

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Diagnostický rozbor vstřikovací soustavy vozidla pro plynné PHM

Autor: **Petr Jeníkovský**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr JENÍKOVSKÝ**
Osobní číslo: **S14B0004P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Diagnostika a servis silničních vozidel**
Název tématu: **Diagnostický rozbor vstříkovací soustavy vozidla pro plynná PHM**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem je provést rozbor technických a diagnostických možností u vstříkovací soustavy vozidla pro využívání plyných PHM. Dále provést základní technickou specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost. Výsledným řešením je zhodnocení technických a diagnostických parametrů pro bezpečný a bezporuchový provoz vozidla.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně technické specifikace požadavků.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování rozboru diagnostikovatelných parametrů.
4. Zhodnocení a určení parametrů.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

MOTEJL, V., HOREJŠ, K. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilu.* Brno: Littera, 2004

VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel.* Brno: Vlk, 2005

ČUPERA, J., ŠTĚRBA, P. *Automobily Diagnostika motorových vozidel I,* Avid s.r.o, Brno, 2007 *Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **26. ledna 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph. D. za odbornou pomoc, kterou mi v průběhu práce poskytoval. Velmi si vážím jeho vstřícnosti při konzultacích, cenných rad a připomínek, kterými přispěl k úspěšnému dokončení této bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Jeníkovský	Jméno Petr	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Diagnostika a servis silničních vozidel“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Diagnostický rozbor vstříkovací soustavy vozidla pro plynne PHM		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	99	TEXTOVÁ ČÁST	70	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Cílem této bakalářské práce je představit dvě nejvyspělejší vstříkovací soustavy plyných paliv, provést rozbor technických parametrů jednotlivých dílů, následně vypracovat diagnostický rozbor možných závad u jednotlivých dílů systému palivové soustavy a ukázat výhody, jednoduchost, bezpečnost, funkčnost a hlavně spolehlivost celé palivové soustavy pro plynne pohonné hmoty</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>LPG, CNG, diagnostika, závada</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Jeníkovský	Name Petr	
FIELD OF STUDY	B2301 "Machining technologies"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Diagnostic analysis of injection systems vehicles for the gaseous fuel		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Desing	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	99	TEXT PART	70	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of this thesis is to introduce the two most advanced gaseous fuel injection systems, to analyze the technical parameters of the individual parts, to draw up the diagnostic analysis of potential defects of the individual parts of the fuel system and to demonstrate the advantages, simplicity, safety, functionality and, most importantly, the reliability of the entire fuel system for gaseous fuels
KEY WORDS	LPG, CNG, diagnostics, defect

Obsah

1. ÚVOD.....	14
1.1 Historie použití PHM [pohonné hmoty] v dopravě	15
1.2 Historie vývoje plynu v Čechách a na Moravě.....	16
2. Specifikace požadavků	19
2.1 Nejpoužívanější paliva pro motorová vozidla	19
2.2 Specifikace paliv	21
Plynná paliva	21
2.3 Zemní plyn CNG a LNG	21
2.3.1 CNG vs LNG	22
2.3.2 Výhody zemního plynu (CNG a LNG)	22
2.3.3 Nevýhody zemního plynu CNG a LNG	22
2.3.4 Těžba a zpracování CNG.....	23
2.4 LNG	23
2.4.1 Vlastnosti LNG.....	23
2.4.2 Výhody LNG	23
2.4.3 Nevýhody LNG	24
2.5 Zkapalněné ropné rafinerské plyny LPG	24
2.5.1 Výhody LPG.....	24
2.5.2 Nevýhody LPG.....	25
2.5.3 Získávání LPG.....	25
3. Palivové systémy	26
3.1 Palivový systém motoru na CNG	26
3.1.1 Podtlakové systémy se směšovačem plynu CNG.....	26
3.1.2 Systémy se vstřikováním plynu do sacího potrubí	28
3.2 Palivový systém motoru LPG	34
4. Rozbor jednotlivých dílů palivové soustavy	35
4.1 Rozbor jednotlivých dílů palivové soustavy pro CNG u vozu Škoda Octavia III. generace.....	35
4.1.1 Plnicí hrdlo CNG	35
4.1.2 Vysokotlaké vedení CNG	36
4.1.3 Nádrže pro palivo CNG	37
4.1.4 Rozbočovač se zpětným ventilem	38

4.1.5	Ventil pro uzavření palivové nádrže.....	39
4.1.6	Regulátor tlaku plynu	46
4.1.7	Vpouštěcí (vstříkovací) plynové ventily.....	51
4.1.8	Snímače	52
4.1.9	Rozmístění palivové soustavy CNG ve Škodě Octavii III. generace	54
4.2	Rozbor jednotlivých dílů palivové soustavy pro LPG u vozu Škoda Octavia II. generace.....	55
4.2.1	Plnicí hrdlo LPG.....	55
4.2.2	Vedení LPG	55
4.2.3	Palivová nádrž pro LPG	56
4.2.4	Multifunkční ventil nádrže na LPG	58
4.2.5	Výparník (regulátor tlaku).....	65
4.2.6	Elektromagneticky ovládaný vysokotlaký ventil LPG N372	71
4.2.7	Filtr LPG.....	72
4.2.8	Rozdělovací lišta plynu se vstříkovacími ventily plynu	73
4.2.9	Vstříkovací ventily plynu N366-N369	74
4.2.10	Snímač rozdělovací lišty plynu G401.....	77
4.2.11	Přepínač druhu paliva E395 a ukazatel zásoby LPG v nádrži G706	77
5.	Technické zhodnocení variant	81
6.	Závěr.....	82
7.	Seznam použitých zdrojů.....	84
7.1	Literární zdroje	84
7.2	Internetové zdroje	84

Seznam obrázků

Obrázek 1: První vozidlo poháněné výbušným motorem [12].....	15
Obrázek 2: Detail výbušného motoru [12].....	15
Obrázek 3: České osobní automobily Wikov 30. léta 20. století [10].....	16
Obrázek 4: Plnicí stanice stlačeného svítiplynu v areálu Pražské obecní plynárny v Michli [10]	16
Obrázek 5: Autobus Praga TO poháněná nestlačeným svítiplynem na lince Michle-Hostivař-Michle. léta 1944-45. + Detail plnění [10].....	17
Obrázek 6: Hierarchie paliv.....	20
Obrázek 7: Palivový systém se směšovačem: 1) Palivová nádrž, 2) Bezpečnostní ventil, 3) Ukazatel stavu plynu, 4) Vysokotlaký ventil s filtrem, 5) Regulátor tlaku plynu, 6) Směšovač. [15].....	27
Obrázek 8: Palivový systém se směšovačem a lambda sondou: 1) Palivová nádrž, 2) Bezpečnostní ventil, 3) Ukazatel stavu plynu, 4) Plnicí hrdlo, 5) Regulátor tlaku plynu, 6) Směšovač, 7) Lambda sonda.....	27
Obrázek 9: a) Vícebodové vstřikování plynu do sacího potrubí, b) Jednobodové vstřikování plynu, c) Vícebodové přímé vstřikování plynu do spalovacího prostředí. 1) Přívod plynu, 2) Přívod vzduchu, 3) Škrtková klapka, 4) Sací potrubí, 5) Vstřikovač, 6) Motor. [23]	28
Obrázek 10: Jednobodové vstřikování SNG s lambda sondou: 1) Palivová nádrž, 2) Bezpečnostní ventil, 3) Ukazatel stavu plynu, 4) Plnicí hrdlo, 5) Regulátor tlaku plynu, 6) Vstřikovač CNG, 7) Lambda sonda, 8) Vstřikovač benzínu.....	29
Obrázek 11: Princip jednobodového vstřikování: 1) Přívod paliva, 2) Vstřikovač paliva, 3) Škrtková klapka, 4) Sací potrubí, 5) Motor. [18].....	29
Obrázek 12: Palivový systém s vícebodovým vstřikováním. [15].....	30
Obrázek 13: Elektronické vícebodové sekvenční vstřikování. [24].....	31
Obrázek 14: Schéma elektronické vícebodové sekvenční vstřikování CNG. [21]	32
Obrázek 15: Princip přímého vstřikování CNG – dieselův motor. [19].....	33
Obrázek 16: Schéma přímého vstřikování plynu CNG. [20]	33
Obrázek 17: Řez plnicím hrdlem[5]	35
Obrázek 18: Umístění plnicího hrdla zemního plynu. [5].....	35
Obrázek 19: Schéma šroubového spoje s dvojicí svěrných kroužků. Povolný–utažený[5]36	
Obrázek 20: Schéma palivové nádrže. [5].....	37
Obrázek 21: Rozbočovač se zpětným ventilem. [5].....	38
Obrázek 22: Umístění rozbočovače. [5].....	39
Obrázek 23: Uzavírací ventil. [5]	40
Obrázek 24: Řez elektromagnetickým ventilem. [5].....	40
Obrázek 25: Elektromagnet pod proudem. [5].....	41

Obrázek 26: Elektromagnet při tankování CNG plynu. [5]	41
Obrázek 27: Mechanický uzavírací ventil. [5]	42
Obrázek 28: Omezovací ventil průtoku. [5]	43
Obrázek 29: Omezovací ventil v otevřené poloze. [5]	44
Obrázek 30: Omezovací ventil v uzavřené poloze. [5]	44
Obrázek 31: Tepelná pojistka. [5]	45
Obrázek 32: Tepelná pojistka v roztaveném stavu. [5]	46
Obrázek 33: Regulátor tlaku plynu – pohled 1. [5]	47
Obrázek 34: Regulátor tlaku plynu – pohled 2. [5]	47
Obrázek 35: První redukční stupeň. [5]	48
Obrázek 36: Tlak plynu za dutým pístem menší než 20 bar. [5]	48
Obrázek 37: Tlak plynu za dutým pístem cca 20 bar. [5]	49
Obrázek 38: Druhý redukční stupeň. [5]	49
Obrázek 39: Připojení prvního a druhého redukčního stupně. [5]	50
Obrázek 40: Redukce tlaku na 5–9 bar. [5]	50
Obrázek 41: Vpouštěcí ventil. [5]	51
Obrázek 42: Rozmístění palivové soustavy CNG - a. [5]	54
Obrázek 43: Rozmístění palivové soustavy CNG - b. [5]	54
Obrázek 44: Umístění plnicího hrdla. [6]	55
Obrázek 45: Zpětný ventil. [6]	55
Obrázek 46: Umístění palivové nádrže LPG. [6]	57
Obrázek 47: Palivová nádrž LPG. [6]	57
Obrázek 48: Multifunkční ventil. [6]	58
Obrázek 49: Umístění multifunkčního ventilu. [6]	59
Obrázek 50: Uzavřený stav ventilu N495. [6]	59
Obrázek 51: Otevřený stav ventilu N495. [6]	59
Obrázek 52: Zastavovací ventil plnění otevřený stav. [6]	60
Obrázek 53: Zastavovací ventil plnění uzavřený stav. [6]	60
Obrázek 54: Přetlakový ventil. [6]	61
Obrázek 55: Umístění bezpečnostního přetlakového ventilu + odvětrávací potrubí. [6]	62
Obrázek 56: Měřící mechanismus snímače ukazatele zásoby LPG. [6]	63
Obrázek 57: Bezkontaktní magnetické spojení. [6]	64
Obrázek 58: Elektronické schéma ukazatele paliva G706. [6]	64
Obrázek 59: Výparník. [6]	66

Obrázek 60: Řez výparníku. [6]	67
Obrázek 61: Systém prvního stupně. [6]	68
Obrázek 62: Systém druhého stupně. [6].....	69
Obrázek 63: Chladicí okruh. [6].....	70
Obrázek 64: Ventil N372 – uzavřený stav. [6].....	71
Obrázek 65: Ventil N372 – otevřený stav. [6]	71
Obrázek 66: Filtr. [6].....	72
Obrázek 67: Rozdělovací lišta se stokovacími ventily. [6]	73
Obrázek 68: Proudová charakteristika PWM	74
Obrázek 69: Vstříkovací ventil - deaktivovaný stav. [6].....	75
Obrázek 70: Vstříkovací ventil – aktivovaný stav. [6].....	76
Obrázek 71: Snímač G401. [6].....	77
Obrázek 72: Ukazatel zásoby LPG – diody. [6].....	78
Obrázek 73: Ukazatel zásoby LPG – analogové řešení. [6].....	78
Obrázek 74: Sdružený přepínač E395. [6]	79
Obrázek 75: Přepínač E395. [6]	79
Obrázek 76: Schéma systému LPG. [6]	80

Seznam tabulek

Tabulka 1: Poruchy zpětného ventilu	35
Tabulka 2: Poruchy vysokotlakého vedení.....	36
Tabulka 3: Poruchy palivové nádrže	38
Tabulka 4: Poruchy rozbočovače se zpětným ventilem	39
Tabulka 5: Poruchy elektromagnetického ventilu	42
Tabulka 6: Poruchy mechanického uzavíracího ventilu.....	43
Tabulka 7: Poruchy omezovacího ventilu	45
Tabulka 8: Poruchy tepelné pojistky	46
Tabulka 9: Poruchy regulátoru tlaku plynu	51
Tabulka 10: Poruchy vpouštěcího ventilu	52
Tabulka 11: Poruchy snímače tlaku G400.....	53
Tabulka 12: Poruchy snímače G401.....	53
Tabulka 13: Poruchy zpětného ventilu	55
Tabulka 14: Rozdělení vedení LPG	56
Tabulka 15: Poruchy vedení LPG	56

Tabulka 16: Poruchy palivové nádrže LPG.....	57
Tabulka 17: Poruchy multifunkčního ventilu.....	59
Tabulka 18: Poruchy ventilu N495.....	60
Tabulka 19: Poruchy ventilu omezení plnění.....	61
Tabulka 20: Poruchy bezpečnostního tlakového ventilu.....	62
Tabulka 21: Poruchy snímače ukazatele zásoby plynu.....	65
Tabulka 22: Technické údaje výparníku.....	65
Tabulka 23: Poruchy výparníku.....	69
Tabulka 24: Poruchy chladícího okruhu kapaliny.....	70
Tabulka 25: Poruchy ventilu N372.....	72
Tabulka 26: Poruchy filtru.....	72
Tabulka 27: Technické údaje vstřikovacího ventilu.....	74
Tabulka 28: Poruchy vstřikovacího ventilu.....	76
Tabulka 29: Poruchy snímače G401.....	77
Tabulka 30: Poruchy ukazatele zásoby G706.....	78
Tabulka 31: Poruchy přepínače E395.....	79

Seznam příloh

Příloha č. 1: Historie plynu v čase

Příloha č. 2: Plnění CNG

Příloha č. 3: Plnění LNG

Příloha č. 4: Plnění LPG

Příloha č. 5: EOBD (Euro-On-Board-Diagnose)

1. ÚVOD

V dnešní době automobilismu se čím dál více dozvídáme o alternativních pohonech pro motorová vozidla. Lidé byli dlouhá léta zvyklí především na dvě konvenční paliva a to na benzín a naftu. Novým alternativním pohonům se brání. Přitom s alternativními pohony technici experimentují už po dlouhá léta.

Především plynná paliva jako je LPG a CNG jsou v poslední době neustále propagována a představována lidem. Člověk v dnešní době, tyto paliva vnímá jako nespolehlivá a hlavně nepřírozená pro pohon motorového vozidla. Plynná paliva jsou brána jako něco nového a to i pro jejich dlouhodobou historii.

Uživatel motorového vozidla může také pohlížet na tato paliva jako na nespolehlivá. Tomuto faktu přispívají problémy, které se vyskytovaly na začátku využívání těchto paliv v nové moderní době. Kvůli krátkému časovému úseku cca 15 let vnímají tyto problémy lidé jako stále čerstvou informaci a proto si dokážou vymyslet více argumentů proti tomuto systému a raději zůstávají u konvenčních paliv.

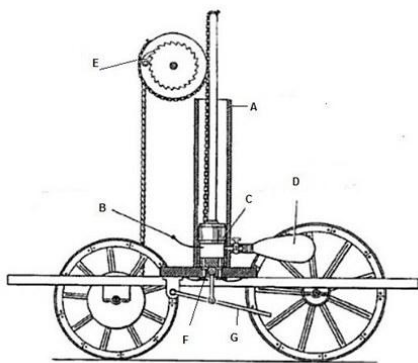
Tato práce se zabývá nejvíce rozšířenými alternativními palivy CNG a LPG. V práci je zmapována celá oblast plynného pohonu CNG a LPG a to od historie a až po nejnovější moderní palivové systémy CNG a LPG.

Cílem této bakalářské práce je představit dvě nejvyspělejší vstřikovací soustavy plynných paliv, provést rozbor technických parametrů jednotlivých dílů, následně vypracovat diagnostický rozbor možných závad u jednotlivých dílů systému palivové soustavy a ukázat výhody, jednoduchost, bezpečnost, funkčnost a hlavně spolehlivost celé palivové soustavy pro plynné pohonné hmoty.

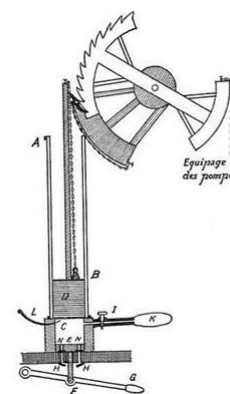
1.1 Historie použití PHM [pohonné hmoty] v dopravě

V průběhu doby jako pohonný plyn sloužila celá řada hořlavých plynů. Plyny, které se v dávných dobách nejvíce využívaly, byly především svítiplyn a zemní plyn. Dále se také využívaly i jiné plyny. Například důlní plyn (metan), dřevoplyn, kalový plyn, generátor plyn, vysokopecní plyn a acetylén.

“První vozidla byla poháněna plynem, nikoli benzínem či naftou. Vynález výbušného plynového motoru je spojen především se jmény Rivaz a Lenoir. Švýcarský vojenský vysloužilce Issac de Rivaz získal r. 1807 patent na vozidlo poháněné výbušným motorem. Vůz dokonce postavil a veřejně zkoušel. Jeho motor měl válec, v němž elektricky zapaloval směs **svítiplynu** a vzduchu. Píst, který byl výbuchem vytlačen vzhůru, byl pak svojí vahou a atmosférickým tlakem vzduchu tlačěn dolů, přičemž ozubeným hřbetem poháněl soukolí, do něž se pohyb přenášel na kola vozu.“ [10]



Obrázek 1: První vozidlo poháněné výbušným motorem [12]



Obrázek 2: Detail výbušného motoru [12]

„Opravdového úspěchu ale dosáhl až Francouz belgického původu Jean Joseph Etienne Lenoir, kterého lze považovat za vlastního tvůrce výbušných motorů, neboť je přivedl k takovému stavu dokonalosti, že je bylo možno opravdu prakticky využít. Dne 10. 11. 1859 získal patent na motor poháněný svítiplymem a v r. 1860 začal již stavět vůz s plynovým motorem. Plyn byl stlačený v nádržce umístěné ve vozidle. V roce 1863 vykonal Lenoir s tímto vozidlem první jízdu z Paříže do jejího předměstí Joinville le Pont a zpět rychlostí 6 km/hod. Celá trať měřila 18 km.“ [10]

„Plynový motor si začal razit úspěšnou cestu světem a byl zdokonalován dalšími a dalšími vynálezci, ať již to bylo v sousedním, technicky rychle vyspívajícím Německu (Daimler, Benz, Otto, Langer, Mylbach), či v Americe (Errani, Andres a Brayton), Belgii (Germain), Rakousku (Hock) nebo v dalších zemích.“ [10]

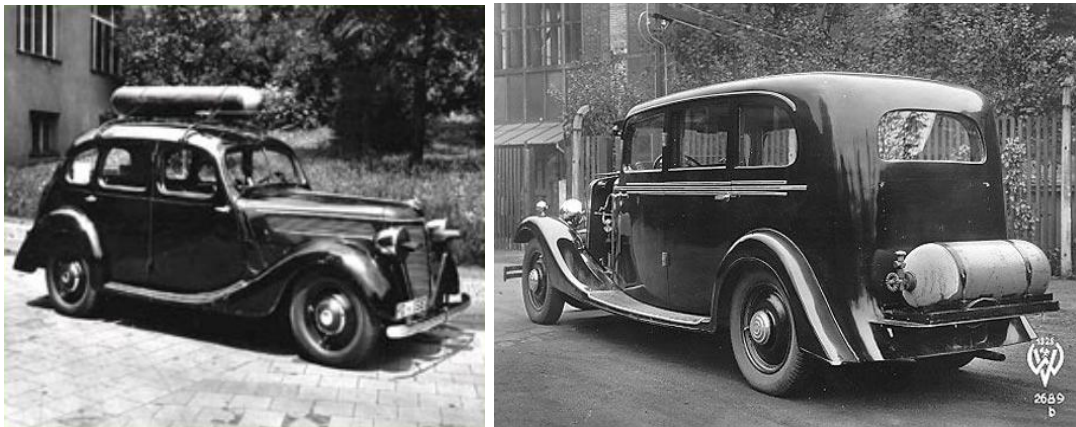
“V současné době je pro pohon automobilů nejvíce využíván propan butan, zemní plyn (především stlačený, v menší míře zkapalněný) a bioplyn.]

[Budoucnost hledí k použití vodíku ať již ve formě stlačeného nebo zkapalněného plynu, případně zdroje pro výrobu elektřiny v palivových článcích.“ [10]

1.2 Historie vývoje plynu v Čechách a na Moravě

1895 se v českých zemích představil nový dopravní prostředek spalující benzínové palivo.

1936 se začalo využívat stlačeného svítiplynu ve spalovacích motorech, v první řadě k pohonu automobilů, autobusů a traktorů.



Obrázek 3: České osobní automobily Wikov 30. léta 20. století [10]

Kompresní tankovací stanice jako první začali vyrábět Vítkovické železářny. Železárenské nákladní vozy jezdily na svítiplyn.

1937 Výstavba kompresní stanice v Hradci Králové. Důvod výstavby byla dohoda městské plynárny s dopravním podnikem.

Postupem času se plynofikace rozšířila do dalších měst jako je Praha, Olomouc, Krnov a Mladá Boleslav. V Praze v plynárně v Michli byla postavena kompresní stanice na plnění láhví stlačeným svítiplynem.



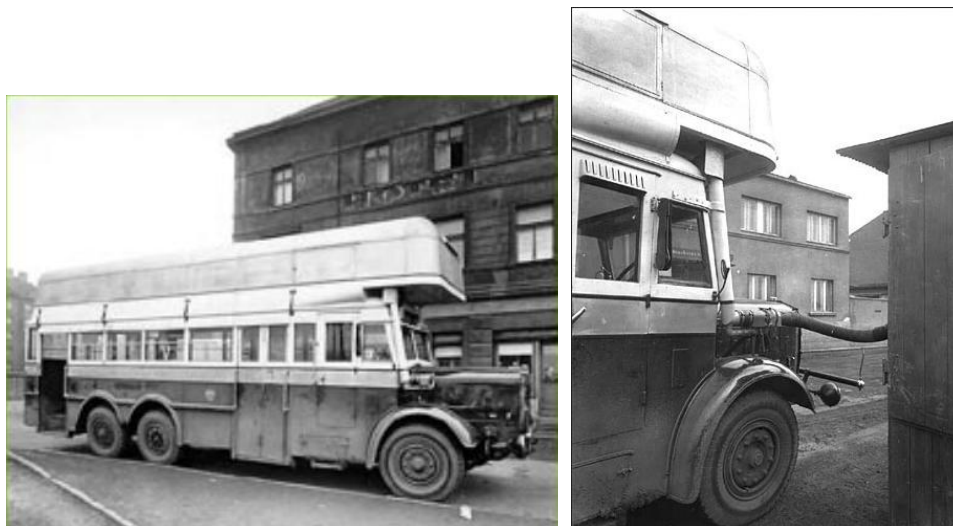
Obrázek 4: Plnicí stanice stlačeného svítiplynu v areálu Pražské obecní plynárny v Michli [10]

1942 pro nedostatek benzínu za druhé světové války byl navýšen počet kompresních stanic v Praze. Byla postavena tankovací stanice před Masarykovým nádražím a na ostrově Štvanice.

V letech druhé světové války pro nedostatek pohonných hmot, jezdily dopravní prostředky též jako ve světě i na dřevoplyn.

1941 a 1943 byly dodány dvě série motorových vozů v provedení na dřevoplyn. Typické pro vozidla spalující dřevoplyn, byly zásoby bukových špalíků uložené v pytlich na střechách vozů.

1944 Zahájení prvního plynového autobusu na nestlačený svítiplyn na lince Michle-Hostivař-Michle. Takto vybavené autobusy, byly vhodné pouze pro kyvadlovou dopravu v blízkosti plynovodní sítě.



Obrázek 5: Autobus Praga TO poháněná nestlačeným svítiplynem na lince Michle-Hostivař-Michle. léta 1944-45. + Detail plnění [10]

Po válce, stejně tak jako v celé Evropě, plyn ustupuje a vracejí se klasické kapalné pohonné hmoty.

1981 První přestavba vozidla na zemní plyn v Československé republice, v té době se zemní plyn začal znovu prosazovat.

1985 Vypracována komplexní studie řešící náhradu kapalných pohonných hmot zemním plynem. Studie plánovala výstavbu několika desítek plynových stanic a několik tisíc vozů poháněných zemním plynem, v první řadě se jednalo o nákladní automobily a autobusy. Studie počítala s cílovým rokem 1995.

1989 Uvedena do provozu plnicí stanice stlačeného zemního plynu v plynárně Měcholupy. Stanice byla určena především pro autobusy v Praze.

1991 V Praze byl zahájen provoz prvních pěti autobusů na CNG. Následné rozšiřování plynofikace do dalších měst Havířov, Frýdek Místek, Uherské Hradiště, Prostějov. Bohužel nové autobusy na CNG český výrobce autobusů nenabízel a konkurenční zahraniční autobus na CNG byl až 37x dražší než český autobus, který byl přestavěn na CNG. Proto se zde autobusy na CNG přestavovali z naftových autobusů, i za cenu neefektivnosti a finanční náročnosti. Též osobní a nákladní automobily byly individuálně přestavovány. Neexistoval ani sériově vyráběný automobil na plyn. Hromadné přestavby vozidel, nebyly rovněž schváleny – homologace a individuální přestavby se v praxi neosvědčily. Proto se tak dobře rozbíhající program plynofikace zpomalil, až skoro zastavil.

Počátkem 90. Byla Česká republika v plynofikaci dopravy umístěna na předním místě ve světě. Bohužel jak už to s námi tak bývá, tak se díky ustrnutí dostaly a dostávají před ČR další evropské země.

1999 Od tohoto roku se stav v České republice začal výrazně měnit. Byla schválena hromadná přestavba osobních automobilů na plyn. Homologace získala celá řada automobilů vyráběných ve Škodě Mladá Boleslav. Škoda Liaz dokončila vývoj plynového motoru, který byl montován do autobusů. Motor splňuje emisní limit EURO 2 podle platného testu EHK. Motor disponoval výkony 175 kW a 210 kW.

2009 První sériově vyráběná Škoda Octavia II. generace spalující LPG. Motor 1.6 MPi, výkon 75 kW, emise 169 g/km (benzín), 72 kW, emise 149 g/km (LPG). Vozidlo mělo plnohodnotnou nádrž na benzín, plus plynovou nádrž umístěnou místo rezervního kola.

2012 Představené Škoda Citigo CNG na autosalonu v Paříži.

2014 První Škoda Octavie spalující CNG.

2. Specifikace požadavků

Diagnostický rozbor: Rozpoznání vady a metody jak vadu rozpoznat

Vstřikovací soustava: Je součástí palivového systému. Toto zařízení odměřuje přesnou dávku paliva a vstřikuje ji pod vysokým tlakem do válců spalovacího motoru

Vozidlo: Jedná se o dopravní prostředek

Plynné a kapalné PHM: Paliva v plynné a kapalné podobě

Palivo: Zdroj energie pro motorová vozidla

Vstřikovací soustava je nejdůležitější a nejsložitější částí palivové soustavy spalovacího motoru. Pro zabývání se vlastní diagnostikou vstřikovací soustavy, musí být nejprve popsán celý palivový systém a paliva, která se pomocí vstřikovací soustavy dopravují do spalovacího motoru.

