



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra techniky a kybernetiky

Bakalářská práce

Diagnostika LPG

Autor práce: Matěj Šik

Vedoucí práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

České Budějovice
2023

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

.....
Podpis

Abstrakt

Hledání možných zdrojů energie pro pohon automobilů je stálá otázka. Cílem bakalářské práce bylo provést analýzu a shrnout získané informace o problematice diagnostiky LPG. Teoretická část pojednává o LPG, jeho historii i současném využití. Dále jsou zde definovány dosažené stupně alternativního pohonu LPG v České republice a rozbor faktorů působících pozitivně nebo negativně na rozvoj pohonu LPG. Čtenář bude také seznámen s nejvýznamnějšími výrobci LPG systémů. V neposlední řadě jsou zde popsány přestavby na LPG pohon a typy používaných systémů. Následuje detailní představení jednotlivých součástí soustavy LPG. Ve výzkumné části jsou řešeny dvě problematiky automobilů přestavěných na LPG pohon. První část seznamuje s průběhem diagnostiky automobilů s LPG pohonem z prostředí firmy AUTOGAS – CENTRUM, s.r.o. a popisuje diagnostické měření. Na konkrétním případě je vysvětleno, jak diagnostika probíhá, jak se vyhodnocuje a jaký je další postup na základě zjištěných skutečností. Druhá část pojednává o rozdílu ve výkonu vozu před montáží a po montáži LPG systému. Měření těchto hodnot bylo provedeno ve firmě Korpet s.r.o.

Klíčová slova: alternativní paliva; diagnostika; LPG; ropná paliva; zkapalněný ropný plyn

Abstract

The search for possible energy sources to power cars is a constant question. The aim of this bachelor thesis was to analyze and summarize the information obtained on the issue of LPG diagnostics. The theoretical part deals with LPG, its history and current use. It also defines the achieved stages of alternative LPG propulsion in the Czech Republic and analyses the factors that have a positive or negative effect on the development of alternative LPG propulsion. The reader will also be introduced to the most important manufacturers of LPG systems. Finally, conversions to LPG propulsion and the types of systems used are described. This is followed by a detailed introduction to the various components of the LPG system. In the research part, two issues of cars converted to LPG propulsion are addressed. The first part introduces the course of diagnostics of LPG-powered cars from a company named AUTOGAS – CENTRUM, s.r.o. and describes the diagnostic measurements. Using a specific case, it is explained how the diagnostics is performed, how it is evaluated and what is the further procedure based on the facts found. The second part deals with the difference in the performance of the car before and after installation of the LPG system. Measurements of these values were carried out at Korpet s.r.o.

Keywords: alternative fuels; diagnostics; LPG; petroleum fuels; liquified petroleum gas

Poděkování

Rád bych touto formou chtěl poděkovat Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D., za odborné rady, věcné připomínky, metodickou a odbornou pomoc při vypracování bakalářské práce. Děkuji též Ing. Marku Osvaldovi, řediteli společnosti zabývající přestavbou automobilů na alternativní pohon, za poskytnutý čas a potřebné informace, které mi pomohly při získání údajů potřebných k vytvoření této práce.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Historie LPG.....	9
1.2 Vznik	10
1.3 Vlastnosti LPG	10
1.4 Výhody pohonu LPG.....	11
1.5 Nevýhody pohonu LPG.....	12
1.6 Výrobci LPG systémů	13
1.7 Přestavby vozidel	15
1.8 Typy systémů	15
1.8.1 LPG systém s centrálním směšovačem	15
1.8.2 LPG systém s kontinuálním vstřikováním	16
1.8.3 LPG systém se sekvenčním vstřikováním.....	17
1.8.4 LPG systém pro přímo vstřikové motory.....	17
1.9 Komponenty systémů	18
1.9.1 LPG nádrže.....	18
1.9.2 Plynotěsná schránka	19
1.9.3 Pojistný ventil	20
1.9.4 Plnicí koncovka.....	20
1.9.5 Reduktor.....	21
1.9.6 Řídící jednotka	21
1.9.7 Vstřikovače	22
1.9.8 Přepínač.....	22
1.9.9 Aditivace	23
2 Cíle práce	24

3	Metodika	25
4	Vlastní práce.....	26
4.1.1	Závada na vozidle	26
4.1.2	Průběh diagnostiky a zjištění závady	26
4.1.3	Řešení závady.....	28
4.1.4	Kontrola funkčnosti.....	31
4.2	Měření výkonu	33
5	Diskuze.....	35
5.1	Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?	35
5.2	Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?.....	35
	Závěr	37
	Seznam použité literatury.....	38
	Seznam obrázků	41
	Seznam tabulek	42
	Seznam použitých zkratk.....	43

Úvod

Již od 19. století jsou pro pohon automobilů běžně používána paliva vyrobená z ropy, což je neobnovitelný zdroj energie. Jedná se především o benzín a naftu. Aktuálním problémem naší společnosti je, že jejich spalováním dochází k znečišťování ovzduší a životního prostředí a také významně přispívají k horší kvalitě vdechovaného vzduchu a druhotně poškozují veřejné zdraví obyvatel. Proto je obecná snaha hledat vhodné alternativy pohonu jako ekologickou náhradu za paliva ropná. Pokud dojde k nahrazení paliv na bázi ropy, jinými – nejlépe částečně nebo zcela úplně obnovitelnými zdroji, nebude společnost nucena spoléhat jen na ropná paliva. I přesto však některé alternativní náhrady stále obsahují ve své směsi malé množství ropy, kterou by bylo vhodné eliminovat úplně.

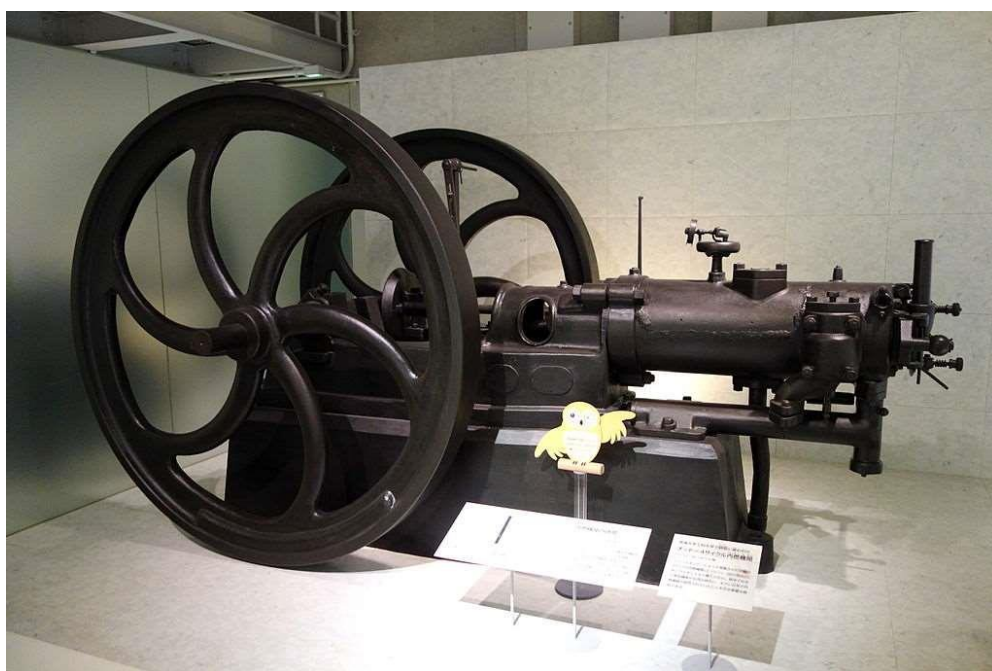
V současnosti je dostupných možností alternativních pohonů více. Jako hlavní náhrada může k pohonu automobilů sloužit alkohol, vodík, elektřina, zkapalněný ropný plyn (LPG) nebo stlačený zemní plyn (CNG). Ty jsou ve srovnání s benzínem a naftou k životnímu prostředí výrazně šetrnější variantou. Konkrétně využití plyných paliv má oproti klasickému benzínu značné výhody. Jejich vysoký poměr obsahu vodíku k obsahu uhlíku umožňuje čisté spalování. V souvislosti s tím je nižší produkce specifické emise CO₂ a globálně i nižší zátěž na životní prostředí. Další výhodou je také nepřítomnost síry uvnitř plyných paliv. To eliminuje poškození katalyzátoru vozidla. Jako ekologicky šetrné a ekonomicky přijatelné palivo může zkapalněný ropný plyn pomoci udržet lidstvo v mobilitě a současně minimalizovat možný dopad silniční dopravy na klimatické změny, v globálním pohledu i na lidské zdraví.

Přes všechny kladné ekologicko-ekonomické argumenty ve prospěch alternativních paliv, se běžní uživatelé často brání inovacím a zůstávají věrní pohonu na klasická konvenční paliva. Alternativní paliva jsou širokou veřejností vnímána jako něco nového, což může navozovat dojem nespolehlivosti. Přitom jsou tato paliva v podstatě používána přibližně stejně dlouhou dobu jako konvenční, jen nebyla tak masivně celosvětově rozšířena a podporována. Historicky první automobil s pohonem na CNG byl vyroben ještě dříve než první benzínový automobil. Celkově lze ale říci, že situace se začíná pomalu měnit. Poptávka po ekologické technologii, jež nabízí úsporná vozidla s co nejmenší spotřebou paliva celosvětově roste (Demirbas, 2007), (Shanmugam, 2010).

