

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Diagnostický rozbor a predikce závad u spalovacího motoru

Autor: František Valdman

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

Akademický rok 2011/2012

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

Děkuji tímto Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za cenné připomínky, podporu, obětavou pomoc a rady při vypracování této bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení VALDMAN	Jméno František	
STUDIJNÍ OBOR	2341R001-60 Diagnostika a servis silničních vozidel		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Diagnostický rozbor a predikce závad u spalovacího motoru		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	50	TEXTOVÁ ČÁST	38	GRAFICKÁ ČÁST	12
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p style="text-align: center;">ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL</p> <p style="text-align: center;">POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Hlavním cílem této bakalářské práce je vysvětlení základních požadavků motoru pro jeho správnou funkci. Na čem závisí výkonnostní parametry motoru. Dále bude provedena predikce možných poškození z úprav řídicího softwaru. Na závěr bude zhodnoceno správné určení parametrů pro provoz spalovacího motoru.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p>	<p style="text-align: center;">Spalovací motor, diagnostika, analýza, životnost,</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname VALDMAN	Name František		
FIELD OF STUDY	2341R001-60 Diagnostics and servicing of road vehicles			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef		
INSTITUTION	ZČU – FST - KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete	when not applicable
TITLE OF THE WORK	Diagnostic analysis and prediction of faults in engine			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Department of Machine Design	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	50	TEXT PART	38	GRAPHICAL PART	12
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The main objective of bachelor thesis is explained of basic requirement of engine for his correct function. The description what engine power depend on. Next will be prediction of faults and damages due to edit of control software. In conclusion will be prediction of right parameters for working of combustion engine.</p>
KEY WORDS	Combustion engine, diagnostic, analysis, service line

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	10
1 ÚVOD	11
2 SPECIFIKACE POŽADAVKŮ	12
2.1 Teorie spalování	12
2.1.1 Kompresní poměr.....	12
2.1.2 Střední užitečný tlak.....	12
2.1.3 Směšovací poměr	12
2.1.4 Předzápal.....	13
2.1.5 Detonační hoření.....	14
2.1.6 Volumetrická účinnost.....	14
2.2 Určení hlavních parametrů zážehového motoru	15
2.2.1 Zapalovací mapy.....	15
2.2.2 Palivové mapy.....	17
2.2.3 Přechodové režimy.....	20
3 STRUKTURA MECHANICKÝCH ČÁSTÍ MOTORU	21
3.1 Nepohyblivé části	21
3.2 Pohyblivé části motoru	21
3.2.1 Nerotační části.....	21
3.2.2 Rotační části	21
4 STRUKTURA-SNÍMAČ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA-DIAGNOSTIKA	22
4.1 Snímače	22
4.1.1 Snímač otáček (Hallův)	22
4.1.2 Snímač polohy (potenciometr).....	24
4.1.3 Snímač množství nasátého vzduchu.....	24
4.1.4 Snímač podtlaku (respektive absolutního tlaku) v sacím potrubí.....	25
4.1.5 Snímač tlaku paliva.....	25
4.1.6 Snímač teploty nasávaného vzduchu	25
4.1.7 Snímač teploty výfukových plynů.....	26
4.1.8 Lambda sonda	26
4.1.9 Snímač klepání motoru.....	27

4.2	Akční členy	28
4.2.1	Zapalování	28
4.2.3	Vstřikovací trysky.....	28
4.3	Struktura řídicí jednotky	29
4.3.1	CPU	30
4.3.2	RAM	30
4.3.3	ROM.....	30
4.3.4	A/D, D/A převodníky	31
4.4	Popis některých systémů řízení motoru.....	31
4.4.1	Kontinuální vstřikování paliva	31
4.4.2	Jednobodový vstřik.....	32
4.4.3	Vícebodový vstřik	33
4.4.4	Přímé vstřikování.....	35
5	ANALÝZA ŽIVOTNOSTI A JEJÍ PREDIKCE U SPALOVACÍHO MOTORU	36
5.1	Technická diagnostika	36
5.2	Analýza životnosti a její predikce	37
5.2.1	Analýza hluku	37
5.2.2	Analýza vibrací.....	38
5.3.3	Měření parametrů motoru.....	38
5.3.4	Predikce životnosti spalovacího motoru	39
6	DIAGNOSTICKÝ ROZBOR A PREDIKCE ZÁVAD	40
6.1	Rozbor mechanických částí motoru	40
6.1.1	Kliková hřídel	40
6.1.2	Pístní skupina.....	40
6.1.3	Válce	41
6.1.4	Rozvodový mechanismus	41
6.1.5	Hlava válců.....	42
6.1.6	Vačková hřídel	43
6.1.7	Závady vlivem špatného mazání	44
6.1.8	Závady vlivem špatného chlazení.....	44
6.1.9	Závady vlivem zmeškaného servisního intervalu výměny rozvodu.....	45
6.1.10	Závady vlivem špatného paliva.....	45

6.2	Rozbor elektronických částí motoru.....	45
6.2.1	Diagnostika snímačů.....	45
6.2.2	Diagnostika zapalování.....	45
6.2.3	Diagnostika vstřikování.....	46
6.2.3	Diagnostika ECU.....	46
6.2.4	Závady při provozu nesprávně fungující ECU nebo některým ze snímačů a akčních členů	46
6.3	Diagnostika závady po neodborném zásahu do ECU.....	47
6.3.1	Editace hodnot ECU.....	47
6.3.2	Závady po úpravách ECU.....	48
7	ZÁVĚR, ZHODNOCENÍ PARAMETRŮ PRO EKONOMICKÝ PROVOZ.....	49
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	50

Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Popis
A/D	Analog/Digital
CAN - BUS	Datová sběrnice
CPU	Procesor
D/A	Digital/Analog
DTC	Vnitřní paměť závad
ECU	Electronic control unit
EPROM	Electronic programable read only memory
EEPROM	Electronic programable memory
MAP	Manifold absolute pressure
MAF	Mass air flow
Mk	Moment kroučící
OBD	On board diagnostic
P	Výkon
RAM	Random access memory
ROM	Random operative memory
RPM	Revolutions per minute
VRIS	Variable intake system

1 Úvod

Spalovací motor a jeho základní mechanické části jsou již dlouhou dobu známy.

V posledních letech však spalovací motory prodělávají rozsáhlý vývoj v oblasti jejich řízení. Ještě nedávno byl u zážehových motorů běžný karburátor a zapalování s rozdělovačem. Řízení předzápalu probíhalo v rozdělovači mechanickou cestou. U naftových motorů bylo běžné mechanické vstřikovací čerpadlo. U naftových motorů vydrželo vstřikovací čerpadlo déle než karburátor u motorů zážehových.

V dnešní době se již s těmito mechanickými součástmi pro řízení motoru nesetkáme. Byly nahrazeny elektronickým motormanagementem.

Na spalovací motory s elektronickým řízením jsou kladeny vysoké nároky zejména na výkonové parametry při snižování spotřeby. To by nebylo možné bez výkonného elektronického motormanagementu, protože je velice důležité pomocí snímačů přesně popsat okamžitý provozní režim agregátu. Na tento stav motormanagement přesně reaguje a určí dávku paliva i okamžik předzápalu.

V dnešní době je kladen důraz na emise, to znamená, že na spalovacích motorech je řada snímačů, kteří nejsou tak důležití pro samotný běh spalovacího motoru, dále však pomáhají lépe určit a řídit samotný proces spalování tak, aby se dosáhlo co nejvyšší účinnosti při nízkých emisních hodnotách.

Spalovací motor dále kromě jeho mechanických částí a řídicí elektroniky obsahuje další podpůrné části, jako jsou chladiče na vodu a olej, palivová čerpadla a různé další. Cílem této práce je soustředit se na popis řídicí elektroniky, diagnostiku a predikci závad jak této elektroniky, tak mechanických závad.

2 Specifikace požadavků

2.1 Teorie spalování

2.1.1 Kompresní poměr

Kompresní poměr má zásadní vliv na tepelnou účinnost motoru. S kompresním poměrem vzrůstá teplota na konci cyklu.

U zážehového motoru nejvyšší kompresní poměr limituje odolnost paliva a tvar spalovacího prostoru vůči detonacím. Vysoké hodnoty kompresního poměru zvyšují tepelnou účinnost oběhu (motoru). Zároveň ale snižují jeho mechanickou účinnost z důvodu velkého rozdílu tlaků - tedy velkého zatížení pístu a stěny válce motoru. Toto nadměrné zatížení by mohlo následně způsobit sníženou životnost agregátu.

Se zvyšujícím se kompresním poměrem motor ztrácí také pružnost. V současnosti motory běžně pracují s kompresním poměrem 10 - 11:1.[1]

2.1.2 Střední užitečný tlak

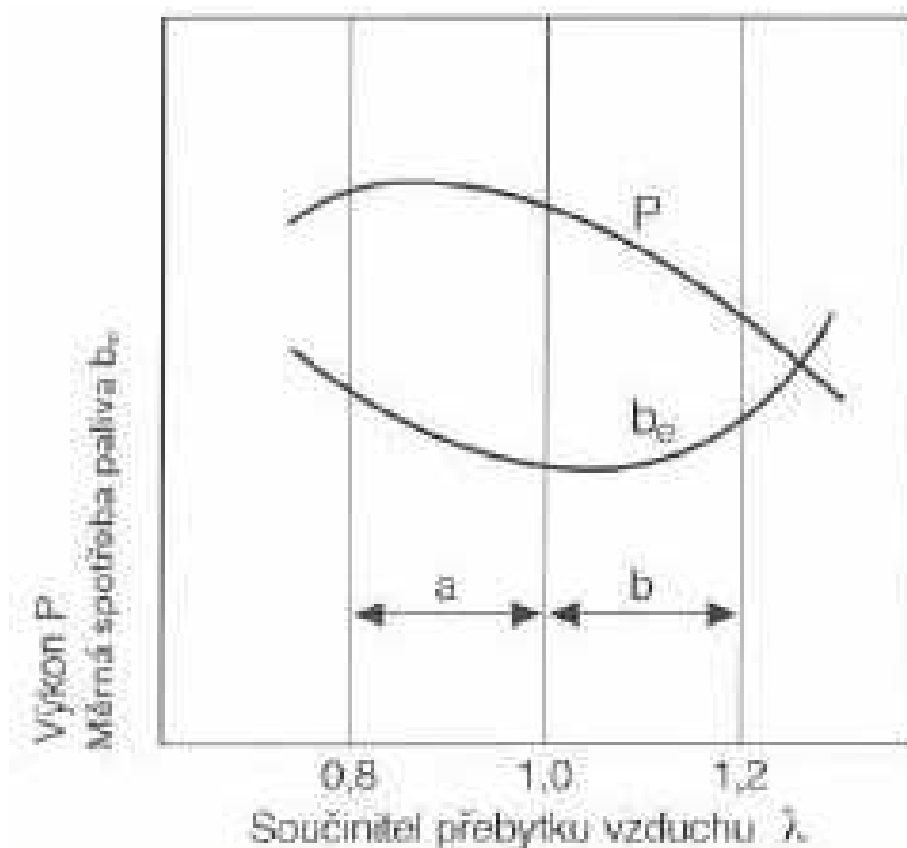
Závisí na kvalitě tvoření směsi, výměně obsahu válce a atmosférických podmínkách – jedná se o plnicí tlak a teplotu. Na střední užitečný tlak působí stejné vlivy jako na kompresní poměr.

Při zvyšování kompresního poměru rostou spalovací tlaky a tedy i střední užitečný tlak. Existuje zde však omezení požadavky na tíhu motoru a také jeho životnost. Proto je snaha střední efektivní tlak zvýšit tím, že tlak ve válci bude po zažehnutí směsi dále stoupat i za horní úvrať. Tím však dochází ke zvyšování teploty spalin, a tím namáhání výfukového orgánu, což může dále vést ke vzniku detonačního hoření. [2]

2.1.3 Směšovací poměr

Složení směsi spalovacího motoru má zásadní vliv na výkon, spotřebu a složení výfukových plynů. Směsí se rozumí palivo a vzduch nezbytný k hoření. Při hoření směsi se přemění energie chemicky vázaná v palivu na teplo. Ideální poměr paliva a vzduchu u benzínu (pro různá paliva se liší) je přibližně 14,7 kg vzduchu na 1kg benzínu. Pro posuzování kvality směsi jsme si zavedli jednotku λ lambda. Při ideálním poměru 14,7:1 se

rovná $\lambda=1$ a toto složení se nazývá stechiometrické. Lambda větší než 1 označuje směs chudou na benzín, lambda menší než 1 označuje směs bohatou na benzín. Různé bohatosti směsi mají rozdílné vlastnosti týkající se výkonových parametrů a emisních hodnot motoru. Mírně bohatá směs má dobrý vliv na výkonové parametry, ale měrná spotřeba benzínu vzrůstá. U mírně chudé směsi je tomu naopak. Tvoření směsi probíhá u zážehových motorů převážně v sacím potrubí nebo může částečně i ve válci (záleží na poloze vstřikovacího ventilu). Stále více se prosazuje přímé vstřikování benzínu kvůli lepší možnosti vrstvení směsi. Je však nutné si uvědomit, že čím blíže je vstřikovací ventil válci, tím se doba pro rozprášení paliva ve vzduchu a tedy vytvoření zápalné směsi, zkracuje. Vstřikovací trysky tedy musejí být výkonnější. [1]



Obr. 2 - 1. Závislost součinitele přebytku vzduchu na výkonu a měrné spotřebě [1]

2.1.4 Předzápal

Předzápal je také důležitý pro termodynamickou účinnost motoru. Ovlivňuje průběh spalování, a tím i výkon motoru. Pro nejvyšší výkon motoru je předzápal nutné mít co

nejblíže bodu, kdy začíná detonační hoření, aby směs expandovala do co nejmenšího prostoru. Tím se zvýší tlak ve válci. V normálním provozu je však předzápal nastaven i s ohledem na složení výfukových plynů a je také potřeba mít určitou rezervu od hranice klepání. Detonační hoření (klepání) vzniká vlivem samozápalů směsi, která nebyla zapálena čelem plamene.