2.1 Nejpoužívanější paliva pro motorová vozidla

V dnešní době jsou nejrozšířenější paliva pro motorová vozidla, benzín, nafta, bionafta, Etanol E85, LPG a CNG.

Za alternativní paliva, jako náhradu automobilového benzínu a motorové nafty, zejména jsou:

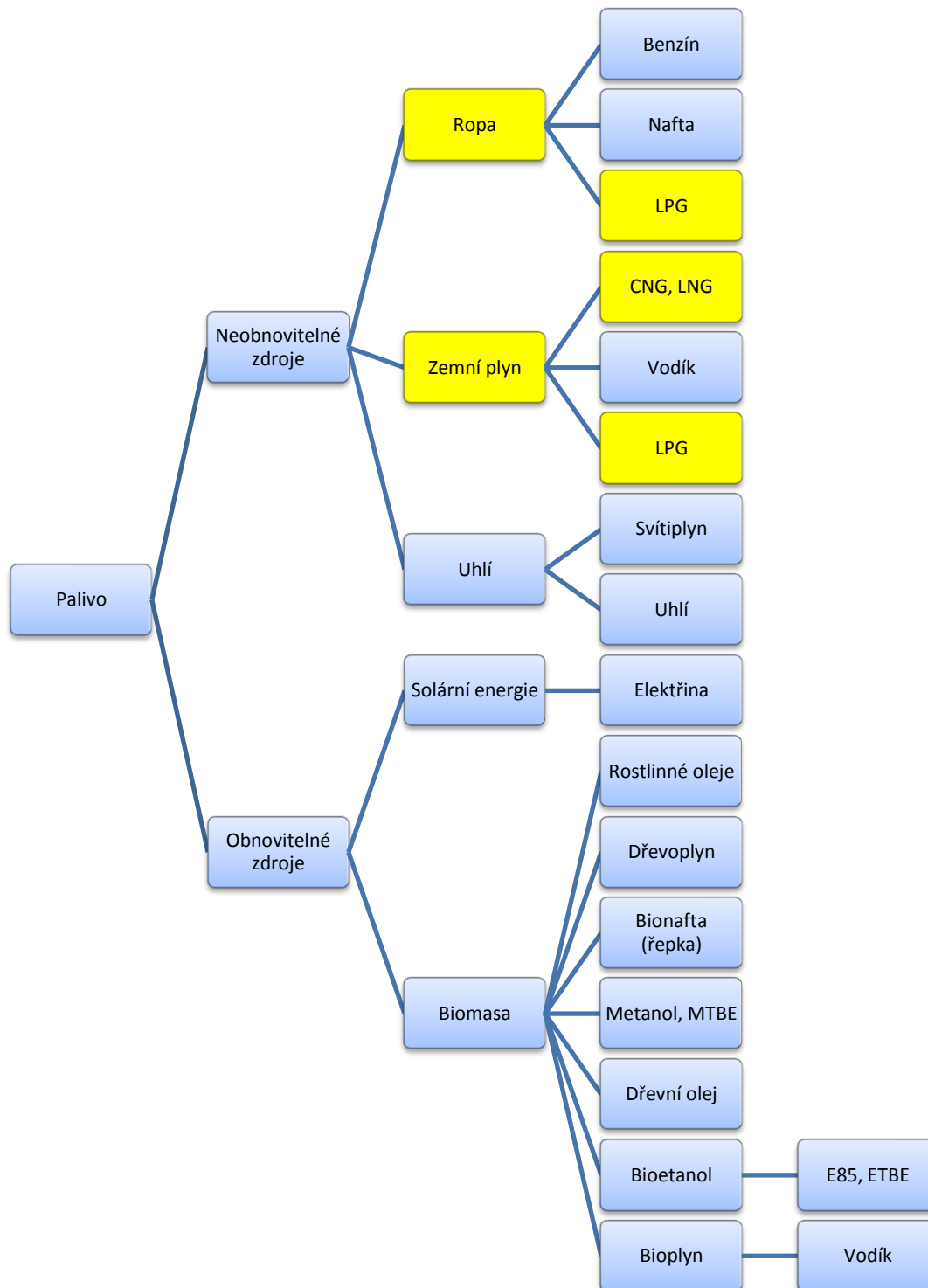
- Zkapalněné ropné rafinerské plyny LPG (Liquified Petroleum Gas)
- Stlačený zemní plyn CNG (Compressed Natural Gas)
- Zkapalněný zemní plyn LNG (Liquefied Natural Gas)
- Bioplyn
- Bionafta a paliva na základě metylesteru řepkového oleje
- Paliva s využitím alkoholů (etanol a metanol)
- Vodík
- Elektrický proud

Automobil je jedním z nejvýznamnějších vynálezů v dějinách lidstva. Díky docházející ropě a věčným problémům se znečištěním životního prostředí, začali lidé před třiceti lety hledat alternativní zdroje energie. Musí to být energie, která bude šetrnější k životnímu prostředí a zařídí, že doprava z planety v budoucnu nevymizí. Pro automobilový průmysl můžeme použít hned několik druhů alternativních pohonů. Jedny z nejdůležitějších jsou pohony plynové, elektrické, hybridní a vodíkové. Ve vývoji jsou také pohony sluneční a vzduchové. U těchto pohonů se musí ještě vyřešit výkon, trvanlivost, dojezd a náklady, než se budou moc prosadit.

V dnešní době spalovat ropu je značný luxus. Může se stát, že ropa bude jednoho dne chybět chemickému průmyslu, který je na ní závislý. Vznětové motory můžou dnes spalovat chemicky připravené palivo například z řepky olejné, u čerpacích stanic se vyskytují pod názvem bionafta. Bionafta má proti klasické naftě lepší emise při hoření.

Bionafta řeší problém jen částečně, přece nemůže být monokultura pěstována na obrovských plochách.

Vodorovná hierarchie:



Obrázek 6: Hierarchie paliv

Práce bude zaměřena pouze na plynná paliva.

2.2 Specifikace paliv

Plynná paliva

“Plynná paliva spalují především konvenční zážehové motory používající trojčinný katalyzátor s lambda regulací. S výjimkou zařízení pro zplynování zkapalněného zemního plynu a absence zařízení pro studený běh motoru přejímají jinak veškerá moderní zařízení běžného motoru zážehového. Vedle toho existují u nákladních vozidel také speciální dvojpalcové motory, kde směs plynu a vzduchu není zapalována elektrickou jiskrou zapalovací svíčky, ale určitým množstvím vstříknuté motorové nafty, která se vznítí kompresním teplem. Tyto motory mohou běžet na plyn i na 100% motorovou naftu. Obvykle se podíl motorové nafty pohybuje od 30% do 50% „ [1, str. 14]

2.3 Zemní plyn CNG a LNG

Jedná se o stejné palivo a to o stlačený zemní plyn, který je tvořen metanem, asi 85% s proměnou příměsí uhlovodíků 5% a inertních plynů 10% (N₂, CO₂...) Plyn je bezbarvý, nejedovatý, hořlavý, výbušný, bez chuti a zápachu. CNG je fosilní palivo a nejedná se tak o obnovitelný zdroj, ale jeho zásoby jsou daleko větší než u ropy cca 150 let s možnostmi výskytu dalších nalezišť. V přírodě se vyskytuje například i jako bahenní či důlní plyn. Zemní plyn může být používán jak v benzínových tak i v naftových motorech a to bez toho, aby se museli nějak upravovat.

Typy zemního plynu:

Podle obsahu metanu se dělí zemní plyn na H (high) plyn a na L (low) plyn. Čím vyšší obsah metanu je v zemním plynu, tím je zemní plyn energeticky hodnotnější.

- H plyn obsahuje 87,1–98,0 % metanu a má vyšší výhřevnost
- L plyn obsahuje 79,8–87,0 % metanu a má nižší výhřevnost

Oktanové číslo zemního plynu:

Oktanové číslo udává kvalitu paliv pro zážehové motory. Čím vyšší má palivo oktanové číslo, tím vyšší je jeho odolnost proti samozápalům při kompresi ve válci. Samozápal „klepání“ je nežádoucí vliv u zážehových motorů. K samozápalům může docházet za zvýšené teploty při kompresi směsi vzduchu s palivem ve válci motoru. Oktanové číslo zemního plynu se pohybuje až okolo hodnoty 130 oktanů. Benzínová paliva mají podle kvality oktanová čísla 91, 95, 98 a 100. Motor poháněný zemním plynem je daleko odolnější proti samozápalům, než motor poháněný benzínovým palivem.

2.3.1 CNG vs LNG

Rozdíl je pouze v uložení paliva v nádržích. CNG (Compressed Natural Gas) stlačený zemní plyn, v zásobníku paliva bývá stlačen na tlak až 200 bar. LNG (Liquefied Natural Gas) zkapalněný zemní plyn, ke zkapalnění je zapotřebí teplota -162°C , díky zkapalnění se původní objem zmenší zhruba šestkrát, díky tomu se vejde do nádrže více, ale musí být použita speciální kryogenní nádrž.

2.3.2 Výhody zemního plynu (CNG a LNG)

Ekologická výhoda spočívá v chemickém složení zemního plynu. Plyn je složen z nejjednoduššího uhlovodíku – metanu. Motory spalující zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin (oxid dusíku, oxid uhelnatý, uhličitý, pevné částice, polyaromatické uhlovodíky, aldehydy, aromáty včetně benzenů) než motory spalující klasická paliva. Také mají daleko menší vliv na skleníkový efekt, ve srovnání s benzínem či naftou.

Zemní plyn je výhodnější i z pohledu stránky ekonomické, náklady na palivo jsou 2x až 3x nižší.

Provozní výhody: Díky lepšímu směřování zemního plynu se vzduchem je palivová směs rovnoměrná a tudíž může pracovat s větším součinitelem přebytku vzduchu. Pokud je vozidlo vybaveno dvojitým palivovým systémem (např. CNG, benzín). Má větší dojezdový výkon. Motor není zanášen karbonovými úsadami, z toho plyne vyšší životnost motoru a motorového oleje.

Bezpečnost: Zemní plyn je lehčí než LPG, benzín či nafta. Jeho zápalná teplota oproti benzínu je dvojnásobná. Tlakové nádrže, které jsou vyrobené z oceli, hliníku nebo kompozitu jsou o dost bezpečnější, než benzínové nádrže, které jsou převážně vyrobené z plastu.

Jednoduchost distribuce plynu k uživateli. Pro přepravu zemního plynu slouží již léta vybudované plynovody, díky tomuto systému se nemusí plyn dopravovat cisternami jako benzín nebo nafta. Vzhledem k jeho větším zásobám má zemní plyn větší perspektivu oproti produktům z ropy.

2.3.3 Nevýhody zemního plynu CNG a LNG

Jednou z největších nevýhod je nedostatečná infrastruktura, i když v poslední době se dá říct, že síť plnicích stanic je čím dál tím větší.

Vyšší pořizovací náklady na vozidlo. Není divu, když s jedním vozidlem jsou získány dva různé pohony.

Zhoršení komfortu v důsledku zmenšení zavazadlového prostoru. Z důvodu umístění plynových nádrží pod dnem kufru.

2.3.4 Těžba a zpracování CNG

Zemní plyn i ropa se při těžbě základně upraví. Základní úprava spočívá v tom, že se obě suroviny zbavují vlhkosti a pevných částic (písku atd.). Takto upravený zemní plyn je již připraven k odběratelům, plyn se nijak dále neupravuje. Kdežto aby se získali z ropy pohonné hmoty, následuje další zpracování v rafinériích. Distribuce kapalných paliv se z rafinérií rozváží pomocí cisteren, kdežto zemní plyn je do místa odběru dopravován pomocí potrubního systému.

Výhodou při nehodě, dopravní nehodě nebo jen při doplňování paliva je, že zemní plyn je lehčí než vzduch, takže v případě úniku paliva z nádrží nedojde ke znečištění půdy nebo podlahy (např. čerpací stanice) jako u kapalných paliv anebo k nahromadění plynu v přízemní vrstvě jako je to u LPG.

2.4 LNG

(Liquefied Natural Gas) zkapalněný zemní plyn. Na celém světě používá tuto technologii zhruba několik tisíc vozidel, nejvíce v USA. V blízkých letech se očekává nárůst v Asii (Čína, Korea) a v Evropě (Německo, Anglie, Španělsko).

2.4.1 Vlastnosti LNG

LNG je zkapalněný zemní plyn skládající se z 90-100% metanu, ve kterém můžou být nalezeny zbytky etanu, propanu, vyšších uhlovodíků, dusíku. Plyn je zchlazen na $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ při atmosférickém tlaku. Zkapalněný zemní plyn je namodralá, studená, průzračná kapalina bez zápachu, nekorozivní, netoxická s malou viskozitou.

LNG zabírá cca 600 x menší objem než CNG

Hustota LNG je $0,4 - 0,42\text{ kg/m}^3$

Výhřevnost 1kg LNG je 54,8 MJ, 1 litr LNG 22,2 MJ.

Zápalná teplota LNG $540\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.4.2 Výhody LNG

Větší dojezdový rádius oproti CNG

LNG má srovnatelný dojezd s klasickými pohonnými hmotami

Srovnání s klasickými PHM:

- 1,5 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru benzínu

- 1,7 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru nafty

Vysoce čisté palivo = minimum škodlivých emisí při spalování

Vysoká hustota energie, která je srovnatelná s ropnými látkami

Bezpečnější provoz, díky vyšší zápalné teplotě oproti benzínu

Větší úložný prostor ve voze díky menším nádržím oproti CNG

2.4.3 Nevýhody LNG

Nízké teploty paliva

Odpar z nádrže při delší odstávce vozidla

S porovnáním CNG složitější a nákladnější technologie

Jiná technologie plnění vozidel a s tím spojená nová rizika při tankování

2.5 Zkapalněné ropné rafinerské plyny LPG

LPG plyn je směs uhlovodíků, který je složen převážně ze směsi propanu a butanu. Dále se do LPG přimíchává zápachová přísada. Příklad slouží jako bezpečnostní opatření, při úniku paliva, protože čisté LPG je bezbarvé a bez zápachu. Směs propanu a butanu a tedy LPG není jedovatá, ale je nedýchatelná (má slabé narkotizační účinky a neobsahuje kyslík). Mísicí poměr propanu a butanu závisí na ročním období, v létě 50:50 (propan:butan), v zimě 85:15. Odchyly mísicího poměru mohou nastat v závislosti na dodávkách plynu. Propan je lehčí a zkapalňuje se při nižších teplotách oproti butanu. Butan obsahuje vyšší podíl energie na jednotku objemu. Z tohoto faktu vychází v zimě poněkud vyšší spotřeba zkapalněného plynu než v období léta. LPG v plynné podobě je těžší než vzduch, v kapalně formě je lehčí než voda. LPG stejně jako CNG je fosilní palivo a nejedná se tak o obnovitelný zdroj. Někdo by mohl říct, že LPG = propan/butan. Není to zcela pravda, na palivo LPG jsou daleko vyšší nároky na čistotu paliva, přesný poměr a celkovou kvalitu paliva, aby došlo k bezproblémovému chodu celé palivové soustavy, spalování a co nejvyšší čistotě vyprodukovaných emisí.

2.5.1 Výhody LPG

Z ekologického hlediska přispívá ke snížení zátěže ovzduší výfukovými emisemi. Proti benzínovému motoru se snížení pohybuje okolo 15%. U studeného motoru je hodnota snížení až 40% oproti benzínu. Proti naftovému motoru mají motory spalující LPG 10x nižší emise škodlivých částic.

LPG je výhodnější i z pohledu stránky ekonomické, náklady na palivo jsou 2x až 3x nižší.

Provozní výhody:

Snížení nákladů na PHM. Vysoký jízdní dosah vozidla pokud je vozidlo vybaveno dvoupalcovým systémem (např. LPG, benzín). Stabilní motor díky vysoké výhřevnosti a vysoké antidetonační účinnosti LPG se dosahuje lepší homogenity směsi. LPG také obsahuje méně elementární síry, proto motor není tolik zanášen karbonovými úsadami, z toho plyne vyšší životnost motoru a motorového oleje.

Bezpečnost:

Zápalná teplota LPG je oproti benzínu daleko vyšší. Při úniku paliva se LPG rychle vypaří a je netoxické, tudíž nezneškodní okolní okolí jako v případě nafty nebo benzínu. Tlaková nádrž vyrobená z oceli je o dost bezpečnější, než benzínové nádrže, které jsou převážně vyrobené z plastu.

2.5.2 Nevýhody LPG

Vyšší pořizovací náklady na vozidlo, není divu, když s jedním vozidlem jsou získány dva různé pohony. Zhoršení komfortu v důsledku zmenšení zavazadlového prostoru, pokud je systém dodatečně namontován a palivová nádrž je uložena v kufru vozidla (výhoda je zachování rezervního kola). Pokud je palivová nádrž umístěna místo rezervního kola, kufr zůstává zachován, ale při defektu se můžeme spolehnout pouze na lepící sadu. Zvětšení celkové hmotnosti vozidla až o 80 kg. Zákaz vjezdu do podzemních garáží. Pravidelné kontrolní prohlídky. Nemožnost parkování v některých podzemních garážích.

2.5.3 Získávání LPG

Propan-butan vzniká jako odpadní produkt při čerpání zemního plynu a surové ropy, nebo jako vedlejší produkt při zpracování ropy v rafinériích. Za pomoci malého přetlaku 6-10 bar jsou plyny zkapalněny a uloženy v tlakových nádržích. Díky zkapalnění může být skladováno velké množství energie v minimálním prostoru. Z asi 250 litrů propanu-butanu v plynném stavu po zkapalnění získáme 1 litr kapalného plynu.

3. Palivové systémy

3.1 Palivový systém motoru na CNG

Hlavním úkolem palivového systému je dopravit palivo z palivové nádrže do spalovacího prostoru motoru a provést jeho optimální promísení se vzduchem ve všech provozních režimech.

Palivové systémy lze rozdělit podle způsobů dopravy paliva do spalovacího prostoru:

- Podtlakové systémy se směšovačem plynu
- Systémy se vstřikováním plynu do sacího potrubí
- Systémy s přímým vstřikem paliva

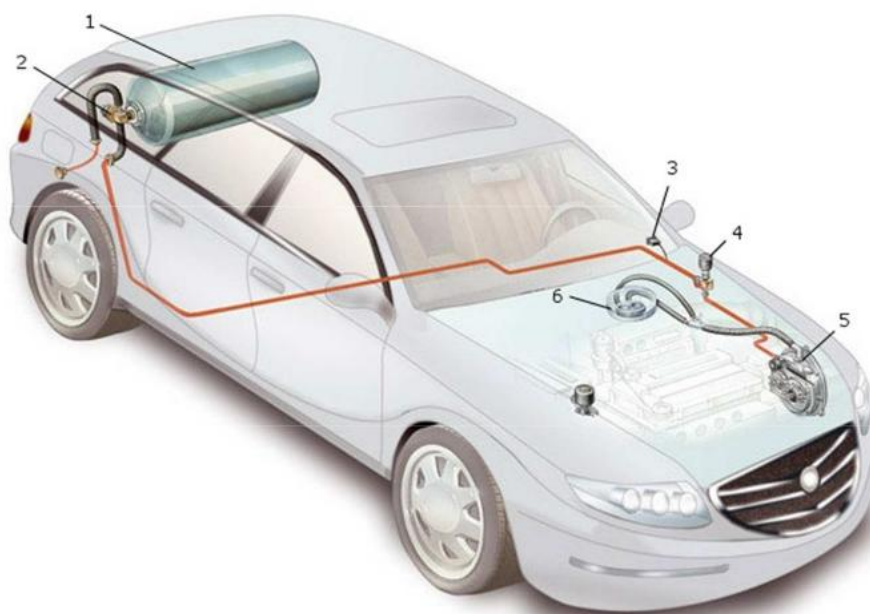
3.1.1 Podtlakové systémy se směšovačem plynu CNG

3.1.1.1 Systém CNG s centrálním směšovačem – karburátor

Tento systém vstřikování může být označen, za nejstarší. Jeho konstrukce a systém regulace vstřiku je ze všech systémů nejjednodušší, bohužel jeho jednoduchost přináší jistá omezení pro optimální nastavení v rozmezí provozních režimů. V dnešní době se používá velice málo, jelikož byl určen pro vozidla s mechanickým karburátorem. Systém využívá centrální směšovač, množství plynu je regulováno podtlakovou hadičkou zapojenou na jedné straně do sacího potrubí a na druhé straně do reduktoru tlaku. Volba paliva je manuální a většinou má tři polohy, jízda pouze na benzín, jízda pouze na plyn a poloha pouze na vyjetí benzínu z karburátoru. Seřízení tohoto systému se provádí ručně, kde se nastaví emisní hodnoty na maximální pomocí emisního přístroje. Hlavním nebezpečím tohoto systému je tzv. „zpětný zášleh“. Difuzor je umístěn před škrticí klapkou, kde dochází ke smíšení plynu se vzduchem, to znamená, že celé potrubí je naplněno výbušnou směsí v ideálním poměru. Pokud se stane při chodu motoru nějaká nestandardní situace (příliš chudá směs při akceleraci apod.), nebo dojde k chybě zapalování, velmi snadno se stane, že směs ve válci ještě dohořívá, ale už se začíná otevírat savý ventil, nebo se může stát, že náhodně přeskočí jiskra na zapalovací svíčke při již otevřeném sacím ventilu. V tu chvíli se vyvolá výbuch směsi v celém sacím potrubí. Jelikož je sací potrubí uzavřené škrticí klapkou, která je částečně pootevřená, dojde k vysokému tlakovému rázu v sacím potrubí. Pokud je potrubí odlito z hliníku, nehrozí jeho roztržení, z pravidla bývá jen poškozen vzduchový filtr. Samozřejmě podle typu řízení motoru, mohou být porušeno i další elektronické součástky, které jsou namontovány v sacím potrubí např. váha vzduchu. Pokud je motor osazen sacím potrubím, vyrobeného z plastu, zpravidla dochází k jeho roztržení. Většinou nepomohou ani protizášlehové klapky, které jsou osazeny na sací potrubí, aby fungovaly jako přetlakové ventily. Pokud dojde k takovému poškození, je auto okamžitě nepojízdné. Ani přepnutí na benzín nepomůže, jelikož auto s děravým sacím potrubím na straně za škrticí klapkou je nepojízdné.

Výhody: Nízká cena směšovače, Snadná instalace, nenáročná údržba

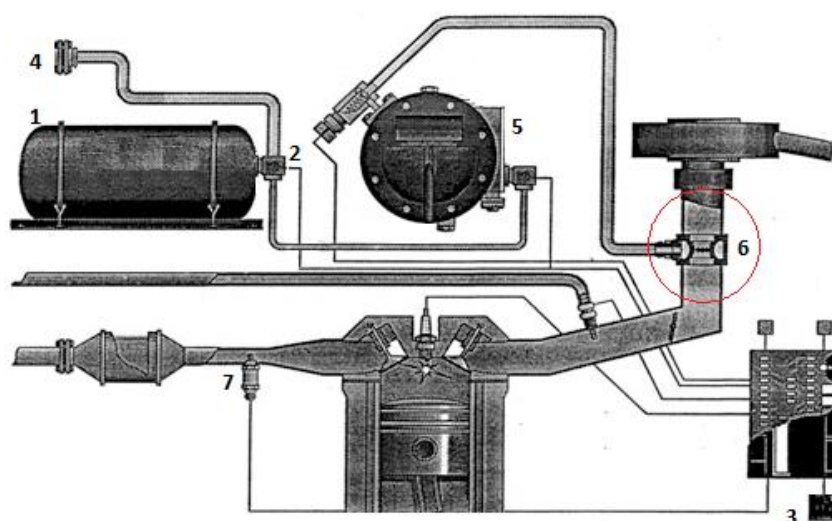
Nevýhody: Cca 10% vyšší spotřeba CNG oproti benzínu, regulace spočívá v základním nastavení, nebezpečí zpětného zášlehu



Obrázek 7: Palivový systém se směšovačem: 1) Palivová nádrž, 2) Bezpečnostní ventil, 3) Ukazatel stavu plynu, 4) Vysokotlaký ventil s filtrem, 5) Regulátor tlaku plynu, 6) Směšovač. [15]

3.1.1.2 Systém CNG s centrálním směšovačem řízený lambda sondou

Tento systém se používá u vozidel s řízeným karburátorem, jednobodovým či vícebodovým vstřikováním. Tento systém pracuje na podobném principu jako systém pro klasický mechanický karburátor, jen s rozdílem, že dávkování paliva je řízeno pomocí lambda sondy. Díky tomu je docíleno lepších hodnot výkonu a spotřeby plynu oproti jednoduššímu systému s centrálním směšovačem plynu, při čemž navíc splňuje přísnější emisní normy. Nevýhody tohoto systému jsou obdobné jako u předcházejícího systému.



Obrázek 8: Palivový systém se směšovačem a lambda sondou: 1) Palivová nádrž, 2) Bezpečnostní ventil, 3) Ukazatel stavu plynu, 4) Plnicí hrdlo, 5) Regulátor tlaku plynu, 6) Směšovač, 7) Lambda sonda.

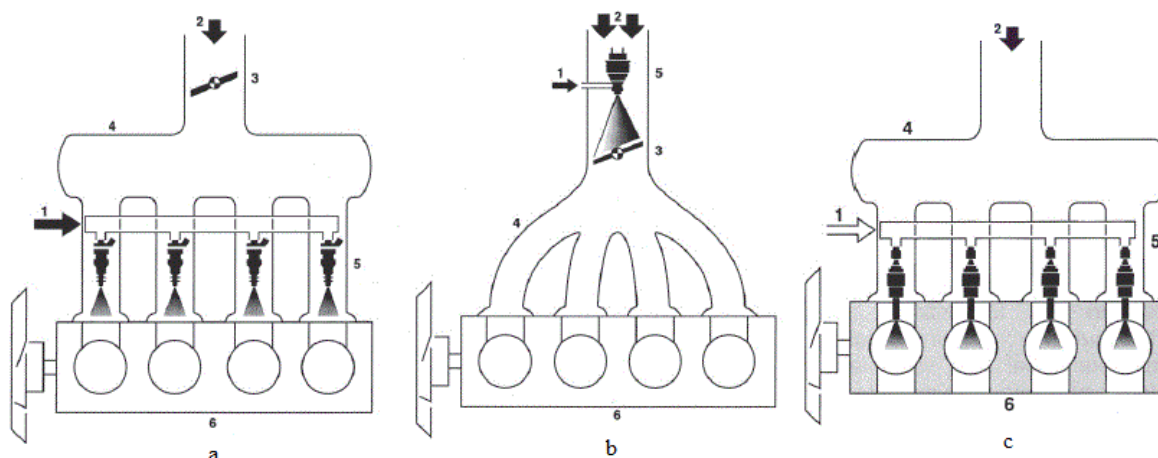
3.1.2 Systémy se vstřikováním plynu do sacího potrubí

Tento systém inženýři vyvinuli, aby bylo možné dosáhnout lepšího složení směsi ve všech provozních režimech. Jak bylo uvedeno výše, systém se směšovačem má v tomto směru značné nedostatky.

Z pohledu termodynamické účinnosti by bylo nejlepší vstřikovat kapalným plyn, který by expandoval až v sacím potrubí, ale z technologických důvodů takovýto systém nebyl ještě uskutečněn.

