



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

## Diplomová práce

Diagnostika vozidel s pohonem LPG

Autor práce:

Bc. Martin Bílek

Vedoucí práce:

Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

České Budějovice  
2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 7.4.2021



.....

Podpis

## **Abstrakt**

Diplomová práce na téma Diagnostika vozidel s pohonem LPG detailně popisuje části LPG aparatury. Dále se zabývá využitím metod sériové a paralelní diagnostiky a k tomu určených diagnostických přístrojů pro zjištění skutečného stavu diagnostikovaného vozidla v souvislosti s pohonem LPG. Závěrem jsou získané výsledky vyhodnoceny spolu se stanovením potenciálního vývoje stavu vozidla do budoucna.

**Klíčová slova:** LPG; zážehový motor; diagnostika; výkon; emise

## **Abstract**

The diploma thesis on the topic Diagnostics of LPG vehicles describes in detail the parts of the LPG apparatus. It also deals with the use of methods of serial and parallel diagnostics and dedicated diagnostic devices for determining the actual condition of the diagnosed vehicle in connection with the LPG propulsion. Finally, the obtained results are evaluated together with the determination of the potential development of the vehicle condition in the future.

**Keywords:** LPG; petrol engine; diagnostics; power; emissions

## **Poděkování**

Tímto děkuji panu Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D., za odborné vedení diplomové práce, věcné připomínky a cenné rady, kterých se mi od něj dostalo.

Dále bych rád poděkoval mým kolegům z Autoservisu Čížek s.r.o. za umožnění vypracování této práce, zapůjčení diagnostických nástrojů a odbornou konzultaci. Současně děkuji kolektivu společnosti SPZone s.r.o. za zapůjčení emisního analyzátoru a společnosti KORPET s.r.o. za umožnění měření výkonu motoru na jejich válcovém dynamometru.

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| Úvod.....  | 8  |
| 1 Literární přehled.....                                     | 9  |
| 1.1 LPG .....  | 9  |
| 1.1.1 Budoucnost LPG .....                                   | 9  |
| 1.1.2 LPG pro pohon nákladních vozidel .....                 | 10 |
| 1.2 Palivová soustava s LPG .....                            | 10 |
| 1.3 Přehled komponent LPG systému .....                      | 11 |
| 1.3.1 Palivová nádrž.....                                    | 12 |
| 1.3.2 Odvětrávání tlakových nádrží, plynotěsná schránka..... | 13 |
| 1.3.3 Víceúčelový ventil – multiventil.....                  | 14 |
| 1.3.4 Přípojka plnění LPG.....                               | 15 |
| 1.3.5 Plynové vedení .....                                   | 16 |
| 1.3.6 Reduktor.....  | 17 |
| 1.3.7 Přepínač LPG/benzín .....                              | 18 |
| 1.3.8 Plynový čistič .....                                   | 19 |
| 1.3.9 Řídicí jednotka LPG (ECGI).....                        | 20 |
| 1.3.10 MAP snímač.....                                       | 21 |
| 1.3.11 Vstřikovače LPG .....                                 | 21 |
| 1.3.12 Ochrana ventilů motoru.....                           | 22 |
| 1.3.13 Zapalovací svíčky LPG .....                           | 23 |
| 1.4 Diagnostika motorových vozidel.....                      | 24 |
| 1.4.1 Subjektivní diagnostika.....                           | 24 |
| 1.4.2 Objektivní diagnostika .....                           | 25 |
| 1.4.3 Sériová diagnostika .....                              | 25 |
| 1.4.4 Paralelní diagnostika .....                            | 30 |
| 2 Cíl práce .....  | 33 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3      | Metodika .....   | 34 |
| 3.1    | Metodika subjektivní diagnostiky .....   | 35 |
| 3.2    | Metodika sériové diagnostiky.....  | 36 |
| 3.2.1  | Navázání komunikace s ECU prostřednictvím Bosch KTS 560 a vyčtení paměti závad.....    | 36 |
| 3.2.2  | Navázání komunikace s ECGI pro podporu paralelní diagnostiky .....                     | 38 |
| 3.3    | Metodika paralelní diagnostiky .....   | 39 |
| 3.3.1  | Kontrola plynůstnosti .....  | 39 |
| 3.3.2  | Měření napětí akumulátoru .....  | 41 |
| 3.3.3  | Kontrola těsnosti chladicí soustavy.....   | 43 |
| 3.3.4  | Měření kompresního tlaku spalovacího prostoru.....                                     | 45 |
| 3.3.5  | Kontrola sacího potrubí.....   | 47 |
| 3.3.6  | Měření odporu snímače teploty chladicí kapaliny (na reduktoru) .....                   | 47 |
| 3.3.7  | Měření napájecího napětí na elektromagnetickém solenoidovém ventilu reduktoru .....    | 48 |
| 3.3.8  | Měření napájecího napětí na elektromagnetickém solenoidovém ventilu multiventilu ..... | 49 |
| 3.3.9  | Měření výstupního napětí snímače hladiny plynu v nádrži .....                          | 50 |
| 3.3.10 | Kontrola integrovaného snímače teploty a tlaku MAP .....                               | 50 |
| 3.3.11 | Kontrola plynových vstřikovačů .....   | 51 |
| 3.3.12 | Měření výkonu motoru.....  | 52 |
| 3.3.13 | Měření emisí.....  | 55 |
| 4      | Výsledky .....   | 59 |
| 4.1    | Výsledky subjektivní kontroly .....  | 59 |
| 4.2    | Výsledky sériové diagnostiky.....  | 59 |
| 4.2.1  | Výsledek vyčtení paměti závad ECU.....   | 59 |
| 4.3    | Výsledky paralelní diagnostiky .....   | 60 |
| 4.3.1  | Výsledek testu plynůstnosti LPG soustavy .....   | 60 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.3.2  | Výsledek měření napětí akumulátoru.....                                 | 61 |
| 4.3.3  | Výsledek testu těsnosti chladicí soustavy motoru.....                   | 62 |
| 4.3.4  | Výsledek kontroly stavu těsnění pod hlavou motoru.....                  | 62 |
| 4.3.5  | Výsledek měření kompresního tlaku.....                                  | 63 |
| 4.3.6  | Výsledek kontroly sacího potrubí .....                                  | 64 |
| 4.3.7  | Výsledek měření snímače teploty reduktoru.....                          | 65 |
| 4.3.8  | Výsledek měření napájecího napětí solenoidového ventilu reduktoru       | 65 |
| 4.3.9  | Výsledek měření napájecího napětí solenoidového ventilu multiventilu    | 66 |
| 4.3.10 | Výsledek měření výstupního napětí snímače hladiny plynu v nádrži..      | 67 |
| 4.3.11 | Výsledek měření napájecího napětí snímače MAP.....                      | 67 |
| 4.3.12 | Výsledek měření výstupního napětí snímače MAP .....                     | 67 |
| 4.3.13 | Výsledek měření odporu vinutí cívky vstřikovače LPG .....               | 68 |
| 4.3.14 | Výsledek měření doby otevření vstřikovače LPG .....                     | 68 |
| 4.3.15 | Výsledek měření výkonu vozidla.....                                     | 68 |
| 4.3.16 | Výsledky měření emisí.....  | 69 |
| 5      | Diskuze.....  | 71 |
| 5.1    | Je zvolený diagnostický systém dostačující pro stanovení prognózy?..... | 71 |
| 5.2    | Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?.....                   | 72 |
| 5.3    | Vyhodnocení výsledků a stanovení prognózy.....                          | 76 |
|        | Závěr .....   | 77 |
|        | Seznam použité literatury.....  | 79 |
|        | Seznam obrázků .....  | 83 |
|        | Seznam tabulek .....  | 85 |
|        | Seznam použitých zkratk.....  | 86 |

---

## Úvod

Vlivem zpřísnujících se emisních limitů je třeba hledat alternativy v podobě paliv zážehových motorů, které svými parametry snižují emisní stopu. Z tohoto pohledu je vhodným palivem LPG, které díky nižšímu obsahu uhlíku (82,3 %) sníží emise CO<sub>2</sub>. Z výrobních linek výrobců automobilů aktuálně sjíždějí vybraná vozidla s instalovanou tovární LPG aparaturou. Proto bude nutné se i v budoucnu zaměřit na způsoby odhalování závad těchto aparatur, s využitím diagnostických metod popsaných v této práci.

V diplomové práci budou představeny jednotlivé komponenty LPG aparatury, zároveň bude detailně popsána jejich činnost. Následovat bude přehled diagnostických metod a k nim určených diagnostických přístrojů.

V další části bude vypracována metodika pro realizaci sériové a paralelní diagnostiky pomocí specifikovaných přístrojů. Metodika bude aplikována na vozidlo Škoda Citigo se zážehovým motorem o objemu 999 cm<sup>3</sup> a dodatečně instalovanou aparaturou LPG Europegas.

Následně budou představeny získané výsledky a provedeno jejich porovnání s hodnotami předepsanými. Závěrem budou zodpovězeny otázky z cíle této práce a stanovena prognóza o vývoji stavu diagnostikovaného vozidla.



---

# 1 Literární přehled

## 1.1 LPG

LPG (Liquid Petroleum Gas), jako alternativní palivo pro motorová vozidla, je v České republice upraveno normou ČSN EN 589 platnou od srpna 2019. Národní norma je vytvořena na základě evropské normy EN 589:2018 vypracované technickou komisí CEN/TC 19.

Na základě této normy jsou upraveny technické požadavky a metodika zkoušení motorového LPG dostupného na trhu v ČR. Dle definice se jedná o nízkotlaký zkapalněný plyn, vysoce těkavý, který tvoří jeden nebo vícero lehkých uhlovodíků. Tvořený je zejména z propanu, propenu, butanu a butenu.

LPG je skladováno pod tlakem v tlakových nádobách v kapalném stavu. Uvolněním tlaku dochází k rozvinutí velkého objemu plynu, který v kombinaci se vzduchem tvoří výbušnou směs. V kapalně fázi je plyn vysoce podchlazený a při masivním úniku, či chybě v plnění, může způsobit omrzliny.

Zajímavostí je, že LPG je v plynné fázi těžším médiem než vzduch. Z toho plyne, že se drží při zemi, čímž hrozí jeho nahromadění a nebezpečí vdechování nebo výbuchu. Z toho důvodu je zakázán vjezd vozidel s pohonem na LPG do většiny podzemních garáží či obchodních center (Vlk, 2004).

### 1.1.1 Budoucnost LPG

Jelikož je klasické LPG stále jen vedlejším produktem rafinace ropy, případně zemního plynu, není s ním možné v jeho současné podobě do budoucna počítat. Skutečně alternativním palivem by mohlo být Bio LPG, které se na evropský trh dostalo v roce 2018. Bio LPG je chemickým složením a svými vlastnostmi shodné s LPG, s tou odlišností, že na rozdíl od klasického LPG není Bio LPG fosilním palivem, ale je vyrobeno z obnovitelných zdrojů. Aktuálně vzniká nejčastěji jako vedlejší produkt při výrobě bio dieselu a rostlinných olejů. Dalšími zdroji jsou odpady biologické, průmyslové a jiná rezidua, kterým nahrává ta skutečnost, že rostlinné oleje do budoucna nebude možné využívat jako zdroj pro výrobu paliv.

Výhody Bio LPG spočívají především ve snižování uhlíkové stopy v desítkách procent. Konkrétně se jedná o úsporu produkce 40 - 70 % CO<sub>2</sub> v porovnání s fosilním LPG a 50 – 90 % CO<sub>2</sub> v případě dieselu. Další výhodou je bezproblémová implementace Bio LPG na palivový systém klasického LPG, není nutné systém

---

nikterak upravovat. Díky stejným vlastnostem a složení lze tyto dva produkty libovolně mísit (Rosák, 2019).

### **1.1.2 LPG pro pohon nákladních vozidel**

LPG již dávno není výsadou pouze zážehových motorů. Vlivem zpřísnujících se legislativních požadavků na snížení emisí dieselových automobilů je na výrobce těchto agregátů vyvíjen tlak s ohledem na jejich snižování. Vznětový motor je v nákladní automobilové dopravě velmi složitě nahraditelný, proto je v současné době zajímavým řešením pro snížení spotřeby pohonných hmot a emisí Dieselgas. Dieselgas je systémem duálního paliva určený pro nákladní dopravu, stavební a zemědělské stroje.

Princip činnosti je založený na přidávání LPG do sacího systému vznětového motoru. Vzduch obohacený o aditivum v podobě LPG je nasáván do spalovacího prostoru, kde dojde ke vznícení této směsi díky nárůstu tlaku, teploty a vstříknutí nafty pod tlakem. Tato kombinace má za následek rychlejší zapálení směsi a její důkladnější prohoření. S tím se pojí vyšší tepelná účinnost (Mirica, 2016).

## **1.2 Palivová soustava s LPG**

Vozidlo s alternativním pohonem na zkapalněný ropný plyn (LPG) je takové osobní vozidlo, které kromě klasického palivového systému využívá vestavbu plynové aparatury umožňující plynulou změnu paliva z benzínu na plyn. To vše probíhá v závislosti na podmínkách pro přepnutí nastavených v řídicí jednotce LPG tzv. ECGI (Electronic Controlled Gasoline Injection) a na požadavku řidiče.

Všechny komponenty soustavy LPG, do vozidla zabudované během přestavby, podléhají přezkoušení a ověření u státní zkušebny na základě předpisu EHK 67.01. Na tomto základě jsou komponenty homologovány a přestavbu lze zapsat do velkého technického průkazu vozidla. Do vozidla smí být namontovány pouze komponenty schválené a dodané výrobcem a jejich montáž musí být provedena odpovědným montážníkem v souladu s jejich funkcí a bezpečnostními aspekty. Komponenty musí být umístěny vhodně tak (viz obrázek 1.1), aby k nim byl zajištěn přístup v případě poruchy a pokud možno zásadně neblokovaly přístup k motoru vozidla z hlediska pravidelné údržby. Správné označení jednotlivých komponent, plynotěsnost a kontrola správné funkce je předmětem každoroční revize plynového zařízení (Štěrbá, 2013b).

| Seznam homologovaných prvků soustavy        |                                   |                   |                   |
|---|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Souprava sekvenčního vstřikování LPG</b> |                                   |                   |                   |
| Prvek soupravy                              | Název                             | Homologační číslo |                   |
| Řídící jednotka                             | Solaris Dynamic<br>OBD/CAN        | E8 67R-014883     |                   |
| Reduktor                                    | Tomasetto Alaska                  | E4 67R-014066     |                   |
| Elektroventil                               | Provozní ventil LPG<br>TOMASETTO  | E8-67R-3599       |                   |
| Vstřikovače                                 | Valtek T34 rail                   | E4 67R-010196     |                   |
| Filtr plynné fáze                           | Certools/MAP Bosch                | E8 67R-015158     |                   |
| <b>Nádrž(e) a příslušenství</b>             |                                   |                   |                   |
| Prvek soupravy                              | Název                             | Výrobní číslo     | Homologační číslo |
| Nádrž ZTW                                   | GZWM                              | 02447             | E20-67R-010689    |
| Multiventil                                 | Tomasetto Achille                 | neuvádí se        | E8 67R-013018     |
| Koncovka plnění                             | Tomasetto AT08                    | neuvádí se        | E8 67R-013868     |
| Plynotěsná skříň                            | Tomasetto (pro<br>válcovou nádrž) | neuvádí se        | E8 67R-013037     |
| <b>Ochrana ventilů</b>                      |                                   |                   |                   |
| Vozidlo není vybaveno ochranou ventilů.     |                                   |                   |                   |

Obrázek 1.1: Příklad homologovaných komponent

### 1.3 Přehled komponent LPG systému

Účelem palivové soustavy LPG je palivo ve vozidle bezpečně uskladnit a následně jej z nádrže dopravit v kapalně formě k reduktoru, kde dojde vlivem tepelné výměny ke změně skupenství paliva na plynnou formu a jeho vstříknutí v přesné dávce odměřené dobou otevření vstřikovacího ventilu do sání motoru.

Pro zajištění správné činnosti LPG systému je nutné, aby zážehový motor, na nějž je systém instalován, pracoval bez problému. Při nesplnění této podmínky je pak plynovému systému neprávem dáváno za vinu cukání vozidla při akceleraci a nepravidelný chod motoru. Z toho důvodu lze do komponent LPG systému zahrnout i zapalovací svíčky a další.

Každá plynová zástavba musí být homologována a jednotlivé komponenty (viz obrázek 1.2) příslušnou homologací označeny (Štěrbá, 2013b).



Obrázek 1.2: Schéma rozmístění komponent LPG ve vozidle (Autoservis-saku.cz, 2021)

### 1.3.1 Palivová nádrž

Palivová tlaková nádrž má za úkol bezpečně uchovat LPG. Na nádrži je vyražen název výrobce, výrobní a homologační číslo, dále rozměry nádrže, obvykle průměr a výška. Vyražen je také objem nádrže a maximální využitelná kapacita v procentech, nesmí být větší než 80 % objemu. Nedílnou součástí označení nádrže je datum výroby, od tohoto data platí tlaková zkouška na 10 let, to je také hodnota její celkové životnosti. Prodloužení životnosti nádrže tlakovou zkouškou není možné a je nutná její výměna za novou. Na nádrži je umístěna příruba pro připojení víceúčelového ventilu, tzv. multiventilu. Příruba současně musí umožnit instalaci plynotěsného uzávěru s odvětrávací trubicou pro případný odvod nežádoucího uniklého plynu bezpečně do okolí.

Konstrukčně jsou tlakové nádrže dostupné ve dvojitě provedení v závislosti na možnosti instalace do vozidla (viz obrázek 1.3), a to válcové a toroidní. Válcové nádrže jsou určeny pro instalaci do zavazadlového prostoru pomocí popruhů nebo speciálního držáku (Štěrba, Kryžický, 2002).



**Obrázek 1.3: Druhy nádrží LPG (Lpg-material.cz, 2021)**

Dalším, a v současnosti rozšířenějším konstrukčním řešením, je toroidní tlaková nádrž, která se umísťuje místo kola rezervy, a to v závislosti na daném vozidle buď pod podlahu zavazadlového prostoru, nebo pod zavazadlový prostor pod automobil (Štěřba, Kryžický, 2002).

### **1.3.2 Odvětrávání tlakových nádrží, plynotěsná schránka**

V případě válcové nádrže je plynotěsná schránka tvořena víkem s odvětrávacími hadicemi (viz obrázek 1.4). Pod tímto víkem je umístěný víceúčelový multiventil. V případě úniku plynu odvedou hadice uniklý plyn mimo vozidlo. U toroidní nádrže je multiventil umístěn pod kruhovým víkem s těsnicí gumou v horní části toroidní nádrže. Jelikož je LPG těžší než vzduch, je odvětrávání řešeno přirozeným spádem plynu k zemi. Za tímto účelem je v podlaze díra, která kromě odvětrávání slouží pro přivedení plnicí a odvodové trubky (Štěřba, 2013b).