1 Literární přehled

1.1 Historie LPG

První plyn, který byl použit pro pohon motoru byl samotný metan. Bylo to již v roce 1860, kdy francouzský vynálezce Étienne Lenoir sestavil první funkční plynový spalovací motor. Tím se inspiroval německý vynálezce Nikolaus August Otto a po několika neúspěšných pokusech se mu podařilo v roce 1876 postavit a patentovat první čtyřtákní zážehový motor, dnes známý pod názvem Ottův motor (viz obrázek 1.1). Několik vynálezců se pokoušelo o podobné konstrukce už dříve, ale nikomu z nich se nepodařilo, aby měl motor nízkou hmotnost a zároveň byl vysoce výkonný, což bylo potřeba pro jejich praktické využívání. Spalovací motor se používá například jako pohon motocyklů a motorových člunů a také byl stěžejním bodem při vynálezu letadla. Právě pro pohon letadel byl používán až do roku 1939, než bylo vynalezeno a použito první letadlo s proudovými motory. Avšak nejdůležitější a nejpoužívanější je spalovací motor pro pohon vozidel. Během následujících několika let použili Ottův motor vynálezci Karl Benz, Gottlieb Daimler a následně i Henry Ford, kteří ho použili ke konstrukci praktických a prodejných automobilů (Hart, 1978).



Obrázek 1.1 - Ottův motor, (wikimedia.org, 2023)

V roce 1910 byl poprvé identifikován zkapalněný ropný plyn (LPG) jakožto významná složka, která je součástí ropy. Tento objev učinil americký chemik Dr. Walter Snelling, který stál za vyvinutím metody, jak tento plyn z ropy odstranit. Jeho snaha byla

poháněná faktem, že přítomnost propanu a butanu (což jsou dvě hlavní složky LPG) způsobovala odpařování benzínu, který se z ropy vyrábí. První použití zkapalněného ropného plynu jakožto motorového paliva se datuje k roku 1928, kdy byl použit pro pohon nákladního vozu. V té době byla také vyrobena první lednička na LPG. K těmto použitím docházelo nejprve v Americe a až v později se tato technologie dostala do Evropy. Po tomto objevu byl zkapalněný ropný plyn nahrazen kapalnými pohonnými hmotami, což se změnilo v době světových válek, kdy byl nedostatek konvenčních paliv a jako palivo se začalo znovu více používat LPG. V poválečném období došlo znovu k jeho úpadku v používání, protože byla znovu dostupná konvenční kapalná paliva. Jeho obliba lehce vzrostla v druhé polovině 50. let 20. století, díky tomu, že se v dopravě začalo prosazovat používání dvoupalivových vozidel. Taková vozidla používají vždy pouze jedno ze dvou paliv, kdy každé má svůj oddělený palivový systém. K úplně největšímu rozvoji v jeho použití začalo docházet až v 80. letech, kdy zde působily různé politické a ekonomické mezinárodní faktory. LPG je považováno za nejvíce rozšířené alternativní palivo používané pro pohon (aktuálně ho využívá přibližně 10 milionů automobilů) (LIU et al., 1997), (Gazeo.com, 2013), (Lpasmusil.cz, 2022).

1.2 Vznik

LPG anglicky Liquefied Petroleum Gas, někdy také nazýván jako Autogas je zkapalněná forma ropného plynu, vzniklá především rafinací ropy. Na ropě je tedy závislý jak existenčně, tak i z ekonomického hlediska. Z tohoto důvodu se jedná o ekonomicky a ekologicky výhodné palivo, protože není zapotřebí zvláštní těžba. Mimo jiné vzniká jako doprovodný produkt při těžbě zemního plynu (Vlk, 2006).

V České republice je toto palivo upraveno normou ČSN 65 6501. Datum platnosti této normy je od března roku 2021 až doposud. Tato norma stanovuje metodiku zkoušení a technické požadavky LPG na českém trhu (ČSN 65 6501, 2021).

1.3 Vlastnosti LPG

Poměr složek propanu a butanu, které ho tvoří se liší v závislosti na ročním období. V teplejších měsících obsahuje asi 40 % propanu a 60 % butanu. V zimním období je poměr opačný (viz tabulka 1.1.). Podíl propanu je ve směsi zvyšován, jelikož bod varu butanu je $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, takže při nízkých teplotách by bylo obtížné, či skoro nereálné s ním jezdit. Propan nám tedy způsobuje jednak vyšší výhřevnost směsi a také zvyšuje oktanové číslo paliva téměř na 105 oktanu. Při správném nastavení předstihu jiskry,

v motoru nevzniká detonační hoření. Toto detonační hoření má negativní vliv na správný chod motoru a jeho životnost. Proto je správné nastavení celého systému klíčové (Vlk, 2001).

Tabulka 1.1 - Složení LPG (Primagas.cz, 2022)

Složení LPG		
Plyn	Letní směs	Zimní směs
Propan	40 %	60 %
Butan	60 %	40 %

Za normálního atmosférického tlaku se jedná o plynnou formu propan butanu. Snadným ochlazením nebo stlačením tento plyn lze převést na kapalnou formu. Díky tomuto procesu svůj plynný objem sníží v poměru 260:1. Tento jednoduchý přechod mezi skupenstvími je z ekonomického hlediska velmi výhodný.

Jedná se o velmi těkavou a hořlavou látku, která je uchovávána pod tlakem v tlakových nádobách. V případě úniku do atmosféry, dochází k odpařování varem při teplotě až -40 °C (Vlk, 2006).

Únik této látky do ovzduší je velmi nebezpečný kvůli jejímu rychlému přechodu skupenství na plynné. Při kontaktu se vzduchem dochází k vytvoření výbušné směsi. V uzavřených prostorech může docházet k vytěsnění vzduchu a následné otravě. Při kontaktu pokožky a kapalně fáze této látky může dojít ke vzniku omrzlin (Krizport.cz, 2022).

1.4 Výhody pohonu LPG

Mezi dvě hlavní výhody pohonu na zkapalněný ropný plyn, řadíme ekologičnost a ekonomičnost provozu vozidla. V porovnání s benzinem či motorovou naftou, zkapalněný ropný plyn dosahuje vyšší homogenity směsi a tím i lepšího spalování a nižších emisí, což je v dnešní době zpřísňujících se emisních požadavků vítáno. Ještě více šetrné k přírodě je Bio LPG, které má stejné chemické vlastnosti jako fosilní LPG, ovšem liší se způsob jeho výroby. Bio LPG lze totiž vyrábět z bio odpadu, ze zbytků z nevyužitého jídla a zpracování cukrové řepy nebo z odpadních a rostlinných olejů. Je vedlejším produktem, při výrobě bio benzínu a hydrogenovaného rostlinného oleje (tj. palivo podobné naftě). Jeho uhlíková stopa je až o 80 procent nižší než u fosilního LPG (Primagas, 2022), (Vlk, 2006).

Ekonomičnost provozu vozidla s pohonem na zkapalněný ropný plyn je jeho velkou předností. Toto vozidlo má zhruba o 10 až 30 procent větší spotřebu LPG, než by mělo na benzin či motorovou naftu, ale vzhledem k poloviční ceně LPG se jedná o značnou finanční úsporu. Proto se nutná vstupní investice na přestavbu automobilu na alternativní pohon navrátí zhruba po najetí 15 až 30 tisíců kilometrů. Další nespornou výhodou je větší dojezd, a to až o 90 % než u samotného pohonu na benzin či naftu, díky další nádrži (Vlk, 2006).

1.5 Nevýhody pohonu LPG

Mezi hlavní nevýhody aut přestavěných na pohon LPG patří omezený vjezd do podzemních garáží. Toto nařízení existuje především kvůli bezpečnosti. V případě úniku plynu z nádrže se plyn hromadí v prostorách a tvoří vysoce výbušnou směs. Další nevýhodou jsou pravidelné revize zařízení po jednom roce. Tyto kontroly obsahují kontrolu těsnosti, kontrolu elektrických obvodů, výměnu filtru plynné fáze a případné seřízení systému. Kontrola těsnosti celého systému je klíčová pro provoz a bezpečnost vozidla. Každých 10 let je tlaková nádrž preventivně měněna za novou, to znamená další nutné náklady na vozidlo, ale i tak se jedná o rychlou návratnost investice. Poslední nevýhodou je zmenšení zavazadlového prostoru vozidla, z důvodu umístění ocelové plynové nádrže. Tato válcovitá nádrž má zpravidla objem mezi 40 až 70 litry – velikost nádrže se odvíjí od zavazadlového prostoru vozidla. V dnešní době se pro osobní vozidla používají spíše toroidní nádrže. Tyto nádrže mají menší objem, ale jejich výhodou je že nezabírají zavazadlový prostor vozidla. Toroidní nádrž se umísťuje místo plnohodnotného rezervního kola vozidla, obě nádrže lze vidět na obrázku 1.2, (Lpg-agcplus, 2022).



**Obrázek 1.2 - Plynová nádrž toroidní (vlevo) a válcová (vpravo),
(agcplus.cz, 2022)**

1.6 Výrobci LPG systémů

V této kapitole bude představen seznam výrobců, zaměřujících se na výrobu celých LPG zařízení nebo jejich komponentů. Níže můžeme vidět seznam nejznámějších, nejrozšířenějších firem, jejichž výrobky se nejčastěji používají pro montáže v České republice.

- **A.E.B.**

Italská firma fungující od roku 1984, která se svou výrobou CNG a LPG systémů expandovala v roce 2015 na trh Jižní Ameriky (AEB.it, 2022).