V dnešní době jsou montovány do vozidel tyto systémy:

- Jednobodové vstřikování plynu do sacího potrubí
- Vícebodové vstřikování plynu do sacího potrubí



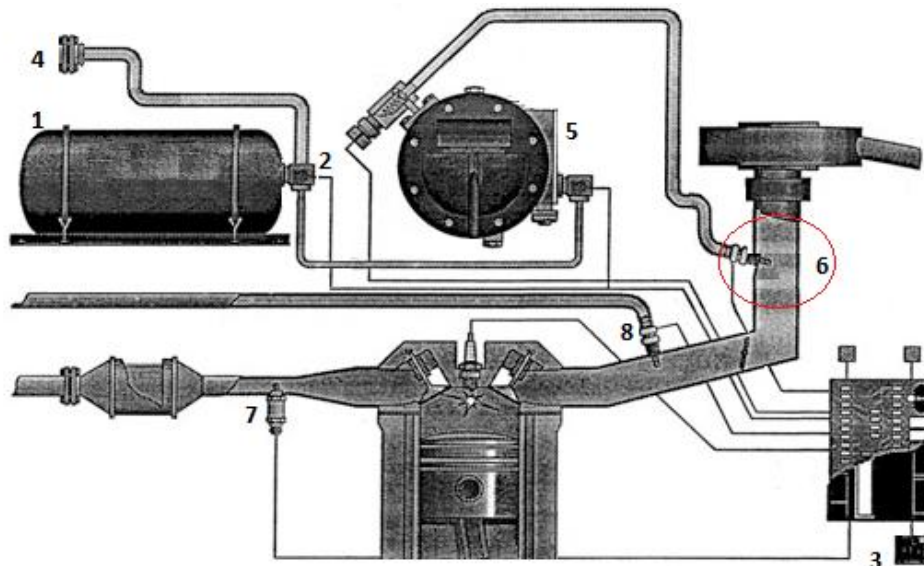
Obrázek 9: a) Vícebodové vstřikování plynu do sacího potrubí, b) Jednobodové vstřikování plynu, c) Vícebodové přímé vstřikování plynu do spalovacího prostředí. 1) Přívod plynu, 2) Přívod vzduchu, 3) Škrtková klapka, 4) Sací potrubí, 5) Vstřikovač, 6) Motor. [23]

3.1.2.1 Jednobodové vstřikování paliva do sacího potrubí

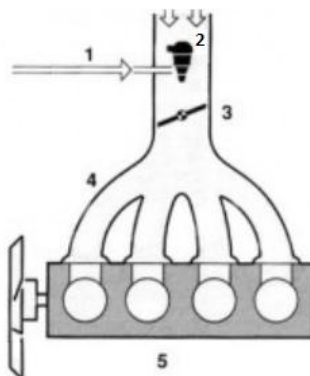
Myšlenka, jednobodového vstřiku CNG je podobná jako u jednobodového vstřikování benzínu. Je zde použit jeden centrální vstřikovač pro všechny válce. Tento systém je na rozdíl od směšovače řízen elektronicky pomocí řídicí jednotky. Řídicí jednotka na základě údajů z lambdy sondy se stará o správné dávkování paliva. Palivo je dávkováno tak, aby bohatost směsi odpovídala hodnotě $\lambda=1$ za všech provozních podmínek. Regulátor tlaku se v tomto případě stará jen o zajištění konstantního tlaku před vstřikovacími ventily. Množství dodávaného plynu je regulováno dobou otevření vstřikovacího ventilu. Dobu otevření vstřikovacího ventilu určuje řídicí jednotka na základě údajů z lambdy sondy.

Jednobodové vstřikování je lepší z důvodu kvalitnějšího řízení složení směsi a to oproti klasickému směšovači, která vzniká v sacím potrubí. Díky elektronickému řízení dosahuje lepšího plnění emisních norem a menší spotřeby plynu. Tento systém je ale stále konstrukčně jednoduchý a s tím jsou také spojeny jeho nevýhody. Mezi nevýhody patří nerovnoměrné rozdělení směsi mezi jednotlivé válce motoru, protože vstřik paliva je umístěn na začátku sacího potrubí před škrtkovou klapkou.

S tímto řešením přichází nebezpečí jako u směšovače a to je riziko zpětného zášlehu, kdy se vznítí směs v sacím potrubí, které jej může zničit, proto se i zde montuje „protizášlehová“ klapka. Má-li motor více válců anebo větší objemy, je zde problematika dostupnosti vhodného vstřikovače.



Obrázek 10: Jednobodové vstřikování SNG s lambda sondou: 1) Palivová nádrž, 2) Bezpečnostní ventil, 3) Ukazatel stavu plynu, 4) Plnicí hrdlo, 5) Regulátor tlaku plynu, 6) Vstřikovač CNG, 7) Lambda sonda, 8) Vstřikovač benzínu.



Obrázek 11: Princip jednobodového vstřikování: 1) Přívod paliva, 2) Vstřikovač paliva, 3) Škrticí klapka, 4) Sací potrubí, 5) Motor. [18]

3.1.2.2 Vícebodové vstřikování paliva do sacího potrubí

Další vývojem zlepšování vstřikování systému CNG, se postupně přešlo, tak jako u benzínu z jednobodového vstřikování na vícebodové vstřikování. Vícebodové vstřikování má za cíl dávkovat plyn pro každý válec zvlášť tak, aby směs měla pro každý válec optimální složení. Skoro celý palivový systém je shodný s jednobodovým vstřikováním. Liší se až za regulátorem tlaku. Rozdíl je, že každý válec má svůj vlastní vstřikovač. Díky tomuto řešení, můžeme ovládat množství plynu pro každý válec samostatně. Vstřikovače jsou umístěny v sacím potrubí těsně před sacími ventily.

Tímto konstrukčním řešením je zcela zamezeno možnosti zpětného zášlehu, jelikož se v sacím potrubí nachází pouze vzduch, do kterého je až ve správnou chvíli vpuštěn plyn. Vstřikovače jsou napojeny na tlakový rail (zásobník) podobně jako je to u systému common-rail u moderních vznětových motorů.

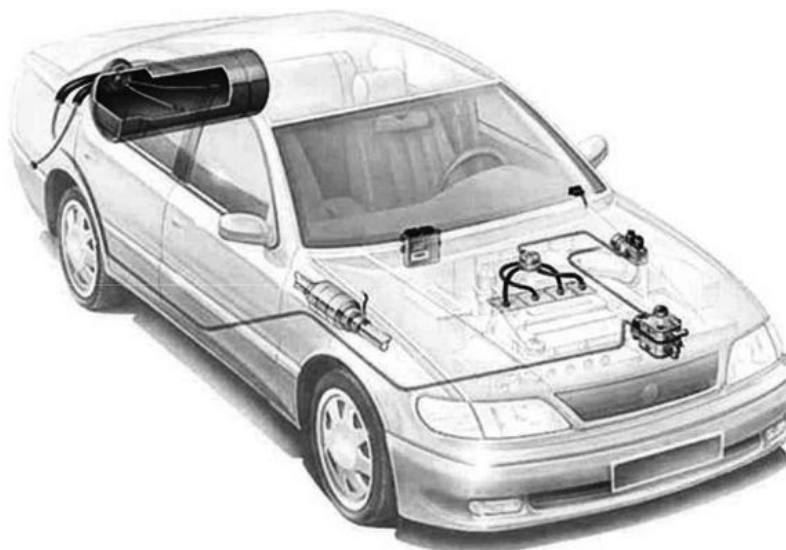
Hlavní výhodou tohoto řešení je podstatně lepší řízení složení směsi, což přináší podstatně větší snížení paliva než u předešlých systémů. Se snížením paliva také dochází ke snížení škodlivých emisí ve výfukových plynech. Nevýhody systému spočívají ve složitosti celého systému, tím narůstá i cena systému. Ale i přesto, jde o jeden z nejpoužívanějších systémů v dnešní době.

Rozdělení vícebodového vstřikování:

- A) Kontinuální vstřikování CNG
- B) Sekvenční vstřikování CNG
- C) Přímé vstřikování plynu CNG

A) Elektronické vícebodové kontinuální vstřikování CNG

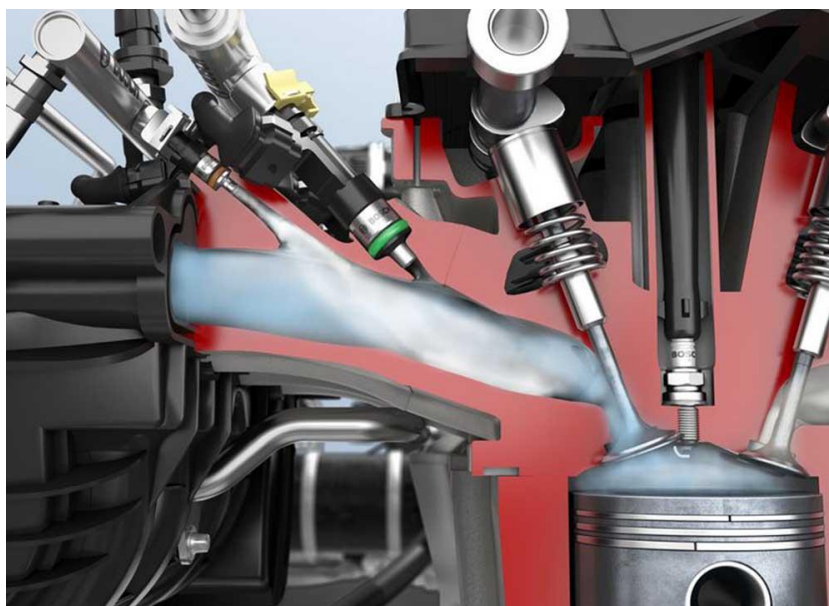
Kontinuální vstřikování CNG je zastaralý typ řízení vstřikování plynu, který bylo možno využívat pro motorová vozidla vyrobená v Evropě do roku 2000. Dávku množství paliva řídí elektronická řídicí jednotka, která čte signály z lambdy sondy a řídicí jednotky motoru. Podle těchto signálů upravuje přesné množství paliva pro konkrétní režim jízdy. Systém nelze použít u vozidel vybavených tzv. OBD diagnostikou. OBD diagnostika řízení motoru byla zavedena u všech vyráběných motorových vozidel spalující benzínové palivo po roce 2000. OBD monitoruje, zaznamenává a řídí veškerou činnost pohonného agregátu vozidla a dalších elektronických systémů s ním spojená. Pokud by měl být použit u takto vybaveného automobilu systém kontinuálního vstřikování CNG, musel by být systém OBD vyřazen z provozu, nebo jen částečně, ale tento úkon přísně zakazuje směrnice předpisu OSN EHK 83.



Obrázek 12: Palivový systém s vícebodovým vstřikováním. [15]

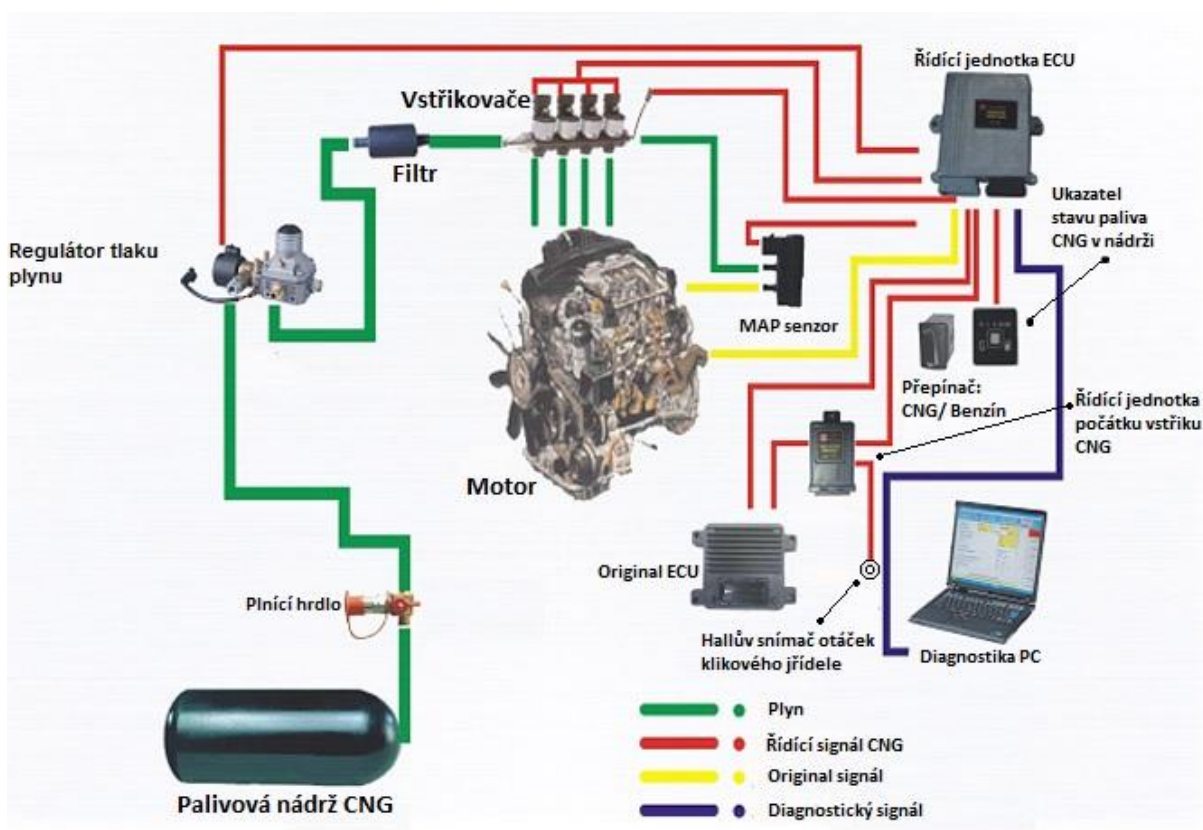
B) Elektronické vícebodové sekvenční vstřikování CNG

Sekvenční vícebodové vstřikování je nejvyspělejší systém vstřikování, který se používá v moderních automobilech. Tento systém, jako jediný je schopný bez jakýchkoliv problémů pracovat s řídicí jednotkou motoru, která pracuje se systémem OBD II (USA, Kanada), nebo EOBD (Evropa). Celý systém se liší oproti předchozím systémům v elektronickém řízení celého procesu vstřikování a jinými osazenými vstřikovači, které jsou schopné přesného a impulzivního dávkování plynu CNG.



Obrázek 13: Elektronické vícebodové sekvenční vstřikování. [24]

Řídicí jednotka sekvenčního vstřikování odebírá veškeré informace z řídicí jednotky motoru. Podle informací určených pro vstřikovače benzínu z řídicí jednotky motoru upravuje řídicí jednotka CNG parametry pro vstřikovače CNG. Dá se říct, že automobil má dvě řídicí jednotky, kde veškerou práci odvádí řídicí jednotka motoru a řídicí jednotka pro CNG systém pouze tyto informace překládá a upravuje pro systém CNG. Úprava je prováděna podle kvality CNG v nádržích a z informací ze všech jednotlivých snímačů, které jsou k dispozici od řídicí jednotky motoru (snímače otáček, lambda sonda, úhel natočení škrticí klapky, teplota a tlak nasávaného vzduchu, množství nasávaného vzduchu, čidlo klepání, teplota chladicí kapaliny atd.).

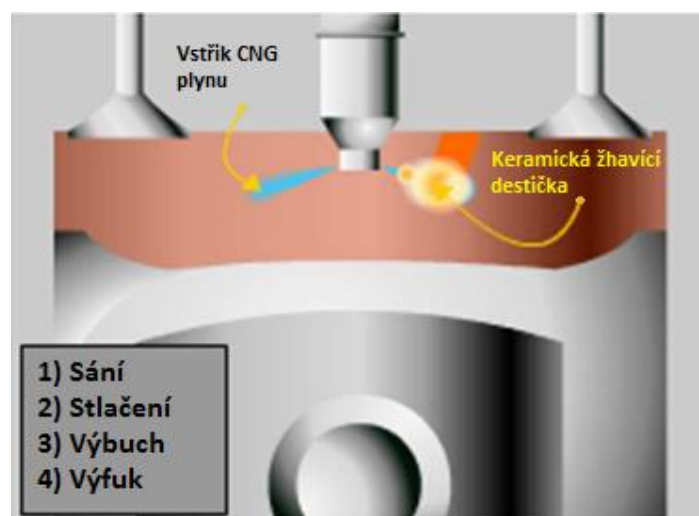


Obrázek 14: Schéma elektronické vícebodové sekvenční vstřikování CNG. [21]

C) Přímé vstřikování plynu CNG:

Systém přímého vstřikování plynu CNG přímo do spalovacího prostoru je technologicky nejsložitějším systémem vstřikování. V dnešní době se tento systém moc neuplatňuje právě pro zmíněnou komplikovanost systému. Jedna z největších výhod přímého vstřikování do spalovacího prostoru je možnost použití i v motorech pracujících v dieselově cyklu. Tohoto s ostatními uvedenými systémy není možné dosáhnout.

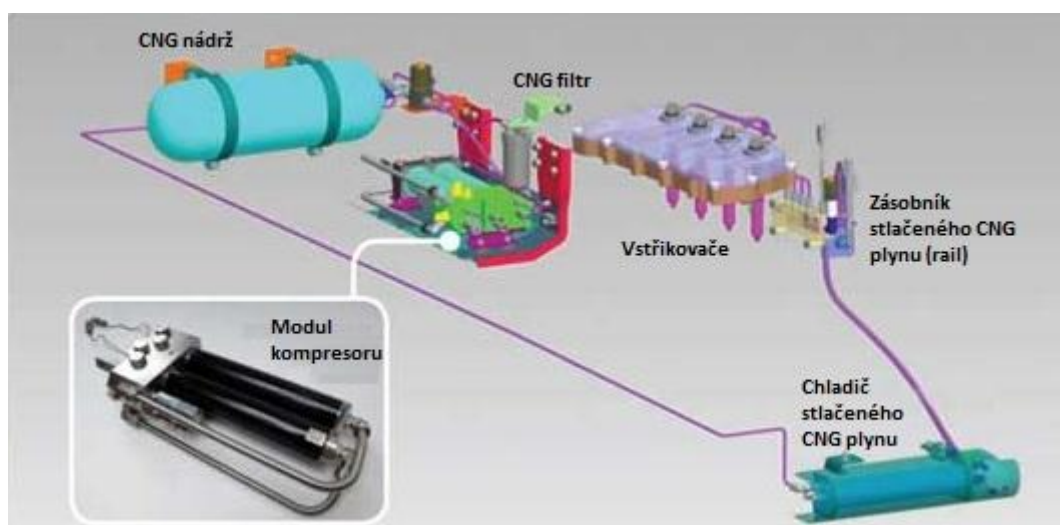
Pokud chceme použít CNG jako palivo pro dieselův motor, bude zde problém, který způsobuje vyšší zápalná teplota CNG plynu oproti standardní motorové naftě. Zápalná teplota standardní motorové nafty je kolem 120 °C oproti CNG, kde je zápalná teplota kolem 580°C. Pro vznícení CNG není dostatečná pouze teplota, která vznikne při stlačení vzduchu, proto musí být ve spalovacím prostoru namontovaná keramická destička. Tato keramická destička je zdrojem vysoké teploty pro vznícení plynu CNG. Teplota na keramické destičce se udržuje v intervalu 1200 – 1300°C, která je dostatečná pro spolehlivé vznícení plynu. S keramickou destičkou ve spalovacím prostoru přichází také jeden z velkých problémů tohoto systému a to je nízká životnost keramické destičky. Právě proto je v dnešní době kladen veliký důraz na vývoj nových odolnějších materiálů, které by lépe odolávaly pracovním podmínkám ve spalovacím prostoru.



Obrázek 15: Princip přímého vstřikování CNG – dieselův motor. [19]

Samotný princip vstřikování je srovnatelný jako u vznětového motoru, který využívá systém common-rail. Stejně jako u systému common-rail jsou vstřikovací trysky umístěné přímo ve spalovacím prostoru motoru. Plyn je přiveden z tlakové nádrže do kompresoru. Kompresor jej stlačí na požadovaný tlak. Kompresor je zde použit z důvodu přímého vstřiku paliva do spalovacího prostoru, ve kterém je při kompresi vysoký tlak oproti vstřikování do sacího potrubí. Kompresor musí zvýšit tlak plynu, aby byl schopen překonat tlak, který vzniká při kompresi ve spalovacím prostoru. Hodnota vstřikovacího tlaku plynu je okolo 20 MPa. Z kompresoru je tlak přiveden do railu, na který jsou připojené jednotlivé vstřikovače.

Nevýhoda oproti naftovému systému je skutečnost, že na rozdíl od nafty, která je víceméně nestlačitelná je CNG plynná a tím i poměrně dobře stlačitelná. Tato vlastnost komplikuje regulaci tlaku v railu, proto zde není možné v průběhu cyklu měnit vstřikovací tlak jako je tomu u vznětového motoru. Tento problém je zde řešen použitím vstřikovačů s proměnným zdvihem. Vstříknuté množství do válce motoru je regulováno změnou zdvihu jehly vstřikovače.



Obrázek 16: Schéma přímého vstřikování plynu CNG. [20]

Z výše uvedeného popisu systému je zřejmá jeho složitost s porovnáním s ostatními systémy popsanými výše. Složitost přímo vstřikovaného paliva CNG je jak v konstrukci, tak v řízení celého procesu dávkování paliva do spalovacího prostoru. Výhoda, která kompenzuje složitost systému, je přesné řízení dávky paliva CNG do spalovacího prostoru a tím nejlépe řídit spalovací proces. Díky tomuto přesnému řízení, jsou sníženy emise oproti srovnatelným vznětovým motorům spalující naftu až o neuvěřitelných cca 75% a vzhledem ke spalování podle Diesela cyklu zároveň navýšit účinnost proti zážehovým motorům spalující CNG o 25%.

Jelikož Evropská Unie stále požaduje po výrobcích automobilů stále nižší a nižší emise produkováných spalovacími motory, může se předpokládat vyšší rozšíření motorů se systémem přímého vstřikování CNG. První krůčky rozšíření přímého vstřikování nejspíše povedou k nákladním automobilům a k těžké mechanizaci, kde vyšší pořizovací cenu vykompenzují úspory provozních nákladů a později se přímé vstřikování CNG dostane i do užitkových a osobních automobilů.

3.2 Palivový systém motoru LPG

Hlavním úkolem palivového systému je dopravit palivo z palivové nádrže do spalovacího prostoru motoru a provést jeho optimální promísení se vzduchem ve všech provozních režimech.

Palivové systémy lze rozdělit podle způsobů dopravy paliva do spalovacího prostoru:

- Podtlakový systémy se směšovačem plynu
- Systémy se vstřikováním plynu do sacího potrubí
- Systémy s přímým vstřikem paliva

Palivový systém LPG je typově shodný s palivovým systémem CNG. Viz. palivový systém motoru na CNG.

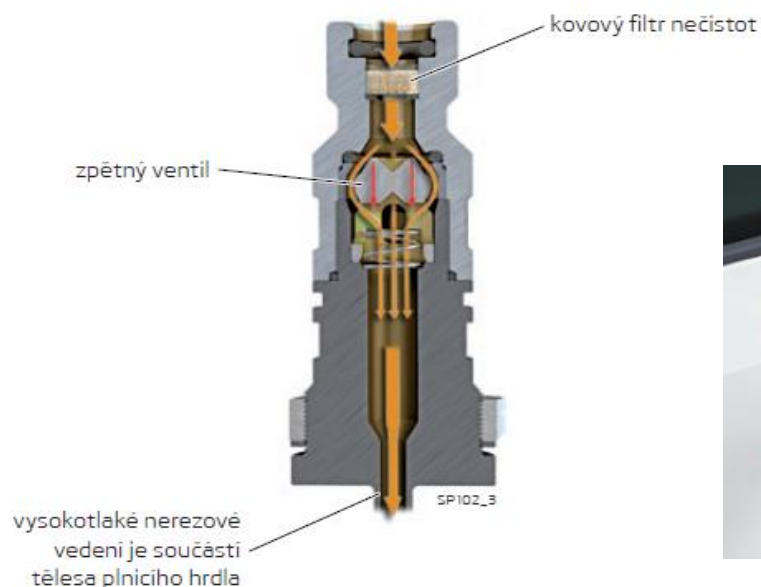
4. Rozbor jednotlivých dílů palivové soustavy

4.1 Rozbor jednotlivých dílů palivové soustavy pro CNG u vozu Škoda Octavia III. generace

4.1.1 Plnicí hrdlo CNG

Plnicí hrdlo zemního plynu se nachází společně s plnicím hrdlem benzínové nádrže na zadní pravé straně automobilu pod společným víčkem.

Plnicí hrdlo je dále připevněné k vysokotlakému vedení zemního plynu tak, aby nemusela být prováděna kontrola těsnění šroubovaného spoje v těžko přístupném místě pod karosérií automobilu. V plnicím hrdle plynu se dále nachází kovový filtr pro zachycení nečistot a zpětný ventil.



Obrázek 17: Řez plnicím hrdlem[5]



Obrázek 18: Umístění plnicího hrdla zemního plynu. [5]

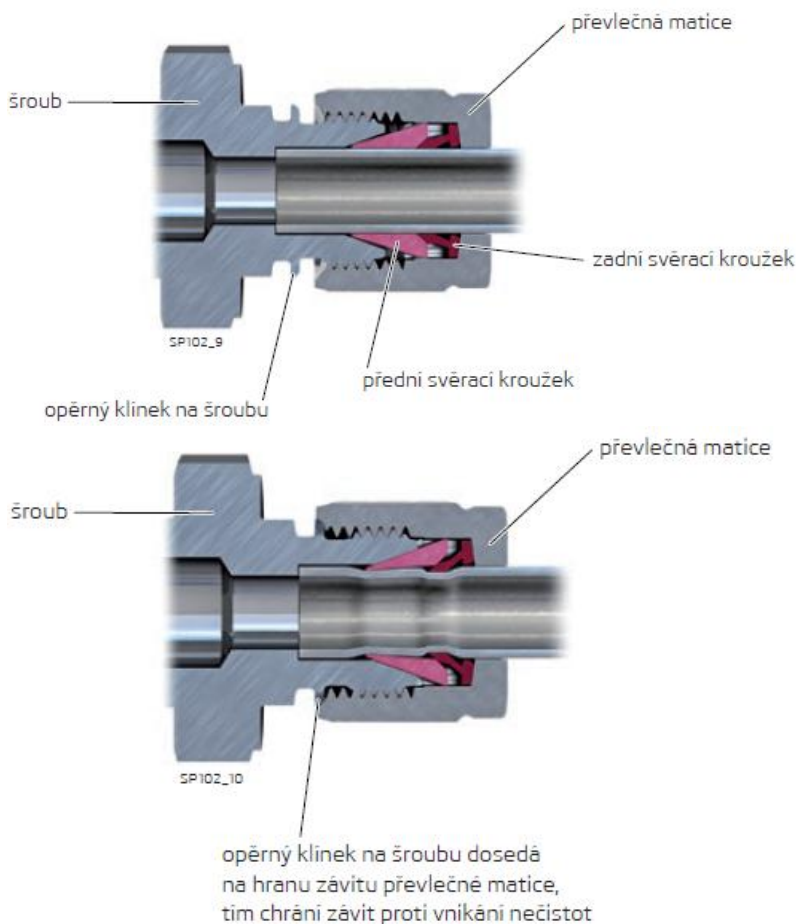
Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zatuhnutí zpětného ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Únik plynu skrz ventil - Nemožnost natankování CNG paliva 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna plnicího hrdla 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG
Ucpání kovového filtru	<ul style="list-style-type: none"> - Nemožnost natankování CNG paliva - Pomalé plnění paliva CNG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna plnicího hrdla - Vyčištění kovového filtru 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG

Tabulka 1: Poruchy zpětného ventilu

4.1.2 Vysokotlaké vedení CNG

Vysokotlaké palivové vedení zemního plynu je vyrobeno z ušlechtilé oceli a jeho vnější průměr je 6mm. Pomocí šroubení, které je doplněno dvojicí těsnících kroužků jsou řešeny spoje palivového vedení.

Při utahování převlečné matice se zadní svěrací kroužek natlačí pod přední kroužek tak, aby bylo zajištěno dokonalé utěsnění spoje vysokotlakého vedení zemního plynu. Matice se utahuje předepsaným utahovacím momentem. Opěrný klínek šroubu slouží jako doraz a zároveň plní funkci ochrany před vnikáním nečistot do šroubového spojení.