Obrázek 1.4: Plynotěsná schránka s odvětráváním (autanaplyn.com, 2020)

### 1.3.3 Víceúčelový ventil – multiventil

Jedná se o zařízení, přimontované na přírubu tlakové palivové nádrže, plnicí najednou několik různých funkcí. Umožňuje plnění nádrže, sledování hladiny paliva, otevření nádrže pro naplnění potrubí k reduktoru. Dále obsahuje několik bezpečnostních prvků.

Sledování hladiny paliva je realizováno prostřednictvím palivoměru. Palivoměr obsahuje stupnici a ručičku chráněnou průhledným sklem. U levnější varianty sklo není průhledné. Hladina plynu je monitorována pomocí plováku a přes potenciometr je získávána hodnota aktuálního množství paliva.

Pomocí elektromagnetického solenoidového ventilu umožňuje multiventil vstup paliva do další komponenty LPG soustavy. Solenoidový elektromagnetický ventil je při přivedení napětí otevřený. Pokud dojde k zastavení motoru, dojde vlivem snížení napětí k uzavření ventilu a tím zastavení toku kapalného plynu z nádrže. Součástí elektromagnetického solenoidového ventilu je nadprůtoková pojistka, která je seřízena na maximální hodnotu průtoku  $6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Při překročení této hodnoty dojde k uzavření ventilu. K takto masivnímu úniku dochází v případě protržení potrubí. V uzavřené poloze smí být únik maximálně  $0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Nedílnou součástí multiventilu je bezpečnostní uzávěr, který v případě potřeby umožní úplné uzavření nádrže. Další bezpečnostní funkcí multiventilu (viz obrázek 1.5) je ochrana nádrže proti přeplnění při tankování. To je nezbytné zejména v létě, kdy teplota na parkovišti pod přímým sluncem vzrůstá a mohlo by dojít k uvolnění plynu z nádrže (Štěrbá, 2013b).



Obrázek 1.5: Multiventil (Autanaplyn.com, 2020)

#### 1.3.4 Přípojka plnění LPG

Přípojka plnění umožňuje spojení plnicí pistole čerpací stanice s tlakovou nádrží ve vozidle z vnějšku vozidla. Umístění přípojky bývá situováno buď na pravý zadní roh vozidla, do nárazníku, nebo ji lze decentně instalovat vedle hrdla plnění benzínové nádrže. Přípojka je vybavena jednosměrnou pojistkou, která zabrání případnému zpětnému toku paliva.

Přípojky se v rámci zemí Evropy liší. Existují čtyři typy přípojek (viz obrázek 1.6). Pro cestování po Evropě s vozidlem na LPG je nutné mít tyto plnicí adaptéry (Štěrba, 2013b).



Obrázek 1.6: Typy přípojek plnění LPG (Autanaplyn.com, 2020)

### 1.3.5 Plynové vedení

V současné době je kapalný plyn veden z nádrže do reduktoru prostřednictvím dvou typů trubek. Starším řešením je vedení plynu Cu trubkou. Jedná se o měděnou trubku o průměru 8 mm v případě plnění a 6 mm v případě zásobování reduktoru. Čím dál častěji jsou v současné době měděné trubky nahrazovány plastovou PVC (polyvinylchlorid) trubkou.

Tyto PVC trubky jsou homologovány na tlak do výše 20 MPa. Ve spojích zajišťují lepší těsnost. Oproti měděným trubkám lépe snáší vibrace, a proto nedochází k lámání zejména v ohybu a ve spojích. Na rozdíl od Cu trubek nevytváří při kontaktu s plynem



---

chemickou reakci, která vzniká díky příměsím, které plyn v našich podmínkách obsahuje. Následkem chemické reakce je vznik černého jemného prášku, který následně ucpává čistič. Ještě před ucpáním čističe dojde však k úplnému zadření solenoidového elektromagnetického ventilu, což zapříčiní nemožnost přepnutí paliva z benzínu na LPG. V neposlední řadě je s trubkami z PVC (viz obrázek 1.7) lepší manipulace při montáži (Štěrbá, 2013b).



Obrázek 1.7: PVC trubka pro vedení LPG (Prestavbanalpg.cz, 2020)

### 1.3.6 Reduktor

Reduktor je důležité zařízení v procesu tvorby plynné fáze. V reduktoru dojde k tepelné výměně mezi kapalným plynem a chladicí kapalinou motoru, následkem toho se kapalná fáze plynu změní na fázi plynnou. Reduktor mění vstupní tlak tekutého plynu na požadovaný tlak výstupní plynné fáze. Požadovaný tlak je zde možno nastavit pootočením regulačního šroubu. Plyn o požadovaném tlaku je následně vpouštěn elektromagnetickým solenoidovým ventilem v otevřené nebo zavřené poloze ke vstřikovačům.

Přívod tekutého plynu je zajištěn z nádrže pomocí Cu nebo PVC trubky o průměru 6 mm. U moderních reduktorů je za přírubou přívodu kapalného plynu umístěn čistič kapalné fáze. Výstup plynu je řešený pomocí homologovaných hadic spojujících

---

reduktor a vstřikovací lištu o průměru 12 mm. Vyhřívání reduktoru, pro změnu kapalného plynu na plynnou fázi, je zajištěno odběrem tepla z chladicí soustavy motoru. Na chladicí soustavu je reduktor připojen soustavou propojek a redukcí.

Kromě funkce přeměny skupenství plynu slouží reduktor také jako zdroj informací pro ECGI. Výstupní hodnotou je zde teplota reduktoru, která je snímána pomocí zabudovaného snímače teploty. Teplota je klíčová veličina pro pokyn k sepnutí elektromagnetického solenoidového ventilu.

V reduktoru (viz obrázek 1.8) je zakomponován přetlakový pojistný ventil. Ten je pomocí hadičky napojený na průchodku umístěnou mezi sání motoru a škrticí klapku, čímž je odsán přebytečný plyn (Štěrba, 2013b).



Obrázek 1.8: Reduktory (Autanaplyn.cz, 2020)

### 1.3.7 Přepínač LPG/benzín

Účelem přepínače druhu paliva je možnost přepnout palivo dle požadavku řidiče. Současně má za úkol informovat řidiče o tom, jaké palivo aktuálně motor spaluje a jaké množství LPG je přibližně k dispozici v nádrži. Přepínač je také schopen řidiči dát informaci o možném problému se spalováním plynu motorem. Tyto informace jsou řidiči zobrazovány prostřednictvím světelných diod na přepínači.

Během provozu vozidla na benzín svítí na přepínači dioda se symbolem kanystru. Některé starší přepínače nejsou touto diodou vybaveny, při provozu na benzín tedy nesvítí vůbec. Při stisknutí přepínače řidičem vyšle přepínač signál do ECGI s požadavkem na přepnutí. V tomto momentu přepínač bliká, je to znamení o tom, že ECGI čeká na podmínky důležité pro přepnutí (teplota reduktoru, otáčky motoru). Při splnění podmínek dojde k přepnutí paliva na LPG. Řidič je o tom informován nepřetržitým svícením diody se symbolem LPG, stejně tak, nepřetržitě, svítí i diody informující o množství plynu v tlakové nádrži. V případě, že dojde na systému LPG k nějaké závadě, diody se rozblíkají všechny obvykle červenou, výstražnou barvou.

---

Novější snímače (viz obrázek č. 1.9) jsou schopny řidiče informovat o změně paliva a chybách zvukovým tónem (Štěrbá, 2013b).



Obrázek 1.9: Přepínače LPG (Autanaplyn.cz, 2020)

### 1.3.8 Plynový čistič

V plynu se nacházejí ropné látky způsobující opotřebení dalších komponent plynové palivové soustavy. V jednotlivých zemích Evropské unie se obsah těchto látek liší. Za účelem eliminace těchto látek jsou do plynové soustavy zakomponovány jeden nebo dva plynové čističe. Jeden čistič je určený pro čištění kapalně fáze a jeho umístění je situováno do reduktoru, jehož je součástí. Druhým čističem je čistič plynné fáze, který je zapojený do hadic mezi reduktorem a vstříkovací lištou nebo snímačem tlaku a teploty plynu a slouží ke zbavení plynné fáze nečistot.

Výměna těchto čističů je často podceňována, na jejich čistotě však poměrně zásadně závisí správná funkce, a hlavně životnost vstříkovačů. Výměna čističů plynné a kapalně fáze (viz obrázek 1.10) by měla být uskutečněna každých 15 000 km, maximálně 20 000 km (Štěrbá, 2013b).



**Obrázek 1.10: Výměna čističe plynné fáze**

Kromě výše zmíněných plynových čističů je možné čistit zkapalněný ropný plyn už při samotném tankování, kdy je čistič umístěn v adaptéru pro plnění (lpgprofi.cz, 2021).

### **1.3.9 Řídicí jednotka LPG (ECGI)**

ECGI (viz obrázek 1.11) je takový pomyslný mozek celé soustavy. Má za úkol sbírat informace ze snímačů, tyto informace zpracovat a následně vydat pokyn akčním členům. Výstupní signály ze snímačů dávají ECGI informace o hodnotě lambda, teplotě motoru, tlaku a podtlaku a palubním napětí. Dále získává signál z benzínových vstřikovačů o době, po kterou jsou vstřikovače otevřeny. Tato informace je velice důležitá pro správné seřízení ECGI a odvíjí se od ní časy otevření plynových

---

vstřikovačů, byť se hodnoty mírně liší na základě vyhodnocení výše zmíněných informací. Pro každý válec je vypočítávána individuální hodnota (Dílenská příručka Europegas, 2015).



Obrázek 1.11: Řídicí jednotky systému LPG (Autanaplyn.com, 2020)

### 1.3.10 MAP snímač

Snímač MAP (Manifold Air Pressure - viz obrázek 1.12) je nedílnou součástí řízení plynového systému. V dnešní době je součástí většiny vyráběných systémů na LPG a CNG (Compressed Natural Gas). Senzor měří teplotu plynu a tlak v plynové hadici spojující reduktor a vstřikovače. Dále řídicí jednotce poskytuje informaci ohledně absolutního tlaku v sacím potrubí motoru (Dílenská příručka Europegas, 2015).



Obrázek 1.12: MAP senzor Europegas, (Lpgprofi.cz, 2020)

### 1.3.11 Vstřikovače LPG

Vstřikovač plyné fáze LPG je akční člen ovládaný ECGI dodávající plynou fází LPG v přesných dávkách do sacího potrubí. Na jeho správné funkci je závislý plynulý chod motoru v různých podmínkách.

---

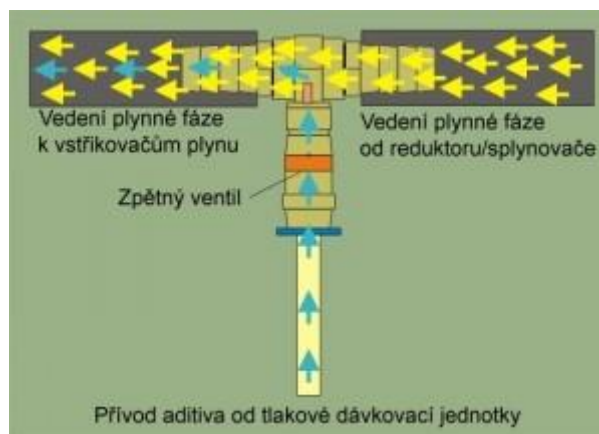
V současnosti jsou vyráběny vstříkovače různých konstrukcí (viz obrázek 1.13), z nichž aktuálně nejrozšířenější je konstrukce s využitím drobného elektromagnetického solenoidového ventilu s nízkým zdvihem pístku. V případě vstříkovačů je sledovaným parametrem hlavně čas, za jaký je ventil schopen vstříkovač otevírat a uzavírat. Klíčovou hodnotou je také tlak plynu. Aby byl tlak pro všechny ventily stejný, jsou dodávány jako vstříkovací lišta (Štěrbá, 2013b).



Obrázek 1.13: Vstříkovače LPG (Autanaplyn.com, 2020)

### 1.3.12 Ochrana ventilů motoru

Na rozdíl od benzínu není v plynné fázi LPG žádné aditivum, které by chránilo ventily a ventilová sedla motoru, čímž by předcházelo jejich předčasné degradaci vlivem vysokých teplot a mechanického namáhání. Některé motory jsou na poškození náchylnější více, některé méně. Rozhodují zkušenosti s přestavbami jednotlivých motorů, na základě kterých je pak montáž externího systému dodávání aditiv realizována. U nových motorů, se kterými nejsou zkušenosti, se systém přimazávání montuje preventivně. Způsoby, jakými lze motor pomocí přimazávání chránit, jsou dva, jedním je podtlakový (rozšířenější), kdy je aditivum nasáváno do sacího potrubí pomocí podtlaku sání. Druhým je tlakový systém (viz obrázek 1.14), kdy je aditivum vstříkováno do plynového vedení mezi filtr plynné fáze a vstříkovací ventily. Tento způsob má výhodu v tom, že zároveň maže a čistí vstříkovací ventily (Štěrbá, 2013b).



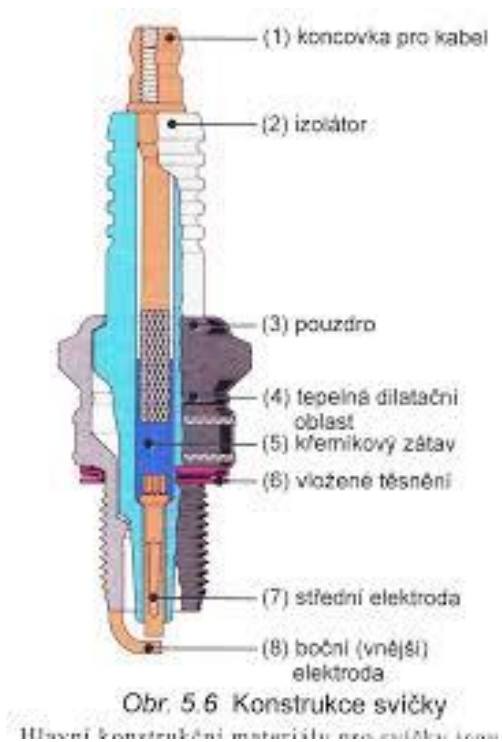
Obrázek 1.14: Tlakový systém ochrany motoru (Přestavbanalpg.cz, 2021)

### 1.3.13 Zapalovací svíčky LPG

Zapalovací svíčka slouží k zapálení směsi vzduchu a benzínu nebo LPG. K tomu využívá dvou elektrod, mezi nimiž přeskochí jiskra. Svíčka je zašroubovaná v hlavě válců a současně utěšňuje spalovací prostor. Sestává ze dvou základních materiálů, kterými je kov a keramika. Tělo zapalovací svíčky pak tvoří koncovka pro kabel, keramický izolátor, pouzdro, jehož součástí je osmihranná hlava pro montáž a demontáž nástrčnou hlavicí, tepelná dilatační oblast, křemíkový zátav, těsnění, střední elektroda a boční elektroda vnější (Zhao et al., 1999).

Zapalovací svíčka musí být schopna odolávat teplotám hoření 2 000 – 2 500 °C a tlaku převyšujícímu 6 MPa. Při sání je naopak svíčka vystavena ochlazení vzduchem o teplotě přibližně 60 °C a podtlaku. Její konstrukce musí umožnit snášení napěťových rázů. V případě dnešních zážehových motorů se jedná o více než 30 kV.

Z hlediska provozu vozidla na LPG je stav zapalovacích svíček (viz obrázek 1.15) velmi důležitý. Jejich stav má vliv na plynulost chodu motoru na alternativní palivo více, než je tomu v případě benzínu. Často tak bývá neprávem, ze strany majitelů vozidel, přisuzováno cukání vozidla při akceleraci špatnému nastavení ECGI, neboť se cukání projevuje z počátku pouze při provozu na alternativní palivo. Z tohoto důvodu by se neměla podceňovat jejich výměna a dbát doporučení servisního technika (Jan, Ždánský, 2010).



Obrázek 1.15: Zapalovací svíčka (Jan, Ždánský, 2010)

## 1.4 Diagnostika motorových vozidel

Pod pojmem diagnostika si můžeme představit soubor činností, při kterých se zjišťuje reálný stav vozidla jako celku či stav jednotlivých dílčích komponent, jež jsou základem pro stanovení prognóz. Pro stanovení prognóz lze využít subjektivní a objektivní metodu diagnostiky. V závislosti na zvolených měřidlech dělíme diagnostiku na vnější a vnitřní (Čupera, Štěrbá, 2010).

### 1.4.1 Subjektivní diagnostika

Jedná se o metodu, při které je sledované zařízení diagnostikováno za pomoci smyslových vjemů člověka, kterými jsou zrak, sluch, hmat a čich. Při této metodě není zapotřebí žádného měřidla či přístroje. Subjektivní metoda diagnostiky je závislá na schopnostech jedince jednotlivé skutečnosti vnímat a v závislosti na nabytých zkušenostech je následně správně vyhodnotit, výsledek však může být zkreslený či nesprávný.

Subjektivní metoda je v praxi využívána zpravidla jako první, je poměrně jednoduchá, nenáročná na čas a slouží především k lokalizování okruhu závady pro následné efektivní využití objektivní kontroly (Vlk, 2006).



---

### 1.4.2 Objektivní diagnostika

Při metodách využívajících objektivní diagnostiku je stav zjišťován za pomoci diagnostického přístroje (motortesteru, multimetru). Tato metoda se využívá ke zjištění skutečného stavu sledované komponenty. Na rozdíl od subjektivní diagnostiky, která je založena na individuálních schopnostech člověka, je objektivní diagnostika založena na naměření hodnot a jejich následném porovnání s hodnotami udanými výrobcem vozidla nebo komponenty. Chyby při objektivní diagnostice může zapříčinit nedodržení pracovního postupu, chybné měření nebo nesprávné vyhodnocení naměřených parametrů. Oproti subjektivní diagnostice je při objektivní diagnostice zpravidla nutné využití speciálních měřidel, které mohou představovat finanční zátěž (Vlk, 2006).

Příkladem je detektor hořlavých plynů. Jedná se o zařízení sloužící k odhalení úniku plyných látek z plynového vedení a spojů soustavy LPG. K odhalení úniku slouží sonda umístěná na dlouhém přívodu pro snadnou lokalizaci úniku ve špatně přístupných místech. Senzor je polovodičová součástka s dobou aktivace 60 s. Čas odezvy přístroje je méně než 2 s. Obsluha je při detekci plynu upozorněna akusticky i vizuálně pomocí světelných diod (Čupera, Štěrbá, 2010).

### 1.4.3 Sériová diagnostika

Při sériové vnitřní diagnostice dochází k navázání komunikace mezi příslušnou řídicí jednotkou a diagnostickým přístrojem. Ke komunikaci dochází připojením komunikačního modulu diagnostického přístroje do diagnostické zásuvky umístěné ve vozidle a zapnutí zapalování, tzn. pootočení klíčku do první polohy. Signál je přenosný bezdrátově pomocí Bluetooth nebo přímým propojením přes kabel.

