

Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

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

Diagnostika motorových vozidel

Interní učební text

Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Úvod

Předložený učební text je určen studentům Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, obor bakalářského studia zemědělská technika, obchod, servis a služby.

Je zpracován podle osnov předmětu Diagnostika motorových vozidel (dříve i Diagnostika zemědělských strojů). Slouží k osvojení teoretického základu, který je nutný pro seminární práce. Učební text obsahově zapadá do souboru skript a učebnic z oblasti diagnostiky a opravárenství silničních vozidel. Jeho úkolem je seznámit posluchače s tímto oborem a získat přehled o technické terminologii.

Osnova předmětu:

1. Pojmy a diagnostické metody
2. Diagnostické systémy
3. Diagnostika spalovacích motorů
4. Výkon spalovacího motoru
5. Diagnostika palivové soustavy vznětových motorů
6. Diagnostika palivové soustavy zážehových motorů
7. Tribodiagnostické metody
8. Diagnostika brzd
9. Diagnostika elektronických systémů
10. Diagnostika elektrické soustavy vozidel a strojů
11. Diagnostika geometrie podvozku
12. Diagnostika podvozku vozidel
13. Ekonomika diagnostiky

Úkolem praktických cvičení je názorně seznámit posluchače s probíranou látkou a ověření znalostí písemnými testy a protokoly.

Garant předmětu: Ing. Dolan Antonín, Ph.D.

Obsah:

1. Historie diagnostiky.....	6
2. Základní pojmy.....	7
3. Diagnostické metody.....	9
3.1 Příklady subjektivních metod.....	9
3.2 Objektivní metody.....	9
3.2.1 Měřené provozní parametry motorů, zemědělských strojů a zařízení.....	9
4. Diagnostické systémy.....	10
4.1 Diagnostické signály.....	10
4.1.1 Klasifikace diagnostických signálů.....	10
4.1.2 Příklady diagnostických signálů.....	10
4.2 Diagnostická zařízení a systémy.....	11
4.3 Diagnostické systémy pro subjektivní metody.....	11
4.4 Diagnostické systémy pro objektivní metody.....	11
4.5 Diagnostické systémy pro silniční vozidla.....	12
5. Diagnostika spalovacího motoru.....	17
5.1 Diagnostické systémy pro spalovací motory.....	17
5.2 Diagnostikované soustavy motoru.....	17
5.3 Diagnostické systémy pro jednotlivé soustavy spalovacích motorů... ..	18
5.3.1 Diagnostika zapalování.....	18
5.3.2 Diagnostika chladicí soustavy.....	18
5.3.3 Diagnostika mazání.....	18
5.3.4 Diagnostika zdrojové soustavy a spouštěče.....	18
5.3.5 Diagnostika vstřikovací soustavy.....	19
5.3.6 Diagnostika válce.....	19
6. Výkon motoru.....	20
6.1 Měření výkonu silničních vozidel.....	20
6.2 Volba efektivního a indikovaného výkonu motoru.....	21
6.3 Způsob s vypínáním válců u motorů.....	22
6.4 Volba typu a velikosti dynamometru.....	23
6.5 Akcelerační měření výkonu motoru.....	23
7. Diagnostika palivové soustavy vznětových motorů.....	25
7.1 Stolice na vstřikovací čerpadla.....	25
7.2 Přístroj pro vstřikovací trysky.....	25
7.3 Měření emisí výfukových plynů u vznětových motorů.....	25
7.3.1 Systémy na jejich snížení.....	26
7.3.2 Měření emisí výfukových plynů.....	29
7.4 Diagnostika systémů na snížení emisí výfukových plynů.....	32
8. Diagnostika palivové soustavy zážehových motorů.....	34
8.1 Dopravní čerpadla.....	34
8.2 Ventily.....	35
8.3 Karburátor.....	35
8.3.1 Rozdělení karburátorů.....	35
8.3.2 Základní systémy karburátoru.....	36
8.3.3 Seřízení karburátoru.....	36
8.4 Vstřikovací zařízení.....	36
8.4.1 Vstřikovací ventily.....	36
8.4.2 Způsoby dávkování benzínu.....	37

8.4.3 Složení soustavy vstřikování benzínu.....	37
8.5 Směšovače plynových motorů.....	38
8.6 Měření emisí u zážehových motorů.....	38
9. Tribodiagnostika.....	40
9.1 Sledování stavu opotřebení.....	40
9.2 Sledování degradace maziva.....	40
9.3 Druhy maziv dle ČSN a ISO.....	42
9.4 Tribodiagnostika degradace maziv.....	43
9.5 Hodnocení fyzikálně chemických parametrů mazacího oleje.....	44
9.5.1 Kinematická viskozita.....	44
9.5.2 Bod vzplanutí.....	44
9.5.3 Obsah vody.....	44
9.5.4 Číslo kyselosti a alkality.....	45
9.5.5 Conradsonův karbonizační zbytek CCT.....	46
9.5.6 Kapková zkouška olejů.....	46
9.5.7 Nerozpustnost v HEO.....	46
9.6 Spektrální analýza.....	46
9.7 Ferrografická analýza.....	47
9.8 Atomová spektrální analýza.....	47
9.9 Kolorimetrická metoda.....	47
9.10 Obnova vlastností mazacího oleje.....	48
9.11 Tribodiagnostika plastického maziva.....	48
10. Diagnostika elektrické soustavy vozidel.....	49
10.1 Pravidla při diagnostice závad v elektrické soustavě.....	49
10.2 Jištění proti přetížení.....	49
10.3 Zapojování spotřebičů.....	49
10.4 Pravidla pro hledávání závad.....	50
10.5 Akumulátor.....	50
10.6 Diagnostika akumulátoru.....	50
10.7 Poruchy akumulátoru.....	51
10.8 Alternátor.....	52
10.8.1 Diagnostika alternátoru.....	52
10.9 Spouštěč.....	53
10.9.1 Diagnostika spouštěče.....	53
11. Elektronika ve vozidlech.....	54
11.1 Diagnostika elektroniky.....	59
11.1.1 Teploměry.....	59
11.1.2 Snímače tlaku.....	60
11.1.3 Snímače proudění.....	60
11.1.4 Měření chemického složení.....	60
11.1.5 Měření vibrací.....	60
11.1.6 Měření zrychlení a zpomalení.....	60
11.1.7 Senzor deště.....	60
11.2 Diagnostika elektroniky.....	61
11.2.1 Rozdělení diagnostiky elektroniky.....	61
11.2.2 Přenos diagnostických signálů.....	61
12. Diagnostika podvozku silničních vozidel.....	63
12.1 Rám.....	63
12.1.1 Diagnostika rámců a karoserií.....	63
12.2 Pérování.....	63

12.2.1 Diagnostika pérování.....	64
12.3 Diagnostika zavěšení kol.....	65
13. Diagnostika směrového řízení a jeho geometrie.....	66
13.1 Ovladatelnost vozidla.....	66
13.2 Geometrie směrového řízení.....	67
13.3 Postup diagnostiky geometrie kol.....	69
14. Diagnostika brzdových soustav.....	71
14.1 Rozdělení brzdových soustav.....	71
14.2 Způsoby zapojení brzdových okruhů.....	71
14.3 Předpisy.....	71
14.4 Zkoušení a diagnostika brzd.....	72
15. Ekonomika diagnostiky.....	75
15.1 Kritéria rozhodování o provedení diagnostiky.....	75
15.2 Efektivnost diagnostiky.....	75
15.3 Optimalizace diagnostického intervalu.....	76
Seznam použité literatury.....	77
Okruhy otázek ke státní závěrečné zkoušce.....	82

1. Historie diagnostiky

Vývoj a vznik diagnostiky motorových vozidel a tím i zemědělských strojů je spjat s historií motorizmu.

Když byla u silničních vozidel ve 20. letech 20. století použita elektrická soustava s akumulátorem, dynamem, spouštěčem a osvětlením bylo nutné pro jejich správnou funkci použít i první měřicí (diagnostické) přístroje jako je voltmetr, ampérmetr, doutnavková nebo žárovková zkoušečka a osciloskop.

Se zvyšující se pojezdovou rychlostí silničních vozidel začal být kladen důraz i na správnou funkci podvozku, jeho seřízení a geometrii.

V šedesátých letech 20. století nastupuje použití polovodičů, např. u regulace a usměrnění dobíjecího proudu z alternátoru.

S energetickou krizí v sedmdesátých letech 20. století nastupují opatření pro snížení spotřeby paliva, zejména pak systémy jeho vstřikování a později i jejich elektronické řízení.

S nárůstem počtu vozidel na komunikacích se začal klást i důraz na brzdy a jejich zkoušky.

V posledních desetiletích se začíná klást také důraz na ekologické dopady provozu silničních vozidel, zejména emise výfukových plynů a jejich snižování.

Provoz vozidel je dnes díky digitalizaci kontrolován a upravován. Jsou spojeny systémy zapalování a vstřikování paliva, motor s převodovkou, katalyzátory, systémy brzd, airbagy, klimatizace, paměť nastavení sedadel, zrcátek et c. Jednotlivé řídicí jednotky pak mezi sebou komunikují, zaznamenávají závady, nastavují řídicí systémy a regulační členy.

2. Základní pojmy

Diagnostika pochází z řeckého *diagnosis* - rozeznávání, určení, skrze poznání. Je obecná nauka, metody a prostředky zjišťování poruch nebo celkového stavu předmětu zkoumání - technického zařízení (technická), rodu nebo druhu (přírodní vědy), nemocí (zdravotnictví), sociálních jevů (společenské vědy), et c.

Je možno ji provádět pomocí **fenomenologického přístupu**, kdy k objektu přivedeme diagnostické signály a měříme jejich odezvy (hodnotí se pouze signál a ne co se v objektu děje), nebo **strukturálním přístupem**, kdy se testuje, co se po přiložení signálu děje přímo ve struktuře objektu.

Diagnóza (angl. diagnosis) je analýza okamžitého stavu objektu, vyhodnocení provozuschopnosti objektu, za předem daných podmínek, vlastně tedy detekce a lokalizace poruch.

Prognóza (angl. prognosis) je předpověď budoucího vývoje technického stavu diagnostikovaného objektu. Je zde možné statistické zpracování a určení pravděpodobnosti bezporuchového stavu a stanovení termínů oprav.

Geneze (angl. genesis) je analýza příčin poruchy nebo změny technického stavu objektu, určení vývoje stavu.