Obrázek 19: Schéma šroubového spoje s dvojicí svěrných kroužků. Povoleny – utažený. [5]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Proražení palivového vedení	<ul style="list-style-type: none"> - Únik plynu CNG při tankování - Vizuální zkouška 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna palivového vedení 	
Netěsnost šroubení	<ul style="list-style-type: none"> - Únik plynu CNG při tankování 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna převlečné matice + palivového vedení 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 2: Poruchy vysokotlakého vedení

4.1.3 Nádrže pro palivo CNG

Palivové nádrže jsou připevněny do držáku, který je následně jako celek přišroubován do karosérie vozidla. Upínací pásy drží nádrže v držáku, které jsou opatřeny taliřovými pružinami, které zajišťují správné předpětí pásů.

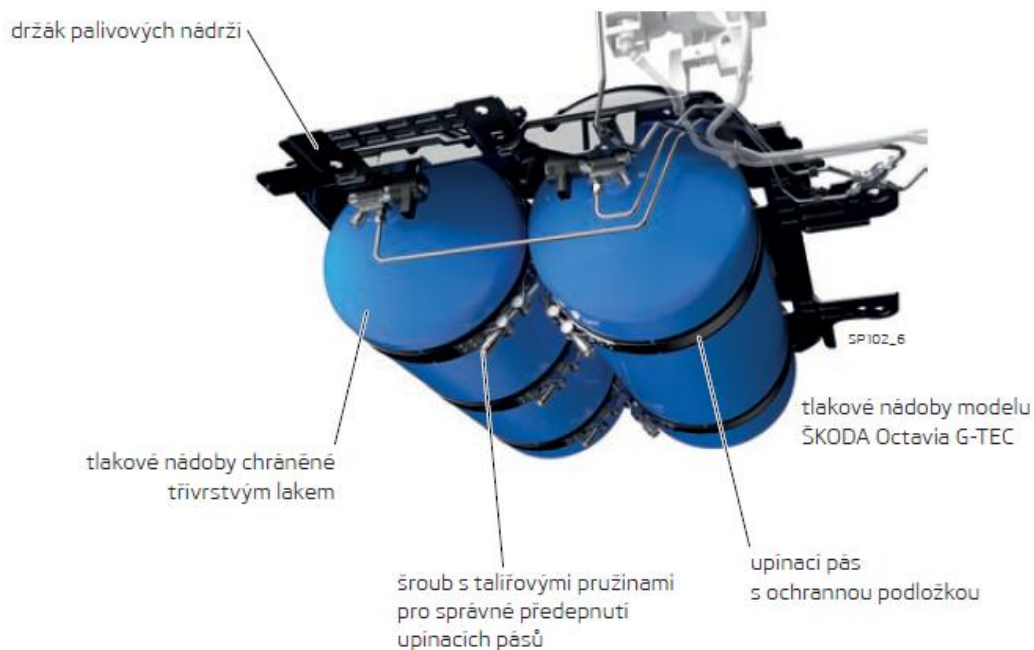
Pro dosažení dobré antikorozi ochrany a odolnosti proti poškrábání je zde použito tři vrstev laku a pod každým pásem je vložena ochranná podložka, aby nedošlo k poškození laku nádrže od upínacích pásů.

U Octavie jsou použity dvě stejně velké nádrže o velikosti 48,5 l, které se nachází za zadní nápravou. Hrdla nádrží s uzavíracími ventily jsou orientovaná na levou stranu vozidla po směru jízdy.

Nádrž bližší k zádi vozu je upevněna třemi upínacími pásy, nádrž bližší k přídi vozu je upevněna dvěma upínacími pásy.

Životnost nádrží je 20 let.

Údaje na nádrži: datum výroby, životnost, hmotnost [kg], objem [l], zkušební tlak, plnicí tlak, provozní tlak, typové označení nádrže.



Obrázek 20: Schéma palivové nádrže. [5]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Proražení palivové nádrže	- Únik plynu z nádrže - Vizuální zkouška	- Výměna palivové nádrže	
Vadný upínací pás	- Vizuální zkouška	- Výměna upínacího pásu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Koroze nádrže vnitřní / vnější	- Vizuální zkouška - Revize tlakové nádrže	- Výměna tlakové nádrže - Při vnější korozi lakování	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 3: Poruchy palivové nádrže

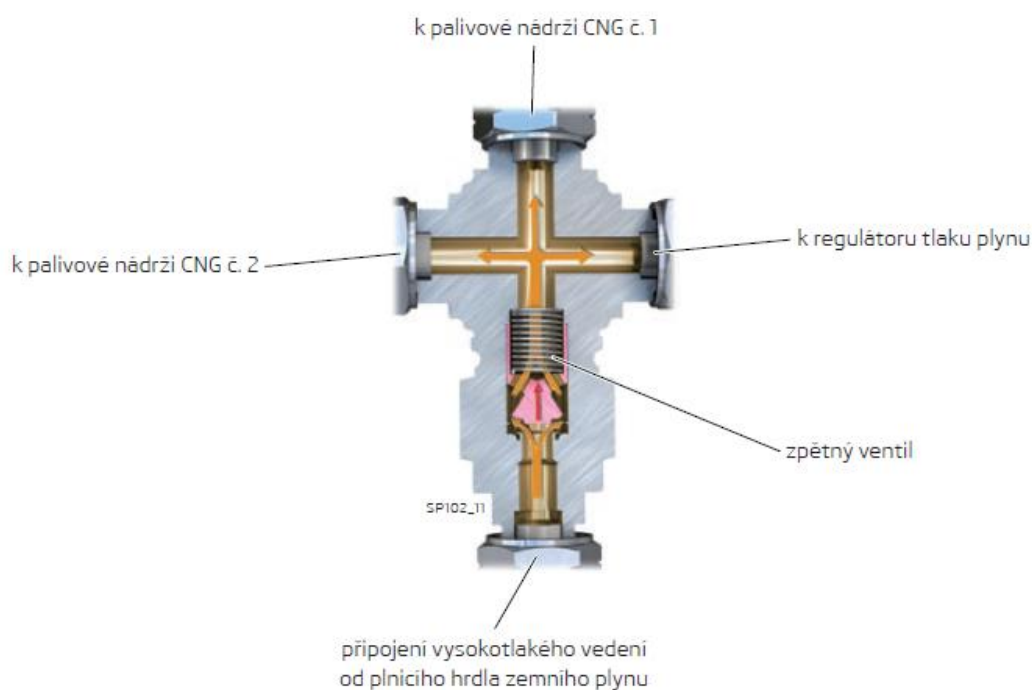
4.1.4 Rozbočovač se zpětným ventilem

Rozbočovač slouží k propojení vysokotlakého vedení zemního plynu od nádrží k regulátoru tlaku plynu. Vysokotlaké vedení od plnicího hrdla zemního plynu je též přivedeno do rozbočovače. Ve vstupu rozdělovače od plnicího hrdla zemního plynu je vložen zpětný ventil.

Pro uzavření plnicího hrdla tedy slouží dva zpětné ventily uložené v sérii.

Jsou to: -zpětný ventil v plnicím tankovacím hrdle

-zpětný ventil v rozbočovači



Obrázek 21: Rozbočovač se zpětným ventilem. [5]



Obrázek 22: Umístění rozbočovače. [5]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zatuhnutí zpětného ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Nemožnost natankování CNG paliva - Pomalé plnění paliva 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna rozbočovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG
Netěsnost šroubení	<ul style="list-style-type: none"> - Únik plynu CNG při tankování / jízdě na CNG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna převlečné matice + palivového vedení 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

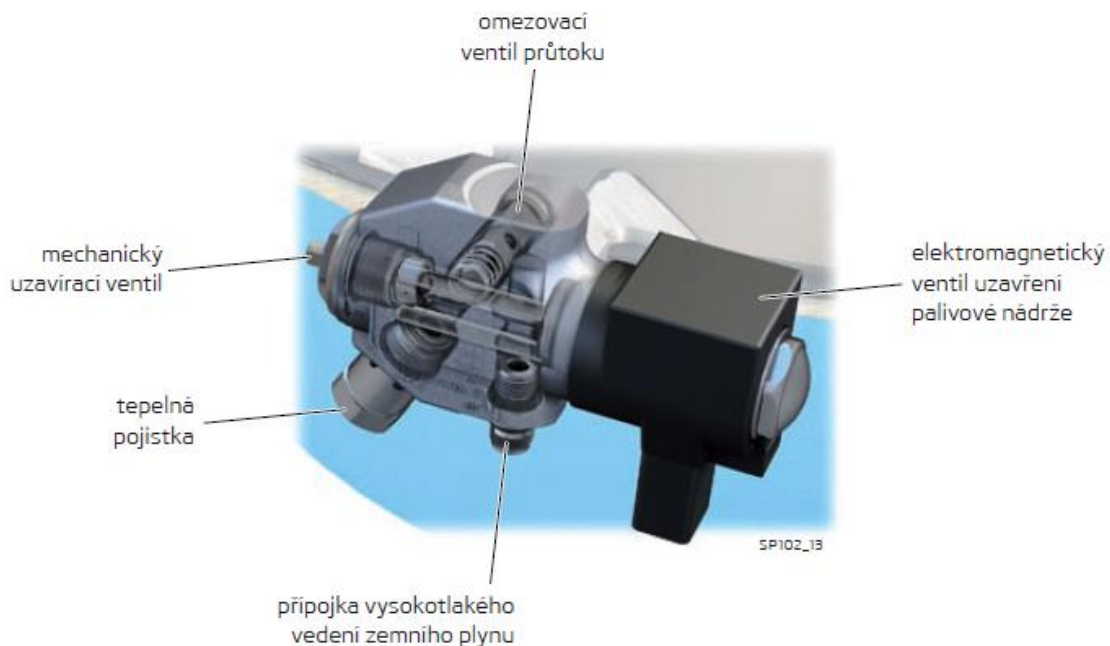
Tabulka 4: Poruchy rozbočovače se zpětným ventilem

4.1.5 Ventil pro uzavření palivové nádrže

Uzavírací ventil je osazen na každé nádrži na voze. Připevněn k nádrži je tak, že je našroubován do hrdla nádrže, které má v sobě vyříznut vnitřní závit.

Každý uzavírací ventil obsahuje tyto součásti:

- Elektromagnetický ventil pro uzavření nádrže
- Mechanický uzavírací ventil
- Omezovací ventil průtoku
- Tepelná pojistka



Obrázek 23: Uzavírací ventil. [5]

4.1.5.1 Elektromagnetický ventil uzavření palivové nádrže

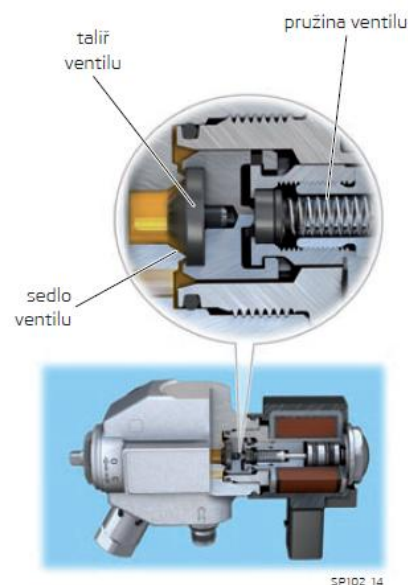
Ventil je ovládán elektromagnetem do dvou stavů, třetí stav je mechanický

-stav 1: cívka elektromagnetu pod proudem – ventil je otevřený

-stav 2: cívka elektromagnetu bez proudu – ventil je uzavřený

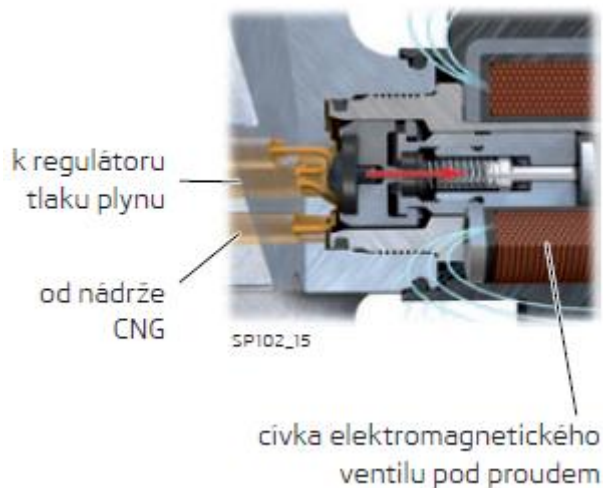
-Pokud u automobilu vypneme zapalování, ventily se uzavřou.

-stav 3: při tankování paliva CNG je pružina přetlačena plnicím tlakem ze stanice, tudíž může docházet k plnění nádrží při vypnutém elektromagnetu.



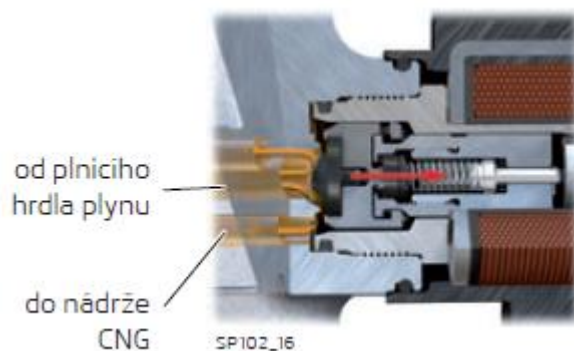
Obrázek 24: Řez elektromagnetickým ventilem. [5]

Stav 1: Pokud je elektromagnet napájen proudem, vzniká magnetické pole, které přetlačí sílu pružiny ventilu a tím přitáhne talíř ventilu. Nyní může zemní plyn pronikat z nádrže CNG do regulátoru tlaku plynu



Obrázek 25: Elektromagnet pod proudem. [5]

Stav 3: Při tankování je elektromagnet bez proudu, proto musí být pružina přetlačena tlakem ze stanice CNG. Tlak ze stanice je závislý na okolní teplotě a pohybuje se kolem 260 bar. Pokud se tlaky v nádržích vyrovnají s plnicím tlakem, tak končí proces tankování. Na talíř ventilu nyní působí pružina ventilu, která jej tlačí zpět do sedla ventilu a tím uzavírá nádrž.



Obrázek 26: Elektromagnet při tankování CNG plynu. [5]

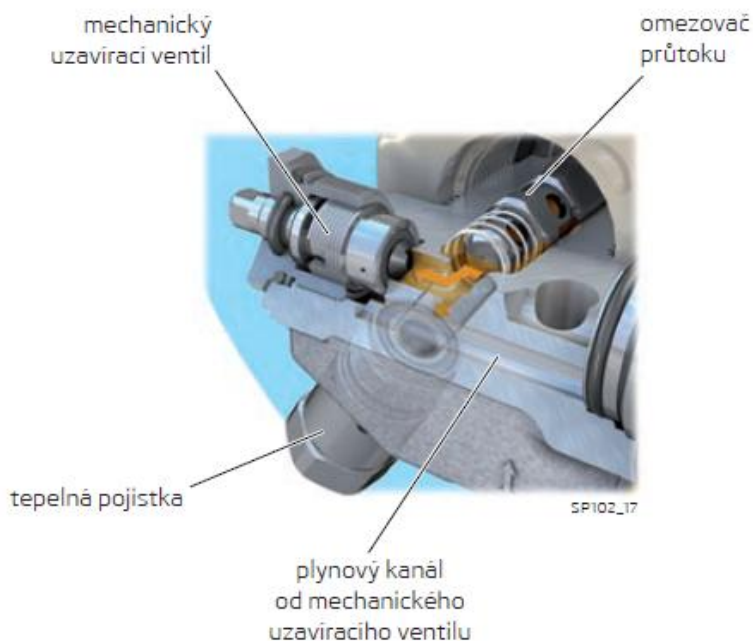
Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost elektromagnetického ventilu	- Únik plynu CNG z vysokotlaké nádrže	- Výměna elektromagnetického ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické části ventilu	- Vlastní diagnostika - Poloviční dojezd / tankování, pokud ventil zůstane uzavřen - Nemožnost jízdy na CNG	- Výměna elektronické části ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 5: Poruchy elektromagnetického ventilu

4.1.5.2 Mechanický uzavírací ventil

Slouží k mechanickému uzavření nádrže. Důležité pro bezpečnost při servisu na plynovém palivovém systému.

I při úplném uzavření mechanického ventilu, je vstup k tepelné pojistce otevřený.



Obrázek 27: Mechanický uzavírací ventil. [5]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost mechanického uzavíracího ventilu	- Únik plynu CNG z vysokotlaké nádrže	- Výměna mechanického uzavíracího ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Zatuhnutí mechanického uzavíracího ventilu	- Nemožnost pootočení uzávěru	- Výměna mechanického uzavíracího ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 6: Poruchy mechanického uzavíracího ventilu

4.1.5.3 Omezovací ventil průtoku

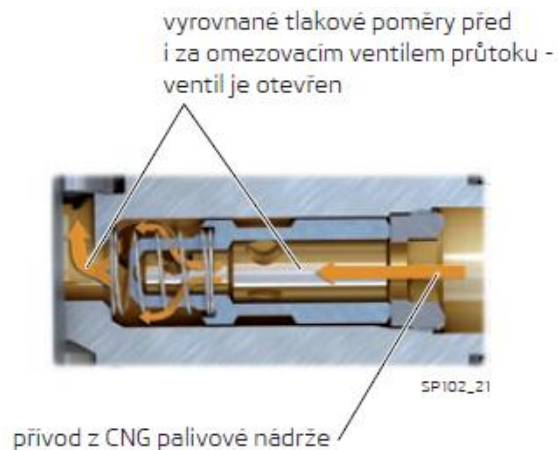
Omezovací ventil průtoku je vložen v přípojovací přírubě uzavíracího ventilu palivové nádrže. Ventil je zde použit jako ochrana proti náhlému a prudkému úniku zemního plynu z nádrže. Takováto situace by mohla nastat při porušení vysokotlakého vedení zemního plynu anebo při poruše regulátoru tlaku plynu.



Obrázek 28: Omezovací ventil průtoku. [5]

Omezovací ventil v otevřené poloze:

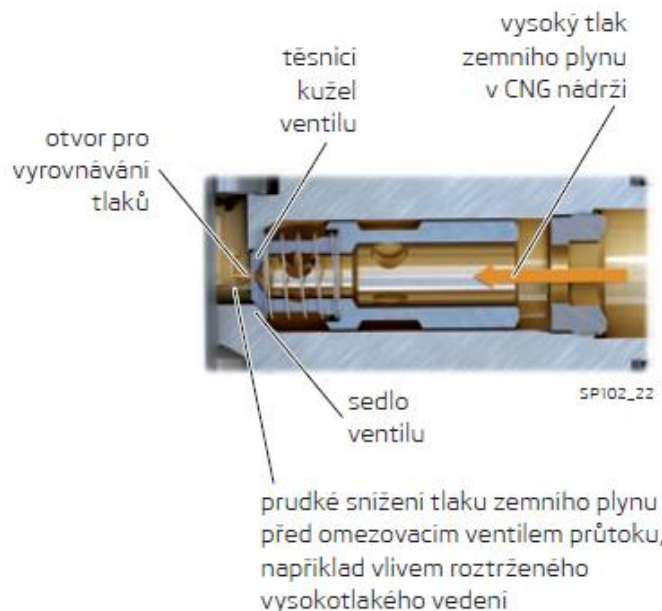
Aby byl ventil v otevřené poloze, musí být tlak před a za ventilem přibližně stejný, pak jej pružina udržuje v otevřené poloze.



Obrázek 29: Omezovací ventil v otevřené poloze. [5]

Omezovací ventil v uzavřené poloze:

Aby došlo k uzavření ventilu, musí před ventilem klesnout tlak alespoň o cca 6,5 bar, poté vyšší tlak z nádrží přetlačí pružinu a uzavře ventil



Obrázek 30: Omezovací ventil v uzavřené poloze. [5]

Zpětné otevření omezovacího ventilu:

Ventil je opatřen miniaturním otvorem, který zajistí opětovné vyrovnání tlaků před a za ventilem v případech vypnutí zapalování nebo uzavření mechanického ventilu tak, aby nedocházelo k dlouhodobému namáhání pružiny omezovacího ventilu.

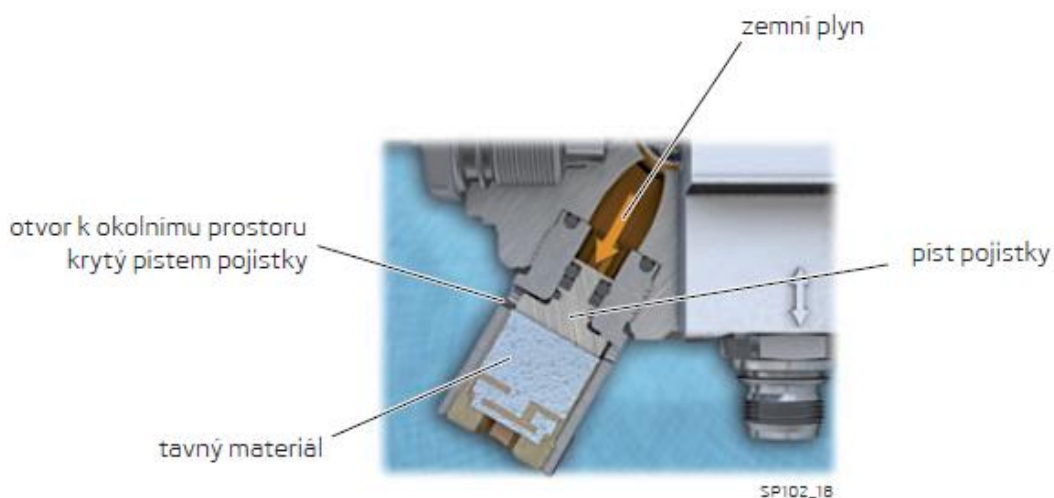
Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zatuhnutí / zaseknutí mechanického ventilu	- Poloviční dojezd / tankování, pokud ventil zůstane uzavřen	- Výměna omezovacího ventilu průtoku	- Tankování kvalitního plynu CNG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 7: Poruchy omezovacího ventilu

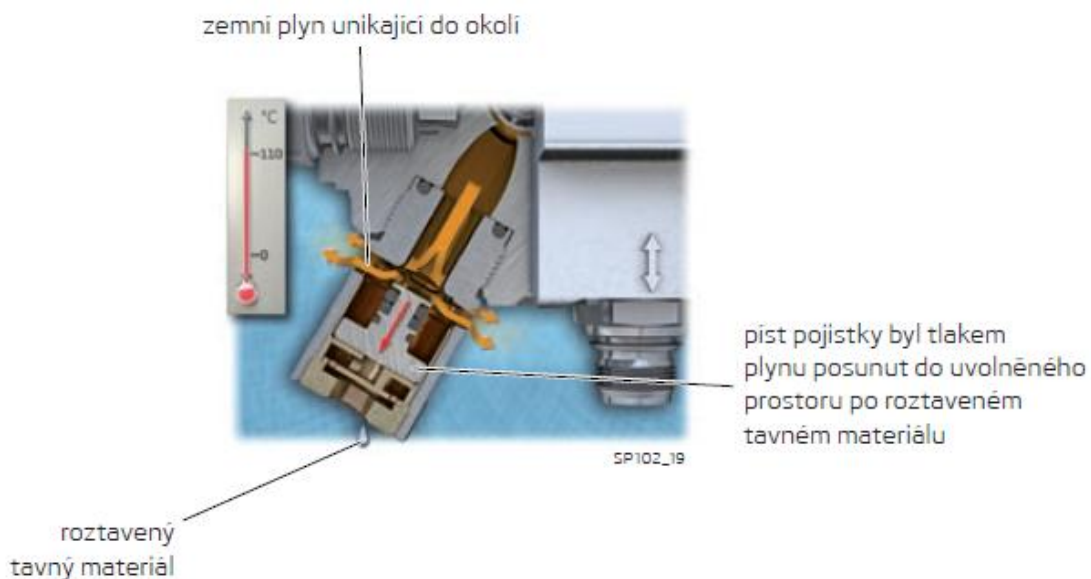
4.1.5.4 Tepelná pojistka:

Tepelná pojistka je zde osazena proto, aby nedošlo k destrukci CNG nádrže. K destrukci by mohlo dojít, pokud by došlo v nádrži k nadměrnému zvýšení tlaku, zapříčiněného příliš vysokou teplotou okolí.

Pojistka obsahuje speciální tavný materiál. K roztavení tavného materiálu dojde, pokud na pojistku po určitý čas působí teplota přesahující 110 °C. Píst tepelné pojistky, na nějž působí tlak z CNG nádrže, vytlačuje roztavený materiál a tím se posouvá do uvolněného prostoru po tavném materiálu a tak se stane otvor do okolního prostoru průchodný.



Obrázek 31: Tepelná pojistka. [5]



Obrázek 32: Tepelná pojistka v roztaveném stavu. [5]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost tepelné pojistky	- Únik plynu CNG z vysokotlaké nádrže	- Výměna tepelné pojistky	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Poškození tavného materiálu tepelné pojistky	- Okamžitý regulovaný únik plynu z nádrže	- Výměna tepelné pojistky	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 8: Poruchy tepelné pojistky

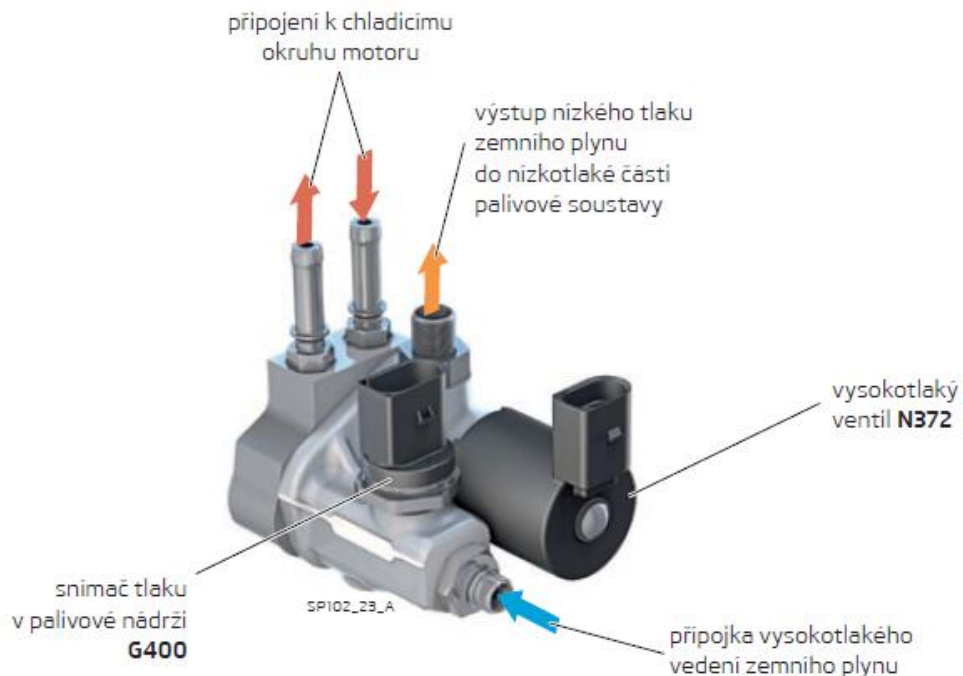
4.1.6 Regulátor tlaku plynu

Tlak v nádrži CNG je až 200 bar. Pro spalování je potřeba tlak snížit na 5 – 9 bar, proto je v palivovém systému nainstalován regulátor tlaku.

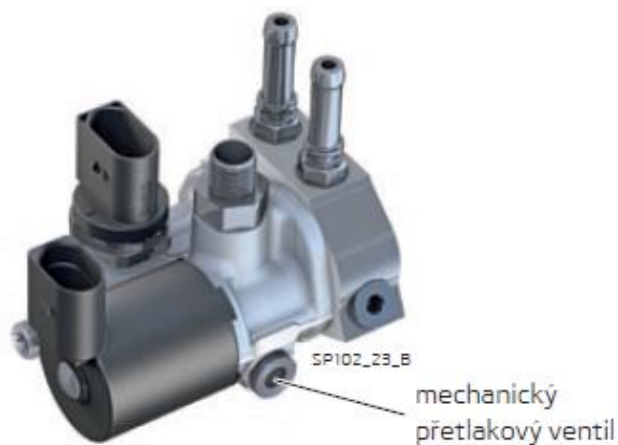
Regulátor tlaku plynu se skládá ze dvou regulačních stupňů.