- **AC STAG**

Polský výrobce, který je bezkonkurenční a nejrozšířenější na polském trhu, kde funguje již 27 let. Zároveň je jedním z nejvýznamnějších světových producentů. Největší rozvoj firma zaznamenala v posledních letech a dováží do více než čtyřicet zemí po celém světě (Lpg-stag.cz, 2022).

- **BRC**

Jeden z prvních výrobců CNG a LPG systémů, který začal s jejich výrobou již v sedmdesátých letech dvacátého století a patří mezi světové jedničky v tomto oboru. V Itálii, odkud tato firma pochází, má více než dvacetiprocentní podíl na trhu ve výrobě CNG i LPG systémů. Jejich systémy se dováží do více než sedmdesát zemí (Lpg-brc.cz, 2022).

- **Certools**

Jedna z novějších firem, která pochází z Polska a funguje na trhu posledních deset let. Zaměřuje se především na výrobu filtrů plynné fáze (Certools.pl, 2022).

- **EuropeGAS**

Další z významných polských výrobců, fungující přes patnáct let. Zabývá se pouze systémy pro přestavbu motorů s vícebodovým vstřikováním (MPI) (Lpg-europe-gas.cz, 2022).

- **GZWM SA**

Producent LPG nádrží s více než stoletou historií, pocházející také z Polska (GZWM.com, 2022).

- **LANDI RENZO**

Italský výrobce, který zaujímá 30 procent z celkové světové produkce systému a komponentů pro LPG a CNG. Byl založen v roce 1954 a velmi rychle expandoval se svými výrobky nejen do okolních zemí, ale také například do Japonska (Lpg-landireno.cz, 2022).

- **LOVATO GAS**

V roce 1958 vznikla v Itálii firma s názvem Officine Lovato, která v roce 2007 změnila svůj název na Lovato Gas. Poté, v roce 2008, se přidala do skupiny Landi Renzo, čímž se ještě více rozrostla. Vyznačuje se především inovativním přístupem v oblasti ochrany životního prostředí a udržitelnosti (Lpg-lovatogas.cz, 2022).

- **STAKO**

Jeden z nejrozšířenějších výrobců, který se již od 60. let minulého století zabývá výrobou CNG a LPG nádrží a cisteren. Vznikl v Polsku a během svojí existence navazoval spolupráci například s koncernem Fiat. Dnes je předním dodavatelem nádrží pro světové výrobce automobilů (Stako.pl, 2022).

- **Tomasetto**

Přední italský výrobce pro LPG a CNG mechanismy, jako jsou reduktory, ventily a vstřikovače. Na trhu se pohybuje více než čtyřicet let (Tomasetto.com, 2022).

- **VALVE**

Německý výrobce, zaměřující se na elektronické řídicí systémy aditivace plynného systému. Specializují se na vývoj hardwaru a softwaru řídicí aditivování CNG a LPG systému, za účelem ochrany ventilů (Lpg-autogascentrum.cz, 2022).

- **ZAVOLI SRL**

Výrobce z Itálie s aktuálně celosvětovým dosahem, který byl založen v roce 1993. Zabývá se výzkumem, vývojem, inovacemi, kvalitou a výrobou LPG, ale také CNG systémů, kterých ročně vyrábí okolo 200 tisíc kusů (Zavoli.cz, 2014).

1.7 Přestavby vozidel

V České republice lze provést přestavbu na alternativní pohon třemi způsoby. Prvním je individuální přestavba vozidla. Každý automobil přestavovaný individuálně na alternativní plynový pohon, musí individuálně splnit emisní limity a projít kontrolou plynové zástavby ve státní zkušebně DEKRA.

Druhým způsobem jsou hromadné přestavby. Tyto typové (hromadné) přestavby provádí držitel povolení k hromadným přestavbám. Toto povolení vydává Ministerstvo dopravy a spojů České republiky.

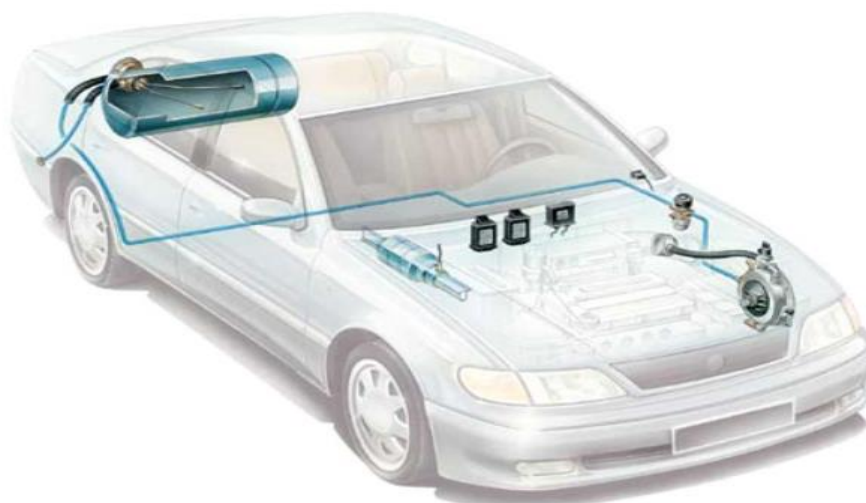
Třetím jsou sériově vyráběné automobily na plyn. Tyto vozidla vyrábí přímo automobilka daného vozidla. Mezi nejznámější vozidla patří Fiat Multipla Biopower, nebo Volkswagen Golf (Vlk, 2006).

1.8 Typy systémů

Jednotlivé typy přestaveb na LPG se liší dle způsobu zpracování a jejich vlastní funkce.

1.8.1 LPG systém s centrálním směšovačem

Jedná se o první generaci LPG systému. Tento systém byl určen pro vozidla vybavená karburátory nebo prvními vstřikovacími systémy. Schéma tohoto systému lze vidět na obrázku 1.3.



Obrázek 1.3 - Systém LPG s centrálním směšovačem, (autanaplyn.cz, 2023)

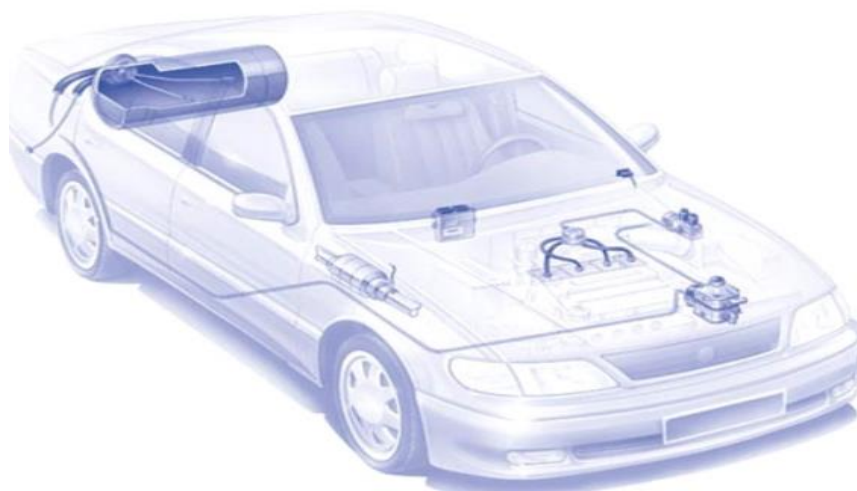
Funkce systému je založena na proudění směsi v difuzoru (Venturiho efekt). Směs vzduchu a plynu je nasávána do motoru pomocí podtlaku přes škrtkovací klapku motoru. Zkapalněný ropný plyn je dopravován z nádrže umístěné v zadní části automobilu pomocí solenoidů do reduktoru. V reduktoru dochází ke změně skupenství z kapalného na plynné. Toto plynné skupenství je přiváděno do směšovače, ve kterém

dochází ke smísení vzduchu a samotného plynu. Bohatost směsi je upravována regulačním škrtícím ventilem (šroubem), ten omezuje průtok plynu do směšovače, aby bylo dosaženo správného poměru směsi plynu a vzduchu (Ždánský, 2013), (Prestavbanalpg.cz, 2023).

Později zmíněný systém prošel modernizací, protože novější vozidla byla vybavena centrálním vstřikovačem benzínu. Vstřikovač byl řízen řídicí jednotkou, proto musel být regulační šroub bohatosti směsi nahrazen regulátorem s krokovým motorkem. Krokový motorek byl řízen pomocí samostatné jednotky plynu na základě informací z lambda sondy, otáček motoru a zatížení motoru. Díky řídicí jednotce, která dokázala upravovat bohatost směsi v reálném čase, bylo dosaženo stejných hodnot jako při provozu na benzín. Ve voze, nejčastěji na palubní desce se nacházel přepínač. Tímto přepínačem bylo možné libovolně měnit druh paliva mezi LPG a benzínem. Dnes je tento systém minulostí a jeho přestavby se neprovádějí (Prestavbanalpg.cz, 2023a), (Neptun-harfa.cz, 2023).

1.8.2 LPG systém s kontinuálním vstřikováním

U vozidel s vícebodovým vstřikováním (MPI) byl využíván systém s kontinuálním vstřikováním (viz obrázek 1.4). Systém fungoval na podobném principu jako u vstřikování benzínu, plyn byl přiváděn do každého válce zvlášť. Množství paliva bylo upravováno dle získaných hodnot z lambda sondy. Tím bylo dosaženo nižší spotřeby paliva a vyššího výkonu než u předešlého systému s centrálním směšovačem. Také zde nebylo riziko zpětného zášlehu směsi. V dnešní době se přestavby tohoto systému dělají jen zřídka (Autanaplyn.cz, 2023).