Přístroje pro sériovou diagnostiku jsou dodávány buď jako kompletní motortester, nebo pouze diagnostický software s komunikačním modulem. Software je vhodné nainstalovat nejlépe na přenosný PC. Výše zmíněná zařízení můžeme dále rozlišit na originální, tedy diagnostické systémy navržené samotným výrobcem vozidla, které umožňují pokročilé funkce v nastavení řídicí jednotky, a diagnostické systémy neoriginální. Neoriginální systémy jsou cenově dostupnější a aplikovatelné obvykle na více výrobců vozidel.

Sériová diagnostika je zástupcem objektivních diagnostických metod, jelikož lze s její pomocí vyčítat z ŘJ skutečné hodnoty a následně je porovnat s předepsanými nebo požadovanými hodnotami.

---

### **Základní funkce vnitřní diagnostiky:**

- 1) identifikace ŘJ,
- 2) čtení paměti závad a její mazání,
- 3) zkouška akčních členů,
- 4) čtení skutečných hodnot a porovnání s hodnotami předepsanými výrobcem,
- 5) přizpůsobení ŘJ (Čupera, 2007).

### **ESI[tronic] a komunikační modul KTS 560**

ESI[tronic] je diagnostický software od společnosti Bosch pro účely vnitřní sériové diagnostiky. Software ESI[tronic] je zpravidla instalován na přenosném počítači se systémem Windows a s ECU (Electronic Control Unit) komunikuje prostřednictvím komunikačního modulu KTS 560 zapojeného do diagnostické zásuvky OBD (On Board Diagnostic). Komunikace se spouští po otočení klíčku ve spínací skříňce do první polohy, kdy se rozsvítí kontrolky na palubní desce. Software je pravidelně aktualizován na základě předplacené licence.

KTS 560 je robustní komunikační modul, který s počítačem, na kterém je instalován diagnostický software ESI[tronic] 2.0, komunikuje zpravidla prostřednictvím Bluetooth nebo napřímo rozhraním USB 2.0. Kromě komunikace s ECU, čtení a mazání paměti závad a dalších funkcí, spjatých s nastavením ECU, obsahuje také integrovaný jednokanálový multimetr. Lze tedy bez nutnosti připojování měřicího přístroje (digitálního multimetru) měřit napětí, proud a odpor na snímačích a akčních členech pouze vyčtením těchto hodnot z ECU. To ve velké míře šetří čas (boschaftermarket.com, 2021).

### **Funkce sériové diagnostiky ESI[tronic]**

#### **a) Identifikace vozidla a vyhledání ECU**

Každé diagnostikované vozidlo je nutno před zahájením samotné diagnostiky v programu správně identifikovat, nejjednodušší cestou je zvolení identifikace vozidla za pomoci vyplnění VIN (Vehicle Identification Number). V případě vozidel koncernu VW je nutné následně identifikaci upřesnit, kdy veškeré doplňující informace jsou k nalezení na zadní straně malého technického průkazu vozidla.

---

Dalším krokem je zde vyhledání dostupných ECU vozidla, to je možné po zapnutí zapalování vozidla a připojení komunikačního modulu KTS 560. Po vybrání příslušné ECU, se kterou chce obsluha diagnostiky navázat komunikaci, je možné se s ní spojit a realizovat další požadavky.

#### **b) Čtení paměti závad**

Po zvolení této funkce se zobrazí závady, které se do ECU uložily během provozu vozidla. Závada se zobrazuje v podobě chybového kódu a názvu závady, na základě kterého je možné dohledat popis závady a možné příčiny, případně i doporučení pro další zkušební kroky.

Závady se dělí na dva druhy. Na ty, které vznikly nahodile, tzv. sporadické závady, na základě nějaké anomálie vzniklé během provozu vozidla. Sporadickou závadu je možné z ECU vymazat a v dalším provozu se neobjevuje. Druhou variantou závad jsou závady statické, tyto taktéž vznikly na základě anomálie během provozu, avšak tato anomálie, v důsledku např. vadného snímače, trvá. Statická závada buď lze vymazat, po opětovném uvedení do provozu se však objeví znovu, nebo její vymazání není možné.

Rozšířenou funkcí paměti závad je vyčtení podmínek, za jakých závada vznikla. Lze vyčíst stav tachometru při vzniku závady, jaká byla v ten moment aktuální teplota chladicí kapaliny motoru, za jakých otáček motoru a při jakém zatížení motoru k závadě došlo. Díky této funkci je možné přiblížit okolnosti, za kterých závada vznikla, což může pomoci při stanovování diagnózy (Štěrba, 2013a).

#### **c) Mazání paměti závad**

Po zvolení požadavku na tento krok dojde k vymazání uložených závad, chybových kódů, z ECU. Po vymazání dojde k opětovnému načtení paměti závad. Zde se může stát, jak je popsáno výše, že některá statická závada nemohla být vymazána a v paměti ECU přetrvává. V případě této závady je nutné nejdříve odstranit její příčinu a až posléze je možné vymazat paměť závad.

#### **d) Skutečné hodnoty**

Skutečné hodnoty jsou odečítány z jednotlivých snímačů a akčních členů a ukazují reálné hodnoty a stav informující o dějích v managementu řízení motoru. Pokud je v paměti závad uložena závada některého ze snímačů nebo akčního členu, lze takto

---

např. velmi jednoduše ověřit funkčnost tohoto snímače, lokalizovat vynechávající válec nebo zjistit, zda tlak paliva odpovídá tlaku požadovanému.

Skutečných hodnot je rozmanité množství a v praxi je důležité sledovat řadu hodnot současně. V sekci skutečných hodnot je možné vybrat až 8 hodnot a najednou je sledovat.

#### **e) Readiness kódy**

Readiness kód představuje stavové číslo, které určuje provozní stav komponent pro ovlivnění složení výfukových plynů. Využívá se jako nástroj pro kontrolu před zahájením měření emisí. Určí například podmínku, zda je během měření nutné dělat doplňkový test lambda sondy.

#### **f) Test akčních členů**

Po zvolení funkce testu akčních členů lze jednoduše otestovat jejich správnou činnost. Na základě pokynu obsluhy v diagnostickém softwaru je přes komunikační modul do ECU vyslán pokyn k aktivování jednotlivých akčních členů, následně je obsluhou sledováno, zda se akční člen skutečně sepnul. Lze tak např. zjistit funkci podávacího palivového čerpadla v nádrži, které je po zahájení této funkce slyšet, lze otestovat činnost ventilátoru chlazení, dále spínání různých relé apod.

Zaktivování akčních členů lze využít i pro účely realizace paralelní diagnostiky, kdy je možné komponenty testovat bez nutnosti nastartovaného motoru. Namátkou lze jmenovat měření skutečného tlaku paliva, které vyvine elektrické podávací čerpadlo.

#### **g) Přizpůsobení ECU**

V souvislosti s provozem na LPG a jeho neideálním nastavením z hlediska nastavení bohatosti zápalné směsi, může dojít ke změně v nastavení ECU, projevuje se to cukáním při provozu na benzín. Řešením je uvedení této ECU do základního nastavení, čímž se smažou adaptační hodnoty akčních členů.

Tato funkce je dále využívána při výměně jednotlivých akčních členů (škrtecí klapka) za akční člen nový, případně po jeho čištění nebo repasi.

#### **h) Speciální funkce**

V sekci speciální funkce lze naleznout funkce související s údržbou a opravami vozidla. Zpravidla nejpoužívanější funkcí je zde reset servisního intervalu, který je nutno aktivovat po pravidelné výměně motorového oleje a inspekční prohlídce.

---

Mezi další funkce patří např. funkce odvzdušnění brzd se systémem ABS (Antiblokovací Brzdový Systém), odvzdušnění palivového systému (po výměně čističe paliva), regenerace filtru pevných částic DPF (Diesel Particular Filter) a další (Kočí, 2012).

### **Interface a diagnostický software Europegas**

Interface LPG je diagnostické rozhraní sloužící pro komunikaci řídicí jednotky ECGI se softwarem instalovaným na PC. Kalibrace a seřízení ECGI probíhá většinou za jízdy, proto je ideálním řešením instalace diagnostického softwaru na přenosný PC. Komunikace probíhá po připojení do USB v PC, případně přes Bluetooth. Interface může být shodného výrobce jako diagnostický software, v tomto případě Europegas, případně je na trhu k dispozici univerzální interface, jehož součástí jsou různé redukce dle výrobců. Doposud nejsou diagnostické zásuvky plynových ECGI jednotek sjednoceny, jako je to v případě OBD zásuvek u osobních automobilů.

### **Vybrané funkce diagnostického softwaru Europegas:**

#### **a) Nastavení přepínání mezi benzínem a LPG**

V této sekci je v ECGI možno nastavit parametry, za kterých dojde k přepnutí z benzínu na LPG a obráceně. Nastavuje se zde teplota reduktoru, za které je možné, aby došlo k přepnutí na LPG (obvykle 35 °C). Dále jsou nastaveny otáčky motoru, zda dojde k přepnutí paliv při akceleraci nebo deceleraci, zda se jednotlivé plynové vstřikovače sepnou najednou nebo postupně v rozmezí několika sekund atd. V opačném případě, při přepnutí z LPG na benzín, lze nastavit krajní hodnoty, za kterých k automatickému přepnutí dojde, jedná se např. o pokles tlaku plynu nebo o maximální zatížení motoru.

#### **b) Kalibrace**

Jedná se o nejdůležitější funkci v plynovém managementu. Bohatost směsi je nejdůležitějším parametrem a závisí na ní správné nastavení ECGI. Na optimálním nastavení je závislá nejen samotná jízda, kdy by uživatel mezi jednotlivými palivy neměl poznat rozdíl, ale také životnost komponent motoru, např. katalyzátoru, který se může při příliš vysokých teplotách hoření směsi rozpadnout.

Ve funkci kalibrace se bohatost směsi nastavuje změnou času otevření plynových vstřikovačů v závislosti na času otevření benzínového vstřikovače. Na obrázku (viz obrázek 1.16) můžeme vidět červeně zbarvenou benzínovou linii a modrou

plynovou linií. Otevírací časy vstřikovačů jsou nastavitelné pomocí multiplikátoru (černá linie), na kterém jsou body, se kterými je možné hýbat pomocí klávesnicových šipek. Stisknutí pravé nebo levé šipky změní aktivní bod o 1 ms, šipka dolů nebo nahoru určuje změnu pro otevírací doby. Pokud se, pro příklad, změní hodnota multiplikátoru z 1,0 na 0,8, způsobí to zkrácení vstřikovací doby o 20 % (Dílenská příručka Europegas, 2015).



Obrázek 1.16: Kalibrace (Dílenská příručka Europegas, 2015)

### c) Automatická adaptace (autoadaptace)

V případě, že se během provozu vozidla jednotlivé palivové mapy od sebe vzdalují, je možné v tomto diagnostickém pokynu zapnout funkci autoadaptace. Ta vypočítává úpravy bodů multiplikátoru. Aby nedošlo k úplné změně nastavení multiplikátoru a tím i k nežádoucím projevům v podobě neplynulého chodu motoru v různých jízdních podmínkách, lze v této funkci definovat maximální změnu každého bodu multiplikátoru. Dále je možné nastavit čas od poslední změny, po který se nebude ECGI multiplikátor upravovat (Dílenská příručka Europegas, 2015).

### 1.4.4 Paralelní diagnostika

Úkolem vnější diagnostiky je měření elektrických (napětí, proud, odpor) nebo neelektrických (tlak, teplota) veličin k tomu určenými diagnostickými přístroji na měřeném vozidle. K měření elektrických veličin se používají multimetry, případně se pro zobrazení průběhu elektrického signálu využívá osciloskop. V případě

---

neelektrických veličin využíváme teploměry, kompresiometry a další. Stejně jako v případě vnitřní diagnostiky, i zde se hovoří o objektivních diagnostických metodách, jelikož hodnoty odečtené z měřicích přístrojů je možno porovnat s hodnotami předepsanými výrobcem. Aby byla zajištěna přesnost měření a jeho opakovatelnost, je nutno dodržet předepsané podmínky (teplota chladicí kapaliny, teplota prostředí).

#### **a) Digitální multimetr**

Multimetr je zpravidla univerzální diagnostické zařízení, které je schopno v případě jednoduchých multimetrů měřit elektrické veličiny (napětí, proud, odpor). Precizní multimetry jsou, díky zvýšené přesnosti naměřených veličin, schopny odvodit další elektrické parametry, jako je například kapacita, frekvence, a umožní test průchodnosti polovodičových součástí (diod).

Multimetry pro diagnostické softwary jsou schopny měřit i neelektrické veličiny, z nichž lze jmenovat teplotu, otáčky motoru, periodu vstřikování (Čupera, Štěrbá, 2010).

#### **Zásady pro měření základních elektrických veličin:**

Elektrické napětí se zásadně měří zapojením multimetru paralelně. Cílem je zajistit, aby nedošlo k rušení elektrického obvodu a destrukci voltmetru. Voltmetr má velký odpor, z toho plyne, že je schopen měřit pouze malé proudy. Při překročení nastaveného napětí dojde k přerušení tavné pojistky, proto pokud napětí řádově není známé, měření začíná od nejvyššího rozsahu.

Oproti elektrickému napětí se elektrický proud měří při sériovém zapojení do obvodu, ampérmetr multimetru má malý vnitřní odpor.

Elektrický odpor se měří paralelním zapojením na spotřebič nebo do obvodu. Elektrický proud neprochází obvodem zpravidla žádný, případně je konstantní v jednotkách maximálně mA. Výsledný odpor je pak dílem Ohmova zákona. Při měření obvodu s delším elektrickým vedením je nutné zohlednit odpor vodičů, jinak by došlo ke zkreslení hodnot (Gscheidle, 2002).

#### **b) Kompresiometr**

Jedná se o manometr, jehož ručička se zastaví na nejvyšší hodnotě tlaku, kterou je motor schopný vyvinout.

Pomocí kompresiometru se měří komprese ve spalovacím prostoru zážehového motoru. Komprese je obvykle měřena po demontáži zapalovací svíčky, kdy je na její

---

místo našroubovaný adaptér, případně má adaptér kónické zakončení a je pevně přitlačen do otvoru. Následně je motorem otáčeno naprázdno pomocí spouštěče.

Takto lze diagnostikovat stav pístní skupiny, konkrétně stav těsnících pístních kroužků a těsnost výfukových a sacích ventilů.

**c) Tester akumulátoru**

Slouží pro rychlé zjištění stavu 6 a 12 V akumulátoru. Lze zjistit úroveň nabití a kapacitu autobaterie. Stanovuje diagnózu stavu akumulátoru, ten je buď v pořádku, tzn. plně nabit, případně je nutné ho dobít, nebo kapacitu nedrží a je nutné akumulátor vyměnit za nový.

**d) Válcový dynamometr**

Jedná se o diagnostický nástroj zjišťující výkon vozidla. V případě dynamické zkoušky je možno změřit skutečný výkon motoru přenášený na podložku, a to v celém spektru otáček. Ztráty třením, valivým a mechanickým odporem jsou vypočteny automaticky ze setrvačných sil válců při volném klesání otáček motoru. Převodový poměr je vypočítán na základě otáček motoru v porovnání s otáčkami válců při požadovaném rychlostním stupni. Rychlostní stupeň je v případě maloobjemových motorů s výkonem do 70 kW ideálně třetí, v případě větších výkonů by hrozil prokluz kol na válcích, a proto je volen rychlostní stupeň vyšší.

**e) Emisní analyzátor zážehového motoru**

Měření emisí zážehového motoru probíhá za účelem zjištění množství CO, HC, CO<sub>2</sub> a hodnoty lambda výfukových plynů. Souběžně je snímána teplota oleje a otáčky motoru volnoběžné a zvýšené.

Produktem dokonalého spalování uhlovodíkových paliv a vzduchu je CO<sub>2</sub> a voda. Vlivem nedokonalého spalování se ve výfukových plynech nachází oxid uhelnatý (CO) spolu s vodíkem (H<sub>2</sub>). Ve výfukových plynech je také obsažen kyslík O<sub>2</sub>, který je následkem jeho přebytku při tvorbě směsi nebo nebyl využit následkem nedokonalého spálení směsi. Nedokonalým spalováním vznikají také nespálené uhlovodíky (HC), které mají různé složení (Jan et al., 2008).



---

## 2 Cíl práce

Cílem práce je provedení diagnostiky a vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch sledovaných vozidel a odpovědět na otázky:

1. Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?
2. Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

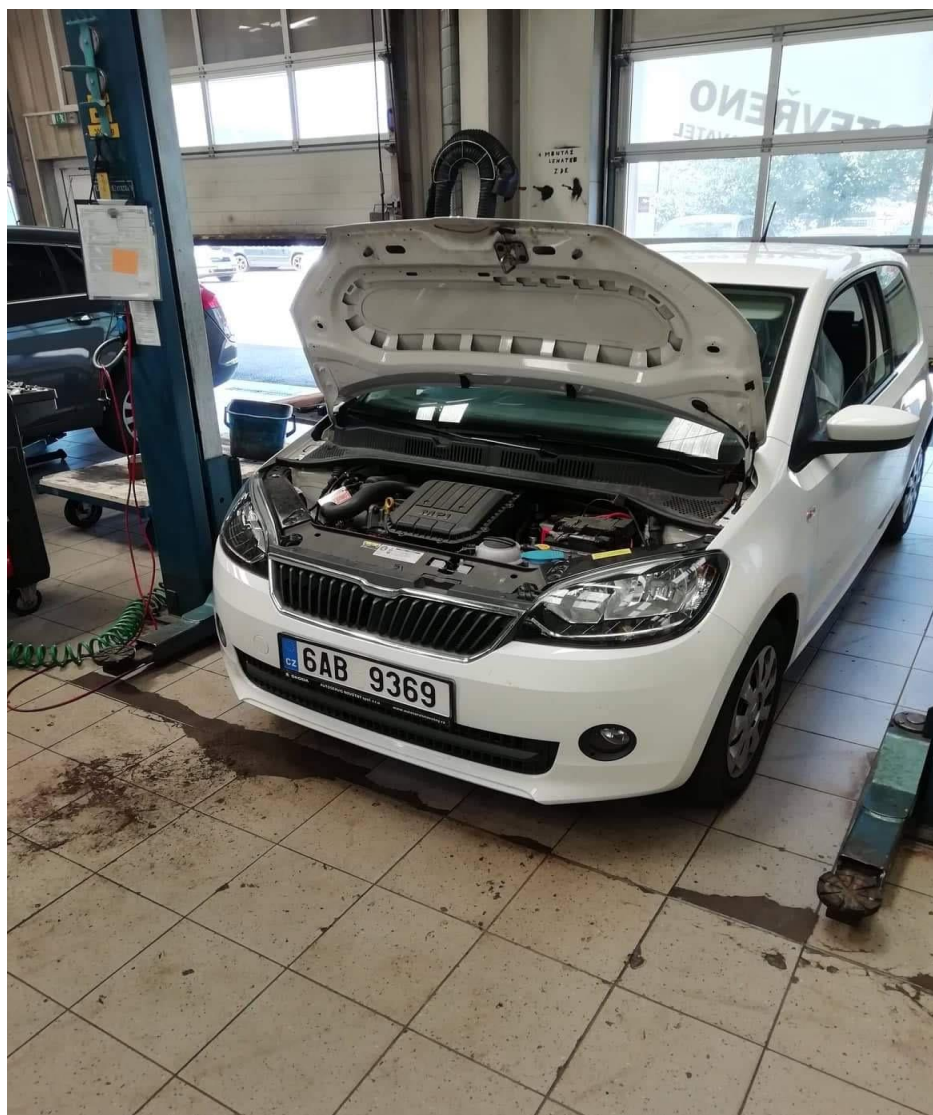
Dílčí cíle diplomové práce:

1. Popsat používané diagnostické systémy pro daný typ motorů.
2. Provést konkrétní diagnostiku.
3. Porovnat zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce.
4. Odpovědět na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnotit a uvést závěry pro praxi.