1. stupeň: Snížení tlaku z cca 200 bar na cca 20 bar
2. stupeň: Snížení tlaku z 20 bar na 5 – 9 bar.

Dále zde najdeme snímač tlaku v palivové nádrži G400, vysokotlaký ventil N372, mechanický přetlakový ventil a přípojky pro chladicí okruh motoru.

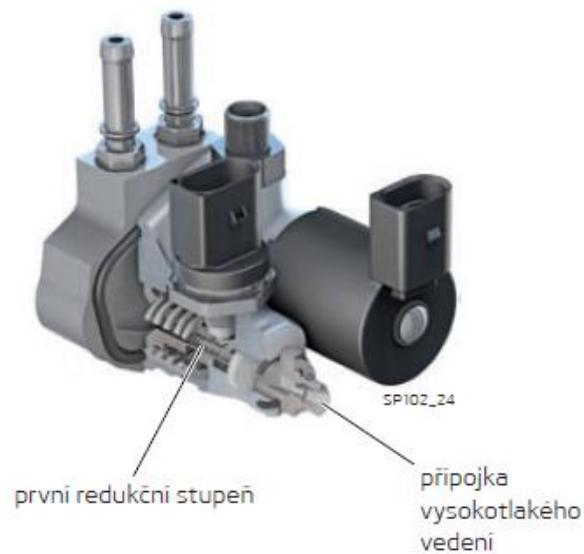


Obrázek 33: Regulátor tlaku plynu – pohled 1. [5]



Obrázek 34: Regulátor tlaku plynu – pohled 2. [5]

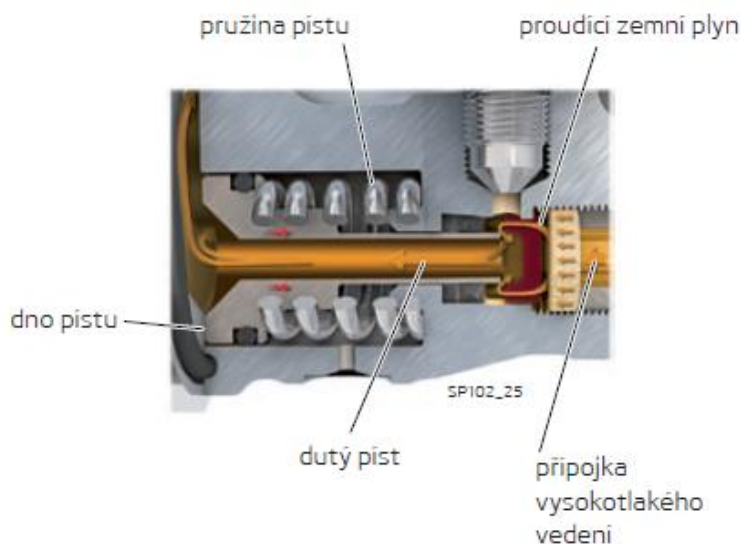
1. Stupeň: Redukce tlaku z vysokého na nízký



Obrázek 35: První redukční stupeň. [5]

Stav, kdy je tlak zemního plynu za dutým pístem menší než 20 bar:

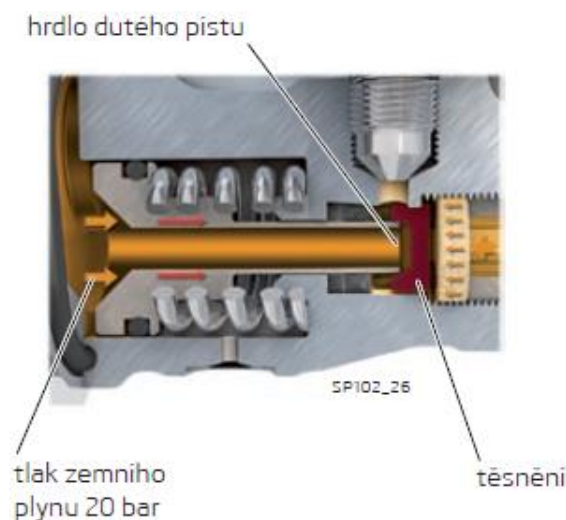
Zemní plyn proudí skrz přípojku vysokotlakého vedení do prvního redukčního stupně. Plyn pokračuje dutým pístem směrem k jeho dnu. Zvyšující se tlak na dně pístu působí na plochu pístu, přemáhá pružinu, která působí proti pístu. Stoupající hrdlo pístu se přibližuje k těsnění pro jeho uzavření.



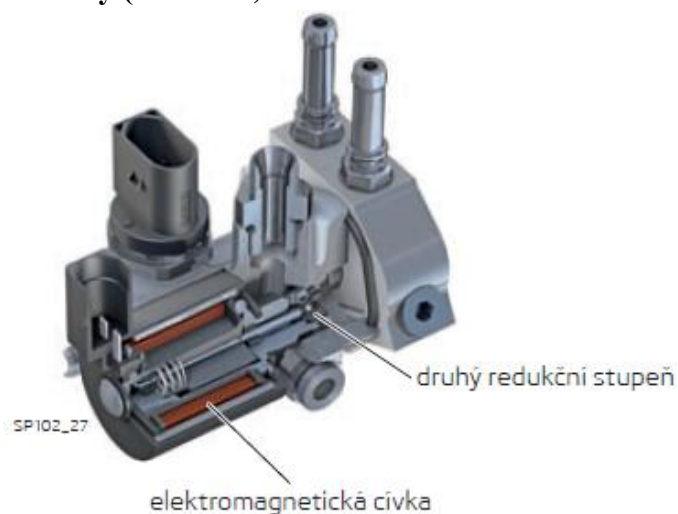
Obrázek 36: Tlak plynu za dutým pístem menší než 20 bar. [5]

Stav, kdy je tlak za dutého pístu cca 20 bar:

Pokud tlak zemního plynu dosáhne u dna dutého pístu cca 20 bar, je hrdlo pístu plně opřené o těsnění a tlak z vysokotlaké části vedení neproudí, tudíž je tlak v prvním redukčním stupni ustálen na cca 20 bar. Jelikož je zemní plyn při spuštění spalovacího motoru neustále odebírán, tlak v první části klesá a pružina otevírá dutý píst. Nyní je opět umožněno proudění plynu z vysokotlaké části. Pokud tlak ve vysokotlaké části klesne na 20 bar, tak je píst neustále otevřen.

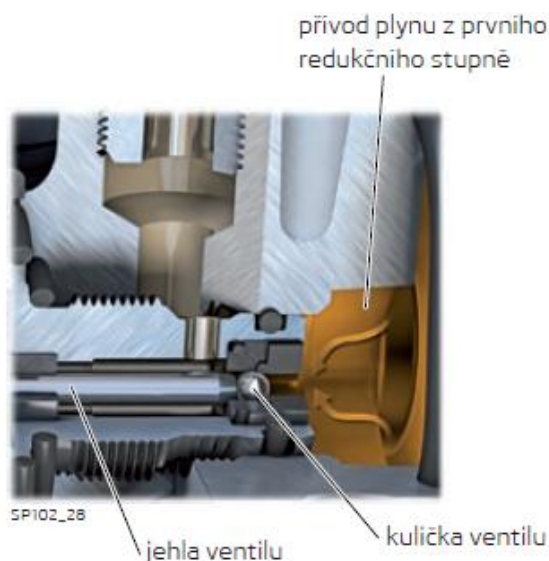


Obrázek 37: Tlak plynu za dutým pístem cca 20 bar. [5]

2. Stupeň: Redukce z nízkého tlaku (cca 20 bar), na tlak potřebný ke vstřikování do spalovací komory (5 – 9 bar)

Obrázek 38: Druhý redukční stupeň. [5]

Oba dva stupně jsou mezi sebou propojeny kanálkem, znamená to, že na vstup druhého regulačního stupně působí tlak ze stupně prvního, což je cca 20 bar.



Obrázek 39: Připojení prvního a druhého redukčního stupně. [5]

Druhý stupeň je regulován pomocí elektromagnetického ventilu N372. Ventil E372 je ovládán signálem PWM (Pulse Width Modulation) z řídicí jednotky motoru. Pokud je ventil aktivován, elektromagnet přitáhne jehlu a uvolní kuličku, tlak plynu na vstupu kuličku nadzvedne a volně proudí do nízkotlaké části plynové palivové soustavy. Při dosažení potřebného tlaku v nízkotlaké části se elektromagnet deaktivuje, kulička je zatlačena zpět a uzavírá cestu.



Obrázek 40: Redukce tlaku na 5–9 bar. [5]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost chladicího okruhu ventilu	- Prolínání chladicí kapaliny do okolí	- Přetěsnění šroubení přípojek - Přetěsnění hadic chladicího okruhu - Výměna chladicího okruhu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické / mechanické části ventilu N372 (druhý redukční stupeň)	- Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na CNG	- Výměna ventilu N 372	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické části snímače tlaku v palivové nádrži G400	- Vlastní diagnostika	- Výměna snímače tlaku G400	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Zatuhnutí / zaseknutí prvního redukčního stupně	- Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na CNG	- Výměna prvního redukčního stupně	- Tankování kvalitního plynu CNG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Netěsnost plynné části regulátoru	- Unik plynu CNG při jízdě	- Přetěsnění / výměna dané části regulátoru	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 9: Poruchy regulátoru tlaku plynu

4.1.7 Vpouštěcí (vstřikovací) plynové ventily

Ventily jsou zasunuté do sacích kanálů sacího potrubí. Běží-li motor na plyn, ventily jsou řízeny řídicí jednotkou motoru. Aktivovaný ventil je otevřen a vpouští do sacího potrubí plyn, který je následně nasán se vzduchem do spalovací komory. Počet vstřikovačů vždy odpovídá počtu válců motoru.



Obrázek 41: Vpouštěcí ventil. [5]

Okamžik a délka vstříku je závislá na : - otáčkách motoru

- zatížení motoru
- kvalitě zemního plynu
- tlaku a teplotě zemního plynu v rozvaděči plynu

Při výpadku kteréhokoliv vstříkovače, řídicí jednotka okamžitě přepíná provoz motoru na benzínový pohon.

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost vstříkovačeho ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na CNG - Snížený dojezd na natankované palivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Odzkoušení vstříkovače na testovací stolici - Výměna vstříkovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické části ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na CNG 	<ul style="list-style-type: none"> - Odzkoušení vstříkovače na testovací stolici - Výměna vstříkovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Částečné / úplné zanesení vstříkovače	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na CNG - Nepravidelný chod motoru 	<ul style="list-style-type: none"> - Odzkoušení vstříkovače na testovací stolici - Výměna vstříkovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 10: Poruchy vpouštěcího ventilu

4.1.8 Snímače

Snímač tlaku v palivové nádrži G400

Snímač tlaku G400 se nachází na tělese regulátoru tlaku plynu a je určen pro měření vysokého tlaku plynu. Snímač je našroubován v příčném otvoru, který je spojen s vysokotlakou částí palivové soustavy. Signál ze snímače je posílán do řídicí jednotky motoru, která pomocí map rozpozná stav naplnění CNG nádrži.

Důsledky výpadku signálu snímače G400:

Dojde-li během jízdy ke ztrátě signálu od snímače G400 a je v palivových nádržích dostatek paliva, vozidlo nezávisle na snímač pokračuje v jízdě na CNG.

Nastartování vozidla na CNG bez signálu od snímače G400 je možné i tehdy, jsou-li nádrže před výpadkem zcela naplněné zemním plynem.

Pokud nádrže nejsou zcela plné a dojde-li k výpadku signálu, vozidlo nastartuje na benzín a v dalším režimu provádí adaptaci na kvalitu zemního plynu. Pokud adaptaci vyhodnotí kladně, pokračuje dále na CNG.

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Závada elektronické části snímače tlaku v palivové nádrži G400	- Vlastní diagnostika	- Výměna snímače tlaku G400	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 11: Poruchy snímače tlaku G400

Snímač rozvaděče plynu G401

Snímač G401 slouží k měření tlaku a teploty plynu v nízkotlaké části palivového vedení. Nalezneme jej našroubovaný do rozvaděče plynu.

Signál snímače G401 je posílán do řídicí jednotky motoru, která z něj vyhodnocuje:

-Tlak: Je-li tlak plynu dostatečný pro provoz na CNG a dále reguluje tlak v rozvaděči plynu na 5-9 bar.

-Teplota: Pro výpočet doby vstříku, aby vpuštěné množství plynu bylo co nejpřesnější. Pokud by teplota v nízkotlaké části klesla pod -40 °C, musí řídicí jednotka zahájit náhradní opatření, což je start na benzín a předehřátí nízkotlaké části palivového vedení.

Důsledky výpadku signálu G401:

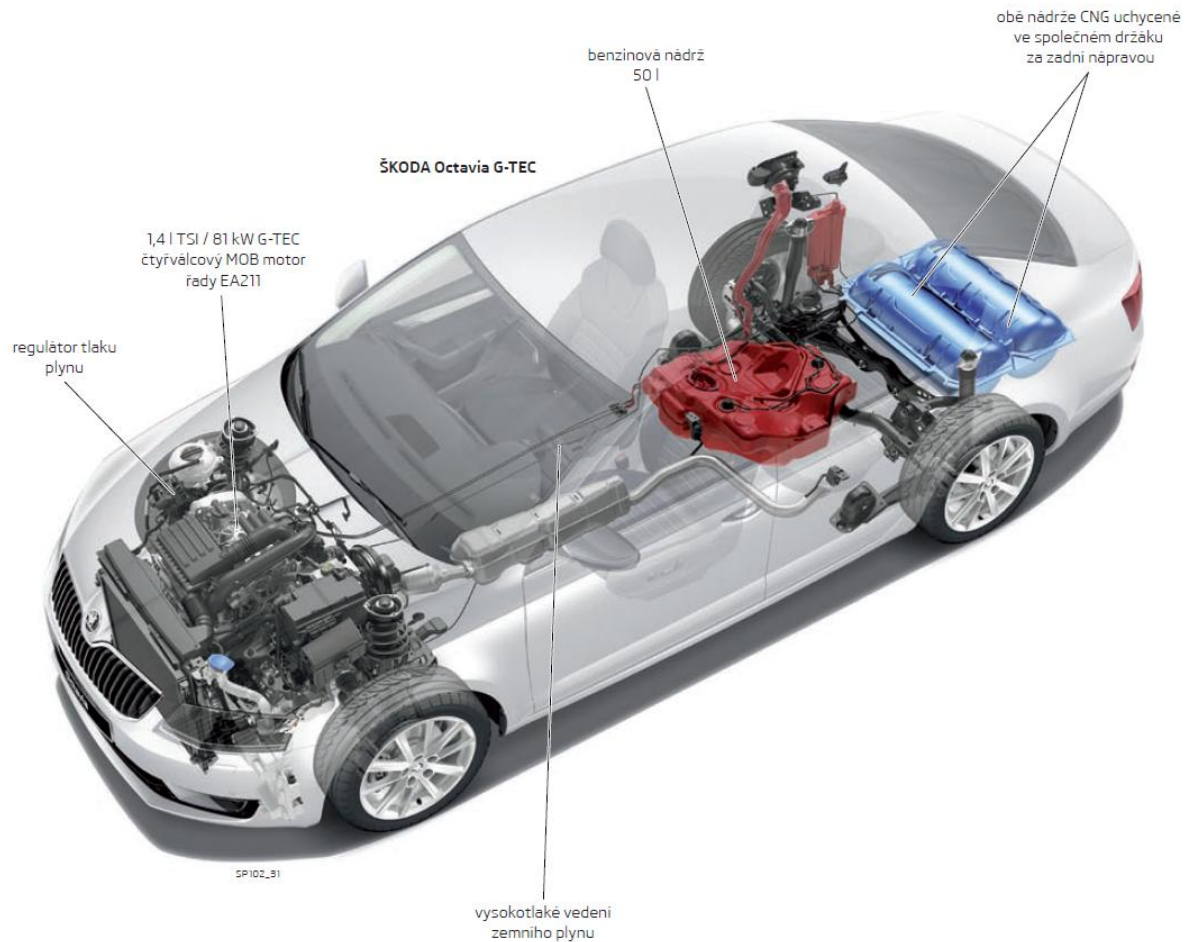
Dojde-li k výpadku signálu tlaku v nízkotlaké části, řídicí jednotka okamžitě odstavuje CNG a přepíná na provoz na benzín.

Dojde-li k výpadku signálu teploty v nízkotlaké části, motor dále spaluje CNG a dopočet teploty přebírá řídicí jednotka motoru.

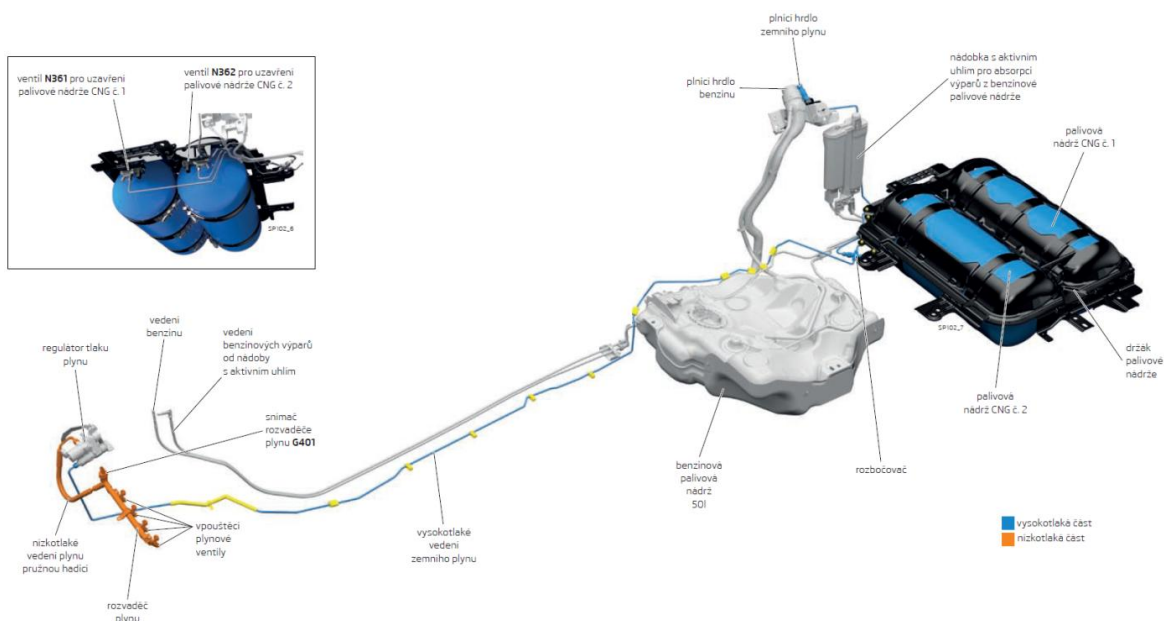
Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Závada elektronické části snímače rozvaděče plynu G401	- Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na CNG	- Výměna snímače tlaku G401	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 12: Poruchy snímače G401

4.1.9 Rozmístění palivové soustavy CNG ve Škodě Octavii III. generace



Obrázek 42: Rozmístění palivové soustavy CNG - a. [5]



Obrázek 43: Rozmístění palivové soustavy CNG - b. [5]

4.2 Rozbor jednotlivých dílů palivové soustavy pro LPG u vozu Škoda Octavia II. generace

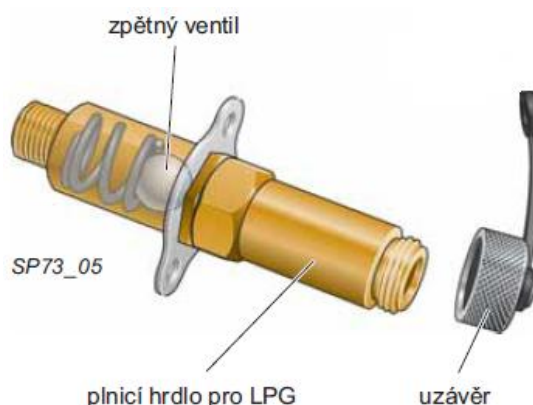
4.2.1 Plnicí hrdlo LPG

Plnicí hrdlo se nachází společně s plnicím hrdlem benzínové nádrže pod krytem palivové nádrže. Obě dvě vedení jsou spolu spojena.

Plnicí hrdlo LPG obsahuje zpětný ventil, který zajišťuje průtok paliva do nádrže a brání zpětnému proudění paliva. K otevření ventilu dochází tlakem plnění LPG.



Obrázek 44: Umístění plnicího hrdla. [6]



Obrázek 45: Zpětný ventil. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zatuhnutí zpětného ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Únik plynu skrz ventil - Nemožnost natankování LPG paliva 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna plnicího hrdla 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu LPG

Tabulka 13: Poruchy zpětného ventilu

4.2.2 Vedení LPG

Vedení LPG slouží k přívodu plynu do palivové nádrže a odvodu plynu do motorového prostoru. Dělí se na nízkotlakou a vysokotlakou část. Nízkotlaká část je vyrobena ze speciálních pryžových hadic a vysokotlaká část z měděných trubek potažených ochrannou vrstvou PVC.

Rozdělení vedení LPG	
1. Plnicí hrdlo pro LPG – palivová nádrž na LPG (oblast vysokého tlaku)	- měděná trubice (Ø 8 mm) + PVC izolace - tlak 0,8 – 1 MPa - LPG v kapalném stavu
2. Palivová nádrž na LPG – výparník (oblast vysokého tlaku)	- měděná trubice (Ø 6 mm) + PVC izolace - tlak 0,8 – 1 MPa - LPG v kapalném stavu
3. Výparník – rozdělovací lišta plynu se vstříkovacími ventily plynu (oblast nízkého tlaku)	- speciální pryžová hadice - tlak 0,01 – 0,2 MPa - LPG v plynném stavu
4. Rozdělovací lišta plynu se vstříkovacími ventily plynu – sací potrubí (oblast nízkého tlaku)	- speciální pryžová hadice - tlak 0,01 – 0,2 MPa - LPG v plynném stavu

Tabulka 14: Rozdělení vedení LPG

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Proražení palivového vedení	- Únik plynu LPG při tankování - Nemožnost jízdy na LPG - Vlastní diagnostika - Vizuální zkouška	- Výměna palivového vedení	
Netěsnost spojů	- Únik plynu LPG při tankování - Nemožnost jízdy na LPG - Vlastní diagnostika	- Výměna palivového vedení - Přetěsnění, dotažení spojů	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

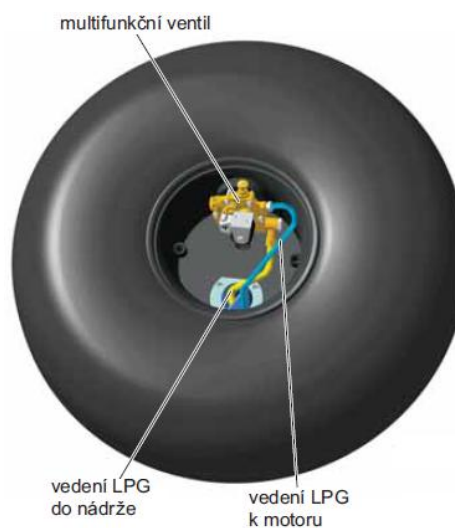
Tabulka 15: Poruchy vedení LPG

4.2.3 Palivová nádrž pro LPG

Palivová nádrž je u Škody Octávie II. generace umístěna na místě určeném u standardní verze pro rezervní kolo. Nádrž je toroidního tvaru, vyrobená z ocelového plechu o tloušťce 3,5 mm a její objem je 55 litrů. Nádrž je plněna podobně jako u CNG maximálně na 80% své kapacity z důvodu expanze plynu s rostoucí teplotou. S okolní teplotou se také liší množství natankovaného paliva. Při okolní teplotě 15°C je nádrž schopna pojmout okolo 44 litrů paliva LPG.



Obrázek 46: Umístění palivové nádrže LPG. [6]



Obrázek 47: Palivová nádrž LPG. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Proražení palivové nádrže	<ul style="list-style-type: none"> Únik plynu z nádrže Vizuální zkouška 	<ul style="list-style-type: none"> Výměna palivové nádrže 	<ul style="list-style-type: none"> Nevystavovat nádrž k hrubému zacházení
Netěsnost palivové nádrže	<ul style="list-style-type: none"> Vizuální zkouška Únik paliva z nádrže 	<ul style="list-style-type: none"> Výměna nádrže Přetěsněná přírub ventilů 	<ul style="list-style-type: none"> Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Nedodržení revize nádrže	<ul style="list-style-type: none"> Kontrola štítku s revizí 	<ul style="list-style-type: none"> Provedení revize nádrže Výměna tlakové nádrže 	<ul style="list-style-type: none"> Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Zanesení palivové nádrže	<ul style="list-style-type: none"> Menší kapacita nádrže Neustálé nečistoty v palivovém systému 	<ul style="list-style-type: none"> Čištění palivové nádrže Výměna palivové nádrže 	<ul style="list-style-type: none"> Tankování kvalitního LPG
Koroze nádrže vnitřní / vnější	<ul style="list-style-type: none"> Vizuální zkouška Revize tlakové nádrže 	<ul style="list-style-type: none"> Výměna tlakové nádrže Při vnější korozi lakování 	<ul style="list-style-type: none"> Dodržování pravidelných servisních prohlídek

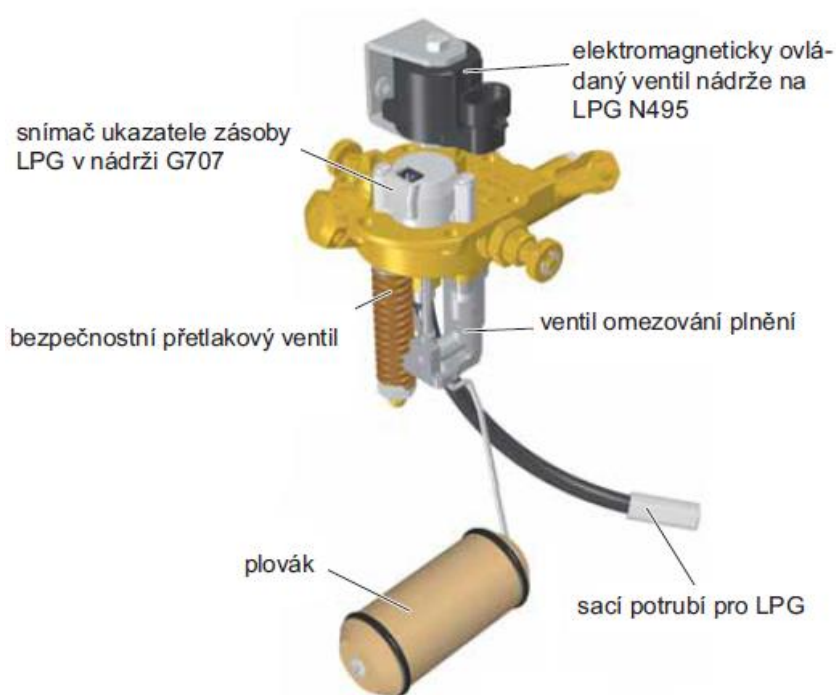
Tabulka 16: Poruchy palivové nádrže LPG

4.2.4 Multifunkční ventil nádrže na LPG

Ventil je integrován v dutině nádrže. K ventilu je přístup přes kryt dutiny.

