

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Diagnostika mechanických závad spalovacích motorů

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Autor práce: Václav Vondrášek

PRAHA 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Václav Vondrášek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Diagnostika mechanických závad spalovacích motorů

Název anglicky

Mechanical defects diagnostics of combustion engines

Cíle práce

Popsat současný stav metod, měřicí techniky a diagnostických postupů v problematice seriové a paralelní diagnostiky mechanických poruch spalovacích motorů. Analyzovat vývojové trendy v dané oblasti.

Metodika

- prostudovat základní literaturu, normy, internetové odkazy a další dostupné prameny z celého světa a provést literární rešerši v oblasti seriové a paralelní diagnostiky mechanických poruch spalovacích motorů
- vyhledat a kontaktovat významné instituce a servisní organizace zabývající se problematikou automobilových oprav
- provést vlastní analýzu, uvést případné nové teoretické předpoklady a názory a vývojové trendy v dané oblasti

Doporučený rozsah práce

30-40 str.

Klíčová slova

porucha, OBD, diagnostika, mechanické závady

Doporučené zdroje informací

- HOYLE, D. Automotive quality systems handbook. 2. vydání. Amsterdam: Elsevier Butterworth Heinemann, 2005. 709 s. ISBN 0-7506-6663-3
- PEJŠA, L. – KADLEČEK, B. – JURČA, V. – aj.: Technická diagnostika. Vysokoškolská skripta. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta. ISBN 80-213-0249-6.
- REMEK, B., ŠTASTNÝ, J.: Autoelektrika a autoelektronika. nakl. Malina, Praha, 2002, ISBN 808629302-5.
- ŠTĚRBA, P.: Elektrotechnika a elektronika automobilů. Computer Press, Praha, 2004, ISBN 80-251-0211-4 / 9788025102114.
- VLK, F.: Diagnostika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2006. ISBN 80-239-7064-X.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 11. 1. 2016

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Diagnostika mechanických závad spalovacích motorů vypracoval samostatně a použil jen pramenů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití díla.

V Tismicích 27.3.2017

Václav Vondrášek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D. za odborné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále děkuji celé mé rodině za věcnou a emocionální podporu během celého mého studia.

Abstrakt:

Bakalářská práce podává přehled o problematice mechanických závad spalovacích motorů, které se v současnosti používají v osobních automobilech. Nejprve je stručně přiblížena teorie týkající se technické diagnostiky a mechanických závad. Následně jsou popsána diagnostická zařízení používaná převážně při servisních činnostech. V poslední kapitole jsou vysvětleny postupy a metody diagnostikování mechanických závad spalovacích motorů.

Klíčová slova: porucha, OBD, diagnostika, mechanické závady

Mechanical defects diagnostics of combustion engines**Summary:**

The bachelor thesis provides an overview regarding problems of mechanical failures of internal combustion engines, which are currently used in cars. First of all, there is briefly summarized theory concerning technical diagnostics and mechanical faults. The following describes diagnostic devices mainly used in servicing activities. The last chapter explains procedures and methods used for diagnosing mechanical failures of combustion engines.

Key words: failure, OBD, diagnostics, mechanical faults

Obsah

1	Úvod	1
2	Technická diagnostika	1
2.1	Diagnostický signál	3
2.2	Ekonomika technické diagnostiky	4
2.2.1	Zdroje úspor z preventivní diagnostiky	4
2.2.2	Náklady na technickou diagnostiku	5
2.3	Diagnostický postup	5
3	Poškození strojních součástí	6
3.1	Druhy poškození funkčních ploch	6
3.2	Průběh opotřebení spalovacího motoru	9
3.3	Faktory ovlivňující životnost a spolehlivost spalovacího motoru	10
3.3.1	Vliv zpětné montáže	11
4	Zařízení pro bezdemontážní diagnostiku	11
4.1	Vnitřní diagnostika	12
4.1.1	Vlastní diagnostika (self diagnose)	13
4.1.2	OBD	13
4.1.3	Diagnostické testery	17
4.2	Vnější diagnostika	18
4.2.1	Metoda vyměňování podezřelých dílů	19
4.2.2	Funkční zkouška motoru	19
4.2.3	Výkon a spotřeba motoru	19
4.2.4	Emise výfukových plynů	21
4.2.5	Tribodiagnostika	24
4.2.6	Vibrodiagnostika	25
4.2.7	Termodiagnostika	26
4.2.8	Měření tlaku	27
4.2.9	Subjektivní metody	28
4.2.10	Multimetr	29
4.2.11	Osciloskop	30
5	Diagnostika mechanických závad spalovacích motorů	32
5.1	Kliková hřídel	32
5.1.1	Typické poruchy	32
5.1.2	Diagnostické signály	33
5.2	Diagnostika spalovacího prostoru	35
5.2.1	Typické poruchy	35

5.2.2 Diagnostické signály.....	36
6 Závěr.....	39
Seznam použitých zkratk	40
Seznam použité literatury	41
Seznam tabulek	43
Seznam obrázků.....	43
Seznam příloh	44

1 Úvod

Diagnostika automobilových motorů, a vozidel celkově, představuje nedílnou součást života každého automobilu. V různém rozsahu předchází každé opravě provedené na automobilu jak servisním mechanikem, tak domácím kutilem. Pro odhalení hůře diagnostikovatelných závad je ovšem nezbytné, aby diagnostiku prováděl vyškolený diagnostik v dobře vybaveném autoservisu.

Diagnostika vozidel prochází neustálým vývojem, který je umožněn zejména pokrokem v oblasti výpočetní techniky. Zároveň se ovšem zvyšuje i složitost vozidel, na která jsou vznášeny stále větší požadavky v oblastech bezpečnosti, komfortu, spotřeby paliva, produkce emisí, spolehlivosti a tzv. bezúdržbovosti.

S prudkým rozmachem automobilismu v posledních třiceti letech, kdy si svůj vlastní vůz může finančně dovolit prakticky každý produktivní dospělý občan Evropy a USA, tak dochází k jevu, že již málokterý řidič má zájem porozumět potřebám automobilu (např. vyměnit olej, nahustit pneumatiky atp.) a osobní vůz se tak stal běžným spotřebním produktem. Aby však nebyly důležité servisní úkony zanedbány, je nutné, aby řidič vozidla byl o potřebě návštěvy servisu informován v běžném provozu.

Cílem práce je seznámit čtenáře s teorií a podmínkami používání diagnostiky a přiblížit metody odhalování mechanických závad základních částí spalovacích motorů používaných v současných automobilech.

2 Technická diagnostika

Pojem diagnostika pochází z řeckého slova diagnosis – rozeznávání, určení, skrze poznání. Je to obecná nauka o metodách a prostředcích pro zjišťování poruch nebo celkového stavu předmětu zkoumání. V případě technické diagnostiky je zkoumaným předmětem technický objekt. [1]

Základním úkolem diagnostiky je odhalovat skryté poruchy strojních mechanismů, identifikovat místa, rozsah a příčiny jejich vzniku. Dále lze pomocí technické diagnostiky charakterizovat ekonomické, ekologické a bezpečnostní důsledky eventuálního dalšího

provozu bez opravy. Na to lze navázat prognózou technického stavu, tedy určením pravděpodobného vývoje poruch v závislosti na době provozu, což umožňuje provést taktické rozhodnutí o opravě, ukončení provozu stroje nebo prodej. [2] Z hlediska stavu stroje má diagnostika tyto formy uplatnění:

- A) Preventivní diagnostika před údržbou – spočívá ve zjišťování technického stavu stroje v předem stanovených intervalech (např. garanční prohlídka).
- B) Preventivní diagnostika před opravou – před provedením opravy se zjistí rozsah poškození a tím i rozsah a způsob opravy.
- C) Následná diagnostika po poruše – zjišťuje se, proč porucha nastala a co je nutné provést k jejímu odstranění. [3]

S technickou diagnostikou úzce souvisí následující pojmy:

- **Diagnóza** – analýza okamžitého stavu objektu, vyhodnocení provozuschopnosti za určitých podmínek, tedy detekce a lokalizace poruch.
- **Porucha** – jev, při kterém dojde k ukončení schopnosti technického objektu plnit požadované funkce při určitých podmínkách.
- **Obnova** – jev, kdy objekt po poruchovém stavu opět získá schopnost plnit požadovanou funkci. Prostředkem pro uskutečnění obnovy je údržba, oprava nebo výměna.
- **Prognóza** – předpověď budoucího vývoje technického stavu diagnostikovaného systému.
- **Mezní stav** – ukončení užitečného života z ekonomických, technologických nebo jiných důvodů.
- **Životnost, trvanlivost** – schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci za daných podmínek do dosažení mezního stavu.
- **Pohotovost** – schopnost objektu být ve stavu schopném vykonávat požadovanou funkci za daných podmínek.
- **Bezpečnost** – pravděpodobnost, že si produkt zachová v průběhu životního cyklu přípustnou úroveň rizika, že může způsobit úraz obsluhy nebo závažné poškození produktu nebo jeho okolí.

- **Bezporuchovost** – schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu.
- **Diagnostikovatelnost** – vlastnost výrobku vyjadřující způsobilost k použití diagnostických prostředků. Má vliv na náročnost zjišťování údajů o technickém stavu výrobků a vyvozování potřebných závěrů.
- **Opravitelnost** – vlastnost výrobku spočívající ve způsobilosti zjišťování poruch a odstraňování následujících poruchových stavů opravou.
- **Ekologičnost** – schopnost výrobku plnit požadovanou funkci s minimálními (požadovanými, předepsanými) environmentálními dopady. [1]

Technické objekty lze rozdělit z ekonomicko-technického hlediska na:

- a) **Dvoustavové objekty** – vnitřní změny technického stavu nemají významný vnější ekonomický projev, tzn. že v průběhu života nerostou náklady na provoz objektu. Po aplikaci diagnostiky nelze prognózovat, preventivní diagnostiku zde tedy nemá smysl provádět. Jedná se například o rozvodový řemen, žárovku, elektroniku atd. Obnovu dvoustavových je, v některých případech, potřeba provádět preventivně (před dosažením mezního stavu), protože v případě havarijní poruchy by došlo k růstu nákladů vlivem závislých poruch.
- b) **Více stavové objekty** – každá změna technického stavu má průběžný, měřitelný a zpravidla významný vnější ekonomický projev, tzn. že narůstající opotřebení vyvolává růst nákladů na provoz. Ke stanovení diagnózy i prognózy lze využít diagnostiku. Mezi tyto objekty patří většina součástí spalovacích motorů (např. pístní skupina). Těmto objektům zpravidla daleko před dosažením mezního stavu předchází rapidní nárůst nákladů na provoz. [4]

2.1 Diagnostický signál

Diagnostický signál je souhrnný pojem pro ukazatele technického stavu objektu. Mezi základní diagnostické signály patří tyto (řazeny vzestupně dle vypovídající schopnosti a použitelnosti pro diagnostiku mechanických závad spalovacích motorů):

1. **Doba používání** – celková doba provozu včetně přestávek. Jelikož spalovací motory zpravidla pracují se značnými přestávkami a stav opotřebenění závisí na jiných faktorech, je zde tento signál nevhodný. Výhodou je jednoduchost měření.
2. **Doba provozu** – započítává se pouze doba, kdy byl stroj v provozu. Častěji se udává v rozsahu vykonané práce (ujeté kilometry, motohodiny, celkově spotřebované palivo apod.). Lépe charakterizuje nárůst opotřebenění než doba používání, ale neuvažuje ostatní faktory.
3. **Strukturní parametr** – přímo vyjadřuje opotřebenění funkčních ploch (vůle, rozměr ...). Z hlediska vypovídající schopnosti se jedná o nejkvalitnější diagnostický signál, ale pro jeho změření je často nutná demontáž.
4. **Provozní parametr** – vyjadřuje vnější projev změněného technického stavu (teplota, vibrace, výkon, tlak ...). Většinou má dostatečnou vypovídající schopnost, ovšem bez nutnosti provedení demontáže.
5. **Okamžité jednotkové náklady** – je to obecný ekonomický diagnostický signál. Závisí nejen na technickém stavu stroje, ale i na aktuální úrovni cen za obnovu a provozní náklady. Tento diagnostický signál je, při respektování ekonomicky nevyjádřitelných parametrů, pro diagnostiku teoreticky nejvýhodnější. [4]

2.2 Ekonomika technické diagnostiky

V každém oboru musí být pro provedení diagnostiky, jakožto finančních nákladů, opodstatněné její využití. Toho je dosaženo v případě, že má pozitivní přínos pro uživatele diagnostikovaného objektu nebo pro třetí stranu (např. snížením produkce škodlivých emisí nebo zvýšením bezpečnosti). Z ekonomického hlediska platí, že je diagnostika efektivní, jsou-li úspory z diagnostiky vyšší než vynaložené náklady na její provedení. [2]

2.2.1 Zdroje úspor z preventivní diagnostiky

1. Odhalením nesprávně nastavené hodnoty a jejím seřízením neboli odstraněním postupně narůstající poruchy.
 - a) důsledkem může být snížení nákladů na provoz (např. nastavením správné hodnoty předstříku dojde ke snížení spotřeby paliva)
 - b) zpomalení procesu opotřebenění neboli prodloužení životnosti některé části stroje (např. seřízením předstihu zapalování lze předejít detonačnímu spalování)

2. Odhalením procesu směřujícího k havarijní poruše a provedením příslušných opatření, které havarijní poruše zabrání.
 - a) odstranění ztrát vlivem závislých poruch (např. včasnou výměnou rozvodového řemenu lze zabránit poškození částí motoru)
 - b) výrazné omezení prostojů stroje. [2]

Správný technický stav stroje po dlouhou dobu je zajištěn pravidelným prováděním preventivní diagnostiky. Tím lze zabránit dodatečným výdajům ve formě oprav, zvýšené spotřeby paliva atd. [2]

2.2.2 Náklady na technickou diagnostiku

Náklady na technickou diagnostiku zahrnují všechny položky nákladů spojené s určením stavu diagnostikovaného objektu. Jednotlivými složkami jsou:

- náklady na diagnostické přístroje
- mzdové náklady
- nepřímé náklady
- náklady na prostoje a dopravu stroje na diagnostiku
- náklady vyplývající z přesnosti diagnostického signálu. [2]

Efektivitu technické diagnostiky z ekonomicko-technického hlediska je třeba hodnotit vždy pro konkrétní objekt, místo a čas. Na tuto efektivitu má značný podíl, jaká diagnostická metoda se použije. V zásadě platí, že čím je použitá metoda přesnější, tím je také nákladnější. Pro ekonomické provedení diagnostiky je tedy důležité si uvědomit, že není nutné znát přesně všechny rozměry a veličiny objektu, ale spíše určit, jaká součást je porouchaná a jaké budou náklady na opravu. [2]

2.3 Diagnostický postup

Diagnostický postup je doporučená posloupnost měření, kontroly stavů a hodnot prováděných za účelem zjištění technického stavu systému. Cílem aplikace diagnostického postupu tedy není změření strukturálních parametrů, ale především stanovení diagnózy, případně prognózy. Diagnostické postupy lze dělit na prosté a větvené. [2]

Podle prostého diagnostického postupu se provádí vždy měření komponent a veličin jednotlivých celků nezávisle na výsledku předešlého měření. Celková posloupnost měření je předem dána dle předpisu, který může být například ve formě tabulky. Naměřené hodnoty se zapíší, ale vyhodnocení probíhá až po změření všech hodnot. Pro diagnostiku spalovacích automobilových motorů je tato metoda nevhodná, protože by došlo ke zvýšených nákladů na diagnostiku z důvodu měření většinou nepotřebných hodnot pro vyhodnocení dané závady (např. když není snížen výkon motoru, není nutné měřit kompresní tlaky). Prostý diagnostický postup má význam pro zařízení, u nichž se očekává bezporuchovost a bezpečnost, tedy zařízení, u nichž se v pravidelných intervalech provádějí tzv. revize (tlakové nádoby, plynové spotřebiče apod.). [2]

Nedostatky pro použití v autoopravářenském průmyslu prosté metody řeší diagnostický postup větvený. Ten spočívá v průběžném hodnocení naměřených výsledků, a na jejich základě provádí diagnostik další měření, dokud není stanovena diagnóza. Aby byl větvený postup efektivní, musí být sestaven na základě zkušeností s četností výskytu jednotlivých závad a dále musí diagnostika vést ke konkrétní závadě. Ve správně sestaveném větveném postupu musí být zohledněna také pracnost jednotlivých úkonů. [2]

3 Poškození strojních součástí

V každém stroji probíhají při provozu děje, které mají za následek změnu fyzikálních vlastností jeho součástí. Tyto změny jsou hlavní příčinou vzniku technických poruch. Další příčinou vzniku poruch mohou být jevy náhodné (např. vniknutí cizího tělesa) nebo jevy postupně narůstající (např. postupné zanášení otvoru nečistotami). Souhrn působících vlivů a dějů se nazývá mechanismus poruch. [5]

3.1 Druhy poškození funkčních ploch

Poškození funkčních ploch, tj. část povrchu součásti, která je ve styku s funkční plochou jiné součásti, může mít různé příčiny a průběhy, a jejich intenzita závisí především na:

- druhu a vlastnostech prostředí a funkčních ploch
- přítomnosti a vlastnostech média mezi povrchy

- relativní směr, rychlost a zrychlení funkčních ploch
- velikost a průběh působících sil [5]

Různé mechanismy poškození v praxi často probíhají současně nebo může dojít k přechodu z jednoho mechanismu na jiný. [5]

Opotřebení

Opotřebení je trvalá nežádoucí změna povrchu nebo rozměrů tuhých těles, vyvolaná vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a látky (např. vody). Mechanismy vzniku opotřebení jsou následující:

- **Adhezivní** – vzájemným smykovým pohybem tuhých těles přitlačovaných normálovou silou bez přítomnosti cizích částic (média) mezi jejich povrchy.
- **Vibrační** – oscilačním pohybem tuhých těles přitlačovaných normálovou silou.
- **Abrazivní** – smýkáním tvrdých a drsných povrchů nebo přítomností tvrdých částic mezi povrchy.
- **Erozivní** – působením proudu částic unášených tekutinou nebo částicemi samotné tekutiny.
- **Únavové** – dlouhodobým a opakovaným působením kontaktních tlaků.
- **Kavitační** – působením tlakových rázů vyvolaných plynem obsaženým nebo vznikajícím v kapalině. [5]

Koroze

Koroze je nežádoucí trvalá změna povrchu materiálu způsobená elektrochemickými a chemickými vlivy okolního prostředí. Nejčastější je tzv. atmosférická koroze, která je vyvolaná působením vzdušné vlhkosti, a její průběh podporuje přítomnost iontů minerálních solí a vzdušného kyslíku, případně jiných plynů. [5]

Produktem koroze ocelí a litin je rez, což je směs prvotních látek a produktů reakcí probíhajících paralelně s korozí. Ve rzi je vždy obsažena voda a H_2SO_4 , takže koroze může pokračovat nezávisle na přístupu vnějšího prostředí. [5]

Otlačení

Otlačení je nežádoucí trvalá změna povrchu způsobená vnějšími silami. Je způsobeno překročením meze kluzu povrchové vrstvy. [5] Nejčastěji postihuje součásti, u kterých dochází k odvalování, tedy čepy, valivá ložiska a ozubená kola. [6]

Deformace

Deformace je trvalá nežádoucí změna geometrického tvaru součástí. Deformace proběhne, jestliže napětí vyvolané vnějšími silami překročí mez kluzu materiálu nebo změní-li se rozložení vnitřních pnutí v materiálu. [5]

Trhliny a lomy

Trhlina je porušení celistvosti materiálu v části průřezu, lom je porušení celistvosti součásti v celém průřezu součásti. Příčinou vzniku trhlin a lomů je překročení vnějšího nebo vnitřního napětí nad mez pevnosti nebo mez únavy materiálu. Trhliny předcházejí lomu u dynamicky namáhaných součástí. [5]

Stárnutí materiálu

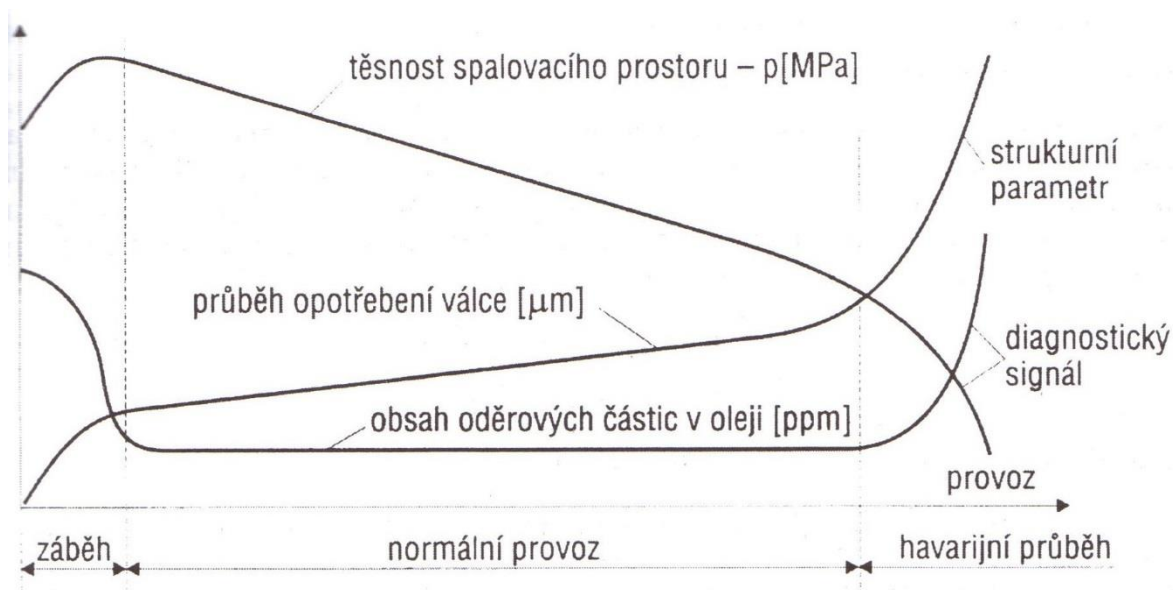
Jedná se o souhrn vnitřních dějů, které probíhá pozvolna v čase bez ohledu na provoz součásti. [5]

Tepelná degradace materiálu

Trvalá změna fyzikálních a mechanických vlastností materiálu vyvolaná změnou teploty nad určitou hranici. [5]

3.2 Průběh opotřebení spalovacího motoru

Mechanismy opotřebení začínají účinkovat na díly motoru již při prvním spuštění (v případě koroze i dříve). Při uvedení do provozu nejdříve nastává tzv. záběh (může být uskutečněn již při výrobě), který se vyznačuje zrychleným průběhem opotřebení. Motor je k běžnému užívání připraven teprve po této etapě. Poté přichází na řadu normální provoz, kdy má průběh opotřebení v závislosti na čase teoreticky lineární průběh. Další a poslední stádium opotřebení je nazýván jako havarijný průběh, přičemž dochází ke zrychlenému vylučování abrasivních částic a tím pádem je rychlost opotřebení opět zvýšena. Graficky je tato skutečnost znázorněna na obrázku 1.



Obr. 1 Průběh opotřebení spalovacího motoru [7]

Kvalita provozní údržby má zásadní vliv na prodloužení stádia normálního provozu. Při nedostatečné údržbě, zajištění správného mazání apod. se rychlost opotřebení značně zvyšuje a doba normálního provozu se zkracuje. [7]

3.3 Faktory ovlivňující životnost a spolehlivost spalovacího motoru

Životnost a spolehlivost všech strojů je závislá na všech faktorech, které konkrétní stroj provázejí od počátku výroby po konec jeho života. Pro spalovací motor jsou to tyto:

a) **Konstrukční:**

- průběh spalování (tlaky, teploty)
- kinematika funkčních ploch
- konstrukce motoru (např. tuhost bloku motoru)
- vyvážení
- vůle v uložení dvojic součástí
- materiály součástí
- metalurgické zpracování
- vlastnosti mazací soustavy
- vlastnosti palivové soustavy a přísunu vzduchu
- vlastnosti chladicí soustavy (rychlost dosažení pracovní provozní teploty, rovnoměrnost ohřevu ...).

b) **Výrobní:**

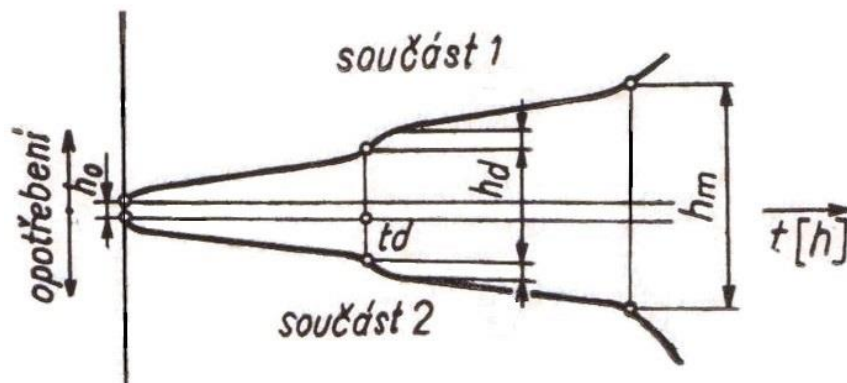
- kvalita obrobení
- montáž
- finální úpravy (tepelné zpracování ...)
- záběh a seřízení.

c) **Provozní:**

- provozní režim (zatížení, častost provozu, teplotní podmínky ...)
- podmínky okolního prostředí (teplota a vlhkost vzduchu, prašnost ...)
- dodržování servisních intervalů (výměna čističů, náplní ...)
- kvalita oprav
- garážování
- spouštění motoru (četnost, teplota motoru)
- kvalita paliva (obsah síry, oktanové nebo cetanové číslo)
- kvalita oleje (viskozita, kvalita čištění ...)
- lidský faktor (plynulost a moment řazení, spouštění ...). [7]

3.3.1 Vliv zpětné montáže

Z výše uvedených faktorů blíže vysvětlím provozní faktor pojmenovaný jako kvalita oprav. Podstatné části prováděných oprav motorů předchází diagnostika. Je tedy nedílnou součástí života spalovacích motorů, na které jsou kladeny požadavky dlouhé životnosti, spolehlivosti a ekonomického provozu (výjimku mohou tvořit závodní motory). Při zpětné montáži dochází ke zrychlenému průběhu opotřebení funkčních ploch z důvodu přizpůsobování se součástí v nové vzájemné poloze. Toto pravidlo je ovšem důležité pouze u částí, kde je dodržení vzájemné polohy pro montáž podstatné, tj. například uložení klikové a vačkové hřídele, ventilů, pístu atd. Ilustrační příklad průběhu opotřebení klikové hřídele po zpětné montáži je znázorněn na obrázku 2, kde h_0 značí počáteční vůli, která lineárně roste do bodu, kde proběhla demontáž a zpětná montáž, následuje zrychlený průběh opotřebení a vůle zvětší o hodnotu h_d , čímž je dříve dosaženo maximálně přípustné vůle h_m .



Obr. 2 Vliv zpětné montáže na opotřebení [8]

4 Zařízení pro bezdemontážní diagnostiku

V této kapitole jsou obecně popsána zařízení pro provádění bezdemontážní diagnostiky. Speciální zařízení používaná pro diagnostiku konkrétních poruch jsou popsána v následující kapitole.

Jak již bylo řečeno ve druhé kapitole této práce, je přímé měření strukturálních parametrů časově náročné (zároveň tedy i nákladné), protože je nutné částečně nebo úplně demontovat funkční části motoru. Pro stanovení aktuálního stavu stroje je tedy výhodnější používat metody diagnostiky bezdemontážní. Tento způsob lze charakterizovat tak, že od započetí po skončení diagnostických operací není demontována nějaká funkční část stroje

(tedy i při bezdemontážní diagnostice je někdy nutné demontovat kryty, zapalovací nebo žhavicí svíčky atp.) a měření strukturních parametrů se provádí nepřímo, tedy měřením provozních parametrů. Bezdemontážní diagnostika je ve srovnání s metodami měření strukturních parametrů náročnější na technické vybavení diagnostického pracoviště. Bezdemontážní diagnostiku lze rozdělit na dvě základní skupiny: vnitřní a vnější.