---

### 3 Metodika

Diagnostické metody budou aplikovány na vozidle Škoda Citigo se zážehovým motorem 1.0 MPi o výkonu 44 kW (viz obrázek 3.1). Jedná se o tříválcový atmosférický motor s vícebodovým vstřikováním paliva. Motor je řízen elektronickou ECU Motronic. Ve vozidle je instalována aparatura plynového systému LPG od výrobce Europegas s ECGI Basico 24. Veškeré diagnostické metody budou realizovány v prostorách Autoservisu Čížek s.r.o. v Českých Budějovicích. Měření výkonu proběhne ve společnosti KORPET s.r.o. sídlící ve Chvalovičkách. Měření emisí se uskuteční ve společnosti SPZone s.r.o. v Českých Budějovicích.



Obrázek 3.1: Škoda Citigo 1.0 MPi

---

**Metodika** bude sestavena pro zjištění skutečného stavu automobilu a komponent souvisejících s provozem na LPG.

Subjektivní diagnostické metody budou spočívat ve vizuální kontrole dílčích částí motoru a plynové soustavy. V rámci subjektivní diagnostiky bude dále využito i dalších vjemů, zejména čich a sluch.

Zdrojem informací pro objektivní posouzení naměřených hodnot paralelní a sériové diagnostiky bude diagnostický software ESI[tronic] ve verzi 2.0, který je instalovaný na přenosném PC. Pro porovnání hodnot plynového systému Europegas bude využito informací z technických dat v diagnostickém programu Europegas ve verzi 5.0.5.

Během diagnostických prací na zážehovém motoru je nutno dodržovat bezpečnostní požadavky dané zákoníkem práce (zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, v platném znění, část pátá). Během diagnostiky plynové soustavy je nutno řídit se bezpečnostními opatřeními zejména s ohledem na nebezpečí vdechnutí plynu a plnit požadavky na odvětrávání diagnostického stanoviště.

Z hlediska bezpečnosti jednotlivých diagnostických kroků, zejména testování akčních členů, je nutné řídit se pokyny výrobce vozidla, plynového systému a diagnostického zařízení.

Tabulka 3.1 uvádí parametry měřeného vozidla.

**Tabulka 3.1: Parametry měřeného vozidla**

|   |                  |
|---|------------------|
| Motor   | 1.0 MPi          |
| Počet válců                                   | 3                |
| Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]             | 999              |
| Max. výkon [kW/ot.min <sup>-1</sup> ]         | 44/5 000 – 6 000 |
| Max. točivý moment [Nm/ot.min <sup>-1</sup> ] | 95/3 000 – 4 300 |
| Typ paliva                                    | Benzín/LPG       |
| Emisní úroveň                                 | Euro 5           |

### 3.1 Metodika subjektivní diagnostiky

Z hlediska subjektivní diagnostiky bude u vozidel s pohonem na LPG kladen důraz zejména na vizuální kontrolu zástavby a platnost tlakové zkoušky nádrže LPG.

Při vizuální kontrole bude zkontrolováno především poškození plynových komponent (nádrže, reduktoru), kdy se kontrola bude soustředit na viditelné poškození

---

způsobené působením tepelných, chemických a mechanických vlivů. Dále bude ověřen způsob upevnění komponent plynového vedení v dostatečné vzdálenosti od zdrojů tepla. Každá plynová zástavba musí být homologována a jednotlivé komponenty příslušnou homologací označeny, při vizuální kontrole bude ověřeno správné označení těchto homologací. Dále bude následovat vizuální kontrola označení vozidla samolepkou LPG u přípojky plnění a v zadní části vozu v pravém horním nebo dolním rohu zadního okna.

Subjektivně bude ověřen případný únik LPG z aparatury za pomoci čichu.

### **3.2 Metodika sériové diagnostiky**

Sériová diagnostika bude spočívat v navázání komunikace s ECU motoru pomocí diagnostického komunikačního modulu Bosch KTS 560, který je na vozidlo připojen do 16pinové diagnostické zásuvky OBD a diagnostického softwaru ESI[tronic]. Diagnostická zásuvka je na vozidle umístěna pod přístrojovou deskou nad spojkovým pedálem.

Komunikace s ECGI bude probíhat prostřednictvím interface Europegas a diagnostického softwaru od stejného výrobce. Interface je k ECGI plynového systému připojen do 4pinové diagnostické zásuvky. Diagnostická zásuvka je umístěna v blízkosti ECGI.

Aby probíhala komunikace mezi diagnostickým přístrojem a řídicími jednotkami motoru a systému LPG, musí být dostatečně v kondici a dostatečně nabitý akumulátor. Napětí akumulátoru by nemělo klesnout pod hodnotu 11,5 V.

#### **3.2.1 Navázání komunikace s ECU prostřednictvím Bosch KTS 560 a vyčtení paměti závad**

##### **Podmínky kontroly:**

- a) Napětí akumulátoru alespoň 11,5 V,
- b) Vozidlo zajištěno proti pohybu.

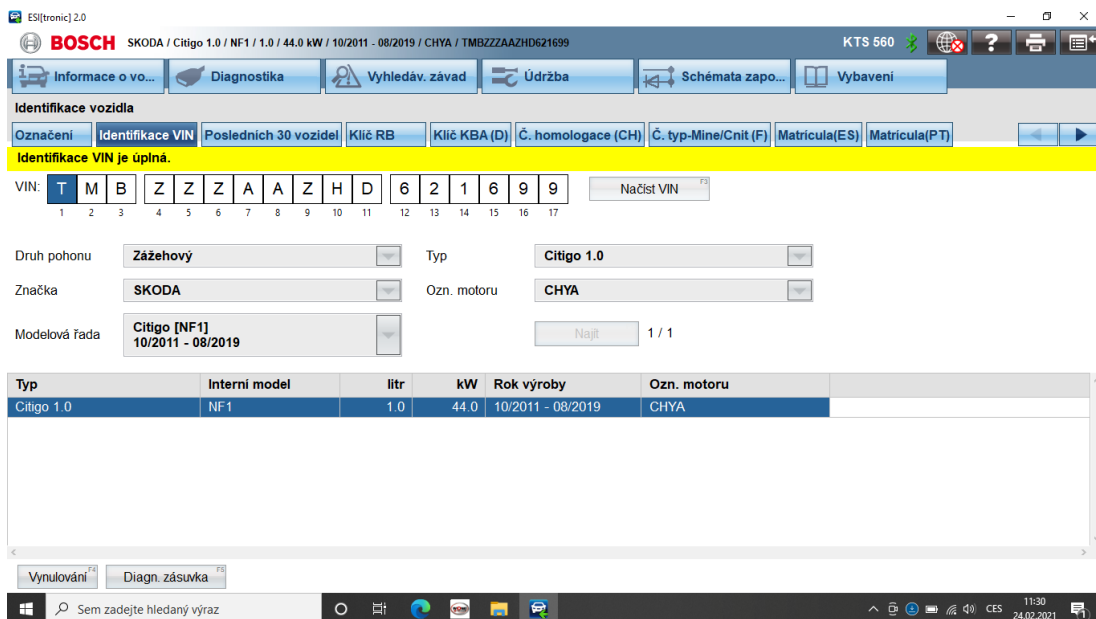
##### **Diagnostické nástroje:**

- a) Bosch KTS 560, ESI[tronic].

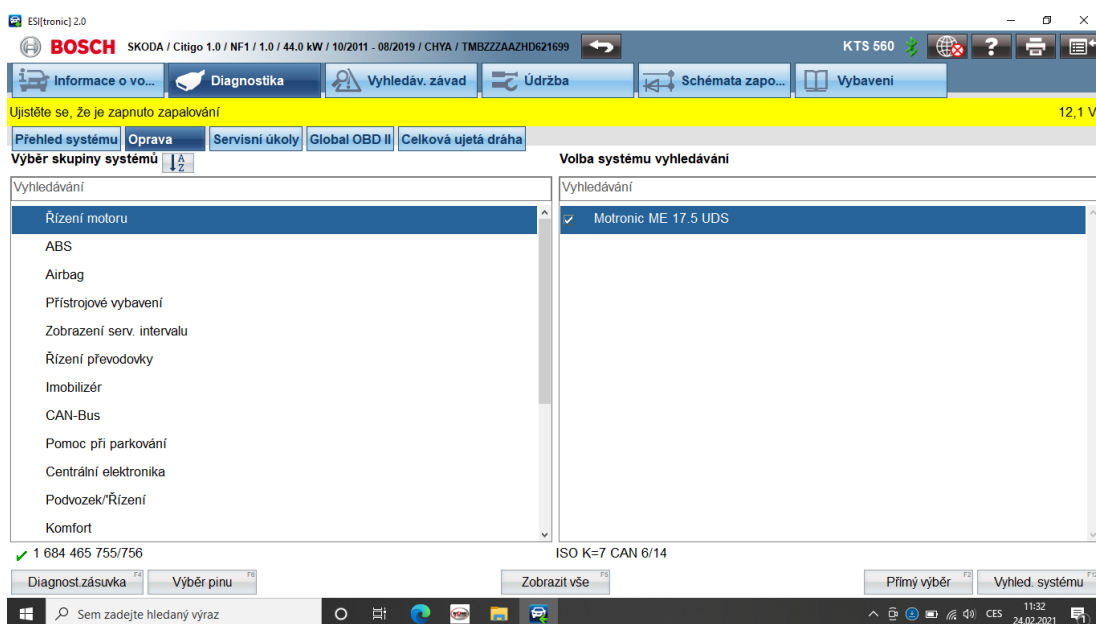
##### **Postup měření:**

- a) Připojit komunikační modul KTS 560 do diagnostické zásuvky OBD,
- b) Zapnout zapalování,

- 
- c) Zvolit „Identifikace VIN“ (viz obrázek 3.2),
  - d) Zvolit identifikované vozidlo a zvolit „Diagnostika“,
  - e) Zvolit „Oprava“, vybrat ECU motoru a pokračovat stisknutím „Přímý výběr“ (viz obrázek 3.3),
  - f) Zvolit „Paměť závad“.



Obrázek 3.2: Identifikace vozidla



Obrázek 3.3: Volba ECU

### 3.2.2 Navázání komunikace s ECGI pro podporu paralelní diagnostiky

#### Podmínky měření:

- Napětí akumulátoru alespoň 11,5 V,
- Vozidlo zajištěno proti pohybu.

#### Diagnostické nástroje:

- Interface Europegas a software na přenosném PC.

---

**Postup měření:**

- a) Připojit interface EG na 4pinový konektor v blízkosti ECGI,
- b) Zapnout zapalování,
- c) Zvolit „spojit“ v diagnostickém softwaru,
- d) Číst potřebné hodnoty.

**3.3 Metodika paralelní diagnostiky**

V prvním kroku bude ověřena plynotěsnost LPG aparatury a stav akumulátoru, na jehož kondici jsou závislé elektrické veličiny měřené na snímačích a akčních členech. Následně bude ověřen stav těsnosti chladicí soustavy a hodnota kompresního tlaku. Závěrem bude provedeno měření emisí ve výfukových plynech a dále bude měřen výkon motoru při pohonu na benzín a LPG.

**3.3.1 Kontrola plynotěsnosti**

Těsnost plynového zařízení bude ověřena za pomoci detektoru úniku plynu. Motor je při této kontrole v běhu a kontrola se provádí přiblížením detektoru ke spojům plynového vedení, které bývají častým místem úniku. V případě zjištění úniku plynu je nutné motor zastavit, čímž se kontrola přeručí. Pokračovat v kontrole je možné až po odstranění příčiny úniku.

Kontrola plynotěsnosti bude provedena indikátorem hořlavých plynů a par GI-03M. Technické parametry jsou v tabulce 3.2.

**Tabulka 3.2: Parametry indikátoru hořlavých plynů**

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Měřicí rozsahy CH <sub>4</sub> [%] | 0,1 – 1       |
| Teplota okolí [°C]                 | 0 – 40        |
| Relativní vlhkost prostředí [%]    | 80            |
| Hmotnost [g]                       | 360           |
| Rozměry [mm]                       | 135 x 60 x 30 |

**Podmínky kontroly**

- a) Zajištění odsávání výfukových plynů z diagnostického stanoviště,
- b) Vozidlo umístěno na zvedáku,
- c) Motor běží na volnoběh na LPG.

**Diagnostické nástroje**

- a) Indikátor hořlavých plynů a par GI-03M (viz obrázek 3.4)



**Obrázek 3.4: Indikátor hořlavých plynů a par GI-03M**



---

### **Postup měření**

- a) Připevnit hadici odsávání výfukových plynů na výfuk vozidla,
- b) Umístit vozidlo na zvedák,
- c) Nastartovat motor,
- d) Zvednout vozidlo,
- e) Očichat plnicí hrdlo a plnicí vedení,
- f) Očichat nádrž vozidla spolu s multiventilem,
- g) Očichat vedení kapalné fáze LPG pod vozidlem,
- h) Očichat reduktor v motorovém prostoru,
- i) Očichat veškeré spoje plynné fáze v motorovém prostoru.

### **3.3.2 Měření napětí akumulátoru**

Stav akumulátoru bude měřen pomocí přístroje GYS BT 501 DHC s parametry:

- a) Použití pro 6 V/12 V baterie, 24 V okruhy dobíjení,
- b) Pracovní rozsah 40 – 2 000 CCA,
- c) Rozlišení výsledku testu +/- 1 CCA,
- d) Test vybitých baterií až do 1,5 V,
- e) Voltmetr: 1 – 15 V s přesností +/- 0,05 V,
- f) Měří do kapacity akumulátoru až 230 Ah.

### **Podmínky kontroly**

- a) Motor vypnutý, vypnuté zapalování.

### **Diagnostické nástroje**

- a) Tester akumulátorů GYS BT 501 DHC (viz obrázek 3.5)



**Obrázek 3.5: Tester akumulátorů GYS BT 501 DHC**

### **Postup měření**

- a) Demontovat kryt akumulátoru,
- b) Odečíst hodnotu startovacího proudu normy DIN,
- c) Připojit černou svorku testeru na záporný pól akumulátoru,
- d) Připojit červenou svorku testeru na kladný pól akumulátoru,
- e) Zvolit normu DIN a zadat hodnotu startovacího proudu odečtenou z akumulátoru,
- f) Odečíst hodnotu z testeru a vytisknout protokol o měření.

---

### 3.3.3 Kontrola těsnosti chladicí soustavy

Subjektivní kontrola spočívá ve vizuální kontrole spojů, zejména vodních hadic k reduktoru, a lokalizaci případných netěsností v podobě kapek chladicí kapaliny.

Objektivní diagnostika spočívá v natlakování palivové soustavy přes expanzní nádobku a následné sledování poklesu tlaku v závislosti na času. Následně bude ověřen stav těsnění hlavy válců, kdy bude využito tzv. CO<sub>2</sub> testu pro kontrolu úniku spalin do okruhu chladicí soustavy.

#### Tlakování chladicí soustavy:

##### Podmínky kontroly

- a) Motor vypnutý a vychladnutý.

##### Diagnostické nástroje

- a) Tester chladicího systému 4800/7 HAZET (viz obrázek 3.6),
- b) Stopky.



Obrázek 3.6: Tester chladicího systému 4800/7 HAZET

---

### **Postup měření**

- a) Otevření expanzní nádoby chladicí kapaliny,
- b) Přivedení adaptéru kónusového tvaru do otvoru expanzní nádoby,
- c) Natlakování chladicí soustavy na požadovaný tlak (max. 100 kPa),
- d) Sledování ručičky manometru po dobu 1 min.

### **Kontrola stavu těsnění pod hlavou válců:**

Bude provedena pomocí testeru úniku CO<sub>2</sub> ze spalovacího prostoru do chladicí kapaliny Leitenberger LT 200.2G. Tester využívá reakční kapaliny, která se v případě detekce CO<sub>2</sub> zabarví do zelena.

### **Podmínky kontroly**

- a) Motor je nastartovaný a má provozní teplotu,
- b) Expanzní nádoba je otevřená, hladina chladicí kapaliny je ve středu mezi hladinoměry,
- c) Zajištění odvětrávání spalin z diagnostického stanoviště.

### **Diagnostické nástroje**

- a) Leitenberger LT 200.2G (viz obrázek 3.7),
- b) Reakční kapalina.



Obrázek 3.7: Leitenberger LT 200.2G

### Postup měření

- a) Nalít reakční kapalinu do testeru,
- b) Uzavřít tester, aby spaliny mohly proudit přes balonek ven,
- c) Nasadit tester na hrdlo expanzní nádoby chladicí kapaliny,
- d) Několikrát (max. 10x) zvýšit otáčky motoru,
- e) Zkontrolovat, zda reakční kapalina změnila barvu z modré na zelenou.

### 3.3.4 Měření kompresního tlaku spalovacího prostoru

Pro měření kompresního tlaku bude použit kompresimetr BGD 8400 pro vznětové a zážehové motory. Kompresimetr je schopen měřit kompresní tlaky do 50 MPa.

#### Podmínky kontroly

- a) Motor vypnutý a vychladnutý,
- b) Odpojené cívky zapalování,
- c) Odpojené benzínové vstřikovače.

---

## Diagnostické nástroje

- a) Kompresiometr (viz obrázek č. 3.8).



Obrázek 3.8: Kompresiometr BGD 8400

### Postup měření

- a) Demontovat svíčku zapalování,
- b) Pomocí vhodného adaptéru našroubovat kompresiometr do otvoru po zapalovací svíčce,
- c) Umístit manometr vhodně tak, aby byl vidět z kabiny řidiče,
- d) Zapnout zapalování,
- e) Startovat motor, dokud ručička manometru nepřestane stoupat,
- f) Vypnout zapalování,
- g) Odečíst naměřenou hodnotu,
- h) Opakovat postup u zbývajících dvou válců.

---

### 3.3.5 Kontrola sacího potrubí

Při provozu automobilu na LPG může vlivem špatného nastavení nebo horšího vstřikovacího nebo zapalovacího elementu docházet k nepravidelnému chodu motoru. Stejně tak může problém kolísavých otáček motoru způsobovat přísávání tzv. falešného vzduchu.

#### **Kontrola těsnosti sacího potrubí sériovou diagnostikou**

##### **Podmínky kontroly**

- a) Motor je nastartovaný,
- b) Zajištění odvětrávání spalin z diagnostického stanoviště,
- c) Z důvodu hrozby požáru dbát zvýšené opatrnosti.