Životnost, trvanlivost (angl. durability) je schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách používání a údržby do dosažení mezního stavu. Mezní stav je třeba dále specifikovat, např. opotřebením pneumatiky pod dva mm výšky dezénu běhounu (ukončení užitečného života z ekonomických, technologických, nebo jiných závažných důvodů - pneumatiky).

Pohotovost (angl. availability) je schopnost objektu být ve stavu schopném vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku, nebo časovém intervalu za předpokladu, že jsou zajištěny vnější zdroje. V praxi je nejčastěji definována jako součinitel pohotovosti vypočtený jako podíl celkové doby, kdy byl prostředek v provozu a doby kdy v provozu nebyl (z různých důvodů).

Skladovatelnost (angl. storability) je schopnost zachovávat bezvadný stav po dobu skladování a přepravy při dodržení předepsaných podmínek – konzervace, uložení, prostředí.

Bezpečnost (angl. safety) je pravděpodobnost, že si produkt zachová v průběhu životního cyklu příпустnou úroveň rizika, že může způsobit úraz obsluhy, nebo závažné poškození produktu a jeho okolí.

Bezporuchovost (angl. reliability) je schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Bezporuchovost se v praxi kvantifikuje řadou ukazatelů, např.:

- doba do první poruchy – celková doba provozu objektu od okamžiku prvního uvedení do použitelného stavu až do poruchy

- doba mezi poruchami – doba trvání mezi dvěma po sobě následujícími poruchami opravovaného objektu et c.

Udržovatelnost (angl. maintainability) je schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo být vrácen do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a zdroje. Jde o souhrnnou vlastnost výrobku

spočívající v jeho způsobilosti k předcházení a zjišťování příčin vzniku jeho poruch a k odstraňování jejich následků.

Zajištěnost údržby (angl. maintenance supportability) je schopnost údržbářské organizace mít v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu správné zajištění údržby na místě, kde je nutné provést požadovaný údržbářský zásah. Hlavními činiteli zajištěnosti údržby jsou pracovníci, technické informace, náradí a přístroje, náhradní díly a materiál a údržbářské objekty.

Udržovatelnost (preventivní snadnost údržby angl. maintainability) je vlastnost výrobku spočívající ve způsobilosti k předcházení poruch předepsanou údržbou, tj. preventivní činností jako je čištění, mazání, seřizování a další preventivní operace a úkony. Má vliv na náročnost udržování výrobků, její pracnost, průběžnou dobu, materiálovou a nákladovou náročnost, kvalifikaci údržbářů apod.

Diagnostikovatelnost (angl. diagnosability) je vlastnost výrobku vyjadřující způsobilost k použití diagnostických prostředků. Má vliv na náročnost zjišťování údajů o technickém stavu výrobků a vyvozování potřebných závěrů.

Opravitelnost (angl. repairability) je vlastnost výrobku spočívající ve způsobilosti zjišťování poruch a odstraňování následujících poruchových stavů opravou. Její úroveň má vliv na náročnost vykonávání oprav (jejich pracnost, průběžnou dobu, materiálovou a nákladovou náročnost apod.).

Výkonnost (angl. performance) je rozsah činnosti za časovou jednotku, např. počet výrobků za hodinu, hmotnost zpracovaného materiálu za směnu, počet ujetých kilometrů za hodinu et c.

Funkčnost (angl. functionality) je znak výrobku vyjádřený jeho schopností plnit funkci (poslání, službu, požadavek), pro kterou byl navržen, vyvinut a vyroben, při splnění předpokládaných podmínek provozu a dalších okolností.

Spolehlivost (angl. reliability) je obecná vlastnost výrobku spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních parametrů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. Jde vlastně o vyjádření míry schopnosti výrobku udržet inherentní znaky jakosti v průběhu užitečného života výrobku, v užším slova smyslu spolehlivost představuje souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují (bezporuchovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby).

Ergonomičnost (angl. ergonomics) je vlastnost vyjadřující úroveň vztahu mezi výrobkem a člověkem spočívající ve schopnosti plnit funkci bez mimořádných nároků na fyzickou a duševní námahu obsluhovatele (např. jednoduchost a nenáročnost obsluhy, přiměřená síla na ovladačích, přizpůsobení ovladačů a sedačky anatomii lidského těla et c.)

Ekologičnost (angl. environmentally friendly) je schopnost výrobku plnit požadovanou funkci s minimálními (požadovanými, předepsanými) environmentálními dopady.

Estetičnost (angl. aesthetics) je vlastnost výrobku vyjádřená jeho schopností uspokojovat estetické potřeby člověka. Patří sem vzhledové vlastnosti výrobku samého, řešení obalu, soulad výtvarné stránky s funkcí et c.

3. Diagnostické metody

Dělí se na:

- Metody pro trvalé sledování technického stavu stroje,
- Metody pro periodickou kontrolu stroje,
- Metody **objektivní** - obecně známé měřicí metody z různých oblastí techniky a speciální metody vyplývající z konkrétních požadavků na diagnostiku,
- Metody **subjektivní** - dle typických vnějších projevů.

3.1 Příklady subjektivních metod

- Stetoskopie,
- Úniky kapalin,
- Těsnost tlakových nádob,
- Nerovnoměrné opotřebení pneumatik,
- Barva výfukových plynů et c.

3.2 Objektivní metody

Cílem není přesné měření fyzikálních veličin, ale měření je prostředek pro stanovení diagnózy a prognózy vývoje technického stavu strojního prvku. Přijatelné i méně přesné měřicí metody ve vzájemné kombinaci. Každý případ ale předpokládá na základě technického rozboru problému širší výběr (nabídku) všech nadějných, nejvhodnějších metod pro daný případ (soutěž metod z hlediska vhodnosti a výběr nejvhodnější - informovanost).

3.2.1 Měření provozní parametry motorů, zemědělských strojů a zařízení

- Výkon spalovacího motoru,
- Spotřeba paliva spalovacího motoru,
- Emise výfukových plynů spalovacího motoru,
- Přímočaré zrychlení vozidla, rychlost, zpoždění,
- Otáčky kol a hřídelí,
- Provozní teploty plynů a kapalin,
- Provozní tlaky plynů a kapalin,
- Vibrace,
- Tribotechnika,
- Hluk,
- Elektrické veličiny,
- Mechanické vůle,
- Brzdný účinek et c.

4. Diagnostické systémy

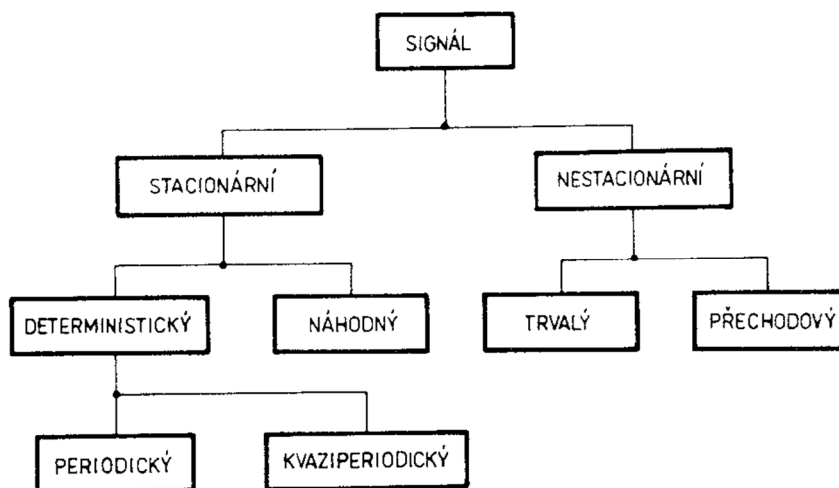
4.1 Diagnostické signály

Využití fyzikálních zákonitostí při měření a vyhodnocení fyzikálních procesů probíhajících ve strojních objektech, převod neelektrických veličin na elektrické (čidla), jejich přenos k dalšímu zpracování (řídící počítač).

4.1.1 Klasifikace diagnostických signálů

- **Stacionární** - jejich veličiny, definované středními hodnotami, se nemění v reálném čase a jsou nezávislé na části vzorku, užitého k jejich měření – náhodné a deterministické signály. Jedná se nejčastěji o:
 - o Signály s přesně definovanou časovou funkcí,
 - o Náhodné se statistickými veličinami (střední hodnota, rozptyl).
- **Nestacionární** – do těchto patří:
 - o Kontinuální stále emitované strojem (trvalý),
 - o Tranzientní začínající a končící na nule (přechodný).

Rozdělení diagnostických signálů viz obrázek č. 1.



Obrázek č. 1 – Rozdělení diagnostických signálů

4.1.2 Příklady diagnostických signálů

- **Chvění** - výchylka, rychlost a zrychlení pohybu měřeného objektu,
- **Emise ultrazvukového signálu strojním objektem** - jemnější měření, zaměřené na konkrétní místo (ložisko),
- **Tlaky** - piezoelektrické snímače, zesilovače,
- **Teploty** - dle přenosu tepla vedením, prouděním nebo zářením, odporové snímače, polovodiče (termistory), bezkontaktní snímače (termovize),
- **Tribotechnika** – využití cirkulujícího maziva o změnách ve strojním zařízení (viskozita, bod vzplanutí, obsah vody, kyselost, nerozpustné látky et c.),
- **Výkon**- motorů, čerpadel, ventilátorů,
- **Otáčky** – kol, hřídelí,
- **Průtočné množství** – spotřeba paliva, hydraulické soustavy,
- **Těsnosti a vůle,**
- **Kouřivost,**
- **Emise plynů** – zátěžové a skleníkové plyny,

- **Elektrické veličiny,**
- **Ekonomické signály** – nárůst nákladů, efektivita diagnostiky.

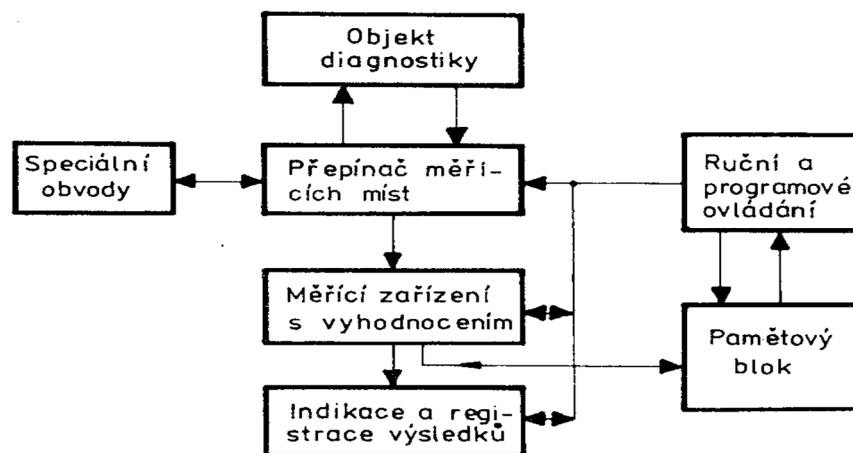
4.2 Diagnostická zařízení a systémy

Do těchto zařízení a systémů patří především diagnostické přístroje, objekty ve kterých se provádí včetně obsluhy.