Použití konkrétních metod bezdemontážní diagnostiky je nutné posuzovat vždy podle projevu konkrétní poruchy. Jestliže na posuzovaném motoru například vzniklo takové poškození, že není možné volně otáčet klikovým mechanismem, nebude možné většinu těchto metod uskutečnit a pro zjištění závady nezbyvá nic jiného než provést postupnou demontáž celého motoru a provádět přímá měření rozměrů a vůli na jednotlivých částech. Měření rozměrů by také mělo být použito pokaždé, když je pomocí bezdemontážní diagnostiky odhalen zdroj závady, pro absolutní potvrzení potřeby obnovy konkrétní součásti. Metody přímého měření nejsou v rozsahu této bakalářské práce.

4.1 Vnitřní diagnostika

Diagnostika, která probíhá přes sériové rozhraní automobilu (diagnostickou zásuvku), se nazývá vnitřní. [9] Jsou to tedy metody, při kterých dochází k výměně dat mezi diagnostickým testerem a řídicí jednotkou (ECU) motoru nebo jiného systému.

Se vzrůstající složitostí elektrického vybavení vozidel (jak řízení motoru, tak všech ostatních systémů) již není možné hledat zdroj závady pouze pomocí vnější diagnostiky, jak tomu bylo před nástupem motor managementu. Došlo tak k vývoji systémů, které umožňují provádět jejich vlastní diagnostiku. [10] K rozvoji vnitřní diagnostiky přispěly také legislativní předpisy OBD (On Board Diagnostics). [11]

V současnosti nemá vnitřní diagnostika osobních automobilů pro přímé posouzení stavu mechanických částí spalovacích motorů velké uplatnění. Přesto by se její provedení mělo nacházet na prvních místech správně sestaveného diagnostického postupu, protože s její pomocí lze, mimo jiného, vyloučit závady na snímačích a akčních členech, a potvrdit tak, že nesprávný stav motoru je způsoben mechanickou poruchou.

4.1.1 Vlastní diagnostika (self diagnose)

Systémy řízení motorů, a jiných konstrukčních celků (podvozků, převodovky ...) jsou vybaveny tzv. vlastní diagnostikou. Takovéto systémy jsou schopny rozeznat chybnou funkci nějaké součásti a provést opatření, aby se minimalizovaly následky této chyby. Prakticky je toho využito při poruchách snímačů nebo akčních členů, přičemž je systém poté schopen pracovat s hodnotami, pro tyto případy, uloženými v paměti ECU. Není tím tedy zajištěna optimální funkce, ale pouze provozuschopnost. Dle literatury v současnosti tvoří řídicí jednotku motoru až 70 % vlastní diagnostika a 30 % řízení motoru. [10]

Komunikace s řídicí jednotkou, kde lze provádět např. čtení a mazání závad, test akčních členů, sledování hodnot, programování a mnoho dalšího, se zpravidla provádí přes stejné rozhraní automobilu jako OBD a bude tedy popsána dále.

4.1.2 OBD

Pojmu palubní diagnostika OBD lze v současnosti rozumět, jako souboru norem a pravidel pro zjišťování poruch ovlivňujících produkci výfukových emisí, pomocí systému vestavěného ve vozidle. V zásadě je to podsystém vlastní diagnostiky upraven legislativními předpisy.

4.1.2.1 Historie OBD

Po dlouhou dobu nebyly platné žádné předpisy, které by omezovaly maximální produkci škodlivých látek vypouštěných při provozu do ovzduší. To se změnilo, když se v hustě osídlené a motorizované americké Kalifornii začalo silně znečišťovat ovzduší právě vlivem emisí vozidel, kde roku 1968 přišly v platnost takováto legislativní opatření. Od té doby se vydávají podobné předpisy ve státech po celém světě a stále se zpřísnují. [12] Sledovat produkci škodlivin vypouštěných vozidlem za běžného provozu by ovšem přímým měřením bylo složité a drahé. Levnější je kontrolovat správnou funkci systémů, které mají k jejich produkci přímý vztah. [11]

V roce 1988 tedy došlo k zavedení systému OBD I, který měl za úkol upozornit řidiče, že došlo na vozidle k závadě, vedoucí ke zvýšené produkci škodlivých emisí. Ohlášení této skutečnosti probíhalo vizuálně, rozsvícením kontrolní žárovky MIL

(Malfunction Indicator Lamp) umístěné na přístrojové desce. Pokud řidič provozoval vozidlo s rozsvícenou kontrolkou MIL, mohl být policií pokutován. [13]

Čtení paměti závad zde probíhalo pomocí tzv. blikacího kódu. Tento kód lze přečíst pomocí blikání kontrolky po provedení určitého úkonu (např. vyjmutím pojistky nebo ukostřením vedení) nebo čtením hodnot napětí na vedení diagnostické linky pomocí výchylek voltmetru nebo čtením sledu výchylek na osciloskopu. [13] Druhou možností je přečtení kódu speciálním čtecím zařízením, ale k tomu musí být systém přizpůsoben. Po přečtení kódu následuje zjištění jeho významu pomocí dílenské příručky a mazání paměti závad, což bylo také individuální. [11]

Od začátku roku 1994 bylo v USA uzákoněno používání systému OBD II pro vozidla se zážehovými motory a od roku 1996 i pro vozidla s motory vznětovými. Systém OBD II je v podstatě vylepšenou verzí OBD I a došlo i ke standardizaci některých částí. [12] Vylepšení spočívá ve schopnosti systému kontrolovat, mimo správné funkce elektrického zařízení, i funkce ostatních komponentů ovlivňujících produkci emisí, jako je například katalytický konvertor nebo palivová soustava. [13] Norma ISO 9141, podle které se uplatňuje systém OBD II u vozidel s palubním napětím 12 V, je v USA platná dodnes a je doplněna dalšími normami, které jsou uvedeny v následující kapitole. [14]

Historie regulace produkce emisí vozidel začíná v Evropě roku 1970, kdy byly zavedeny mezní hodnoty škodlivých emisí, které se nesmějí u nově vyrobených vozidel při provozu překročit. Tyto hodnoty určovala směrnice 70/220/EHS a postupem času byly zpřísněny. V této době ještě ovšem nebyl zaveden žádný systém, který by kontroloval, že má motor správnou funkci a jestli tedy předepsané hodnoty opravdu splňuje. To se změnilo v roce 1998 se směrnicí 98/69/ES, podle které bylo uzákoněno zavedení kontrolních prvků sledujících systémy, které přímo ovlivňují produkci emisí motorových vozidel. Došlo tedy ke vzniku standardu EOBD, jehož technické řešení vychází z OBD II. Od roku 2000 přišly v platnost předpisy, které stanovují, že motorová vozidla kategorie M1 a N1 se zážehovým motorem, která v tomto roce dostanou homologaci pro provoz na pozemních komunikacích v Evropě, musejí být vybavena systémem EOBD. Pro vozidla kategorie M1 se vznětovým motorem byl tento požadavek zaveden roku 2003. Tento požadavek se postupně rozšířil i na ostatní kategorie vozidel. [13]

System EOBBD má za úkol provádět následující funkce:

- monitorovat díly spojené s produkcí emisí
- odhalit vynechání zapalování
- monitorovat funkci lambda sond
- monitorovat palivový systém
- vyhodnotit účinnost katalytického konvertoru
- sledovat funkce recirkulace spalin
- monitorovat systémy přidavného vzduchu
- řídit funkci kontrolky emisí (MIL) a chybové paměti
- uchování dat provozních podmínek (freeze frame data)
- indikovat diagnostickou připravenost (readiness code)
- podávat informace o provozních datech (otáčky, teplota ...) dle normy
- sdílet data pomocí standardizovaných komunikačních protokolů a zásuvky [13]

Komunikace s řídicí jednotkou probíhá u systémů odvozených z OBD II pomocí diagnostických testerů, které jsou blíže popsány v kapitole věnované těmto zařízením.

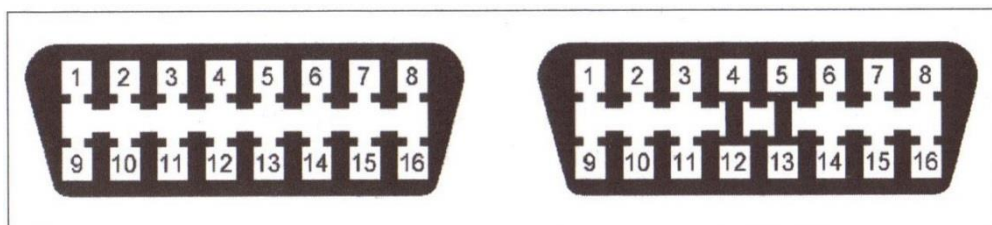
4.1.2.2 Standardizace OBD

Než došlo k zavedení norem týkajících se OBD, byla jakákoliv palubní diagnostika využívána výrobci automobilů zcela individuální. Lišil se tak rozsah kontrolovaných komponentů, detekovaných chyb, způsob jejich ukládání a vyvolávání, komunikační protokol a styl diagnostické zásuvky (DLC), včetně jejího umístění. [10]

Jak již bylo řečeno, normalizovaný systém OBD standardizuje přístup k údajům získaných řídicí jednotkou a určuje minimální požadavky na schopnosti palubní diagnostiky. Jestli výrobce automobilů splnil předpisy týkající se OBD se zjišťuje při homologaci vozidla dle mezinárodně platných předpisů EHK simulací vybraných závad a zjišťuje se, zdali byla závada správně identifikována [10]

Další část OBD, kde proběhla standardizace je diagnostický konektor. Ten nyní musí odpovídat normě SAE J1962 a je zobrazen na obrázku 3. Jeho umístění ve vozidle je již také normalizované. Požadavek zní, že konektor musí být přístupný ze sedadla řidiče a bez

použití speciálních nástrojů. I přes to může být v nějakém konkrétním vozidle problém ho najít, protože bývá ukryt například pod popelníkem nebo nějakou odkládací schránkou. Jeho přesná lokace je ovšem popsána v servisní literatuře konkrétního automobilu a bývá znázorněna v programech používaných pro komunikaci s řídicími jednotkami. [10]



Obr. 3 Provedení diagnostické zásuvky OBD II pro 12 V soustavu (vlevo) a 24 V (vpravo) [15]

Standardizací prošly také komunikační protokoly (opatřeny americkou normou SAE J1850 nebo evropskou ISO 9141–2), které slouží k výměně dat mezi řídicí jednotkou a diagnostickým zařízením. Je to z důvodu, aby bylo možné použít jeden diagnostický přístroj na všechna vozidla, což má hlavní význam pro stanice technické kontroly (STK) a měření emisí (ME), kde má pracovník ME za povinnost před vlastním měřením vyčistit paměť závad. [10]

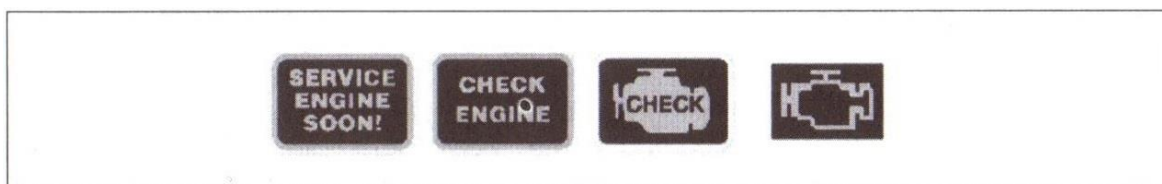
Mimo těchto dvou norem, které mají pro praxi největší význam, existuje ještě mnoho dalších, které se týkají OBD. Zde je uvedeno jejich označení a název:

- SAE J1850 – datový komunikační protokol
- SAE J1930 – diagnostická terminologie
- SAE J1939 – protokol výměny dat (CAN)
- SAE J1962 – diagnostická zásuvka
- SAE J1978 – diagnostické přístroje
- SAE J1979 – softwarová komunikace, testovací módy
- SAE J2012 – doporučený formát a označování chybových kódů (DTC)
- SAE J2190 – softwarová komunikace, rozšířené testovací módy
- ISO 9141–2 – požadavky na digitální výměnu informací
- ISO 14229 – specifikace servisní diagnostiky
- ISO 14230-3 – KWP 2000, protokol výměny dat

- ISO 14230-4 – KWP 2000, protokol výměny dat ve vztahu k emisím škodlivin
- ISO 15765 – požadavky na digitální výměnu informací (CAN)
- ISO 15031 – požadavky na výměnu informací, diagnostická zásuvka, chybové kódy [15]

Další standardizovaný prvek OBD je kontrolka MIL, pomocí které komunikuje řídicí jednotka s řidičem automobilu. Její přípustné variace jsou znázorněny na obrázku 4, přičemž všechny mají svítit oranžovou barvou. Její funkce je následující. Když není motor v chodu a klíč zapalování je ve druhé poloze, kontrolka se musí rozsvítit (kvůli kontrole žárovky). Po nastartování může mít jeden ze tří stavů:

- Nesvítí – žádná závada ovlivňující produkci emisí nebyla detekována.
- Svítí – byla nebo je detekována potenciální závada na řízení motoru.
- Bliká – právě byla zjištěna závada vedoucí k poškození katalytického konvertoru



Obr. 4 Přípustné varianty kontrolky MIL [15]

4.1.3 Diagnostické testery

Diagnostické testery slouží ke komunikaci servisního pracovníka s řídicími jednotkami vozidla. Před zavedením standardu OBD II a odvozených systémů (EOBD, JOBD) používali výrobci vozidel rozdílné komunikační rozhraní a protokoly, bylo tedy nutné provádět diagnostiku přístrojem, který přímo podporuje komunikaci s daným vozidlem.

