

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola dopravní, Praha 1, Masná 18

Praha 1, Masná 18 – PSČ 110 00

Vyšší odborné studium

Obor vzdělání: 23-45-N/02 Diagnostika silničních vozidel

ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Téma: Zážehový motor vozidla Ford Puma 1,7 16 V

Michal Horníček

třída: DG 3

školní rok: 2012/2013

Vyšší odborné studium

Obor vzdělání: **23-45-N/02**

Zaměření: **Diagnostika silničních vozidel**

Školní rok: **2012/2013**

Třída: **DG 3**

Jméno a příjmení žáka: **Michal Horníček**

ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Téma: **Zážehový motor vozidla Ford Puma 1,7 16 V**

- Technický popis motoru Ford Puma 1,7 16 V
- Elektronické řízení motoru Ford Puma 1,7 16 V
- Konstrukce proměnného časování ventilů
- Paralelní a sériová diagnostika motoru

Rozsah: minimálně 20 stran formátu A4 (bez příloh)

3 výtisky - svázané, úprava dle předepsaného vzoru absolventské práce

Vedoucí absolventské práce: **Ing. Jan Vesecký – VOŠ a SPŠD, Praha 1, Masná 18**

Masná 18, 110 00 Praha 1

Konzultant absolventské práce: **Vladimír Stehlík – Auto Palace Spořilov s. r. o.**

Na Chodovci 2457/1, 141 00 Praha 4

Datum zadání práce: **7. prosince 2012**

Datum odevzdání práce: **3. května 2013**

Prohlašuji, že absolventskou práci jsem vypracoval samostatně na základě uvedené použité literatury.

Souhlasím, aby tato absolventská práce byla použita k výukovým účelům VOŠ a SPŠ dopravní, Praha 1, Masná 18.

Dne 3. 5. 2013

.....

podpis studenta

Shrnutí

Téma absolventské práce je zážehový motor vozidla Ford Puma Zetec-SE 1,7 16 V. Úvod krátce nastiňuje cíle práce. První kapitola je elektronické řízení motoru. Této kapitole je věnována největší pozornost. Je zde popsána řídicí jednotka motoru, snímače a akční členy. Správnost funkce některých těchto skupin je zde prakticky ověřena. To je například měření výstupního napětí snímače hmotnosti nasávaného vzduchu a lambda sondy. Dále pak měření polohy škrtící klapky nebo stavu spínače tlaku v posilovači řízení. V případě akčních členů je měřen tlak palivového čerpadla, poloha ventilu pro řízení volnoběhu nebo poloha ventilu odvětrávání palivové nádrže. Následuje další větší kapitola technického popisu motoru. Zde jsou zahrnuty technické parametry, rychlostní charakteristika motoru, rozdělení motoru na pevné a pohyblivé části. Nakonec této kapitoly je zařazeno měření komprese motoru. Další kapitola je variabilní časování vačkové hřídele sacích ventilů. Ta se zabývá významem a konstrukcí tohoto systému. Závěrečná kapitola rozděluje diagnostiku na sériovou a paralelní. Autor zmiňuje především diagnostiku použitou při této práci. V závěru se zhodnocuje využití této práce a budoucnost zážehových motorů.

Shrnutí v cizím jazyce (Aj, Nj)

Summary

The theme of the graduate work is the petrol engine vehicle Ford Puma Zetec-SE 1.7 16 V. Introduction briefly outlines the objectives of the work. The first chapter is electronic engine management. This chapter is the most dedicated attention. There are a description powertrain control module, sensors and actuators. In this chapter is accuracy of some groups is practically tested. This is for example measuring output voltage the mass air flow sensor and the heated oxygen sensor. Further is measuring of the throttle position sensor or status the pressure switch in the power steering. In case of actuators is measured pressure fuel pump, position evaporative emission canister purge valve or position idle air control valve. The following chapter is the technical description of the engine. There are technical data, characteristics of the engine speed, division of engine into fixed and variable parts. The end of this chapter is measuring engine compression. Another chapter is variable timing camshaft intake valve. It focuses on the meaning and construction of the system. The final chapter divides diagnostics on serial and parallel. The author mentions the mainly diagnostic that is used in this work. At the end is evaluating the use of the work and future of gasoline engines.

Obsah

Úvod	1
1 Elektronické řízení motoru Ford Zetec-SE 1,7 16 V	2
1.1 Řídící jednotka motoru (PCM – Powertrain Control Module)	2
1.2 Snímače	4
1.3 Akční členy	18
2 Technický popis motoru Ford Zetec-SE 1,7 16 V	26
2.1 Technické parametry motoru	27
2.2 Pevné části motoru	28
2.3 Pohyblivé části motoru	32
2.4 Ověření mechanického stavu motoru	35
3 Variabilní časování vačkové hřídele sacích ventilů Ford Zetec-SE 1,7 16 V	36
3.1 Význam variabilního časování	36
3.2 Konstrukce variabilního časování vačkové hřídele sacích ventilů	38
4 Paralelní a sériová diagnostika motoru	40
Závěr	44

Seznam obrázků

Obrázek 1- vozidlo Ford Puma.....	1
Obrázek 2- adaptační tabulka vyčtená diagnostikou ForDiag.....	3
Obrázek 3- měření výstupního napětí snímače hmotnosti nasávaného vzduchu pomocí sériové diagnostiky ForDiag.....	6
Obrázek 4- měření polohy škrtící klapky pomocí sériové diagnostiky ForDiag.....	8
Obrázek 5- měření el. odporu snímače teploty chladící kapaliny pomocí multimetru.....	9
Obrázek 6- měření el. odporu snímače teploty nasávaného vzduchu pomocí multimetru..	10
Obrázek 7- referenční hodnoty el. odporu a napětí snímače ECT a IAT	11
Obrázek 8- typický signál indukčního snímače polohy klikové hřídele	12
Obrázek 9- průběh digitálního signálu PIP.....	12
Obrázek 10- typický průběh napětí indukčního snímače vačkové hřídele.....	13
Obrázek 11- měření výstupního napětí lambda sondy pomocí sériové diagnostiky ForDiag	15
Obrázek 12- ověření funkce spínače tlaku v posilovači řízení pomocí sériové diagnostiky ForDiag.....	16
Obrázek 13- typický signál ze snímače rychlosti vozidla	17
Obrázek 14- palivová soustava.....	19
Obrázek 15- měření tlaku paliva v rozdělovacím tlakovém zásobníku.....	21
Obrázek 16- ověření funkce ventilu odvětrávání palivové nádrže	22
Obrázek 17- měření polohy ventilu pro řízení volnoběhu pomocí sériové diagnostiky ForDiag.....	24
Obrázek 18- zapalování.....	25

Obrázek 19- pohled na motorový prostor.....	26
Obrázek 20- blok motoru.....	29
Obrázek 21- hlava válců.....	30
Obrázek 22- ventilové víko	30
Obrázek 23- sací potrubí.....	31
Obrázek 24- výfukové svody.....	31
Obrázek 25- olejová vana	32
Obrázek 26- kliková hřídel	32
Obrázek 27- píst	33
Obrázek 28- ojnice.....	33
Obrázek 29- ventilový rozvod	34
Obrázek 30- vačkové hřídele.....	35
Obrázek 31- měření pomocí kompresiometru	36
Obrázek 32- pohled v řezu na modul variabilního časování	38
Obrázek 33- vedení oleje v modulu variabilního časování	39
Obrázek 34- sériová diagnostika ForDiag	41
Obrázek 35- multimetr.....	42
Obrázek 36- kompresiometr	42
Obrázek 37- měřidlo tlaku paliva	43

Úvod

Cílem této práce je popsat a otestovat zážehový motor Ford Zetec-SE 1,7 16 V. Tento motor byl použit výhradně jen ve vozidle Ford Puma. Zetec-SE 1,7 16 V byl první motor evropského Fordu, který měl variabilní časování vačkového hřídele. Díky tomu vyniká svou pružností a rozsahem použitelných otáček. To jsou vlastnosti, které se výborně hodí k charakteru malého sportovního kupé.

V průběhu let byly do tohoto vozidla instalovány i slabší motorizace Zetec-SE 1,4 16 V a později Zetec-SE 1,6 16 V. Tyto motory patří do stejné konstrukční řady, jako Zetec-SE 1,7 16 V.



Obrázek 1- vozidlo Ford Puma

1 Elektronické řízení motoru Ford Zetec-SE 1,7 16 V

Vozidlo Ford Puma s motorem Zetec-SE 1,7 16 V používá k řízení motoru systém EEC – V (Electronic Engine Control – V). V překladu elektronické řízení motoru páté generace. Tento systém byl vyvíjen firmou Ford ve spolupráci s firmou Intel. Obecným důvodem k používání a zlepšování elektronických řídicích systémů v automobilech je snaha o snižování emisí výfukových plynů.

1.1 Řídící jednotka motoru (PCM – Powertrain Control Module)

Řídící jednotka motoru řídí systém řízení motoru a emisí. Vyhodnocuje signály přijímané od snímačů, porovnává je s daty uloženými v paměti a vytváří řídicí signály pro akční členy.

Řídící jednotka nepřetržitě sleduje vstupní signály a v závislosti na provozních podmínkách motoru upravuje výstupní signály.

Některé snímače neodesílají do řídicí jednotky digitální signály, a proto jsou k převodu jejich analogových signálů použity analogově-digitální převodníky umožňující jednotce provádět řízení systému.

V paměti ROM řídicí jednotky jsou uloženy mapy provozních charakteristik (např. množství paliva, okamžik zážehu atd.), předem nastavené hodnoty a program strategie řízení při nouzových režimech. Tato data nelze vymazat.

Paměť závad s náhodným vstupem je rozdělena:

- Adaptivní strategii: zjišťuje se stárnutí a opotřebení kalibrovaných součástí, které jsou zahrnuty do výpočtu a uloženy do paměti. Nepřichází-li od snímačů žádný signál nebo jsou-li hodnoty signálu mimo toleranci, zamění řídicí jednotka signál tohoto snímače za náhradní signál z programu strategie řízení při nouzových režimech a tuto hodnotu rovněž uloží do paměti závad.

- Vlastní test: jedná se o schopnost paměti závad s náhodným vstupem ukládat jakékoli kódy přechodných závad, které nastanou v průběhu 80 jízdních cyklů.

Data uložená v paměti závad s náhodným vstupem se po vypnutí zapalování nevymažou. Jestliže se však odpojí baterie, budou všechny hodnoty uložené v paměti závad s náhodným vstupem vymazány, což může mít za následek kolísání, váhání, nepravidelný volnoběh atd.

Na obrázku 2 je tabulka s hodnotami adaptací vstřikování vyčtená sériovou diagnostikou ForDiag. Hodnoty jsou udávány jako korekce paliva v %. Maximální možné přizpůsobení je ± 25 %. Pokud jsou adaptace již takto vysoké, je s největší pravděpodobností zapsána i nějaká DTC chyba (Diagnostic Trouble Code). Hodnoty v následující tabulce jsou v normě. Obecně adaptace zajišťují optimální chod motoru i při jeho opotřebení. Konkrétně to pak znamená např. nepřesně změřenou hmotnost nasávaného vzduchu, vadný ventil odvětrávání klikové hřídele, vysoký nebo nízký tlak v palivovém zásobníku atd.