Výsledný předzápal je tedy kompromisem mezi výkonem, minimálními emisemi a také spotřebou. Předzápal je nutné určovat pro různé zatížení motoru, otáčky, polohu škrtkic klapky. [1]

2.1.5 Detonační hoření

Chápání jeho vzniku je velmi důležité pro optimalizování výkonnostních parametrů motoru, neboť nejvyšších výkonových parametrů motoru se dosáhne jedině při provozu těsně pod hranicí detonačního hoření, kdy se směs rozpíná do nejmenšího možného prostoru a ve válci je tedy nejvyšší tlak, který samozřejmě zvýší střední efektivní tlak. Směs je tak po nasátí už v kompresním zdvihu, je zažehnuta ještě před horní úvrati a je to proto, aby se směs rozpínala do co nejmenšího prostoru. Rychlost hoření je pořád stejná a je tedy logické, že se zvyšujícími se otáčkami se musí snižovat předstih od horní úvrati zpátky. Tak je zajištěno rozpínání směsi stále do nejmenšího prostoru. Co nás ale limituje od dosažení nejvyššího teoretického tlaku, kdy by se směs rozpínala přesně v horní úvrati pouze do kompresního prostoru, je odolnost paliva, ale také motoru vůči detonacím. Samotné detonace jsou vlastně samovznícením. Směs zažehnutá svíčkou hoří a postupuje spalovacím prostorem přibližně v kulových plochách. Na odvrácené straně spalovacího prostoru se tím zvyšuje tlak. V okamžiku, kdy tlak dosáhne kritické úrovně, se zbylá směs vznítí samovolně a způsobí náhlý přesun tlaků. Píst klepne o protilehlou stranu válce – tento pohyb vydává charakteristický zvuk, který bývá často chybně označován za ‚klepání ventilů‘. Tento vysokofrekvenční zvuk (vlnění) se šíří pevnými částmi motoru a na něj reaguje čidlo klepání, které dá pokyn řídicí jednotce zvýšit předstih k horní úvrati tak, aby se směs rozpínala mírně až za kompresním prostorem. [1]

2.1.6 Volumetrická účinnost

Volumetrická účinnost je poměr mezi teoreticky možným a skutečně nasátým vzduchem. Je tedy logické, že s přivíráním škrtkic klapky klesá. Pro popsání vlivu

volumetrické účinnosti na maximálně dosažitelný výkon budu uvažovat pouze plně otevřenou škrticí klapku. Při tomto stavu je její vliv největší. Nejvyšší volumetrická účinnost je dosažena jen v určitých otáčkách relativně úzkého rozsahu.

Nejvyšší hodnoty volumetrické účinnosti znamenají nejvyšší dodávku vzduchu do válců, tedy i potřebnou nejvyšší dávku paliva pro dodržení stanoveného směšovacího poměru. Další zvyšování dávky paliva i za otáčkami s nejvyšší volumetrickou účinností nevede ke zvýšení výkonu, dojde pouze k nadměrnému obohacení směsi a tedy „zahlcení“ motoru. Volumetrická účinnost je daná konstrukcí motoru a bez úprav na výfuku, sání a hlavně časování rozvodu jí nelze změnit. Rozvod spalovacího motoru je pro charakter motoru velice důležitý z hlediska volumetrické účinnosti. Rozvodové charakteristiky se skládají z dob otevření a zdvihu ventilů, což určí celkové průtočné průřezy, a tím schopnost výplachu válce. Pro vypláchnutí válce potřebujeme určitý čas. Ten se však zmenšuje s rostoucími otáčkami. Je tedy, jestliže chceme volumetrickou účinnost posunout do vyšších otáček, a tím zvýšit výkon motoru P , nutné zvětšit průtočné průřezy ventilů nebo jejich doby otevření. Krouticí moment M_k , který je nejvyšší právě v otáčkách nejvyšší volumetrické účinnosti, se nijak dramaticky nezvýší, přesune se však do vyšších otáček. Případný růst krouticího momentu je dán lepším výplachem válců ve vyšších otáčkách. Lepšímu výplachu válce pomůže větší dynamika proudění směsi a spalin. Tato vlastnost je u některých například závodních motorů podpořena dokonalým délkovým i tvarovým přizpůsobením sacích a výfukových kanálů využívajících dynamiku výplachu směsi a spalin a jejich rezonancí pro dokonalý výplach válce. Tím se zvýší volumetrická účinnost posunutá do vyšších otáček a zároveň se razantně zvýší výkon i krouticí moment. U běžně používaných agregátů se právě kvůli rozšíření intervalu otáček, kdy se dosahuje nejvyšší volumetrické účinnosti, používá sání s proměnou délkou. Nebo může jít o těleso sání, kde je délka sání řízena otíráním klapky v tělese sání. Například systém VRIS (Mazda). [1]

2.2 Určení hlavních parametrů zážehového motoru

2.2.1 Zapalovací mapy

Zapalovací a palivové mapy jsou hlavním zdrojem dat pro ECU tak, aby ECU mohla správně řídit motor. Při tvorbě palivových map je potřeba korigovat i mapy zapalovací tak,

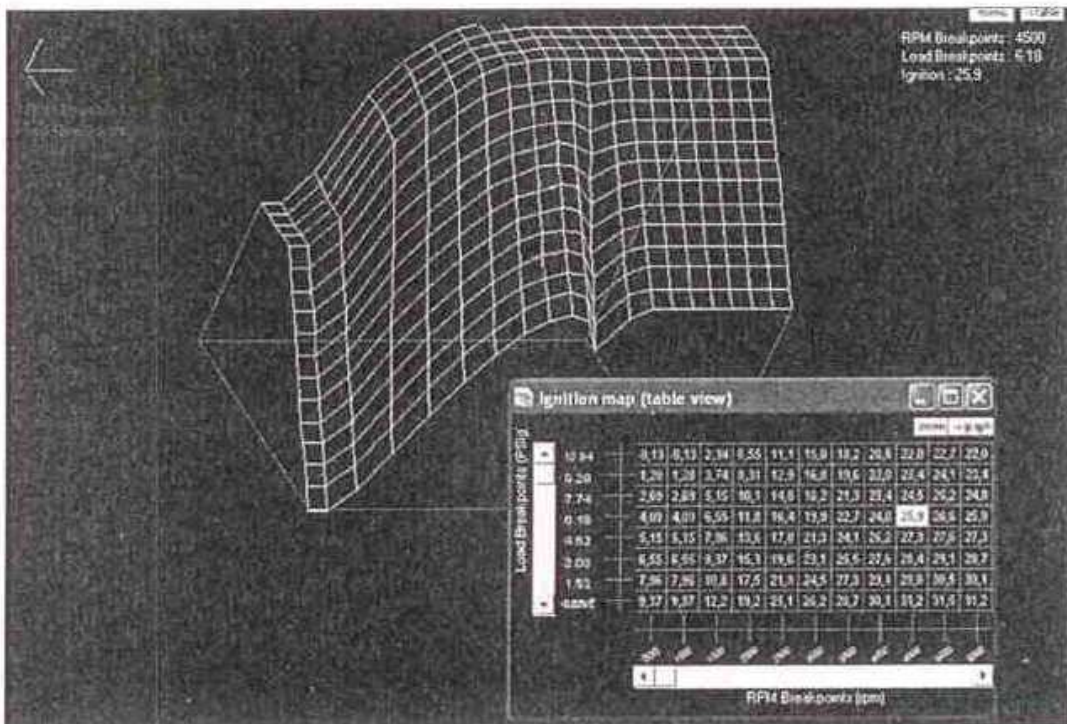
aby byl zcela využit výkonový potenciál motoru. Pro ten je zvláště důležité, aby zapálená směs expandovala do co nejmenšího prostoru.

Kdyby docházelo k prohořívání směsi daleko za horní úvratí, tlaky ve válci by klesly a obdobně by na tom byl výkon. Okamžik zážehu závisí na otáčkách a zatížení motoru.

Okamžik zážehu=f (MAP,MAF/RPM). [1]

Okamžik zážehu má ale také mnoho korekčních údajů, například čidlo klepání.

Při tvorbě parametrů motoru nás z hlediska teoreticky optimálního předzápalu limituje jednak odolnost paliva vůči detonacím, ale stejně tak mají i různé motory různou odolnost vůči detonacím (samozřejmě mají i jiné kompresní poměry).

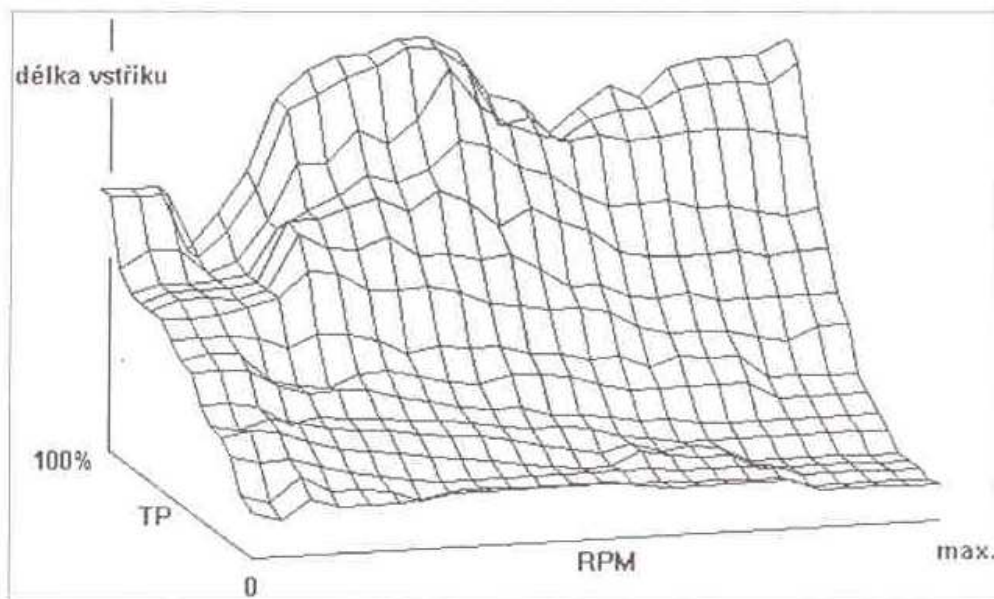


Příklad základní mapy předstihu zapalování včetně datového pole. Závislost je v tomto případě dána velikostí podtlaku v sání a otáčkami motoru (AEM).

Obr. 2 – 2. Mapa předstihu zapalování [1]

2.2.2 Palivové mapy

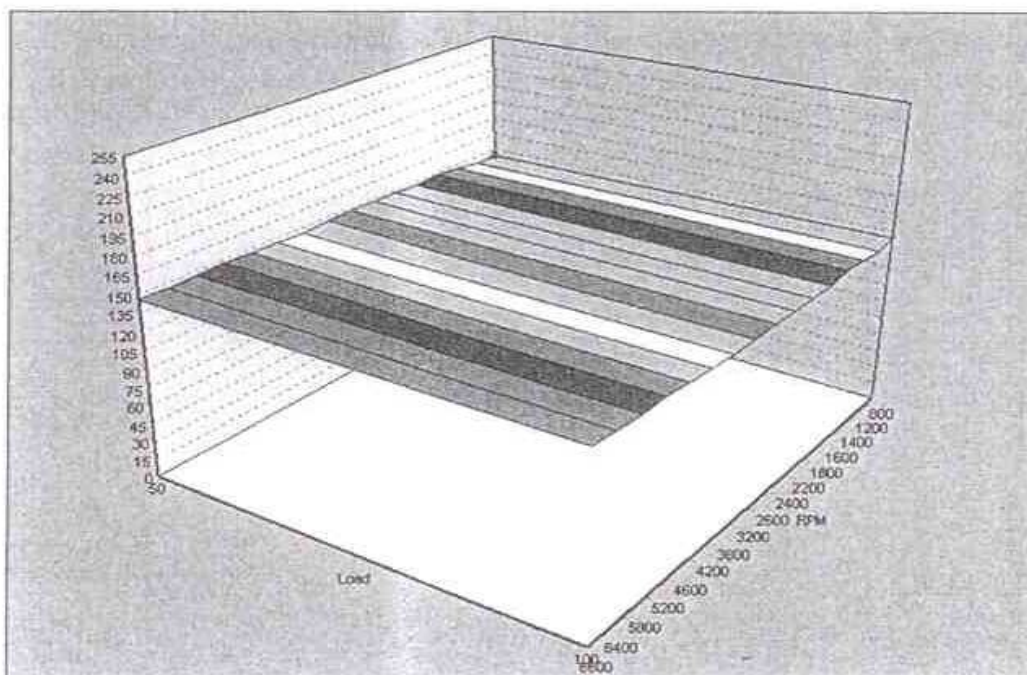
Máme dva možné druhy tvorby palivových map. První, jednodušší pracuje tak, že vybírá délku vstříku z jediné mapy. Vstupním parametrem jsou zatížení motoru a otáčky. **Délka vstříku=f(zatížení, RPM)** [1] tato jediná mapa pokryje celou oblast zatížení a provozních stavů motoru. Výhodou palivové mapy je jednoduchost a přehlednost.