##### **Diagnostické nástroje**

- a) Čistič brzd na bázi acetonu (Berner),
- b) Diagnostický software ESI[tronic] a komunikační modul KTS 560.

##### **Postup měření**

- a) Navázat komunikaci mezi ESI[tronic] a ECU prostřednictvím KTS 560,
- b) Zvolit skutečné hodnoty,
- c) Zvolit skutečnou hodnotu „otáčky motoru“,
- d) Postupně stříkat čistič brzd na části sacího potrubí se současným sledováním otáček motoru ve skutečných hodnotách.

### 3.3.6 Měření odporu snímače teploty chladicí kapaliny (na reduktoru)

Skutečná hodnota teploty chladicí kapaliny bude vyčtena za pomoci sériové diagnostiky Europegas z ECGI.

Za účelem kontroly součástí paralelní diagnostickou metodou bude využit digitální multimetr UTC33C, kterým je možno měřit základní elektrické veličiny.

#### **Parametry digitálního multimetru jsou následující:**

- a) Vstupní impedance pro DC napětí: 10 M $\Omega$ ,
- b) DC napětí: 200 mV / 2 000 mV / 20 V / 200 V / 250 V (přesnost: +/- (0,5 % + 2)),
- c) AC napětí: 200 V / 250 V (přesnost: +/- (1,2 % + 10)),
- d) DC proud: 2 000  $\mu$ A / 20 mA / 200 mA / 10 A (přesnost: +/- (1 % + 2)),

- 
- e) Odpor: 200  $\Omega$  / 2 000  $\Omega$  / 20 k $\Omega$  / 200 k  $\Omega$  / 20 M  $\Omega$  (přesnost: +/- (0,8 %+2)),
  - f) Teplota: -40 až +1 000 °C, -40 až +1 832 °F (přesnost: +/- 1 %+3 (°C), +/- 1 %+4 (°F)) (s dodávanou sondou pouze do 200 °C)).

#### **Podmínky kontroly**

- a) Motor je nastartovaný a má provozní teplotu,
- b) Zajištění odvětrávání spalin z diagnostického stanoviště.

#### **Diagnostické nástroje**

- a) Interface a software Europegas,
- b) Digitální multimetr.

#### **Postup měření**

- a) Připojení interface k ECGI,
- b) V diagnostickém softwaru zvolit pokyn „spojit“,
- c) Odečíst hodnotu teploty reduktoru,
- d) Zapnout multimetr a nastavit hodnotu měření elektrického odporu,
- e) Připojit hroty multimetru na kabely vedoucí do snímače,
- f) Odečíst hodnotu elektrického odporu.

### **3.3.7 Měření napájecího napětí na elektromagnetickém solenoidovém ventilu reduktoru**

#### **Podmínky kontroly**

- a) Motor je nastartovaný, podmínky umožňují přepnutí na LPG,
- b) Zajištění odvětrávání diagnostického stanoviště.

#### **Diagnostické nástroje**

- a) Diagnostický software a komunikační modul Europegas,
- b) Digitální multimetr.

#### **Postup měření**

- a) Zapnout odvětrávání výfukových plynů,
- b) Nastartovat motor,



- 
- c) Připojit komunikační modul Europegas k ECGI,
  - d) Zahájit komunikaci mezi diagnostickým softwarem a ECGI,
  - e) Ověřit diagnosticky, že jsou solenoidové ventily otevřeny,
  - f) Nastavit na digitálním multimetru měření elektrického napětí,
  - g) Připojit hroty digitálního multimetru na konektor solenoidového ventilu,
  - h) Odečíst hodnotu elektrického napětí.

### **3.3.8 Měření napájecího napětí na elektromagnetickém solenoidovém ventilu multiventilu**

#### **Podmínky kontroly**

- a) Motor je nastartovaný, podmínky umožňují přepnutí na LPG,
- b) Zajištění odvětrávání diagnostického stanoviště.

#### **Diagnostické nástroje**

- a) Diagnostický software a komunikační modul Europegas,
- b) Digitální multimetr.

#### **Postup měření**

- a) Demontovat kryt multiventilu z nádrže,
- b) Zapnout odvětrávání výfukových plynů,
- c) Nastartovat motor,
- d) Připojit komunikační modul Europegas k ECGI,
- e) Zahájit komunikaci mezi diagnostickým softwarem a ECGI,
- f) Ověřit pomocí sériové diagnostiky, že ECGI čeká na splnění podmínky zvýšených otáček pro přepnutí na LPG,
- g) Nastavit na digitálním multimetru měření elektrického napětí,
- h) Připojit hroty digitálního multimetru na konektor solenoidového ventilu,
- i) Odečíst hodnotu elektrického napětí.

---

### 3.3.9 Měření výstupního napětí snímače hladiny plynu v nádrži

#### Podmínky měření

- a) Motor je vypnutý, zapnuté zapalování.

#### Diagnostické nástroje

- a) Digitální multimetr.

#### Postup měření

- a) Demontovat plynotěsnou schránku multiventilu na nádrži,
- b) Odpojit konektor palivoměru,
- c) Na multimetru nastavit měření elektrického napětí,
- d) Připojit kladný hrot multimetru na pin 1 odpojeného konektoru,
- e) Připojit záporný hrot multimetru na pin 3 odpojeného konektoru,
- f) Zapnout zapalování,
- g) Odečíst hodnotu elektrického napětí.

### 3.3.10 Kontrola integrovaného snímače teploty a tlaku MAP

#### Měření napájecího napětí MAP senzoru

#### Podmínky měření

- a) Motor vypnutý.

#### Diagnostické nástroje

- a) Digitální multimetr.

#### Postup měření

- a) Odpojit 5pinový konektor MAP senzoru,
- b) Na digitálním multimetru nastavit měření elektrického napětí,
- c) Zapnout zapalování,
- d) Připojit kladný hrot digitálního multimetru na pin 1,
- e) Připojit záporný hrot digitálního multimetru na pin 5,
- f) Odečíst hodnotu elektrického napětí.

---

## **Měření výstupního napětí snímače tlaku MAP senzoru**

### **Podmínky měření**

- a) Motor je vypnutý.

### **Diagnostické nástroje**

- a) Digitální multimetr,
- b) Diagnostická jehla.

### **Postup měření**

- a) Zapnout zapalování,
- b) Na digitálním multimetru nastavit měření elektrického napětí,
- c) Kladný hrot digitální multimetru připojit na pin 3,
- d) Záporný hrot digitálního multimetru připojit na pin 5,
- e) Odečíst hodnotu elektrického napětí.

### **3.3.11 Kontrola plynových vstřikovačů**

Vadný plynový vstřikovač bývá jednou z možných příčin nepravidelného chodu motoru na LPG. Vadný vstřikovač lze odhalit díky jeho hlučnosti, kdy se za pomoci sériové diagnostiky odpojují jednotlivé vstřikovače a subjektivně je vnímána rozdílná hlučnost cvakání plynového vstřikovače.

#### **Měření elektrického odporu vinutí cívky plynového vstřikovače**

##### **Podmínky měření**

- a) Motor je vypnutý, zapalování je vypnuté.

##### **Diagnostické nástroje**

- a) Digitální multimetr.

##### **Postup měření**

- a) Demontovat box vzduchového filtru,
- b) Odpojit konektor vstřikovače,
- c) Na digitálním multimetru nastavit měření elektrického odporu,
- d) Připojit hroty digitálního multimetru na pin 1 a 2 plynového vstřikovače,
- e) Odečíst hodnotu elektrického odporu,

- 
- f) Opakovat postup u zbývajících dvou vstřikovačů.

### **Kontrola plynových vstřikovačů sériovou diagnostikou**

Kontrola spočívá v porovnání rozdílů hodnot otevíracích časů vstřikovačů.

#### **Podmínky měření**

- a) Motor je nastartovaný a spaluje LPG.

#### **Diagnostické nástroje**

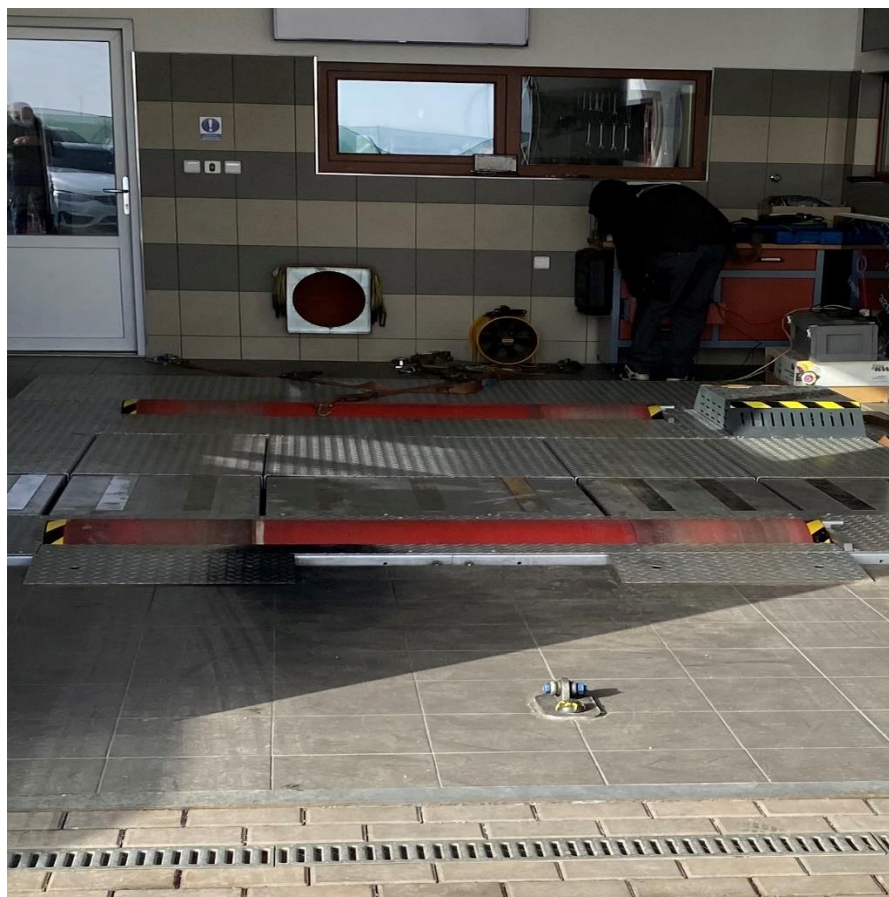
- a) Interface a software Europegas.

#### **Postup měření**

- a) Připojit interface Europegas k ECGI,
- b) V diagnostickém softwaru zvolit pokyn „spojit“,
- c) Zvolit blok otevíracích časů plynových vstřikovačů,
- d) Porovnat otevírací časy jednotlivých vstřikovačů.

### **3.3.12 Měření výkonu motoru**

Pro měření výkonu motoru byl využit válcový dynamometr (viz obrázek 3.9) se softwarem českého výrobce MOTOCOMTEST. Pro každé kolo je zde samostatný válec a je tedy možné měřit i vozidla s pohonem 4x4. Za účelem zjištění skutečného výkonu motoru a porovnání výkonu při spalování benzínu a LPG, budou provedeny čtyři zkoušky. Pro každé palivo bude zkouška provedena dvakrát pro vyloučení chyb při měření.



Obrázek 3.9: Válcový dynamometr

Parametry válcového dynamometru jsou v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: Parametry válcového dynamometru

| Software                                      | Moto COM Test BRD 1000 |
|---|------------------------|
| Max. zkušební rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]  | 250                    |
| Max. výkon na nápravu [kW]                    | 400                    |
| Max. hmotnost jedné nápravy [kg]              | 2 000                  |
| Průměr válce [mm]                             | 300                    |
| Rozsah měřené rychlosti [km.h <sup>-1</sup> ] | 0 - 250                |
| Přesnost měření sil [%]                       | ± 1,0                  |
| Min. rozvor [mm]                              | 1 100                  |
| Max. rozvor [mm]                              | 3 500                  |

---

## Metodika měření výkonu motoru

### Podmínky měření

- a) Teplota motoru min. 80 °C,
- b) Nahuštěné pneumatiky,
- c) V nádrži alespoň 15 l paliva.

### Diagnostické nástroje

- a) Moto COM Test.

### Postup měření

- a) Umístit vozidlo na válcový dynamometr,
- b) Zajistit vozidlo proti pohybu za pomoci upínacích pásů,
- c) Nastavit parametry vozidla ve výkonovém softwaru,
- d) Nastavit teplotu okolí a hodnotu atmosférického tlaku ve výkonovém softwaru,
- e) Připojit komunikační modul výkonového softwaru do diagnostické zásuvky vozidla,
- f) Nastartovat motor,
- g) Načíst skutečné hodnoty tlaku a teploty sání,
- h) Rozjet vozidlo od prvního rychlostního stupně na třetí rychlostní stupeň do hranice 3 000 ot.min<sup>-1</sup>,
- i) Pustit plynový pedál a nechat otáčky motoru setrvačností válců klesnout na volnoběžné otáčky motoru,
- j) Na základě pokynu měřicího softwaru sešlápnout plynový pedál na maximum a rozjet vozidlo do hranice omezení otáček (6 400 ot.min<sup>-1</sup>), v těchto otáčkách setrvat po dobu minimálně 5 s,
- k) Vyšlápnout spojkový pedál, vyřadit na neutrál a nechat válce setrvačností zpomalit do úplného zastavení,
- l) Opakovat postup od bodu h) na benzín a LPG minimálně 2x,
- m) Porovnat hodnoty naměřených výkonů.

### 3.3.13 Měření emisí

Pro zjištění a porovnání hodnot emisí alternativního paliva LPG a benzínu bude provedeno měření na přístroji Brain Bee AGS 200 (viz obrázek 3.10) využívajícím infračervený analyzátor. Jedná se o sestavu pro měření emisí zážehových motorů včetně automobilové diagnostiky pro vyčtení skutečných hodnot a paměti závad. Program provádí obsluhu celým procesem měření.



Obrázek 3.10: Brain Bee

Z legislativního hlediska přístroj vyhovuje požadavkům měření emisí v SME dle platné novely zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Měřené hodnoty jsou automaticky přenášeny do softwaru Emise od společnosti DEKRA CZ a.s.

Parametry přístroje jsou v tabulce 3.4.

Tabulka 3.4: Parametry přístroje Brain Bee pro měření emisí

|  |                 |
|--|-----------------|
| Software                                   | 182.60 AGS1Win  |
| Provozní teplota [°C]                      | 5 – 40          |
| Čas odezvy CO, CO <sub>2</sub> , E, HC [s] | < 10            |
| Čas odezvy O <sub>2</sub> [s]              | < 60            |
| Rozměry [mm]                               | 220 x 140 x 430 |

---

### Podmínky měření

- a) Vozidlo zajištěné proti pohybu,
- b) Teplota chladicí kapaliny min. 70 °C,
- c) Teplota oleje min. 80 °C,
- d) Paměť závad ECU bez uložených chyb,
- e) Zajistit odsávání spalin.

### Diagnostické nástroje

- a) Brain Bee AGS 200.

### Postup měření

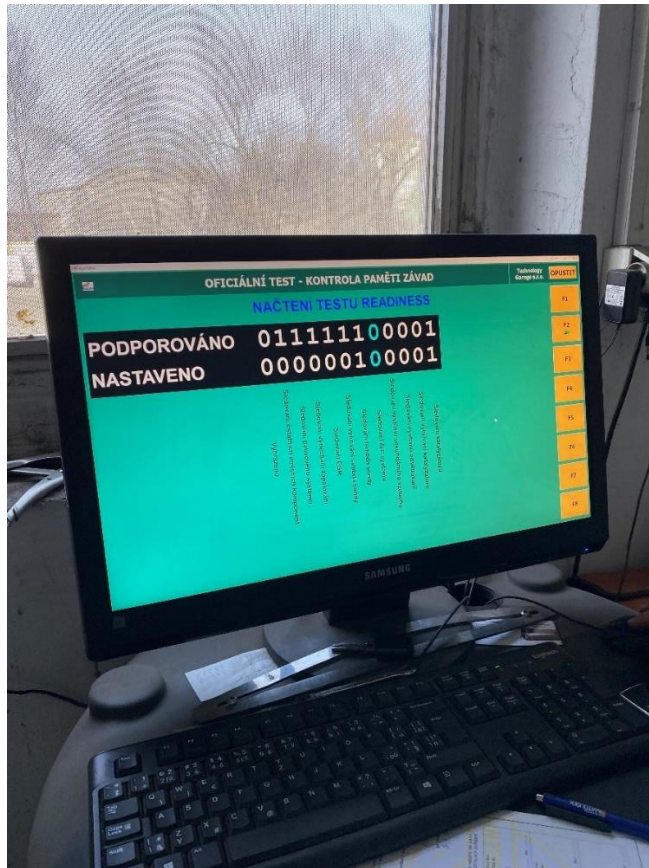
- a) Spustit emisní analyzátor a zvolit měření systému „Řízený s OBD“,
- b) Vyplnit údaje o vozidle a provozovateli,
- c) Připojit komunikační modul do diagnostické zásuvky OBD na vozidle (viz obrázek 3.11),
- d) Zapnout zapalování a potvrdit, že kontrolka MIL svítí, pokračovat stisknutím F2,
- e) Nastartovat motor, spalované palivo je benzín,
- f) Vyčíst paměť závad,
- g) Načíst test Readiness pro zjištění požadavku na doplňkový test lambda sondy (viz obrázek 3.12),
- h) Potvrdit, že je paměť závad bez chyb a kontrolka MIL nesvítí,
- i) Utěsnit měřící sondu analyzátoru pro odsátí zbytkových plynů,
- j) Vsunout měřící sondu analyzátoru do výfuku vozidla na základě pokynu softwaru,
- k) Změřit hodnotu emisí výfukových plynů při volnoběžných otáčkách, dle výrobce jsou v rozmezí 750 – 850 ot.min<sup>-1</sup>,
- l) Změřit hodnotu emisí výfukových plynů při zvýšených otáčkách, dle výrobce jsou v rozmezí 2 500 – 3 000 ot.min<sup>-1</sup> (viz obrázek 3.13),
- m) Provést doplňkový test lambda sondy,



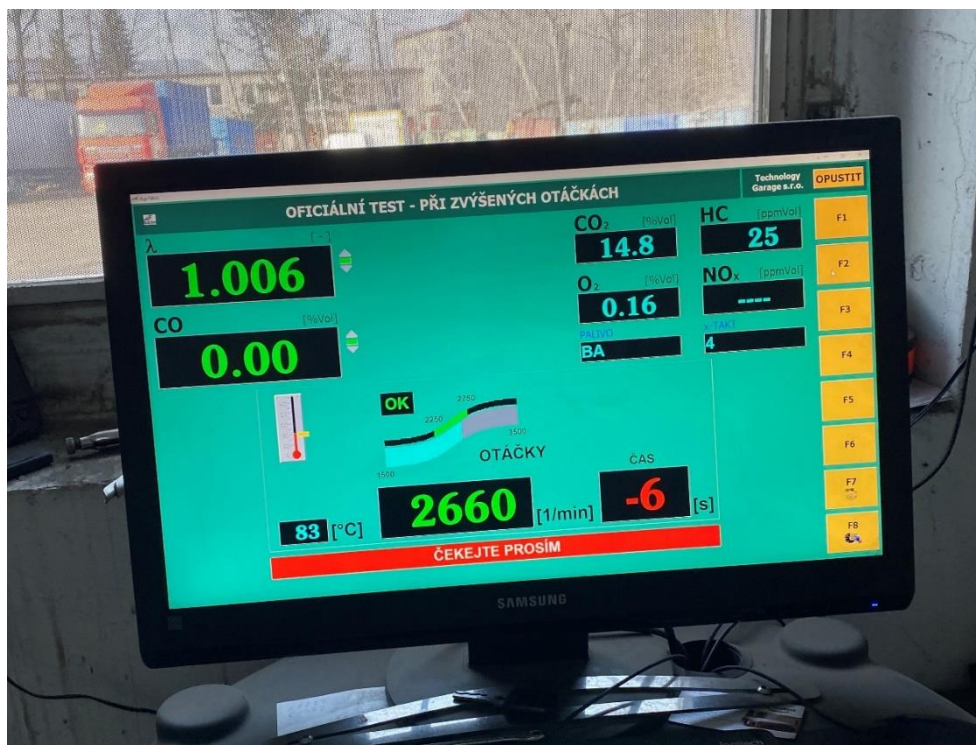
- 
- n) Přepnout palivo na LPG,
  - o) Vyndat měřící sondu z výfuku a opakovat postup od bodu i) až l),
  - p) Porovnat výsledky měření benzínu a LPG s hodnotami předepsanými výrobcem.