Adaptační tabulka/mapa:

Zatížení motoru / otáčky motoru:

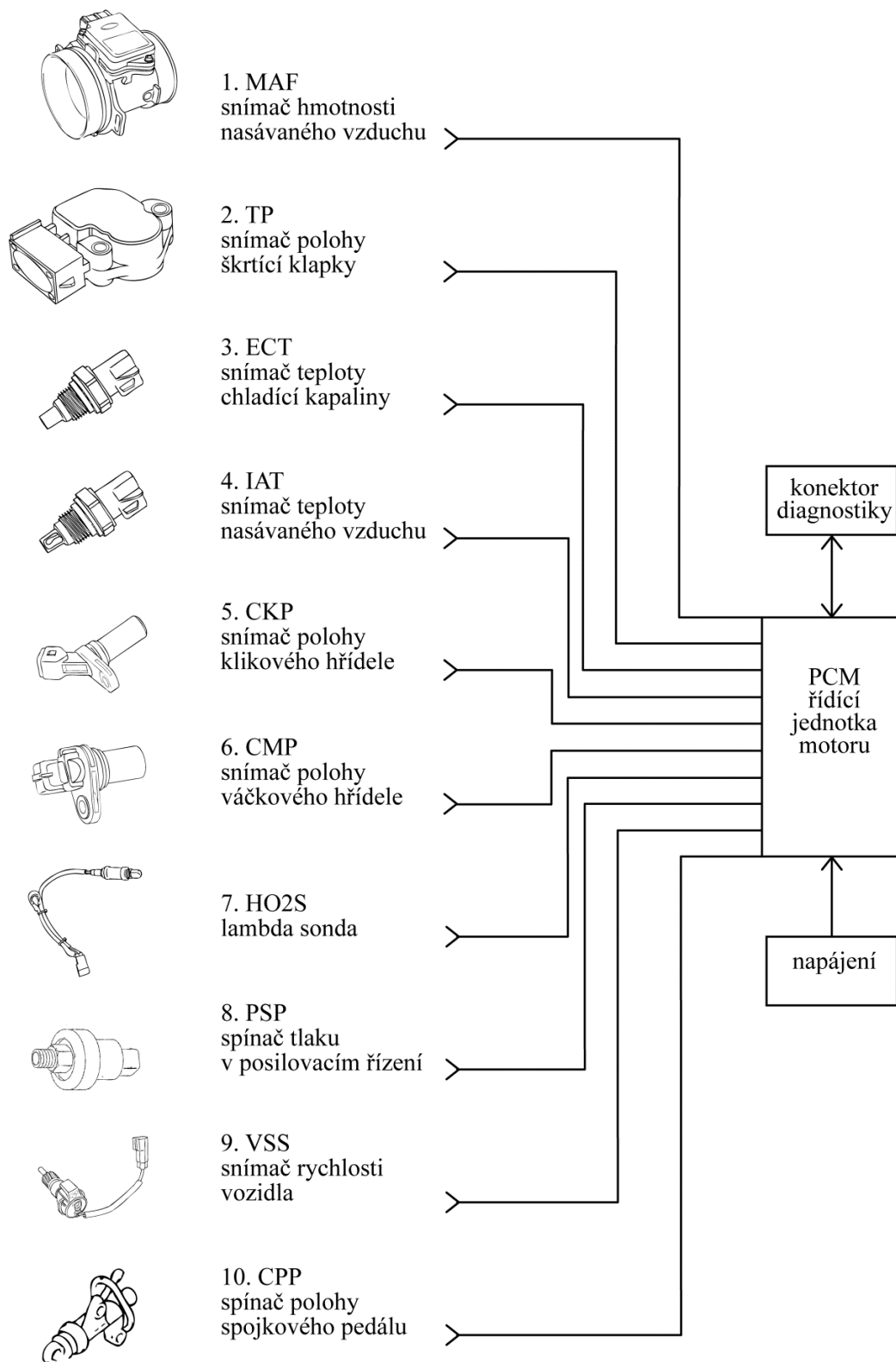
% LOAD	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4500	5500	6500
100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
87.5	0.00	2.73	2.73	4.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75.0	0.39	3.12	6.25	7.03	3.51	1.17	0.78	0.00	0.00	0.00
62.5	0.00	2.73	4.29	5.07	5.07	5.07	3.90	0.39	0.00	0.00
50.0	0.39	1.95	3.12	5.46	5.07	5.07	4.29	0.39	0.00	0.00
37.5	0.78	4.68	2.73	1.56	5.07	5.07	5.85	0.39	0.39	0.00
25.0	0.00	3.12	3.51	3.12	3.90	2.73	0.00	0.00	0.78	0.00
12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Speciální hodnoty pro VOLNOBĚH: (1 -> Zařazeno, 2 -> Zařazeno + zapnutá klimatizace, 3 -> Neutrál, 4 -> Neutrál + klimatizace)

1	2	3	4	5	6
0.00	0.00	3.51	-0.39	0.00	0.00

Obrázek 2- adaptační tabulka vyčtená diagnostikou ForDiag

1.2 Snímače



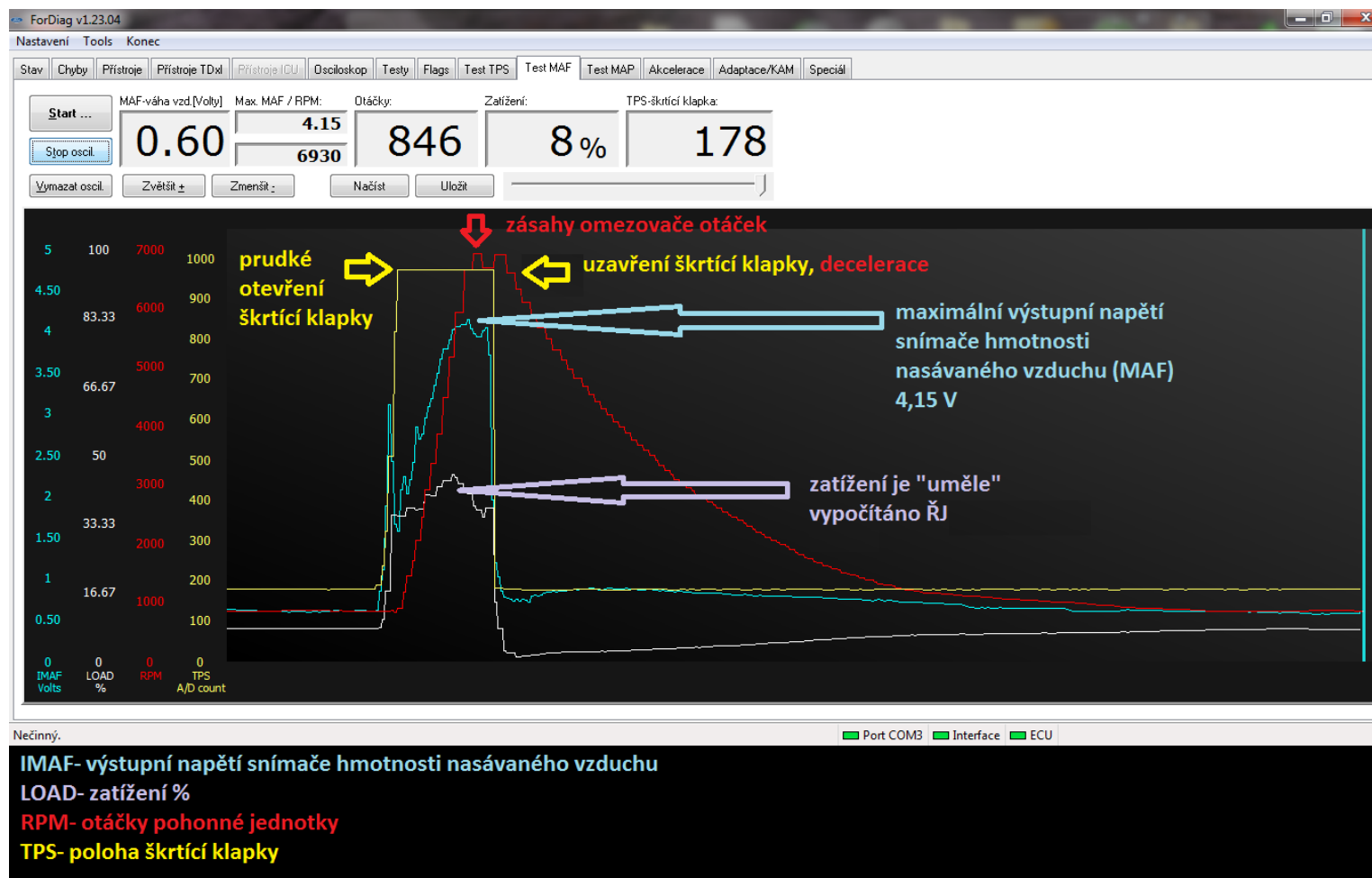
1.2.1 Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu (MAF – Mass Air Flow)

Snímač množství nasátého vzduchu měří hmotnost vzduchu vstupujícího do sacího systému, přičemž měření je založeno na principu žhaveného drátu o konstantní teplotě.

Žhavený drát a čidlo pro měření teploty vzduchu jsou zavěšeny v obtokovém kanálu. Řídící jednotka motoru zajišťuje, aby teplota žhaveného drátu byla vždy o 200 °C vyšší než teplota čidla pro měření teploty vzduchu. Žhavený drát je ochlazován vzduchem protékajícím obtokovým kanálem a modul mění vyhřívací proud, tak aby byl udržován teplotní rozdíl 200 °C.

Změna vyhřívaného proudu se měří jako úbytek napětí na ideálním odporu, ze kterého řídící jednotka vypočítá odpovídající množství nasátého vzduchu.

Ověření funkce snímače hmotnosti nasávaného vzduchu pomocí sériové diagnostiky ForDiag: Při volnoběhu prudce plně otevřít škrtící klapku. V případě motoru 1,7 Zetec-SE musí být maximální výstupní napětí MAF snímače minimálně 4 V.



Obrázek 3- měření výstupního napětí snímače hmotnosti nasávaného vzduchu pomocí sériové diagnostiky ForDiag

Maximální výstupní napětí MAF snímače bylo naměřeno 4,15 V. Snímač pracuje v toleranci.

1.2.2 Snímač polohy škrtkící klapky (TP – Throttle Position Sensor)

Snímač polohy škrtkící klapky je otočný potenciometr, který je připevněn ke krytu škrtkící klapky a je ovládán hřídelem škrtkící klapky.

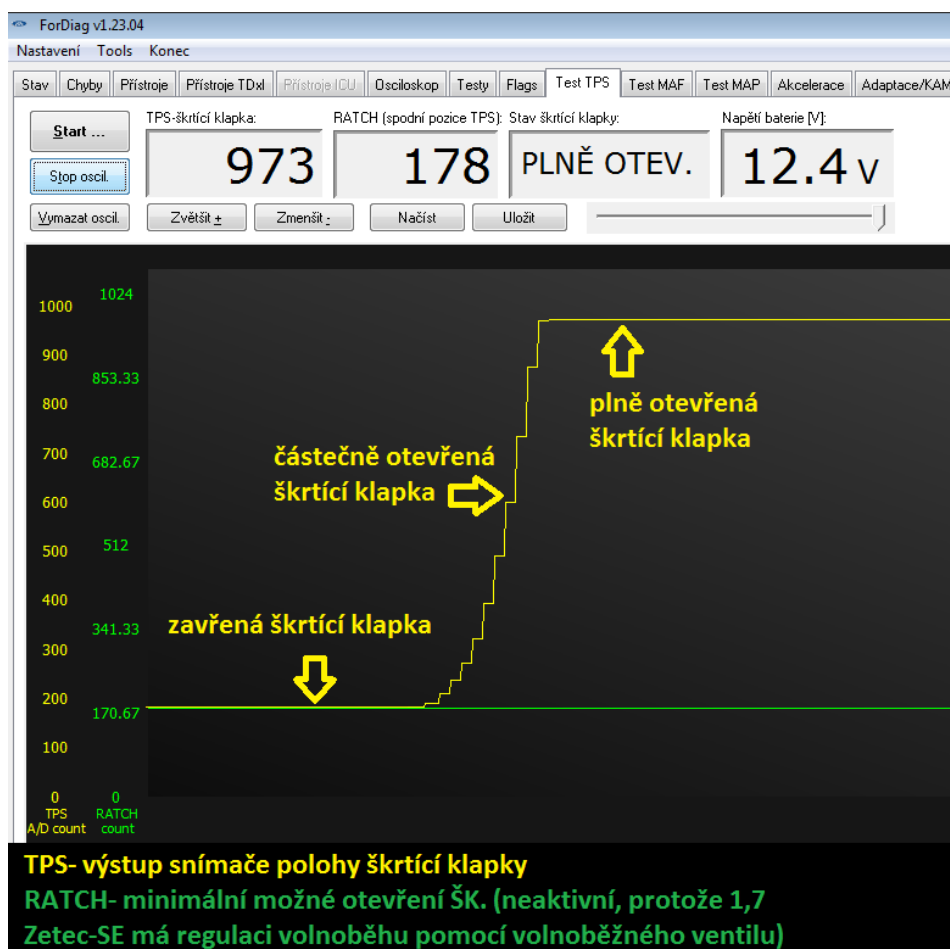
Do snímače polohy škrtkící klapky je řídicí jednotkou motoru přiváděno referenční napětí. Při otevření škrtkící klapky se pohybuje posuvný kontakt po odporové dráze, v důsledku čehož se mění výstupní napětí. Výsledný napěťový signál ze snímače je řídicí jednotkou přiřazen odpovídající poloze škrtkící klapky.

Na základě výstupního napěťového signálu snímače polohy škrtkící klapky je řídicí jednotka motoru schopna určit následující polohy škrtkící klapky:

- uzavřená klapka (volnoběh)
- uzavřená klapka (ubrání plynu)
- částečně otevřená klapka (normální provoz)
- maximálně otevřená škrtkící klapka (obohacení palivové směsi)
- maximálně otevřená škrtkící klapka (spouštění s přeplaveným motorem)
- rychlost změny úhlu otevření klapky (obohacení palivové směsi)

Společně s dalšími daty, která řídicí jednotka motoru přijímá, je poloha škrtkící klapky použita ke stanovení volnoběžných otáček, množství paliva a okamžiku zážehu.

Ověření funkce snímače polohy škrtkící klapky pomocí sériové diagnostiky ForDiag:



Obrázek 4- měření polohy škrtící klapky pomocí sériové diagnostiky ForDiag

Jednotlivé polohy jsou indikovány přesně. Snímač pracuje správně.