Rozdělení diagnostických přístrojů:

- Jednoúčelová zařízení,
- Univerzální zařízení,
- Přenosná zařízení,
- Laboratorní zařízení,
- Ručně obsluhovatelná,
- Poloautomatická,
- Automatická.

Příklad uspořádání diagnostického systému (schéma) viz obrázek č. 2.



Obrázek č. 2 – Schéma uspořádání diagnostického systému

4.3 Diagnostické systémy pro subjektivní metody

Využívají se především smysly člověka, nejlépe kvalifikovaného odborníka. Jako příklady lze uvést:

- **Vizuální metody** - zvětšovací skla, světlovody, boroskopy, endoskopy, penetrační kapaliny, termografické křídly a barvy, fotografie,
- **Akustické metody** - stetoskopy, naslouchátka,
- **Tepelné metody** - teploměry, termografické křídly a barvy,
- **Aromatické metody** – plyny se zápachem (např. merkaptan) indikující určitý stupeň opotřebení.

4.4 Diagnostické systémy pro objektivní metody

Patří mezi ně celá škála měřených parametrů, použitelných pro určení hodnot diagnostických signálů:

- **Termografie** - infrakamery (povrch),
- **Roentgen** - gamma paprsky (vnitřní stav),
- **Měření rozměrů** - mechanická, optická, pneumatická a elektronická měřidla,

- **Změny parametrů v čase** - fotografie, videozáznam,
- **Vibrace a hluky** - přenosné přístroje se snímači, hlukoměry, trvale instalované elektronické systémy s dálkovým přenosem dat a signalizací,
- **Spektrální a frekvenční analýza** – přenosné i trvale instalované přístroje měření pulzů,
- **Sledování částic při opotřebení**
 - o Přímá detekce u rychlých poruch – rozptyl světla, elektricky vodivé filtry,
 - o Shromažďování částic pro velké částice – elektricky vodivé filtry, magnetické zátky,
 - o Vzorování a analýza částic – spektrometry, ferrografie, chemická separace prvků, propustnost světla kapalinou a plyny,
- **Hodnocení olejů** - kapkový test (čistota a obsah vody), kinematická viskozita, bod vzplanutí, kyselost,
- **Sledování vlastností strojů** – výkon, dodávané množství, spotřeba, teplotní rozdíl, emise...
- **Sledování vlastností součástí** – netěsnosti, mechanická pevnost (nedestruktivní metody), stav ložisek, pístů, tlumičů, podvozků et c.

4.5 Diagnostické systémy pro silniční vozidla

Zde se již zaměřujeme na rozhodující funkční skupiny vozidel a diagnostiku jejich rozhodujících ukazatelů.

Do diagnostických zařízení pro kontrolu komponentů motorů patří:

- **Digitální motortestery** stabilní i mobilní, které měří otáčky klikové hřídele, čas a úhel sepnutí rozdělovače zapalování, čas vstřiku vstřikovacího ventilu, porovnání komprese válců, elektrické napětí (na čidlech, zapalovací), elektrický proud, elektrický odpor, teploty kapalin a plynů a elektronické signály.
- **Přenosné multiscopy**, které měří a kontrolují elektrické a elektronické části motoru – snímače a regulační členy.

Do diagnostických zařízení pro kontrolu komponentů vznětových motorů patří:

- **Stolice pro vstřikovací čerpadla** (viz obrázek č. 3), která měří otáčky čerpadla, dávku jednotlivých elementů, úhel předstřiku (všech válců pro seřízení do kruhu), činnost regulace a tlak a výkon podávacího čerpadla,



Obrázek č. 3 – Stolice pro vstřikovací čerpadla

- **Přístroje pro vstřikovací trysky** (viz obrázek č. 4), které měří otevírací tlak, tvar paprsku a těsnost.



Obrázek č. 4 – Přístroj pro vstřikovací trysky

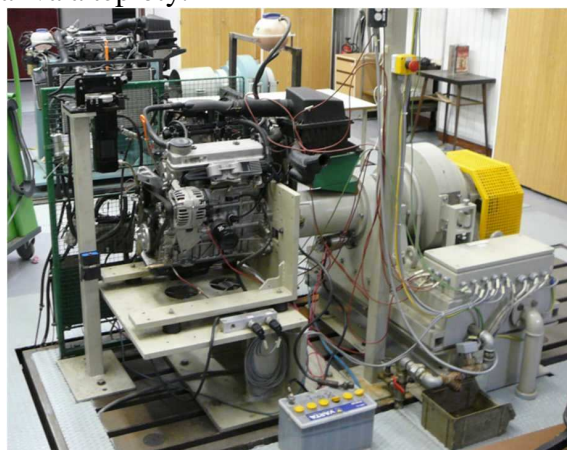
Do diagnostických zařízení pro měření výkonu motoru silničního vozidla patří:

- **Válcová zkušebna** (viz obrázek č. 5)



Obrázek č. 5 – Válcová zkušebna

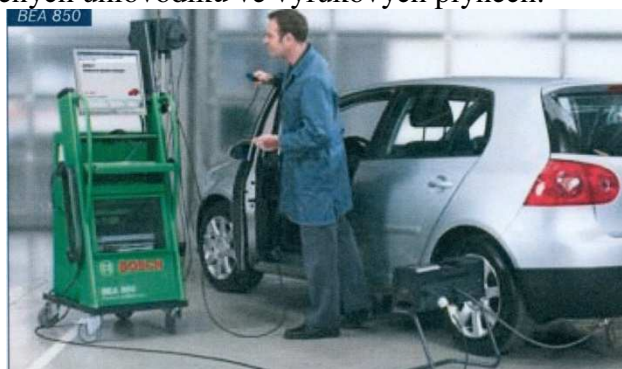
- **Dynamometr** (viz obrázek č. 6), které měří výkon, krouticí moment, otáčky, spotřebu paliva a teploty.



Obrázek č. 6 – Dynamometr

Do diagnostických zařízení pro emisní analýzu motoru silničního vozidla patří:

- **Vícesložkový analyzátor** (viz obrázek č. 7), který měří obsah oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého, oxidů dusíku, oxidu siřičitého, kyslíku, dusíku a nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech.



Obrázek č. 7 – Vícesložkový analyzátor

- **Opacimetr** (viz obrázek č. 8), který měří kouřivost – optickou hustotu plynů, koeficient absorpce světla, hmotnostní koncentraci a lineární opacitu výfukových plynů ve zkušební trubici.



Obrázek č. 8 – Opacimetr

Do diagnostických zařízení pro test elektroniky silničního vozidla patří:

- **Tester elektronických systémů** (viz obrázek č. 9), který měří systémy motoru, systémy převodovky (má vnitřní diagnostické systémy) a bezpečnostní systémy.



Obrázek č. 9 – Tester elektronických systémů

- **Digitální multimetr** (viz obrázek č. 10), který měří elektrické napětí, elektrický proud, elektrický odpor, frekvenci a kapacitu.



Obrázek č. 10 – Digitální multimetr

Do diagnostických zařízení pro test elektrických systémů a osvětlení silničního vozidla patří:

- **Stolice na zkoušení startérů a alternátorů**, která měří dobíjecí proud a napětí, činnost regulátoru dobíjení a průchodnost diod.
- **Tester akumulátorů**, který měří napětí článků, napětí celého akumulátoru a odebíraný elektrický proud.
- **Regloskop** na seřízení reflektorů.
- **Multimetr** pro měření elektrických veličin.

Do diagnostických zařízení pro měření geometrie a stavu podvozku silničního vozidla patří:

- **Zařízení pro elektronické měření geometrie kol**, která měří sbíhavost kol, odklon kola, příklon nebo záklon rejdového čepu, diferenční úhel rejdů, úhel osy jízdy, rozvor, rozchod, přesah kola et c.

Do diagnostických zařízení pro kontrolu brzd silničního vozidla patří:

- **Válcová zkušebna síly na jednotlivých kolech** (viz obrázek č. 11), která měří rovnoměrnost brzdného účinku na nápravě.



Obrázek č. 11 – Válcová zkušebna brzd

- **Elektronický měřič síly na brzdový pedál**, který měří sílu na ovládání brzdového pedálu v souvislosti s brzdným účinkem kol.
- **Přístroj na kontrolu vzduchových brzd**, který měří zejména pokles tlaku vzduchu v okruzích.
- **Přístroj na kontrolu ABS**, který kontroluje činnost a funkčnost celého systému.

5. Diagnostika spalovacího motoru

Zahrnuje činnosti pro posouzení míry opotřebení součástí motoru, odpovídající nastavení základních parametrů funkčních částí a zjištění příčin závad.

Cílem je zajištění hospodárneho provozu, zjištění příčin závad a správné plánování oprav.

5.1 Diagnostické systémy pro spalovací motory

Plně **automatické jed nouúčelové**, nebo **víceúčelové přístroje** pro rychlou a správnou diagnostiku. Objekty diagnostiky (silniční vozidla) mají přípojky pro diagnostické přístroje, přes které je možné stahovat z řídicích jednotek s vnitřní nezávislou pamětí uložená data (většinou chybová hlášení). Snahou je se co nejvíce přiblížit reálnému provozu např. na testovacích polygonech nebo mobilními testery.

5.2 Diagnostikované soustavy motoru

Před vlastní diagnostikou je nutno provést **seřízení a měření výkonu** spalovacího motoru a nastavení optimálních hodnot dle skutečného stavu (stáří) spalovacího motoru (vychází se z tabulek výrobce pro nový motor, ale samozřejmě dobou provozu technický stav a tím i výkon motoru degraduje). Dále se provede mechanické **seřízení vůle** rozvodů a ventilů, výměna olejových a vzduchových **čističů**, odmaštění **povrchu** motoru, odstranění netěsností, zastavení úniků **provozních kapalin** a jejich doplnění.