**Obrázek 3.11: Komunikační modul emisního přístroje Brain Bee**



Obrázek 3.12: Readiness kód



Obrázek 3.13: Měření při zvýšených otáčkách

---

## 4 Výsledky

### 4.1 Výsledky subjektivní kontroly

Během subjektivní kontroly nebyla nalezena žádná závada ve způsobu provedení zástavby aparatury LPG. Plynové vedení a komponenty jsou upevněny takovým způsobem, že nedochází k jejich vibracím a nachází se v dostatečné vzdálenosti od zdrojů tepla a pohyblivých částí vozidla.

Platnost tlakové zkoušky nádrže LPG je do ledna 2029. Způsob označení, že se jedná o vozidlo s alternativním pohonem na LPG, je v souladu s předpisy upravujícími provoz vozidel na pozemních komunikacích. Jednotlivé komponenty plynové aparatury jsou viditelně označeny příslušnou homologací.

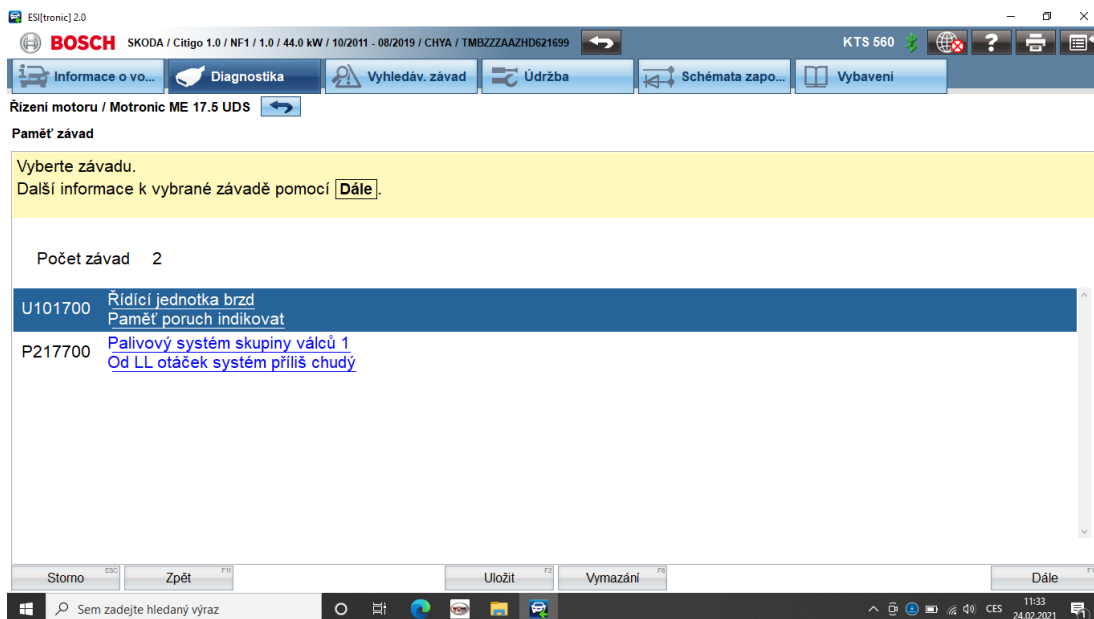
Jízdní zkouškou nebyly subjektivně zjištěny anomálie v chování vozidla v podobě cukání vozidla při akceleraci. Během jízdní zkoušky ani po umístění vozidla na diagnostické stanoviště nebyl cítit charakteristický zápach LPG, který by naznačoval únik.

### 4.2 Výsledky sériové diagnostiky

Navázání komunikace diagnostických přístrojů s ECGI a ECU vozidla Škoda Citigo **proběhlo bez časových prodlev na první pokus.**

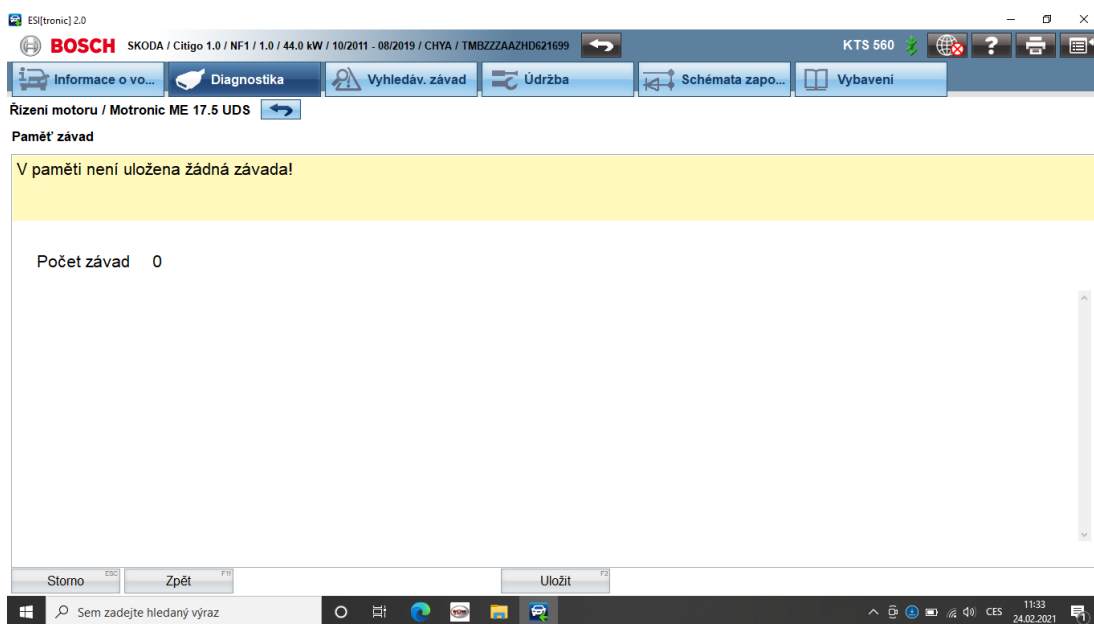
#### 4.2.1 Výsledek vyčtení paměti závad ECU

V paměti závad ECU Motronic byly uloženy dvě závady (viz obrázek 4.1), které se vyskytly v průběhu provozu vozidla. Jednalo se o tzv. „sporadické závady“, které se po jejich vymazání a následující zkušební jízdě již znovu v paměti závad neobjevily. ECU je z hlediska paměti závad **v pořádku.**



Obrázek 4.1: Vyčtení paměti závad

Po vymazání paměti závad a následném provozu vozidla byl počet závad nulový (viz obrázek 4.2).

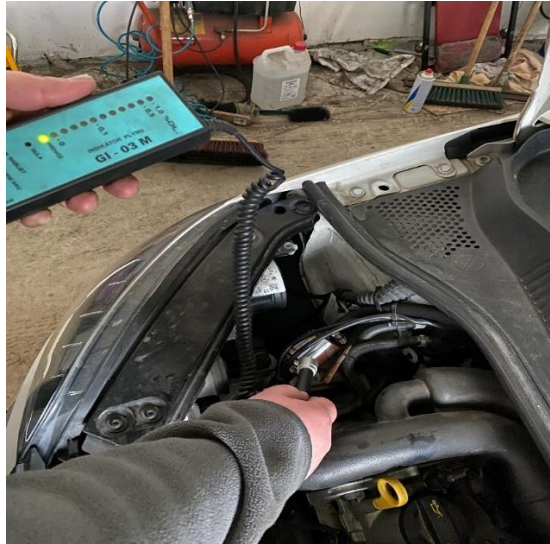


Obrázek 4.2: Stav paměti závad po vymazání závad

## 4.3 Výsledky paralelní diagnostiky

### 4.3.1 Výsledek testu plynůstnosti LPG soustavy

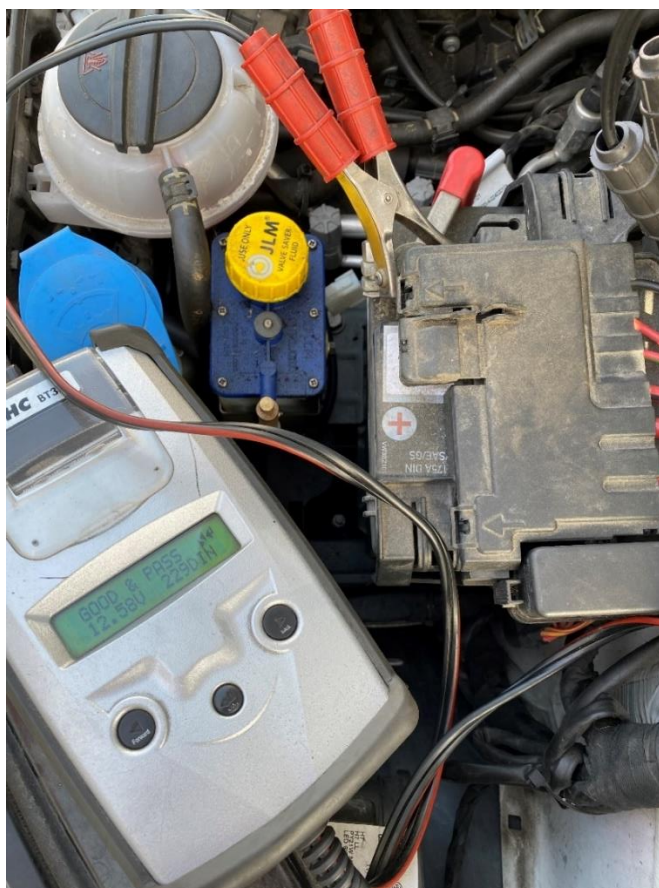
Během kontroly plynůstnosti dílčích komponent LPG aparatury **nebyl zjištěn žádný únik plynu** (viz obrázek 4.3). Netěsnost by znamenala přerušování diagnostických operací a následovalo by odstranění netěsnosti.



**Obrázek 4.3: Kontrola plynůstnosti LPG aparatury**

#### **4.3.2 Výsledek měření napětí akumulátoru**

Napětí naměřené na akumulátoru bylo o velikosti 12,58 V. Jedná se o hodnotu, která je v pořádku. Diagnostický přístroj ohodnotil baterii slovy Good & Pass (viz obrázek 4.4). V překladu to znamená, že je baterie v **provoznuschopném stavu**.



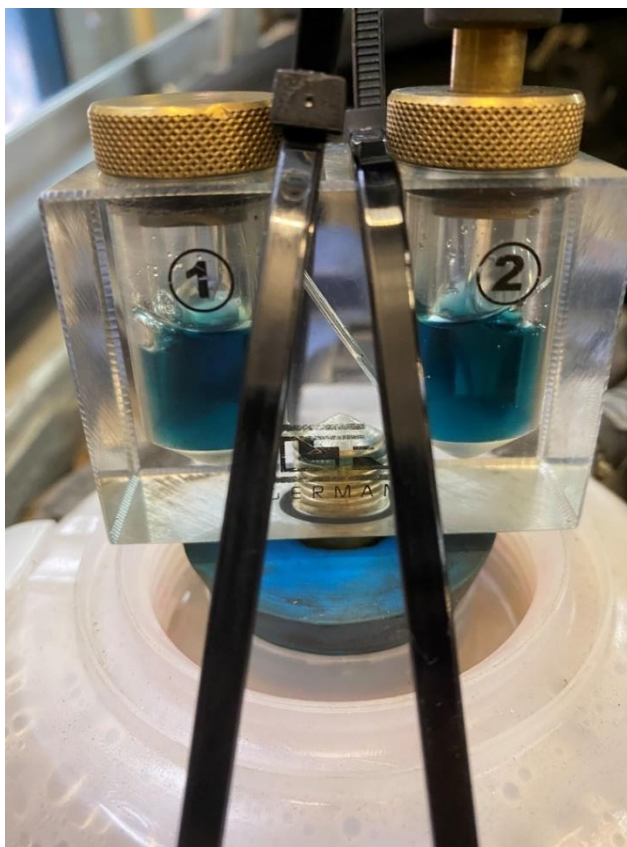
Obrázek 4.4: Měření napětí akumulátoru

#### 4.3.3 Výsledek testu těsnosti chladicí soustavy motoru

Po natlakování na požadovaný tlak 100 kPa se hodnota tlaku během 60 s nezměnila. **Chladicí soustava je těsná a kapalina ve spojích pro vyhřívání reduktoru neuniká.**

#### 4.3.4 Výsledek kontroly stavu těsnění pod hlavou motoru

Během metodického postupu nedošlo k rozdílnému zabarvení reakční kapaliny v diagnostickém přístroji (viz obrázek 4.5). Únik spalin špatným těsněním pod hlavou do chladicí kapaliny nebylo prokázáno. Motor je z hlediska **těsnění pod hlavou v pořádku.**



Obrázek 4.5: Kontrola úniku spalin do chladicí kapaliny

#### 4.3.5 Výsledek měření kompresního tlaku

Měření komprese neodhalilo žádné rozdíly tlaku mezi jednotlivými válci. Naměřená hodnota byla na všech třech válcích o stejné velikosti 900 kPa. Tolerance je dle ESI[tronic] v rozmezí od 700 do 1 500 kPa (viz obrázek 4.6). Naměřený **kompresní tlak je v toleranci.**

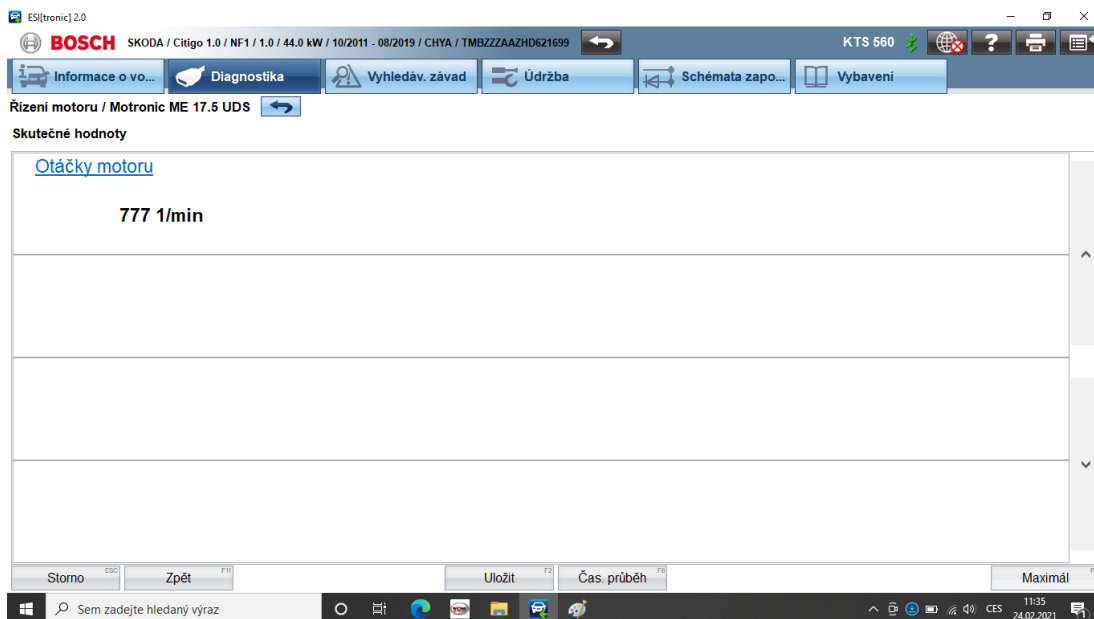


**Obrázek 4.6: Měření kompresního tlaku**

#### **4.3.6 Výsledek kontroly sacího potrubí**

Volnoběžné otáčky motoru se během postřikání sání čističem brzd Berner nepohnuly, jak bylo patrné na skutečných hodnotách v systému ESI[tronic] (viz obrázek 4.7). **Přísávání tzv. falešného vzduchu špatným těsněním sacího potrubí je tímto vyloučeno.**





Obrázek 4.7: Vyčtení skutečné hodnoty otáček motoru

#### 4.3.7 Výsledek měření snímače teploty reduktoru

Skutečná hodnota vyčtená z ECGI byla 66 °C. Na obrázku je tato hodnota ve fialovém čtverci (viz obrázek 4.8). Na snímači byl naměřen odpor o hodnotě 520 Ω. Tato hodnota **odpovídá toleranci**. Snímač měří, dle Dílenské příručky Europegas (2015), odpor do hodnoty 4 700 Ω. Odpor se mění v závislosti na teplotě.



Obrázek 4.8: Skutečné hodnoty ECGI

#### 4.3.8 Výsledek měření napájecího napětí solenoidového ventilu reduktoru

Napájecí napětí bylo naměřeno o velikosti 14,42 V (viz obrázek 4.9). Tato hodnota odpovídá napětí dodávaného alternátorem do akumulátoru. Naměřená hodnota vypovídá o tom, že je solenoidový ventil otevřený a plyn má volnou cestu ke vstřikovacím ventilům. Dle Dílenské příručky Europegas (2015) má být napájecí napětí minimálně o velikosti 12 V. Naměřená hodnota **je v pořádku**.



**Obrázek 4.9: Měření napájecího napětí solenoidového ventilu**

#### **4.3.9 Výsledek měření napájecího napětí solenoidového ventilu multiventilu**

Na ventilu bylo naměřena hodnota 13,69 V (viz obrázek 4.10). **Napětí je dostačující** pro otevření solenoidového ventilu na základě hodnot předepsaných v Dílenské příručce Europegas (2015).