Obrázek 1.4 - Systém LPG s kontinuálním vstřikováním, (autanaplyn.cz, 2023)

1.8.3 LPG systém se sekvenčním vstřikováním

Jedná se o aktuálně nejpoužívanější systém, splňující emisní normu EURO IV. Jeho schéma vidíte na obrázku 1.5. Palivo je přiváděno do každého válce zvlášť, stejně jako u systému s kontinuálním vstřikováním. Od předchozího systému se liší tím, že je vstřikování paliva řízeno řídicí jednotkou motoru a ke svému fungování se obejde bez lambda sondy. Údaje o vstřikování jsou předávány LPG řídicí jednotce z řídicí benzínové jednotky. Montáž tohoto systému lze provést u dvouválcových až dvanáctiválcových motorů, výjimkou nejsou ani přeplňované motory. Výkon i spotřeba motoru s tímto konkrétním LPG systémem je srovnatelná s klasickým benzínovým motorem (Autanaplyn.cz, 2023).

Fungování tohoto systému je automatické. Start motoru probíhá na benzín, po ohřátí na určitou teplotu se systém samočinně přepne na plynný pohon, kdy se odpojují benzínové vstřikovače. Od této chvíle se signály vysílanými z benzínové řídicí jednotky ovládají plynové vstřikovače. V případě že je nedostatek LPG v nádrži, systém automaticky přejde na benzínový pohon. Uživatel vozidla má možnost libovolně druh paliva měnit pomocí přepínače na přístrojové desce (Prestavbanalpg.cz, 2023b).

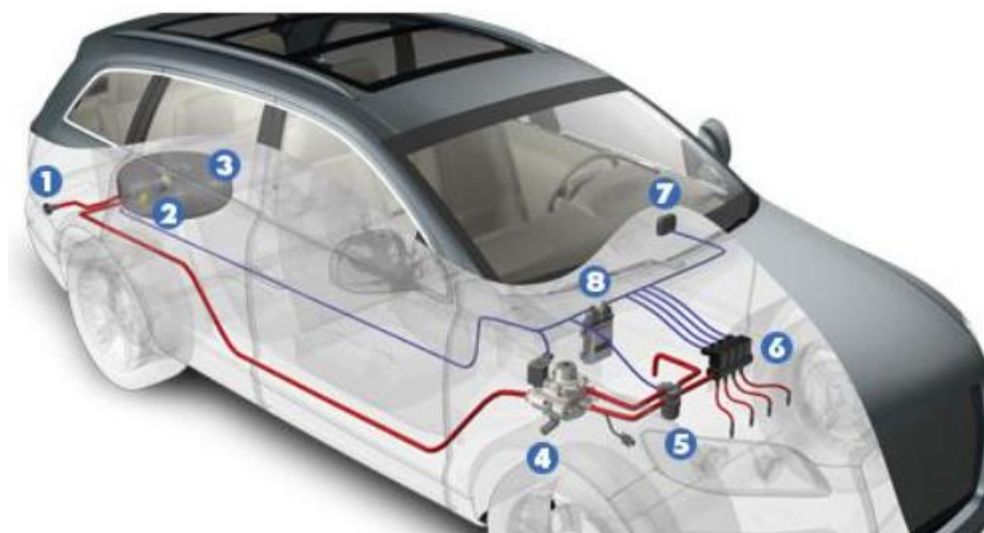


Obrázek 1.5 - Systém LPG se sekvenčním vstřikováním, (autanaplyn.cz, 2023)

1.8.4 LPG systém pro přímo vstřikové motory

Tento systém je využíván u motorů s přímým vstřikováním benzínu. Model systému vidíme na obrázku 1.6. Tento systém je modernější verzí předchozího systému, avšak oproti němu při svém provozu spotřebovává určité množství benzínu. K tomu

dochází proto, aby byly benzínové vstřikovače ochlazovány. Montáž tohoto systému lze provést jen na motory s určitým kódem, který stanovuje výrobce systému (Autanaplyn.cz, 2023).



Obrázek 1.6 - Systém LPG pro přímo vstřikové motory, (autanaplyn.cz, 2023)

1.9 Komponenty systémů

1.9.1 LPG nádrže

Nádrže pro plynné palivo LPG používané v automobilech můžeme klasifikovat podle dvou hlavních kritérií, a to podle typu nosného systému (plnicího a bezpečnostního) a podle jejich fyzikálních vlastností jako je její tvar, kapacita nebo hmotnost. Právě podle nosného systému můžeme rozlišit tři různé typy nádrží. Takzvaný „italský“ typ paraboly, kde se ochranný systém používá k provádění několika funkcí zároveň, mezi něž patří zabezpečení, plnění a dodávka paliva (jedná se o komplexní systém), dále pak „holandský“ bajonetový typ, kde tyto funkce provádějí různá zařízení, a v poslední řadě typ závitu ACME, jehož princip činnosti je podobný jako u „holandského“ bajonetového typu. Je také nutné říci, že jsou k dispozici „italské“ adaptéry na propan, které umožňují automobilu vybavenému jedním konkrétním systémem tankovat i na čerpací stanici vybavené pro systém jiný. Kritérium fyzikálních vlastností nádrže pak závisí na výběru připevňovacího místa, nebo přišroubování válce k vnitřnímu povrchu ocelového pláště vozidla (Raslavičius, 2014).

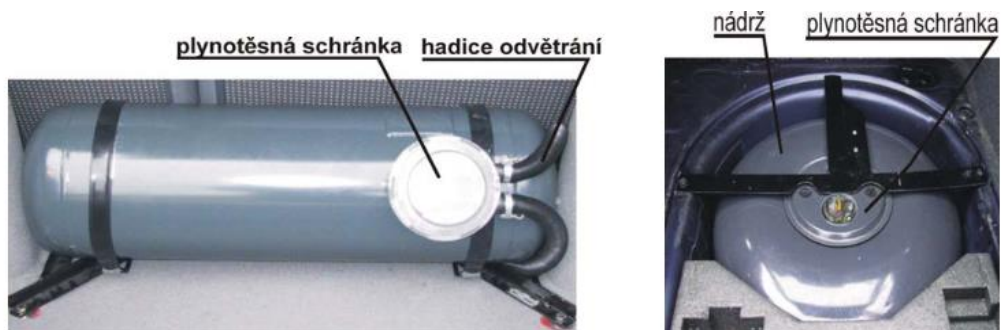
Na každé LPG nádrži nalezneme identifikační štítek a v něm data o konkrétní nádrži (viz obrázek 1.7). Na štítku nalezneme informace o datu výroby, výrobní číslo, číslo homologace, datum konce platnosti nádrže a také její rozměry a objem. Každá LPG nádrž má životnost deset let, po uplynutí její životnosti musí být nahrazena za novou (Lpg-autogascentrum.cz, 2023).



Obrázek 1.7 - Identifikační štítek LPG nádrže od výrobce GZWM, (lpg-autogascentrum.cz, 2023)

1.9.2 Plynotěsná schránka

V případě překročení tlaku a následném úniku plynu z nádrže, je nádrž vybavena plynotěsnou zátkou. Tato plynotěsná zátku zaručuje, že plyn bude odveden mimo vozidlo odvětrávacími hadicemi. V případě toroidní nádrže se tato plynotěsná schránka nachází uprostřed toroidu a je uzavřena zátkou. U obou nádrží se v plynotěsné schránce nachází také multiventil. Tato dvě provedení můžeme pozorovat na obrázku 1.8 (Štěrbá, 2013).



Obrázek 1.8 - Použití plynotěsné zátky u rozdílných typů nádrží, (adoc.pub, 2023)

1.9.3 Pojistný ventil

Pojistný ventil neboli multiventil (viz obrázek 1.9), je součástí nádrže a plní následující funkce: ukazatel paliva, odběr zkapalněného ropného plynu, plnění, zabraňuje přeplnění nádrže (Štěrbá, 2013).



Obrázek 1.9 - Multiventil, (eshop-lpg.cz, 2023)

1.9.4 Plnicí koncovka

Plnicí koncovka slouží k plnění tlakové nádrže automobilu zkapalněným ropným plynem. V České republice se využívá plnicí koncovka italského typu. Na obrázku 1.10 můžeme vidět i ostatní typy redukci se kterými se lze setkat v Evropě (Lpgservis.cz, 2023).



Obrázek 1.10 - Redukce LPG v Evropě, (lpgservis.cz, 2023)

1.9.5 Reduktor

Účelem reduktoru je měnit kapalné skupenství LPG na plynné. Zkapalněný ropný plyn je do reduktoru vháněn za pomoci tlaku z nádrže, protože jeho změna skupenství probíhá při teplotě $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ je zde riziko zamrznutí samotného reduktoru a jeho nesprávné funkce. Proto je reduktor zapojen do primárního okruhu chlazení automobilu a je ohříván chladicí kapalinou motoru. Příklad takového reduktoru lze vidět na obrázku 1.11 (Štěrbá, 2013).



Obrázek 1.11 - Reduktor značky BRC, (eshop-lpg.cz, 2023)

1.9.6 Řídící jednotka

Řídící jednotka LPG (viz obrázek 1.12) systému má za úkol řídit celý systém. K správné funkci celého systému řídicí jednotka přijímá výstupní signály ze snímačů klepání, teploty chladicí kapaliny, hodnotu lambda, ale i dobu po kterou jsou benzínové vstřikovače otevřeny. Díky těmto signálům může jednotka upravovat množství plynu vstřikovaného do motoru a tím zaručit správný chod. Jednotka také podporuje spojení diagnostického systému pomocí rozhraní OBD II. Pomocí tohoto propojení lze kalibrovat dávky plynu a tím kompenzovat rozdíl mezi LPG a benzínem (Firemní materiál Landi Renzo, 2023).