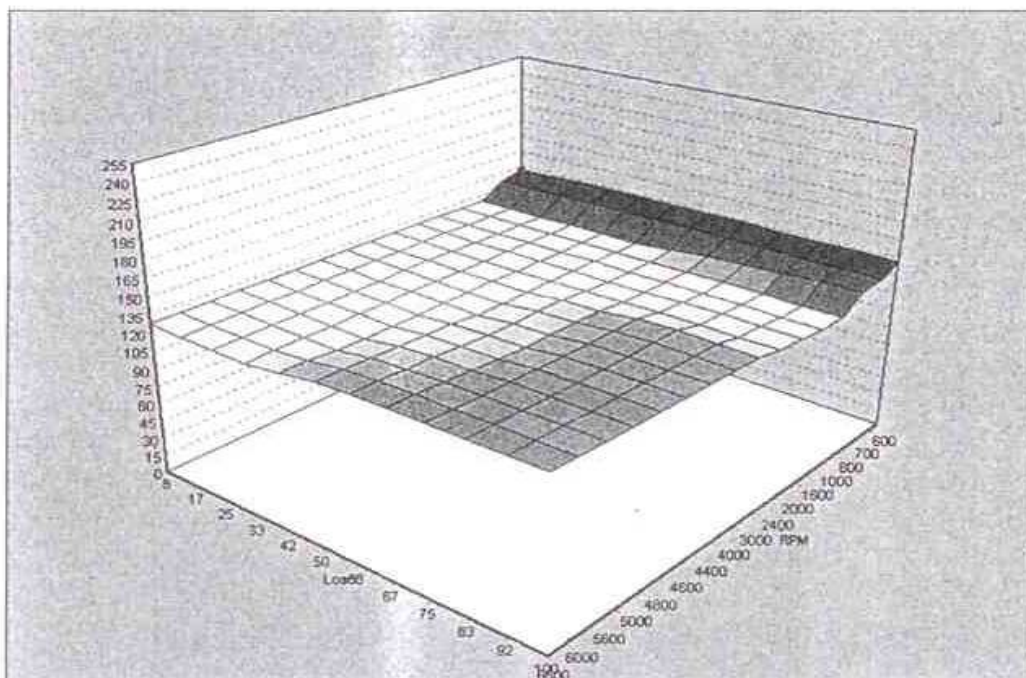
Základní palivová mapa zobrazující závislost mezi polohou plynového pedálu (TP) a délkou vstříku paliva pro různé otáčky motoru (RPM). Tento typ datové mapy je nejpřehlednější a tudíž nejpříjemnější pro případnou editaci.

Obr. 2 – 3. Palivová mapa [1]

Dalším způsobem, avšak složitějším a sofistikovanějším, je vytvoření více map podle pracovního režimu motoru. V paměti je několik různých map, například pro plně otevřenou škrticí klapku nebo jen částečně otevřenou. To může být rozděleno souměrně podle polohy škrticí klapky, například po 25% (4 mapy) otevření škrticí klapky, nebo může být použito více map na horních mezích otevření škrticí klapky. Délka vstříku je pak závislostí podtlaku v sacím potrubí a otáček motoru - **délka vstříku=f(MAP,RPM)**. [1]



Příklad palivové mapy pro plně otevřenou škrtkici klapku

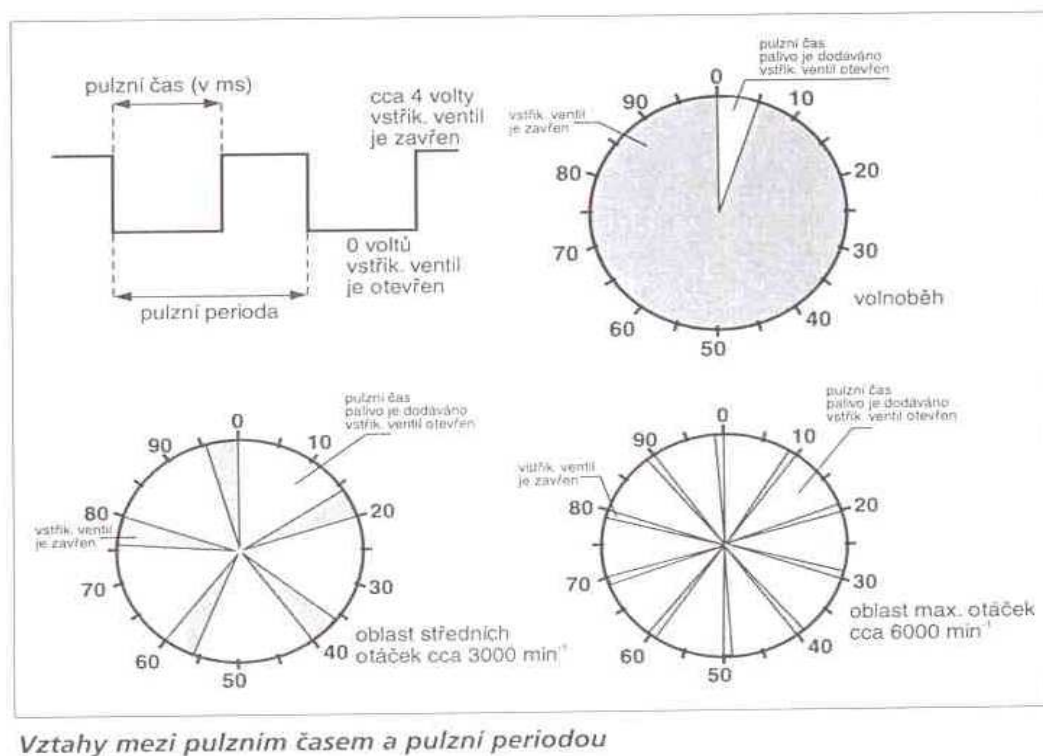


Palivová mapa pro částečně otevřenou škrtkici klapku (ECM 2001)

Obr. 2 – 4. Palivová mapa [1]

Vliv parametrů vstřikovací trysky

Už byla uvedena délka vstřiku jako základní jednotka pro množství paliva. Ale množství paliva neurčuje jen délka vstřiku, ale také průtok vstřikovací trysky, ten je udáván v **litrech/minutu**. Na základě průtoků jsou pak stanoveny délky vstřiku a těmito parametry je určeno vstřikované množství. Pro stanovení dávky paliva využívá ECU **pulzní čas** - jedná se o celkovou dobu otevření ventilu, při které dochází ke vstřiku paliva. Rovněž je do této délky započten i čas přibližně 1 ms, při které dochází k otevírání vstřikovacího ventilu. Hodnoty pulzních časů jsou uloženy v paměti ROM a jejich editací jsme tak schopni zvyšovat celkovou dávku paliva. Dalším parametrem je **pulzní perioda**, je to časový úsek mezi okamžiky, kdy dává ECU pokyn k otevření. Udává se také v jednotkách (ms). Když určíme pulzní čas potřebný k dodávce námi určeného množství paliva a odečteme ho od pulzní periody (doby mezi otevřením trysky) dostaneme čas zavření ventilu. Tento čas se velice výrazně zkracuje s rostoucími otáčkami a podle doporučení by neměl dosáhnout vyšších hodnot než 80% doby otevření ventilu na 20% doby zavření ventilu v jednom vstřikovacím cyklu. To má opodstatnění z důvodu kolísání tlaku paliva na vstřikovací liště a zvyšující se frekvence otvírání vstřikovacích trysek s otáčkami tak, aby byla zaručená potřebná dávka paliva. Pro výběr vstřikovací trysky se používá vzorec: **teoretický výkon na 1válec (kW) = průtok vstřikovací trysky(l/min)/0.0068 [1]**



Obr. 2 – 5. Vztahy mezi pulzním časem a pulzní periodou [1]

2.2.3 Přejímové režimy

Při tvorbě programu a editaci palivových map (na přechody motoru má vliv i správný předzápal) je potřeba správné „odladění“ přechodů motoru. Protože u motoru je kromě maximálního výkonu důležitá i jeho reakce na sešlápnutí plynového pedálu nebo lépe řečeno akcelerace. To nebývá jednoduché, protože při náhlém otevření škrticí klapky dojde k výraznému ochuzení směsi a aby se tedy motor „neudusil“ je potřeba, aby se v tomto okamžiku jednorázově zvýšila vstřikovaná dávka paliva. Na druhou stranu nesmí být moc velká, aby pro změnu nedošlo k přílišnému obohacení a tedy „zahlcení motoru“. Tento proces ladění přechodů je velice náročný.

3 Struktura mechanických částí motoru

Mechanické části spalovacího motoru jsou velmi dobře známé, a proto se jimi budu více zabývat v kapitole diagnostikování a predikce závad.

Mechanické části motoru se dělí na pohyblivé a nepohyblivé. Základem každého pístového spalovacího motoru je neúplný klikový mechanismus.

3.1 Nepohyblivé části

Nepohyblivé části spalovacího motoru jsou blok, kliková skříň a hlava válců motoru.

3.2 Pohyblivé části motoru

3.2.1 Nerotační části

Do této kategorie patří písty, ventily a ojnice motoru.

3.2.2 Rotační části

Sem spadají kliková hřídel, setrvačnick a vačkové hřídele. Někdy také vyvažovací hřídele.

4 Struktura-snímač řídicí jednotka-diagnostika

4.1 Snímače

Pro správnou funkci moderního motormanagementu je nezbytná široká škála různých snímačů a čidel a já zde několik těchto snímačů a jejich funkci stručně popíši. S ohledem na to, že je potřebné snímat fyzikálně rozdílné veličiny, dělí se snímače na několik základních skupin.

Snímače polohy-do této skupiny patří snímače otáček Hallovi, indukční nebo i třeba potenciometry například u plynového pedálu.

Objemové snímače-slouží k určení množství vzduchu při sání, a to buď na principu klapky nebo na principu žhaveného drátu nebo filmu.

Tlakové snímače-sem spadá snímač tlaku v sacím potrubí, vnějšího barometrického tlaku, tlaku paliva nebo ovládacích tlaků.

Teplotní snímače-nejznámějším a základním představitelem této skupiny je snímač teploty motoru respektive teploty chladicí kapaliny. Dále může být sledována teplota vzduchu v sání, spalin a teplota oleje.

Snímače složení výfukových plynů-základní snímač pro řízení složení směsi spalovacího motoru. Pracuje na principu detekování zbytkového kyslíku. Označuje se Lambda sonda.

K ostatním snímačům pak lze zařadit **snímače klepání, otáček** a další.

Níže uvádím principy a funkce některých snímačů.

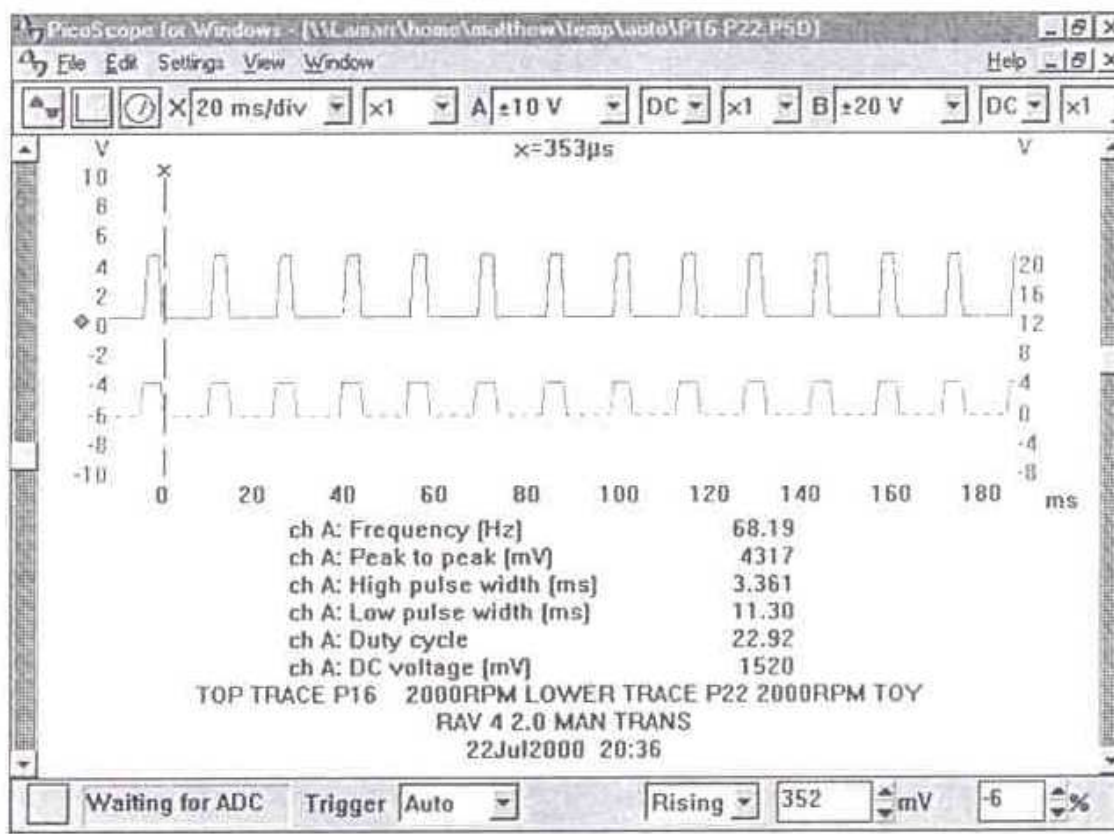
4.1.1 Snímač otáček (Hallův)

Jeden ze základních snímačů, bez kterých se ECU pro chod motoru neobejde. Pracuje na principu Hallova efektu, kdy průchodem vodivého předmětu v blízkosti sondy je indikováno na snímači napětí. Tím je možné určit otáčky. Pro určení stupně natočení jsou často vodivé předměty za sebou seřazeny nesouměrně, aby snímač mohl určit počátek. Tyto snímače se používají například i k určení úhlu natočení vačkového hřídele.