Multifunkční ventil obsahuje:

- elektromagneticky ovládaný ventil nádrže N495
- ventil omezení plnění
- bezpečnostní přetlakový ventil
- snímač ukazatele zásoby plynu v nádrži G707



Obrázek 48: Multifunkční ventil. [6]



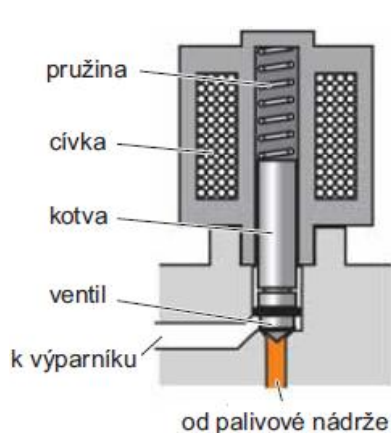
Obrázek 49: Umístění multifunkčního ventilu. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost multifunkčního ventilu kolem hrdla nádrže	- Únik plynu CNG z vysokotlaké nádrže	- Výměna těsnění multifunkčního ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

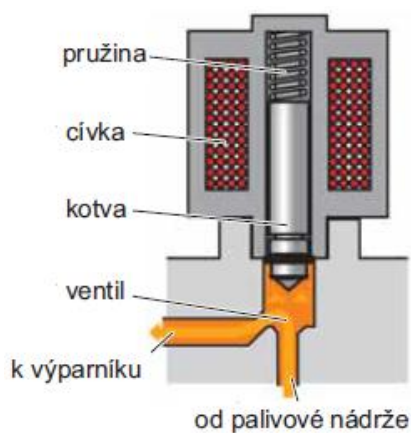
Tabulka 17: Poruchy multifunkčního ventilu

4.2.4.1 Elektromagneticky ovládaný ventil nádrže N495

Ventil N495 slouží k otevření či uzavření cesty plynu z nádrže do motorového prostoru. Ventil je řízen řídicí jednotkou systému LPG. Ventil je konstrukčně navržen tak, že bez napájení je v uzavřené bezpečnostní poloze. Uzavřená poloha nastává v případech vypnutí motoru, jízdy na benzín, při přerušení napájení anebo při aktivaci jednotky airbagů.



Obrázek 50: Uzavřený stav ventilu N495. [6]



Obrázek 51: Otevřený stav ventilu N495. [6]

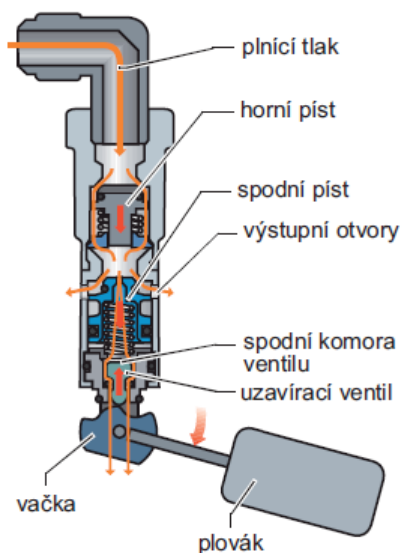
Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost elektromagnetického ventilu	- Únik plynu LPG z vysokotlaké nádrže	- Přetěsnění ventilu - Výměna elektromagnetického ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické části ventilu	- Vlastní diagnostika - Výpadky provozu na LPG, při částečně pootevřeném ventilu - Nemožnost jízdy na LPG	- Výměna elektronické části ventilu	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 18: Poruchy ventilu N495

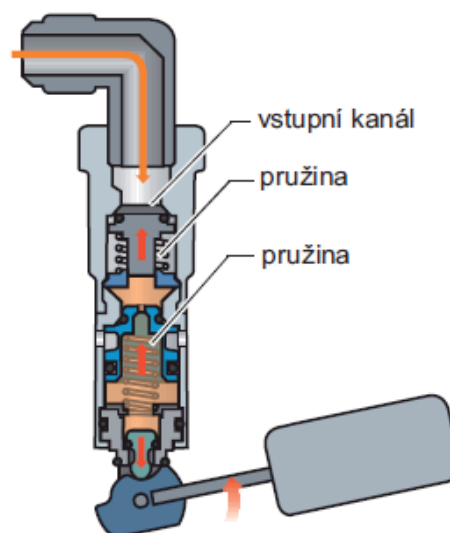
4.2.4.2 Ventil omezení plnění

Tento ventil zastavuje plnění plynu při dosažení 80% kapacity nádrže.

Při tankování plnicí tlak stlačí horní píst a následně spodní píst dolů. Stlačený spodní píst uvolní otvory, kterými plyn proudí do nádrže. Spodní píst má uprostřed malý otvor, skrz který proudí plyn kolem otevřeného uzavíracího ventilu do nádrže. Pokud dojde k 80 % naplnění nádrže, plovák uzavře uzavírací ventil. Plyn vytvoří ve spodní komoře ventilu tlak, který společně s pružinou zdvihne spodní píst nahoru. Spodní píst uzavře plnicí otvory, vytvoří se protitlak, který zaznamená plnicí zařízení a následně zastaví plnění. Po odpojení plnicího zařízení, unikne tlak z přívodního potrubí a pružina vytlačí horní píst, který uzavře vstupní kanál.



Obrázek 52: Zastavovací ventil plnění otevřený stav. [6]



Obrázek 53: Zastavovací ventil plnění uzavřený stav. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zaseknutí ventilu v otevřené poloze	- Únik plynu LPG během tankování skrz bezpečnostní přetlakový ventil při dosažení maximálního redukovaného tlaku v nádrži	- Výměna ventilu omezení plnění - Výměna celého multifunkčního ventilu	- Tankování kvalitního paliva LPG
Zaseknutí ventilu v uzavřené poloze	- Nemožnost natankování paliva LPG	- Výměna ventilu omezení plnění - Výměna celého multifunkčního ventilu	- Tankování kvalitního paliva LPG

Tabulka 19: Poruchy ventilu omezení plnění

4.2.4.3 Bezpečnostní přetlakový ventil

Ventil slouží pro ochranu nádrže, před náhlým extrémním tlakem, který by mohl vzniknout v nádrži.

Pokud tlak v nádrži naroste přes hodnotu 2,75MPa, mechanicky otevře přetlakový ventil, který odpustí přebytečný tlak do prostoru uložení multifunkčního ventilu, kde je svedeno plastovým odvětrávacím potrubím mimo vozidlo.



Obrázek 54: Přetlakový ventil. [6]



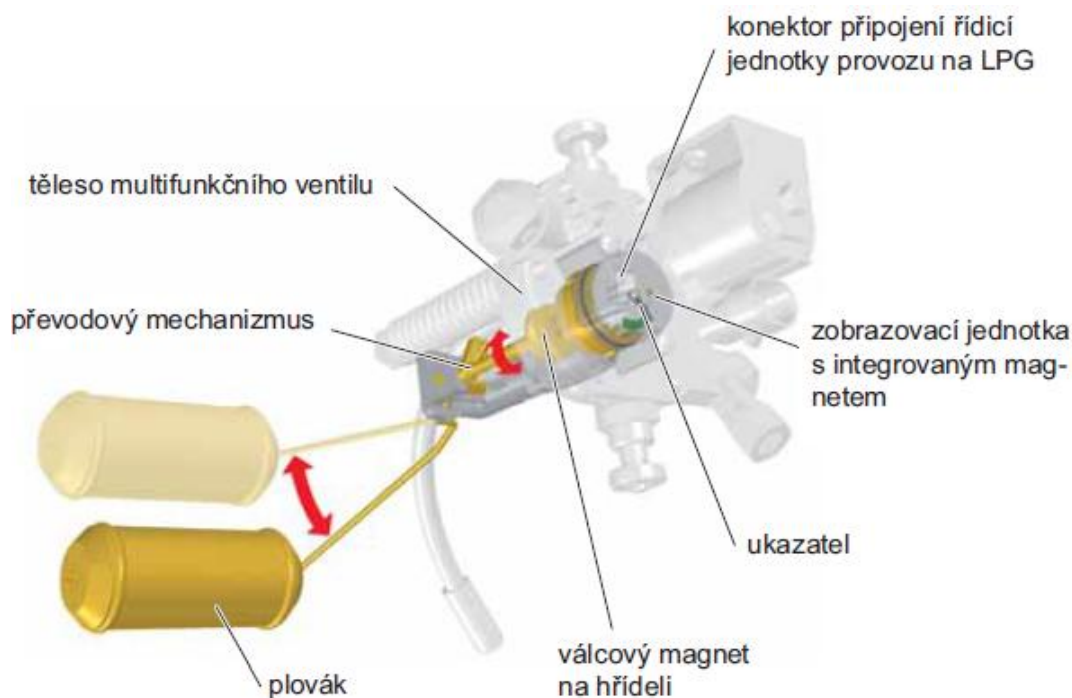
Obrázek 55: Umístění bezpečnostního přetlakového ventilu + odvětrávací potrubí. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost bezpečnostního přetlakového ventilu	- Únik plynu LPG z nádrže krs odvětrávací pastovou trubici	- Výměna bezpečnostního přetlakového ventilu - Výměna celého multifunkčního ventilu	- Dodržování každoročních revizí systému LPG! - Tankování kvalitního paliva LPG
Nemožnost otevření bezpečnostního přetlakového ventilu	- Nemožnost natankování paliva LPG	- Výměna ventilu omezení plnění - Výměna celého multifunkčního ventilu	- Dodržování každoročních revizí systému LPG! - Tankování kvalitního paliva LPG

Tabulka 20: Poruchy bezpečnostního tlakového ventilu

4.2.4.4 Snímač ukazatele zásoby plynu v nádrži G707

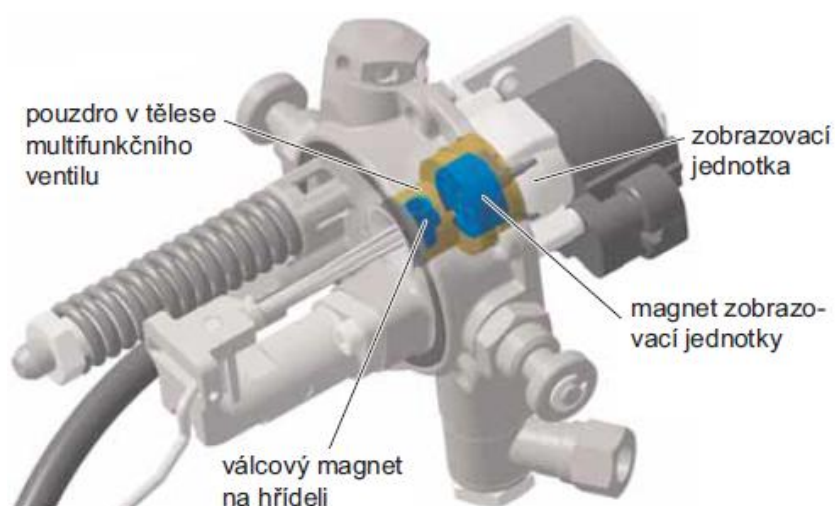
Celé měřicí zařízení se nachází uvnitř plynové nádoby a je součástí multifunkčního ventilu. Měřicí zařízení umožňuje dvojitý způsob zobrazení množství plynu v nádrži. První způsob je čistě mechanický, druhý elektronický.



Obrázek 56: Měřicí mechanismus snímače ukazatele zásoby LPG. [6]

Princip měřicího zařízení

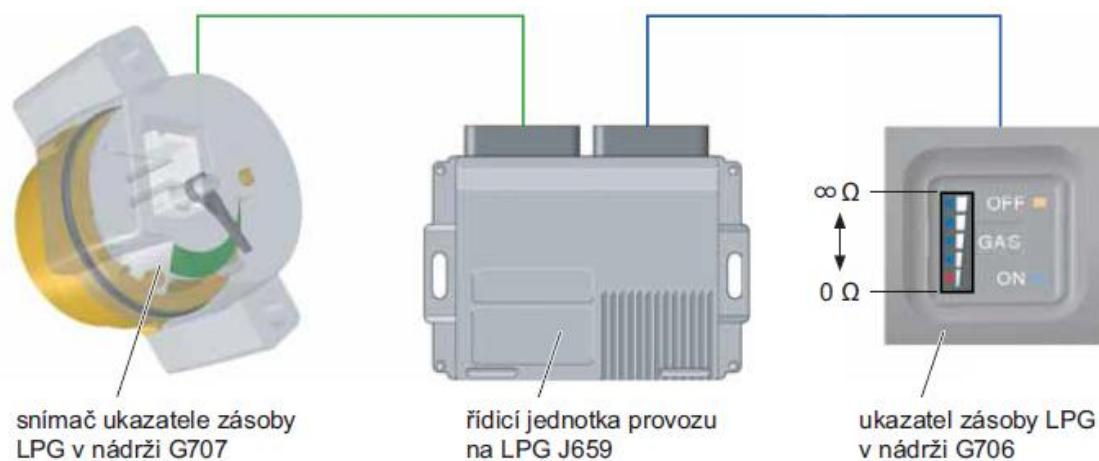
Podle hladiny plynu v nádrži se mění poloha plováku. Plovák vykonává posuvný pohyb, který je pomocí soustavy pak měněn v převodovém mechanismu na pohyb otáčivý. Na konci převodového mechanismu vychází hřídel, na které je osazen magnet. Konec hřídele s válcovým magnetem je vložen do pouzdra v tělese ventilu. V zobrazovací jednotce se nachází druhý magnet. Magnety jsou od sebe odděleny izolačním prostorem a tak vytváří bezkontaktní magnetické spojení. Tento bezkontaktní způsob vylučuje možnost úniku plynu z nádrže. Poloha ukazatele je dána polohou plováku. Mechanický ukazatel množství plynu v nádrži, je namontován z bezpečnostního důvodu.



Obrázek 57: Bezkontaktní magnetické spojení. [6]

Elektronický ukazatel zásoby paliva v nádrži G706

Je grafický palivoměr namontován uvnitř vozu, kde informuje uživatele o množství paliva v nádrži. Palivoměr je řízen řídicí jednotkou LPG J659. Tato jednotka získává signál od snímače G707. Snímač G707 je osazen odporovou maticí, která je napájena z řídicí jednotky a v závislosti na měnícím se odporu ($0 - \infty$) přepočítává množství LPG v nádrži.



Obrázek 58: Elektronické schéma ukazatele paliva G706. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zaseknutí plováku nebo zadření převodového mechanismu	<ul style="list-style-type: none"> - Klamavé údaje o stavu paliva - Palovo je zobrazováno neustále v jedné pozici - Pokud je plovák zaseknut na minimum, tak po dotankování paliva nelze přepnout na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna celého převodového mechanismu včetně plováku - Výměna celého multifunkčního ventilu 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního paliva LPG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Nefunkčnost zobrazovací jednotky s integrovaným magnetem	<ul style="list-style-type: none"> - Klamavé údaje o stavu paliva - Palovo je zobrazováno neustále v jedné pozici - Pokud je plovák zaseknut na minimum, tak po dotankování paliva nelze přepnout na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna zobrazovací jednotky s integrovaným magnetem - Výměna celého multifunkčního ventilu 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního paliva LPG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

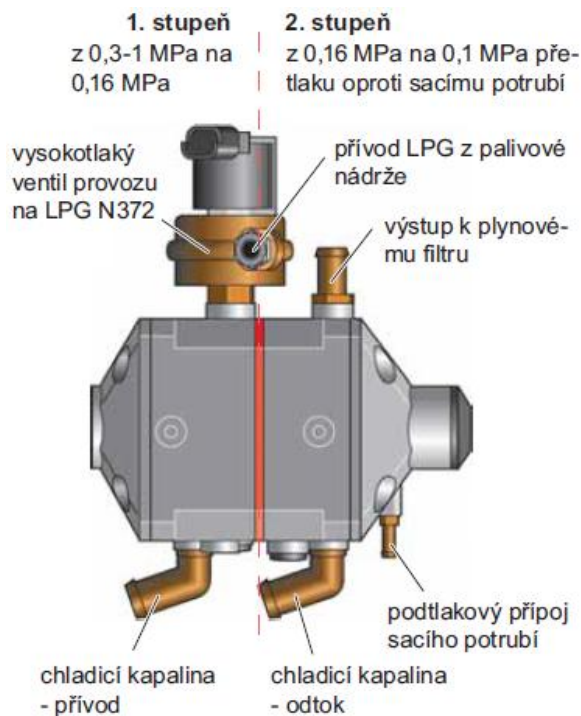
Tabulka 21: Poruchy snímače ukazatele zásoby plynu

4.2.5 Výparník (regulátor tlaku)

Ve výparníku se mění LPG z kapalné fáze na plynnou. Výparník slouží ke změně přetlaku plynu z cca 1MPa na 0,1MPa. Změna tlaku plynu probíhá ve výparníku ve dvou stupních. Výparník je dále napojen na chladicí okruh motoru, aby nedocházelo k tvorbě vlhkosti a námrazy uvnitř výparníku. Dále je na výparníku osazen vysokotlaký ventil provozu na LPG N372.

Technické údaje:	
Typ	Dvoustupňový výparník s membránou
Pracovní tlak	0,095 – 0,11 MPa
Max. pracovní tlak	0,35 MPa
Hmotnost	1450 g
Provozní jmenovitá průchodnost	40 kg/h
Pracovní teplota	-20 °C - + 120 °C

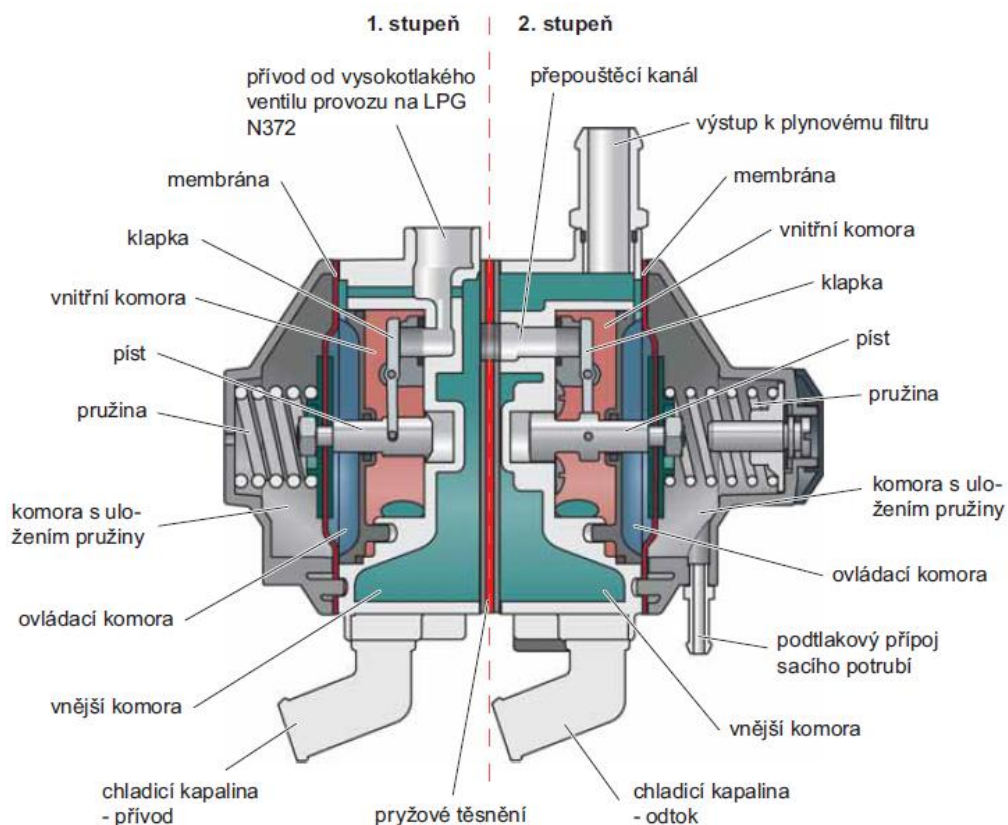
Tabulka 22: Technické údaje výparníku



Obrázek 59: Výparník. [6]

Konstrukce výparníku

Výparník tvoří dva stupně. Každý stupeň se skládá ze tří komor. Komory jsou navzájem propojeny prepouštěcím kanálem. V každé komoře je píst napojený na membránu s tlačnou pružinou. V komoře membrány prvního stupně je atmosférický tlak. V komoře membrány druhého stupně je tlak sacího potrubí. Chladičí okruh je oddělen od plynového pomocí pryžového těsnění.

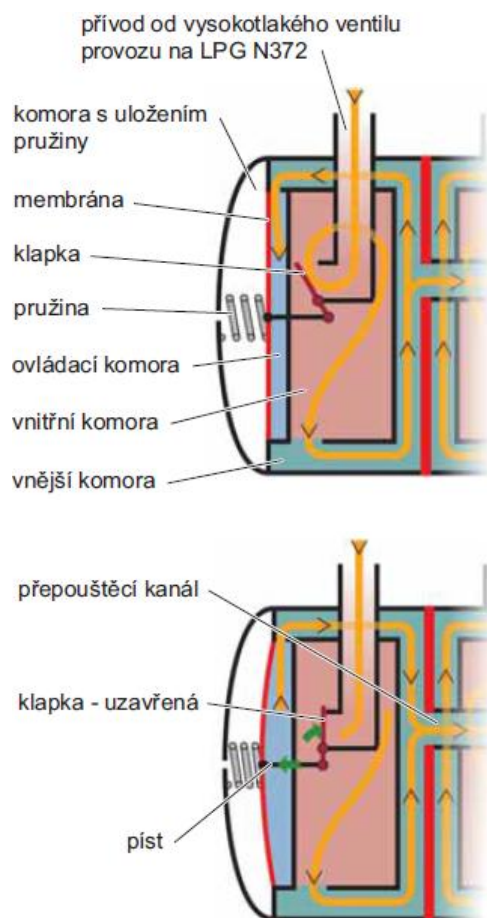


Obrázek 60: Řez výparníku. [6]

Funkce:

První stupeň

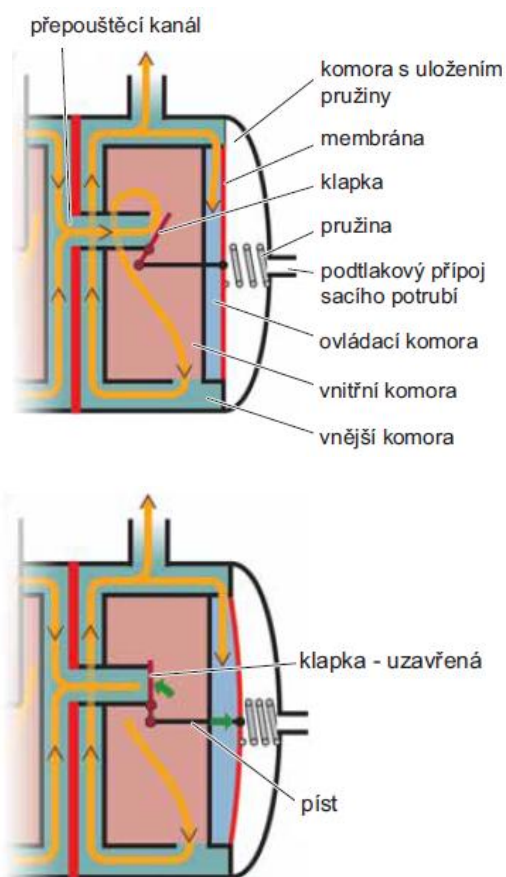
Elektromagnet N372 otevře přívod plynu do regulátoru. Kapalné LPG vstupuje do vnitřní komory o tlaku maximálně 1MPa. Klapka vstupu je otevřena. Plyn proudí přes vnější komoru do ovládací komory. Plyn expanduje. Membrána je ovlivňována předdefinovaným předpětím pružiny a atmosférickým tlakem. Pokud tlak plynu v ovládací komoře stoupne na hodnotu 0,16 MPa, membrána se stlačí a pohyb pístu uzavře přívod kapalného LPG. Kapalné LPG může dále v prvním stupni expandovat a přepouštěcí kanál vstupovat do druhého stupně. Tím klesne tlak, který působí na membránu, pružina membránu s pístem stlačí zpět a píst otevře přívod LPG. Tímto způsobem je tlak v prvním stupni regulován z hodnoty 1 MPa na hodnotu 0,16 MPa.



Obrázek 61: Systém prvního stupně. [6]

Druhý stupeň

Kapalné LPG ve druhém stupni dále expanduje. Druhý stupeň zajišťuje snížení přetlaku na 0,1 MPa oproti tlaku v sacím potrubí. Druhý stupeň je technicky shodný s prvním stupněm až na jeden rozdíl. Membrána na straně pružiny není spojena s atmosférickým tlakem, jako je tomu u prvního stupně, ale je napojena na podtlak v sacím potrubí. Toto řešení zajišťuje právě přetlak 0,1 MPa oproti tlaku v sacím potrubí v každé režimu motoru.



Obrázek 62: Systém druhého stupně. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zatuhnutí / zaseknutí prvního / druhého stupně	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na LPG - Pokles tlaku = náhlé přepnutí na benzínový pohon při jízdě na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna prvního / druhého stupně výparníku - Výměna celého výparníku 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu CNG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Netěsnost plynné části regulátoru	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Unik plynu CNG při jízdě - Nedostatečný tlak ve výparníku = nemožnost jízdy na LPG - Pokles tlaku = náhlé přepnutí na benzínový pohon při jízdě na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Přetěsnění / výměna dané části výparníku - Výměna celého výparníku 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

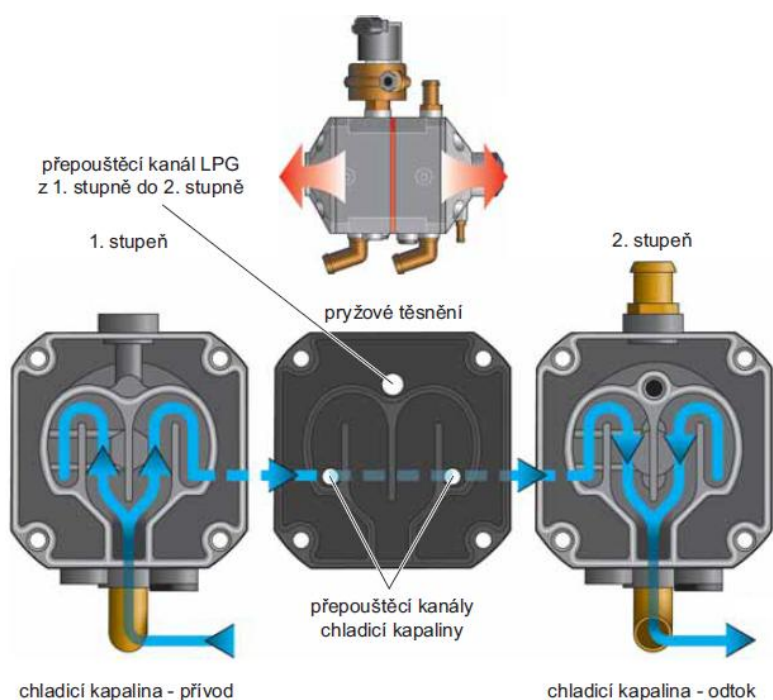
Tabulka 23: Poruchy výparníku

Chladicí okruh kapaliny:

Konstrukce

Chladicí okruh kapaliny je integrován uvnitř výparníku. Okruh se rozděluje na první a druhý stupeň. Mezi jednotlivými stupni je vloženo gumové těsnění. Kapalina se z prvního okruhu do druhého okruhu dostává skrz přepouštěcí kanály, které jsou součástí pryžového těsnění.

Přípoje chladicího okruhu jsou připojené k chladicímu systému motoru. Při expanzi kapalného LPG dochází k ochlazení výparníku a hrozí jeho zamrznutí, proto je chladicí okruh výparníku připojen ještě před výměníkem tepla. Teplá chladicí kapalina od motoru proudí do výparníku a tím ho chrání před zamrznutím.