Obrázek 1.12 - Řídící jednotkaš EVO značky Landi Renzo (Firemní materiál Landi Renzo, 2023)

1.9.7 Vstřikovače

Plnění motoru plynnou fází LPG zajišťují vstřikovače. Ty jsou ovládány řídicí jednotkou na základě získaných výstupních hodnot z různých snímačů. Správný chod motoru je závislý na přesném dávkování plynu do sacího potrubí. Z důvodu stále se zkracující doby vstřiku přišly výrobci vstřikovačů s novým systémem vstřikovače s nízkým zdvihem. Rychlost, kterou se vstřikovač dokáže otevřít a zavřít je klíčová pro plynulý chod motoru. Dalším aspektem je stejný tlak plynu ve vstřikovačích, proto se vstřikovače dodávají jako celek v jedné liště. Toto provedení lze vidět na obrázku 1.13 (Štěrba, 2013).



Obrázek 1.13 - Vstřikovací lišta EVO-A značky Landi Renzo (Firemní materiál Landi Renzo, 2023)

1.9.8 Přepínač

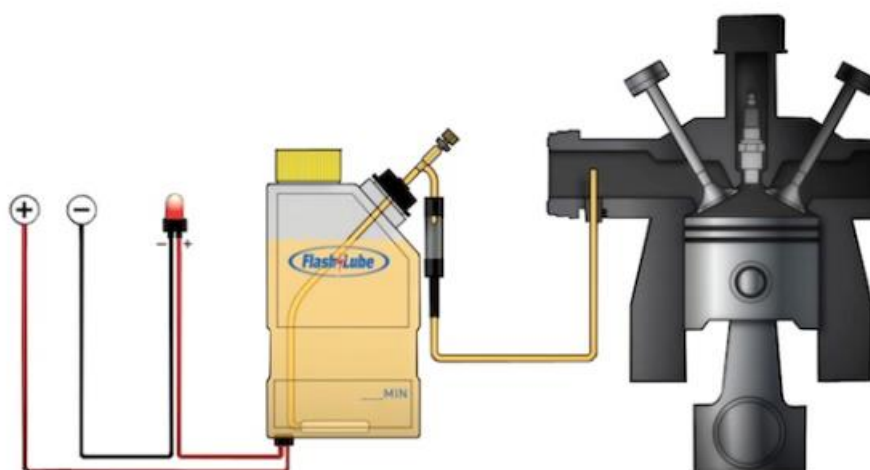
Jedná se o elektronický modul umístěn v zorném poli řidiče (viz obrázek 1.14), jehož funkcemi je přepínání druhu paliva a zobrazování množství plynu v nádrži pomocí LED diod. V případě že je nízký tlak plynu v nádrži (nedostatek plynu), dojde k aktivování akustického signálu a automatickému přepnutí na benzín. Přepínač dokáže také signalizovat závadu systému (Firemní materiál Landi Renzo, 2023).



Obrázek 1.14 - Přepínač benzín/plyn nainstalovaný ve voze Škoda Octavia (lpg-agcplus.cz, 2023)

1.9.9 Aditivace

Jelikož plynná paliva neobsahují aditiva již od výrobců (jako je tomu u kapalných paliv), je potřeba tato aditiva do paliva přidávat dodatečně (aditivovací kit lze vidět na obrázku 1.15). Jejich absence by mohla mít negativní vliv na životnost motoru. Aditivace se provádí pomocí podtlaku, kdy je aditivum strháváno vlivem podtlaku do sání motoru. Druhý způsob aditivace je tlakový, při němž je aditivum přiváděno do přímé blízkosti sacích ventilů (Ochranamotoru.cz, 2023), (Štěrba, 2013).



Obrázek 1.15 - Schéma aditivovacího kitu se signalizací minimální hladiny, (ochranamotoru.cz, 2023)

2 Cíle práce

Cílem práce je provedení diagnostiky a vyhodnocení oprav a prognóz vývoje stavu a poruch sledovaného systému a odpovědět na otázky:

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

Dílčí cíle práce:

1. Popsat používané systémy pro montáž LPG.
2. Provést konkrétní diagnostiku.
3. Provést opravu zjištěných závad a porovnat zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce, případně direktivou EU.
4. Odpovědět na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnotit a uvést závěry pro praxi.

3 Metodika

Pro účely sériové diagnostiky vozu bude použit diagnostický software, přímo od výrobce LPG systému. Jako první bude provedena základní diagnostika. Po provedení sériové diagnostiky, bude následovat řešení konkrétního problému, při kterém bude využit multimetr Limit 310. Tato zkouška bude provedena ve firmě AUTOGAS – CENTRUM, s.r.o.

Dále bude měřen výkon vozu Škoda Octavia IV, s motorem DFYA ve spojení s mild – hybridní technologií e – TEC, před montáží LPG systému a po montáží LPG systému do vozu ve firmě Korpet s.r.o. Měření výkonu bude probíhat za pomoci dvouosé válcové zkušebny. Hodnoty získané z měření budou zaznamenány v grafu. Z těchto známých hodnot bude za pomoci trojčlenky vypočten procentuální rozdíl mezi oběma výkony.

4 Vlastní práce

4.1 Diagnostika závady LPG

Na obrázku číslo 4.1 lze vidět automobil Lada Vesta 1.6 L 78 kW s LPG systémem STAG-4 QBOX BASIC. Na tomto vozidle byla provedena sériová diagnostika.



Obrázek 4.1 - Lada Vesta

4.1.1 Závada na vozidle

Automobil byl přivezen vlastníkem vozidla, který uvedl, že po zahřátí motoru nedocházelo k automatickému přepnutí na LPG. I když se pokusil o nucené přepnutí paliva pomocí spínače umístěného na palubní desce automobilu, byl stále využíván pouze pohon na benzín. Pro nalezení příčiny tohoto problému, byl automobil připojen na sériovou diagnostiku AC STAG, která je dodávána výrobcem.

4.1.2 Průběh diagnostiky a zjištění závady

Níže jsou uvedeny jednotlivé kroky, kterými bylo postupováno při diagnostice vozidla, za účelem zjištění závady.

1. Vozidlo bylo zajištěno proti pohybu.

-
2. Bylo vyhledána diagnostická zásuvka v motorovém prostoru vozidla a z ní byla sejmuta ochranná krytka žluté barvy zabraňující vniknutí nečistot (viz obrázek 4.2).



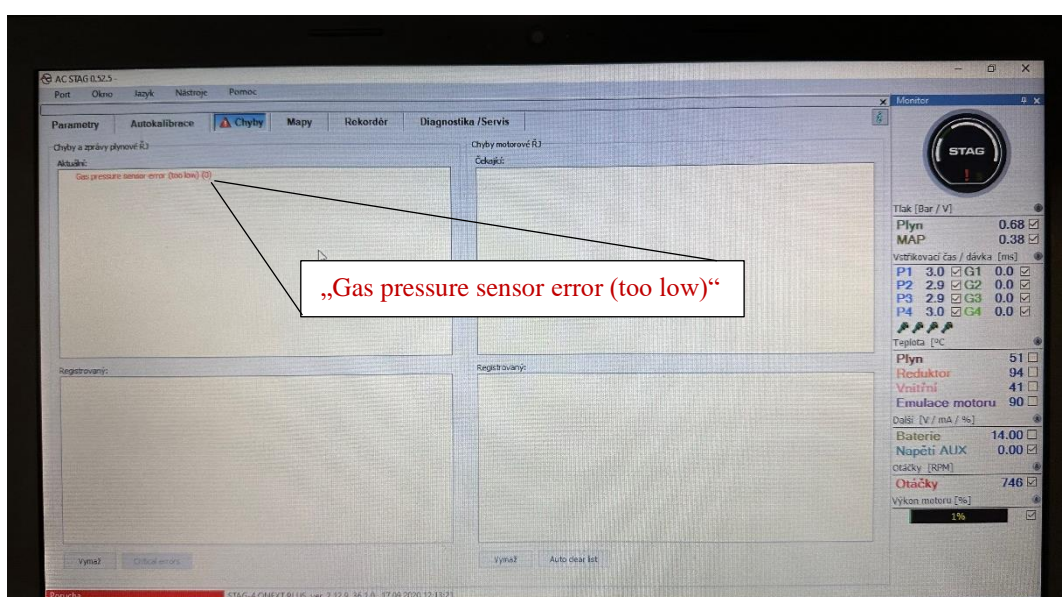
Obrázek 4.2 - Diagnostická zásuvka s ochrannou krytkou

3. K diagnostické přípojce umístěné v motorovém prostoru vozidla byla připojena diagnostická přípojka STAG RS 232, která byla druhým koncem zapojena do notebooku a byl zapnut program AC STAG (viz obrázek 4.3).



Obrázek 4.3 - Vozidlo připojené na diagnostiku

4. Dalším krokem bylo zapnutí zapalování vozidla do druhé polohy, z důvodu aktivace řídicích jednotek a palubní sítě automobilu, což je nezbytné pro funkčnost diagnostiky.
5. Dále bylo nutné spojit diagnostické rozhraní s řídicí jednotkou LPG. Tento proces probíhal zcela automaticky a nebylo tedy nutné vyplňovat bližší informace o systému vozidla.
6. Následovalo vyčtení informací z paměti závad a skutečných hodnot. Po načtení diagnostického rozhraní, bylo zjištěno, že příčinou daného problému, je nízký tlak plynu v systému (viz obrázek 4.4). Po zjištění této příčiny bylo nutno přejít k jejímu vyřešení.