1.2.3 Snímač teploty chladicí kapaliny (ECT – Engine Coolant Temperature sensor)

Snímač teploty chladicí kapaliny je teplotně závislý odpor, který má záporný teplotní koeficient, tzn., že jeho odpor se mění nepřímo úměrně vzhledem k teplotě.

Snímač teploty chladicí kapaliny je řídicí jednotkou napájen referenční napětím. Výsledný napěťový signál snímače je řídicí jednotkou přiřazen odpovídající hodnotě teploty.

Společně s dalšími daty, která řídicí jednotka motoru přijímá, je teplota chladicí kapaliny použita ke stanovení volnoběžných otáček, množství paliva a okamžiku zážehu.

Je-li motor studený, budou odpor a výstupní napětí snímače chladicí kapaliny (přibližně 35 k Ω respektive 3 V při teplotě 20 °C) stejně jako odpor a výstupní napětí snímače teploty nasávaného vzduchu.



Obrázek 5- měření el. odporu snímače teploty chladicí kapaliny pomocí multimetru

Byl naměřen el. odpor 31,6 k Ω při teplotě 22 °C. S pozvolným zahříváním el. odpor klesal. Snímač pracuje ve správném rozsahu.

1.2.4 Snímač teploty nasávaného vzduchu (IAT – Intake Air Temperature sensor)

Snímač teploty nasávaného vzduchu pracuje na stejném principu jako snímač teploty chladicí kapaliny.



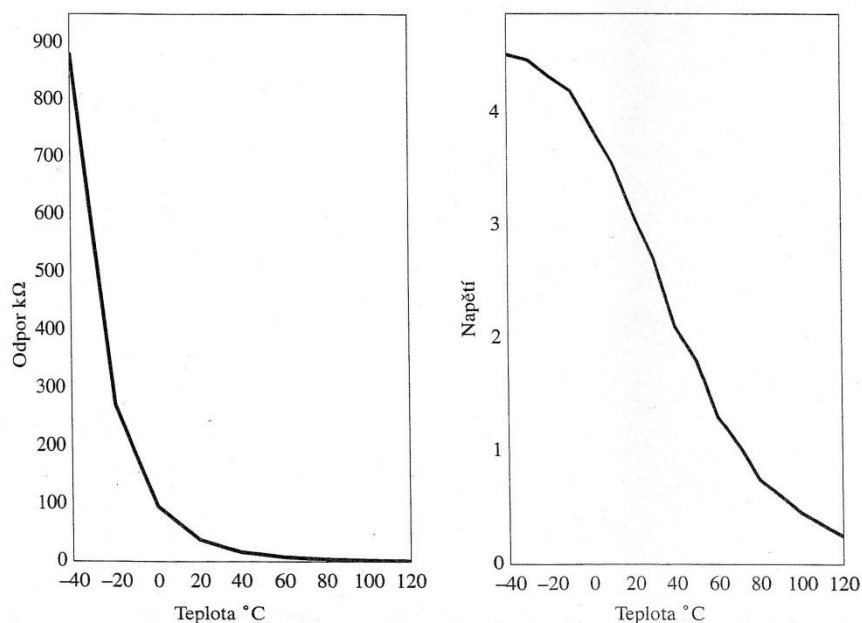
Obrázek 6- měření el. odporu snímače teploty nasávaného vzduchu pomocí multimetru

Byl naměřen el. odpor 30,8 kΩ při teplotě 24 °C. S pozvolným zahříváním el. odpor klesal. Snímač pracuje ve správném rozsahu.

Systémy EEC IV a EEC V

Teplota nasávaného vzduchu °C	Odpor (kΩm)	Napětí (V)
-40	880	4,53
-30	573	4,48
-20	272	4,33
-10	183	4,20
0	95	3,87
10	66	3,55
20	38	3,10
30	27	2,70
40	16	2,10

Teplota nasávaného vzduchu °C	Odpor (kΩm)	Napětí (V)
50	12	1,8
60	7,5	1,3
70	5,6	1,05
80	3,8	0,75
90	3,0	0,60
100	2,2	0,45
110	1,6	0,35
120	1,2	0,25

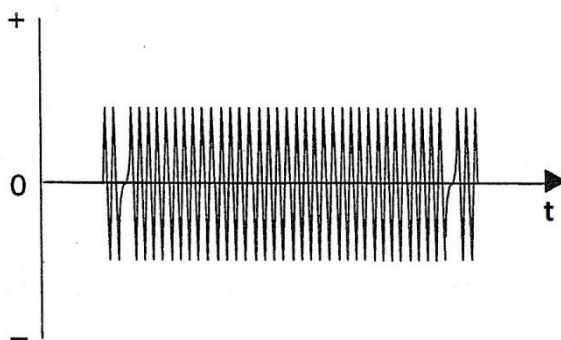


Obrázek 7- referenční hodnoty el. odporu a napětí snímače ECT a IAT

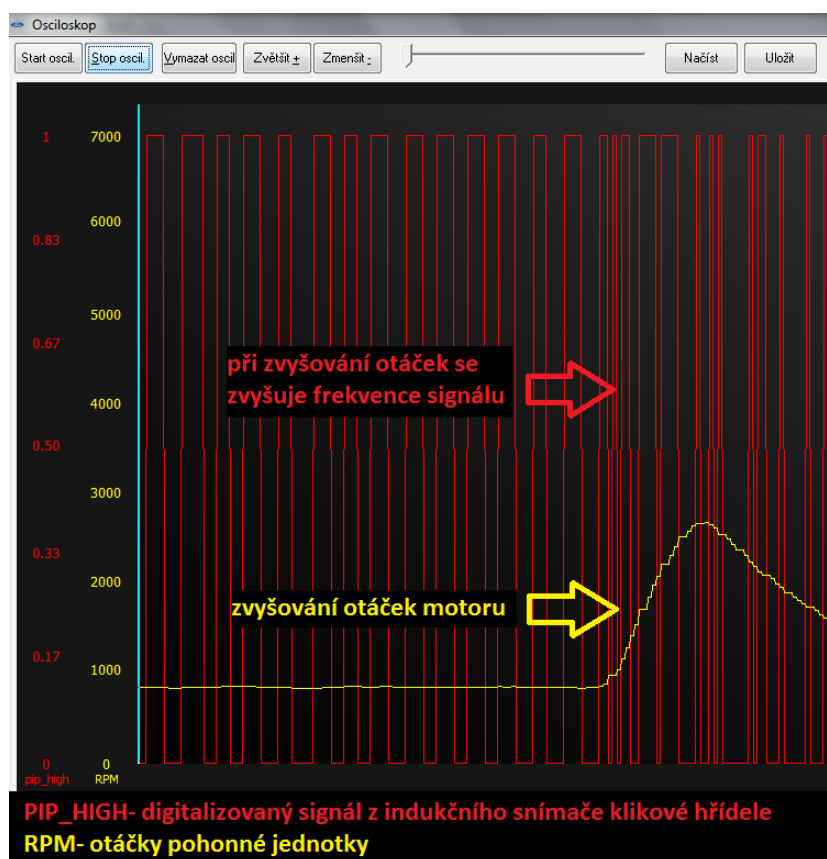
1.2.5 Snímač polohy klikového hřídele (CKP – Crankshaft Position sensor)

Snímač polohy klikového hřídele je induktivní generátor impulzů, který snímá 36–1 výstupků odlitých na setrvačnicku. Minus 1 znamená, že jeden z odlitých výstupků nebo zubů chybí. Tato mezera se nachází 90 ° před horní úvratí 1. válce a řídicí jednotka ji využívá jako referenční značku pro polohu klikové hřídele. Snímač vysílá signál v podobě

střídavého napětí do řídicí jednotky motoru kde je v A/D převodníku převeden na digitální (PIP – Profile Ignition Pickup) signál. Signál je použit ke stanovení otáček motoru, okamžiku zážehu a pořadí vstřikování.



Obrázek 8- typický signál indukčního snímače polohy klikové hřídele

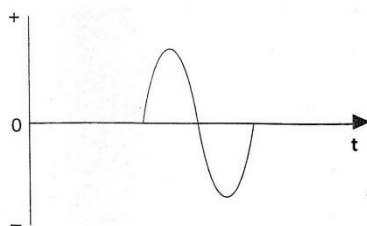


Obrázek 9- průběh digitálního signálu PIP

1.2.6 Snímač polohy vačkové hřídele (CMP – CaMshaft Position sensor)

Snímač polohy vačkové hřídele je induktivní generátor impulzů, který snímá referenční značku na vačkovém hřídeli. Snímač vysílá signál v podobě střídavého napětí do řídicí jednotky, která vypočítá polohu válce číslo jedna. Signál snímače společně s profilovým signálem bezkontaktního zapalování (signálem PIP – Profile Ignition Pickup) umožňuje řídicí jednotce ovládat vstřikovače podle pořadí zapalování. Toto je známo jako sekvenční vícebodové vstřikování paliva.

Signál snímače polohy vačkové hřídele je řídicí jednotkou vyžadován pouze během spouštění motoru. Po rozběhnutí motoru používá modul k sekvenčnímu ovládání vstřikovačů signál PIP.



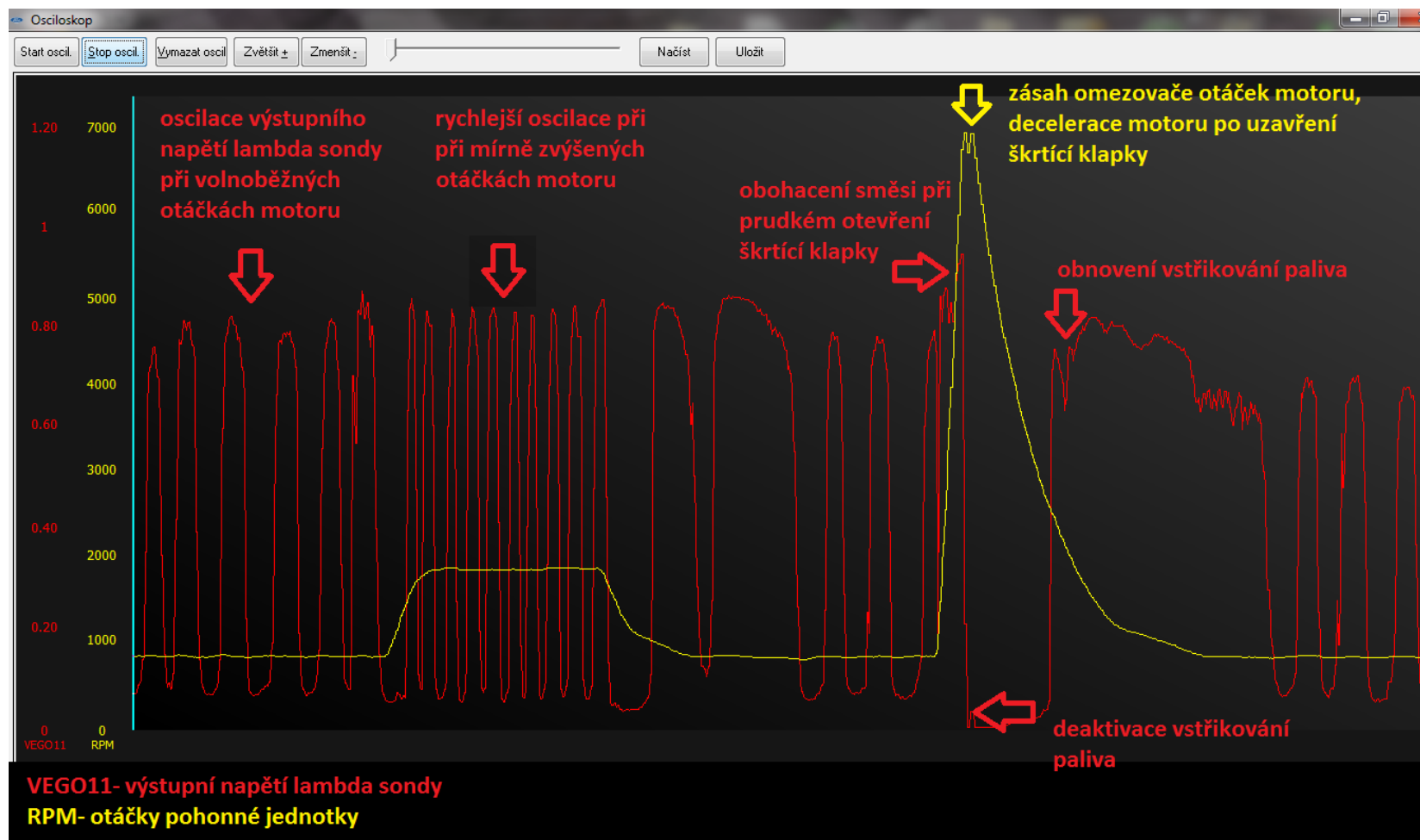
Obrázek 10- typický průběh napětí indukčního snímače vačkové hřídele

1.2.7 Vyhřívaná lambda sonda (HO2S – Heated Oxygen Sensor)

Vyhříváný snímač měrného obsahu kyslíku je generátor napětí, který je nainstalován ve výfukovém potrubí před řízeným katalyzátorem. Při poměru vzduch/palivo 14,7 : 1 neboli Lambda 1 (tj. „ideálnímu“ poměru vzduchu a paliva pro proces spalování) je do řídicí jednotky motoru vysílán napěťový signál o velikosti 450 mV.