Obrázek 63: Chladicí okruh. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost chladicího okruhu ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Prolínání chladicí kapaliny do okolí - Ztráta chladicí kapaliny z chladicího okruhu 	<ul style="list-style-type: none"> - Přetěsnění šroubení přípojek - Přetěsnění hadic chladicího okruhu - Výměna pryžového těsnění 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Prolínání chladicí kapaliny do prostoru 1. a 2. stupně	<ul style="list-style-type: none"> - Bílý kouř z výfukové soustavy - Nepravidelný chod motoru 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna pryžového těsnění 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

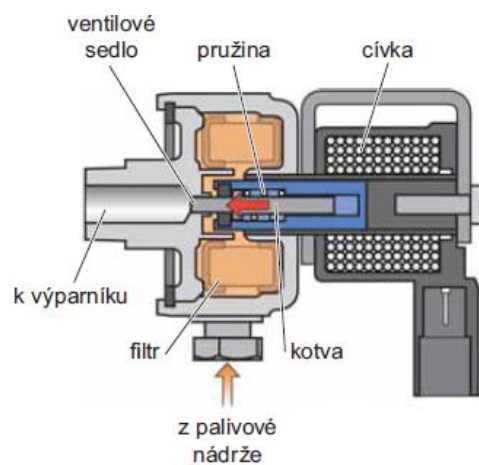
Tabulka 24: Poruchy chladicího okruhu kapaliny

4.2.6 Elektromagneticky ovládaný vysokotlaký ventil LPG N372

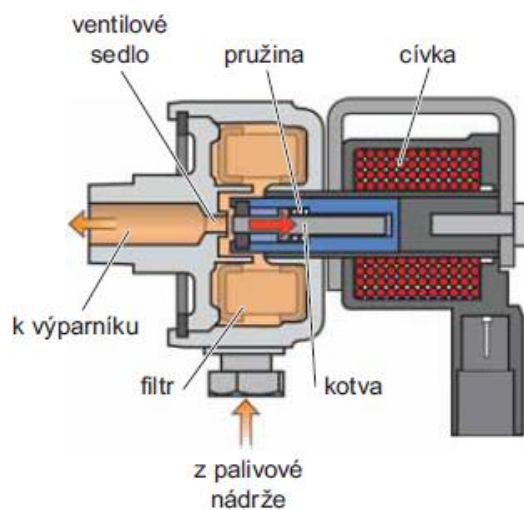
Je umístěn před vstupem tekutého LPG do výparníku. Ventil přerušuje dodávku LPG z palivové nádrže do výparníku. Uvnitř ventilu je vložen jemný filtr zamezující průniku nečistot z kapalného LPG do výparníku. Ventil pracuje na stejné bázi jako ventil nádrže N495.

Funkce:

Elektromagnetický ventil ovládá pomocí napájení řídicí jednotka motoru J659. Pokud není ventil napájen od řídicí jednotky motoru, je v uzavřené poloze. Uzavřenou polohu zajišťuje tlačná pružina. Řídicí jednotka přeruší napájení vždy při vypnutí motoru, přepnutí provozu na benzín nebo při aktivaci jednotky airbagů. Pokud ani jeden z těchto faktorů nenastane, řídicí jednotka napájí elektromagnet. Napětím vybuzené elektromagnetické pole přitáhne kotvu ventilu proti síle pružiny a otevře tak přívod tekutého LPG do výparníku.



Obrázek 64: Ventil N372 – uzavřený stav. [6]



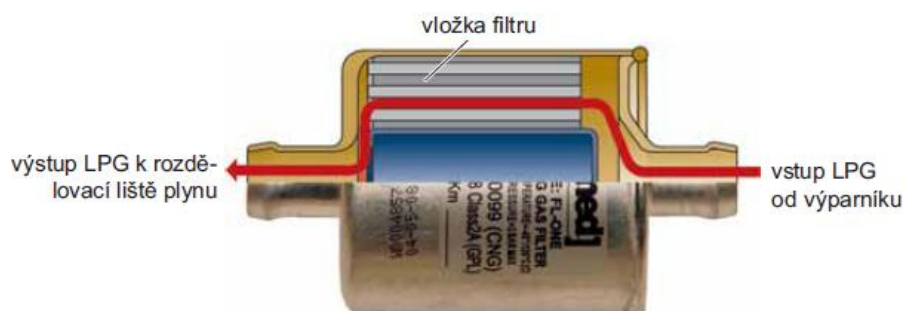
Obrázek 65: Ventil N372 – otevřený stav. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost elektromagnetického ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Únik plynu LPG - Snížený dojezd na natankované palivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna elektromagnetického ventilu N372 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické části ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna elektromagnetického ventilu N372 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 25: Poruchy ventilu N372

4.2.7 Filtr LPG

Pokud by plynné LPG obsahovalo částice nečistot, je vložen mezi výparníkem a rozdělovací lištou filtr, který plyn těchto částic zbaví.



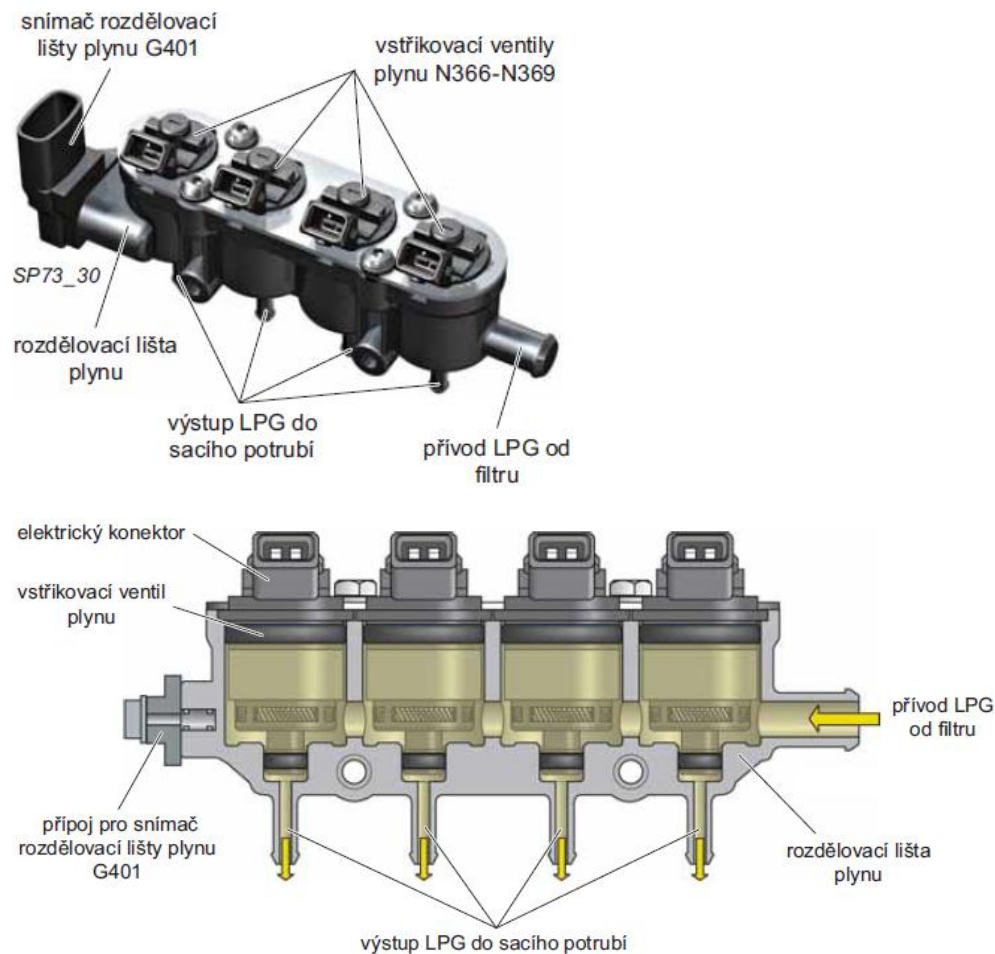
Obrázek 66: Filtr. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Zanesení filtru LPG	<ul style="list-style-type: none"> - Nemožnost jízdy na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna filtru 	<ul style="list-style-type: none"> - Filtr měnit dle předepsaného intervalu - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 26: Poruchy filtru

4.2.8 Rozdělovací lišta plynu se vstřikovacími ventily plynu

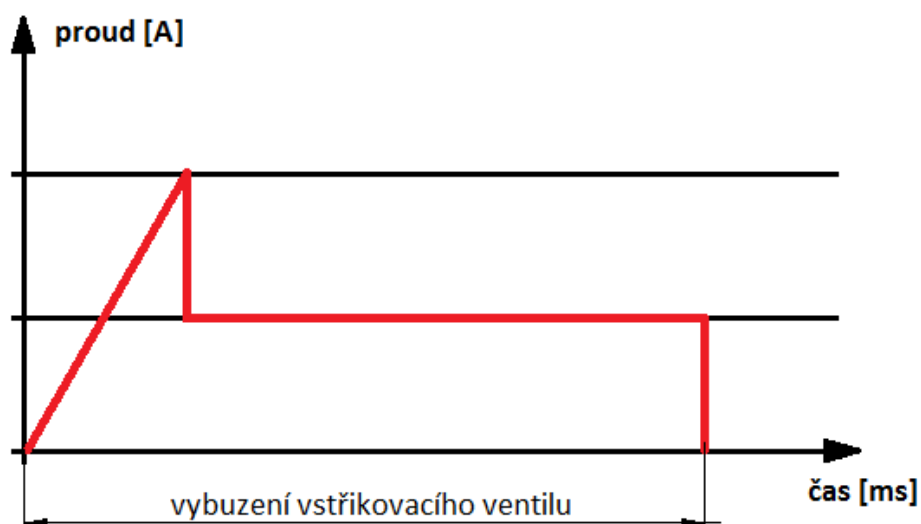
Rozdělovací lišta se nachází na sacím potrubí motoru. V liště je umístěn snímač rozdělovací lišty plynu G401 a čtyři elektricky ovládané ventily plynu. Plyn LPG je přiváděn do rozdělovací lišty přes filtr LPG z výparníku. Vstřikovací ventily ovládá řídicí jednotka LPG. Přesně odměřená dávka plynu je vedena gumovými hadicemi do sacího potrubí motoru.



Obrázek 67: Rozdělovací lišta se vstřikovacími ventily. [6]

4.2.9 Vstřikovací ventily plynu N366-N369

Vstřikovací ventily plynu se vyznačují stabilní a jednoduchou konstrukcí, jednoduchou montáží a dlouhou životností kolem 290 milionů cyklů. Aby se zamezilo soplezení LPG, je vstřikovací ventil osazen relativně velkými cívkami. Řídící jednotka LPG J659 ovládá ventily signálem s pulzní šířkovou modulací (PWM).



Obrázek 68: Proudová charakteristika PWM

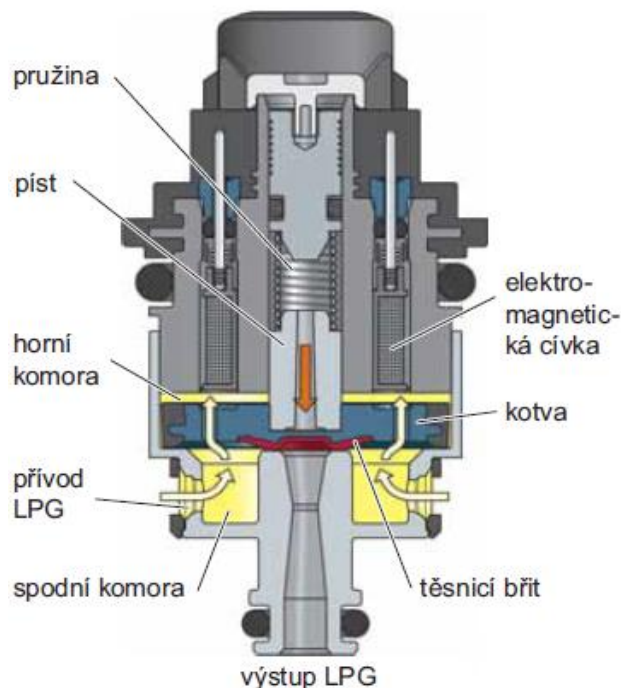
Technické údaje	
Reakční doba	1,7 ms \pm 0,2
Pracovní teplota	- 40 °C - + 120 °C
Max. pracovní tlak	0,3 MPa

Tabulka 27: Technické údaje vstřikovacího ventilu

Funkce vstříkovacího ventilu:

Deaktivovaný stav

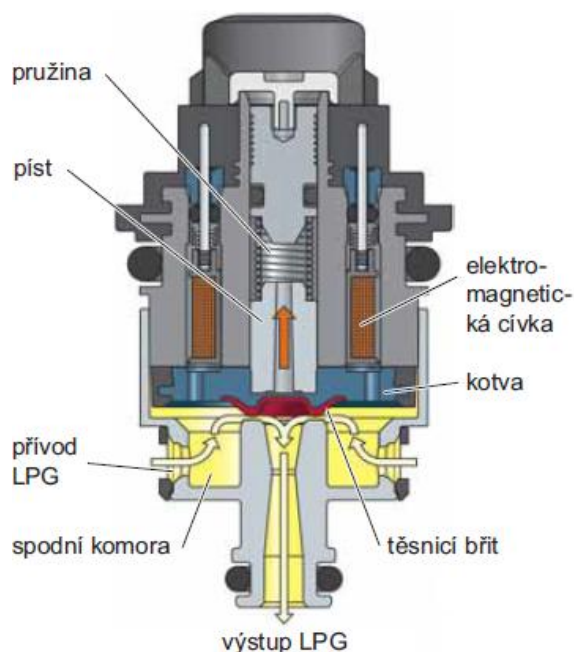
Není-li vstříkovací ventil napájen, je v uzavřené poloze. Píst s kotvou a těsnícím břítem je stlačen silou pružiny. Plyn z rozdělovací lišty může proudit do spodní komory a dále otvory v kotvě do horní komory. Tím se tlaky pod pístem a nad pístem vyrovnají a tudíž nemůže dojít k samovolnému přetlačení pružiny od tlaku plynu LPG.



Obrázek 69: Vstříkovací ventil - deaktivovaný stav. [6]

Aktivovaný stav

Je-li vstříkovací ventil vybuzen signálem PWM od řídicí jednotky J659, vytvoří se na elektromagnetické cívce elektromagnetické pole, které překoná sílu pružiny a přitáhne kotvu s těsnícím břítem. LPG tak může proudit z horní komory přes otvory v kotvě zpět do spodní komory a dále výstupním otvorem gumovou hadicí k sacímu potrubí.



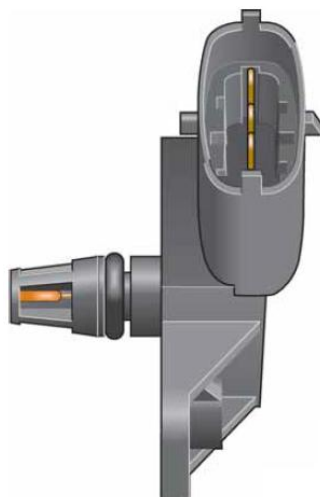
Obrázek 70: Vstříkovací ventil – aktivovaný stav. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Netěsnost vstříkovacího ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na LPG - Snížený dojezd na natankované palivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Odzkoušení vstříkovače na testovací stolici - Výměna vstříkovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu LPG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Závada elektronické části ventilu	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na LPG 	<ul style="list-style-type: none"> - Odzkoušení vstříkovače na testovací stolici - Výměna vstříkovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu LPG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek
Částečné / úplné zanesení vstříkovače	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost jízdy na LPG - Nepravidelný chod motoru 	<ul style="list-style-type: none"> - Odzkoušení vstříkovače na testovací stolici - Výměna vstříkovače 	<ul style="list-style-type: none"> - Tankování kvalitního plynu LPG - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 28: Poruchy vstříkovacího ventilu

4.2.10 Snímač rozdělovací lišty plynu G401

Snímač G401 měří teplotu a tlak LPG. Naměřené hodnoty slouží k výpočtu a k řízení doby otevření vstříkovacích ventilů plynu. Dobu, kdy je nutné přepnout na benzínový pohon, vyhodnotí signál tlaku, při zaneseném filtru LPH, poklesu tlaku LPG v systému, nebo nedostatečném množství LPG v palivové nádrži.



Obrázek 71: Snímač G401. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Závada elektronické části snímače G401	- Vlastní diagnostika	- Výměna snímače tlaku G400	- Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 29: Poruchy snímače G401

4.2.11 Přepínač druhu paliva E395 a ukazatel zásoby LPG v nádrži G706

Přepínač druhu paliva E395 a ukazatel zásoby LPG v nádrži G706 se nachází v interiéru vozidla umístěném na středovém tunelu mezi řadicí pákou a ruční brzdou. Přepínač E395 a ukazatel zásoby LPG G706 jsou integrovány do jednoho spínače. S příchodem inovované verze byl spínač rozdělen. Ukazatel zásoby LPG G706 byl umístěn do kapličky přístrojů a přepínač druhu paliva E395 mezi ostatní tlačítka pod voličem topení.

Ukazatel zásoby LPG v nádrži G706:

U starší verze je řešen pomocí stupnice tvořených z modrých diod a jedné červené diody. Červená dioda signalizuje nízkou hladinu LPG v nádrži. U novější verze je ukazatel řešen analogově, stejně jako ukazatel zásoby benzínu.



Obrázek 72: Ukazatel zásoby LPG – diody. [6]



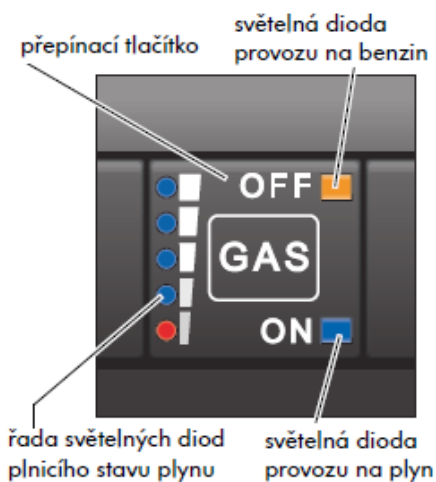
Obrázek 73: Ukazatel zásoby LPG – analogové řešení. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Závada elektronické části ukazatele zásoby paliva LPG G706	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nepřesné zobrazení skutečné zásoby paliva v nádrži 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna ukazatele zásoby paliva LPG G706 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 30: Poruchy ukazatele zásoby G706

Přepínač druhu paliva E395:

Na přepínači druhu paliva se může volit mezi jízdou na LPG nebo jízdou na benzín. Přepínač obsahuje dvě světelné diody, modrou a oranžovou. Modrá signalizuje provoz na LPG, oranžová provoz na benzín. Přepínání mezi režimy může probíhat i při jízdě. Start vozidla probíhá vždy na benzín.



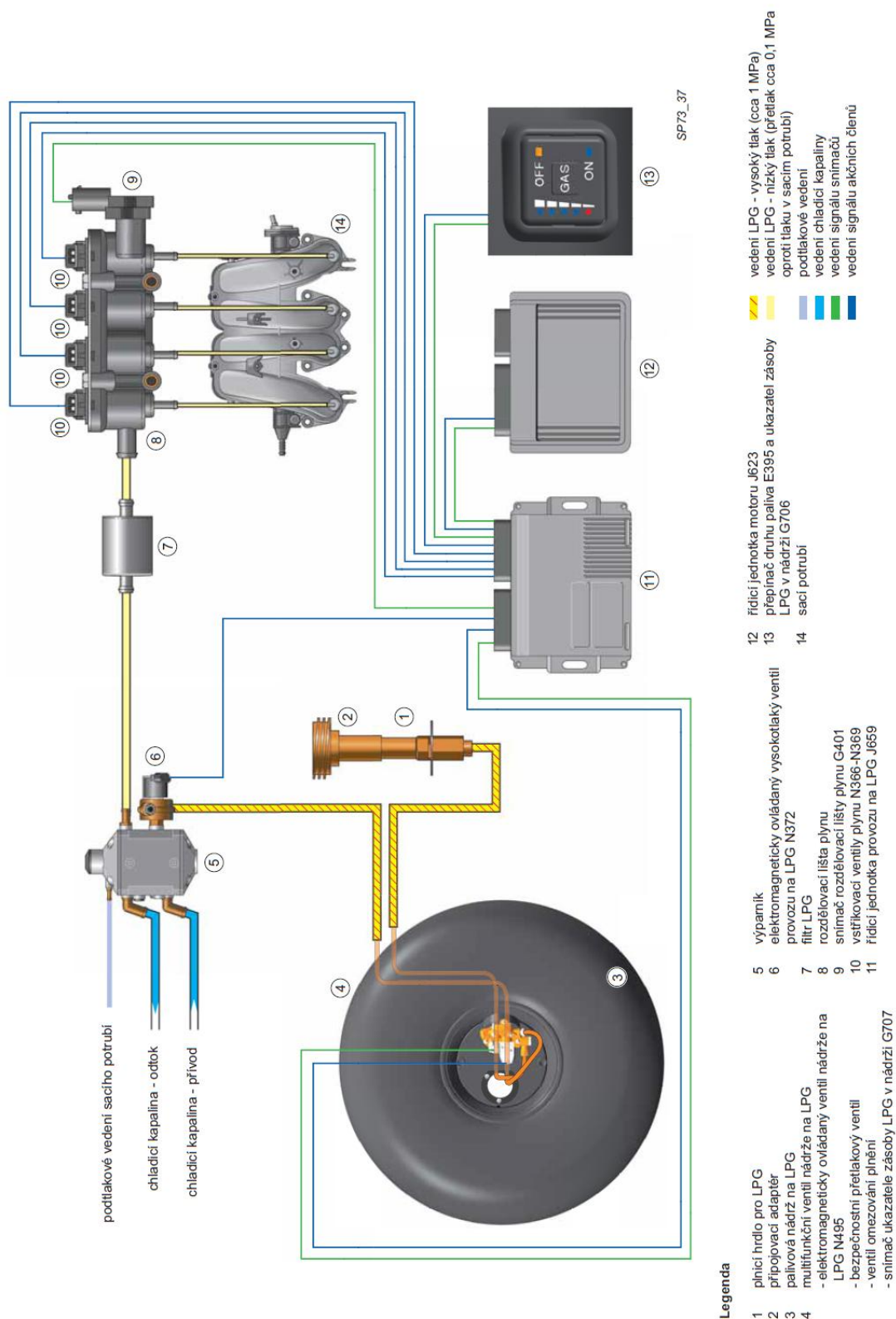
Obrázek 74: Sdružený přepínač E395. [6]



Obrázek 75: Přepínač E395. [6]

Závada	Diagnostikování	Oprava	Prevence
Závada elektronické části přepínače E395	<ul style="list-style-type: none"> - Vlastní diagnostika - Nemožnost přepnutí mezi palivy 	<ul style="list-style-type: none"> - Výměna přepínače E395 	<ul style="list-style-type: none"> - Dodržování pravidelných servisních prohlídek

Tabulka 31: Poruchy přepínače E395



Obrázek 76: Schéma systému LPG. [6]

5. Technické zhodnocení variant

Jak systém CNG tak systém LPG není po technické stránce nijak složitý. Oba systémy jsou si velmi podobné, až by se dalo říct, že jsou na první pohled shodné. Z technického hlediska je každý systém navržen tak, aby co nejlépe fungoval s daným palivem. Každé palivo má své specifické vlastnosti, ať už kladné nebo záporné, které působí v celém palivovém systému. Z diagnostického hlediska se jeví systém jako velmi spolehlivý. Problémy, které by mohly nastat nebo dokonce nastanou, jsou velmi lehce diagnostikovány a uvedeny do správné funkce. Problémy které nastávají u jednotlivých komponentů, jsou z převážné míry způsobeny kvalitou natankovaného paliva anebo mechanickým poškozením od hrubého zacházení. Jen v málo konkrétních případech za nefunkčnost systému může mechanická či elektronická chyba. Při porovnání zde uvedených systémů vyplývá, že systém CNG je pro uživatele bezpečnější, jelikož celý systém je nainstalován mimo kabinu vozu. Tudíž je maximálním způsobem zajištěna ochrana posádky při jakémkoliv míře úniku plynu oproti LPG systému, kde je nádrž s palivem umístěna v místě pro rezervní kolo, tudíž uvnitř vozu. Jednoduchost celého systému, také spočívá v tom, že palivo, je pod neustálým tlakem a jeho doprava do spalovacích prostor probíhá samovolně za pomoci zcela mechanického reduktoru (CNG), výparníku (LPG) a několika elektronických ventilů. Životnost a technická náročnost plynového provozu se může srovnat s benzínovým provozem. Při srovnání plynového pohonu s dieselovým pohonem, je jasným vítězem plynový pohon, pro svou jednoduchost, oproti dnešním technicky velmi náročným a složitým systémům u dieselového pohonu.

Provoz na CNG palivo je podmíněné bezporuchovým palivovým systémem a dostatkem paliva v CNG nádržích. Pokud by v systému nastala jakákoliv chyba, nebo jen došlo CNG palivo, je provoz automaticky přepnut na benzínový provoz. Provoz CNG je plně automatický a uživatel vozidla do něj nemůže nikterak zasáhnout.

Provoz na LPG palivo je taktéž podmíněn bezporuchovým systémem a dostatkem paliva v LPG nádrži. Pokud by v systému nastala jakákoliv chyba, nebo jen došlo LPG palivo, je provoz automaticky přepnut na benzínový provoz. Provoz CNG je plně automatický s možností manuálního přepínání mezi jednotlivými palivy.

6. Závěr

Dnešní člověk má „strach“ z něčeho nového a nepřírozeného pro jeho standardní okolí. Takto jsou především i vnímána plynná paliva pro motorová vozidla. Moderní člověk si řekne, že automobil vždy jezdil jen na benzín nebo naftu a plynem se přece topilo a vařilo. Proto většinou při výběru nového vozu sáhne po konvenčních palivech. Největší nevýhodou pro plynná paliva jsou čerstvé vzpomínky uživatelů na dobu opětovného znovu rozšíření tohoto paliva mezi lidi. Koncem 90. let kdy byly schváleny hromadné přestavby vozidel na zemní plyn, začali i problémy spojeny s tímto palivem. Těch „největších“ problémů, které zůstaly v paměti člověka dodnes, bylo hned několik a to umístění plynové nádrže do kufru vozidla, kde zabírala až dvě třetiny z celkové kapacity kufru, další problém spočíval v nízké infrastruktuře čerpacích stanic a poslední velký problém byl nadměrné opotřebování až zadírání sacích ventilů z důvodu suchosti paliva. Toto jsou nejčastější výmluvy a důvody dnešního člověka, ale výhody, které palivo přinášelo už v počátcích, jako jsou nižší náklady na provoz, daleko lepší kultivovanost běhu motoru a v první řadě spolehlivost celého systému už dnešní člověk nevidí.

Doba však pokročila a dnes jsme o 15 let jinde. Ale vzpomínky přesto zůstávají. Bakalářská práce je hlavně zaměřena na diagnostický rozbor vstříkovací soustavy vozidla pro plynné PHM, ale dále také mapuje vše ohledně těchto paliv. V první části práce je zmapována historie použití a vývoje plynného pohonu. Druhá část práce představuje dvě nejvyužívanější plynná paliva CNG a LPG. Třetí část práce je zaměřena na vstříkovací systémy plynných paliv. Systémy jsou technicky popsány od nejstarších jednoduchých až po nejnovější složité systémy. Ve čtvrté části jsou kompletně popsány a diagnostikovány dvě palivové soustavy vozidla pro plynné PHM. První popsaná vstříkovací soustava je pro palivo CNG. Druhá popsaná vstříkovací soustava je pro palivo LPG. Celá vstříkovací soustava je složena z více součástí. Každá součástka je podrobně popsána z hlediska jednotlivých dílů a své funkce. Následně je kompletně diagnostikována na možné vyskytující se závady a ke každé závadě jsou napsána doporučení na jejich opravu popřípadě prevence jak závadě předejít. V Páté části je pak zhodnocení technických variant.

Čtvrtá část bakalářské práce je nejdůležitější. V této části jsou popsány a diagnostikovány dva nejmodernější sériově montované systémy koncernu VW. Systémy jsou konkrétně představeny na sériově vyráběných vozech Škoda Octavia II. a III. generace. Tato část vyvrací většinu mýtů, které má dnešní člověk spojené s tímto pohonem. Palivová nádrž už není montována na nevzhledném rámu uvnitř kufru vozidla, ale je nýbrž uložena v místě rezervy, kde je rezerva nahrazena lepicí sadou v případě systému LPG a nebo jsou nádrže zcela umístěny pod podlahou vozu v případě CNG. Automobily se sériově montovaným systémem na plynná paliva mají upravenou mechaniku motoru, protože vysoká účinnost spalování a nulové mazací schopnosti plynu zvyšují namáhání motoru. Úpravy motoru pro palivo CNG spočívají v úpravě pístů a pístních kroužků, časování vačkového hřídele, ventilů, vodítka ventilů, těsnění dříku ventilů, kroužků sedel ventilů, vysokotlakých vstříkovacích ventilů a turbodmychadla. Životnost takto upraveného motoru je stejná jako u čistě benzínového motoru. Pro palivo LPG je použit motor 1.6 FlexFuel (E85) s kódovým označením CCSA. Tento motor nevyžaduje žádná mechanická přizpůsobení pro provoz na LPG.