Zásluhou přechodu na standardy OBD II je možné pro komunikaci s řídicími jednotkami motorů (u dalších systémů není podpora normalizována) různých výrobců použít pouze jeden standardizovaný přístroj. Tímto přístrojem může být buď PC s vhodným software a komunikačním adaptérem nebo specializované diagnostické zařízení, ať už multiznačkové nebo určené pro konkrétní značku vozidel. [6]

Od levnějších univerzálních testerů lze očekávat pouze základní funkce jako např. výpis a výmaz paměti závad motoru, sledování aktuálních hodnot, test akčních členů a nulování servisních intervalů. Některá dražší zařízení pak obsahují pokročilejší funkce (např. párování klíče a imobilizéru, provádět nastavení ECU apod.) a spojení s dalšími řídicími jednotkami ve vozidle. Rozsah podpory a funkcí multiznačkových testerů se tedy značně liší a je potřeba si před koupí přístroje ověřit, jaké automobily podporuje. [11]

V současnosti se také prodávají univerzální bezdrátové diagnostické komunikátory, které se pomocí rozhraní bluetooth spojí s chytrým mobilním telefonem využívajícím operační systém iOS, Android nebo Windows Mobile a specializovaný software ať už placený nebo dostupný zdarma. Prostřednictvím tohoto přístroje je pak možné provádět základní sériovou diagnostiku za řádově několik stovek korun, což ocení jak nadšenci do automobilové techniky, tak je možné využití třeba pro kontrolu paměti závad při koupi ojetého vozu. [16]

Značkové testery se vyznačují tím, že jsou určeny pro konkrétní automobily. Jejich používání je tak v autorizovaných servisech vyžadováno výrobcí vozidel a zpravidla nejsou přístupné pro servisy neznačkové. Oproti univerzálním zařízením mají tu výhodu, že jsou schopné využít plný potenciál palubní diagnostiky a obsahují funkce specifické pro konkrétní značku automobilu. Dále lze od takovýchto zařízení očekávat naprostou spolehlivost informací, automatickou identifikaci vozidla (nebo dle VIN), databázi technických informací o vozidle, případně větvený diagnostický postup pro konkrétní závady. Jmenovitě jsou to např. diagnostické systémy VAS nebo ODIS pro vozy koncernu Volkswagen, GDS pro vozy Hyundai nebo FDS a WDS pro vozy Ford. Samozřejmostí pro značkové diagnostické systémy jsou pravidelné aktualizace, které doplňují stávající databáze o později vyrobené vozy a nové poznatky z oblasti diagnostiky. [11]

4.2 Vnější diagnostika

Vnější (paralelní) diagnostika zahrnuje všechny ostatní diagnostické metody. Patří sem měření elektrických veličin (napětí, proud ...), neelektrických veličin (tlak, složení výfukových plynů ...), měření výkonových parametrů (točivý moment, výkon, spotřeba paliva ...), metoda vyměňování podezřelých dílů a metody subjektivní. [1]

4.2.1 Metoda vyměňování podezřelých dílů

Metoda vyměňování podezřelých dílů je použitelná poté, co je pomocí jiných diagnostických metod zúžena příčina nesprávné funkce na jeden systémový úsek, kde se postupně vyměňují jednotlivé díly a sleduje se, jestli byla závada odstraněna. Správně by se měla provádět pouze v případě, kdy není možné (z důvodu nedostatečného vybavení servisu, neznalosti diagnostika atd.) přesně určit poškozený díl. [13] I přes to se ale tato metoda v praxi hojně používá.

4.2.2 Funkční zkouška motoru

Funkční zkouška motoru začíná jeho spuštěním ze studeného stavu (tj. za teploty okolního prostředí). Zde sledujeme, dojde-li ke spuštění motoru okamžitě nebo s výraznou prodlevou. Spouštěč by se neměl používat déle než pět sekund a nedojde-li ke spuštění motoru ani na třetí pokus, tak je zřejmé, že motor není správně seřízen (platí zejména pro starší motory) nebo se vyskytla porucha. [6]

Po spuštění se pravidelnost chodu motoru hodnotí pomocí subjektivních metod, které jsou popsány dále. Je také nutné sledovat teplotu chladicí kapaliny, přičemž přívodní hadice k chladiči musí zůstat studenější než motor, dokud nedojde k dosažení provozní teploty. Jestliže se tato hadice ohřívá společně s motorem, je vadný termostat. To samé platí i pro olejový systém, je-li motor vybaven vnějším chladičem oleje. [6]

Při podezření na vážnou mechanickou závadu nebo nadměrné opotřebení by mělo proběhnout měření výkonu, což je popsáno dále. Nakonec necháme motor běžet ve volnoběžných otáčkách a následně vypneme zapalování. Motor se poté musí téměř okamžitě zastavit. Točí-li se motor dále, mohou v něm probíhat samozápaly (u zážehových karburátorových motorů) nebo je nefunkční systém přerušování přívodu paliva (u vznětových motorů). [6]

4.2.3 Výkon a spotřeba motoru

Spotřeba paliva může být ukazatelem hospodárnosti provozu (pro provozovatele vozidla) nebo diagnostickým signálem (pro diagnostika). Udržení spotřeby paliva na co nejnižší úrovni je ve vlastním zájmu každého provozovatele vozidla, protože cena za

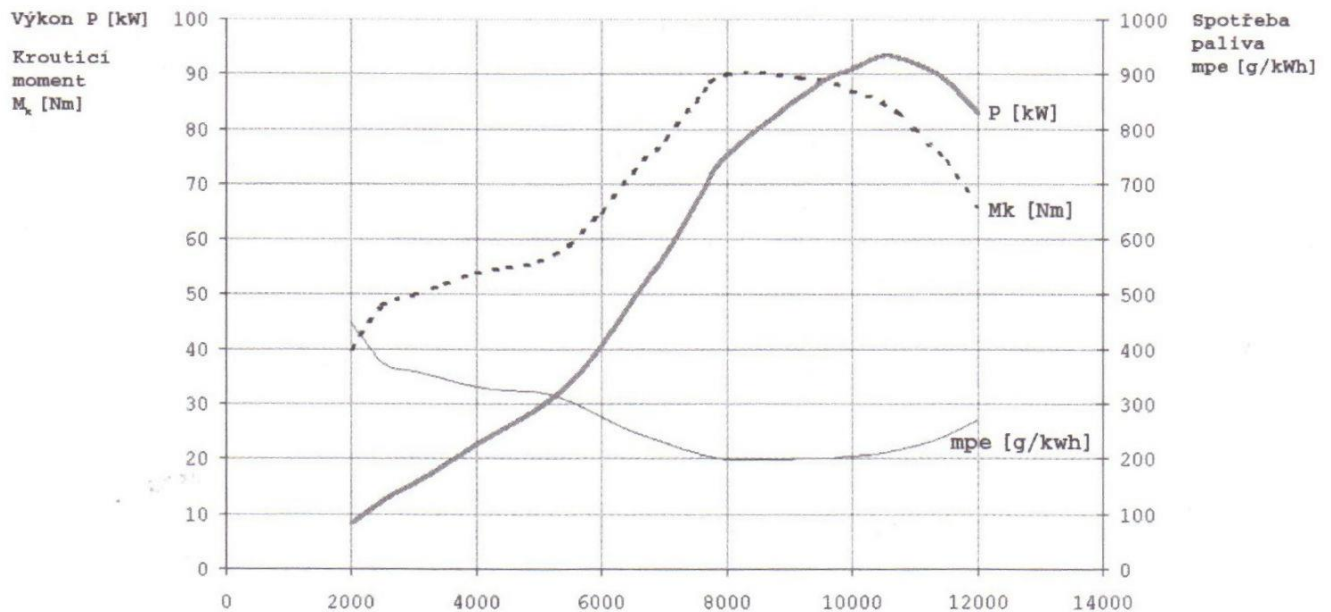
spotřebované palivo (alespoň v Evropě) tvoří podstatnou část nákladů na provoz vozidla (v případě kamionové dopravy značně převyšuje pořizovací náklady vozidla).

Spotřebu paliva lze měřit v běžném provozu jednoduchým přepočtem spotřebovaného paliva na sto kilometrů, kde může při dlouhodobém pozorování, a náhlém navýšení, provozovatele upozornit, že něco není v pořádku, ale tato metoda nemá reálnou vypovídající hodnotu. Důležitější je pro diagnostiku znát tzv. měrnou spotřebu paliva, která se měří nejčastěji spolu s výkonovými parametry na válcové zkušební nebo při demontovaném motoru přímo na dynamometru. [17]

Měrná spotřeba paliva se udává v jednotce $\text{g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, z čehož vyplývá, že se měří hmotnost spotřebovaného paliva současně s výkonem motoru v čase. Ke zjištění hmotnosti spotřebovaného paliva se v laboratorních podmínkách používá externí nádrž, která je připojena do palivového systému místo provozní nádrže, je položena na váze, a měří se hmotnostní úbytek paliva. Druhým způsobem je měření průtočného objemu spolu s teplotou paliva. U obou metod se musí vzít v úvahu zpětné vedení paliva ze vstřikovacího zařízení. [13]

Pro měření výkonu se používají tzv. výkonové brzdy. Označení „brzda“ je zde odvozeno z toho, že proti měřenému točivému momentu motoru působí brzdny moment, který je známý nebo ho můžeme měřit. V praxi se pro vyvození brzdnyho momentu využívají hydraulické nebo elektromagnetické brzdy. Současně se měří i otáčky rotorů brzdy pro výpočet výkonu. [13]

U spalovacích motorů má zvláštní význam (pro porovnávání a hodnocení výkonových parametrů) vnější otáčková charakteristika, která udává průběh výkonu, točivého momentu a měrné spotřeby paliva v závislosti na otáčkách motoru, při plném otevření škrticí klapky (zážehový motor) nebo maximální dávce paliva (vznětový motor). Příklad takové charakteristiky je znázorněn na obrázku 5. [6] Větší vypovídající schopnost, než výkon celého motoru, má výkonová charakteristika měřená při činnosti jednotlivých válců. Tato metoda je sice náročnější na provedení, ale jednoznačně lze poté určit, na kterém válci je závada, má větší přesnost a je méně náročná na maximálně měřitelný výkon brzdy. [2]



Obr. 5 Vnější otáčková charakteristika [6]

Pro měření otáček lze použít mnoho dalších zařízení. Ruční mechanický otáčkoměr je univerzální, jednoduchý a široce používaný, ale naprosto nevyhovující, při potřebě měřit spolu s otáčkami ještě jiné parametry. Snímače pro vyhodnocování impulsů tuto nevýhodu nemají, ale pro správnou funkci jsou doplněny složitým vyhodnocovacím zařízením. Přístroje pro měření úhlových zrychlení motorů současně umožňují měřit otáčky nebo úhlovou rychlost. Pomocí stroboskopických otáčkoměrů lze měřit kromě otáček i jiné kmitavé pohyby. Rezonanční otáčkoměry je vhodné využít pro měření otáček součástí, ke kterým není umožněn přímý přístup. Dále lze pro měření otáček využít zvlnění palubní sítě vozidla. [3]

Souhrn výkonových parametrů může sloužit jako souhrnný diagnostický signál pro určení stavu motoru jako celku. Pro měření výkonových parametrů se ještě používají další metody (např. orientační posouzení výkonu vypínáním jednotlivých válců, akcelerační měření výkonu, měření přímočarého zrychlení vozidla atd.). [2] Současně s měřením výkonových charakteristik se nabízí měřit i emise výfukových plynů.

4.2.4 Emise výfukových plynů

Pro diagnostická měření postačí zjištění koncentrací složek výfukových plynů běžně používanými servisními analyzátory. Komplexnější měření umožňuje i zjištění celkové produkce všech složek výfukových plynů a jejich množství, ale pro takové měření je

nezbytné použít metody náročnější na měřicí zařízení a jejich provedení, což je v servisní praxi neproveditelné. Použité metody a zařízení se liší podle toho, jestli je motor vznětový nebo zážehový. [6] Na případnou závadu může poukázat i barva výfukových plynů, jako je pro vznětový motor znázorněno v příloze č. 1. Jedná se ovšem o subjektivní posouzení.