Jestliže je směs chudá, sníží se napětí signálu až na 100 mV a řídicí jednotka okamžitě nastaví bohatší směs vzduchu a paliva. Jestliže je směs bohatá, zvýší se napětí signálu až na 900 mV a řídicí jednotka okamžitě nastaví chudší směs vzduchu a paliva, atd., čímž se dosáhne přesného řízení emisí výfukových plynů.

Aby vyhřívaný snímač měřeného obsahu kyslíku dosáhl rychle své pracovní teploty 300 °C, je vybaven topným prvkem, který je uváděn v činnost po zapnutí zapalování. Pokud není dosažena provozní teplota, tak je oscilace lambda sondy pomalejší. V tomto případě řídicí jednotka ignoruje signál z lambda sondy a řízení směsi pracuje v takzvané otevřené smyčce. Na obrázku 11 je zachyceno měření výstupního napětí lambda sondy.

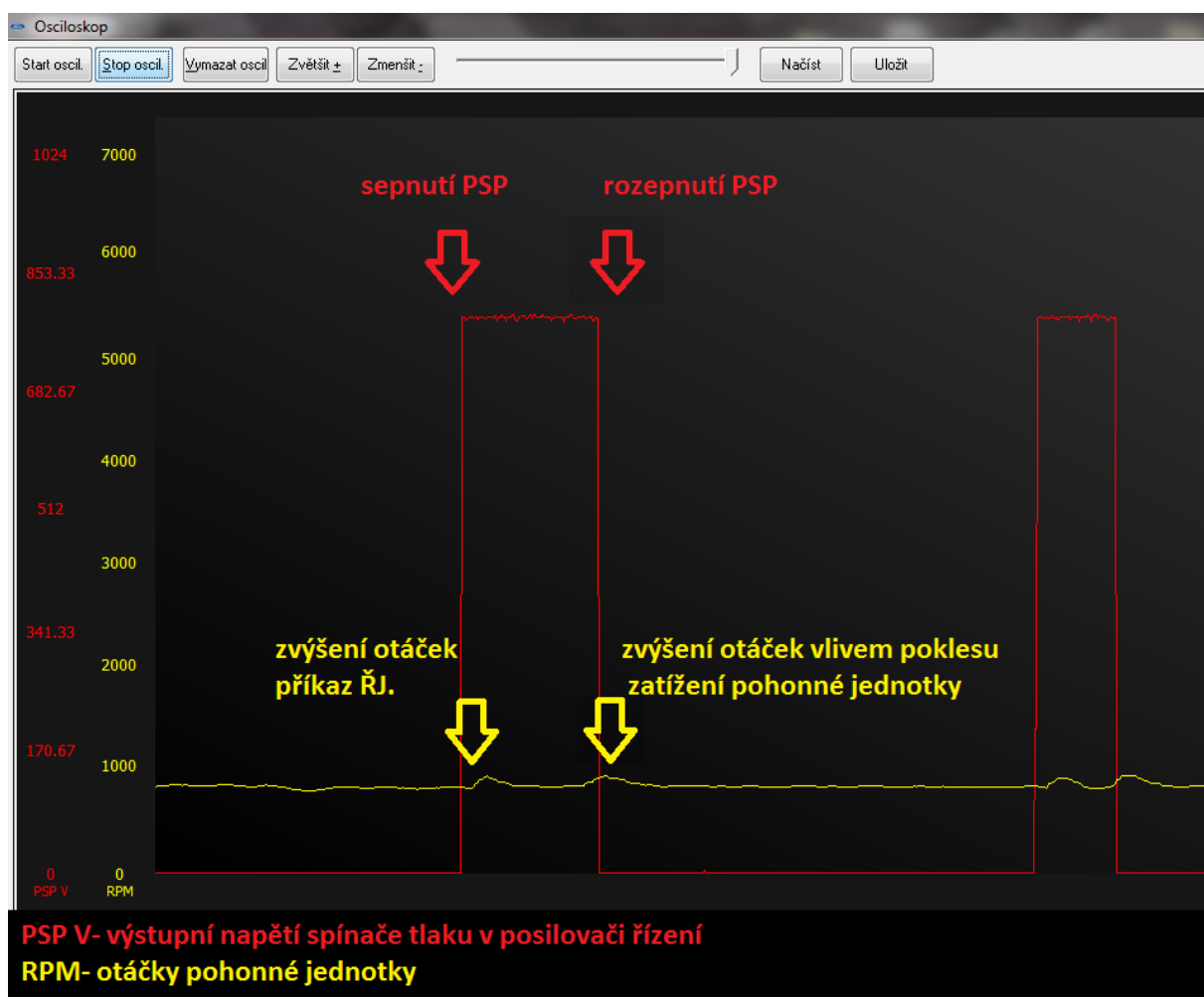


Obrázek 11- měření výstupního napětí lambda sondy pomocí sériové diagnostiky ForDiag

Lambda sonda pracuje ve správném rozsahu. Ovšem za pomoci sériové diagnostiky nelze přesně určit rychlost její oscilace. K tomuto účelu by bylo nutné zapojit „reálný“ osciloskop. Rychlost změny výstupního napětí by měla být do 120 ms.

1.2.8 Spínač tlaku v posilovači řízení (PSP – Power Steering Pressure switch)

Tlakový spínač posilovače řízení je tlakově ovládaný vypínač instalovaný v tlakovém potrubí mezi čerpadlem posilovače řízení a převodkou řízení. Je-li řízení v činnosti a zvýší-li se tlak nad stanovenou mez, spínač se sepne a odešle příslušný signál řídící jednotce motoru. Jednotka reaguje zvýšením otáček motoru, aby byly udrženy otáčky volnoběhu. Tímto se zabrání zhasnutí motoru při parkování nebo pomalé jízdě.



Obrázek 12- ověření funkce spínače tlaku v posilovači řízení pomocí sériové diagnostiky ForDiag

Spínač se aktivuje přibližně v době, kdy do maximálního rejdu zbývá 0,5 otáčky volantu.

1.2.9 Snímač rychlosti vozidla (VSS – Vehicle Speed Sensor)

Snímač rychlosti vozidla je poháněn prostřednictvím pohonu tachometru v převodovce. Snímač pracuje na principu Hallova jevu a vysílá do řídicí jednotky motoru digitální napěťový signál. Dle kmitočtu signálu je jednotkou přiřazena odpovídající rychlost vozidla.



Obrázek 13- typický signál ze snímače rychlosti vozidla

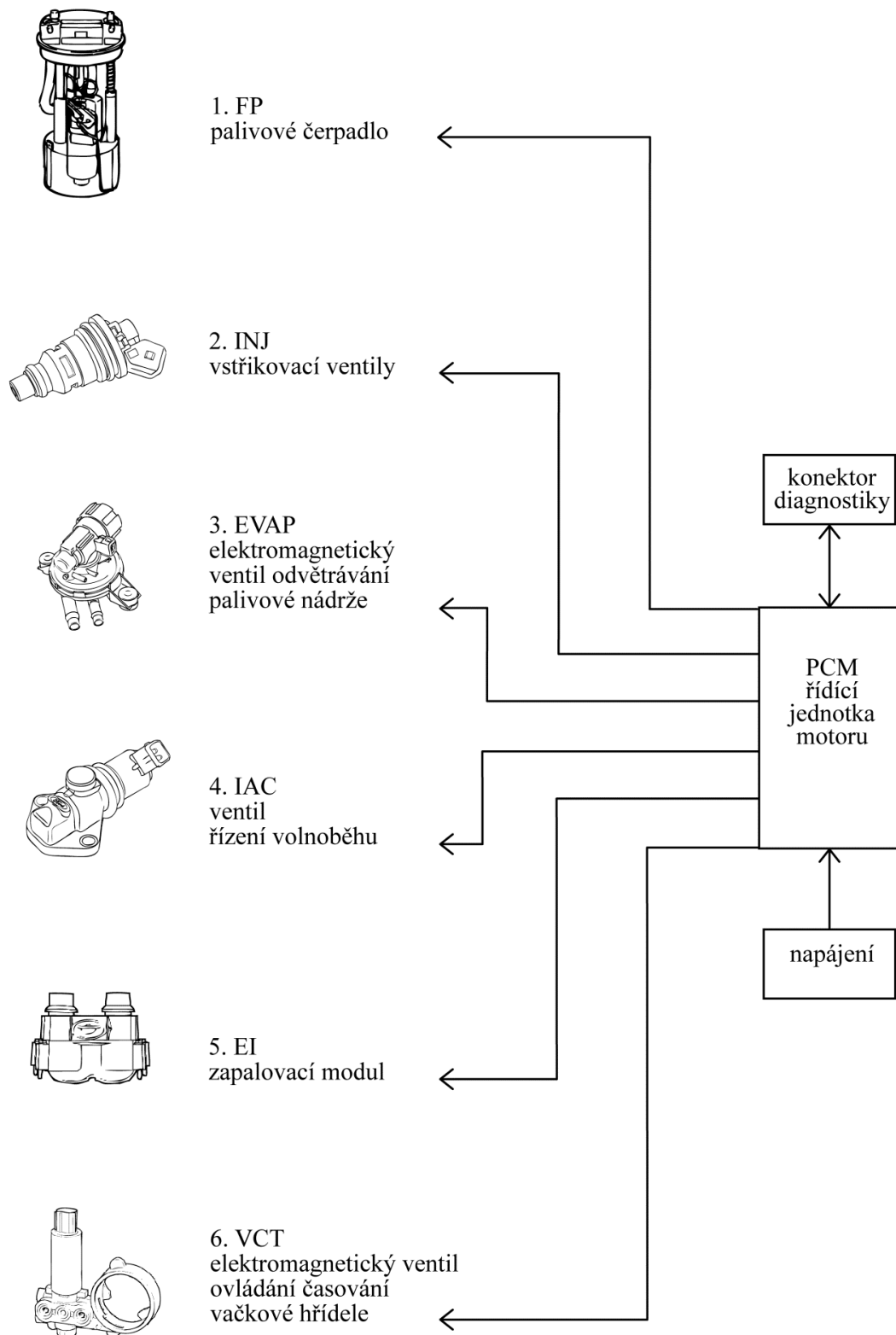
Společně s dalšími daty, která řídicí jednotka přijímá, je rychlost vozidla použita k řízení volnoběžných otáček a obohacování paliva při zpomalování.

1.2.10 Spínač polohy spojkového pedálu (CPP – Clutch Pedal Position switch)

Spínač polohy spojkového pedálu je spínač s pružinou a pístem, přičemž spínač obdobného typu se používá k ovládání brzdových světel vozidla. Jestliže je spojkový pedál v klidu, je spínač otevřen.

Signál z tohoto spínače informuje řídicí jednotku motoru o stlačení spojkového pedálu. Tato informace je jednotkou využita k ubrání množství vstřikovaného paliva během řazení převodových stupňů. Toto má za následek snížení emisí výfukových plynů a hladší řazení převodových stupňů.

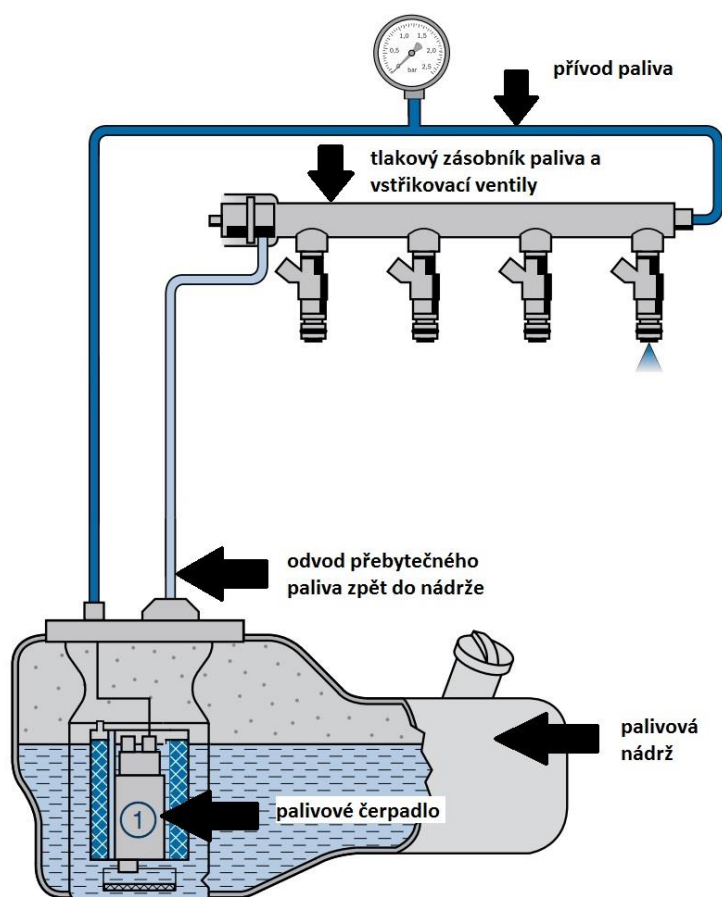
1.3 Akční členy



1.3.1 Palivové čerpadlo (FP – Fuel Pump)

Palivové čerpadlo je elektronické. Umístěno je přímo v nádrži. Pracuje neustále na plný výkon. Tlak v palivové soustavě je regulován podtlakovým regulátorem a přebytečné palivo je vedeno zpět do palivové nádrže.