Představitel snimače otáček využívající Hallova efektu – BOSCH Phase senzor HA-P

Obr. 4 – 1. Snímač otáček [1]



Příklad signálu z RPM senzoru – Toyota RAV 2.0

Obr. 4 – 2. Příklad signálu snímače otáček [1]

4.1.2 Snímač polohy (potenciometr)

Z důvodu nutnosti ECU reagovat na změny provozních režimů motoru je nutné znát polohu akčních členů a s jejich pomocí reagovat.

Dále je třeba znát vstupní hodnoty, podle kterých ECU pracuje. Typickým příkladem použití potenciometru je elektrický plynový pedál. Škrticí klapka se pak nastavuje například servomotorem. V ovládní motoru již pak není žádná mechanická vazba a jde o tak zvané „řízení po drátě“. Ale zpátky k potenciometru, ten pracuje na principu změny elektrického odporu v závislosti na změně polohy akčního členu.



Snímač polohy plynového pedálu (resp. polohy škrticí klapky) – CTS

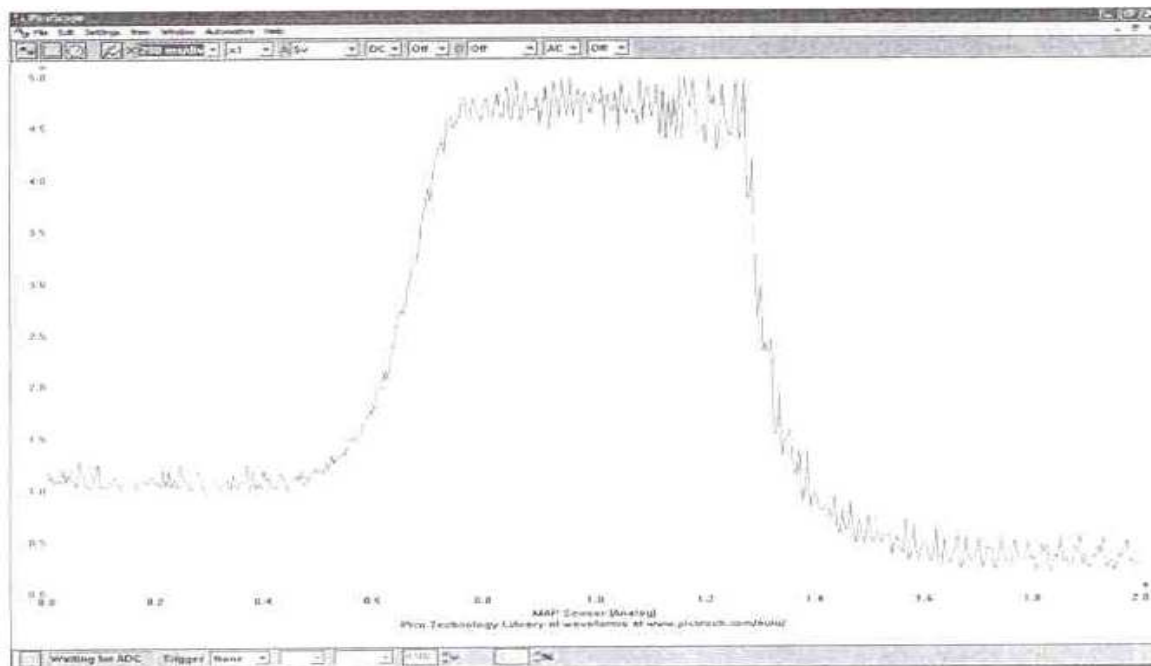
Obr. 4 – 3. Snímač polohy plynového pedálu [1]

4.1.3 Snímač množství nasátého vzduchu

Správné složení směsi a odměřování množství paliva bylo u starších systémů řízení určováno podle polohy škrticí klapky, což je v zásadě postačující, ale mnohem správnější je odměření skutečně nasátého vzduchu pomocí váhy vzduchu. Tím se výsledná směs velice zpřesní a je možno dosáhnout nižší spotřeby a emisí při stejných výkonových parametrech. Váha vzduchu může fungovat na principu klapky, která se se zvyšujícím množstvím vzduchu stále více otvírá nebo dnes již častější je měření pomocí žhaveného odporového drátu nebo filmu. Na něm je udržována konstantní teplota. Se zvyšujícím se průtokem vzduchu je odporový drát (film) stále více ochlazován. Pro udržení konstantní teploty je zapotřebí stále většího napětí. Velikost napájecího napětí tedy určuje množství nasátého vzduchu.

4.1.4 Snímač podtlaku (respektive absolutního tlaku) v sacím potrubí

Tlak v sacím potrubí je jednoznačnou veličinou pro určení zatížení motoru a je klíčový pro určení dávky vstříknutého paliva. Výstupy z tohoto snímače jsou analogové (napětí). Pro správné určení tlaku může být ještě připojen snímač okolního atmosférického tlaku.



Výstupní signál z analogového MAP snímače

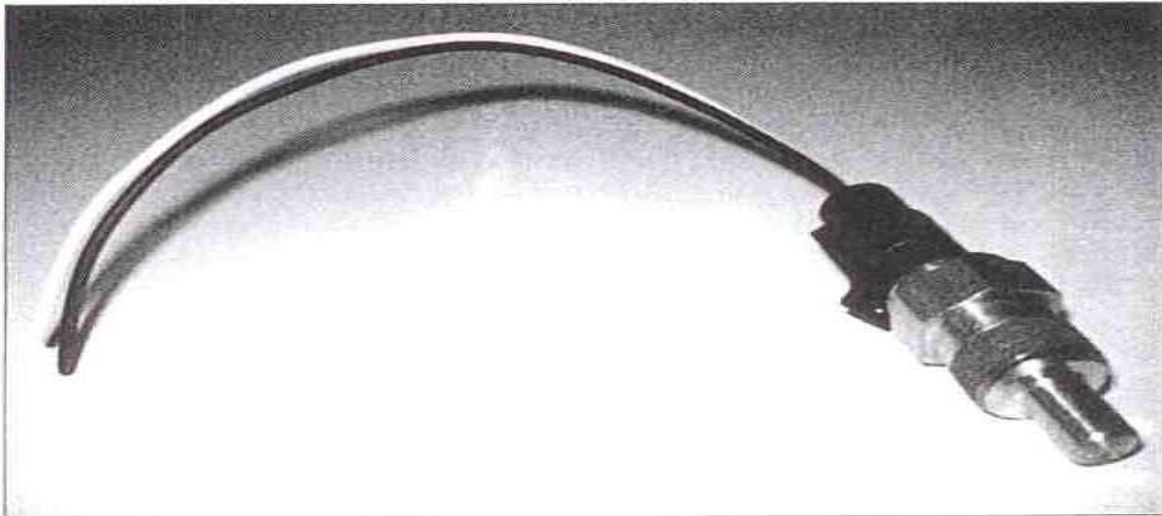
Obr. 4 – 4. Výstupní signál MAP snímače [1]

4.1.5 Snímač tlaku paliva

Jedná se o jednoduchý snímač podobný třeba snímači tlaku oleje. Jeho funkce je stejně jako u tlakoměru oleje spíše kontrolní a ECU reaguje pouze při překročení dovolených hodnot. Tlak paliva na vstřikovací liště kolísá s frekvencí otevírání vstřikovacích trysek. Je tedy potřeba reagovat pouze v případě, klesne-li tlak z mezí určitého intervalu.

4.1.6 Snímač teploty nasávaného vzduchu

Tento snímač je také velice důležitý pro správné složení směsi. Pro tu je důležité nejen proteklé množství, což se ECU dozví z váhy vzduchu, ale je třeba si uvědomit, že s teplotou se mění hustota vzduchu, a tím klesá hmotnost u stejného proteklého množství. ECU tedy musí korigovat dávku paliva.



Univerzální IAT snímač pro nepřepřehované motory. Lze jej rovněž použít jako snímač teploty chladicí kapaliny (GM)

Obr. 4 – 5. Snímač teploty [1]

4.1.7 Snímač teploty výfukových plynů

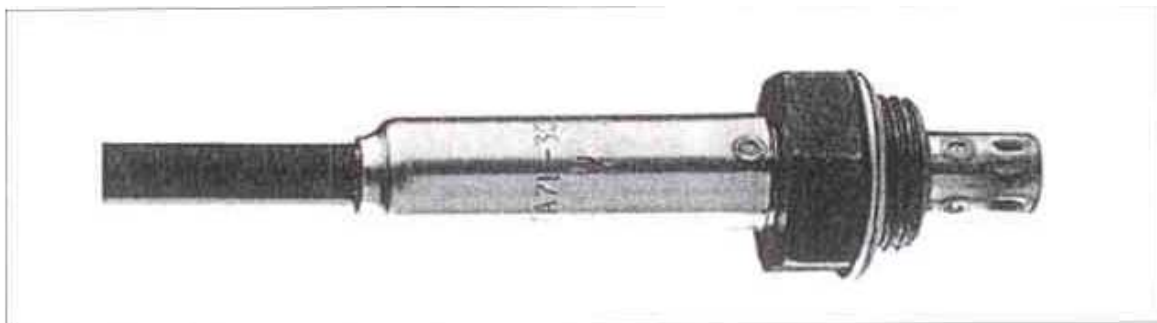
Teplota výfukových plynů je parametr vypovídající o složení směsi. Do značné míry může suplovat úlohu lambda sondy (avšak méně přesně). Platí, že nejvyšší teplota výfukových plynů je při stechiometrickém poměru směsi. Princip je stejný jako u ostatních teplotních snímačů s požadavkem na mnohem větší rozsah teplot. Tento snímač není příliš obvyklý pro atmosférické motory, pro správná řízení směsi postačuje lambda sonda. Používá se u výkonných turbomotorů pracujících na limitu tepelného zatížení.

4.1.8 Lambda sonda

Je jeden z hlavních a nejdůležitějších snímačů pro správné řízení směsi, bez kterého nemůže ECU pracovat. Jeho nefunkčnost má za následek ztrátu výkonu, zvýšení spotřeby a emisí a v neposlední řadě poškození katalyzátoru. Při dlouhodobém provozu bez funkční lambda sondy je možné i vážné poškození motoru, a to zvláště tehdy, byla-li směs dlouhodobě ochuzena. Chudá směs s přebytkem kyslíku má mnohem vyšší spalovací teploty, než směs stechiometrická nebo bohatá. Části motoru zejména písty a výfukové ventily jsou tak vystaveny teplotám, na které nebyly dimenzovány. To má za následek nejčastěji tak zvané „podpálení“ výfukových ventilů. Princip, na kterém lambda sonda pracuje. Určuje zbytkový obsah kyslíku, a tím koriguje přes ECU složení směsi. Máme dva druhy - první na principu elektrického článku, výstupem je napětí. Druhý na principu odporu, výstup je elektrický odpor. U odporové sondy je minimální hodnota elektrického odporu u stechiometrického

složení směsi. Odpor prudce narůstá v případě bohaté směsi, s chudou směsí naopak prudce klesá.

Odporová lambda sonda pracuje také při vyšších teplotách než klasická a je opatřována vyhříváním, aby byla zaručena správná funkce.

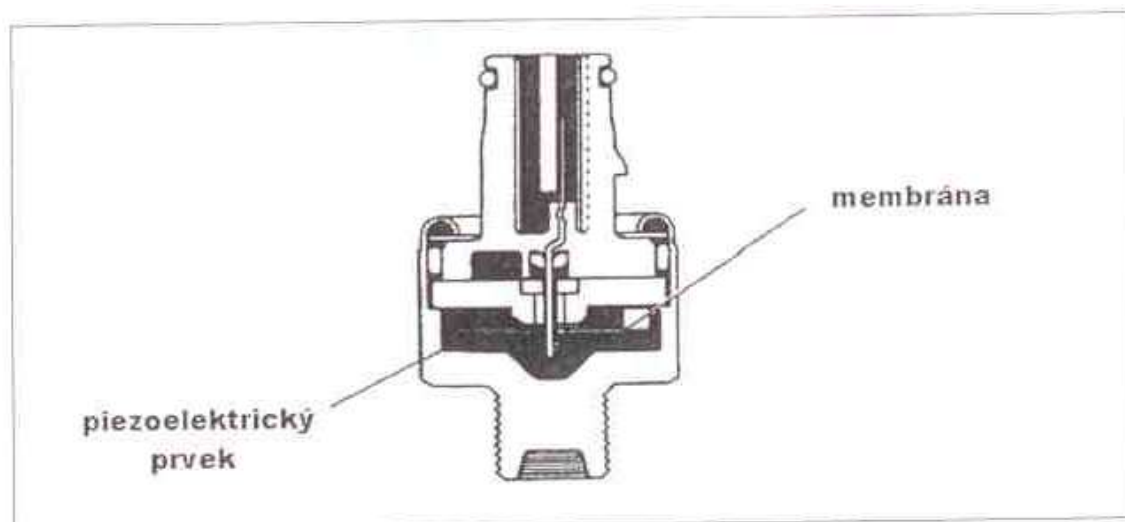


Lambda sonda

Obr. 4 – 6. Lambda sonda [1]

4.1.9 Snímač klepání motoru

Jedná se o skupinu snímačů, která sice nijak neovlivňuje složení směsi, je ale neméně důležitá pro zajištění správné funkce motoru. Indikuje takzvané „klepání motoru“, neboli detonační hoření. Využívá seismickou hmotu, která při vysokém zrychlení svými vysokofrekvenčními vlnami v pevných částech motoru sepne kontakt a vyšle napěťový impuls do ECU.