Po seřízení se diagnostikuje:

- **Technický stav motoru a mechanické seřízení**, zejména kompresní tlaky, režim spalovacího procesu a výkon válců,
- **Palivový systém**, kde se kontroluje funkce a stav celé soustavy, analýza výfukových plynů, funkce λ sondy a její regulace,
- **Zapalování**, kde se měří úhel sepnutí kontaktů rozdělovače, nastavení předstihu zážehu, elektrický odpor vysokonapěťových kabelů a koncovek, stav a funkce zapalovacích svíček, funkce podtlakové a odstředivé regulace a funkce elektronického zařízení,
- **Chlazení**, kde se kontroluje funkce a činnost termostatu, funkce a činnost ventilátoru a těsnost celé soustavy,
- **Mazání**, kde se měří tlak a teplota mazacího oleje,
- **Zdrojová soustava**, kde se měří dobíjecí napětí a proud, stav akumulátoru, stav regulační soustavy dobíjení, napětí akumulátoru naprázdno a při zátěži, spouštěcí proud a napětí akumulátoru při startu, napětí na svorkách spotřebičů, úbytek napětí na spotřebičích a ve vedení a zkoušky izolace a odporů,
- **Elektronicky řízené systémy**.

Po provedené diagnostice se provede celkové seřízení a zjištění výkonu motoru, nastavení na optimální hodnotu dle skutečného stavu (podle stáří, najetých kilometrů). Zde je možné použít i subjektivní metody (chod motoru, rušivé hluky, barva kouře atd.).

5.3 Diagnostické systémy pro jednotlivé soustavy spalovacích motorů

Přístroje pro měření **elektrických veličin** se používají jednotlivé přístroje (ampérmetr, voltmetr, ohmmetr) nebo multimetry a stolice (sdruženo více přístrojů).

Měří se zejména:

- Napětí akumulátoru naprázdno i při zátěži,
- Napětí na svorkách spotřebičů,
- Úbytek napětí na spotřebičích a ve vedení,
- Zkoušky izolace a odporů,
- Dobíjecí proud a napětí,
- Činnost regulace dobíjení,
- Kontrola diod alternátoru,
- Zjištění zkratů a přerušení vedení,
- Zkoušení kondenzátorů,
- Napětí a proud primárního i sekundárního obvodu zapalování naprázdno i pod zatížením.

Přístroje pro měření **otáček** jsou u vozidel řešeny jako:

- Mechanické otáčkoměry,
- Snímače impulzů z vysokonapěťových kabelů nebo vstřikovacích trubek,
- Fotoelektronické články,
- Elektromagnetické snímače.

5.3.1 Diagnostika zapalování

Měří se úhel sepnutí kontaktů rozdělovače, nastavení předstihu zážehu, elektrický odpor vysokonapěťových kabelů a koncovek, stav a funkce zapalovacích svíček, funkce podtlakové a odstředivé regulace a funkce elektronického zařízení.

Měření **zdvihu kontaktů** přerušovače a **předstihu zážehu** se provádí pomocí:

- V klidu - spárovými měrkami a zkoušečkou se žárovkou,
- Za chodu – stroboskopickou lampou.

Měření **předstihu zážehu** se provádí:

- Po demontáži rozdělovače v klidu – zkoušečka se žárovkou
- Za chodu po zahřátí - stroboskop na prvním válci a i průběh při různých otáčkách

5.3.2 Diagnostika chladící soustavy

Měří se funkce a činnost termostatu, funkce a činnost ventilátoru, stav kapaliny (refraktometrem) a těsnost celé soustavy

5.3.3 Diagnostika mazání

Měří se tlak mazacího oleje, teplota mazacího oleje a případně vlastnosti oleje.

5.3.4 Diagnostika zdrojové soustavy a spouštěče

Měří se dobíjecí napětí a proud, stav akumulátoru, stav regulační soustavy dobíjení, spouštěcí proud a napětí akumulátoru při startu.

5.3.6 Diagnostika vstřikovací soustavy

Diagnostikuje se vstřikovací čerpadlo, vstřikovače a trysky.

Měření **vstřikovací soustavy** se provádí:

- Po demontáži vstřikovacího čerpadla a trysek na zkušební stolicí,
- Bez demontáže (Common-Rail) se měří dodávané množství jednotlivých výstupů z rozdělovače.

5.3.7 Diagnostika válce

Měření **kompresního tlaku** (těsnost pístu ve válci, ventilů v hlavě, těsnění hlavy) se měří:

- kompresiometry - do otvorů po svíčke nebo vstřikovacím ventilu, všechny svíčky nebo vstřikovače vyjmuty, pootáčí se jen spouštěčem a válce se porovnají (maximálně 10 % rozdíl mezi válci)
 - o Zážehový 0,4 – 1,6 MPa,
 - o Vznětový 1,5 – 4,5 MPa.

Měření **těsností, tlaků a podtlaků** se provádí:

- Podtlak sání – vakuometry,
- Netěsnost spalovacího prostoru – pokles tlaku za čas tlakoměry,
- Netěsnost chladicí kapaliny – únik,
- Tlak mazací soustavy – tlakoměry.

6. Výkon motoru

Jedná se o diagnostický signál o pístní skupině spalovacího motoru, o rozvodech, o palivové soustavě a zapalování s ohledem na hospodárnost a vedlejší nežádoucí projevy.

Lze ji provádět **pro jednotlivé válce**, nebo **celý motor**. Měření celého válce je více anonymní, jednotlivých válců přesnější (uvádí se pokles výkonu u motoru s efektivním výkonem 60 kW až o 10 %, u celého motoru pouze 2,5 %).

6.1 Měření výkonu silničních vozidel

Zjišťují se otáčky n rotujících částí (kola, nebo vývodový hřídel) a krouticí moment (torzní) M_k který vyvolávají a pak se výkon vypočte dle vztahu č. 1:

$$P = M_k \cdot \omega = M_k \cdot 2\pi \cdot n \text{ [kW]} \quad (1)$$

Kde: ω – úhlová rychlost [$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$].

Měření otáček se u traktorů provádí z vývodového hřídele (nemusí být přenášen celý výkon, nutno znát ztráty). U silničních vozidel se měří z hnacích kol (válcové brzdy, dražší a náročnější). Přístroje jsou mechanické, elektromagnetické, impulzní a fotoelektronické. Případně je možné otáčky sledovat na cívce zapalování, nebo z řídicí jednotky z čidla otáček klikové hřídele.

Krouticí moment je možné měřit pomocí:

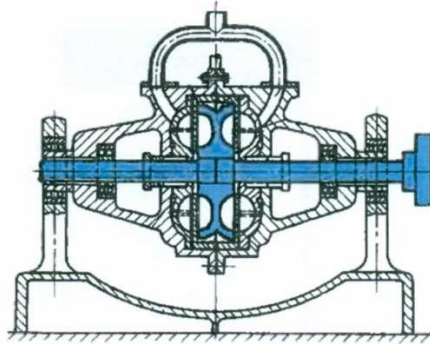
- Deformačních členů – tenzometrické snímače (viz obrázek č. 12),
- Změnou magnetických vlastností – vířivý dynamometr (viz obrázek č. 13),
- Změnou pohybové energie na teplo a kinetickou energii – hydraulické a vzduchové absorpční brzdy (viz obrázek č. 14).



Obrázek č. 12 – Tenzometrický snímač



Obrázek č. 13 – Vířivý dynamometr

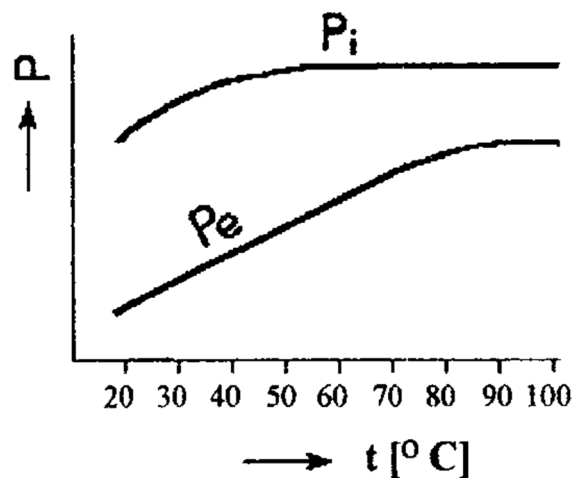


Obrázek č. 14 – Absorpční brzda

6.2 Volba efektivního a indikovaného výkonu motoru

Indikovaný výkon spalovacího motoru P_i je přesnější pro určení závady, jedná se o přesnější kritérium technického stavu (poznají se snadno odchylky hodnoty výkonu jako příznaky poruchy) a měří se při ustálené teplotě chlazení a viskozitě mazacího oleje. Udržet konstantní předepsanou teplotu je obtížné a je nutné dlouhé zahřívání. Proto se často volí efektivní výkon P_e , což je skutečný výkon motoru (snížený o ztrátové výkony), neboť ten je rozhodující pro uživatele (ten reálně může z motoru odebírat a lze z něj určit měrnou spotřebu paliva m_{pe} [g.kW⁻¹.h⁻¹]).

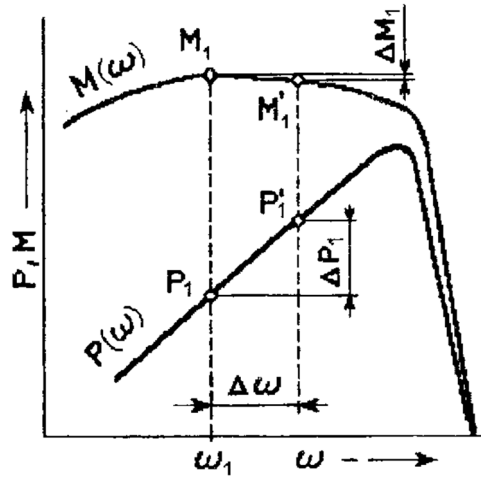
Závislost P_i a P_e na teplotě chladicí kapaliny (a tím i kinematické viskozity mazacího oleje) je znázorněna v obrázku č. 15.



Obrázek č. 15 – Graf závislosti P_i a P_e na teplotě chladicí kapaliny

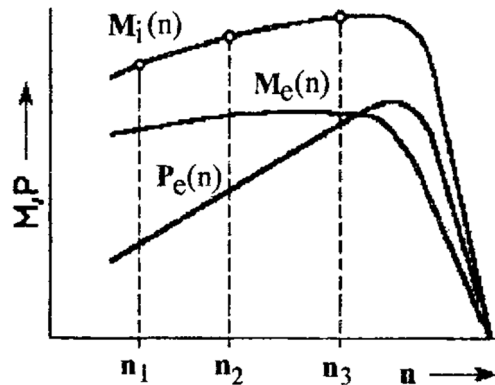
Indikovaný výkon stoupá při nižších teplotách strměji a zhruba od hranice 50°C je konstantní (to má vliv na spalování paliva a tím i výkon motoru), kdežto efektivní se mění v celém rozsahu až do hodnoty 80°C (horší provozní režim).