4.2.4.1 Měření emisí zážehových motorů

K měření emisí zážehového motoru pro diagnostické účely poslouží tzv. servisní analyzátory. V současnosti jsou tyto přístroje povětšinou zastoupeny vícesložkovými analyzátory typu NDIR (bezdisperzní infraanalyzátor), které jsou schopné měřit koncentrace CO, CO₂ a HC zároveň. Koncentrace nespálených uhlovodíků (HC) lze přesněji měřit analyzátozem typu FID (plamenoionizačním). Zpravidla jsou doplněny kyslíkovým čidlem pro snímání koncentrace O₂, čehož se využívá pro výpočet součinitele přebytku vzduchu λ , který probíhá uvnitř přístroje. Další složka výfukových plynů, která může sloužit jako diagnostický signál, se souhrnně nazývá oxidy dusíku (NO_x). Servisní analyzátory spadající do třídy „0“ (dle ISO 3930) již umí tuto složku měřit, ovšem pro přesnější měření je nutné použít chemiluminiscenční přístroje (CLA). Ještě je potřeba podotknout, že měření prováděné pro diagnostické účely může být značně zkreslené, jestliže je se provádí za funkčním katalytickým konvertorem. V tabulce 1 jsou popsány závady, které lze identifikovat pomocí naměřených koncentrací škodlivin. [6]

Závada/úprava	CO	CO ₂	HC	λ	NO _x	O ₂
Vadné zapalování válce	vyšší	nižší	vysoké	>1	nižší	vyšší
Nefunkční vstřikovač válce	-	nižší	-	>>1	nižší	vysoké
Snížené kompresní tlaky, celkové opotřebenění motoru	-	nižší	vyšší až vysoké	-	klesá	-
Nefunkční λ sonda ¹⁾	vysoké	nižší	vysoké	<1	nízké	nízké
Malé otevření EGR	-	-	-	-	vysoké	-
Přílišné otevření EGR	vyšší	nižší	vyšší	-	nízké	-
Vadný katalyzátor ²⁾	zvýšené	snížené	zvýšené	-	zvýšené	-
Vadný MAP, MAF	kolísající					
Průnik oleje turbodmychadlem	-	-	vysoké	-	-	-
Větší předstih zážehu	-	vyšší	klesá	-	stoupá	-
Menší předstih zážehu	-	nižší	stoupá	-	klesá	-
Obohacování směsi	stoupá	klesá	stoupá	<1	klesá	klesá
Ochuzování směsi	klesá	klesá	klesá	>1	stoupá	stoupá
Nadměrné ochuzení	nízké	nízké	vysoké	>>1	vysoké	vysoké
Zvýšení kompresního poměru	nižší	vyšší	nižší	-	stoupá	-
Malé překrytí ventilů	-	vyšší	nízké	-	stoupá	nižší
Velké překrytí ventilů	-	nižší	vyšší	-	klesá	vyšší

Tab. 1 Závislosti koncentrací produkovaných škodlivin a poruchou nebo nastavením zážehových motorů [6]

4.2.4.2 Měření emisí vznětových motorů

Základním rozdílem mezi měřením koncentrace částic ve výfukových plynech vznětového a zážehového motoru, je využití ukazatele tzv. kouřivosti. Kouřivost se měří opacimetrem, který měří průchodnost světelného paprsku sloupcem výfukových plynů. Udává se ve dvou různých jednotkách:

- součinitelem absorpce – udává se v m^{-1} a vyjadřuje pokles intenzity světelného paprsku po jeho průchodu sloupcem spalín o tloušťce 1 metru
- opacitou – udává se v procentech a vyjadřuje propustnost (pohltivost) plynu pro světlo. [6]

Dále se vznětový motor posuzuje podobně jako zážehový (tj. měří se CO, CO₂, HC a NO_x) s tím rozdílem, že zde budou jiné koncentrace těchto látek. Součinitel přebytku vzduchu se neměří, neboť vznětový motor pracuje, kromě plného zatížení, s λ vyšší než 1. V tabulce 2 je umístěna tabulka shrnující závady odhalitelné pomocí naměřených hodnot emisí. [6]

závada/úprava	CO	CO ₂	HC	NO _x	kouřivost
Kapající vstřikovač	vyšší	-	vysoké	-	vyšší
Nefunkční vstřikovač válce	nižší	nižší	-	nižší	-
Snížené kompresní tlaky, celkové opotřebení motoru	-	nižší	vyšší	klesá	-
Malé otevření EGR	-	-	-	vysoké	nižší
Přílišné otevření EGR	vysoké	nižší	vysoké	nízké	vyšší
Vadný katalyzátor	zvýšené	snížené	zvýšené	-	-
Vadný MAF	zvýšené	-	zvýšené	-	vysoká
Průnik oleje turbodmychadlem	-	-	vysoké	-	vysoká
Větší předvstřík	-	-	klesá	stoupá	klesá
Menší předvstřík	-	-	stoupá	klesá	stoupá
Vyšší dávka paliva	stoupá	stoupá	stoupá	stoupá	stoupá
Menší dávka paliva	klesá	klesá	klesá	klesá	klesá
Zvýšení plnicího tlaku	nižší	nižší	nižší	stoupá	klesá

Tab. 2 Závislosti koncentrací produkovaných škodlivin a poruchou nebo nastavením vznětových motorů [6]

4.2.5 Tribodiagnostika

Tribologie je nauka o procesech tření, opotřebení a mazání. Tribodiagnostika rozšiřuje svou působnost na všechny druhy kontaktů mezi kinematickými dvojicemi strojů a přibližuje technický stav stroje pomocí výsledků analýzy oleje, použitého v mazací soustavě. [2]

V době provozu stroje, kdy rychlost opotřebení dosáhne tzv. druhé fáze (tj. po záběhu), má vliv na obsah příměsí v oleji pouze rychlost opotřebení, chemické složení opotřebovaných částí, propal oleje a činnost čističů oleje. Udrželi-li se množství oleje na konstantní hodnotě, ustálí se po určité době i koncentrace na určité výši. Rychlost opotřebení pak lze určit koncentrací produktů opotřebení v oleji. V praxi tuto znalost lze využít pro porovnání s typickými koncentracemi pro jednotlivé typy motoru, jako je uvedeno v tabulce 3. [7]

Motor	Koncentrace příměsí v 10 ⁻⁴ %							* chrom z vody	
	Pb	Si	Fe	Cr	Al	Cu	Sn	Ag	Cr *
EMO	40	10	200	30	40	40	15	5	60
ALCO	20	10	40	30	15	10	10	-	60
BLW	10	10	40	30	15	10	5	-	60

Tab. 3 Příklad normálních koncentrací příměsí v oleji pro jednotlivé typy motorů [7]

Jestliže je známé složení jednotlivých součástí (příklad uveden v příloze č. 2) je možné použít koncentrace příměsí jako diagnostický signál. [7]

Dále lze pomocí tribodiagnostiky rozpoznat:

- technický stav oleje a určit potřebu výměny
- měkké nečistoty, tj. ropné pryskyřice a produkty oxidace oleje
- tvrdé nečistoty tvořené, již zmíněnými kovovými prvky, prachovými částicemi a karbonem
- obsah vody nebo chladicí kapaliny, která může v motoru kondenzovat nebo vniknout do oleje netěsností
- obsah paliva pronikajícího mimo spalovací prostor následkem špatného spalování a častým provozem studeného motoru
- obsah plynů, zejména vzduchu. [2]

4.2.6 Vibrodiagnostika

Vibrodiagnostika jako hlavní diagnostický signál využívá mechanické chvění (kmitání, vibrace, hlučnost), které je průvodním jevem provozu strojů vyvolané vnitřními a vnějšími silami. Je to signál mnohorozměrný, charakterizovaný více parametry. Chvění ve stroji je vybuzené rotujícími a přímočaře se pohybujícími součástmi a je přes ložiska přenášeno na skříň motoru, kde se provádí měření. [2]

Měření hluku, jako následku vibrací, se provádí pomocí mikrofону a může sloužit ke specifikaci technického stavu stroje či jeho prvků. Tato metoda je ovšem zatížena nepřesností měření, která se způsobena únikem části signálu do okolí, odrazem od stěn nebo

hlukem prostředí. Dále touto metodou nelze určit konkrétní zdroj hluku a je proto výhodnější použít kontaktní snímač chvění. [2]

Chvění lze měřit buď relativně, tj. mezi dvěma kmitajícími body stroje, nebo absolutně, tedy proti pevné základně. Měření se provádí pomocí tří základních druhů snímačů a každý z nich měří některou z veličin (nebo změřený parametr na tuto veličinu transformuje):

- výchylku, což je vzdálenost objektu vůči referenční poloze
- rychlost, se kterou se mění výchylka
- zrychlení neboli změnu rychlosti. [2]

Výše zmíněné vibroakustické metody v současnosti nemají v diagnostice spalovacích motorů velký význam (kromě monitorování detonačního spalování), ale pro hydrodynamické systémy (vstřikovací a jiná čerpadla, potrubí apod.) lze využít metody měření ultrazvukové emise. V těchto systémech je možné identifikovat místa, kde vzniká kavitace a sledovat různé fyzikální parametry (např. doby a průběhy uzávěrů kapalin, parametry dodávky paliva vstřikovacích čerpadel, činnost kluzných ložisek ...). [2]

4.2.7 Termodiagnostika

Metody, u kterých se jako diagnostický signál používá teplota, spadají pod pojem termodiagnostika. Dělí se na metody kontaktní a bezkontaktní. Některé metody termodiagnostiky jsou velice přesné a mají široké pole využití, jak pro diagnostiku motorů a točivých strojů, tak například v oblasti stavebnictví nebo zdravotnictví. [5]

Kontaktně se teplota měří pomocí odporových snímačů, termistorů nebo termoelektrických snímačů. Tyto snímače převádějí hodnotu teploty na elektrické veličiny. V automobilu jsou některé tyto snímače přímo použity pro potřeby vlastní diagnostiky nebo pro informační účely. Další kontaktní metody měření teploty využívají tepelně citlivé barvy nebo organické sloučeniny, které lze zařadit mezi metody subjektivní. [5]

Bezkontaktně lze měřit teplotu pomocí detekce a vyhodnocování části elektromagnetického záření, konkrétně infračervené záření, tedy oblast vlnových délek mezi cca 0,76 nm a 1 mm. K tomu se používají tzv. pyrometry, které teplotu měří přímo nebo

zobrazují teplotní pole objektu, nebo jiné systémy snímání teplotních polí. Hlavními výhodami bezdotykového měření teploty je možnost měření teploty pohybujících se objektů, možnost měření z bezpečné vzdálenosti a možnost měření velmi rychlých změn. Nevýhodou může být, že mohou vzniknout nejistoty měření způsobené prostředím nebo vlastnostmi měřeného materiálu. Na závěr je zapotřebí poznamenat, že bezkontaktními teploměry lze měřit pouze povrchovou teplotu objektu. [5]

4.2.8 Měření tlaku

Měření tlaku při diagnostice mechanických závad spalovacího motoru má velký význam z dvou základních důvodů. Zaprvé lze měřit změny nebo velikosti tlaku způsobené funkčními procesy a zadruhé lze měřit úbytek tlaku vyvolaný jiným zdrojem ke zjištění netěsnosti, případně určení její lokace. Tyto metody lze využít u podsystémů spalovacího motoru, které pracují s kapalným nebo plynným médiem.

Přístroj, kterým se měří tlak, se obecně nazývá manometr. Princip měření spočívá v porovnávání měřené hodnoty tlaku s referenční hodnotou, kterou může být buď vakuum (absolutní), atmosférický (relativní) nebo jiný tlak (diferenciální). Pro provádění diagnostiky spalovacích motorů se používají přístroje pracující na principu deformace pružného členu, přičemž se naměřená hodnota odečítá z výchylky ručičky přístroje nebo se převádí na elektrické veličiny.

Kompresní tlak je charakteristickým ukazatelem každého motoru. Při jeho poklesu dojde zákonitě i ke snížení výkonu motoru a zároveň tedy ke zvýšení měrné spotřeby paliva. K poklesu kompresního tlaku dochází z následujících důvodů:

- opotřebení válce, pístu, pístních kroužků
- netěsnící sací nebo výfukový ventil
- poškozením hlavy nebo bloku motoru nebo těsněním válců. [7]

Je to tedy souhrnný diagnostický signál, pomocí kterého lze hodnotit opotřebení, případně poškození skupiny ovlivňující těsnost jednotlivých válců. V praxi se zjišťuje buď přímo měřením kompresního tlaku, nebo měřením proudu odebíraného spouštěčem. Obě tyto metody jsou detailněji popsány v kapitole 5.2.2, která se zabývá diagnostikou těsnosti spalovacího prostoru.

Další diagnostická měření tlaku lze provádět na expanzní nádobě chladicího systému, kde musí tlak spolu s teplotou rovnoměrně vzrůstat na hodnotu kolem 0,1 MPa. Naroste-li tlak okamžitě po startu, lze usuzovat na pronikání kompresního tlaku nebo spalin do chladicího systému. Tlak mazacího oleje je také důležitým parametrem. Sledováním této hodnoty lze určit opotřebení motoru, zejména pak klikové hřídele. Tyto metody jsou blíže popsány v kapitole 5.1.2. [6]

4.2.9 Subjektivní metody

Jsou to takové metody, které se provádějí pomocí smyslových vjemů člověka. Subjektivní metody mohou sloužit zejména jako diagnostické metody souhrnné a mohou poskytnout důvod pro provedení detailnějšího objektivního posouzení. Nelze je ovšem přeceňovat, protože jejich výsledek závisí na zkušenostech pracovníka. [2]

4.2.9.1 Vizualní prohlídka

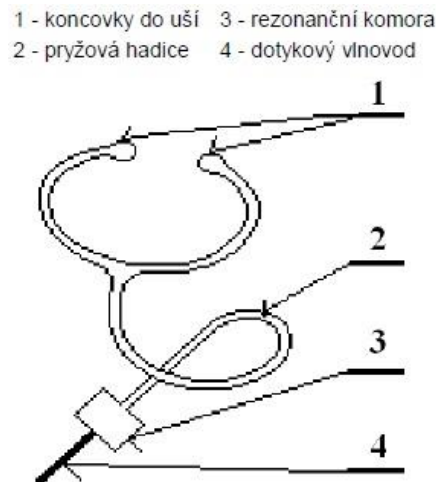
Při každé návštěvě autoservisu by měla nejprve přijít na řadu vizualní prohlídka motoru. Je to jednoduchý pracovní úkon, který zabere pouze pár minut a dá se jím odhalit velké množství poškození a symptomů. Servisní pracovník by měl věnovat pozornost následujícímu:

- celkový vzhled motoru – čistota, kompletnost, úniky provozních kapalin
- pohon příslušenství – stav řemenů, řemenic a příslušenství (alternátor, spouštěč, ventilátor ...)
- vedení provozních náplní – stav hadic a potrubí palivového vedení, klimatizace a chlazení motoru, případně olejové vedení (provozními náplněmi se rozumí palivo, chladicí kapalina, olejová náplň motoru, chladicí médium klimatizace, brzdová kapalina ...)
- stav provozních náplní – množství, stav, datum poslední výměny
- výfukové potrubí – stav, těsnost. [6]

Dále by mělo být zkontrolováno, jestli není na vnitřní straně uzávěru víka ventilů bílý povlak, což svědčí o pronikání chladicí kapaliny do olejové náplně. Tato prohlídka se zpravidla provádí na vychladlém motoru.