Obrázek 4.10: Měření napájecího napětí solenoidového ventilu multiventilu

#### 4.3.10 Výsledek měření výstupního napětí snímače hladiny plynu v nádrži

Výstupní napětí snímače hladiny plynu bylo naměřeno o velikosti 3,16 V. Snímač měří v rozmezí 0 – 5 V. Naměřená **hodnota odpovídá** hodnotě uvedené v Dílenské příručce Europegas (2015).

#### 4.3.11 Výsledek měření napájecího napětí snímače MAP

Hodnota napájecího napětí snímače MAP byla 12,5 V. Napájecí napětí by se mělo, dle Dílenské příručky Europegas (2015), pohybovat v rozmezí od 9 do 16 V. Naměřená **hodnota je v pořádku** a odpovídá napětí akumulátoru.

#### 4.3.12 Výsledek měření výstupního napětí snímače MAP

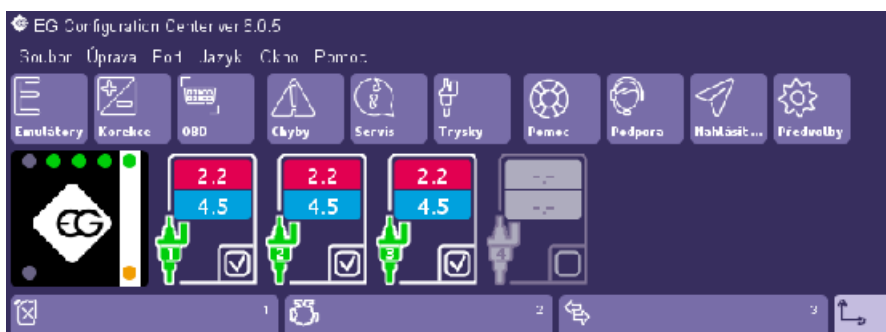
Výstupní napětí snímače MAP bylo naměřeno o hodnotě 4,65 V. Výstupní napětí má být dle výrobce v rozmezí 0 – 5 V. Zjištěná **hodnota odpovídá hodnotě udané výrobcem** v Dílenské příručce Europegas (2015).

### 4.3.13 Výsledek měření odporu vinutí cívky vstřikovače LPG

Odpor vinutí cívky vstřikovače byl naměřen o velikosti 1,9  $\Omega$ . **Hodnota odpovídá toleranci 1,9 – 2,0  $\Omega$**  uvedené v Dílenské příručce Europegas (2015).

### 4.3.14 Výsledek měření doby otevření vstřikovače LPG

Dle skutečných hodnot **není mezi jednotlivými vstřikovači rozdíl** v otevíracích časech (viz obrázek 4.11). Pokud by byl otevírací čas o více jak 0,2 ms rozdílný, značilo by to, dle Dílenské příručky Europegas (2015), opotřebování vstřikovače nebo nevhodný průměr trysky.



Obrázek 4.11: Otevírací časy vstřikovačů LPG

### 4.3.15 Výsledek měření výkonu vozidla

Dle technického průkazu má vozidlo výkon o velikosti 44 kW. Na základě výsledků měření dynamickou zkouškou je patrné, že **výkon je v případě obou paliv vyšší**. V případě benzínu byl naměřen výkon 53,4 kW při 5 218 ot.min<sup>-1</sup>. Na alternativní palivo byl naměřen výkon o 3,5 % nižší o velikosti 51,5 kW při stejných otáčkách.

Během měření výkonu byl současně zaznamenán točivý moment motoru. Točivý moment byl nejvyšší při provozu na benzín, s hodnotou 109,38 Nm při 3 561 ot.min<sup>-1</sup>. Nejvyšší točivý moment při provozu na LPG byl naměřen při 2 998 ot.min<sup>-1</sup> a dosahoval hodnoty 107 Nm.

Všechny hodnoty týkající se měření výkonu jsou zaneseny v tabulce 4.1.

---

**Tabulka 4.1: Naměřený výkon a točivý moment**

|  |        |
|--|--------|
| Max. výkon na benzín [kW]  | 53,4   |
| Otáčky při max. výkonu na benzín<br>[ot.min <sup>-1</sup> ]                | 5 218  |
| Max. výkon na LPG [kW]   | 51,5   |
| Otáčky při max. výkonu na LPG<br>[ot.min <sup>-1</sup> ]                   | 5 218  |
| Max točivý moment na benzín [Nm]   | 109,38 |
| Otáčky při maximálním točivém<br>momentu na benzín [ot.min <sup>-1</sup> ] | 3 561  |
| Max točivý moment na LPG [Nm]  | 107    |
| Otáčky při maximálním točivém<br>momentu na LPG [ot.min <sup>-1</sup> ]    | 2 998  |

#### **4.3.16 Výsledky měření emisí**

Proces měření emisí poskytl skutečné hodnoty sledovaných parametrů. Dle měření nebyly překročeny předepsané hodnoty v emisním softwaru 182.60 AGS1Win. Vozidlo měřenými parametry **vyhovělo emisnímu testu.**

Výsledky měření při provozu na benzín i na LPG jsou zaznamenány v tabulce 4.2.

**Tabulka 4.2: Hodnoty emisí na benzín a LPG**

| <b>Benzín</b> | <b>Otáčky</b><br><b>[ot.min<sup>-1</sup>]</b> | <b>CO</b><br><b>[%]</b> | <b>CO<sub>2</sub></b><br><b>[%]</b> | <b>HC</b><br><b>[ppm]</b> | <b>Lambda</b>  | <b>O<sub>2</sub> [%]</b> |
|---------------|---|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------|--------------------------|
| Měřeno        | 777   | 0,00                    | 14,8                                | 7                         |                | 0,08                     |
| Tolerance     | 700 - 900                                     | 0 –<br>0,50             | 14,5 - 16                           | 100                       |                | 0,1 – 0,5                |
| Měřeno        | 2 515   | 0,01                    | 14,8                                | 21                        | 1,005          | 0,13                     |
| Tolerance     | 2 400 –<br>2 600                              | 0 –<br>0,30             | 14,5 - 16                           | -                         | 0,97 –<br>1,03 | 0,1 – 0,5                |
| <b>LPG</b>    | <b>Otáčky</b><br><b>[ot.min<sup>-1</sup>]</b> | <b>CO</b><br><b>[%]</b> | <b>CO<sub>2</sub></b><br><b>[%]</b> | <b>HC</b><br><b>[ppm]</b> | <b>Lambda</b>  | <b>O<sub>2</sub> [%]</b> |
| Měřeno        | 780   | 0,00                    | 13,3                                | 5                         |                | 0,11                     |
| Tolerance     | 700 - 900                                     | 0 –<br>0,30             | 12,5 - 14                           | 100                       |                | 0,1 – 0,5                |
| Měřeno        | 2521  | 0,01                    | 13,4                                | 5                         | 1,003          | 0,08                     |
| Tolerance     | 2 400 –<br>2 600                              | 0 –<br>0,30             | 12,5 - 14                           | -                         | 0,97 –<br>1,03 | -                        |

---

## 5 Diskuze

### 5.1 Je zvolený diagnostický systém dostačující pro stanovení prognózy?

**Ano.** Kombinace systémů pro měření emisí BrainBee, dynamického měření výkonu MOTOCOM, spolu s přístroji pro paralelní a sériovou diagnostiku ECGI a ECU, poskytne kompletní přehled veličin pro přesné stanovení prognózy vozidla.

Sériová diagnostika BOSCH ESI[tronic] a interface Europegas je dostatečná pro úkony spojené s nastavením managementu motoru. V případě interface Europegas je to současně jediná možnost, jak s ECGI navázat komunikaci a provádět diagnostické úkony, protože každý výrobce ECGI má ke komunikaci určený vlastní software.

Bajer (2016) ve své diplomové práci využívá k diagnostikování ECGI Lovato diagnostický software Lovato Easy Fast, který v porovnání se softwarem Europegas nabízí čitelnější softwarové prostředí. Z hlediska diagnostických úkonů jsou oba softwary totožné.

ESI[tronic] je pro účely sériové diagnostiky nahraditelný, Hajný (2018) ve své diplomové práci používá diagnostický systém VCDS, který je však na rozdíl od multiznačkového softwaru ESI[tronic] určený pouze pro vozidla koncernu VW.

Elektrické a neelektrické veličiny, získané pomocí paralelní diagnostiky, lze díky porovnání s předepsanými hodnotami přesně vyhodnotit. Měření elektrických veličin multimetrem poskytne skutečnou hodnotu, která je jasným znakem toho, zda je snímač či akční člen napájen, či vysílá signál do ECU nebo ECGI.

Podle p. Šichtáře (in voice, 2020), mistra dílny z Autoservisu Čížek s.r.o., je multimetr v kombinaci se systémy pro sériovou diagnostiku dostačující pro zjištění závad.

Zvolené systémy paralelní diagnostiky pro měření neelektrických veličin jsou po správném porovnání s předepsanými hodnotami v diagnostickém softwaru ESI[tronic] přesným signálem o mechanickém stavu motoru. Měření kompresního tlaku poskytne informaci o stavu spalovacího prostoru, pístních kroužků a o těsnosti sacích a výfukových ventilů v sedle. Kompresní tlak je přitom možné změřit za pomoci jakéhokoliv manometru s dostatečným rozsahem a vhodným adaptérem pro utěsnění spalovacího prostoru. Kontrola chladicí soustavy tlakováním a test úniku spalin do chladicí kapaliny informují obsluhu o skutečném stavu těsnění pod hlavou a spojích chladicí soustavy.

---

System pro měření výkonu a točivého momentu motoru MotoCOMTest určí přesnou hodnotu požadovaných parametrů. System si automaticky dopočítá převodový poměr a mechanické ztráty na základě zkušebních akcelerací. Po konzultaci s p. Petříkem (in voice, 2020) ze společnosti KORPET s.r.o. je zřejmé, že systém je imunní vůči chybám obsluhy při měření právě z důvodu automatického dopočítávání hodnot. Současně dodal, že vlivem změn teplot a atmosférického tlaku se naměřený výkon ve dvou různých dnech může mírně lišit. Měřením zjištěný výkon motoru byl překvapující, protože byl bezmála o 10 kW vyšší, než je uváděno v technickém průkazu vozidla. Rozdíl výkonu mezi provozem na LPG a benzínem byl očekávatelný, vzhledem k rozdílné výhřevnosti paliv.

Bajer (2016) ve své diplomové práci využil k měření výkonu motoru dynamometr MEZ 4VDM E120-D. Ten si, v porovnání s MotoComTest, nedokáže sám dopočítat hodnotu převodového poměru. Vizualně se dynamometry vzájemně liší způsobem zajištění vozidla proti pohybu. Zajištění vozidla u MEZ 4VDM E120-D není vhodné z toho důvodu, že vozidlo není přitlačováno k válcům a hrozí prokluz kol.

Důkazem o vhodnosti použití emisního systému Brain Bee AGS pro stanovení prognózy je osvědčení od společnosti DEKRA CZ a.s. (2019), na základě kterého je možné systém využívat k měření na stanici měření emisí (SME). Brain Bee je pro účely emisní analýzy nahraditelný testerem Bosch FSA 740, se kterým pracoval ve své bakalářské práci Fau (2017). Oba systémy obsahují databázi veškerých vozidel dostupných na trhu.

System nevyžaduje vysokou náročnost na obsluhu, která je systémem prováděna krok za krokem, čímž dochází k časové úspoře.

## **5.2 Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?**

Díky rozmanitosti diagnostických systémů použitých v této práci nelze na otázku jednoznačně odpovědět. S výjimkou měření výkonu motoru na válcové zkušebně a ESI[tronic] lze na otázku odpovědět kladně. Veškeré uváděné ceny jsou bez DPH.

Digitální multimetr UNI-T UT33C má pořizovací hodnotu okolo 300 Kč bez DPH. Pro srovnání cen (viz tabulka 5.1) byly vybrány multimetry s podobnými parametry.



**Tabulka 5.1: Ceny multimetrů (eshopnet.cz, 2021)**

| Název                  | Pořizovací cena [Kč] |
|------------------------|----------------------|
| UNI-T UT33C            | 272                  |
| Tona Expert TN E051301 | 2 145                |
| LIMIT 610              | 2 025                |

V případě kompresiometru BGS 8400 se při porovnání s konkurenčním kompresiometrem o podobných parametrech jedná o ekonomicky vhodnou volbu. Porovnání je v tabulce 5.2.

**Tabulka 5.2: Ceny kompresiometrů (autodily-na-skodu.cz, 2021)**

| Název                | Pořizovací cena [Kč] |
|----------------------|----------------------|
| BGS 8400             | 10 606               |
| Leitenberger KP 80/5 | 11 971               |

Testerů tlaku a těsnosti chladicích soustav motoru existuje na trhu celá řada. V současnosti jsou dostupné testery čínských výrobců, které lákají svou poměrně nízkou cenou v porovnání se značkou HAZET. Přímě úměrná nižší ceně je zde i nižší kvalita. Robustní konstrukce testeru HAZET je příslibem delší životnosti a spolehlivosti. I přes vyšší cenu se, dle slov vedoucího skladu Autoservisu Čížek s.r.o. pana Matějky (in voice 2020), vyplatí koupit dražší přístroj s životností nad 10 let intenzivního používání. Dle jeho zkušeností jsou levnější přístroje nepoužitelné již během prvního půl roku používání.

**Tabulka 5.3: Ceny testerů tlaku chladicí soustavy (ahprofi.cz, 2021)**

| Název          | Pořizovací cena [Kč] |
|----------------|----------------------|
| 4800/12 HAZET  | 16 529               |
| AH Profi H0513 | 2 885                |

Leitenberg LT 200.2G má v porovnání s konkurenčním testerem úniku spalin do chladicí soustavy nižší pořizovací cenu. Zároveň disponuje robustní konstrukcí, která předurčuje dlouhou životnost.

**Tabulka 5.4: Tester pro zjištění úniku (univer.cz, 2021 a dovavanik.cz, 2021)**

| Název                  | Pořizovací cena [Kč] |
|------------------------|----------------------|
| Leitenberger LT 200.2G | 2 890                |
| Beta 1758VT            | 3 380                |

Sériová diagnostika Bosch KTS 560, se softwarem ESI[tronic] 2.0, má oproti konkurenčním diagnostickým setům vyšší cenu. Součástí ceny komunikačního modulu KTS 560 není cena licence. Jako alternativu jsem zvolil diagnostický systém Delphi, verzi DS150E. Na základě technických parametrů se jedná o srovnatelný komunikační modul. V ceně, stejně jako v případě KTS 560, není zahrnuta cena licence softwaru Delphi Car DS150E. Ceny jsou porovnány v tabulce 5.5.

**Tabulka 5.5: Ceny zařízení pro sériovou diagnostiku (autokelly.cz, 2021)**

| Název             | Pořizovací cena [Kč] |
|-------------------|----------------------|
| Bosch KTS 560     | 61 631               |
| ESI[tronic] 2.0   | 36 480               |
| Delphi DS150E     | 35 550               |
| Delphi Car DS150E | 18 860               |

Z tabulky vyplývá, že pořizovací cena diagnostického systému Delphi je téměř o polovinu nižší. Bosch KTS 560 se softwarem ESI[tronic] je i přes vyšší pořizovací cenu vhodný z ekonomického pohledu, protože disponuje funkcemi a servisními daty pro více jak 95 % vozidel na trhu, jak uvádí Křivánek (2014) ve své bakalářské práci.

V porovnání s komunikačním modulem a softwarem společnosti Bosch je cena interface Europegas a diagnostického softwaru pro komunikaci s ECGI zanedbatelná. Každý výrobce plynového systému má vlastní interface, proto jsem pro cenové srovnání zvolil jako alternativu univerzální interface, který slouží jako komunikační modul pro vícero LPG systémů včetně Europegas. Cena interface Europegas byla zjištěna přímo u autorizovaného zástupce pro ČR, u společnosti AUTO GAS CENTRUM PLUS s.r.o. v její provozovně ve Strakonících, kde pan Hůrský (in voice, 2020) poskytl k nahlédnutí ceníky. Ceny jsou v tabulce 5.6.

**Tabulka 5.6: Ceny komunikačních modulů LPG (projekt-tech.cz, 2021)**

| Název                   | Pořizovací cena [Kč] |
|-------------------------|----------------------|
| Interface EG 00.EGS.751 | 465                  |
| Interface LPG START     | 653                  |

Z tabulky vyplývá, že ekonomicky vhodné je zvolit interface přímo od výrobce LPG systému. Diagnostický software sice není součástí komunikačního modulu, je ale volně ke stažení pro montážní firmy zástaveb LPG, z toho důvodu není v tabulce uveden.

Emisní sestava Brain Bee AGS 200 poskytuje nejlepší výkon, vzhledem k pořizovací ceně, v porovnání s aktuálně nabízenými sestavami na trhu. Ke srovnání (viz tabulka 5.7) byla vybrána emisní sestava od výrobce Bosch.

**Tabulka 5.7: Ceny emisních sestav (autokelly.cz, 2021 a technology-garage.cz, 2021)**

| Název               | Pořizovací cena [Kč] |
|---------------------|----------------------|
| Brain Bee AGS + OPA | 213 250              |
| Bosch BEA 950 S1    | 332 660              |

Finanční náklady na válcový dynamometr jsou okolo jednoho milionu korun, v ceně nejsou zahrnuty ceny za stavební úpravy prostoru a systém ventilace. Pořizovací cena použité zkušebny byla zjištěna přímo v místě měření od p. Petříka (in voice, 2020). Ten zároveň dodal, že pokud se firma nezabývá laděním motorů a měření výkonu nemá jako každodenní pracovní náplň, není pro ni nákup válcového dynamometru ekonomicky rentabilní. V tabulce 5.8 jsou uvedeny ceny použité zkušebny a její možné alternativy.

**Tabulka 5.8: Ceny válcových dynamometrů (mychiptuningfiles.com, 2021)**

| Název                   | Pořizovací cena [Kč] |
|-------------------------|----------------------|
| Moto COM Test BRD 1000  | 701 790              |
| Dynomax 5000BRD PRO 4WD | 1 179 225            |

Pokud je pro opravárenskou společnost nutné provést měření výkonu, například z důvodu žádosti zákazníka o ověření výkonu na pohon LPG, je vzhledem k výše zmíněným cenám lepší obrátit se na externí firmu. V případě měřeného vozidla Škoda Citigo činil poplatek za měření výkonu 1 500,- Kč.

---

### 5.3 Vyhodnocení výsledků a stanovení prognózy

Veškeré diagnostické postupy byly provedeny na vozidle Škoda Citigo s nájezdem 52 223 km. Vozidlo slouží pro rozvoz denního tisku po vesnicích v okolí Týna nad Vltavou a pro soukromé účely. V roce 2019 byl do vozidla, z důvodu snížení provozních nákladů, zabudován systém alternativního paliva LPG.

Výsledky naměřených hodnot byly všechny v souladu s hodnotami předepsanými výrobcem. Měření kompresního tlaku prokázalo relativně nízkou naměřenou hodnotu. U vozidla s nájezdem přesahujícím 50 000 km by se dal očekávat naměřený tlak v horní hranici tolerance. Testováním chladicí soustavy byl vyloučen únik chladicí kapaliny ve spojích pro ohřev reduktoru, které bývají častou příčinou netěsností.