Při volbě měřících otáček se nemusí měřit celý rozsah provozních otáček motoru (od volnoběhu k přeběhu), ale pouze charakteristické body (viz obrázek č. 16 a 17).



Obrázek č. 16 – Graf volby měřících otáček

Z prvního obrázku je zřejmé, že záloha kroutičního momentu ΔM_I je mnohem menší (přesnější) než rozdíl ΔP_I při stejném rozdílu úhlových rychlostí $\Delta \omega$.



Obrázek č. 17 – Graf volby měřících otáček

Zde je zřejmý rozdíl mezi hodnotami indikovanými a efektivními. Otáčky n_3 jsou zde otáčky jmenovité těsně před omezením dávky vstřikovacím čerpadlem, otáčky n_2 jsou v 65 % tedy dvou třetinách jmenovitých (je zřejmý pokles hodnot z důvodu korekce dodávky paliva) a při otáčkách n_1 zhruba 40 % jmenovitých dochází k antikorekci, tedy zvýšení dodávky paliva (motor kouří). U moderních motorů s vysokotlakých vstřikováním (common rail), je celý proces řízen elektronikou tak, aby dávka paliva a výkon motoru pro každý režim otáček byl vždy optimální zejména ke vztahu k emisím výfukových plynů.

6.3 Způsob s vypínáním válců u motorů

U **vznětových** se provádí tím způsobem, že se měří otáčky, na kterých se ustálí nezatížený motor při plném sešlápnutí akcelérátoru (dodávka paliva do ostatních válců se odstaví). Otáčky nemají zasáhnout do regulační části křivky, u čtyřválcového motoru by měl jeden válec otáčet motorem polovičními až dvouřetinovými otáčkami oproti jmenovitým. U víceválcových motorů se nechávají postupně v činnosti dva až tři válce.

U **zážehových** motorů je nutné těsné sací a výfukové potrubí (exploze nespáleného paliva) a odstavit katalyzátor nebo měřit pouze několik sekund (nespálené palivo ho ničí). Jinak je postup stejný jako u vznětových.

6.4 Volba typu a velikosti dynamometru

Vířivý dynamometr pracuje na principu asynchronního elektromotoru, u kterého se změnou buzení mění otáčky a brzdí (nadsynchronní otáčky) nebo pohání, stator je výkyvně uložen a přes rameno se známou délkou se měří síla (váha, tenzometr) a z nich se vypočte moment síly (krouticí moment). U nízkých výkonů motorů (do 1 kW) lze měřit přímo elektrické veličiny asynchronního motoru **wattmetrem**.

Absorpční dynamometr je konstrukčně vlastně hydraulická nebo vzduchová brzda, kde motorem poháněný rotor přenáší energii na stator se siloměrným zařízením a otáčkoměrem (hydrodynamický měnič).

Velikost dynamometru se volí podle toho, jaký princip měření se používá (celý motor, nebo jednotlivé válce). Pro celý motor se volí podle užitečného (efektivního) výkonu, u jednotlivých válců postačí zhruba třetinový výkon.

6.5 Akcelerační měření výkonu motoru

Při tomto způsobu se měří úhlové zrychlení u nezatíženého motoru, který se rozbíhá z volnoběhu při plném sešlápnutí akcelérátoru, nebo naopak z plných otáček klesá na volnoběh – úhlové zpomalení (signál ztrátových výkonů). Potom lze vypočítat dle vztahu č. 2:

$$\omega_i = \omega_e - \omega_o \text{ [rad.s}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

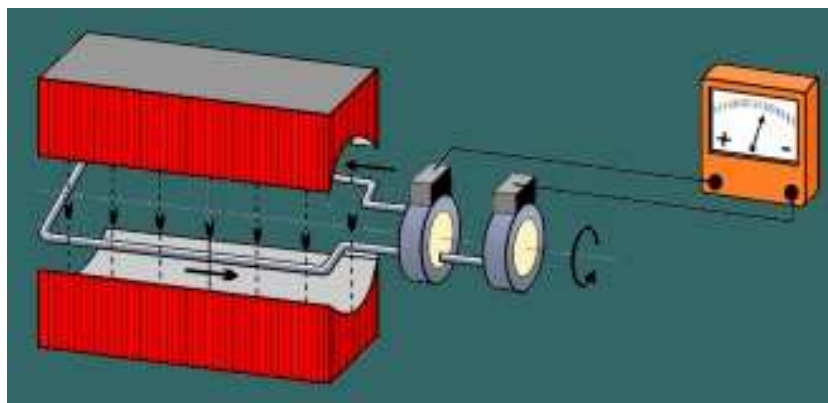
Kde: ω_i – indikované zrychlení celého motoru [rad.s⁻¹],

ω_e - efektivní zrychlení celého motoru [rad.s⁻¹],

ω_o – zpomalení celého motoru [rad.s⁻¹].

Tento způsob lze provádět i pro jednotlivé válce, aly vypíná se zde vždy jen jeden válec a motor pak pracuje v lepším režimu, dynamometr se volí stejně velký jako při měření výkonu celého motoru.

Jako měřicí přístroj pro tuto metodu měření je možné využít **tachodynamo** (viz obrázek č. 18). Rychlost otáčení v tomto přístroji je přímo úměrná výstupnímu napětí a zrychlení je přímo úměrné elektrickou cestou provedené derivaci napětí podle času.

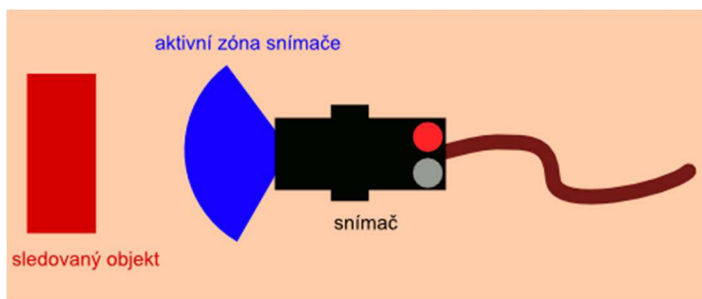


Obrázek č. 18 – Tachodynamo

Jednodušší je použití **impulzní snímače** otáček (z rotujících částí motoru nebo trubek a kabelů viz obrázek č. 19) případně i bezkontaktní i na měření velmi malých úhlů pootočení (lze pak měřit i jednotlivé válce bez odpojení paliva u vznětových nebo zapalování u zážehových bez úniků paliva a bez možnosti poškození katalyzátoru viz obrázek č. 20).



Obrázek č. 19 – Impulzní snímač otáček



Obrázek č. 20 – Bezkontaktní impulzní snímač

7. Diagnostika palivové soustavy vznětových motorů

Určité diagnostické úkony lze provádět **bezdemontážně** přímo na motoru (nastavení základního předstříku, volnoběžných otáček nebo odvodu od nízkotlaké po vysokotlakou část), důkladnější diagnostika vstřikovacího čerpadla se provádí po jeho **montáži** na stolici (dávky, regulace, těsnost, otáčky, úhel předvstříku a seřízení do kruhu) a jednotlivých vstřikovačů na k tomu určeném přístroji (vstřikovací tlak, tvar paprsku, těsnost a úkapy).

Ukazatelem technického stavu palivové soustavy je pak i diagnostika **kouřivosti** motoru (opacita výfukových plynů) a u motorů s emisními normami Euro 6 i diagnostika systémů na **snížení emisí** výfukových plynů (DPF filtry, AdBlue et c.).

7.1 Stolice na vstřikovací čerpadla

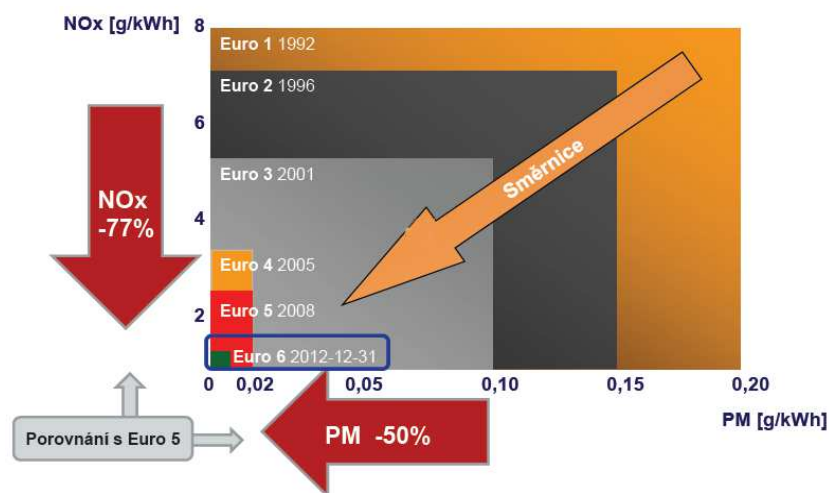
Používá se pro diagnostiku řadových a rotačních vstřikovacích čerpadel. Má vlastní pohon s měnitelnými otáčkami, měří se dávky do jednotlivých válců (tolerance 2 % při jmenovitých otáčkách), dále jmenovité množství jako průměr všech dávek při jmenovitých otáčkách, při maximální dávce se toleruje rovnoměrnost 4 %, dávka při volnoběhu 20 % dávky při jmenovitých otáčkách, seřízení do kruhu (znamená kontrolu pořadí vstřiků a jejich úhlových odstupů s tolerancí 0,5), těsnost (nízkotlaká část vzduchem jako pokles tlaku) a vysokotlaká část jako pokles tlaku paliva v prostoru nad pístem každého vstřikovacího elementu.

7.2 Přístroj pro vstřikovací trysky

Otvírací tlak u řadových a rotačních čerpadel je 22 - 25 MPa, u systémů PD a Common Rail až 250 MPa, tvar paprsku má zůstat stejný i při tlaku nižším o 3 MPa než je jmenovitý, těsnost trysky a ve vedení a v sedle se kontroluje poklesem tlaku, který nesmí tlak klesnout o 5 MPa do 10 sekund, jehla v tělese trysky nesmí otevřít do tlaku o 1 MPa nižším než je jmenovitý a pohyb jehly v tělese trysky má být stejný i při 60° sklonu a plném vytažení.