4.2.9.2 Technická stetoskopie

Hluk vydávaný spalovacím motorem lze v pásmu slyšitelné frekvence posuzovat přímo nebo pomocí technického stetoskopu, který je znázorněn na obrázku 6. Dotykový vlnovod je pevně spojen s membránou rezonanční komory, přičemž tato komora má seřiditelnou velikost vnitřního prostoru a tím i možnost změny vlastní frekvence. [2]



Obr. 6 Technický stetoskop [5]

4.2.9.3 Technická endoskopie

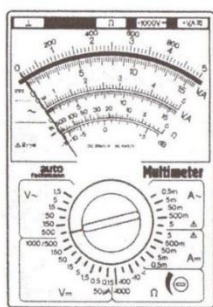
Technické endoskopy slouží zejména k vizuálnímu posouzení poškozeného objektu nacházejícího se uvnitř stroje. V současnosti se v oblasti automobilové diagnostiky používají zařízení vybavená malou kamerou, z které je obraz přímo přenášen přes ohýbatelný člen na displej zařízení. Těleso s kamerou je navíc vybaveno LED diodami s nastavitelnou intenzitou svícení pro zlepšení světelných podmínek uvnitř motoru. [2] Pomocí takového zařízení lze jednoduše např. otvorem pro svíčku zkontrolovat vážnější opotřebení na dně pístu, povrchu válce nebo dosedacích plochách ventilů.

4.2.10 Multimetr

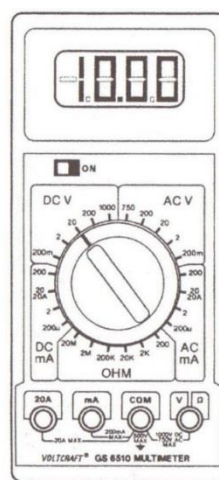
Multimetr je v podstatě univerzální přístroj používaný k měření elektrických veličin stejnosměrných a střídavých (napětí, proud a odpor), které jsou na stupnici nebo displeji zobrazeny pouze v momentě měření (dražší modely mohou být vybaveny pamětí a jsou poté schopny data uchovávat, nebo je lze připojit k počítači). Lépe vybavené přístroje jsou

schopné měřit i další veličiny (např. PN přechody, měření teploty, frekvence, kapacity, indukčnosti ...). [13]

Existují dva základní druhy multimetrů – analogový a digitální, ukázka jejich provedení je na obrázku 7. U analogového přístroje je měřený údaj zobrazen pohybem ručičky po stupnici a měří spojitě. [13] Na rozdíl od digitálního provedení lze s analogovým přesněji měřit signál lambda regulace, dobíjecí napětí dynama (nebo magnetového dobíjení motocyklů) a podobné kolísavé signály. Digitální multimetr zobrazuje měřený údaj na displeji a měří nespojitě. Jeho hlavní výhodou spočívá v přehlednosti a tím pádem v rychlejším čtení výsledku měření.



Analogový multimetr



Digitální multimetr

Obr. 7 Příklad provedení multimetrů [13]

Důležitým parametrem multimetrů, stejně jako všech měřicích přístrojů, je měřicí rozsah, který je zpravidla měnitelný, buď ručně, nebo automaticky, po výrobcem dané maximum, které většinou odpovídá potřebám měření v automobilu. Při měření dopředu neznámého proudu nebo napětí se musí nastavit maximální rozsah a postupně ho snižovat, dokud nebude naměřený údaj co nejlépe čitelný, při jeho překročení hrozí poškození přístroje. [13]

4.2.11 Osciloskop

Přístroj známý jako osciloskop slouží k zobrazení elektrického napětí v závislosti na čase. Právě elektrické napětí je totiž veličina, na kterou lze převést většinu neelektrických veličin, které by byly jiným způsobem velmi složitě zobrazitelné. K převodu veličin na

napětí dochází pomocí různých převodníků (např. Hallův senzor, snímač polohy, snímač hmotnosti vzduchu ...) a pracuje s ním ve většině případů i řídicí jednotka motoru. Osciloskop se tedy v autoopravárenství používá pro zobrazení vstupních a výstupních napěťových signálů z řídicí jednotky. Zobrazovaný napěťový průběh na obrazovce osciloskopu se nazývá oscilogram. Osciloskop patří mezi diagnostická zařízení velice náročná na schopnosti obsluhy. [18]

Dříve používaný analogový osciloskop pracuje na principu vychylování elektronového paprsku, pomocí vertikálních a horizontálních vychylovačů, který dopadá na sítnici obrazovky v závislosti na napětí přivedeném na svorky. Průběh promítání signálu probíhá shodně s průběhem měřeného napětí, tedy analogově (spojitě). I přes tuto výhodnou vlastnost byly analogové osciloskopy nahrazeny osciloskopy digitálními. Analogový osciloskop v současnosti nachází své uplatnění při některých vývojových a výzkumných činnostech. [18]

Jako platí pro všechnu digitální techniku, tak i digitální osciloskop snímá signál nespojitě. Pracuje tedy na principu snímání sledu jednotlivých bodů (vzorků) podle dané vzorkovací frekvence. Před zobrazením na displeji musí projít signál ještě sérií pomocných. Digitální osciloskop je tedy vždy zatížen chybou a část původního signálu se vždy nenávratně ztratí, ale v současnosti je tato odchylka v podstatě zanedbatelná z důvodu použití velmi vysoké vzorkovací frekvence. Nevýhoda digitálního osciloskopu oproti analogovému tak byla eliminována a jeho výhody pro praktické použití převládají. Se současnými digitálními osciloskopy lze například:

- ukládat naměřené průběhy do paměti a později je podrobně zkoumat
- zobrazovat a porovnávat různý počet signálů (podle počtu kanálů)
- tisknout oscilogramy
- zastavit obraz. [18]

Tyto vlastnosti se ukázaly být nepostradatelné pro odhalení nepravidelně a sporadicky se vyskytujících závad v elektronicky řízených systémech řízení motoru. Pokud diagnostik zná správné průběhy signálu, může odhalit i specifické závady mechanického charakteru (např. netěsnost spalovacího prostoru, poškozenou zapalovací svíčku, poruchu vstřikovacího ventilu apod.). [18]

Důležitou vlastností osciloskopů je také jejich spouštění. Tím se určuje, kdy se signál začne objevovat na začátku displeje a je důležité, aby se tento počátek měření v rámci cyklu neměnil. Tím je docíleno, že je obraz zdánlivě stacionární a lze na něm pozorovat změny v signálu způsobené např. rušením nebo nějakou závadou. Spouštění lze provádět buď vnějším způsobem, tj. přivedením napětí na spouštěcí svorku (např. zapalovací signál prvního válce), nebo vnitřním způsobem, tj. spouštěcím tlačítkem na osciloskopu, což je ve většině případech nevýhodné a poslouží pouze při měření, kde se časové rozpětí signálu nemění. [13]

5 Diagnostika mechanických závad spalovacích motorů

V kapitolách, kde jsou přiblíženy přístroje pro provádění bezdemontážní diagnostiky, již byla popsána i jejich aplikace a jimi odhalitelné závady. Tato kapitola slouží ke shrnutí metod pro odhalení závad dvou základních částí pístových spalovacích motorů, tedy klikové hřídele a spalovacího prostoru. Opotřebení těchto částí má přímý vliv na spotřebu paliva nebo oleje, výkon, složení výfukových plynů, hlučnost, bezpečnost provozu a provozní spolehlivost.

5.1 Kliková hřídel

Dosažení mezního opotřebení má za následek zlomení klikové hřídele. K tomu ale běžně nedochází, protože se motor začne projevovat výrazným klepáním, což přinutí svědomitého řidiče zastavit. Riziko tedy spočívá zejména v nákladech na prostoje a nutnosti přebrousit čepy hřídele o dva, případně více normalizovaných stupňů nebo výměny hřídele za novou. Pro vyhodnocení technického stavu klikové hřídele a pánví kluzných ložisek je volba diagnostického signálu obtížná a je ho třeba řešit kompromisem. [2]

5.1.1 Typické poruchy

Nejčastější příčinou ztráty provozuschopnosti klikové hřídele je abrazivní opotřebení hlavních a ojnicích ložisek. Při provozu motoru dochází k jejich opotřebení po celém obvodu, ale ve zvýšené míře postihuje místa, která zachycují odstředivé síly ojnice a expanzní tlaky na píst. To má za následek oválné opotřebení čepů. U pánví ložisek bývá nerovnoměrné opotřebení ještě větší, protože na ně působí síly pouze ve svislém směru (u řadových motorů) a jsou vyrobené z měkčího materiálu. Ke zvýšenému opotřebení může

rovněž docházet v místech vyústění mazacích kanálků, a to v případě nedostatečné filtrace motorového oleje. [2]

5.1.2 Diagnostické signály

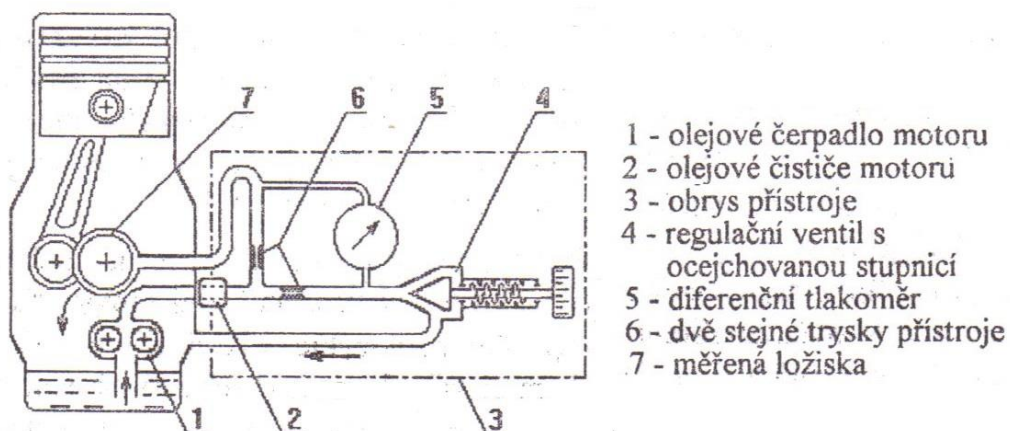
Doba provozu vystihuje technický stav klikové hřídele s odchylkami až 50 % a není tedy vhodným diagnostickým signálem. [2]

Tlak oleje v mazací soustavě zákonitě musí poklesnout, jestliže se zvětší vůle v hlavních a ojnicích ložiskách. Je ale závislý ještě na viskozitě oleje a seřízení regulačního ventilu a současně se tím měří tlak v celé mazací soustavě (tj. uložení vačkové hřídele, pístních čepů atd.). Tato metoda je tedy zatížena značnou chybou, ale vůle v uložení klikové hřídele má významný podíl na těsnosti celého mazacího systému a lze tedy předpokládat, že značný pokles mazacího tlaku je zapříčiněn právě nadměrným opotřebením klikové hřídele. [2]

Přesnější metodou je **měření tlakové ztráty v ložisku**. Opět se měří tlak oleje v celé mazací soustavě, ale je vyloučen vliv viskozity oleje, stavu a propustnosti čističe oleje, olejového čerpadla a regulačního ventilu. Přístroj schematicky zobrazený na obrázku 8 se připojí mezi olejový filtr (ten se může pro měření vyřadit) a přívod oleje k ložiskům klikové hřídele. Měření probíhá při volnoběžných otáčkách a cílem je vyrovnat pomocí regulačního ventilu 4 tlak v obou větvích 6 přístroje 3. Po dosažení stejného tlaku v obou větvích (tj. když tlakoměr 5 ukazuje nulu) se odečte hodnota na regulačním ventilu, která se porovná s etalonem. Tato metoda je poměrně levná a rychlá. [2]

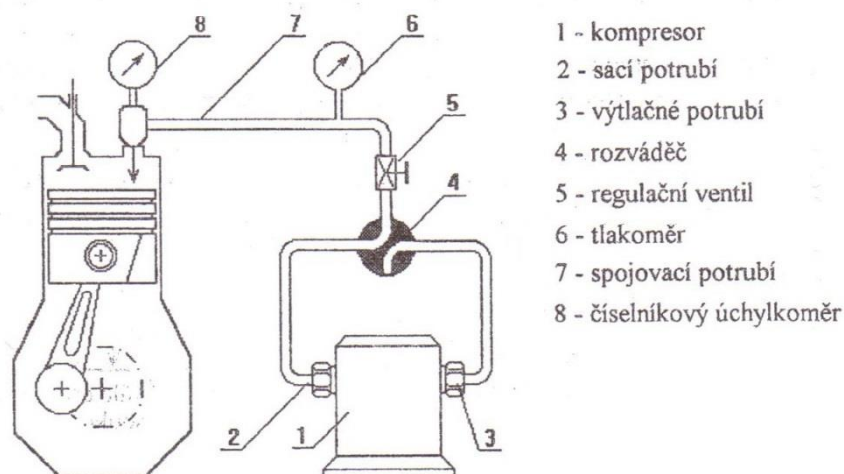
Další metoda spočívá v **přímém měření vůle prvního ložiska** u řemenice. Na blok motoru se vhodně připevní číselníkový úchylkoměr, jehož měřicím dotykem se bude měřit radiální vůle klikové hřídele. Poté se pomocí páčidla nazdvihne přední konec hřídele do horní dorazové polohy a na úchylkoměru se přímo odečte vůle. Touto metodou nelze zjistit

vůli jiného než prvního ložiska, ale jestliže má toto ložisko nadměrnou vůli, tak se již nabízí nutnost provést obnovu. [2]



Obr. 8 Schéma přístroje pro měření těsnosti ložisek klikové hřídele [2]

Vůli ojnicních ložisek lze bez provedení demontáže měřit následujícím způsobem. Píst měřeného ložiska se ustaví do horní úvratě kompresní doby a přes otvor svíčky nebo vstřikovače se vytvoří podtlak vyvolaný vnějším zařízením. Určitou hodnotou podtlaku je poté způsoben pohyb pístu. Současně se číselníkovým úchylkoměrem (je součástí adaptéru pro spojení se spalovacím prostorem) měří dráha tohoto pohybu. Při postupném zvyšování tlaku se nejprve projeví vůle ojnicního ložiska a poté vůle v oku ojnice. Schematicky je tato metoda znázorněna na obrázku 9. Tato metoda je pracná a nákladná, ale v některých případech může být její použití opodstatněné. [2]



Obr. 9 Schéma zařízení pro měření vůle ojnicního ložiska a pístního čepu [2]

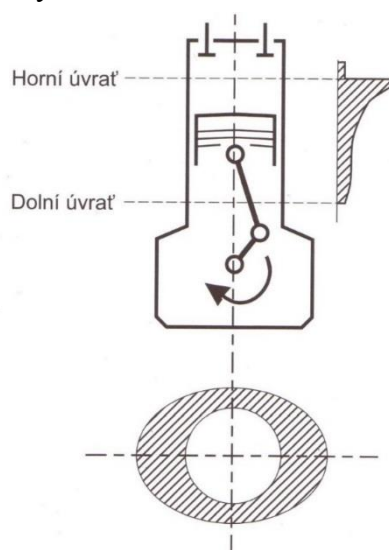
Jako další diagnostické metody lze využít **tribodiagnostiku**, kde se sleduje obsah prvků v oleji charakteristických pouze pro ložiskové pánve a čepy. Dále je možné použít **vibrodiagnostické** metody, ale ty jsou náročné na vybavení dílny, nebo pro subjektivní posouzení **technického stetoskopu**, kterým lze zachytit klepání přenášené do spodní části bloku motoru.