Obrázek 4.4 - Paměť závad se zobrazenou chybou

4.1.3 Řešení závady

Zjištěnou závadu nejčastěji způsobují elektromagnetické plynové ventily ovládající přívod plynu do systému. Naším úkolem bylo, zjistit, kde se vadný elektromagnetický ventil nachází, jelikož ve vozidle jsou umístěny dva. První je součástí multiventilu, umístěného na plynové nádrži a druhý je umístěn na reduktoru (směšovači). Z praxe je známo, že problémový bývá spíše ventil ve směšovači, a proto jsme se rozhodli, zkontrolovat ho jako první. Postup byl následující:

1. Diagnostický systém zůstal připojen a bylo vypnuto zapalování vozidla.
2. Následně byly od elektromagnetického ventilu reduktoru odpojeny vodiče.
3. V odpojených vodičích bylo pomocí multimetru Limit 310 změřeno vstupní spínané napětí 12,54 V (k tomuto kroku bylo zapotřebí znovu zapnout

zapalování do druhé polohy). Tato naměřená hodnota vyloučila, že by byl přerušen obvod napájející elektromagnetický ventil, jelikož je shodná s hodnotou doporučenou přímo výrobcem (viz obrázek 4.5).



Obrázek 4.5 - Multimetr s naměřenou hodnotou

4. Jelikož v předchozím kroku nebyla nalezena závada, následovala demontáž elektromagnetického ventilu nacházejícího se na směšovači (viz obrázek 4.6).



Obrázek 4.6 - Směšovač nacházející se v motorovém prostoru před demontáží

-
5. Elektromagnetický ventil (viz obrázek 4.7) byl demontován na dvě části – cívku a solenoid (jadýrko).



Obrázek 4.7 - Elektromagnetický ventil

6. V tomto kroku byla provedena vizuální kontrola solenoidu – jadýrka (viz obrázek 4.8). Ten ovšem nevykazoval žádné známky opotřebení, a proto byla vyloučena jeho závada.



Obrázek 4.8 - Solenoid (jadýrko)

-
7. Za pomoci multimetru byl naměřen nekonečně velký odpor cívky, to znamená, že se jedná o přerušené vinutí cívky. Proto bylo potřeba tento díl nahradit novým kusem dle doporučení výrobce (viz obrázek 4.9).



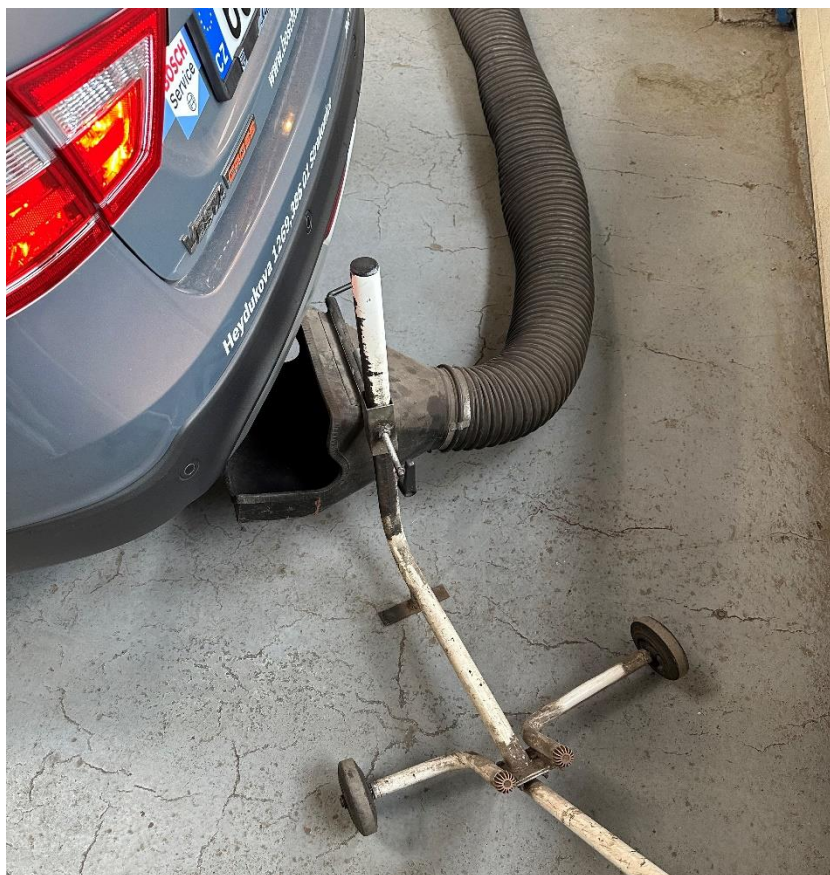
Obrázek 4.9 - Nová cívka

8. Nová cívka a jádýrko byly zkompletovány a vráceny zpět do směšovače, ke kterému se připojily dříve odpojené vodiče.
9. Zapalování automobilu bylo zapnuto do druhé polohy, aby mohla být smazán chybový kód v paměti závad.

4.1.4 Kontrola funkčnosti

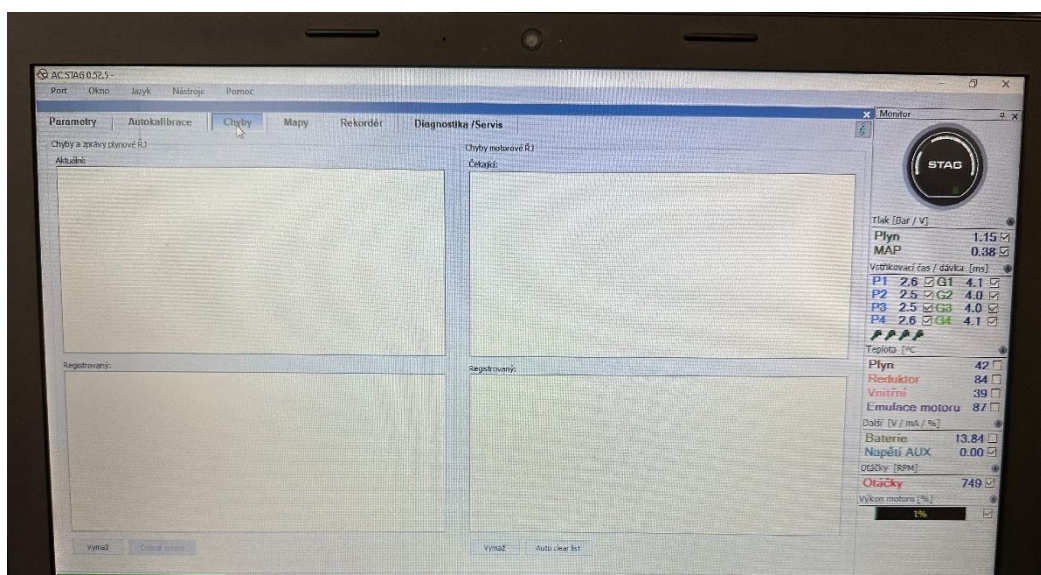
Po výše popsané opravě, bylo zapotřebí zkontrolovat, zda byl celý proces opravy úspěšný a zda byl tímto postupem problém vyřešen. K této kontrole vedly následující kroky.

1. K blízkosti výfuku vozidla bylo umístěno odsávání výfukových plynů, pro bezpečnost práce (viz obrázek 4.10).



Obrázek 4.10 - Odsavač výfukových plynů

2. Následně bylo vozidlo nastartováno a za pomoci diagnostického rozhraní bylo přepnuto na pohon na LPG. Toto přepnutí bylo úspěšné.
3. Pro důslednou kontrolu byla znovu provedena diagnostika vozidla, kde se již neobjevila žádná závada (viz obrázek 4.11).



Obrázek 4.11 – Paměť závad bez chyby

-
4. Posledním krokem byla zkouška přepnutí na LPG pohon přepínačem nacházejícím se na palubní desce vozidla (viz obrázek 4.12), což bylo provedeno po odpojení diagnostického systému od automobilu. Toto přepnutí bylo rovněž úspěšné a tím bylo ukončeno řešení problému.



Obrázek 4.12 - Přepínač na palubní desce

4.2 Měření výkonu

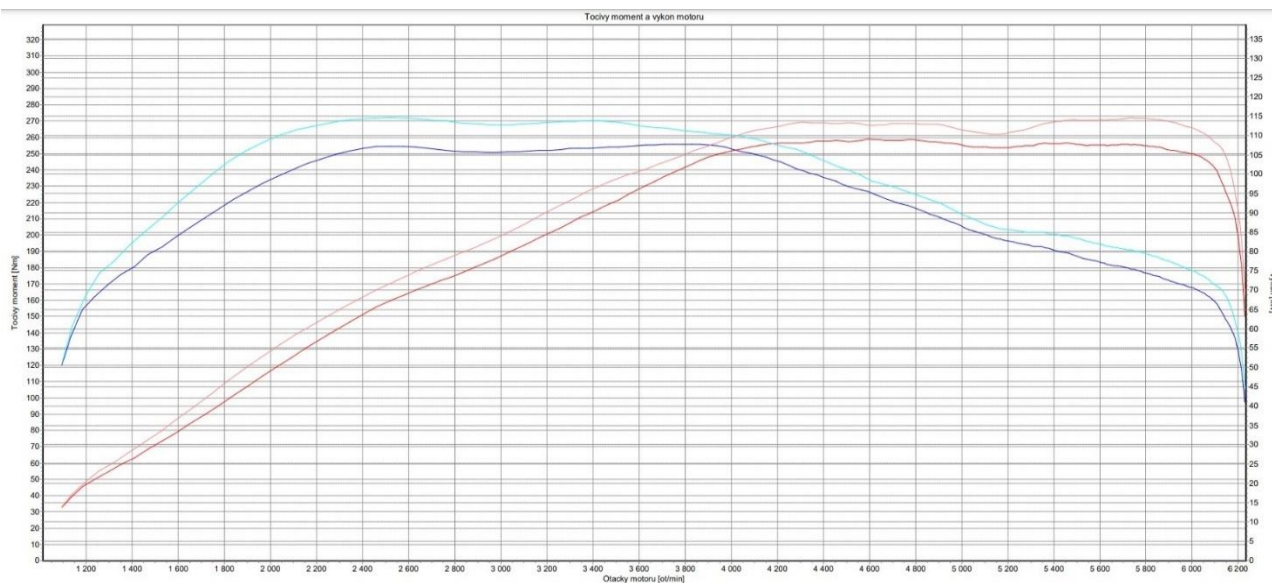
Měření výkonu probíhalo ve firmě Korpet s.r.o., na automobilu Škoda Octavia IV (viz obrázek 4.13). Použita byla dvouosá válcová zkušebna a systém pro měření Moto COM Test BRD 1000. Postupovalo se níže popsanými kroky.