Ověření stavu a správné funkce palivového čerpadla: Připojit měřidlo na tlak paliva. Utěsnit zpětný odvod paliva. Odpojit relé palivového čerpadla. Připojit palivové čerpadlo přímo pomocí propojky. Při tomto testu by měl být dosažen tlak 380 kPa. Této hodnoty bylo při měření dosaženo. Palivové čerpadlo je v pořádku. (při tomto testování se nemůže čerpadlo poškodit, protože má integrovaný přetlakový ventil).



Obrázek 14- palivová soustava

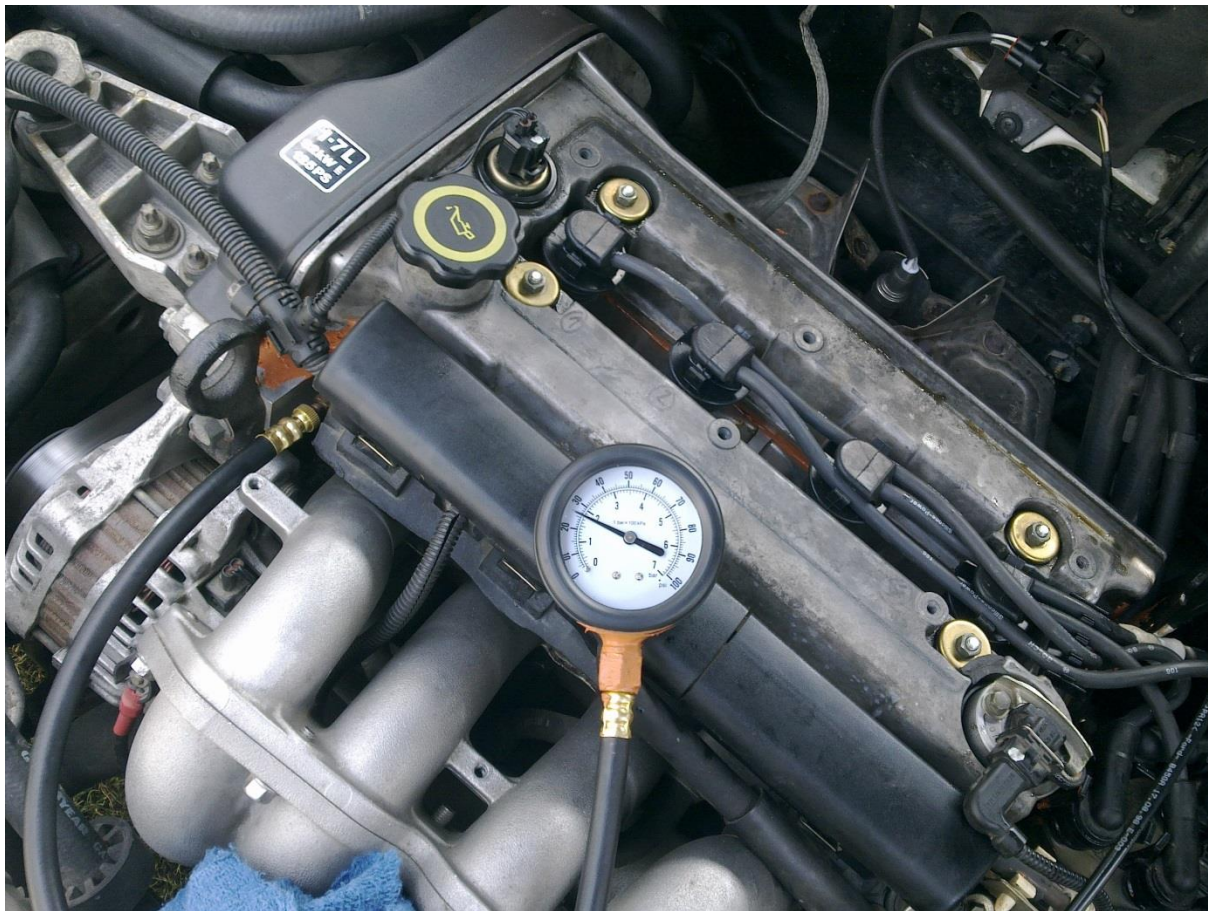
1.3.2 Vstřikovací ventily (INJ – INJectors)

Vstřikovače jsou elektromagnetické ventily, které jsou použity k dávkování a rozprašování paliva. Jsou umístěny v zásobníku paliva a ovládány řídicí jednotkou motoru.

Vstřikovače se skládají z pouzdra, magnetické cívky a jehlové trysky. V rozdělovacím kusu sacího potrubí a zásobníku paliva jsou utěsněny pomocí O-kroužků.

Do vstřikovačů je palivo přiváděno prostřednictvím tlakového zásobníku. Tlak v zásobníku je udržován pomocí podtlakového regulátoru. Tlak paliva při volnoběhu má být cca. 210 kPa (+/- 20 kPa). Tlak by měl být konstantní ve všech provozních režimech. Měření tlaku paliva je zachyceno na obrázku 15.

Řídicí jednotka aktivuje každý ze vstřikovačů samostatně ve sledu odpovídajícím pořadí zapalování.



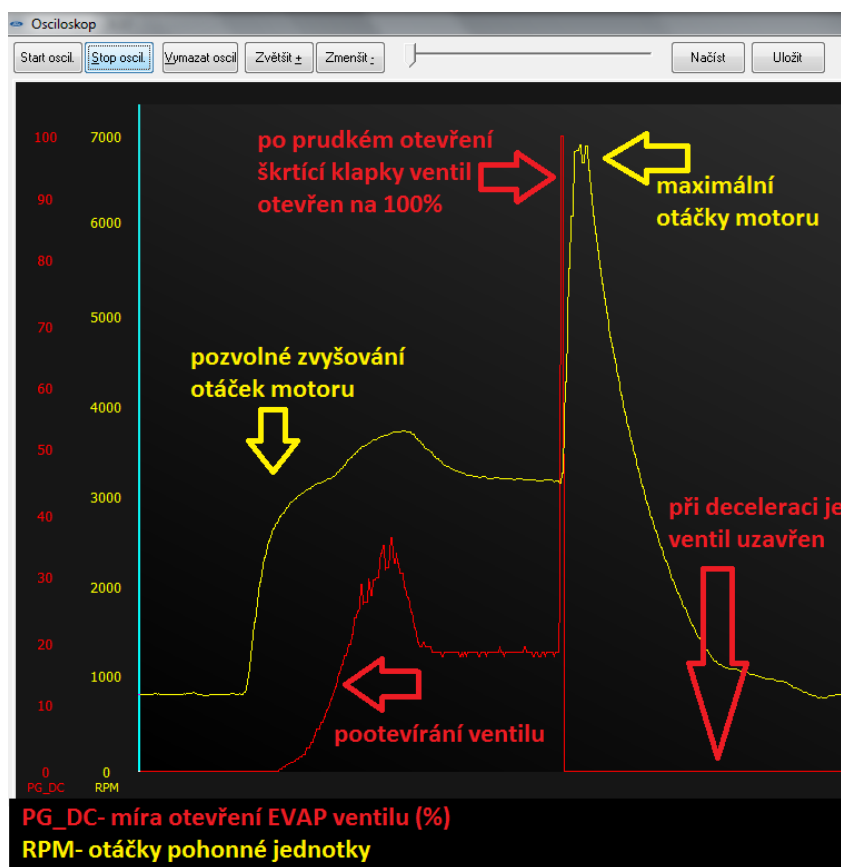
Obrázek 15- měření tlaku paliva v rozdělovacím tlakovém zásobníku

Při volnoběhu byl naměřen tlak paliva 180 kPa. Požadovaný tlak je 210 kPa (+/- 20 kPa). Naměřená hodnota je tedy již mírně mimo toleranci. Z tohoto důvodu řídící jednotka prodlužuje dobu vstříku (zvyšuje adaptace). To je vidět na vyčtené adaptační tabulce v kapitole s řídící jednotkou motoru. Palivový filtr byl měněn. V předcházející kapitole bylo otestováno palivové čerpadlo, které má dostatečnou výkonovou rezervu. Při monitorování živých dat se šířka palivového pulzu při konstantních otáčkách mění jen nepatrně. Tím lze vyloučit vadu některého ze vstřikovačů. Tuto drobnou odchylku způsobuje podtlakový regulátor.

1.3.3 Odvzdušňovací ventil nádrže na palivové výpary (EVAP – EVAPorative emission canister purge valve)

Odvzdušňovací ventil nádrže na palivové výpary je součástí nezávislého systému řízení palivových výparů. Ventil je však aktivován řídicí jednotkou motoru. Ventil je umístěn v potrubí mezi nádrží na palivové výpary a sacím potrubím.

Je-li odvzdušňovací ventil nádrže na palivové výpary aktivován řídicí jednotkou motoru, jsou palivové výpary nasávány z nádrže podtlakem v sacím potrubí. V závislosti na koncentraci palivových výparů v nádrži může dojít ke změně předem vypočteného složení směsi. Ventil je při volnoběžných otáčkách uzavřen. Při mírně zvýšených se začíná pootevřít. Po plném otevření škrtkové klapky se ventil otevře na 100 %. Tuto funkci ověřuje měření, které je zachyceno na následujícím obrázku 16.

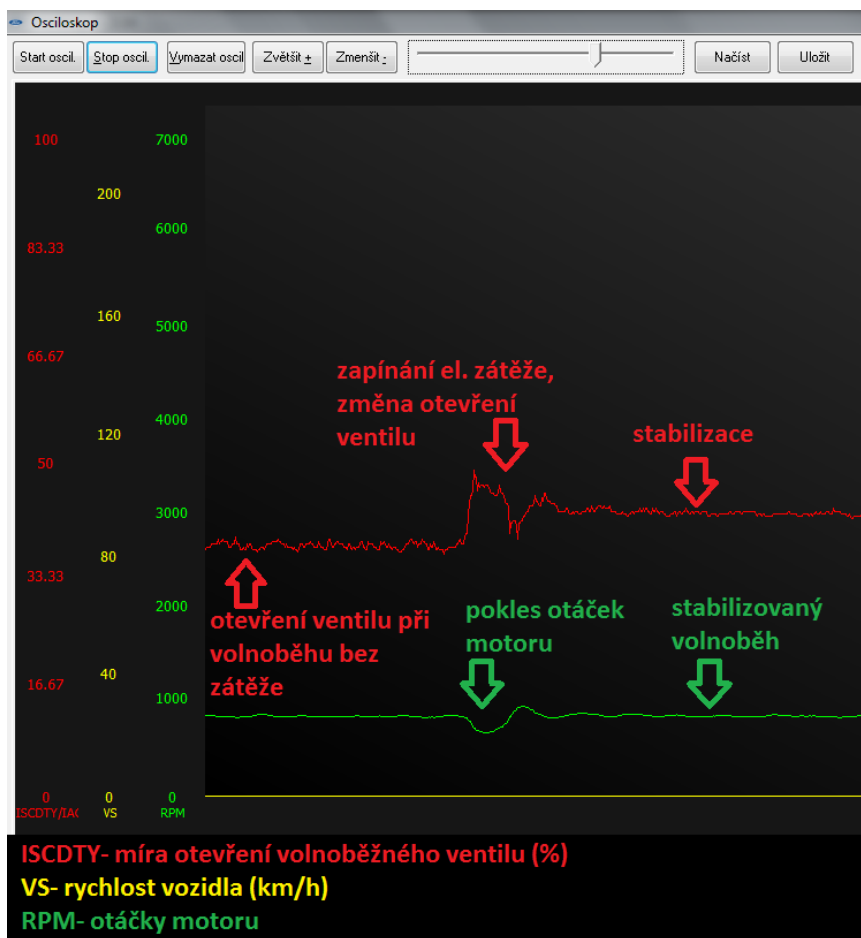


Obrázek 16- ověření funkce ventilu odvětrávání palivové nádrže

1.3.4 Ventil řízení průtoku vzduchu při volnoběhu (IAC – Idle Air Control valve)

Ventil řízení průtoku vzduchu při volnoběhu je elektronicky ovládaný elektromagnetický ventil, který umožní obtok vzduchu mimo škrtkící klapku motoru. Volnoběžné otáčky motoru je tak možno udržovat bez ohledu na jeho zatížení.