7.3 Měření emisí výfukových plynů u vznětových motorů

Emise výfukových plynů společně s kouřivostí vznětového motoru jsou jedním z nejvíce sledovaných ukazatelů technického stavu pístní skupiny a palivové soustavy. Množství škodlivých emisí do ovzduší určuje direktiva OBD (On Board Diagnostic - CARB California Air Resources Board) a EOBD (EURO 6) nejvíce u prachových částic PM (Particulate Mater) a oxidů dusíku NO_x (viz obrázek č. 21).



Obrázek č. 21 – Snížení emisí výfukových plynů

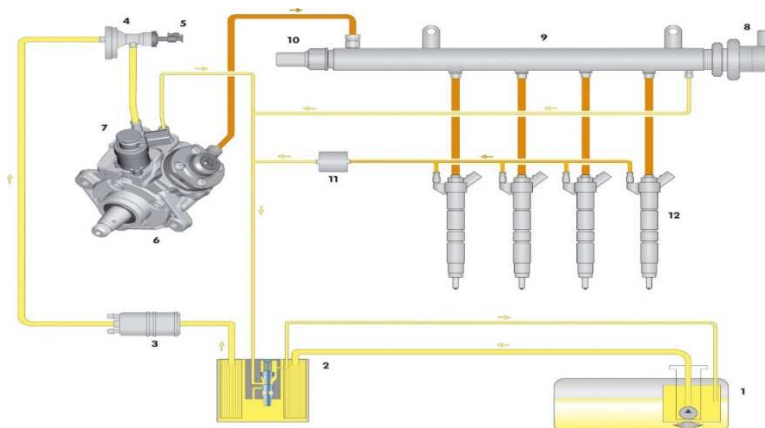
Dále udávají maximální množství látek ve výfukových plynech v $\text{kg}\cdot\text{km}^{-1}$ ujeté dráhy nebo v % při volnoběžných otáčkách (CO , HC , CO_2 , O_2 , N_2).

Pro pracovní stroje platí emisní limity označené jako **STAGE I – V**. Stage I/II byla zavedena od 16. prosince 1997 směrnicí 97/68/ES. Stage I začala platit v roce 1999 a Stage II od roku 2001 do roku 2004. Výjimka byla povolena u zemědělských a lesnických traktorů - jiné lhůty pro provedení dle směrnice 2000/25/ES. Stage III/IV byla zavedena 21. dubna 2004 směrnicí 2004/26/EC. Pro zemědělské a lesnické traktory o necelý rok později dne 21. února 2005 směrnicí 2005/13/ES, dále směrnice 2010/26/EU technické údaje o testování a schválení motorů a směrnice 2010/22/EU měnila předchozí právní předpisy pro zemědělské a lesnické traktory. Stage III byla rozdělena na Stage IIIA a Stage IIIB a postupně zaváděny od roku 2006 do roku 2013 - rapidní pokles produkce pevných částic o 90 %. Stage IV vstoupila v platnost v roce 2014 - přísné limity pro NO_x . Stage V (aktuální) platí od 14. září 2016, technické požadavky jsou popsány v prováděcí legislativě z roku 2017. Jsou zde normy pro motory s výkonem nižším než 56 kW a zároveň výkonem vyšším než 130 kW a platí pro nově vyrobené stroje od roku 2019. V roce 2020 se počítá s rozšířením o motory o výkonu 56 - 130 kW. Zohledněno je zde povolené množství pevných částic ve výfukových plynech (PM) pro kategorie motorů od 19 až 560 kW.

Americké emisní normy traktorových motorů jsou označovány **Tier**. Normy Tier 1/2/3 byly přijaty v roce 1994 a zaváděny od roku 1996 do roku 2000 pro motory nad 37 kW. Postupně došlo na rozšiřování normy Tier 1 na celé spektrum výkonů motorů, od roku 2001 nahrazena normou Tier 2 a od roku 2006 Tier 3 do roku 2008. Tier 4 (současná) byla zaváděna v období 2008 až 2015 a měla dvě části. Mírnější Tier 4i (interim - zatímní) pro pracovní stroje do roku 2014 a od tohoto roku vstoupila v platnost Tier 4f (final). Zavedla snížení pevných částic o 90 % a NO_x o přibližně 50 % oproti Tier 3.

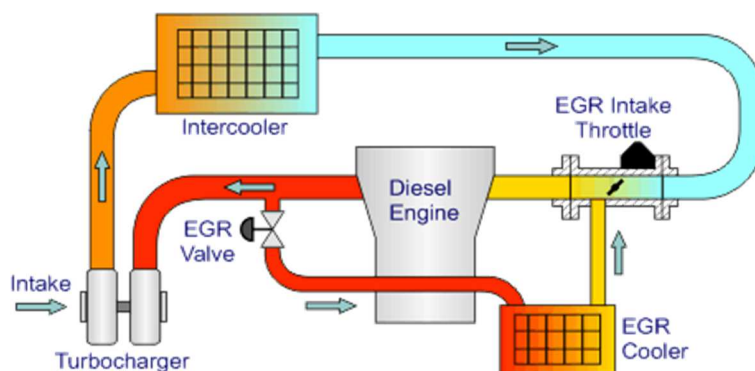
7.3.1 Systémy na jejich snížení

Vysokotlaké řízené vstřikování **Common Rail** (viz obrázek č. 22) má oddělenou část zásobníku paliva (Rail) s vysokým tlakem až 250 MPa a elektronicky řízený piezoelektrický vstřikovač s možností rozdělení (vrstvení) a časování dávky (řízeno řídicí jednotkou podle režimu chodu motoru).



Obrázek č. 22 – Common Rail

Recyklace spalin **EGR** (Exhaustes Gases Reciclation viz obrázek č. 23) a **DPF** (Diesel Particulate Filter viz obrázek č. 24) byla zavedena emisní normou Euro 5. Tímto zařízením se snižuje zejména obsah nespálených uhlovodíků a pevných částic. Část výfukových plynů je přes ventil přepouštěna do chladiče a zpět do sacího potrubí.



Obrázek č. 23 – EGR systém



Obrázek č. 24 – Filtr DPF

U nejstarších vozidel byl pneumaticky ovládaný ventil se snímačem polohy. Vyšší stupně mají ventil ovládaný pneumaticky a velikost přiváděného podtlaku je řízena elektromagnetickým převodníkem. Nové zařízení má elektromotoricky ovládaný ventil přes vhodný převod se zpětnou vazbou o poloze klapky. Spaliny jsou odebírány z výfukového potrubí hned na výstupu z motoru před vstupem do turbíny turbodmyhadla. Označuje se jako vysokotlaký EGR. Do sání vyúsťuje v prostoru mezi škrticí klapkou, případně i snímačem hmotnosti nasávaného vzduchu. Renault používá dodatečný nízkotlaký systém, kde spaliny z výfuku odebírá až za částicovým filtrem a ústí do sání dříve před sáním dmyhadla. Filtry se časem zanáší

a je nutné je regenerovat. Pasivní **regenerace** znamená spalování částic vyšším výkonem a teplotou plynů i mimo vozidlo v peci po rozebrání filtru (nejúčinnější). Aktivní regenerace probíhá 30 minut při běhu motoru a řídicí jednotka si sama řídí režim spalování. Důležité je, aby proces nebyl přerušen.

U zážehových motorů se začíná používat Ottopartikelfilter **OPF** (**GPF** Gasoline Particulate Filter) pro zachycení částic při hoření nehomogenní směsi u motorů s vysokotlakým přímým vstřikováním. Mercedes-Benz jej u modelu S 500 používá od roku 2014. Dnes i nové modely BMW v motorizacích xDrive 20i a xDrive 30i. Zavedl je i Volkswagen včetně Škody.

Od září 2017 musí výrobci dodržovat u zážehových motorů s přímým vstřikováním přísnější limity. Podle nových pravidel smí vypouštět pouze desetinu dosud tolerovaného množství pevných částic (srovnatelné s předpisem pro diesely). V běžném reálném provozu produkují stejné množství PM10 jako diesely před 15 lety a stokrát až tisíckrát více než dnešní vozy s diesely odpovídajícími normě Euro 6.

Dekra provedla v roce 2015 měření množství pevných částic ve Stuttgartu. 6 % pocházelo z výfuků automobilů, 31 % od pneumatik a brzdových destiček a 50 % ze spalovacích zdrojů (teplárny a domácí komíny).

Kdo je **největší producent pevných částic**?

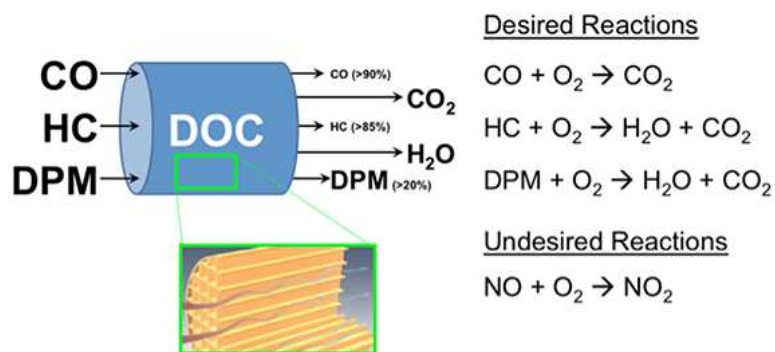
Luxusní výletní loď Harmony of the Seas (největší výletní loď na světě dlouhá 362 m, široká 45 m, má 16 podlaží, výšku 72 m a je postavena pro 5 479 hostů a 2 100 členů posádky) vypustí $450 \text{ kgPM.den}^{-1}$ (NOx 5 t). Má šest vznětových motorů s výkonem 97 000 kW [132 000 HP], palivem je těžký topný olej a spotřeba 150 t denně. Emise PM odpovídá 21,45 milionů vozů Volkswagen Passat se vznětovým motorem 2,0 TDI, emise NOx odpovídá 1,42 milionů stejného typu VW. V celém Německu přitom jezdí 45,8 milionu osobních aut. Jen lodě v Kolíně na Rýnem představují 20 % všech emisí NOx a v Düsseldorfu je to víc než 25 %.