5.2 Diagnostika spalovacího prostoru

Z podstaty konstrukce pístového spalovacího motoru vyplývá, že těsnost spalovacího prostoru nemůže být nikdy dokonalá. Na těsnosti se zde podílejí píst, pístní kroužky, válec, ventily a spojení bloku a hlavy válců. Zvýšená netěsnost spalovacího prostoru má za následek růst měrné spotřeby a oleje, obtížnější spouštění motoru a zvýšení rizika havarijních ztrát. Tyto vlivy nikdy nepůsobí izolovaně, ale naopak se projevují společně. [2]

5.2.1 Typické poruchy

Na funkční ploše válce lze pozorovat typické opotřebení hned ve dvou rovinách. V horní úvratí pístu dochází ke zvýšenému opotřebení, protože tam má píst nulovou rychlost (netvoří se hydraulický klín) což je ještě umocněno teplotními a tlakovými podmínkami, které zde při spalování vznikají. Dále se vyskytuje větší opotřebení zejména v rovině kolmé k ose klikového hřídele, na čemž má hlavní podíl setrvačná síla ojnice přenesená pístem do stěny válce v této rovině. Ilustrační příklad je znázorněn na obrázku 10. Na stěnách válce se mohou výjimečně vyskytovat praskliny, jimiž může pronikat chladicí kapalina do oleje nebo olej a spaliny do chladicí kapaliny. [6]



Obr. 10 Typické opotřebení válce motoru [6]

U **pístu** dochází ke zvětšování vůle v otvorech pro pístní čep v podélném směru vytloukáním, které je způsobeno setrvačnými silami. Pístní čep by naproti tomu nadměrně opotřeben být neměl, protože má vyšší tvrdost, než má píst. Dále bude mít píst nadměrné opotřebení na svém plášti ve stejné rovině jako válec (ze stejného důvodu jako u válce) a mohou se zde i vyskytovat přidřené oblasti. Dále dochází ke zvětšování vůle v drážkách pro pístní kroužky, opět ve směru podélném. To se projevuje čerpacím efektem oleje do spalovacího prostoru. [6]

Z **pístních kroužků** je zpravidla nejvíce opotřeben ten první, protože zachycuje největší síly vyvolané tlakem spalín. V různé míře dochází u všech kroužků k opotřebení otěrem na vnější válcové ploše, které je zvýšené v oblasti zámků kroužků. [6]

U jednotlivých pístních skupin téhož motoru může docházet k rozdílné rychlosti opotřebení, což může být způsobeno jednak náhodně rozdílnými podmínkami (vynechávání zapalování apod.) nebo dáno konstrukcí motoru (spíše u vzduchem chlazených víceválcových motorů). Tyto rozdíly je třeba vzít v úvahu při výběru diagnostických metod, protože tyto odchylky jsou přesněji měřitelným diagnostickým parametrem a mohou lépe sloužit pro stanovení potřeby obnovy všech válců motoru. [2]

Ztráta těsnosti **ventilů** je nejčastější poruchou hlavy válců. Častou poruchou je zde špatně seřízená vůle (zejména u starších motorů). Zanedbáním včasného seřízení může dojít k tzv. podpálení ventilů, což má za následek rozsáhlejší obnovu ventilů a jejich sedel. Netěsnost ventilů může být dále způsobena například unavenou vratnou pružinou nebo výjimečně prasklinou v můstku mezi sedly ventilů. [2]

5.2.2 Diagnostické signály

Informační obsah diagnostických signálů se u poruch spalovacího prostoru motoru zpravidla prolíná. Často lze pouze stanovit míru netěsnosti spalovacího prostoru a velmi obtížně se již rozlišuje příčina. Tu je důležité před provedením obnovy upřesnit, protože při konstrukci dnešních motorů lze obnovit pístní skupinu bez demontáže hlavy válců a opačně. Pro upřesnění netěsnosti se nabízejí dva postupy, jednak použít jinou metodu, jednak provést stejné měření za jiných podmínek (např. utěsnění pístu nalitím oleje). [2]

Prostá doba provozu nemá velký význam, protože opotřebenění pístní skupiny a ventilů závisí spíše na podmínkách provozu. [2] U výkonných motorů se tento diagnostický signál běžně používá pro preventivní výměnu, přičemž se měří tzv. motohodiny (počet hodin práce motoru při jmenovitých otáčkách).

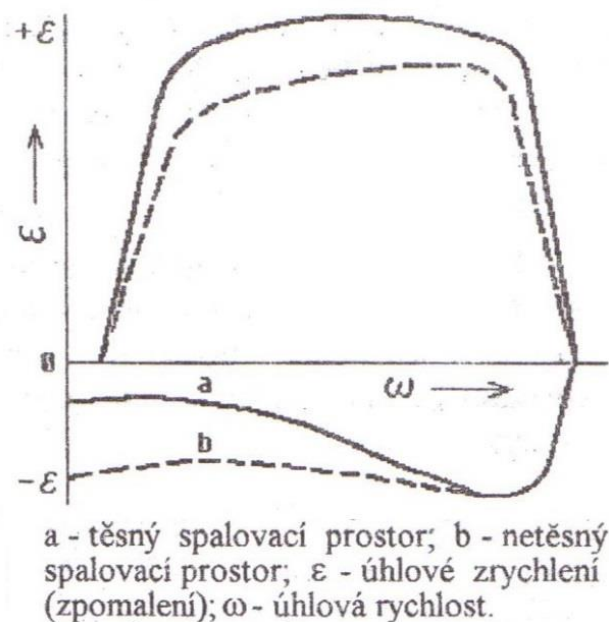
Měrný opal oleje, neboli množství spáleného motorového oleje vztažené ke spotřebě paliva a vyjádřené v procentech, by u zaběhnutého motoru neměl překročit 0,5 %. K obnově má dojít, podle typu motoru, v rozmezí hodnot měrného opalu 1,5 až 2 %. Jako diagnostický signál velmi dobře charakterizuje technický stav pístu, pístních kroužků a válců. Pro stanovení měrného opalu oleje je nejjednodušším způsobem evidence množství dolévaného oleje za určité období a při současném sledování spotřeby paliva. To ovšem v praxi vyžaduje přesnou organizaci evidování a pro běžný provoz většiny osobních automobilů toto nelze splnit. Spolehlivějším způsobem je označení nové náplně vhodnou chemickou látkou a stanovení množství průběžně dolévaného oleje podle koncentrace značkovací látky při další výměně. [2] U měření měrného opalu oleje může vzniknout nepřesnost měření, když bude olej unikat netěsnostmi z bloku motoru nebo bude nadměrně spotřebováván turbodmychadlem.

Přímé měření kompresního tlaku se provádí pomocí přístroje zvaného kompresometr (manometr se zpětným ventilem a adaptérem), který se přes adaptér spojí se spalovacím prostorem. Pro vlastní měření je zapotřebí, aby byl motor zahřátý, škrticí klapka naplno otevřená, akumulátor v dobrém stavu, a zamezit přísunu paliva do válce (u zážehového motoru se ještě ukostří zapalovací kabely nebo odpojí primár zapalování). Poté se zapne spouštěč motoru na cca pět sekund a sleduje se maximální výchylka na stupnici kompresometru. Každý válec se zpravidla měří zvlášť. [6] Naměřená hodnota se pak porovnává s hodnotou udanou výrobcem (udává jak jmenovitou, tak minimální hodnotu), a zároveň se kompresní tlaky jednotlivých válců porovnávají mezi sebou, přičemž se v literatuře udává, že rozdíl by neměl být vyšší než 0,1 MPa. [19]

Měření **proudu odebíraného spouštěčem** umožňuje porovnání těsnosti jednotlivých válců mezi sebou. Zkouška se provádí opět na zahřátém motoru, kde je zapotřebí zamezit spuštění (zamezením přísunu paliva). Dále se na elektrické vedení mezi spouštěčem a akumulátorem připojí proudové kleště připojené k osciloskopu. Signál pro spuštění osciloskopu lze snímat více způsoby, např. na zapalovacím kabelu prvního válce nebo

pomocí snímače polohy na vačkové hřídeli. Po připojení snímačů se otáčí motorem pomocí spouštěče a na osciloskopu se znázorní hodnoty odebíraného proudu pro jednotlivé válce seřazené dle pořadí zapalování. Přípustný rozdíl je zde 25 %. [20]

Dalším způsobem je měření **úhlového zpomalení klikové hřídele**, což lze využít pro posouzení těsnosti spalovacího prostoru z difference této veličiny při nízkých a zvýšených otáčkách. Motor s nižší těsností bude vykazovat menší úhlové zpomalení při nižších otáčkách než při vyšších, přičemž motor s těsným spalovacím prostorem bude mít tyto hodnoty podobné. Ilustrativní příklad závislosti úhlového zrychlení na úhlové rychlosti a těsnosti spalovacího prostoru je na obrázku 11. [2]



Obr. 11 Úhlové zrychlení jako ukazatel těsnosti spalovacího prostoru [2]

Mezi další metody používané pro zjištění poruch související se spalovacím prostorem lze uvést **tribodiagnostiku**, kde se sleduje zejména množství hliníku z pístu obsaženého v oleji. **Vibrodiagnostiku** zde lze také úspěšně uplatnit. Za předpokladu vhodně umístěných čidel a s použitím časové a frekvenční selekce, zejména v oblastech ultrazvuku, lze určit, ve kterém válci se porucha vyskytuje a jaké součásti se na ní podílejí. [2] Komprese se také promítá do průběhu napětí na zapalovací svíčke v době přeskočení jiskry, což lze změřit **osciloskopem**. Některé mechanické, a jiné závady, lze diagnostikovat podle stavu zapalovací svíčky, jak je znázorněno v příloze č. 3.

Po zjištění, že došlo ke snížení kompresního tlaku, lze upřesnit zdroj závady pomocí **sledování úniku tlaku vzduchu** přivedeného do spalovacího prostoru z jiného zdroje. Jako diagnostický signál může posloužit i intenzita poklesu tlaku. Sluchem nebo vizuálně (indikací podezřelých míst pěnivým roztokem) je poté možné kontrolovat určitá místa, jestli zde nedochází k úniku tlaku. Zásadou pro správné provedení metody je, že posuzovaný válec musí být v kompresním zdvihu a kliková hřídel musí být zabezpečena proti otáčení. Diagnostik by se měl zaměřit zejména na:

- vzduchový filtr – netěsní sací ventil
- výfuk – netěsní výfukový ventil
- výstupy z klikové skříně – netěsní pístní skupina (zde bude vždy mírný únik tlaku), tuto závadu lze ověřit vstříknutím oleje do válce a opakováním měření
- nádobu na chladicí kapalinu – prasklý válec, těsnění pod hlavou
- otvor pro svíčku sousedního válce – prasklý válec nebo hlava nebo těsnění pod hlavou. [6]

Tato metoda je vhodná i pro diagnostiku jiných systémů, u kterých se hodnotí jejich těsnost.

6 Závěr

Cílem práce bylo popsání metod používaných pro diagnostiku mechanických závad spalovacích motorů a stručné vysvětlení teorie technické diagnostiky a opotřebení. Byly popsány i principy vlastní diagnostiky motorů spolu s historickým vývojem OBD, jelikož tyto systémy stále více pronikají do provozu automobilových spalovacích motorů.

U některých používaných metod lze pozorovat, že se jejich princip oproti počátkům technické diagnostiky mechanických závad motorů výrazně nezměnil. To lze přisuzovat skutečnosti, že se ani koncepce mechanických částí motoru nezměnila již déle než sto let. V blízké budoucnosti lze očekávat, že tento trend bude pokračovat, s tím rozdílem, že vnitřní diagnostika bude postupně pronikat do oboru diagnostiky mechanických závad, což by bylo i z hlediska finančních nákladů na diagnostiku ideální.

Seznam použitých zkratk

ECU	Electronic Control Unit
OBD	On Board Diagnostics
EOBD	European On Board Diagnostics
JOBD	Japanese On Board Diagnostics
EHK	Evropská Hospodářská Komise
USA	United States of America
MIL	Malfunction Indicator Lamp
ME	Měření Emisí
STK	Stanice Technické Kontroly
DLC	Data Link Connector
VIN	Vehicle Identification Number
NDIR	Non Dispersive InfraRed
FID	Flame Ionization Detector
CLA	ChemiLuminiscent Analyzer
LED	Light-Emitting Diode
HC	nespálené uhlovodíky
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
O ₂	Vzdušný kyslík
CAN	Controller Area Network

Seznam použité literatury

- [1] DOLAN, Antonín. Diagnostika a servis zemědělských strojů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2015. Dostupné také z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2015/10/diagnostika_a_servis_zem_stroju.pdf
- [2] PEJŠA, Ladislav. Technická diagnostika. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1995. ISBN 80-213-0249-6.
- [3] PEXA, Martin, Bohuslav PETERKA a Zdeněk ALEŠ. Technická diagnostika [CD-ROM]. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011 [cit. 2017-03-23]. ISBN 978-80-213-2177-9.
- [4] JURČA, Vladimír. Jakost, spolehlivost a obnova strojů: Výuková prezentace. b.r.
- [5] PEXA, Martin. Technická diagnostika [online]. b.r. [cit. 2017-02-17]. Dostupné z: <http://tf.czu.cz/~pexa/>
- [6] PAPOUŠEK, Miroslav a Pavel ŠTĚRBA. Diagnostika spalovacích motorů. 2., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2007. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-1697-5.
- [7] REMEK, Branko. Provozní údržba a diagnostika vozidel. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 8001026159.
- [8] PAPOUŠEK, Miroslav. Diagnostika spalovacích motorů: Určeno [též] stud. odb. škol. 1. vyd. Praha: SNTL, 1976. Řada strojírenské literatury. ISBN 04-206-76.