Také malá infrastruktura čerpacích stanic už není zdaleka pravdou. LPG stanice je součástí skoro každé čerpací stanice a po celé České republice je jich rozmístěno nad 860 plnicích

stanic LPG. Čerpacích stanic na CNG je také ve srovnání s předchozími roky o dost více. Na území České republiky jich je 87. Trend CNG stanic je v současné době rozvíjející a do budoucna jich bude na území České republiky řádově 150 – 200. Což zajistí plný komfort pro uživatele CNG vozů.

V poslední řadě je největším trumfem plyných paliv ekonomika provozu. V případě CNG paliva, které je nejbližší budoucností jsou náklady na jeden kilometr v průměru 1 – 1,3 Kč dle typu automobilu. 1 kg plynu je ekvivalentem 1,5 l benzínu. Zde je vidět, že například 15 l benzínu stojí cca 495 Kč a nájezdová vzdálenost na něj je 200 km při spotřebě \varnothing 7,5 l/100 km to se rovná 2,48 Kč na jeden ujetý kilometr. 15 kg plynu stojí cca 390 Kč a nájezdová vzdálenost na něj je 384 km při spotřebě \varnothing 3,9 kg/100 km to se rovná 1 Kč na jeden ujetý kilometr. Pro srovnání Octavia G-tec stojí 441900 Kč a srovnatelná Octavia na benzín stojí 425900 Kč. Rozdílných 16000 Kč se vrátí majiteli Octavie G-tec po ujetí 10811 kilometrů a pak už jen šetří.

Výsledkem této bakalářské práce je úplný rozbor vstříkovací soustavy pro plyná paliva a poukázání na jednoduchost, propracovanost a spolehlivost celého systému.

7. Seznam použitých zdrojů

7.1 Literární zdroje

- [1] JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *AUTOMOBILY – Příslušenství*. Brno: Avid, spol. s. r. o., 2008. ISBN 978-80-87143-08-7
- [2] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohony automobilů*. 1. Vydání. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-127-6
- [3] MOTEJL, Vladimír, HOREJŠ, Karel. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilu*. Brno: Littera, 2004. ISBN 978-80-85763-42-3
- [4] ŠKODA AUTO a.s. *EOBD*. Jen pro vnitřní potřebu v servisní síti ŠKODA.
- [5] ŠKODA AUTO a.s. *Systém CNG ve vozech ŠKODA AUTO*. Jen pro vnitřní potřebu v servisní síti ŠKODA.
- [6] ŠKODA AUTO a.s. *Systém LPG ve vozech ŠKODA*. Jen pro vnitřní potřebu v servisní síti ŠKODA.
- [7] ŠTĚRBA, Pavel. *AUTOMOBILY S POHONEM NA LPG*. Brno: CPRESS, 2013. ISBN 978-80-264-0148-3
- [8] ŠTĚRBA, Pavel, KRYŽICKÝ, Ondřej. *Jak na LPG*. Praha, Computer Press, 2002. ISBN 80-7226-734-5
- [9] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. ISBN 80-239-1602-5

7.2 Internetové zdroje

- [10] Historické fotografie plynného pohonu. [online]. [cit. 25. 10. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.cng.cz/cs/historie-130/>
- [11] Kompaktní čerpací stanice LPG. [online]. [cit. 30. 05. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.vpsr.cz/vystavba-cerpaci-stanice#lightbox>
- [12] Lenoirův výbušný motor. [online]. [cit. 28. 10. 2014]. Dostupné z WWW: http://auto.idnes.cz/prvni-vodikove-auto-je-starsi-nez-vsechna-na-benzin-je-mu-205-let-p7j-/automoto.aspx?c=A120221_011818_automoto_vok
- [13] Nádrž na LNG. [online]. [cit. 06. 12. 2014]. Dostupné z WWW: <http://oenergetice.cz/technologie/plynarenstvi/zkapalneny-zemni-plyn-lng/>
- [14] Nádrž LNG. [online]. [cit. 06. 12. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.cng.cz/cs/alternativni-pohonne-hmoty-126/>
- [15] Palivové systémy. [online]. [cit. 26. 10. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.autanaplyn.cz/typy-lpg-zarizeni>
- [16] Plnění CNG. [online]. [cit. 06. 12. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.jikovcng.cz/o-cng/technologie-plneni-a-plnici-stanice/>
- [17] Plnicí stanice LNG. [online]. [cit. 06. 12. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=7056>

- [18] Princip jednobodového vstřikování. [online]. [cit. 28. 10. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/mpi-multi-point-injection/>
- [19] Přímý vstřik CNG u dieslova motoru. [online]. [cit. 29. 10. 2014]. Dostupné u WWW: <http://bioage.typepad.com/.shared/image.html?/photos/uncategorized/cngdi.PNG>
- [20] Schéma přímého vstřikování CNG. [online]. [cit. 29. 10. 2014]. Dostupné z WWW: http://www.motor.com/newsletters/20120510/WebFiles/ID1_Ready4CNG.html
- [21] Schéma vícebodového sekvenčního vstřikování CNG. [online]. [cit. 08. 11. 2014]. Dostupné z WWW: https://www.google.cz/search?q=cng+sequential+injection+system&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=WbWGVe7ZGom8swHB2YGQCw&ved=0CAcQA-AQ&biw=1366&bih=641#imgsrc=qmNN0bkC6nO1wM%253A%3BCY_QuE16Uj1nmM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.lixunae.com%252Fimages%252Fduodian_en.jpg
- [22] Stabilní čerpací stanice LPG. [online]. [cit. 30. 05. 2015]. Dostupné z WWW: http://www.lpg.cz/archiv_a/vitogaz_litomysl.php
- [23] Typy vstřikovacích systémů. [online]. [cit. 26. 10. 2014]. Dostupné z WWW: http://www.automobilove-systemy.wz.cz/rizeni_auta.html
- [24] Vícebodové sekvenční vstřikování. [online]. [cit. 28. 10. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.karoto.gr/static/gallery/pm-filter-gasoline/indirect-injection.jpg>

Seznam použitých zkratek

CNG	Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn
LNG	Liquefied Natural Gas – zkapalněný zemní plyn
LPG	Liquefied Petroleum Gas – zkapalněný ropný plyn
EOBD	Euro-On-Board-Diagnose – slouží k diagnostice emisních systémů u osobních automobilů
PWM	Pulse Width Modulation – pulzně šířková modulace
PHM	Pohonné hmoty

Přílohy

Příloha č. 1: Historie plynu v čase

Metan byl poprvé v historii použit v Ottově spalovacím motoru v roce 1872.

V brzké době se začaly uplatňovat také kapalně pohonné hmoty a to zpočátku petrolej (1863), benzín a nafta (1873). Tato kapalná paliva se stala koncem 19. a zejména 20. století rozhodujícími v automobilovém průmyslu.

Benzín, nafta a petrolej ke konci 19. století vyhrály nad plynem a zdálo se, že období plynu v pohonu vozidel skončilo. Nestalo se tak, protože nedostatek kapalných pohonných hmot v době první a druhé světové války zajistil návrat plynových vozidel. Jelikož mnoho států mělo dostatečná ložiska uhlí, byla nejjednodušší náhrada benzínu svítiplynem. Svítiplyn byl použit především v Anglii, kde na nákladní auta připevňovali gumové balóny naplněné svítiplynem z nejbližšího plynového nízkotlakého potrubí.



Obrázek 1: Počátky využití plynu v dopravě - USA[10]



Obrázek 2: Plynové vaky připevněné ke střechám automobilů [10]

Postupem času se zjišťovaly vynikající vlastnosti plynového pohonu. Motory za chladného i mrazivého počasí lehčeji startovaly, byly kultivovanější, ekologičtější a provoz byl ekonomicky výhodnější oproti kapalným pohonným hmotám. Nevýhoda spočívala v malém dojezdu. Vývoj proto jednoznačně směřoval k používání stlačeného plynu.

Stlačený plyn má svůj zrod kolem roku 1930 ve Francii, jednalo se stále ještě o svítiplyn. Postupem času se rozšiřoval do dalších evropských zemí. Stavěli se kompresní tlakové stanice, vyráběli se tlakové láhve, automobily byly přestavovány na použití plyného pohonu a tak se stlačený svítiplyn začal běžně používat. Byly prováděny pokusy s použitím i jiných plynů, hlavně metanu a kalového plynu.

Zkapalněné uhlovodíkové plyny se začaly v Evropě používat počátkem třicátých let. Můžeme je tedy považovat za jedny z nejmladších motorových paliv. Tekuté plyny byly poprvé použity v Porúří v roce 1934 k pohonu 50 nákladních automobilů. O tři roky později již jezdilo na území Říše 12 tisíc nákladních automobilů na tekutý plyn. Spotřeba tekutého plynu na území Německa dosahovala 50 tisíc tun. Tekutý plyn se získával jako vedlejší produkt při výrobě benzínu z uhlí.

Zemní plyn jako palivo pro pohon vozidel nejvíce využívá Itálie. Itálie, díky vlastní těžbě zemního plynu ve 30. letech 19. století zajistila nástup a později širší rozmach využití zemního plynu pro motorová vozidla.



Obrázek 3: Automobil na stlačení plyn [10]

Světový vývoj v datech

1893 byl plyn poprvé použit v městské hromadné dopravě, nikoliv pro provoz autobusů, ale tramvají. V tomto roce jich 6 jezdilo v Drážďanech. Plyn byl stlačen na 6 atmosfér v šesti nádržkách po 1m^3 . Tramvaj dosahovala rychlosti 10-12km/h a dojezd 40km.

1903 první městská doprava pomocí omnibusů v britském Sussexu.

1930 byl na veletrhu Birminghamu vystavován kompresor firmy Bellis & Morcom, který umožnil stlačení plynu až na cca 350 atm a plnil jej do tlakových láhví.

1937 Upraveno berlínskou dopravní společností 23 autobusů na svítiplyn, které mohly být doplňovány i z pojízdných cisteren.

1940 Koncem tohoto roku pařížský dopravní podnik přestavoval autobusy na plyn. Díky tomu v Evropě ve 40. letech jezdilo stovky autobusů.

1939-1945 Za druhé světové války byl nedostatek kapalných pohonných hmot. Proto se začal v dopravě používat také dřevoplyn, který sloužil i jako pohon lokomotiv, zejména v Německu.

1946- Po druhé světové válce měli na vrh opět kapalně pohonné hmoty, plynná paliva byla utlumena.

60. – 70. léta 19. století se začali znovu více používat plynná paliva, důrazný přechod na plyn byl znovu na konci 80. a obzvlášť v 90. letech.

1972 byly na olympiádě v Mnichově použity městské autobusy s motory spalující CNG nebo LPG. Tento systém dopravy sklídl veliký úspěch. Po skončení olympiády byly autobusy nasazeny na běžné linky.

Od 90. let 19. století se plynná paliva prosazují na trhu stále více.

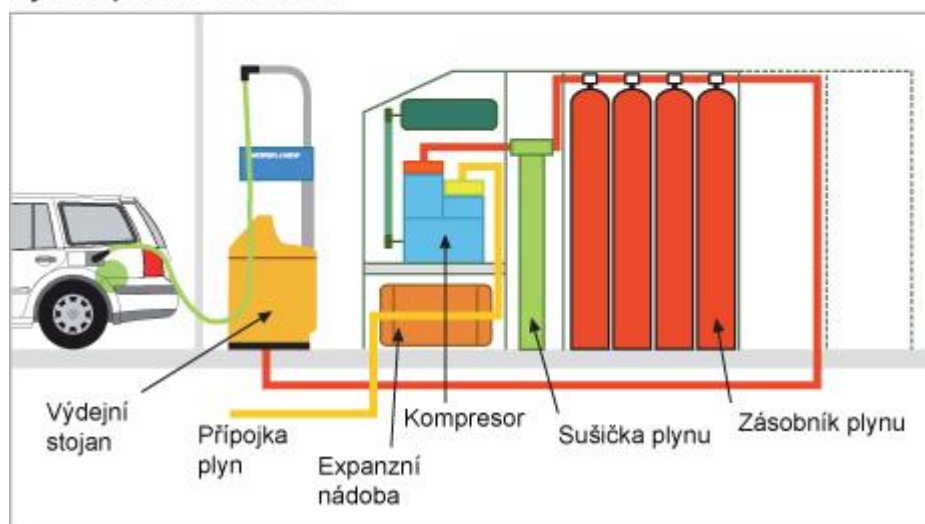
Příloha č. 2: Plnění CNG

Rychloplnicí stanice CNG

Čas rychlého plnění plynu do nádrží je srovnatelný s časem, za který je natankováno ekvivalentní množství benzínu nebo nafty. U osobních a lehkých užitkových vozidel je čas plnění závislý na technologii plnicí stanice. U těžkých vozidel a autobusů, kde je nainstalováno podstatně více nádrží s větším objemem, je rychlost naplnění nádrží také dána dimenzí palivového systému. Pokud je provedení staršího typu, bývá převážně nainstalováno potrubí s malým průtokem. U takového systému je čas plnění o něco delší i u rychloplnicí stanice CNG. U rychloplnicí stanice CNG uživatel motorového vozidla na palivo CNG natankuje stejně rychle, jako uživatel motorového vozidla na benzín či naftu. Uživatel připojí tankovací pistole CNG na plnicí hrdlo zemního plynu a otevře plnicí ventil. Nádrže jsou doplněné na požadované množství do několika málo minut. Plnicí pistole se uzavře, uživatel odpojí pistole od hrdla nádrže a může odjet.



Rychlé plnění – schéma



Obrázek 4: Schéma a skutečná podoba rychloplnicí stanice CNG [16]

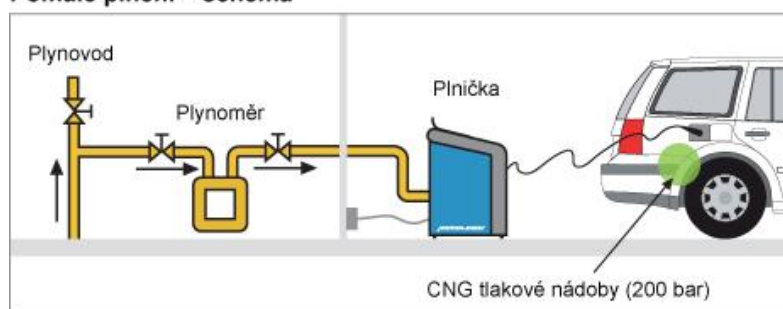
Pomaluplníci stanice CNG

Stanice pro pomalé plnění CNG. Norma definuje pomaluplníci zařízení jako přístroj, jehož hlavní součástí je kompresor zemního plynu a který zároveň nezahrnuje zásobník plynu. Taková stanice není zpravidla vybavena zásobníkem s řízením priorit a sekvenčním systémem (postupné otevírání a zavírání jednotlivých sekcí zásobníků podle tlaku paliva v nádrži vozidla). Při pomalém plnění, které trvá zpravidla několik hodin (např. přes noc) může být k systému připojeno až několik vozů současně. Obsluha připojí plnicí pistoli k vozidlu a nechá postupně doplňovat palivo po dobu, kdy vozidlo není v provozu. Plnění se může kdykoliv ukončit, stačí pouze odpojit plnicí pistoli od vozidla, nebo se plnění automaticky ukončí po naplnění nádrží do plna.

Mezi výhody pomaluplníci stanice patří nižší náklady na pořízení plnicí stanice, úspora času řidiče (nemusí jezdit tankovat, auto připojí přes noc ve své garáži a ráno má plnou nádrž). V prodeji jsou i malé plničky, které dokážou plnit pouze jedno auto. Tyto plničky mohou být nainstalovány v podnicích, domácnostech, autoparcích, atd....



Pomalé plnění – schéma



Obrázek 5: Schéma a skutečná podoba pomaluplníci stanice CNG [16]

Rozbor plnicí stanice CNG

Stanice může být privátní nebo veřejná. Veřejné stanice mívají zpravidla měřicí zařízení natankovaného množství paliva do nádrže a převážně zásobníky pro rychlé plnění.

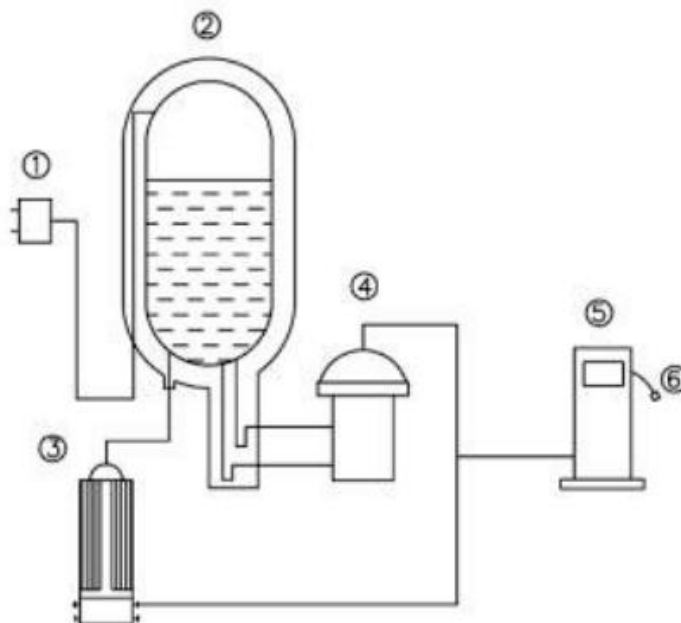
Zásobování stanice CNG stlačeným zemním plynem může probíhat z různých zdrojů. Díky rozvinutému plynárenství v České a Slovenské republice s hustou sítí plynovodů může být stanice CNG napojena přímo na plynovod. V místech, kde stanice nemůže být připojena na plynovod, anebo v místě bez přímého zdroje plynu, se používá systém mateřských a dceřiných stanic. Mateřská stanice je připojena na zdroj plynu a pomocí mobilních zásobníků je komprimovaný nebo zkapalněný plyn dopravován k dceřiným stanicím.

Vysokotlaký kompresor je srdcem každé stanice. Kompresory se vyrábějí v různých výkonech. Každá CNG stanice může být osazena jedním nebo více kompresorovými jednotkami. Používají se vícestupňové kompresory. Podle vstupního tlaku vychází konstrukce kompresoru. Vstupní tlaky mohou být 2 kPa (nízkotlaký domovní rozvod) nebo středotlaký či vysokotlaký plynovod. Platí pravidlo, že čím větší tlak na vstupu do kompresoru, tím vynaložíme méně práce při stlačení plynu na požadovaný tlak 20 – 35 MPa. Pro pohon kompresoru se používá buď to elektromotor anebo plynový motor. Výhoda plynového motoru je, že nemusíme mít silnoproudou přípojku elektřiny. Náklady plynového motoru jsou nižší než náklady za elektřinu u elektrického motoru. Stanici s plynovým pohonem můžeme provozovat, také jako mobilní stanici.

Příloha č. 3: Plnění LNG

Plnicí stanice LNG

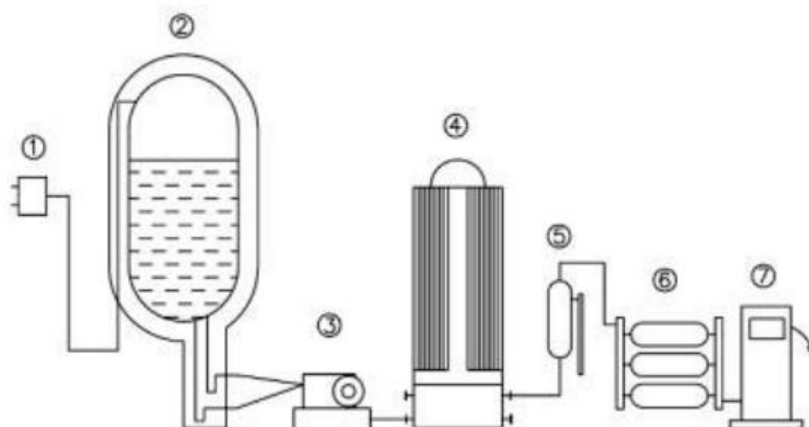
Plnicí stanice LNG jsou značně podobné plnicím stanicím CNG. Rozdíl je ve skladování a přepravování plynu. Plyn je skladován v kryogenních nádržích při hodně nízkých teplotách -160 až -170 °C. Zásobníky zkapalněného zemního plynu jsou chlazeny kapalným dusíkem. Díky této technologii odpadají problémy se samovolným odpařováním plynu a jeho uchovávání ve stlačeném stavu.



Obrázek 6: Schéma plnicí stanice LNG: 1) Plnicí místo z traileru, 2) Zásobník LNG, 3) Saturační odpařovač, 4) Odstředivé čerpadlo, 5) Výdejní stojan LNG, 6) Plnicí koncovka automobilu [17]

Plnicí stanice LCNG:

Plnicí stanice typu LNG může plnit oba dva systémy a to jak CNG, tak i LNG. Tyto stanice nevyžadují plynovou přípojku a jsou energeticky méně náročné než samotné CNG stanice. Bohužel, ale musí docházet k pravidelné zásobě zkapalněného zemního plynu. Zásobování zajišťují přepravní cisterny. Tento systém zásobování poněkud zvyšuje celkové riziko provozu. Základ tankovací stanice tvoří kryogenní zásobník se zásobou zkapalněného a podchlazeného zemního plynu. Plyn je za pomoci čerpadla dopraven do výparníku odkud již v plynném stavu plní tlakový zásobník CNG, dále je stanice stejná jako CNG.



Obrázek 7: Schéma LCNG plnicí stanice: 1) Plnicí místo z traileru, 2) Zásobní LNG, 3) Pístové čerpadlo, 4) Produktový odpařovač, 5) Odorizér, 6) Tlakové zásobníky, 7) Výdejní stojan CNG [17]



Obrázek 8: Plnicí stanice se šesti stojany LNG a třemi stojany LCNG pro městské služby v Los Angeles [17]

Konkrétní příklady využití LNG v dopravě:

Převážně se používá v Severní Americe – USA, Kanadě pro dálkovou autobusovou a nákladní dopravu.

Je použit zvláště pro chladírenská auta, kde slouží při odpařování a i jako dodavatel chladu. Využíván také v železniční dopravě pro pohon lokomotiv.



Obrázek 9: Kriogenní nádrž pro LNG [14]



Obrázek 10: Pohled na konkrétní použití kriogenní nádrž LNG u nákladního automobilu [13]

Příloha č. 4: Plnění LPG

Tankování je stejně jednoduché a trvá stejnou dobu jako u benzínu či nafty. Tankované množství se udává v litrech a je zobrazeno na stojanu stejně jako u benzínu. Můžeme natankovat přesné požadované množství anebo natankovat do plna s automatickým vypnutím. Tankování se provádí v uzavřeném systému. Při tankování LPG se využívá pouze 80% z celkového objemu nádrže, zbylých 20% je vyhrazeno pro roztažení plynu například v letních dnech.

Čerpací stanice LPG:

Kompaktní čerpací stanice

„Celá technologie je osazena na ocelovém rámu a jako prefabrikát dovezeno na připravené místo. Zprovoznění trvá cca 1 den.“ [9, str. 29]



Obrázek 11: Kompaktní čerpací stanice [11]

Stabilní čerpací stanice

Tato stanice má oddělené zásobníky od výdejního stojanu. Zásobníky mohou být různých kapacit jako nadzemní nebo podzemní.



Obrázek 12: Stabilní čerpací stanice [22]

Příloha č. 5: EOBD (Euro-On-Board-Diagnose)

Něco z historie

Již v sedmdesátých letech byla snaha o vytvoření zákonů, které by vedly ke snížení znečištění atmosféry.

Hned od počátku bylo zřejmé, že nově vznikající zákony se nemohou týkat jen snižování škodlivin, které produkuje průmysl.

Jak na silnicích přibývaly automobily, přibývalo také čím dál více znečištění od výfukových plynů aut.

V USA zavedli diagnostický systém OBD I, který byl vyvinut pro součásti, které se podílejí na obsahu emisí ve výfukových plynech. V roce 1985 přešli na novější zdokonalený systém OBD II.

Systém OBD přinesl potěšující výsledky ve snížení škodlivin ve výfukových plynech a tak zachování čistoty ovzduší.

Pro Evropu upravený systém OBD II = EOBD byl ve státech Evropské unie schválen 13.10.1998 s platností od 1.1.2000, nejprve pro zážehové motory, později i pro vznětové motory.

EOBD se od OBD II příliš neliší. Změny můžou nastat v jednotlivých případech rozsahu diagnostikou sledovaných komponentů ve vozidle.

EOBD je výsledkem přizpůsobení OBD II předpisům Evropské unie.

Význam EOBD:

Nesprávně fungující a vadné součásti mohou způsobit zvýšení obsahu emisí ve výfukových plynech.

Z tohoto hlediska by bylo výhodné neustále, přímo za provozu vozidla, kontrolovat obsah emisí ve výfukových plynech:

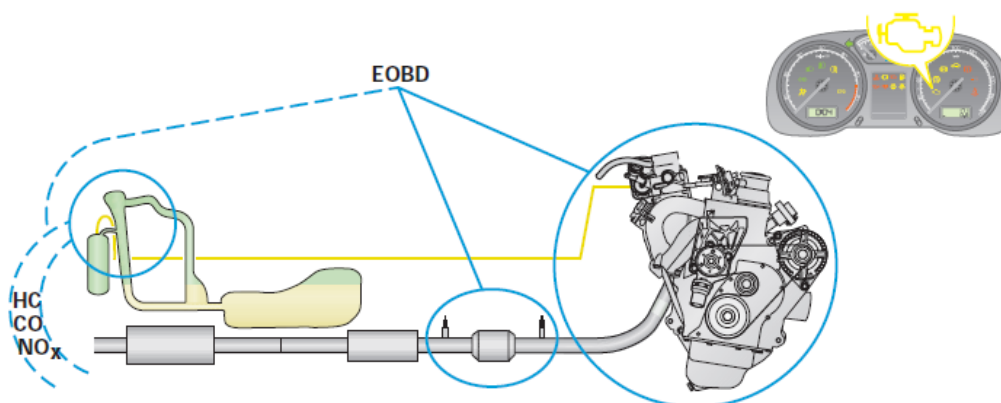
- CO oxid uhelnatý
- HC uhlovodíky
- NO_x oxid dusíku

Vzhledem k tomu, že to současnými technickými prostředky není možné, provádí se alespoň stálá kontrola těch komponentů, které mají rozhodující podíl na obsahu emisí. Uvedený způsob má tu výhodu, že závady na uvažovaných součástech jsou zjištěny při vlastní diagnostice.

V případě, že některá součást, která má rozhodující vliv na obsah emisí ve výfukových plynech, nefunguje, je na tuto skutečnost řidič upozorněn kontrolkou emisí.

EOBD muselo vyhovět následujícím požadavkům:

- sledovat všechny díly, které se podílejí na složení výfukových plynů
- umožnit kontrolu těchto dílů vlastní diagnostikou
- používat normalizovanou diagnostickou zásuvku, která je snadno dostupná ze sedačky řidiče
- umožnit optické varování řidiče v případě, že se na některém z uvažovaných dílů vyskytne závada
- chránit katalyzátor
- ukládat závady do paměti
- používat standardní kódy závad pro všechna vozidla
- zobrazovat kódy na běžných diagnostických přístrojích
- zobrazovat provozní podmínky, při kterých k závadě došlo
- stanovit, kdy a jak má být závada, která má vliv na obsah emisí ve výfukových plynech, zobrazena
- používat standardizované označování součástí, systémů a závad



Obrázek 13: EOBD [4]