Mezinárodní námořní organizace (IMO) schválila povinnost od roku 2020 dodržovat emisní normy (Euro 4 – 6) na oxidy síry (1,5 % oproti současným 3,5 %). Emise CO₂ u tankerů představuje pouze 3 % světových emisí, automobilová doprava 5x více. Emise CO₂ z lodní a letecké dopravy nejsou součástí Pařížské dohody, IMO se ale v roce 2019 zavázala snížit tyto emise v jejím souladu. Ve vývoji jsou velkokapacitní elektroloď – např. norská společnost E-jerry loď Ampere, nizozemská firma PortLiner loď EC110 s kapacitou 280 přepravních kontejnerů a dobou plavby 14 hodin na jedno nabití, čínská firma Hangzhou Modern Ship Design & Research Co. provozuje elektroloď s nosnou kapacitou 2 200 tun a dojezdovou vzdáleností 80 kilometrů na jedno nabití. Maersk oznámil, že bude do roku 2050 uhlíkově neutrální (<https://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/784/velke-nakladni-lode-versus-auta-kdo-skodi-planete-vic/>, 2. 8. 2019).

Japonské konsorcium e5 Lab chce elektrický tanker zkonstruovat už do roku 2021. Britská společnost Rolls-Royce minulý rok uvedla, že začne nabízet nový baterií poháněný lodní motor. Norská společnost Kongsberg Gruppen ASA ohlásila vývoj kontejnerové lodi, kterou požene jenom elektřina. Výrobce Nedshipgroup představil koncept výletní lodi Green Expedition, kterou pohání elektřina z větrných turbín a solárních panelů umístěných přímo na palubě (<https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/japonske-konsorciem-chce-do-dvou-let-zkonstruovat-tanker-na-elektrinu-1361275>, 8. 8. 2019).

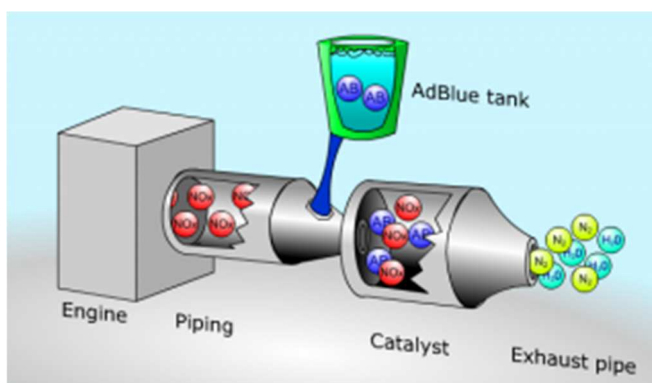
DOC (Diesel Oxidation Catalyst - viz obrázek č. 25) je katalyzátor, který se přefrazuje před filtr pevných částic. Chemickou oxidací se mění CO a HC, stejně jako SOF (Organic Fraction of Diesel Particulates – nespálenou naftu, tedy část pevných

částic) na H₂O a CO₂. Při regeneraci DPF se zvýší teplota spalin a zapálí zbytky paliva v oxidačním katalyzátoru a ten vypálí saze ve filtru pevných částic.



Obrázek č. 25 - DOC katalyzátor

Selektivní katalytická redukce spalin **SCR** (Selective Catalytic Reduction) byla zavedena normou Euro 6. Redukce oxidů dusíku probíhá pomocí katalytické reakce s amoniakem:



Obrázek č. 26 – Selektivní katalytická redukce

Amoniak potřebný k této reakci je dodáván do výfukového potrubí v kapalné formě jako redukční činidlo označované Ad Blue (32,5 % váhy močovina CO(NH₂)₂). Na správnou funkci reakce je potřeba 2 g redukčního činidla pro redukcí 1 g NO_x, spotřeba činidla tvoří 5 – 7 % spotřebovaného paliva. **SCR** oproti předešlé normě Euro 5 snižuje množství pevných částic o 50 % a oxidů dusíku o 77 %. Do výfukového potrubí se vstříkuje kapalina označovaná jako AdBlue, což je 32,5 % hmotnosti močoviny CO(NH₂)₂ a 67,5 % neionizované vody. Při zahřátí nad 40 °C se z močoviny uvolňuje amoniak NH₃ a ten reaguje s oxidy dusíku - NO_x + NH₃ => N₂+H₂O. Do ovzduší pak jde čistý dusík a vodní pára.

7.3.2 Měření emisí výfukových plynů

Měření emisí upravuje metodika ze dne 30. 10. 2015 vydaná Ministerstvem dopravy pod číslem jednacím 34/2015-150-SME3/2. Zavedla načítání paměti závad u vozidel s řízenými systémy a vlastní diagnostikou. Metodika platná od 1. 1. 2016 zavedla systémy on-line měření (technik nemůže manuálně vstoupit do tvorby

protokolu). Metodika platná od 7. června 2016 sleduje i časy volných akcelerací. Od listopadu 2017 se budou protokoly automaticky ukládat do systému CIS na Ministerstvu dopravy (i fotodokumentace - vysunutí sondy z výfuku). Auta s EOBD (2001 Euro 3) musí mít kódy readiness. Řídicí systém musí emisně nejdůležitější komponenty kontinuálně sledovat a jejich činnost ověřovat (výpadky zážehu, sonda lambda, katalyzátor, recirkulace výfukových plynů EGR). Je-li vše v pořádku, ukazují kódy nuly. Provádí se i kontrola původnosti softwaru za účelem odhalení chiptuningu (není povinná).

Od 1. září 2017 platí nová testovací procedura při homologaci. Týká se zejména zjišťování emisí a spotřeby paliva **WLTP** (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedures). Skládá se z WLTC (World Harmonized Light Vehicle Duty Test Cycle) a RDE (Real Driving Emission). Nahrazuje dosavadní Evropský jízdní cyklus NEDC (New European Driving Cycle), která kalkulovala s jednotným testem pro všechny automobily (rozděleným na městskou a mimoměstskou část). WLTC je jízdní cyklus pro osobní automobily na válcové zkušebně (nákladní vozidla mají obdobu WHTC – World Harmonized Transient Cycle).

Od 1. září 2018 jsou povinné pro všechna nově registrovaná auta. Pracuje se třemi kategoriemi osobních vozidel dle výkonové hmotnosti a maximální rychlosti. Do první spadají vozidla s výkonovou hmotností do 22 W.kg^{-1} a měří se ve třech režimech – nízké, střední a vysoké zatížení. U druhé s výkonovou hmotností od 22 do 34 W.kg^{-1} se měří ve čtyřech režimech - nízké, střední, vysoké a extra vysoké zatížení. U poslední skupiny (většina aut v EU) nad 34 W.kg^{-1} se dělí na dvě kategorie - s maximální rychlostí do 120 km.h^{-1} a vyšší než 120 km.h^{-1} a měří se také čtyři zatížení.

Celá zkouška zabere 1 800 sekund a celková ujetá vzdálenost je 23,266 km (dříve městská 4,052 a mimoměstská 11,007 km), rychlost je omezena na 135 km.h^{-1} a nezahrnuje regeneraci filtru pevných částic, u hybridních vozidel není udána vzdálenost na elektrický pohon. Dynamometr je nutno nastavit na příslušné vozidlo. Provozní hmotnost včetně řidiče ($75 \text{ kg} + 200 \text{ kg}$ nákladu). Doběhová zkouška se provede tak, že zatížené vozidlo se rozjede na rychlost vyšší než 125 km.h^{-1} , vyřadí se převod a nechá se volně doběhnout až do úplného zastavení a měří časy dojezdu a tedy doba potřebná k zastavení z rychlostí 120, 110, 100, 90, 80 až 10 km.h^{-1} . Z naměřených dat se vypočte absorbovaný výkon pro nastavení válcové zkušebny.

Od 1. září 2019 bude součástí procedury i rozšířený test **EVAP** (Evaporative Emission Control System) zaměřený na emise vypařování paliva z nádrže, určený pro zážehové motory. Nyní je tento test součástí kontrolního měření, trvá však jen den. Od září to ale bude dvojnásobná doba, tedy 48 hodin. Dále se zavádí test **ISC**, který je zaměřen na kontrolu aut po najetí 100 tisíc kilometrů (pro zcela nové vozy odstartoval od 1. ledna 2019).

Od roku **2020** budou muset být vozidla osazena systémem FCM, který měří veškeré spotřebované litry paliva od vůbec prvního otočení klíčkem, stejně jako ujeté kilometry (http://www.autoforum.cz/predstaveni/vw-nazorne-ukazal-proc-se-automobilky-boji-letosniho-zari-vice-nez-cert-krize/?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu, 7. 8. 2019).

Od roku 2019 v EU platí povinnost výrobců užitkových vozidel dokládat jejich energetickou náročnost - **VECTO** (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool). Jedná se o typizovaný nástroj pro určení spotřeby nafty a z ní plynoucí produkce CO_2 . Hodnotí se výkon motoru, účinnost náprav, efektivita převodového ústrojí, valivý odpor vozidla a aerodynamika (jejich poměr). Z hlediska využitelnosti dopravců

a významu pro životní prostředí je velmi vágní, spíše slouží jako předstupeň a posléze určující parametr pro placení mýta dle produkce CO₂ (od roku 2022).

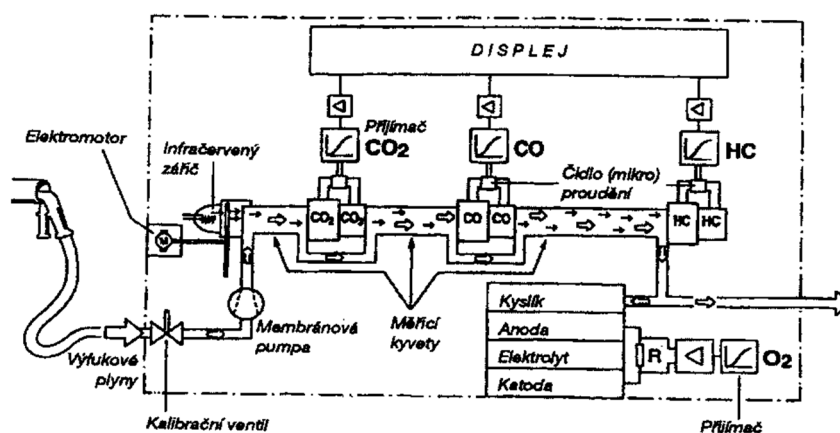
Pro měření koncentrace jednotlivých složek výfukových plynů se používají **analyzáto**ry plynů. Podle principu činnosti se dělí na:

- Na principu tepelné vodivosti spalin,
- Na principu tepelného zbarvení.
- Na principu absorpce infrapaprsků,
- Na principu absorpce infrapaprsků a jejich zvukové odezvy.

U přístroje měřícího na principu tepelné vodivosti je měřící článek se dvěma komůrkami, ve kterých jsou platinové odporové drátky žhavené stejnoměrným proudem. V jedné je čistý vzduch a v druhé jsou spaliny. Měří se změna vodivosti drátků v komůrkách. Nejedná se o přesný způsob měření, je ovlivněn přítomností vodíku.

