus, variklio valdymo programoje yra tam atitinkami ribotuvai, kurių slenkstines reikšmes reikia padidinti norint gauti didesnę variklio galią. Pagrindiniai žemėlapiai kurių vertės yra keičiamos didinant variklio galią:

- Turbokompresoriaus slėgio vienetinis ribotuvas
- Pripūtimo slėgio ribojimas pagal esamą atmosferos slėgį
- Turbokompresoriaus pripūtimo tikslinė vertė
- Turbokompresoriaus aktuatoriaus elektromagneto valdymo žemėlapis
- Sukimo momento ribotuvo žemėlapis
- Vairuotojo pageidavimo žemėlapis
- Degalų įpurškiamo kiekio valdymo žemėlapis
- Degalų įpurškimo pradžios žemėlapis
- Degalų įpurškimo pradžios ribojimo žemėlapiai.

Po programos koregavimo atlikti pakartotiniai galios matavimai. Atlikus matavimus prieš ir po korekcijų matavimo rezultatai surašyti lentelėse. Paminėti galios bei sukimo momento skirtumai. Degalų įpurškimo bei oro pripūtimo slėgis, išmetamųjų dujų kiekis prieš ir po korekcijos.



9 pav. Galios matavimo rezultatai prieš ir po variklio valdymo sistemos koregavimo

Žemiau paminėti duomenys imti iš kreivių gautų atlikus matavimą. Nuotraukoje (žr. 9 pav.) matoma maksimali galia gauta prieš ir po variklio valdymo programos pakeitimo.

4 lentelė Galios matavimo rezultatai po variklio valdymo sistemos koregavimo

| Alkūninio veleno | Išmatuotas sukimo | Išmatuotas sukimo | Išmatuotas galingumas | Išmatuotas galingumas po | Išmatuota galia | Išmatuota galia |
|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|

| apsisukimai (RPM) | momentas (Nm) prieš programavimą | momentas (Nm) po programavimo | prieš programavimą (kW) | programavimo (Kw) | perduodama į ratus (kW) prieš programavimą | perduodama į ratus (kW) po programavimo |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 2117              | 209,09                           | 350,88                        | 57,34                   | 75,87             | 44,40                                      | 60,11                                   |
| 2238              | 310,04                           | 344,19                        | 72,91                   | 78,84             | 57,47                                      | 61,30                                   |
| 2321              | 321,10                           | 345,03                        | 76,98                   | 82,07             | 59,95                                      | 63,25                                   |
| 2647              | 333,59                           | 347,30                        | 90,70                   | 94,42             | 68,49                                      | 70,82                                   |
| 2993              | 339,83                           | 353,93                        | 104,62                  | 109,09            | 77,49                                      | 80,25                                   |
| 3335              | 337,06                           | 350,36                        | 115,92                  | 120,44            | 83,97                                      | 86,71                                   |
| 3697              | 320,62                           | 342,95                        | 122,42                  | 131,00            | 85,85                                      | 92,12                                   |
| 4053              | 301,34                           | 310,37                        | 126,28                  | 130,11            | 85,44                                      | 87,07                                   |
| 4431              | 251,23                           | 272,43                        | 115,23                  | 124,92            | 77,93                                      | 70,94                                   |

Pagal kreivėse esančius duomenis į lenteles surašyti rezultatai. Po variklio valdymo bloko modifikacijų maksimali galia pakilo 5,42 procento t.y 131,96kw o sukimo momentas 4,1 procento t.y 355,35Nm didžiausias sukimo momentas buvo išvystytas ties 3000 alkūninio veleno apsisukimų. Didžiausias sukimo momento pokytis po programavimo darbų, pastebimas ties 2117 alkūninio veleno apsisukimų. Prieš programavimą atlikto matavimo metu tais pačiais sūkais (2117) buvo išmatuotas 209,09 Nm sukimo momentas (žr. 4 lentelė). Po programavimo išmatuotas 350,88 Nm sukimo momentas. Reiškia jog išgautas 141,79 Nm prieaugis.