- [9] KOČÍ, Petr. Diagnostika a testování automobilů: učební text : studijní materiály pro studijní program Mechatronika [online]. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 2017-03-17]. ISBN 978-80-248-2609-7. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FS/DaTA/>
- [10] ŠTĚRBA, Pavel. Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD. 1. vyd. Brno: CPress, 2013. ISBN 9788026402718.
- [11] KOTEK, Martin. Automobilová mechatronika: Sériová diagnostika. Výuková prezentace.
- [12] POŠTA, Josef. Opravárenství a diagnostika III: pro 3. ročník UO Automechanik. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2003. ISBN 80-733-3017-2.
- [13] VLK, František. Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7064-X.
- [14] ISO 9141-3:1998. Road systems: Diagnostic systems.
- [15] ŠTĚRBA, Pavel a Jiří ČUPERA. Autoelektronika: elektronické systémy ve vozidlech, jejich propojení, diagnostika, základní nastavení, seřízení a ovlivnění jejich funkce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010. Rady a tipy pro řidiče (Computer Press). ISBN 978-80-251-2414-7.
- [16] OBD-II BT. Alza.cz [online]. b.r. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/hobby/mobilly-obd-ii-bt-d4624328.htm>
- [17] VÉMOLA, Aleš. Diagnostika automobilů. Vyd. 1. Brno: Littera, 2006. ISBN 80-857-6332-X.

- [18] JIČÍNSKÝ, Štěpán. Osciloskop a jeho využití v autoopravářské praxi. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1417-5.
- [19] TOCHÁČEK, Jiří. Měření tlaku a těsnosti motoru, závady a opravy hlavy válců [online]. 2014 [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: www.isstvm.cz/sites/default/files/
- [20] PANÁČEK, Vladimír. Zkoušení vozidel [online]. V Brně: Vysoké učení technické, Ústav soudního inženýrství, 2014 [cit. 2017-03-24]. ISBN 978-80-214-5036-3. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/
- [21] BOSCH, . Produktová informace divize automobilové techniky: Zapalovací svíčky. b.r.

Seznam tabulek

Tab. 1 Závislosti koncentrací produkovaných škodlivin a poruchou nebo nastavením zážehových motorů [6]	23
Tab. 2 Závislosti koncentrací produkovaných škodlivin a poruchou nebo nastavením vznětových motorů [6].....	24
Tab. 3 Příklad normálních koncentrací příměsí v oleji pro jednotlivé typy motorů [7]	25

Seznam obrázků

Obr. 1 Průběh opotřebení spalovacího motoru [7]	9
Obr. 2 Vliv zpětné montáže na opotřebení [8].....	11
Obr. 3 Provedení diagnostické zásuvky OBD II pro 12 V soustavu (vlevo) a 24 V (vpravo) [15].....	16
Obr. 4 Přípustné varianty kontrolky MIL [15]	17

Obr. 5 Vnější otáčková charakteristika [6]	21
Obr. 6 Technický stetoskop [5].....	29
Obr. 7 Příklad provedení multimetrů [13]	30
Obr. 8 Schéma přístroje pro měření těsnosti ložisek klikové hřídele [2]	34
Obr. 9 Schéma zařízení pro měření vůle ojnicního ložiska a pístního čepu [2]	34
Obr. 10 Typické opotřebení válce motoru [6]	35
Obr. 11 Úhlové zrychlení jako ukazatel těsnosti spalovacího prostoru [2]	38

Seznam příloh

Příloha č. 1: Chemické složení mechanických částí motoru [7].....	45
Příloha č. 2: Identifikace poruchy vznětových motorů pomocí barvy výfukových plynů [8]	46
Příloha č. 3 Vyhodnocení závady pomocí stavu zapalovacích svíček [21]	47

Příloha č. 1: Chemické složení mechanických částí motoru [7]

součást	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
písty	-	12,0	0,1	-	-	-	1,0	1,1
pouzdra	-	-	-	-	-	-	-	89,5
kluzná ložiska	-	-	-	-	-	-	-	0,1
pístní kroužky	3,8	2,8	0,7	0,4	-	0,3	-	-
sací ventily	0,4	2,2	0,3	-	-	9,7	0,2	-
výfukové ventily	0,7	1,5	0,5	-	-	20,0	1,5	-
vložky válců	2,7	2,7	0,8	0,3	0,1	2,0	16,7	8,2
kliková hřídel a	0,3	0,2	0,5	0,04	0,04	0,2	0,2	-
vačková hřídel	0,4	2,1	0,8	0,02	0,1	0,3	0,3	-

Pokračování:

součást	Mo	Ti	Mg	Sb	Sn	Pb	Al	Fe	Zn
písty	-	0,1	1,0	-	-	-	84,3	0,3	0,1
pouzdra	-	-	-	-	4,0	2,5	-	-	4,0
kluzná ložiska	-	-	-	6,0	6,0	87,9	-	-	-
pístní kroužky	0,3	-	-	-	-	-	-	91,7	-
sací ventily	0,8	-	-	-	-	-	-	86,4	-
výfukové ventily	-	-	-	-	-	-	-	75,8	-
vložky válců	-	-	-	-	-	-	-	66,5	-
kliková a vačková hř.	-	-	-	-	-	-	-	92,8-98,5	-

Příloha č. 2: Identifikace poruchy vznětových motorů pomocí barvy výfukových plynů [8]

Příčina	Barva výfukových plynů				
	černá	šedá	šedo-modrá	modrá	bílá
nízká vnější teplota					x
nízká teplota motoru					x
ucpaný čistič vzduchu	x				
netěsný ventil		xv	xo		
nesprávná ventilová vůle		xv	xo		
visící ventil		xv	xo		
zlomená ventilová pružina			x		
přesazený vačkový hřídel		x	x		
zapečené těsnicí kroužky		xv		x	
opotřebené těsnicí kroužky		xv		xs	
zlomený těsnicí kroužek		xv		x	
zapečený, opotřebený, zlomený stírací kroužek			xv	xs	
opotřebený píst		xv	xo		
opotřebený sací ventil		xv	xo		
zvýšená dodávka paliva	x				
jednotlivé vstřikovací sekce dávají příliš mnoho paliva		x			
příliš malý předvstřík čerpadla	x	x			
některé jednotky vstříkují pozdě		x	x		
nesprávné úhlové seřízení čerpadla (seřízení do kruhu)		x	x		
opotřebené výtlačné ventily	xv	xo			
nízký vstřikovací přetlak všech vstřikovačů	x	x			
nesprávný přetlak některých vstřikovačů		x	x		
jehly trysek vážnou		x	x		
ucpané otvory trysek		xv	xo		
nečistota v sedle jehly trysky		x			
tlačná pružina vstřikovače zlomena		xv	xo		

o – ojedinělý případ, v – většina případů, s – spalování mazacího oleje

Příloha č. 3 Vyhodnocení závady pomocí stavu zapalovacích svíček [21]



1 2 Normální

Patka izolátoru šedobílá, šedožlutá až hnědá barva. Motor je v pořádku. Tepelná hodnota správně zvolena. Nastavení směsi a zážehu je bezchybné, žádné výpadky zážehu, zařízení pro studený start funguje. Žádné zbytky olovnatých přísad

paliva nebo složek legování motorových olejů. Žádné tepelné přetížení.



3 4 Zakarbonovaná

Patka izolátoru, elektrody a těleso zapalovací svíčky jsou potaženy jemnými, matnými černými sazemi.

Příčina: Chybné nastavení směsi (karburátor, vstřikování): směs příliš bohatá, příliš znečištěný vzduchový filtr, startovací automatika není v pořádku nebo byl bovden sytiče (Choke) zatažen příliš

dlouho, převážně jízda na krátké vzdálenosti, zapalovací svíčka příliš studená, tepelná hodnota svíčky příliš nízká.

Následek: Výpadky zážehu, špatné chování při studených startech.

Odstranění: Správně nastavit zařízení pro vytváření směsi a startovací zařízení, překontrolovat vzduchový filtr.



5 6 Zaolejovaná

Patka izolátoru, elektrody a těleso zapalovací svíčky jsou pokryty lesklými olejovými sazemi nebo zuhelnatělým olejem.

Příčina: Příliš velké množství oleje ve spalovacím prostoru. Příliš vysoký stav oleje, silně opotřebované pístní kroužky, válce nebo vedení ventilů. U dvoutaktních zážehových motorů příliš velké množství oleje ve směsi.

Následek: Výpadky zážehu, špatné startování.

Odstranění: Údržba motoru, správná směs paliva a oleje, nové zapalovací svíčky.



7 Silně opotřebovaná středová elektroda

Příčina: Nebyl dodržen interval pro výměnu zapalovací svíčky.

Následek: Výpadky zážehu, zvláště při akceleraci (zapalovací napětí pro větší vzdálenost nepostačuje). Špatné chování při startu.

Odstranění: Nové zapalovací svíčky.

8 Zanesení olovem

Patka izolátoru vykazuje místy hnědožlutou nebo nazelenalou glazuru.

Příčina: Přísady do paliva s olovem. Glazura vzniká při vyšším zatížení motoru nebo po delším provozu ve středním výkonu.

Následek: Při vyšším zatížení je potah elektricky vodivý – výpadky zážehu.

Odstranění: Nové zapalovací svíčky. Čištění nemá význam.



9 10 Silné zanesení olovem

Patka izolátoru vykazuje místy silnou hnědožlutou glazuru, která může přecházet až do zelena.

Příčina: Přísady v palivu obsahující olovo. Glazura vzniká při vyšším zatížení motoru po delším provozu ve středním výkonu.

Následek: Při vyšším zatížení je potah elektricky vodivý a způsobuje výpadky zážehu.

Odstranění: Nové zapalovací svíčky. Čištění nemá význam.

Pokračování:



11 12 Tvorba popela

Silná vrstva popela ze zbytků spáleného oleje a přísad paliva na patce izolátoru, v prostoru mezi izolátorem a tělesem (kruhová spára) a na vnějších elektrodách. Uvolňující se až struskovitá struktura.

Příčina: Přísady zvláště z oleje mohou zanechávat popel ve spalovacím prostoru a na zapalovacích svíčkách.

Následek: Může vést k zážehům v důsledku zhnutí a ke ztrátě výkonu s následným poškozením motoru.

Odstranění: Opravit motor. Nové zapalovací svíčky, případně použít jiný olej.



13 Částečně roztavená středová elektroda

Středová elektroda částečně roztavena, puchýřnatá měkká struktura špičky patky izolátoru.

Příčina: Tepelné přetížení v důsledku zážehů při žhnutí, např. v důsledku velkého předstihu, zbytků při spalování, poškozených ventilů, poškozeného rozdělovače zapalování a nedostatečné kvality paliva. Příp. příliš nízká tepelná hodnota.

Následek: Výpadky zapalování, ztráta výkonu (poškození motoru).

Odstranění: Zkontrolovat motor, zapalování a přípravu směsi. Použít nové zapalovací svíčky se správnou tepelnou hodnotou.

14 Roztavená středová elektroda

Středová elektroda roztavená a vnější elektrody silně poškozené.

Příčina: Tepelné přetížení v důsledku zážehů při žhnutí, např. v důsledku velkého předstihu, zbytků při spalování, poškozených ventilů, poškozeného rozdělovače zapalování a nedostatečné kvality paliva.

Účinek: Výpadky zapalování, ztráta výkonu, příp. poškození motoru. Trhliny v patce izolátoru mohou vznikat v důsledku přehřátých středových elektrod.

Odstranění: Překontrolovat motor, zapalování a přípravu směsi. Použít nové zapalovací svíčky.



15 Částečně roztavené elektrody

Elektrody se vzhledem kvěťáku. Příp. usazeniny cizích materiálů.

Příčina: Tepelné přetížení např. v důsledku velkého předstihu, zbytků při spalování, poškozených ventilů nebo poškozeného rozdělovače.

Následek: Před celkovým výpadkem (poškození motoru) dojde ke ztrátě výkonu.

Odstranění: Překontrolovat motor, zapalování a přípravu směsi. Použít nové zapalovací svíčky.

16 Ferrocen

Pevně přilnavé, oranžově červené usazeniny pokrývají patku izolátoru, elektrody a částečně také těleso zapalovací svíčky.

Příčina: Aditiva do paliva s obsahem železa. Usazeniny vznikají v normálním provozu po několika tisících kilometrech.

Následek: Potah obsahující železo je elektricky vodivý a způsobuje výpadky zapalování.

Odstranění: Nové zapalovací svíčky, čištění nemá význam.



17 Silné opotřebení vnějších elektrod

Příčina: Agresivní přísady v palivu nebo oleji. Nevhodné poměry proudění ve spalovacím prostoru na základě usazenin, klepání motoru. Nedochází k tepelnému přetížení.

Následek: Výpadky zapalování, zvláště při akceleraci (zapalovací napětí pro větší vzdálenost elektrod nepostačuje). Chybné chování při startu.

Odstranění: Nové zapalovací svíčky.

18 Rozlomení patky izolátoru

Příčina: Mechanické poškození v důsledku neodborné manipulace. V mezních případech může v důsledku usazenin mezi středovou elektrodou a patkou izolátoru a v důsledku koroze středové elektrody dojít k roztržení patky izolátoru – zvláště při překročení doby provozu.

Následek: Výpadky zapalování, zapalovací jiskry přeskakují ve všech místech, kam se čerstvá směs bezpečně nedostává.

Odstranění: Nové zapalovací svíčky.