Řídící jednotka motoru stanoví otáčky motoru na základě profilového signálu (PIP), a ty jsou porovnávány s informacemi snímače teploty chladící kapaliny, snímače polohy škrtkící klapky a snímačem množství nasátého vzduchu, aby byl řídící jednotce motoru umožněn výpočet požadovaného rozsahu přestavení ventilu. Ventil řízení průtoku vzduchu při volnoběhu je ovládán zemními impulzy (PWM signál) řídící jednotky, jejichž délka určuje polohu ventilu. Tyto ventily jsou častou závadou motorů Ford. Dochází k jejich špatné funkci nebo k totální poruše. Závada však není fatální, protože je možné s automobilem nouzově jet. Ověřit funkci ventilu lze zapnutím el. zařízení ve vozidle. Zátěž motoru stoupne a řídící jednotka musí více otevřít ventil volnoběhu, souběžně s tím se zvýší šířka pulzu pro vstřikovací ventily. Toto zobrazuje obrázek 17.



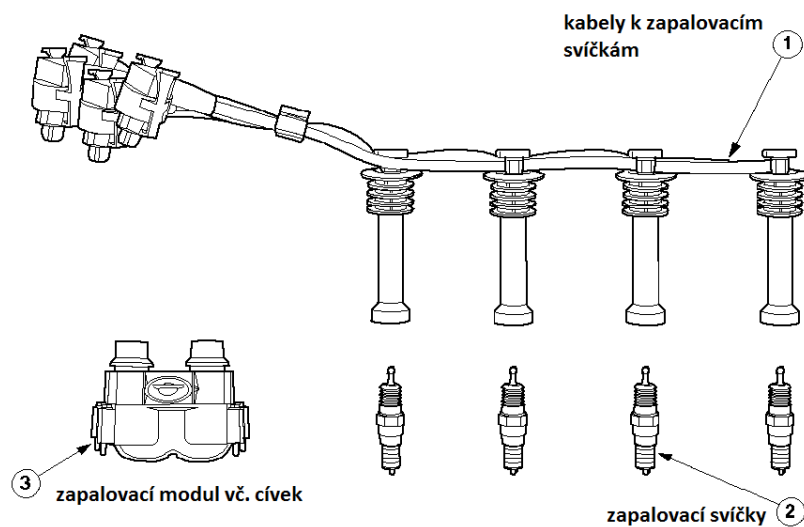
Obrázek 17- měření polohy ventilu pro řízení volnoběhu pomocí sériové diagnostiky ForDiag

1.3.5 Elektronické zapalování (EI – Electronic Ignition)

Snímač polohy klikové hřídele je základ pro výpočet zapalování. Střídavé napětí z tohoto snímače je digitalizováno v řídicí jednotce motoru. Tento signál je pak použit ke spínání primárního okruhu zapalovacích cívek.

Předstih zápalu je určen řídicí jednotkou v závislosti na provozních podmínkách motoru.

Zapalovací cívky jsou spouštěny řídicí jednotkou v párech (válce 1–4 a válce 2–3) tj. vždy jedna jiskra pro expanzi a jedna jiskra ve výfuku.



Obrázek 18- zapalování

1.3.6 Elektromagnetický ventil přestavování vačkové hřídele (VCT – Variable Cam Timing)

Elektromagnetický ventil přestavování vačkové hřídele je ovládán řídicí jednotkou motoru. Řízení je prováděno signálem PWM. V závislosti na střídě se mění poloha elektromagnetického ventilu. Více informací o variabilním časování je v samostatné kapitole.

2 Technický popis motoru Ford Zetec-SE 1,7 16 V

Motor 1,7 Zetec-SE VCT s 92 kW byl uveden společně s automobilem Ford Puma. Základ motoru patří do rodiny motorů Zetec-SE, které se vyrábějí v objemových variantách 1,25; 1,4 a 1,6 litru. Tyto motory byly vyvinuty ve spolupráci s firmou Yamaha. V současné době jsou stále používány ve většině modelů automobilky Ford. Zetec-SE VCT byl první motor evropského Fordu, který měl variabilní časování vačkové hřídele (VCT). Elektronicky řízený hydraulický nastavovací modul zajišťuje variabilní nastavení vačkové hřídele sacích ventilů. VCT modul zajišťuje vysoký točivý moment v celém rozsahu otáček motoru. Způsob vymezení ventilové vůle je rovněž nový. Pod hrníčkovými zdvihátky jsou umístěny vymežovací podložky. Rozvodový systém je díky tomu lehčí a stabilnější ve vyšších otáčkách oproti konvenčnímu systému hydraulických zdvihátek. Na rozdíl od menších Zetec-SE motorů je kliková hřídel kovaná. Tím se dosáhne vyšší pevnosti.

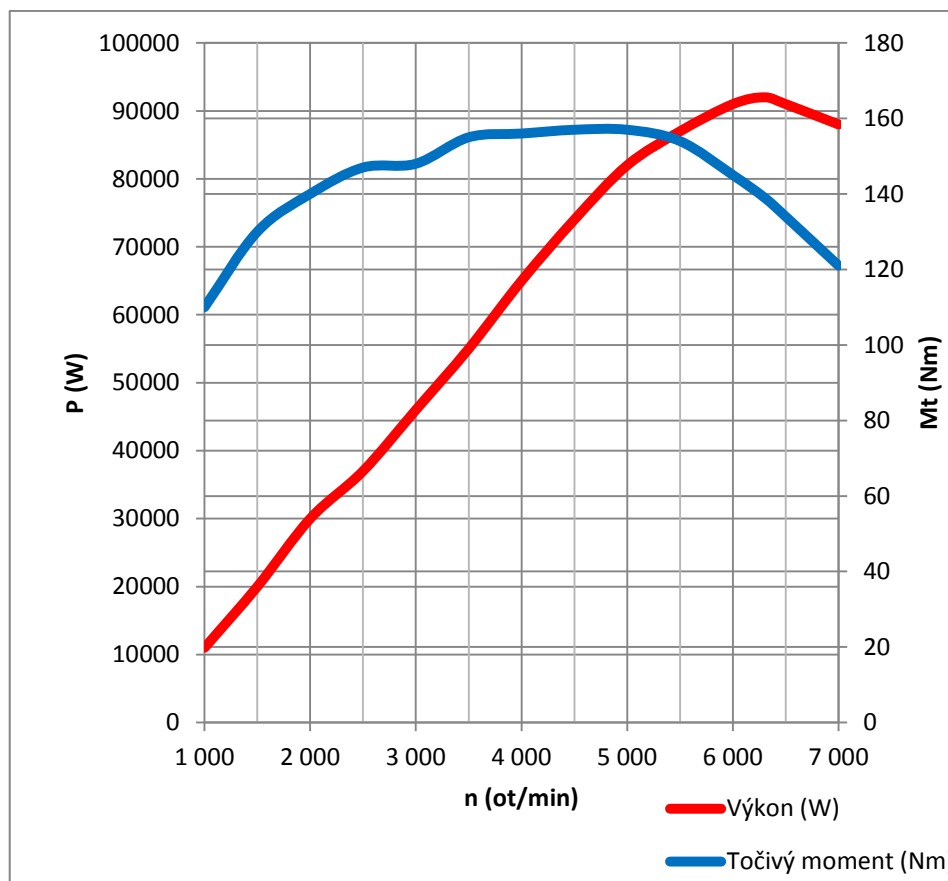


Obrázek 19- pohled na motorový prostor

2.1 Technické parametry motoru

– palivo:	95 oktanový bezolovnatý benzin
– plnění:	atmosférické
– počet válců:	4 (v řadě)
– zdvihový objem (cm ³):	1679
– vrtání (mm):	80
– zdvih (mm):	83,5
– maximální výkon (KW) při (ot/min):	92/6300
– maximální točivý moment (Nm) při (ot/min):	157/4500
– kompresní poměr:	10,3 : 1
– zapalování:	plně elektronické 2 jiskrové
– pořadí zapalování:	1,3,4,2
– vzdálenost elektrod svíček (mm):	1,3
– vstřikování paliva:	sekvenční elektronické
– hlava:	slitina hliníku a křemíku
– blok motoru:	slitina hliníku a křemíku
– vložky válců:	nejsou, povrchová úprava nikasilem
– uložení a počet ventilů:	DOHC, 16 V – VCT
– vůle ventilů za studena (mm):	sací – 0,2 a výfukové – 0,3
– volnoběžné otáčky motoru (ot/min):	850+/-50
– maximální trvalé otáčky motoru (ot/min):	6750
– maximální krátkodobé otáčky motoru (ot/min):	6875

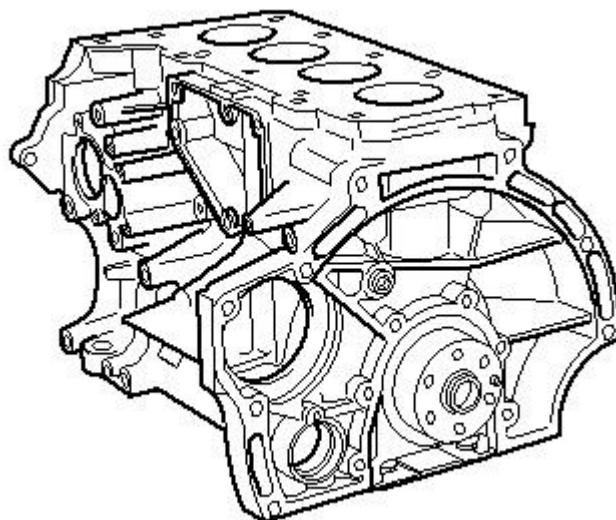
2.1.1 Rychlostní charakteristika motoru



2.2 Pevné části motoru

2.2.1 Blok motoru

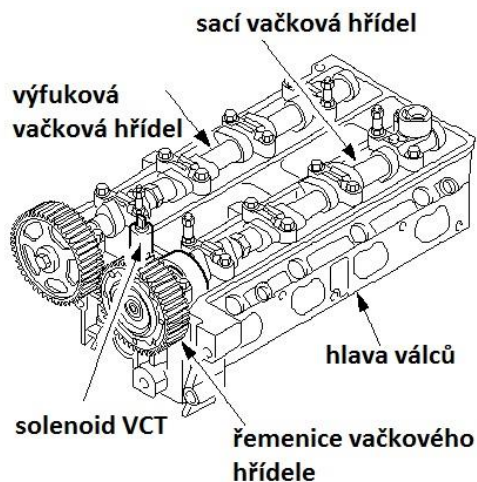
Blok motoru je vyroben ze slitiny hliníku a křemíku. Stěny válců nemají konvenční litinové vložky válců, ale jsou opatřeny speciální povrchovou úpravou nikasil. Nikasil je niklo-křemíkovo-karbidová povrchová úprava pro komponenty motoru, především pro vnitřky válců – zabezpečení lepšího odvodu tepla a zvýšení kluznosti. Jde o velmi slabou vrstvu a při zadření se právě tato vrstva nahrne mezi pístní kroužky, válec a píst. Následkem špatného zacházení s motorem a nedodržováním servisních intervalů je vyšší spotřeba motorového oleje u některých motorů.



Obrázek 20- blok motoru

2.2.2 Hlava válců

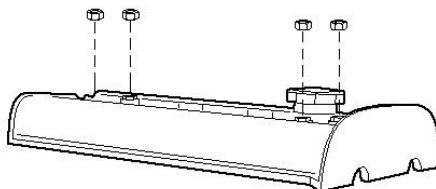
Hlava válců je vyrobena ze slitiny hliníku a křemíku. Je přesně umístěna na bloku válců pomocí dvou vodicích pouzder. Hlava válců má čtyři ventily na válec. Úhel sklonění ventilů je mírně asymetrický. Výfukové ventily jsou skloněny o -2° než sací ventily. Spalovací prostor je střeovitého tvaru. Váčkový hřídel sacích ventilů je vybaven variabilním časováním. Zapalovací svíčky jsou mírně odsazeny od středu spalovacího prostoru. Je to z důvodu využití maximální plochy spalovacího prostoru pro sací ventily. Vedení ventilů a ventilová sedla jsou vyrobena ze slinovaného kovu. Jedná se o proces, kdy je kov zahřátý pod jeho bod tání. Tím se dosáhne menší poréznosti větší tvrdosti vodítek a sedel ventilů.



Obrázek 21- hlava válců

2.2.3 Ventilové víko

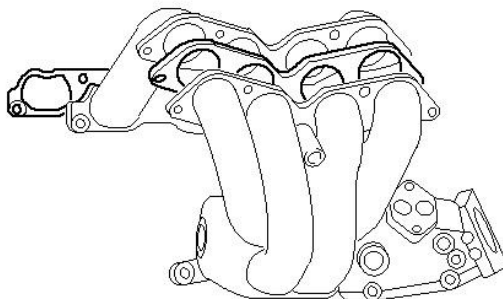
Ventilové víko je vyrobeno z hořčíku. Díky tomu je lehčí a napomáhá tak celkovému snížení těžiště motoru – automobilu.