Měření elektrických veličin na komponentách LPG soustavy prokázalo správnou funkčnost všech akčních členů. Měření napájecího napětí solenoidových ventilů byla nepřímo ověřena funkce dobíjení alternátoru, kdy se měřená hodnota pohybovala okolo 14 V.

Během měření výkonu, které je jedním z hlavních vodítek pro určení stavu motoru, byl naměřený výkon vyšší, než je výkon udávaný výrobcem v případě obou paliv. Rozdíl ve výkonu mezi jednotlivými palivy byl 1,9 kW ve prospěch benzínu.

Závěrem bylo provedeno měření emisí výfukových plynů při provozu na LPG a benzín. Měření bylo zjištěno soulad mezi hodnotami emisních limitů platnými v ČR a skutečnými hodnotami emisí výfukových plynů vozidla. Tento výsledek ukázal na bezproblémové fungování a seřízení motoru.

#### **Prognóza**

Kombinace získaných hodnot poskytla informaci o celkově dobrém stavu pohonu vozidla. Během následujícího servisního intervalu, který je ve vozidle nastaven na 20 000 km, se nepředpokládá závada, která by bránila motoru a instalované LPG aparatuře v bezporuchovém provozu. Během následující servisní prohlídky je žádoucí opětovné měření kompresního tlaku pro porovnání s hodnotami naměřenými v této práci. Měření by se potvrdil nebo vyvrátil snižující se kompresní tlak. Při následující servisní prohlídce bude vhodné subjektivně posoudit stav zapalovacích svíček pohledem, případně je nahradit novými a vyměnit čističe LPG.

Rizikem může být zanedbání preventivní péče, jako je výměna LPG čističů a zapalovacích svíček. Další riziko může představovat načerpání nevhodného paliva.

---

## Závěr

Diplomová práce se zabývala problematikou diagnostiky vozidla Škoda Citigo s alternativním pohonem LPG.

Literární přehled posloužil k detailnímu popisu jednotlivých komponent plynové aparatury a principu jejich činnosti. Vybrány byly komponenty, které jsou v současnosti využívány k realizaci přestaveb v největší míře, a komponenty s pohonem na LPG související. Součástí literárního přehledu byl popis vhodných diagnostických zařízení pro zjištění skutečného stavu vozidla a LPG soustavy. Následoval popis subjektivní a objektivní diagnostiky s představením vybraných diagnostických přístrojů.

Po uvedení cílů práce byla uvedena metodika diagnostických prací s využitím popsáných diagnostických zařízení. V úvodu byl popsán postup subjektivní kontroly LPG soustavy. V dalším kroku byl sepsán podrobný metodický postup pro účely kontroly diagnostikovaného vozidla s využitím sériové a paralelní diagnostiky. Součástí metodiky je i popis použitých diagnostických zařízení. Aby si čtenář zmíněné metodické postupy lépe představil, byla tato část doplněna o názorné obrázky.

Ve výsledcích byly představeny naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení vzhledem k předepsaným hodnotám. Zdrojem předepsaných hodnot byl software ESI[tronic], Dílenská příručka Europegas (2015) a emisní software 182.60 AGS1Win.

V diskuzi byly zodpovězeny otázky z cíle práce. Na otázku, zda je diagnostický systém dostačující, bylo odpovězeno kladně, protože diagnostické metody s využitím popsáných přístrojů poskytly dostatek hodnot pro správné stanovení prognózy. Odpověď na otázku, zda je zvolený diagnostický systém vhodný z ekonomického pohledu, má dvě části. Pokud se firma běžně nezabývá laděním motorů a nevyužívá k ověření účinnosti úprav měření výkonu, není pro ni nákup válcového dynamometru ekonomicky vhodné. Pořízení ostatních diagnostických systémů naopak z ekonomického hlediska vhodné je.

Přínosem této diplomové práce je seznámení čtenáře s komponentami LPG aparatury a popisem diagnostických metod a zařízení pro zjištění skutečného stavu vozidla, které pohon LPG využívá. I přes pokroky ve vývoji vědy a techniky nelze v dohledné době počítat s plným nahrazením spalovacích motorů ekologičtějšími způsoby pohonů. Proto bude mít i v budoucnu diagnostika vozidel s pohonem LPG a spalovacích motorů obecně své pevné místo v autoopravárenství.

---

Přínosem této práce pro praxi je zjištění skutečného stavu vozidla, používaného v reálném provozu, použitím vhodné metodiky. Ziskem je stanovení prognózy vývoje dalšího stavu vozidla a návrh doporučení pro zajištění jeho provozuschopnosti.

---

## Seznam použité literatury

- Čupera, J. a Štěrba P. (2007). *Automobily*. Avid, Brno. ISBN 978-80-903671-9-7.
- Čupera J. a Štěrba P. (2010). *Automobily VIII – Diagnostika motorových vozidel I.* 2.vyd. Avid, Brno. ISBN 978-80-87143-17-9
- Dílenská příručka Europegas (2015). *Programming manual*. vyd. 04.2015.
- Gscheidle, R. (2002). *Příručka pro automechanika*. 2. uprav. vyd. Sobotáles, Praha. 652 s. ISBN 80-85920-83-2.
- Jan, Z. et al. (2008). *Automobily VI – Elektrotechnika motorových vozidel II.* 1. vyd. Avid, Brno. ISBN 978-80-87143-14-8
- Jan, Z. a Ždánský, B. (2010). *Automobily IV – Příslušenství*. 3. vyd. Avid, Brno. ISBN 978-80-87143-16-2
- Kočí, P. (2012). *Diagnostika a testování automobilů – učební text*. 1. vyd. VŠB – technická univerzita Ostrava, Ostrava. ISBN 978-80-248-2609-7
- Mirica, I. et al., (2016). Dual fuel diesel engine operation using LPG. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 147(1):012122, DOI: 10.1088/1757-899X/147/1/012122
- Štěrba, P. (2013a). *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD*. CPress, Brno. ISBN 978-80-264-0271-8.
- Štěrba, P. (2013b). *Automobily s pohonem na LPG*. 1. vyd. CPress, Brno. ISBN 9788026401483.
- Štěrba, P. a Kryžický, O. (2002). *Jak na LPG: přestavba, provoz a údržba automobilů na plyn*. 1.vyd. Computer Press, Praha. 104 s. ISBN 80-7226-734-5.
- Vlk, F. (2001). *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Vlk, Brno. ISBN 80-238-6573-0.
- Vlk, F. (2006). *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. František Vlk, Brno. ISBN 80-239-7064-X.
- Zhao, F. et al., (1999). *Automotive spark – ignited direkt – injection gasoline engines*, 1. vyd. Pergamon press., Oxford. ISBN 008-043-6765.
-

---

## Citace webových zdrojů

Ahprofi.cz (2021). *Tester chladicího systému Hazet*. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.ahprofi.cz/tester-chladiciho-systemu-4800-12-hazet-ha165483#alternate-products>

Autanaplyn.com (2020). *Komponenty pro přestavbu*. [online] [cit. 23. 12. 2020]. Dostupné z: <http://autanaplyn.com/lpg/komponenty-pro-prestavbu/>

Autodily-na-skodu.cz (2021). *Kombinovaný kompresiometr pro zážehové i vznětové motory*. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.autodily-na-skodu.cz/Kombinovany-kompresiometr-pro-zazehove-i-vznetove-motory-Leitenberger-d20647.htm>

Autokelly.cz (2021). *Multimetry*. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.autokelly.cz/Catalog/vse-pro-dilnu-a-servis-testovani-mereni-nabijeni-diesel-program-drobne-vybaveni-merici-pristroje-multimetry/39051195;40133694;40136796;40134671;40136965;40135411>

Autokelly.cz (2021). *Přístroje pro použití s vlastním PC*. [online] [cit. 25. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.autokelly.cz/Catalog/vse-pro-dilnu-a-servis-diagnostika-osobni-vozidla-pristroje-pro-pouziti-s-vlastnim-pc/39051195;40133824;43717473;43717478>

Autokelly.cz (2021). *Emisní přístroj BOSCH*. [online] [cit. 26. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.autokelly.cz/Product/DG-BO0684123352/12648128/39051195;40133694;40134646;50068047>

Autoservis-saku.cz (2021). *LPG - přestavba a servis*. [online] [cit. 3. 1. 2021]. Dostupné z: <http://www.autoservis-saku.cz/lpg-%E2%80%93-prestavba-servis-102.htm>

Boschaftermarket.com (2020). *KTS 560*. [online] [cit. 23. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.boschaftermarket.com/cz/cs/diagnostika/tester-pro-diagnostiku-%C5%99%C3%ADdic%C3%ADch-jednotek/kts-nastroje-pro-diagnostiku/kts-560/>

Dekra.cz (2019). *Schválená zařízení*. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://dekra.cz/schvzar/schvalena-zarizeni/schvzar.php#kat3>

Dovavanik.cz (2021). *Automobilové náradí a přípravky*. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <http://www.dovavanik.cz/AUTOMOBILOVE-NARADI-PRIPRAVKY-.html?vyhledavani=&vsude=&list=3&xmliid=1603319#detail>

Eshop.net.cz (2021). *Digitální multimetr Uni t ut33c*. [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.eshopnet.cz/digitalni-multimetr-uni-t-ut33c>

---



---

Lpg-agcplus.cz, (2013). *Přestavby na LPG*. [online] [cit. 12. 12. 2020]. Dostupné z: <https://lpg-agcplus.cz/cs/prestavby-na-lpg>

LPG profi (2020). *PVC trubka LPG*. [online] [cit. 3. 12.2020]. Dostupné z: <https://www.prestavbanalpg.cz/faq/pvc-trubka-lpg/>

LPG profi.cz, (2015). *Filtry LPG*. [online] [cit. 3. 12.2020]. Dostupné z:<https://www.lpgprofi.cz/filtry-lpg>

LPG profi (2021). *Ochrana motoru na LPG*. [online] [cit. 9. 1. 2021]. Dostupné z:<https://www.prestavbanalpg.cz/ochrana-motoru-na-lpg/>

LPG profi (2020). *MAP senzor Europegas*. [online] [cit. 23. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.lpgprofi.cz/map-senzor-europegas-400kpa-5-ti-pinovy-konektor>

Mychiptuningfiles.com (2021). *Dynomax 500 BRD pro 4WD braked*. [online] [cit. 5. 3. 2021]. Dostupné z: <https://mychiptuningfiles.com/fr/chiptuning-tools/641/dynomax-5000brd-pro-4wd-braked>

Projekt-tech.cz (2021). *Interface LPG Start*. [online] [cit. 25. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.projekt-tech.cz/Interface-LPG-START-1x-konektor-pro-ruzne-systemy-USB-d1.htm>

Rosák (2019). *Čistá mobilita - seminář*. [online] [cit. 3. 1. 2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista\\_mobilita\\_seminar/\\$FILE/OPZPUR\\_Rosak-20191705.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cista_mobilita_seminar/$FILE/OPZPUR_Rosak-20191705.pdf)

Technology-garage.cz (2021). *Emisní přístroj Brain Bee*. [online] [cit. 26. 2. 2021]. Dostupné z: [https://www.technology-garage.cz/infraanalyzator-a-kouromer-brain-bee-ags-opa-sestava-04\\_z2275/](https://www.technology-garage.cz/infraanalyzator-a-kouromer-brain-bee-ags-opa-sestava-04_z2275/)

Univer.cz (2021). *Přístroj pro zjištění netěsnosti hlavy válců Leitenberg* [online] [cit. 2. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.univer.cz/pristroj-pro-zjisteni-netesnosti-hlavy-valcu-leitenberger-lt-200-2g-id120>

### **Citace závěrečných prací**

Bajer, Š. (2016). *Vliv paliva na parametry spalovacího motoru*. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta.

Fau, P. (2017). *Diagnostika palivové soustavy s přímým vstřikováním*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Hajný, V. (2018). *Sériová a paralelní diagnostika přímého vstřikování paliva u vozidla Superb 1,8 TSI*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

---

---

Křivánek, R. (2014) *Výuka s testery BOSCH*. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta.

**Ostatní zdroje:**

ESI[tronic] 2.0. - diagnostický software

Europegas – diagnostický software

Hůrský, J. (2020), in voice, pracovník AUTO GAS CENTRUM PLUS s.r.o.

Matějka, P. (2020), in voice, pracovník Autoservisu Čížek s.r.o.

Petřík, M. (2020), in voice, pracovník KORPET s.r.o.

Šichtář, A. (2020), in voice, pracovník Autoservisu Čížek s.r.o.

---

---

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1.1: Příklad homologovaných komponent.....                                       | 11 |
| Obrázek 1.2: Schéma rozmístění komponent LPG ve vozidle (Autoservis-saku.cz, 2021) ..... | 12 |
| Obrázek 1.3: Druhy nádrží LPG (Lpg-material.cz, 2021) .....                              | 13 |
| Obrázek 1.4: Plynotěsná schránka s odvětráváním (autanaplyn.com, 2020).....              | 14 |
| Obrázek 1.5: Multiventil (Autanaplyn.com, 2020).....                                     | 15 |
| Obrázek 1.6: Typy přípojek plnění LPG (Autanaplyn.com, 2020).....                        | 16 |
| Obrázek 1.7: PVC trubka pro vedení LPG (Prestavbanalpg.cz, 2020).....                    | 17 |
| Obrázek 1.8: Reduktory (Autanaplyn.cz, 2020) .....                                       | 18 |
| Obrázek 1.9: Přepínače LPG (Autanaplyn.cz, 2020).....                                    | 19 |
| Obrázek 1.10: Výměna čističe plynné fáze.....  | 20 |
| Obrázek 1.11: Řídicí jednotky systému LPG (Autanaplyn.com, 2020) .....                   | 21 |
| Obrázek 1.12: MAP senzor Europegas, (Lpgprofi.cz, 2020).....                             | 21 |
| Obrázek 1.13: Vstřikovače LPG (Autanaplyn.com, 2020).....                                | 22 |
| Obrázek 1.14: Tlakový systém ochrany motoru (Přestavbanalpg.cz, 2021).....               | 23 |
| Obrázek 1.15: Zapalovací svíčka (Jan, Ždánský, 2010) .....                               | 24 |
| Obrázek 1.16: Kalibrace (Dílenská příručka Europegas, 2015) .....                        | 30 |
| Obrázek 3.1: Škoda Citigo 1.0 MPi .....  | 34 |
| Obrázek 3.2: Identifikace vozidla .....  | 38 |
| Obrázek 3.3: Volba ECU .....   | 38 |
| Obrázek 3.4: Indikátor hořlavých plynů a par GI-03M .....                                | 40 |
| Obrázek 3.5: Tester akumulátorů GYS BT 501 DHC .....                                     | 42 |
| Obrázek 3.6: Tester chladicího systému 4800/7 HAZET .....                                | 43 |
| Obrázek 3.7: Leitenberger LT 200.2G.....   | 45 |
| Obrázek 3.8: Kompresiometr BGD 8400.....   | 46 |
| Obrázek 3.9: Válcový dynamometr .....  | 53 |
| Obrázek 3.10: Brain Bee .....  | 55 |
| Obrázek 3.11: Komunikační modul emisního přístroje Brain Bee .....                       | 57 |
| Obrázek 3.12: Readiness kód.....   | 58 |
| Obrázek 3.13: Měření při zvýšených otáčkách .....  | 58 |
| Obrázek 4.1: Vyčtení paměti závad .....  | 60 |
| Obrázek 4.2: Stav paměti závad po vymazání závad.....                                    | 60 |

---

---

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 4.3: Kontrola plynůstnosti LPG aparatury .....                          | 61 |
| Obrázek 4.4: Měření napětí akumulátoru.....                                     | 62 |
| Obrázek 4.5: Kontrola úniku spalin do chladicí kapaliny .....                   | 63 |
| Obrázek 4.6: Měření kompresního tlaku.....                                      | 64 |
| Obrázek 4.7: Vyčtení skutečné hodnoty otáček motoru .....                       | 65 |
| Obrázek 4.8: Skutečné hodnoty ECGI .....  | 65 |
| Obrázek 4.9: Měření napájecího napětí solenoidového ventilu .....               | 66 |
| Obrázek 4.10: Měření napájecího napětí solenoidového ventilu multiventilu ..... | 67 |
| Obrázek 4.11: Otevírací časy vstřikovačů LPG .....                              | 68 |

---

---

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 3.1: Parametry měřeného vozidla.....   | 35 |
| Tabulka 3.2: Parametry indikátoru hořlavých plynů.....                                       | 40 |
| Tabulka 3.3: Parametry válcového dynamometru .....   | 53 |
| Tabulka 3.4: Parametry přístroje Brain Bee pro měření emisí.....                             | 55 |
| Tabulka 4.1: Naměřený výkon a točivý moment.....   | 69 |
| Tabulka 4.2: Hodnoty emisí na benzín a LPG .....   | 70 |
| Tabulka 5.1: Ceny multimetrů (eshopnet.cz, 2021).....  | 73 |
| Tabulka 5.2: Ceny kompresimetrů (autodily-na-skodu.cz, 2021).....                            | 73 |
| Tabulka 5.3: Ceny testerů tlaku chladicí soustavy (ahprofi.cz, 2021).....                    | 73 |
| Tabulka 5.4: Tester pro zjištění úniku (univer.cz, 2021 a dovavanik.cz, 2021) .....          | 74 |
| Tabulka 5.5: Ceny zařízení pro sériovou diagnostiku (autokelly.cz, 2021).....                | 74 |
| Tabulka 5.6: Ceny komunikačních modulů LPG (projekt-tech.cz, 2021) .....                     | 75 |
| Tabulka 5.7: Ceny emisních sestav (autokelly.cz, 2021 a technology-garage.cz, 2021)<br>..... | 75 |
| Tabulka 5.8: Ceny válcových dynamometrů (mychiptuningfiles.com, 2021).....                   | 75 |

---

---

## Seznam použitých zkratek

A – Amper

ABS – Antiblokovací Brzdový systém

CCA – Kapacita baterie dle normy SAE J537

CNG - Compressed Natural Gas

CO<sub>2</sub> – Oxid uhličitý

CO – Oxid uhelnatý

Cu – Cuprum, měď

ČSN – Česká technická norma

DIN - Deutsches Institut für Normung

DPF – Diesel Particular Filter

ECGI - Electronic Controlled Gasoline Injection

ECU – Electronic Control Unit

EN – European Standard

HC – Uhlovodíky

H<sub>2</sub> – Vodík

kW – Kilowat, jednotka výkonu

LPG – Liquid Petroleum Gas

MAP – Manifold Absolute Pressure Sensor

MIL - Malfunction Information Lamp

MPa – Megapascal

MPI - Multi Point Injection

O<sub>2</sub> – kyslík

OBD - On-Board Diagnostics, palubní diagnostika

PC – Personal Computer, osobní počítač

PVC – Polyvinylchlorid

ŘJ – řídicí jednotka

USB - Universal Serial Bus

V – Volt

VCDS - Vag Com Diagnostic System

VIN – Vehicle Identification Number,

°C – Stupně celsia

Ω – Ohm

---