Snímač klepání a jeho základní části

Obr. 4 – 7. Snímač klepání [1]

4.2 Akční členy

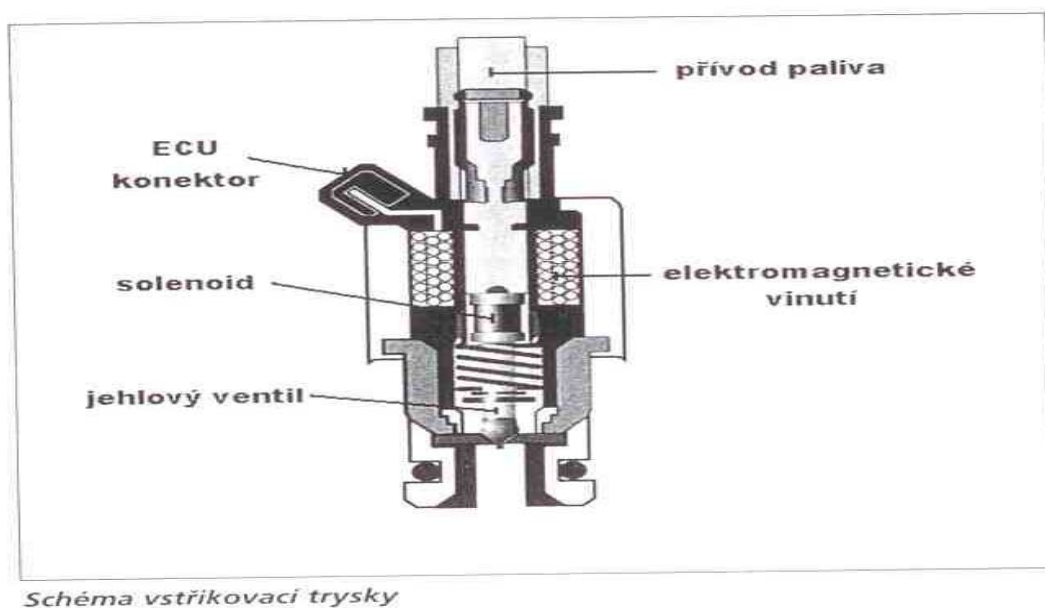
4.2.1 Zapalování

Pro bezvadný chod motoru je nezbytné bezproblémové zapálení. Dnes se používá výhradně řešení, kdy každá zapalovací svíčka má k dispozici svojí vlastní cívku. Ta je buzena pouze v okamžik zážehu tohoto konkrétního válce. Tím se dosáhlo oproti původnímu řešení s jednou cívku větší energie jiskry. To způsobuje postupná ztráta napětí na sekundárním vinutí při určité frekvenci buzení primárního vinutí. U vícecívkového řešení jsou cívky nabuzeny pouze v okamžiku zážehu svého válce a neztrácí se tedy energie jiskry. Například u čtyřválcového motoru s rozdělovačem a jednou cívku musí dát cívka dva zápaly během jedné otáčky a je tedy buzena dvakrát, z pohledu jednoho válce jednou zbytečně. Napětí cívky častým buzením na sekundárním napětí klesá a dále se zhoršuje se zvyšujícími se otáčkami.

4.2.3 Vstříkovací trysky

Bezvadný chod vstříkovacích trysek je nezbytný pro správný chod motoru. Na jejich funkci závisí emisní i výkonové parametry motoru. Výrobce osazuje tryskami, které s rezervou vyhoví požadavkům motoru. Hlavním parametrem je průtočné množství vstříkovací trysky.

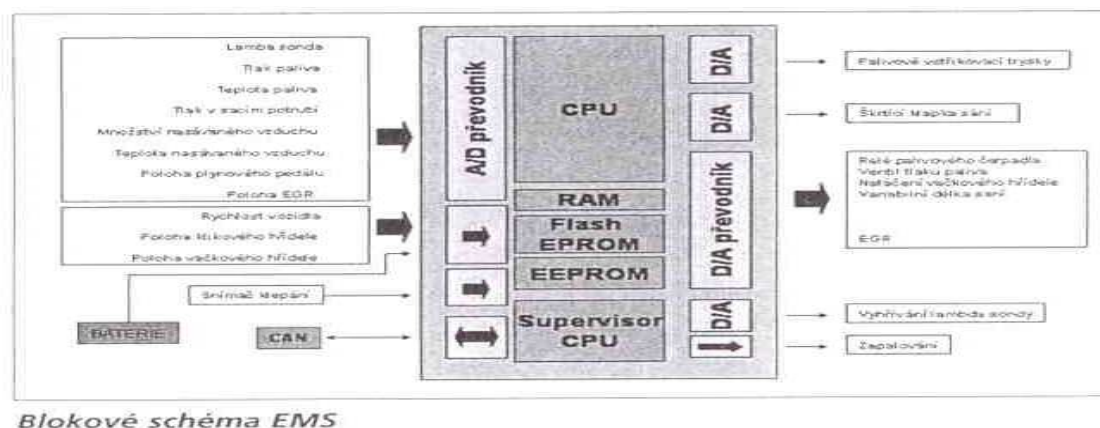
Průtočné množství vstříkovací trysky je vždy vztaženo na jednotku času, protože vstříknutí dávky paliva je potřebné udělat za velmi krátkou dobu, kdy je sací ventil otevřen. Tato doba se zkracuje s rostoucími otáčkami.



Obr. 4 – 8. Vstřikovací ventil [1]

4.3 Struktura řídicí jednotky

V této části mé bakalářské práce podám popis hlavní části ECU, ta je společně s již popsanými snímači a akčními členy součástí kompletního motormanagementu. Znalost motormanagementu společně s teorií spalování, kterou jsem z důvodu rozsahu této práce na začátku velice zjednodušeně popsal, je nepostradatelná pro chápání chodu spalovacího motoru.



Obr. 4 – 9. Schéma EMS [1]

4.3.1 CPU

Je to procesor, který má za úkol zpracování aritmetických operací. Logika jeho rozhodování je uložena v paměťovém modulu ROM.

4.3.2 RAM

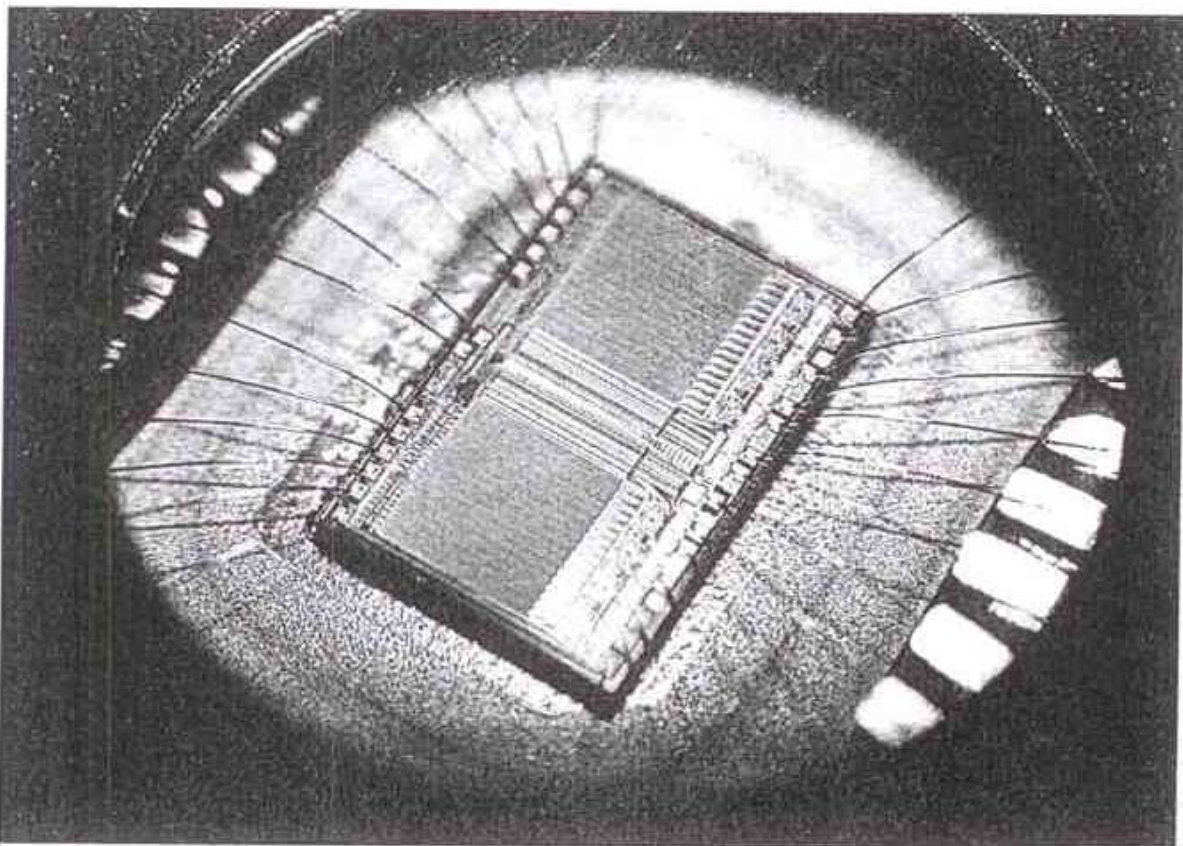
Je to další paměťový prvek sloužící pro ukládání krátkodobých dat. Společně s ROM a CPU, určují celkovou výkonnost řídicí jednotky.

4.3.3 ROM

To je polovodičová dlouhodobá paměť ECU. Zde jsou uložena důležitá data pro chod motoru. Tato paměť se dělí na EPROM a EEPROM.

EPROM - polovodičová paměť, která je tvořena bipolárními tranzistory, umožňuje pouze jednorázový zápis. Pro vymazání je třeba chip vystavit UV záření.

EEPROM - je obdobná jako EPROM, umožňuje však přepis dat elektronickou cestou.



Obr. 4 – 10. Paměť EPROM [1]

4.3.4 A/D, D/A převodníky

Vzhledem k tomu, že značná část signálů je analogových, je pro ECU důležité jejich převod do digitální podoby, obdobně je tomu na výstupu. Pro tento převod na digitální (nespojité) signál je velice důležitá vzorkovací frekvence. Ta je velice důležitá pro to, aby ECU pracovala s co nejmenší chybou měření. Například u průtoku vzduchu je analogový průběh průtoku vzduchu v sacím traktu při zvyšujících se otáčkách rozdělen na intervaly, s kterými pracuje ECU. Takže chyba, s kterou ECU pracuje, se logicky zvětšuje při stále strmějším růstu průtoku vzduchu, to znamená ve vysokých otáčkách. Proto je velice důležitým parametrem vzorkovací frekvence ECU.

4.4 Popis některých systémů řízení motoru

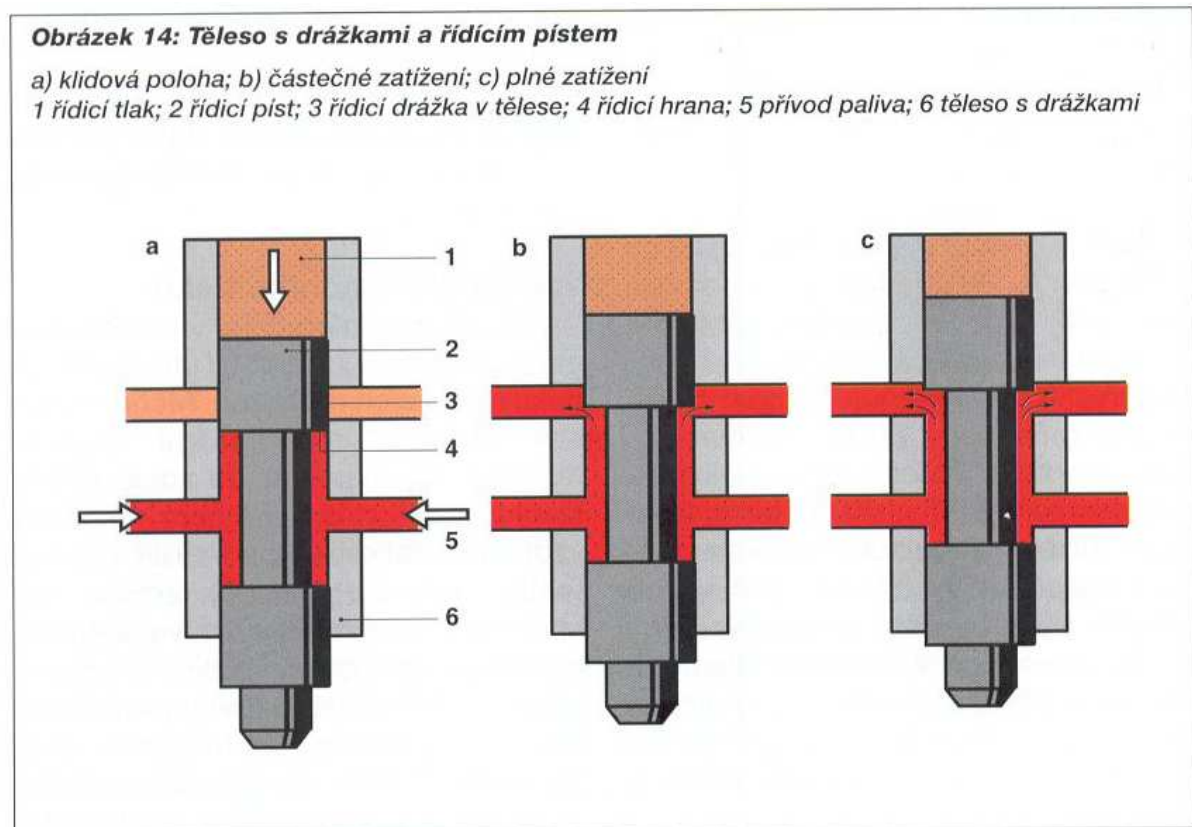
Se stále zvyšujícími se požadavky na výkon a emise motoru prodělaly systémy vstřikování značný vývoj. Stručně popíši základní druhy systémů vstřikování. Na těchto příkladech uvedu, jak postupný vývoj vede ke stále zvyšujícímu se počtu různých snímačů a akčních členů (zvyšující se počet vstřikovacích trysek, zapalovacích cívek) pro stále přesnější dávkování paliva a optimálnějšímu předzápálu.