Obrázek 22- ventilové víko

2.2.4 Sací potrubí

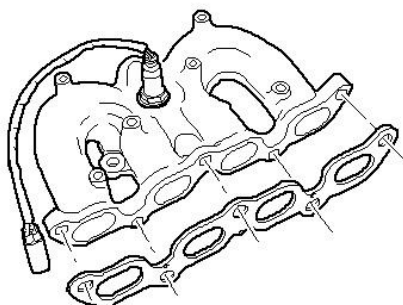
Sací potrubí se skládá ze dvou částí, které jsou sešroubovány. Použitý materiál je slitina hliníku. Těsnění mezi sacím potrubím a hlavou válců je vyrobeno z plastu.



Obrázek 23- sací potrubí

2.2.5 Výfukové svody

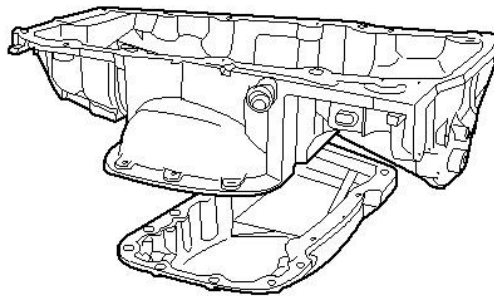
Těsnění mezi výfukovým potrubím a hlavou válců je vyrobeno z oceli. Do výfukových svodů je zašroubována lambda sonda.



Obrázek 24- výfukové svody

2.2.6 Olejová vana

Olejová vana byla upravena ve srovnání s motory 1,25 a 1,4 litru Zetec-SE. Specifický tvar vany zabraňuje přelítí oleje z jedné strany na druhou při prudkých průjezdech zatáčkami. Z výrobních důvodů je olejová vana rozdělena na dvě části.

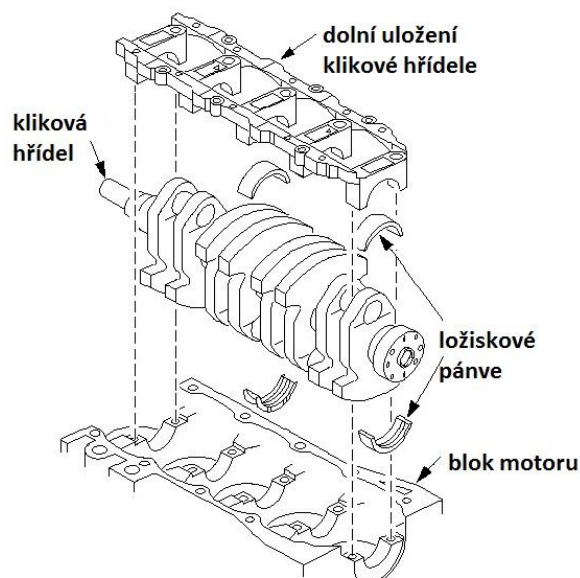


Obrázek 25- olejová vana

2.3 Pohyblivé části motoru

2.3.1 Kliková hřídel

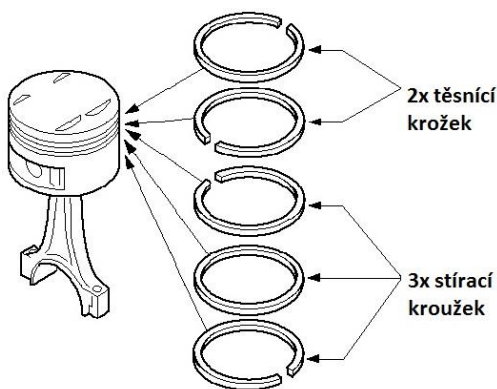
Kliková hřídel má osm vývažků a je uložena v pěti kluzných ložiskách. Hřídel je vyrobena z kované oceli.



Obrázek 26- kliková hřídel

2.3.2 Písty

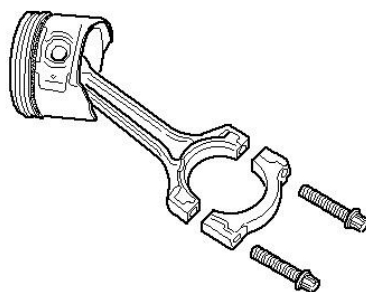
Písty jsou vyrobeny ze slitiny hliníku a křemíku. Opatřeny jsou 5 pístními kroužky.



Obrázek 27- píst

2.3.3 Ojnice

Jsou zde použity slinované kované ojnice. Slinované kované ojnice se vyrábějí jako jeden díl. Dělicí plocha mezi patou ojnice a víkem ojnice se neobrábí třískově, ale vzniká pomocí speciální technologie oddělování, trháním. Na ještě jednoduché ojnici je místo, kde má dojít k lomu, vyznačeno vrubem. Pak se pomocí hydraulicky rozepínaného trnu v otvoru ojnice víko ojnice odtrhne. Zrnitá plocha lomu je charakteristická pro každou ojnici a zaručuje při montáži přesné dosednutí víka ojnice na patě ojnice. Oba díly jsou nezaměnitelné.



Obrázek 28- ojnice

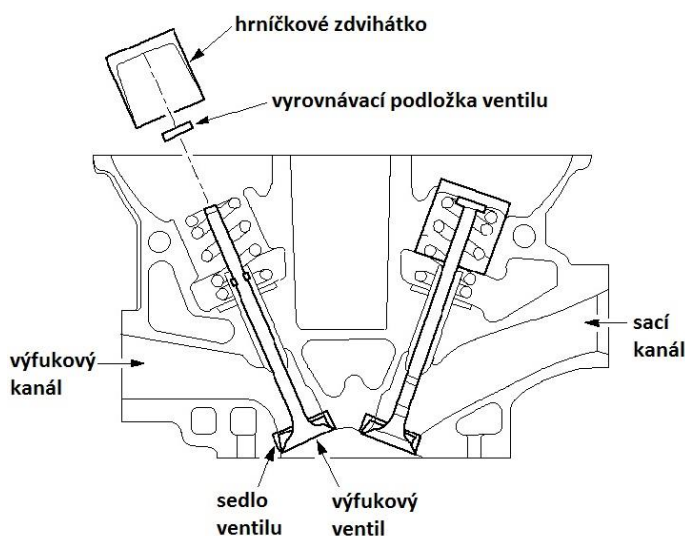
2.3.4 Ventilový rozvod

Dva vačkové hřídele jsou poháněné od klikové hřídele prostřednictvím rozvodového řemenu.

Zdvihátka jsou mechanická hrníčkového typu. Vyrovnávací podložky ventilů jsou pod zdvihátky. Toto uspořádání má následující výhody:

- Hmotnost pohyblivých částí ventilového rozvodu se snižuje.
- Ventilový rozvod je více stabilní při vysokých otáčkách motoru.

Dříky ventilů jsou nitračně kalené a sedla ventilů jsou posílena. Výfukové ventily jsou vyrobeny ze dvou různých materiálů (dvě různé slitiny pro dříky ventilů a talířky ventilů). Vůle ventilů by měly být kontrolovány každých 150 000 km. Rozvodový řemen se mění po 150 000 km nebo po 10 letech.

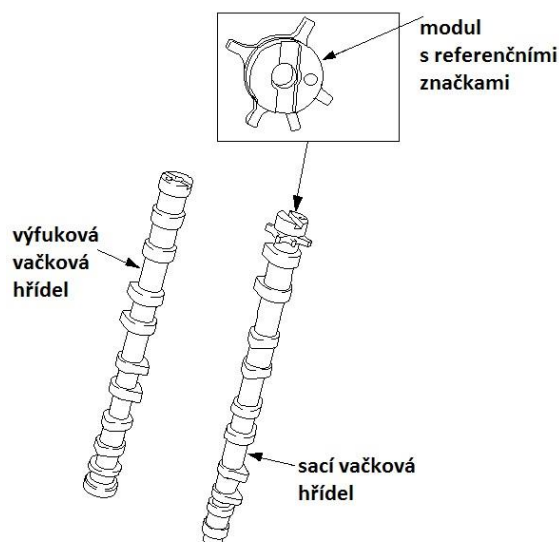


Obrázek 29- ventilový rozvod

2.3.5 Vačkové hřídele

Vačkové hřídele u rozvodu DOHC jsou dvě. Jedna ovládá sací ventily a druhá ovládá výfukové ventily.

Kromě jedné obvyklé značky (výstupku) na referenčním kole pro detekci pozice prvního válce jsou tam další čtyři značky (výstupky) v rozestupu 90 °. Tyto značky jsou využívány systémem variabilního časování k přesnému určení pozice vačkové hřídele sacích ventilů.



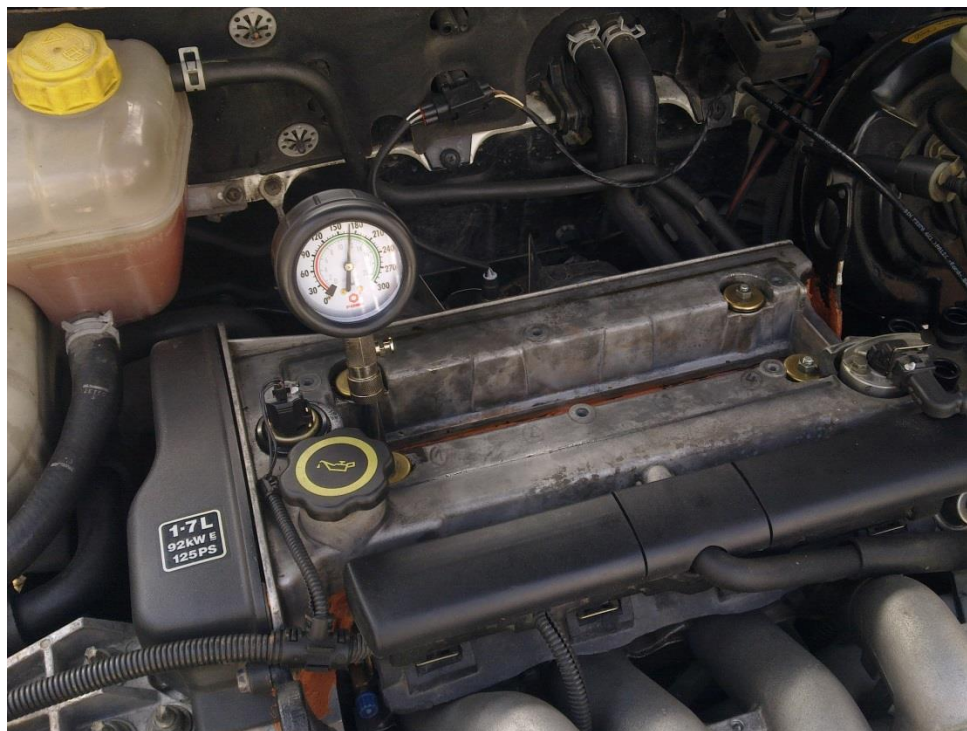
Obrázek 30- vačkové hřídele

2.4 Ověření mechanického stavu motoru

Jednou z metod ověření mechanického stavu motoru je měření komprese. Tato zkouška může odhalit netěsnost pístních kroužků, nedosedající ventily, chybně nastavený rozvodový systém nebo ventilové vůle atd.

Postup měření komprese:

- Plně nabít autobaterii.
- Zahřát motor na provozní teplotu.
- Demontovat zapalování, zapalovací svíčky, relé palivového čerpadla a filtr vzduchu.
- Připojovat kompresiometr postupně ke všem válcům.
- Plně otevřít škrťací klapku a protáčet motor startérem, tak dlouho dokud stoupá tlak.



Obrázek 31- měření pomocí kompresimetru

Výrobce udané hodnoty jsou 1,24 MPa. Maximální rozdíl mezi válci může být až 300 kPa. Hodnoty naměřené v této práci jsou na všech válcích 1,2 MPa \pm 10 kPa. Měřeno při okolní teplotě vzduchu +1 °C. Mechanický stav motoru lze označit za výborný.

3 Variabilní časování vačkové hřídele sacích ventilů Ford Zetec-SE 1,7 16 V

3.1 Význam variabilního časování

Průběh výměny plynů v motoru a množství škodlivin ve výfukových plynech jsou výrazně ovlivňovány časováním a zdvihem ventilů. Klasické rozvodové mechanismy se stejným zdvihem a konstantním časováním ventilů (otevírání i zavírání je neměnné a přímo závislé na pohybu klikové hřídele) jsou vždy určitým kompromisem, plně vyhovujícím pouze

v určitém úzkém rozmezí otáček motoru. Spalovací motor však pracuje s poměrně širokým rozsahem provozních otáček.