Obrázek 4.13 - Automobil Škoda Octavia IV

1. Vozidlo bylo umístěno a pevně připoutáno k měřicí stoličce.
2. Do systému byly vloženy hodnoty o vozidle.
3. Následovalo spuštění chladících ventilátorů.
4. Dále bylo spuštěno odsávání výfukových plynů.
5. V dalším kroku byl spuštěn program spolu s měřicí stoličce pro měření výkonu vozidla. Nejprve byl změřen výkon vozidla s pohonem na benzín a po naměření potřebných hodnot byl postup opakován, s tím rozdílem, že pohon vozidla byl přepnut na LPG.
6. Následně byly naměřené hodnoty z obou měření vyhodnoceny a graficky znázorněny v grafu.

V grafu na obrázku 4.14 lze vyčíst hodnoty výkonu motoru a kroutícího momentu s celkovým průběhem těchto hodnot v pásmu otáček motoru. Je nutno dodat, že naměřený výkon je ovlivněn odporem převodového ústrojí, rotační hmotou kol, nahuštěním pneumatik a samotným měřicím zařízením, ale samotný systém měření s těmito odchylkami počítá a výslednou hodnotu podle nich upravuje.



Obrázek 4.14 - Graf výkonu

Z obrázku 4.14 lze vyčíst rozdílné hodnoty výkonu a kroutícího momentu. Výkon u pohonu na benzín byl 115 kW a u pohonu na LPG byl 109 kW. Výpočet je proveden dle vztahu uvedeného v kapitole 3. Výsledná hodnota je -5,217 %, z čehož vyplývá, že při pohonu na LPG je výkon vozidla nižší o cca 5 %, než u pohonu na benzín.

$$\frac{109 - 115}{115} * 100 = -5,217 \%$$

5 Diskuze

5.1 Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?

Ano. Softwarový systém AC STAG, který byl použit pro diagnostiku a zjištění závad na vozidle, je originální systém, dodávaný přímo od výrobce LPG systému nacházejícího se v diagnostikovaném vozidle Lada Vesta. Je vytvořen tak, aby byl schopný najít závady, což by univerzální diagnostické systémy nedokázaly.

Podle autora Procházka (in voice, 2023) z firmy AUTOGAS – CENTRUM s.r.o., je tento systém společně s multimetrem dostačující kombinací pro nalezení závad na vozidle.

V porovnání se softwarem Lovato Easy Fast, který používá k diagnostice ve své diplomové práci Bajer (2016), je rozhraní systému AC STAG přehlednější a uživatelsky přívětivější.

Stejně tak je vyhovující systém Moto COM Test BRD 1000 pro měření výkonu motoru a kroutícího momentu. Tento software je výhodný v tom, že si sám upravuje a dopočítává hodnoty tak, aby byly co nejpřesnější a nejreálnější, protože bere v potaz ztráty, které mohou během měření nastat, odečte je a výsledná hodnota je reálným výkonem. Jeho použití je ideální ve spojení s dvouosou válcovou zkušebnou.

Jak mi sdělil autor Koranda (in voice, 2023) ve firmě KORPET s.r.o., existuje i jiný typ zkušebny pro měření, a to například statická dynamická zkušebna motoru. Její nevýhodou je to, že samotné měření obnáší více manipulace s automobilem, jelikož je nutné vyjmout motor z vozidla a měření probíhá pouze na samotném motoru. Zároveň se zjišťuje pouze výkon samotného motoru, zatímco na válcové zkušebně je měřena výsledná hodnota výkonu, kde jsou započítány ztráty a zjišťujeme tím reálný výkon, kterého automobil dokáže dosáhnout.

Shodně uvádí ve své bakalářské práci Bílek (2021), že válcová zkušebna Moto COM Test je vhodnou volbou pro měření výkonu vozidel. Uvádí také, že bylo překvapujícím zjištěním, že naměřená hodnota výkonu byla o 10 kW vyšší, než je v technických specifikacích vozidla. Podobné zjištění nastalo i v případě našeho měření, kdy technický průkaz vozidla udává hodnotu výkonu o 5 kW nižší, než bylo naměřeno (při pohonu na benzín).

5.2 Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

Z důvodu, že v praktické části byly řešeny dvě problematiky, pomocí dvou rozdílných softwarů, nelze jasně a jednoznačně odpovědět na tuto otázku.

Zvolený software AC STAG je výhodný z ekonomického pohledu, a to především pro firmy, jenž odebírají LPG systémy od firmy STAG. V rámci této spolupráce mají totiž licenci pro zmíněný software zdarma. Bohužel se mi nepodařilo zjistit ani ve firmě AUTOGAS – CENTRUM s.r.o. ani pomocí jiných zdrojů, jaká by byla případná cena licence tohoto softwaru. Při tomto hledání jsem ovšem zjistil, že je možné tento diagnostický program stáhnout zdarma z internetu. Náklady, které jsou ale s používáním daného softwaru spojené, činí přibližně 1000,- Kč. Za tuto cenu je nutné pořídit přípojku STAG RS 232, která se umísťuje mezi notebook a diagnostikované vozidlo a bez jejího použití není diagnostický program funkční.

Cena licence samotného softwaru Moto COM Test BRD 1000, se mi také nepodařila dohledat. Od autora Koranda (in voice, 2023) jsem ovšem zjistil, že podobně jako licenci pro AC STAG i licenci tohoto softwaru lze získat zároveň při zakoupení zkušebny pro výkon.

Výše jsem již porovnával válcovou zkušebnu s motorovou, a proto porovnáám náklady právě těchto dvou zkušeben. Pořizovací ceny uvedené v tabulce 5.1 jsou převzaty přímo ze stránek originálního výrobce MOTOCOMTEST. Nutno dodat, že platnost ceníku je k roku 2021, ale jejich stránky nenabízejí žádné aktuálnější vydání. Je proto potřeba počítat s tím, že současné ceny mohou být o něco vyšší, ale předpokládáme, že rozdíl mezi uvedenými cenami by mohl být přibližně stejný.

Tabulka 5.1 - Ceny zkušeben, (motocom.cz, 2023)

Název	Pořizovací cena bez DPH [Kč]
Zkušebna motoru	287 500
Válcová zkušebna	392 500

V ceně zkušebny motoru je zahrnut software, mikropočítač, zkušebna s vodou chlazeným retardérem a tenzometr. Pro válcovou zkušebnu cena zahrnuje software, mikropočítač, válcovou zkušebnu, vzduchem chlazený retardér s regulátorem a tenzometr. Mezi těmito dvěma kompletními balíčky vidíme rozdíl v ceně více než 100 000,- Kč, a proto lze říci, že válcová zkušebna není ekonomicky výhodnější volbou. Z vlastního pohledu bych ale stále volil tuto dražší variantu. Použití zkušebny motoru je totiž časově náročnější, kvůli nutnému vyjmutí motoru z automobilu a tím se následně zvyšují náklady na pracovní sílu.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést analýzu a shrnout získané informace o alternativním pohonu LPG a přestavbách vozidel na tento pohon.

V první části bylo v literárním přehledu představeno LPG, konkrétně jeho historie, způsob získávání a vlastnosti. Dále byly porovnány známé výhody a nevýhody, které souvisí s používáním LPG pohonu. Byl sestaven seznam výrobců LPG systémů a komponentů. Z výčtu výrobců bylo vidno, že nejčtenější zastoupení na našem trhu mají producenti z Polska a Itálie. Jejich systémy či komponenty patří mezi nejpoužívanější jak ve světě, tak i u nás. Tuzemské firmy, které se zabývají montážemi systémů odebírají především od zahraničních výrobců, i když existuje několik českých firem vyrábějících LPG systémy. Následovala charakteristika přestaveb na LPG pohon a také popis typů LPG systémů a jejich konkrétních komponentů.

Pro praktickou část, byly stanoveny cíle práce a sestavena metodika. V této části byly také položeny dvě hlavní otázky, na které byla hledána odpověď. Byly představeny firmy AUTOGAS-CENTRUM a KORPET, ve kterých byla prováděna diagnostika a také použité diagnostické softwary AC STAG a Moto COM Test BRD 1000. Pro obě diagnostiky byly sepsány kroky, kterými se postupovalo, doplněné fotografiemi pořízenými v daných firmách. U první diagnostiky byl také popsán postup při řešení zjištěné závady a následné opravy. U druhé diagnostiky byly interpretovány výsledky měření zaznamenané v grafu.