4.4.1 Kontinuální vstřikování paliva

Hlavním představitelem je Bosch K-Jetronic. Je to mechanicko-hydraulický systém dávkování paliva, který může být opatřen lambda regulací. Jeho hlavní výhodou oproti karburátoru je možnost optimálně tvarovaných sacích kanálů bez restrikce (na té je princip karburátoru založen).

Příprava směsi probíhá mechanicky. Klapka se otvírá podle množství nasátého zdvihu, a tím odměruje mechanickou vazbou množství paliva. Hlavní výhodou oproti karburátoru je sací potrubí bez restrikce. Možností lépe tvarovat sací kanály, a tím zlepšit účinnost plnění válců, bylo dosaženo zvýšení výkonu. Systém rozdělování paliva je jednoduché šoupátko, jak je vidět z obrázku.

Tento systém je vícebodový. Každý válec má svojí vstřikovací trysku. Regulace zapalování může probíhat mechanicky nebo může mít svojí vlastní řídicí jednotku. [4]

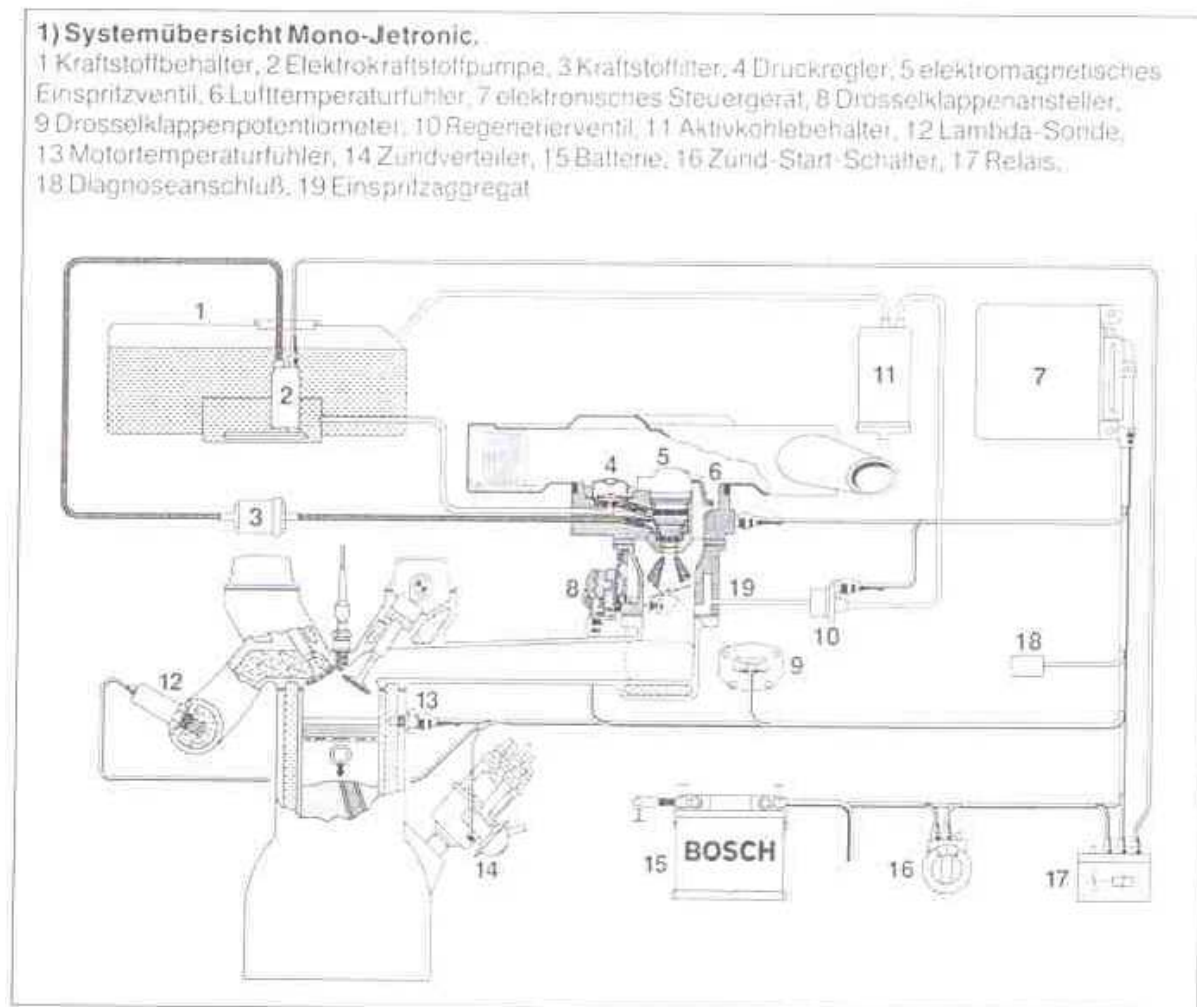


Obr. 4 – 11. Řídicí píst [4]

4.4.2 Jednobodový vstřík

Hlavní představitel Bosch Monomotronic

Jedná se o ucelený systém vstřikování a zapalování. Elektronická řídicí jednotka ECU řídí dávkování paliva a okamžik předzápalu pomocí dat uložených v paměti. Jednobodový znamená, že palivo dávkuje jeden elektromagnetický vstřikovací ventil společný pro všechny válce. Ten musí být umístěn na konci sacího potrubí tam, kde se sbíhají všechny jeho větve od jednotlivých válců. Fakt, že je vstřikovací ventil daleko od spalovacího prostoru, dává dostatek času pro rozprášení paliva a vstřikovací tlak je tedy nižší než u systémů s více vstřikovači blízko spalovacího prostoru. Schéma systému monomotronic je vidět na obrázku.



Obr. 4 – 12. Mono Jetronic [4]

Na schématu je vidět kromě korekce studeného startu (ta je nezbytná u každého motoru a používala se vždy, například u karburátoru to je sytič) a lambda korekce, která se používala i K-Jetronic, korekce podle čidla detonačního hoření. Je tedy vidět postupný vývoj vedoucí ke stále sofistikovanějším systémům vstřikování a výkonnějším ECU schopných zpracovávat větší množství dat. Dále je na schématu vidět rozdělovač zapalování. Ten však plní pouze funkci rozdělování pořadí zápalu, protože okamžik řídí ECU, která podle hodnot ze snímačů přiřadí okamžik zápalu uložený v paměti ECU. Toto řešení je nutné při použití pouze jedné zapalovací cívký na víceválcový motor a dnes se již prakticky nepoužívá. [4]

4.4.3 Vícebodový vstřík

Dnes se již používají výhradně tyto systémy a jejich vývoj neustále pokračuje (jedním z lídrů vývoje je samozřejmě Bosch). Projevuje se to používáním široké škály čidel a senzorů

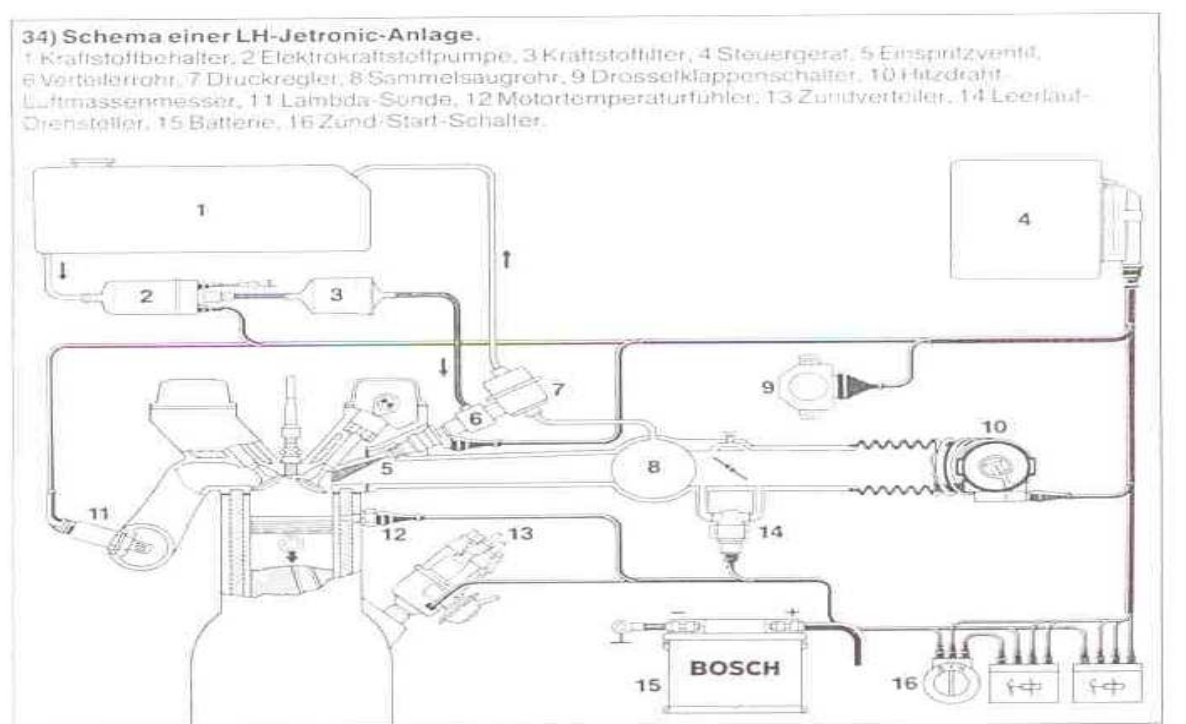
pro dokonalé popsání pracovního režimu motoru. ECU tak může velmi přesně reagovat a uzpůsobit velice přesně dávku paliva a okamžik zápalu. Vstřikovací systémy velice často vrství směsi, což znamená, že bohatší směs je v okamžik zápalu nejbliž zapalovací svíčky. Je to umožněno výkonnými vstřikovacími ventily, pracujícími s vyšším tlakem, než je tomu u monomotronic, umístěnými blízko spalovacího prostoru. Ventily často vstřikují palivo přes sací ventil přímo do spalovacího prostoru, označujeme tak polopřímý vstřik.

Vícebodové vstřiky mohou pracovat simultánně, skupinově nebo sekvenčně.

Simultánní vstřikování - dochází k současnému otevření všech vstřikovacích trysek a výsledná dávka je u víceválcového motoru rozdělena na několik menších. Výhodou může být rovnoměrnější rozptýlení paliva ve vzduchu.

Sekvenční vstřikování - dochází k otevření vždy pouze jedné vstřikovací trysky. Palivo je vstříknuto v jedné dávce. Výhodou může být malý pokles tlaku na vstřikovací liště při otevření pouze jedné trysky. To je zvláště důležité u trysek s velkým průtokovým množstvím.

Skupinové vstřikování - je kombinace obou předchozích, to znamená že například u čtyřválcového motoru pracují současně dvě vstřikovací trysky na stejném přesazení klikové hřídele. Výsledná dávka je rozdělena na dvě menší.



Obr. 4 – 13. Vícebodové vstřikování [4]

4.4.4 Přímé vstřikování

Příkladem moderního vícebodového vstřikování je přímé vstřikování do válců motoru. Tento způsob zatím není u zážehových motorů tak častý, ale v budoucnu se stále přísnějšími emisními limity, nepochybně nahradí vstřikovací systémy s tvorbou směsi v sání. Jejich hlavní výhodou je možnost velice přesně vrstvené směsi. Velkou nevýhodou je kvůli velice krátké době pro rozprášení paliva nutnost velmi výkonných trysek pracujících s velkým tlakem. Tyto trysky jsou oproti konvenčním velice drahé a podobají se spíše vstřikovačům naftových motorů.

5 Analýza životnosti a její predikce u spalovacího motoru

Všechny výše popsané části tvoří jeden celek, který spolupracuje pomocí Can bus sběrnice. Can bus sběrnice tak propojuje všechny části motormanagementu. Pro správnou funkci motormanagementu je nezbytné, aby spolu všechny články bezchybně spolupracovaly. Jedině tak může ECU správně řídit chod motoru. Pro případ poruchy některého z článků, je do systému ECU zařazena paměť pro náhodné i opakující se chyby. Když se některá chyba objeví, ECU na ní upozorní pomocí výstražné kontrolky. Jde-li o závažnou chybu, motor přejde do nouzového režimu.

Všechny moderní systémy motormanagementu mají vnitřní diagnostiku pomocí zásuvky OBD. OBD zásuvka umožňuje čtení chybových kódů DTC.