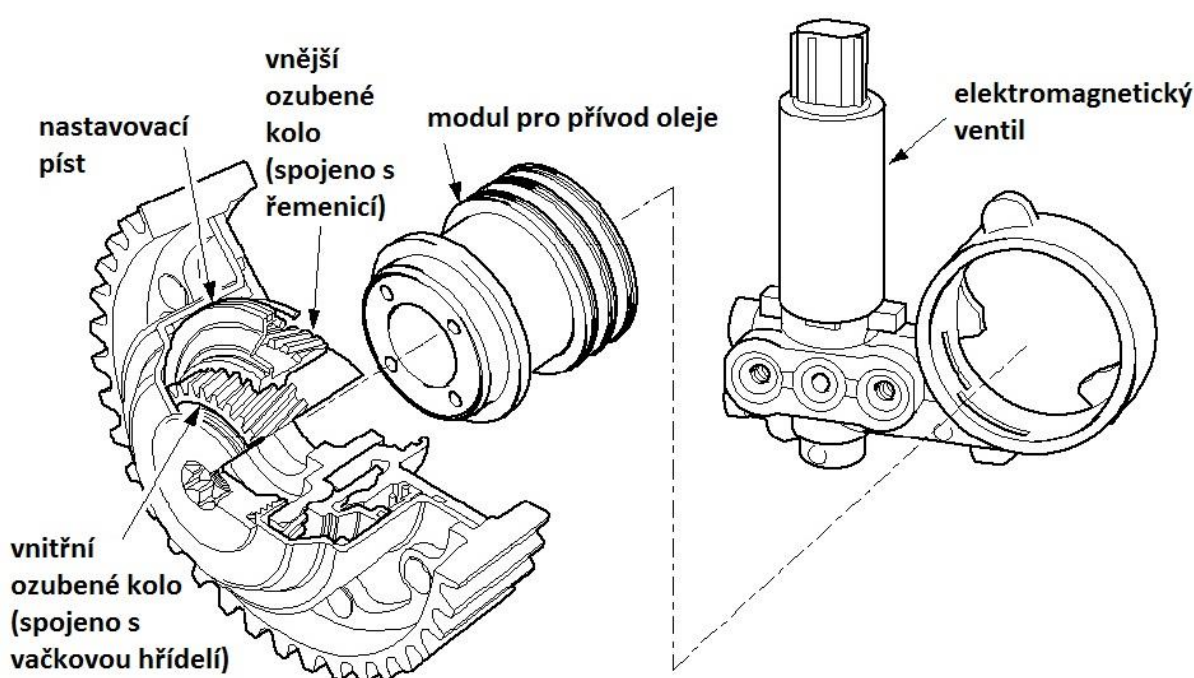
Variabilní časování ventilů je použito ke zdokonalení výměny náplně válců pístového spalovacího motoru. Proměnné časování je častěji využíváno u zážehových motorů. Zážehové motory pracují s větším rozsahem otáček, a proto je využití takového systému větší a logičtější. Výhody jsou zvýšení výkonu, optimalizace točivého momentu v širokém spektru otáček, nižší spotřeba paliva a nižší emise výfukových plynů. Naopak nevýhodou je složitější konstrukce rozvodového systému.

Výrobci používají různé systémy proměnného časování ventilů. Nejčastěji používaným způsobem je natáčení vačkové hřídele sacích ventilů vůči klikové hřídeli. Tento systém je rovněž použit u motoru 1,7 Zetec-SE. Natáčením vačkové hřídele je možno posouvat fáze sání a tedy překrytí ventilů („střih“). Zdvih ventilů zůstává neměnný. Vačková hřídel výfukových ventilů zůstává ve stejné poloze.

Nastavení vačkové hřídele se mění podle předem definovaných vztahů zátěže a otáček. Při volnoběhu a při vysokých otáčkách je vačková hřídel sacích ventilů nastavena tak, že sací ventil zavírá později. V tomto případě nedochází k překrývání s výfukovými ventily („střih“ ventilů), což napomáhá stabilnímu chodu motoru ve volnoběžných otáčkách a dobrému využití výkonu při vysokých otáčkách. Při nízkých a středních otáčkách je vačková hřídel sacích ventilů nastavena tak, že sací ventily zavírají dříve (mírné překrytí ventilů). Část výfukových plynů zůstane ve spalovacím prostoru, tím se sníží hodnoty Nox. To nahrazuje dodatečné systémy recirkulace výfukových plynů (EGR, AGR).

3.2 Konstrukce variabilního časování vačkové hřídele sacích ventilů

Nastavení vačkové hřídele je řízeno řídicí jednotkou motoru. V jednotce je pro tento účel uložena datová mapa, která počítá s několika parametry. To jsou především otáčky motoru, ale důležité jsou i další provozní stavy jako je například teplota chladicí kapaliny, hmotnost a teplota nasávaného vzduchu. Řídicí jednotka dává příkazy řídicímu elektromagnetickému ventilu. Tento ventil je ovládán PWM napěťovými impulzy a ty určují jeho polohu.



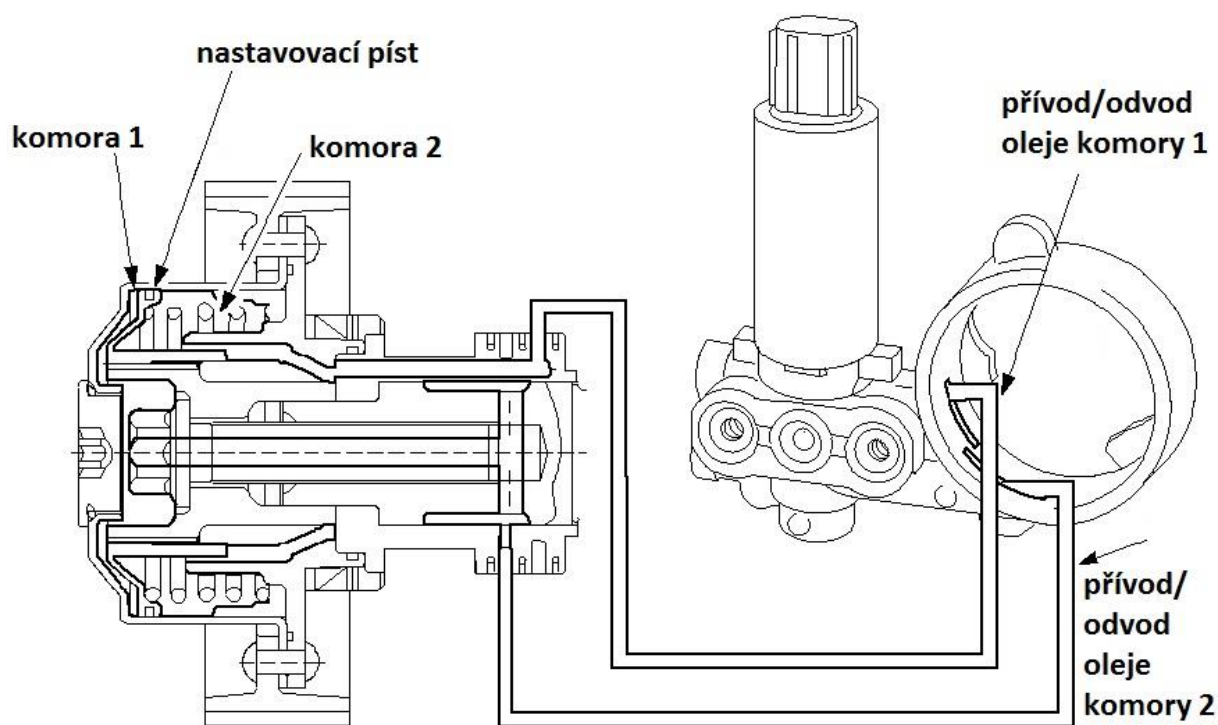
Obrázek 32- pohled v řezu na modul variabilního časování

Úprava časování je prováděna axiálním (podélným) posuvem nastavovacího pístu (vůči vačkové hřídeli). Na jedné straně tohoto pístu je vnitřní ozubené kolo a na druhé straně je vnější ozubené kolo. Vnitřní ozubené kolo je pevně spojeno s vačkovou hřídelí a vnější ozubené kolo je pevně spojeno s řemenicí. Řemenice je standardně poháněna rozvodovým řemenem od klikového hřídele.

V závislosti na požadovaném nastavení vačkové hřídele, je pod tlakem přiveden motorový olej do přední nebo zadní části pístu. Tím je docíleno axiálního (podélného) posunu pístu. Směr proudění oleje a tím i posun pístu je regulován elektromagnetickým ventilem.

3.2.1 Olejové vedení variabilního časování

Olej je přiváděn přes elektromagnetický ventil do komory 1, která je tím pádem pod tlakem. V důsledku toho se nastavovací píst axiálně (podélně) posune nad ozubenými koly (vůči váčkové hřídeli). Při tomto přesouvání je na druhé straně odváděn olej z komory 2 přes ozubené kolo zpět k hlavě válců. Při opačné změně časování váčkové hřídele je postup obrácený. Olej je přiváděn do komory 2 a naopak z komory 1 je odváděn zpět k hlavě válců. Maximální změna časování je 20° odchylka od základní polohy.



Obrázek 33- vedení oleje v modulu variabilního časování

4 Paralelní a sériová diagnostika motoru

Diagnostika motoru je činnost, která se zabývá posouzením míry opotřebení součástí motoru, nastavení základních parametrů jednotlivých funkčních částí a možnými příčinami závad. Správné provádění diagnostiky vede k zohospodárnění provozu motoru i vozidla a současně k rozpoznání možných závad, jejich příčin a plánování celkových oprav motoru.

Diagnostiku motoru lze rozdělit na takzvanou „sériovou“ a „paralelní“.

Sériová diagnostika neboli motortester je zařízení, které se k vozidlu připojuje přímo pomocí DLC (Data Link Connector) konektoru. Výhodou je snadné připojení k vozidlu a okamžitý přehled o provozních hodnotách. Nevýhodou je možné zkreslení těchto údajů, protože zařízení není připojeno ke konkrétnímu vodiči, snímači, akčnímu členu atd.

V této práci byla použita sériová diagnostika ForDiag. Jedná se o neoriginální diagnostiku. Nicméně disponuje většinou funkcí, jako originální diagnostika Ford IDS s VCM modulem (Integrated Diagnostic System, Vehicle Communication Module). Mezi tyto funkce patří: vyčtení kódů závad i s jejich popisem, monitorování aktuálních dat ze snímačů a testy akčních členů. Mezi její slabinu patří nemožnost „programování“ řídicích jednotek a modulů, výjimkou jsou jen vstřikovače u vznětových motorů. S vozidlem Ford Puma pracuje rychle a stabilně.



Obrázek 34- sériová diagnostika ForDiag

Paralelní diagnostika je nezávislé nebo přímé měření. To jest například měření ventilové vůle, vzdálenosti elektrod zapalovacích svíček nebo měření osciloskopem. Osciloskopem lze měřit napětí a proud. Za pomoci tlakové sondy i tlak. Při měření osciloskopem je výhodou věrohodnost naměřených hodnot a zejména vysoká frekvence jejich záznamu. Například měření v sekundární části zapalování je bez osciloskopu nemožné. Nevýhodou je složitější připojení měřících hrotů a nutná znalost typických průběhů napětí a proudu.

Při měření el. odporu snímače teploty nasávaného vzduchu a teploty chladicí kapaliny byl použit digitální multimetr.



Obrázek 35- multimetr

Mezi další paralelní diagnostiku použitou v této práci lze zařadit kompresiometr a měřidlo tlaku paliva.



Obrázek 36- kompresiometr



Obrázek 37- měřidlo tlaku paliva

Závěr

Absolventská práce byla vytvořena po stránce teoretické a zároveň praktické. Lze jí využít k hledání závad na motoru Ford Zetec-SE 1,7 16 V a jemu podobných.

Zážehový motor Ford Zetec-SE 1,7 16 V patří dobou svého vzniku již ke starším motorům. Nicméně i v současnosti jsou do vozidel Ford montovány motory na stejném základu a s podobným elektronickým managementem. Například motor Ford Duratec 1,6 Ti-VCT. Tyto atmosférické zážehové motory patří mezi velmi spolehlivé. Ovšem pod tlakem na neustálé snižování emisí jsou postupně nahrazovány novými zážehovými motory. Ty jsou při menším nebo stejném objemu výkonnější. Čehož je dosaženo přímým vstřikem paliva a turbodmychadlem. Motory tak mají skutečně nižší emise a jsou úspornější, ale jsou konstrukčně složitější.

Použitá literatura

1. <http://www.etis.ford.com/> (postupy mechanických oprav, atd.)
2. Technická a servisní školení Ford (diagnostika, snímače, akční členy atd.)
3. Automobily III - Motory, Autor: Jan, Zdeněk Ing; Ždanský, Bronislav Ing.
4. <http://www.fordfans.cz/>
5. <http://www.projectpuma.com/>
6. <http://www.youtube.com/user/ADPTraining>