V diskuzi byly zodpovězeny dříve položené otázky a bylo doplněno porovnání s jinými autory zabývajícími se podobným tématem v jejich diplomových pracích.

Ze získaných informací lze říci, že přestavba na LPG pohon se vyplatí jak z hlediska ekonomického, tak z ekologického. Překážkou může být prvotní vysoká investice, která má však po určité době užívání přestavěného automobilu návratnost. Pro ekologii je LPG pohon vhodnější, jelikož jeho zplodiny neobsahují vysoké množství látek škodlivých pro životní prostředí.

Dle mého názoru je přínosem této bakalářské práce shrnutí dostupných informací a rozšíření povědomí o alternativních pohonech, a především o samotném LPG, jelikož je aktuálně jednou z nejrozšířenějších a nejkologičtějších možností pro pohon vozidel. Pro praxi je přínosem seznámení s diagnostickým softwarem AC STAG, jelikož se jedná o systém uživatelsky přívětivý a zároveň spolehlivý a jiní autoři popisovali ve svých pracích použití jiných diagnostických softwarů.

Seznam použité literatury

- AEB.it (2022). *Company*. [online]. [cit. 10. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.aeb.it/en/company/>
- Autanaplyn.cz (2023). *Typy LPG zařízení*. [online]. [cit. 12. 2. 2023]. Dostupné z: <http://www.autanaplyn.cz/typy-lpg-zarizeni>
- Certools.pl (2022). *Company*. [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <http://www.certools.pl/o-firmie.html>
- ČSN 65 6501. *Motorová paliva - Zkapalněné ropné plyny (LPG) - Odběr vzorků u čerpacích stanic*. 2021. Dostupné také z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-65-6501-656501-214456.html#>
- Demirbas, A. (2007). *Fuel Alternatives to Gasoline. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*.
- Gazeo.com (2013). *History of LPG - the first 100 years* [online]. [cit. 11. 2. 2023]. Dostupné z: <https://gazeo.com/up-to-date/news/2013/History-of-LPG-the-first-100-years,news,6662.html>
- GZWM.com (2022). *O společnosti*. [online]. [cit. 10. 2. 2023]. Dostupné z: <https://gzwm.com.pl/57/76/main-page-about-company.html>
- Hart, M. H. (1978). *Nikolaus August Otto* In: *The 100: A Ranking of the Most Influential Persons in History*. 2 vyd. New York: Carol Publishing Group. ISBN 0-8065-1348-8.
- Jan, Z. a B. Ždánský (2013). *Automobily*. 4. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o. ISBN isbn9788087143292.
- Krizport.cz (2022). *LPG* [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/ohrozeni/nebezpecne-latky-v-jmk/lpg>
- Liu, E., et al. (1997). *A Study On LPG As A Fuel For Vehicles* [online]. Hong Kong, 1997 [cit. 19. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.legco.gov.hk/yr97-98/english/sec/library/967rp05.pdf>
- Lpg-agcplus.cz (2022). *Výhody a nevýhody LPG* [online]. [cit. 7. 11. 2022]. Dostupné z: <https://lpg-agcplus.cz/cs/prestavby-na-lpg/vyhody-a-nevyhody-lpg>
- Lpg-autogascentrum.cz (2022). *Jsme dovozci LPG a CNG systémů*. [online]. [cit. 10. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.lpg-autogascentrum.cz/jsme-dovozci/>
- Lpg-autogascentrum.cz (2023). *Nádrže na LPG a CNG a jejich výměna*. [online]. [cit. 10. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.lpg-autogascentrum.cz/nadrze-lpg-a-vymena/>
-

Lpg-brc.cz (2022). *Historie*. [online]. [cit. 6. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.lpg-brc.cz/spolecnost>

Lpg-europe-gas.cz (2022). *O společnosti europegas*. [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.lpg-europe-gas.cz/spolecnost>

Lpg-landirengo.cz (2022). *Společnost*. [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.lpg-landirengo.cz/spolecnost>

Lpg-lovatogas.cz (2022). *Společnost*. [online]. [cit. 10. 11. 2022]. Dostupné z: <https://lpg-lovatogas.cz/spolecnost>

Lpgmusil.cz (2022). *Historie a úspěchy* [online]. [cit. 9. 11. 2022]. Dostupné z: <http://www.lpgmusil.cz/cz.php?txt=prestavby-lpgdet=plyn-historie>.

Lpgservis.cz (2023). *Redukce LPG*. [online]. [cit. 15. 2. 2023]. Dostupné z: <https://lpgservis.cz/vse-o-lpg/redukce-lpg/>

Lpg-stag.cz (2022). *Společnost*. [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.lpg-stag.cz/spolecnost>

Motocom.cz (2021). *Ceník*. [online]. [cit. 7. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.motocom.cz/cenik.htm>

Neptun-harfa.cz (2023). *Systém s centrálním směšovačem (nepřímé vstřikování benzínu)*. [online]. [cit. 12. 2. 2023]. Dostupné z: <http://www.neptun-harfa.cz/System-s-centralnimsmesovacem/3869.html>

Prestavbanalpg.cz (2023a). *Systém LPG se směšovačem pro karburátory*. [online]. [cit. 12. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.prestavbanalpg.cz/prestavba-lpg/typy-systemulpg/system-lpg-se-smesovacem/>

Prestavbanalpg.cz (2023b). *Systém sekvenčního vstřikování LPG pro motory MPI*. [online]. [cit. 12. 2. 2023]. Dostupné z: <https://www.prestavbanalpg.cz/prestavba-lpg/typy-systemu-lpg/vstrikovani-lpg/>

Primagas.cz (2022). *Bio LPG* [online]. [cit. 10. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.primagas.cz/bio-lpg>

Raslavičius, L. et al. (2014). Liquefied petroleum gas (LPG) as a medium-term option in the transition to sustainable fuels and transport, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 32 (4), p. 513 – 525. ISSN 1364-0321. [online]. [cit. 10. 11. 2022] Dostupné z: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211400063X

Stako.pl (2022). *About us*. [online]. [cit. 9. 11. 2022]. Dostupné z: <https://stako.pl/en/about-us>

Štěrbá, P. (2013) *Automobily s pohonem na LPG: typové a individuální přestavby, ekonomická návratnost, opravy a doporučení pro majitele vozidel : [příručka majitele vozu]*. Brno. ISBN 9788026401483.

Tomasetto.com (2022). *About us*. [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.tomasetto.com/about-us/>

Vlk, F. (2001). *Koncepce motorových vozidel*. Brno: František Vlk. ISBN: 80-238-5267-0.

Vlk, F. (2006). *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-6461-5.

Zavoli.cz (2014). *O firmě*. [online]. [cit. 8. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.zavoli.cz/o-firme/>

Citace závěrečných prací

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

Bílek, M. (2021). Diagnostika vozidel s pohonem LPG. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Ostatní zdroje:

Koranda, J. (2023), in voice, pracovník KORPET s.r.o.

Procházka, E. (2023), in voice, pracovník AUTOGAS-CENTRUM s.r.o.

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 - Ottův motor	9
Obrázek 1.2 - Plynová nádrž toroidní (vlevo) a válcová (vpravo).....	12
Obrázek 1.3 - Systém LPG s centrálním směšovačem	15
Obrázek 1.4 - Systém LPG s kontinuálním vstřikováním.....	16
Obrázek 1.5 - Systém LPG se sekvenčním vstřikováním	17
Obrázek 1.6 - Systém LPG pro přímo vstřikové motory	18
Obrázek 1.7 - Identifikační štítek LPG nádrže od výrobce GZWM	19
Obrázek 1.8 - Použití plynotěsné zátky u rozdílných typů nádrží	19
Obrázek 1.9 - Multiventil	20
Obrázek 1.10 - Redukce LPG v Evropě.....	20
Obrázek 1.11 - Reduktor značky BRC.....	21
Obrázek 1.12 - Řídící jednotkaš EVO značky Landi Renzo.....	21
Obrázek 1.13 - Vstřikovací lišta EVO-A značky Landi Renzo	22
Obrázek 1.14 - Přepínač benzín/plyn nainstalovaný ve voze Škoda Octavia	23
Obrázek 1.15 - Schéma aditivovacího kitu se signalizací minimální hladiny	23
Obrázek 4.1 - Lada Vesta.....	26
Obrázek 4.2 - Diagnostická zásuvka s ochrannou krytkou	27
Obrázek 4.3 - Vozidlo připojené na diagnostiku	27
Obrázek 4.4 - Paměť závad se zobrazenou chybou	28
Obrázek 4.5 - Multimetr s naměřenou hodnotou	29
Obrázek 4.6 - Směšovač nacházející se v motorovém prostoru před demontáží.....	29
Obrázek 4.7 - Elektromagnetický ventil	30
Obrázek 4.8 - Solenoid (jadýrko).....	30
Obrázek 4.9 - Nová cívka.....	31
Obrázek 4.10 - Odsavač výfukových plynů.....	32
Obrázek 4.11 – Paměť závad bez chyby	32
Obrázek 4.12 - Přepínač na palubní desce	33
Obrázek 4.13 - Automobil Škoda Octavia IV	33
Obrázek 4.14 - Graf výkonu.....	34

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 - Složení LPG.....	11
Tabulka 5.1 - Ceny zkuseben.....	36

Seznam použitých zkratk

°C – Stupně celsia

CNG – Compressed Natural Gas

CO₂ – oxid uhličitý

ČSN – česká technická norma

EU – Evropská unie

kW – Kilowatt

LED – Light Emitting Diode

LPG – Liquefied Petroleum Gas

MPI – Multi Point Injection

OBD – On-Board Diagnostics

V – Volt