Čtení a mazání chybových kódů probíhá pomocí diagnostického přístroje. Ten umožňuje také spustit diagnostiku všech elektronických systémů motoru a prověřit jejich stav a funkci.

Dále diagnostický přístroj obsahuje datalogger, který umožňuje sledování všech vstupních parametrů v reálném čase. Například umožňuje sledování průtoku vzduchu, otvírání vstřikovacích ventilů, teplotu chladicí kapaliny atd. To znamená, že je velkým přínosem při diagnostice spalovacího motoru.

5.1 Technická diagnostika

Je to obor zabývající se příčinami, prověřováním a posuzováním poruch nejen spalovacích motorů, ale všech strojů. Tato kapitola je však pouze o poruchách spalovacího motoru.

Pro správnou diagnostiku je nutné:

- 1, Určit příčinu poruchy.
- 2, Provéřit, zda ve spalovacím motoru není skrytá porucha.
- 3, Posoudit technický stav spalovacího motoru.

Při zjišťování poruchy se postupuje metodicky od prověřování hlavních funkcí motoru. Toto základní prověření funkcí motoru ukáže na určitý celek spalovacího motoru, kde

by mohl být problém. Tento celek je dále prověřován krok po kroku, dokud se nezjistí příčina poruchy.

U snímačů a elektronických částí motoru je pro určení vadného celku nejdůležitější vnitřní diagnostika ECU. Pokud není chyba v paměti závad DTC, je možné jednotlivé snímače prověřovat multimetrem. U zapalovacích svíček nebo vstřikovačů je multimetr nevhodný a je správnější tyto součásti prověřit osciloskopem nebo pomocí dataloggeru přes vnější diagnostiku připojenou přes OBD port.

Stav mechanických částí se u spalovacího motoru projeví vydáváním nepřírodního hluku nebo také vypouštěním nepřírodných výfukových plynů. Například modrý kouř výfuku ukazuje na spalování oleje. Dále je možné změřit kompresi jednotlivých válců. Ta se měří u studeného motoru a musí dosahovat předepsaných hodnot. Jsou předepsány nejnižší možné kompresní tlaky a stejně tak je předepsán maximální rozdíl tlaků mezi jednotlivými válci. Pro přesné určení technického stavu mechanických částí spalovacího motoru je však potřeba tento motor rozebrat a posuzovat opotřebení jednotlivých součástí zvlášť. Pak je možné vypracovat diagnostický nález a určit příčinu poruchy.

Jestliže však spalovací motor projde testem komprese a emisí a nevydává-li nepřírodní zvuk, je možné ho brát jako vyhovující. [3]

5.2 Analýza životnosti a její predikce

Pro analýzu životnosti a stavu motoru jsou důležité následující analýzy a parametry.

5.2.1 Analýza hluku

Jedná se o subjektivní posouzení. Na základě zkušeností je však velice dobře možné identifikovat druh závady nebo opotřebení spalovacího motoru. Opotřebení a různé závady se většinou projeví změnou hlukového spektra. Nejčastější nepřírodní zvuky, které je snadné rozeznat a které obvykle označující nějakou závadu jsou:

Ostré pískání – tento zvuk nejčastěji vydává klínový řemen a může to znamenat starý řemen, který ztratil pružnost. Častěji však bývá problém s napínací kladkou nebo vodním čerpadlem. Pískání řemenu však může způsobit i slabá baterie. Alternátor má příliš velký odběr a řemen ho neutáhne.

Je nutné zkontrolovat řemen, vodní čerpadlo, popřípadě stav baterie.

Chrastění – způsobuje ho volný rozvodový řetěz nebo napínací kladky.

Zkontrolovat servisní interval výměny rozvodových částí.

Klepání – značí vůle v rozvodu nebo klikovém mechanismu. Jestliže se ozývá tento zvuk vždy chvíli po nastartování, je problém nejčastěji v hydraulickém vymezování vůlí ventilů. Tento problém způsobuje použití nevhodného oleje. Další nejčastější příčina je klepání ojnicního ložiska.

Zkontrolovat servisní interval výměny rozvodových částí, případně použitý olej.

Syčení-tento charakteristický zvuk značí netěsnost v sání motoru.

Pulsující odfukování – zvuk způsobuje netěsnost na výfuku.

Zkontrolovat těsnost sacího nebo výfukového potrubí.

5.2.2 Analýza vibrací

Velice se podobá hlukové analýze. Stojí také na stejném fyzikálním principu. Oproti hlukové analýze je však možné přesně určit místo, kde je závada, a to snímáním vibrací na různých místech spalovacího motoru. Snímání vibrací se provádí přikládáním snímačů, které pracují na stejném principu jako snímač klepání motoru. [3]

5.3.3 Měření parametrů motoru

Mezi v praxi kontrolované parametry motoru patří kompresní poměr a tlak oleje.

Kompresní poměr se měří za studena a pro každý válec zvlášť. Jeho hodnoty musí být pro každý válec v předepsaných mezích. Navíc je předepsán i maximálně možný rozdíl kompresních poměrů pro jednotlivé válce. Nesprávný kompresní poměr značí například netěsnost ventilů nebo špatné těsnění hlavy. Dále může být způsoben přílišným opotřebením pístních kroužků a stěn válců. **Toto opotřebenění bývá způsobeno buď velkým počtem hodin spalovacího motoru v běhu, nebo ho způsobí špatné chlazení motoru.**

Tlak oleje je asi nejdůležitějším kontrolovaným parametrem. Jestliže motor nevyhoví, není možné ho dál používat. Měří se nejčastěji odmontováním snímače na tlak oleje a na jeho místo se namontuje kontrolní přístroj. Je také možné ho měřit na vývodu z turbodmychadla, je-li jím spalovací motor osazen.

5.3.4 Predikce životnosti spalovacího motoru

Životnost spalovacího motoru závisí na bezproblémovém chodu jeho částí. Můžeme jí ovlivnit správnou údržbou a dodržováním servisních intervalů na výměny oleje filtrů a rozvodových částí.

Dále výrobce vždy předepisuje pravidelné kontroly konstrukčních hodnot motoru, například správné seřízení ventilových vůlí.

Dodržení těchto pravidel přinese bezproblémový chod motoru.

6 Diagnostický rozbor a predikce závad

6.1 Rozbor mechanických částí motoru

Tento rozbor se provádí po rozebrání spalovacího motoru.

6.1.1 Kliková hřídel

U klikové hřídele se nejdříve provede kontrola volnosti otáčení. Kliková hřídel se musí otáčet volně, ale bez vůlí. Axiální vůle nesmí obvykle přesáhnout 0,1 – 0,3 mm.

Po rozebrání se zkontrolují pánve a pracovní plochy klikové hřídele. Nesmí mít žádné ostré hrany a rýhy. Dále se zkontroluje stav mazacích kanálů.

Pokud jsou na pracovních plochách a pánvích rýhy znamená to, že motor nebyl dostatečně mazán. Závada mohla být na olejovém čerpadle nebo nebyl měněn v pravidelných intervalech olej a olejový filtr. Dále mohla mít kliková hřídel přílišné vůle v uložení, a to pak neudrželo potřebný tlak oleje.

Na klikových čepech mohou také být zploštělé plošky.

To by mohlo značit přetěžování spalovacího motoru nebo jeho nesprávný provoz.

6.1.2 Pístní skupina

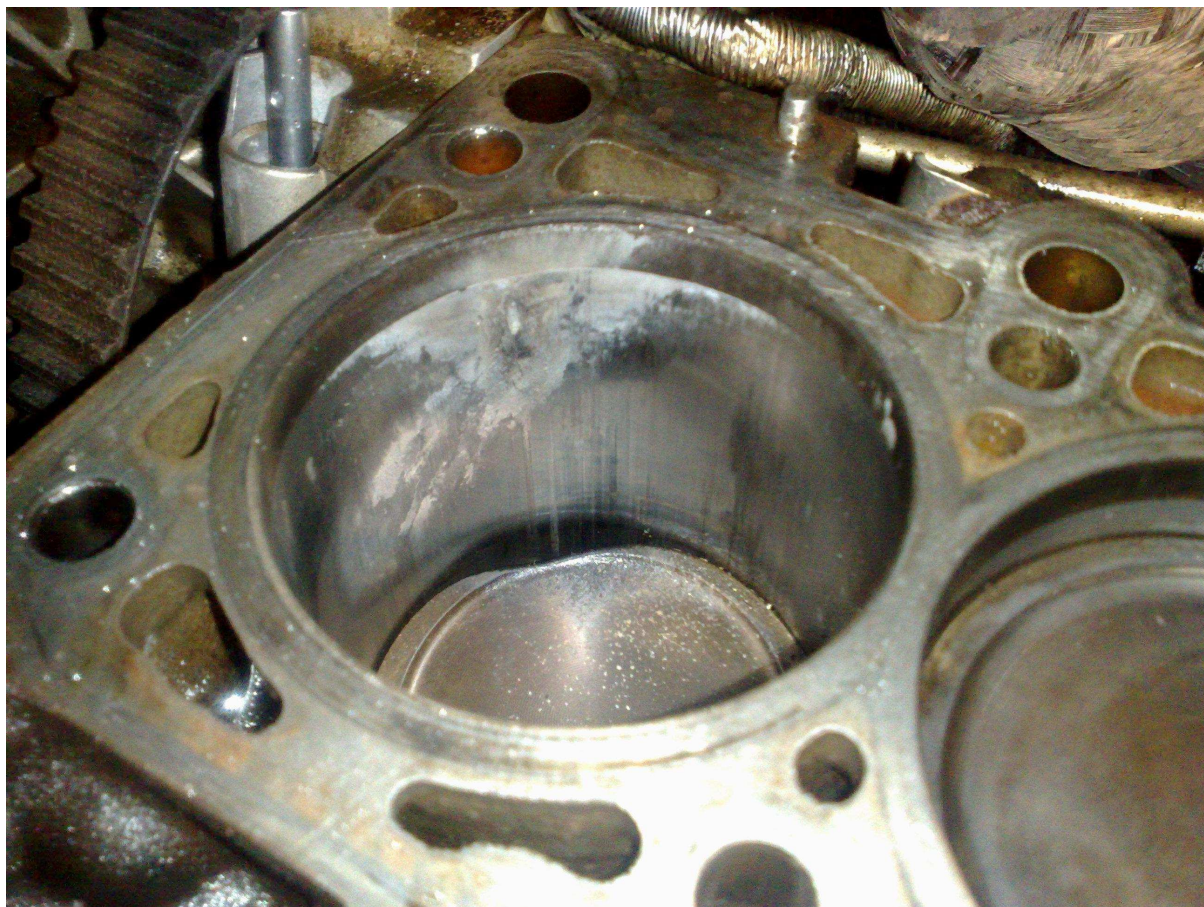
Nejprve se zkontroluje správná montážní poloha podle značek na pístu. Dále se kontrolují úsady na pístu a povrch pístu. Na povrchu se zjistí propálená místa.

U pístních kroužků se zkontroluje správná montážní poloha, celistvost a hlavně opotřebení hran kroužků.

Ojnice se na pístním čepu musí pohybovat volně bez vůlí.

Závady na pístech a pístních kroužcích mohou být v důsledku přehřátí motoru, například opotřebení hran pístních kroužků tak, že píst netěsní. V extrémním případě může dojít při špatném chlazení nebo velkém tepelném namáhání i k otrhání hrany pístu nebo úplnému zadření ve válci.

U vznětových motorů bývají na pístu často viditelné vypálené důlky. To bývá způsobeno odkapáváním vstřikovacích trysek nebo přílišnou dávkou paliva.



Obr. 6 – 1. Poškození pístu a válce vlivem přílišného tepelného namáhání

6.1.3 Válce

Válec může mít po rozebrání jasně viditelné stopy opotřebení. Toto opotřebení by mělo být rovnoměrné. Rýhy nebo stopy zadírání značí nějakou závadu. Důvody této závady jsou stejné jako u opotřebení pístů a pístních kroužků.

6.1.4 Rozvodový mechanismus

U rozvodového mechanismu se nejprve kontroluje jeho stav. Tedy stav rozvodového řemenu, zda není roztřepený nebo popraskaný. Dále se kontroluje stav napínacích a vodících kladek. Kontroluje se u nich vůle a vibrace. U motorů s rozvodovým řetězem se kontroluje prodloužení řetězu a stav vodících a napínacích lišt řetězu. U rozvodových řetězů bývá předepsáno maximální prodloužení jednoho článku. Nebo může být stanoveno maximální pootočení vačkového hřídele vůči klikovému hřídeli ve stupních.

6.1.5 Hlava válců

Diagnostika hlavy válců se musí rozdělit na diagnostiku spalovacího prostoru, sacích a výfukových kanálů a ventily.

Spalovací prostor musí být bez prasklin a bez viditelného poškození.

Nejčastější místo prasklin z důvodu přehřátí nebo přílišného tepelného namáhání je na můstku mezi spalovacím a sacím ventilem.



Obr. 6 – 2. Propálená hlava válců

Pro sací a výfukové kanály platí to samé, nesmí mít žádnou viditelnou prasklinu. A tyto praskliny na výfukových a sacích kanálech jsou způsobeny špatným chlazením.

Ventily se musejí pohybovat volně bez vůle ve svých vodítkách, na jejich talířku musí být patrné rovnoměrné opotřebení od otáčení. To je kontrola, jestli se ventil při provozu otáčí. Dále je nutno zkontrolovat dřík ventilu, ve styku s vahadlem nesmí být nijak poškozený nebo vyštípnutý.