4 lentelė Išmetamųjų dujų kiekio skirtumai prieš ir po koregavimo

| Alkūninio veleno apsisukimai (RPM) | Akseleratoriaus pedalo padėtis % | Išmetamųjų dujų kiekis % prieš | Išmetamųjų dujų kiekis % po | Skirtumas |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|
| 742                                | 0                                | 0                              | 0,5                         | 0,5       |
| 2000                               | 100                              | 5,1                            | 16,4                        | 11,3      |
| 2550                               | 100                              | 7,7                            | 12,1                        | 4,4       |
| 3000                               | 100                              | 9,1                            | 11,5                        | 2,4       |
| 3500                               | 100                              | 9,9                            | 12,1                        | 2,2       |
| 4000                               | 100                              | 6,2                            | 13,3                        | 7,1       |
| 4500                               | 100                              | 5,4                            | 9,2                         | 3,8       |

Automobilio galios matavimo metu stebėtas ir fiksuotas išmetamųjų dujų kiekis procentais, šie duomenys surašyti lentelėje, (žr. 4 lentelė) lentelėje, didžiausias skirtumas nuo originalios variklio valdymo programos pastebimas ties 2000 variklio alkūninio veleno apsisukimų. Išmetamųjų dujų kiekis padidėjo 11,3 %. Ties aukštesniais alkūninio veleno apsisukimais, skirtumas tampa mažesnis. Bet apskritai po variklio valdymo bloko programavimo darbų išmetamųjų dujų kiekis tapo didesnis.

[15].

## Išvados

- Išanalizuota dyzelinio variklio valdymo sistemos sandara.
- Atliktas galios ir išmetamųjų dujų kiekio matavimas esant standartiniams parametrams, gautas galingumo rezultatas 126,54kW ir 341Nm sukimo momentas
- Atlikti pakeitimai variklio valdymo sistemoje, pakoreguotos degalų įpurškimo bei turbokompresoriaus žemėlapio lentelės.
- Atlikti automobilio galios ir išmetamųjų dujų kiekio matavimai po variklio valdymo sistemos koregavimo, Po variklio valdymo bloko modifikacijų maksimali galia pakilo 5,42 procento, t. y. 131,96kw o sukimo momentas 4,1 procento t. y 355,35Nm o dūmingumo optinis tankis nuo 2,2 % iki 11 % didesnis.
- Išanalizuota variklio valdymo sistemos įtaka po atliktų matavimų kurie pasirinkto variklio

galiai ir sukimo momentui buvo teigiami, bet išmetamųjų dujų kiekis tampa didesnis. Taipogi reikėtų įvertinti tai jog automobilis nebus visada eksploatuojamas pilna apkrova ir maksimaliu akseleratoriaus paspaudimu.

### **Informacijos šaltiniai**

1. Pukalskas S., Garbinčius G., Marininas V., Obuchovičius R., Remeikis V., Riauba K., Smolskas M. Automobilio remontininko rengimas 4 knyga. Vilnius: Profesinio mokymo metodikos centras 2008
2. Binder H., Feger J., Haupt G., Hertl W., Kügler H., Lienbacher A., Projahn U., Ottenbacher D., Rehage R., Simon H., Sprenger K., Wörner R. DistributorType-Diesel-Fuel-Injection-Pumps. Plochingen: Robert Bosch GmbH 2003
3. Bosch R. Injector Operation Service And Testing Pre-Tech Service Training. 1982.
4. Bosch R. BOSCH Automotive Handbook. Willey: 2022
5. Bosch R. Bauer. H. Electronic Diesel Control EDC. Stuttgart: 2001
6. Duomenys apie galios matavimo įrangą. Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: <https://magicmotorsport.shop/en/shop/dynamag-hub-precise-compact-dyno-2wd-4wd-vehicles.html>
7. Duomenys apie išmetamųjų dujų kiekio nustatymo prietaisą. Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: <https://www.autoequipment.com.au/qdo6000-diesel-opacity-meter>
8. Pirmojo dyzelinio variklio paveikslas. Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: [https://ichef.bbci.co.uk/ace/standard/976/cpsprodpb/8EA3/production/\\_92951563\\_9761200d96pag.jpg](https://ichef.bbci.co.uk/ace/standard/976/cpsprodpb/8EA3/production/_92951563_9761200d96pag.jpg)
9. Istorija apie dyzelinio variklio atsiradimą. Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: <https://motofocus.lt/technika/430,dyzeliniai-varikliai-atsiradimas-ir-evoliucija-1-dalis>
10. Tiriamo dyzelinio 2.5TDI AKE vidaus variklio gamintojo duomenys, specifikacijos. Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: <https://press.audi.co.uk/assets/documents/original/18362-AudiUK00001044AudiAllroadquattro25TDI.pdf>
11. Atnaujinto 2,5TDI vidaus degimo variklio specifikacijos, degalų siurblio atnaujinimo ypatumai. Prieiga per internetą 2025-05-25: [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_254.pdf](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_254.pdf)
12. Informacija ir specifikacijos apie naudotą diagnostinę įrangą Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: <https://diagtools.eu/lt/diagnostikos-iranga/164-bosch-kts-560.html>
13. Balčiūnas G. Turbokompresorių remonto baro techninės priežiūros ir remonto proceso efektyvumo tyrimas 2021. Prieiga per internetą [žr. 2025-05-25]: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:96253692/>