V případě že na talířku ventilu je patrné otláčení z jedné strany a ventil se zadržává ve svém vodítku, je velice pravděpodobné, že ventil je ohnutý a je třeba zkontrolovat jeho obvodové házení.

Ohnutí ventilů nejčastěji způsobí jeho kolize s pístem při špatně nastaveném rozvodu motoru.

Zapalovací svíčky - zde se kontroluje použitý typ a elektrodová vzdálenost.

6.1.6 Vačková hřídel

Vačková hřídel se musí otáčet volně a bez vůlí ve svém uložení a nesmí mít velkou axiální vůli. Po rozebrání nesmí být v jejím uložení patrné ostré hluboké rýhy. Na vačkách nesmí být patrný výrazný otěr nebo otláčení od vahadel.

Je-li vačková hřídel poškozena, je nutné zkontrolovat mazání motoru.

Nyní zde uvedu reálný příklad poškození spalovacího motoru, ve kterém nebyl dlouhodobě měněn olejový filtr a nebyl dodržen servisní interval výměny rozvodových částí.

Jedná se o dvoulitrový turbodieselový motor Mazda.

Vlivem ucpaného olejového filtru došlo ke špatnému mazání vačkového hřídele. Ten se přidřel ve svém uložení. Následkem toho byl více zatížen rozvodový mechanismus motoru. Součástí rozvodu je hydraulický napínák rozvodového řemene, který nebyl vyměněn v předepsaném servisním intervalu. Rozvod motoru nevydržel zvýšené namáhání od přidřené vačkového hřídele a rozvodový řemen přskočil o několik zubů.

Důsledkem toho nastala kolize pístů s ventily a spalovací motor byl vážně poškozen.



Obr. 6 – 3. Přidřená vačková hřídel

Na obrázku 6.3 jsou také vidět rozlomená vahadla ventilů. Toto poškození vzniklo při kolizi pístů s ventilem.



Obr. 6 – 4. detail vačkové hřídele

6.1.7 Závady vlivem špatného mazání

Při špatném mazání motoru dojde k zadření rotačních částí motoru. Těmto závadám můžeme předejít pravidelnými výměnami oleje a olejového filtru.

6.1.8 Závady vlivem špatného chlazení

Při špatném chlazení motoru dojde ke zničení těsnění pod hlavou, dále může dojít k prasknutí hlavy válců nebo v extrémním případě destrukci pístních kroužků, a tím i pístů a válců. Těmto závadám lze předcházet pravidelnou kontrolou chladicí směsi, kontrolou těsnosti chladicího systému, kontrolou správné funkce termostatu a pravidelnými výměnami vodního čerpadla podle předepsaných servisních intervalů

6.1.9 Závady vlivem zmeškaného servisního intervalu výměny rozvodu

Při nedodržení servisního intervalu na výměnu rozvodových částí hrozí kolize pístů s ventily vlivem přeskočení rozvodového řemenu a tedy změně časování rozvodu. Této závadě je možné předejít dodržováním servisních pokynů.

6.1.10 Závady vlivem špatného paliva

Po použití špatného paliva spalovací motor zhasne nebo hrozí vážné poškození motoru. Při nedodržení například směšovacího poměru hrozí propálení pístu vlivem vysokých spalovacích teplot při spalování chudé směsi. V jiném případě, při natankování benzínu s nižším oktanovým číslem, hrozí taktéž poškození pístu vlivem provozu spalovacího motoru při detonačním hoření. V neposlední řadě hrozí poškození vstříkovačů.

Pro bezproblémový chod je potřebné dodržovat používání předepsaného paliva.

6.2 Rozbor elektronických částí motoru

6.2.1 Diagnostika snímačů

Poruchu snímače hlásí vnitřní paměť závad DTC. Jestliže paměť závad poruchu nehlásí, je třeba proměřit snímač externě pomocí multimetru nebo osciloskopu.

V prvním případě musíme znát předepsaný odpor snímače. V druhém případě musíme znát průběh napětí, jaké snímač musí mít. Je také nutné prověřit vedení a kontakty snímače. Kontakty bývají velice často zoxidovány. Snímače jsou neopravitelné a mění se v případě poruchy za nové.

6.2.2 Diagnostika zapalování

Před diagnostikou zapalovací soustavy je dobré zkontrolovat stav zapalovacích svíček a kabelů. Jednoduchým způsobem diagnostikování je vymontovat zapalovací svíčku, připojit jí a nechat jí ležet tak, aby byla uzeměná. Při startování musí zapalovací svíčka dávat pravidelné impulsy. Jestli se tak děje, je zapalování pravděpodobně v pořádku.

Dalším způsobem je proměření odporů sekundárních a primárních cívek a porovnat je s předepsanými hodnotami.

Dále je možné sledovat průběhy budícího proudu pomocí osciloskopu. Jestli ECU nebudí cívku, je závada pravděpodobně na některém snímači.

Špatná funkce zapalování se projeví na nerovnoměrném chodu spalovacího motoru nebo vynecháváním válců.

6.2.3 Diagnostika vstřikování

Při závadách na vstřikování motoru je v první řadě nutné prověřit přívod paliva a tlak na vstřikovací liště. Pak je možné změřit odpor jednotlivých vstřikovačů a porovnat ho s předepsaným. Odpor však může být v pořádku, ale to neznamená, že vstřikovač pracuje správně. Pak je možné připojit osciloskop a sledovat průběh a doby otevření ventilů. To samé umí datalogger připojený přes OBD port.

Pro zjištění rovnoměrnosti dávkování paliva pro jednotlivé válce je možné odměřit vstříknuté množství paliva za jednu minutu. Změřit tak všechny vstřikovače a porovnat množství paliva. Všechny vstřikovače musí za stejný čas nastříkat stejné množství paliva. Jinak spalovací motor bude běžet nepravidelně.

Nejčastější příčinou poruchy vstřikovače je přídření vstřikovací jehly.

6.2.3 Diagnostika ECU

Závada na ECU se projevuje opakující se chybou při určité specifické situaci. Jinak může spalovací motor běžet normálně.

Závadu na ECU diagnostikujeme tak, že vyloučíme závady na všech ostatních snímačích a akčních členech.

6.2.4 Závady při provozu nesprávně fungující ECU nebo některým ze snímačů a akčních členů

Při provozu nesprávně fungující elektroniky sice už nehrozí další poškození již špatného členu systému. Řídící jednotka však není schopna správně řídit spalovací motor a dává zmatené instrukce. Výsledkem je, že není schopna správně řídit například předzápal nebo vstřikovanou dávku. Z toho plyne nebezpečí poškození jiných součástí motoru. To mohou už být součásti mechanické, například při provozu na bohatou směs dojde k vypálení katalyzátoru.

V případě nahlášení závady řídicí jednotkou je nutné vyhledat odborný servis, aby zbytečně nedošlo k dalšímu poškození.

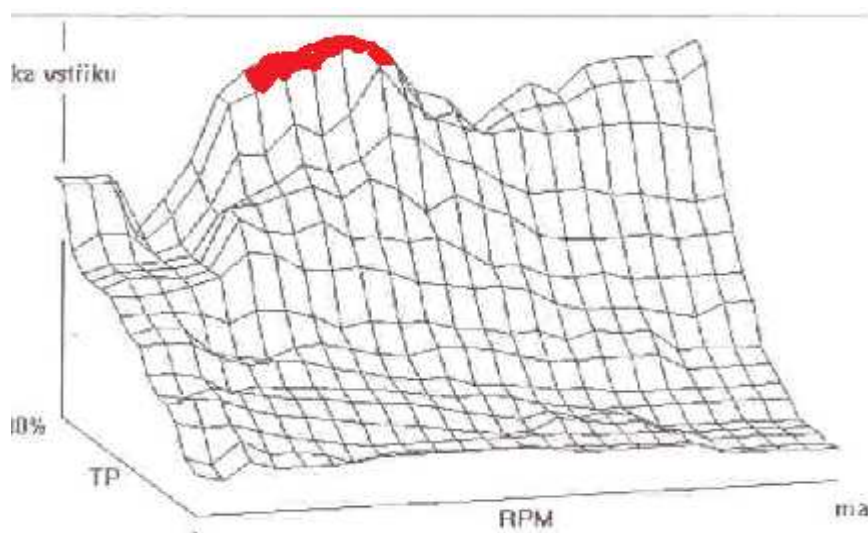
6.3 Diagnostika závady po neodborném zásahu do ECU

6.3.1 Editace hodnot ECU

Editace „chipování“ je pouze softwarová záležitost úpravy palivových a zapalovacích map uložených na paměti ROM. Každý motor má určité výkonnostní rezervy, které jsou nutné s ohledem na ekonomičnost provozu a co nejnižší emise výfukových plynů.

Objevili se tedy výrobci, kteří se zabývají zvyšováním výkonů spalovacích motorů. U každého upravení dat nastavených výrobcem je však nebezpečí poškození motoru.

Uvedu zde jeden příklad přílišného obohacení směsi pro zážehový motor.



Obr. 6 – 3. Palivová mapa [1]

V tomto případě došlo k přílišnému obohacení směsi v určitém spektru otáček. Palivo ve směsi nestačilo prohořívát v expanzním zdvihu. Následkem toho se zvýšily teploty při výfuku, protože zbylé palivo hořelo ještě při otevřeném výfukovém ventilu. Členy výfukového aparátu byly příliš zatíženy teplem a došlo k podpálení sedla a následně i totální destrukci ventilového talířku. Ventil s podpáleným sedlem nebyl schopen udržet směs ve válci po zažehnutí směsi, a tím talířek ventilu postupně uhořival, až nakonec neudržel ani kompresní zdvih a motor začal jít nepravidelně.



Obr. 6 – 4. Podpálený ventil

6.3.2 Závady po úpravách ECU

Při provozu motoru při zvýšeném tepelném namáhání a zvýšení pracovních tlaků, často i posunutí omezovače otáček má vliv samozřejmě na životnost motoru. Protože při úpravách ECU se využijí rezervy, které mají sloužit v sériovém nastavení pro životnost a bezporuchovost. Pro příklad uvedu několik nejčastějších problémů u upraveného motoru.

Nejvíce zatížené jsou písty, pístní kroužky, ventily (zvláště výfukové) a spalovací prostor (hlava válců). Nejčastěji dojde k podpálení výfukového ventilu, ten společně se svým sedlem bývá nejvíce zahřívanou částí motoru.

Dalším častým poškozením bývá propálení nebo prasknutí pístu, může to mít za následek provoz při detonačním hoření, stává se to z důvodu, že směs může být zažehována právě žhavým talířkem výfukového ventilu.

7 Závěr, zhodnocení parametrů pro ekonomický provoz

Pro správný a ekonomický chod motoru je nutný perfektní stav mechanických částí motoru a správně fungující řídicí elektronika. Řídicí elektronika také musí pracovat se správnými hodnotami pro řízení motoru tak, aby spalovací motor pracoval výkonně a ekonomicky.

Z diagnostiky možných závad vyplývá, že spalovací motor potřebuje pro svůj chod správné zacházení, pravidelnou údržbu a důsledné dodržování servisních pokynů.

Většinu vzniklých závad lze totiž předcházet. Typickým příkladem je nedodržování servisních intervalů pro výměnu oleje, filtrů (olejových, palivových, vzduchových) a rozvodových částí. Zanedbání této údržby způsobí na spalovacím motoru velké poškození, po kterém je znovu uvedení do provozu nákladnou opravou.

Závadám řídicí elektroniky nelze zpravidla nijak předcházet. Důležité je však ihned po projevení vzniklé závady vyhledat odbornou pomoc tak, aby nedošlo k případnému vážnějšímu poškození spalovacího motoru.

V dnešní době se stále více prosazují firmy, které nabízejí úpravu řídicího softwaru. Tato úprava má přinést zvýšení výkonu nebo snížení spotřeby.

Uživatel by měl být však velice opatrný při případných úpravách řídicího systému spalovacího motoru. Každý zásah do originální ECU se projeví nejméně tak, že ECU nebude schopna přijímat originální aktualizace řídicího softwaru, poskytované přímo výrobcem při pravidelných servisech.

V horším případě dojde vlivem neodborného zásahu ke špatnému řízení předzápalu a složení směsi, a to může způsobit vážnou mechanickou poruchu.

Je tedy dobré případné úpravy pečlivě zvážit, případně se s úpravou obrátit na specializované a osvědčené firmy.

Výrobci svoje řídicí systémy pravidelně aktualizují s ohledem na výkon a ekonomičnost spalovacího motoru.

Uživatel tedy musí pouze dodržovat již zmíněné servisní intervaly. Kdo se rozhodne do řídicího systému motoru nijak zasahovat, přinese mu to nejméně ztrátu záruky výrobce.

8 Použitá literatura

- [1] RUŽIČKA.B. *Jak na chiptunning.*-BRNO. Computer press a.s.,-2008
- [2] KOŽOUŠEK. J. *Výpočet a konstrukce spalovacích motorů.* PRAHA:-STNL,-1978
- [3] Vlk. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel,* Brno, 2005, ISBN 80-239-3717-0
- [4] BOCH. *Auto elektronika AM Otto motor.* Dusseldorf: BOSCH, 1978
- [5] Čupera, J., Štěrbá, P. *Automobily – Diagnostika motorových vozidel 1.* BRNO: AVID s.r.o., 2007
- [6] Jan, Z., Ždánský, B. *Automobily – Motory,* BRNO: AVID s.r.o., 2008
- [7] Vlk: *Elektrická zařízení motorových vozidel,* Brno, 2005, ISBN 80-239-3718-9
- [8] Vlk: *Elektronické systémy motorových vozidel.* díl 1 a 2, Brno, 2002, ISBN 80-238-7282-6