Princip tepelného zbarvení je podobný jako předchozí. Na drátcích se spalují zbytky hořlavých plynů, tím se zvyšuje teplota a mění se odpor drátku, který se měří (nebo i fotoelektricky na cejchované stupnici – již přesnější).

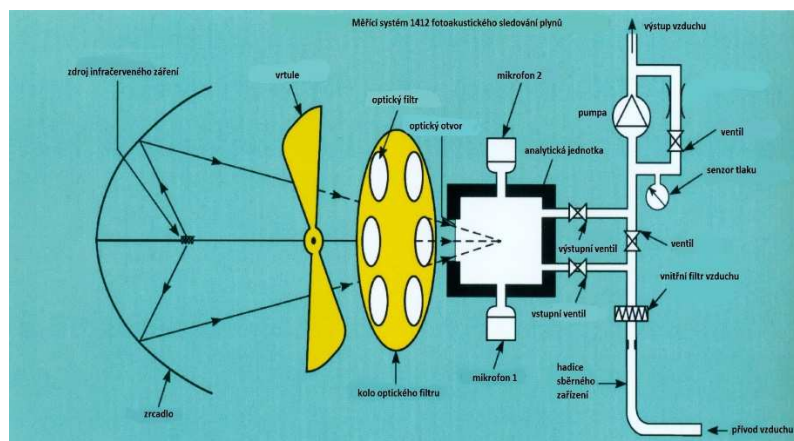
Infraanalyzátory jsou určeny především pro měření CO. Mají komoru s čistých vzduchem a spaliny bez mechanických nečistot. Oběma prochází stejný svazek paprsků (o stejné vlnové délce) a dopadají do přijímače a porovnávají se. Cejchují se plynem se známou koncentrací CO. Pro běžné stanovení koncentrace jednotlivých složek výfukových plynů se např. na stanicích STK používají **víc**esložkové **infra**analyzátory (viz obrázek č. 27).



Obrázek č. 27 - Čtyřsložkový infraanalyzáto

Zde je sdruženo více měřících trubic (čtyři složky).

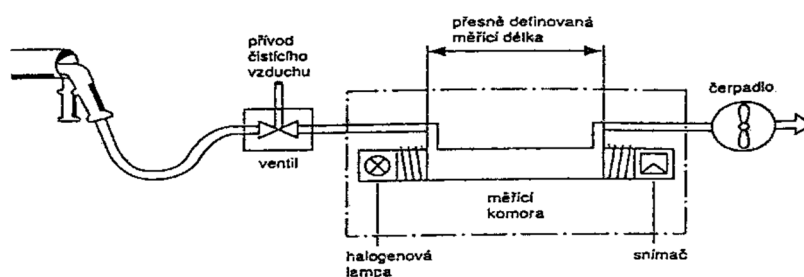
Nejpřesnější měření umožňuje provádět **fotoakustický infra**analyzátory (viz obrázek č. 28).



Obrázek č. 28 – Fotoakustický infraanalýzátor INNOVA 1412

Vzorek plynů je přiváděn do komory, do které je přes optický filtr (až šest) propouštěn infračervený paprsek o určité vlnové délce. Jeho působením se začínou molekuly plynu zahřívat a kmitat. Tím vydávají zvuk, který je snímán dvěma mikrofony a vyhodnocen.

Při nedostatečném spalování paliva (nedostatku kyslíku) při plném výkonu motoru (těsně pod hranicí kouření) začne vznětový motor kouřit. **Kouřivost** je obsah pevných látek (sazí) ve výfukových plynech (uhlovodíky z paliv a maziv, kovy, voda, sulfáty...). Měří se při zkoušce volné akcelerace (prudké sešlápnutí akcelérátory u nezátíženého motoru - až do příběhových otáček). Kouřivost se měří pomocí **opacimetru** (viz obrázek č. 30).



Obrázek č. 30 – Opacimetr

Měří se vlastně optická hustota výfukových plynů. Opacita je schopnost prostředí pohlcovat světlo, udává se jako koeficient absorpce K v absolutních jednotkách $[m^{-1}]$, nebo jako opacita v lineárních jednotkách $[\%]$, nebo v hmotnostních koncentracích $[mg.m^{-3}]$. Čistý vzduch má absorpci světla 0% a koeficient K 0, nepropustí-li žádné světlo, je opacita 100% a $K=\infty$.

Kouřivost se neměří u zážehových a dvoutaktních motorů.

7.4 Diagnostika systémů na snížení emisí výfukových plynů

U systému **EGR** se kontroluje správná funkce zpětného ventilu odvodu výfukových plynů do sání. Test probíhá tím způsobem, že se celý systém zahřeje na provozní teplotu, na sání se měří množství nasávaného vzduchu a zároveň i průtok systémem EGR. Výsledek se porovná s tabulkovými hodnotami.

U filtru **DPF** se testují snímače teploty, celková účinnost filtru a použitelnost filtru (jeho regenerace). Sleduje se rozdíl tlaků na vstupu a výstupu filtru a podle rozdílu se provede buď pasivní regenerace (spalování pevných částic vyšším výkonem a teplotou výfukových plynů), nebo aktivní regenerace (při použití přípravků a při běhu motoru kolem 30 minut si řídicí jednotka režim řídí sama).

Při testu **SCR** se provádí kontrola snímače hladiny v zásobníku AdBlue a průtoku (výměna filtrů, hadic). Systém se zahříváním po určitou dobu pro vyčištění katalyzátoru od redukčního činidla. Kontroluje se činnost NO_x snímačů a provede test redukce (analyzátořem).

8. Diagnostika palivové soustavy zážehových motorů

Zážehové motory mají oproti vznětovým kvantitativní regulaci výkonu (množstvím směsi ve válci a ne jejím složením) a poměr λ větší než 1. Úkolem celé soustavy je dopravit vyčištěné kapalné palivo z nádrže do směšovacího zařízení motoru a zaručit rozprášení paliva do spalovacího prostoru.

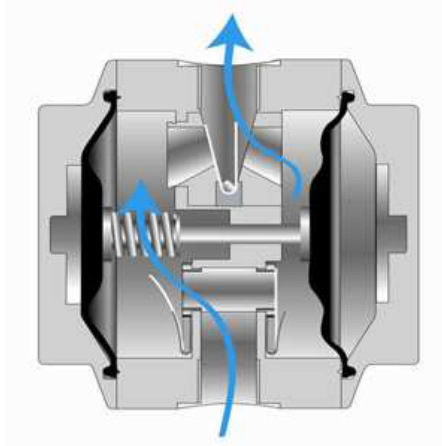
Hlavní části:

- Palivová nádrž s čističem a uzavíracím kohoutem,
- Palivové dopravní čerpadlo,
 - o Mechanické,
 - o Elektrické,
- Ventily,
- Karburátor nebo vstříkovací zařízení a zpětné potrubí do nádrže.

8.1 Dopravní čerpadla

Diagnostikuje se **těsnost** u čerpadel mimo nádrž (vizuálně) a **sací a výtlačná schopnost** (měření tlaku i podtlaku). Dodávané množství má být vždy větší než maximálně používané. Přebytečné se odvádí zpět do nádrže rovnou z čerpadla, nebo z karburátoru, nebo zpětného ventilu ve vedení.

Mechanické čerpadlo tvoří excentr s membránou (viz obrázek č. 31).



Obrázek č. 31 – Mechanické membránové čerpadlo paliva

Výtlačný tlak je 20 – 30 kPa, dodávané množství 0,5 - 1 l.min⁻¹ při volnoběžných otáčkách (jinak je vadná membrána).

Elektrické čerpadlo (pístové nebo zubové) je umístěno buď v potrubí (in line), nebo v nádrži i s plovákem.

Diagnostika palivových čerpadel nízko i vysokotlakých se provádí manometry i pro podtlak. Dále se provádí i měření kompresních tlaků, otevření startovacích klapek po nastartování motoru et c.

Dle výtlačného tlaku se dělí na:

- Podávací do 60 kPa,
- Výtlačná 100 - 450 kPa (pro vstříkovací systémy vyšší tlak).

Z hlediska bezpečnosti (při havárii) musí čerpadla rychle přerušit dodávku paliva z nádrže i při zapnutém zapalování.

8.2 Ventily

Odpojovací ventil je umístěn přímo v čerpadle nebo sací větvi čerpadla a odpojí přívod paliva při vypnutém motoru.

Zpětný ventil udržuje konstantní tlak před směšovačem bez závislosti na spotřebě paliva (stálá výška hladiny v plovákové komoře). Při poklesu tlaku se uzavírá a nepřepouští zpět do nádrže.

Odsávací ventil odsává výpary paliva a maziva z klikové skříně nebo palivové nádrže. Využívá podtlak do sacího potrubí, u motorů s katalyzátory přes aktivní uhlí.

Tepelný ventil při vyšších teplotách v letním období a odpařování paliva zvýší tlak paliva do sání.

8.3 Karburátor

Je mechanicko-pneumatické směšovací zařízení k vytvoření heterogenní směsi kapalného paliva se vzduchem. Směs má vyhovovat jak hospodárnému provozu, tak i ochraně životního prostředí. Podle poměru λ se směsi dělí (viz tabulka č. 1).

Tabulka č. 1 – Druhy směsí u zážehových motorů

Směs	Směšovací poměr (hmotnostní)	Součinitel přebytku vzduchu λ	Poznámka
chudá	např. 1 : 16	větší než 1	stechiometrická
normální	1 : 13,8	roven 1	
bohatá	např. 1 : 12	menší než 1	
při spouštění	až 1 : 1		

Hmotnostní poměr při stechiometrickém spalování 1 : 13,8 odpovídá objemovému poměru 1 : 14,7 při teplotě +20 °C.

8.3.1 Rozdělení karburátorů

Dle směru pohybu v difuzoru:

- Spádový i s čerpadlem,
- Horizontální,
- Vertikální,
- Šikmý.

Dle regulace směsi:

- Šoupátkový,
- S klapkou.

Dle typu směšovacího ústrojí:

- Jednoduchý (jednokomorový),
- Dvojitý (dvoukomorový),
- Postupný (registrový),
- Rovnotlaký.

8.3.2 Základní systémy karburátoru

- Hlavní okruh s korekcí,
- Okruh chodu na prázdno,
- Okruh pro spouštění (sytič pro studené starty),
- Okruh obohacené nebo ochuzené směsi (akcelerační pumpička).

8.3.3 Seřízení karburátoru

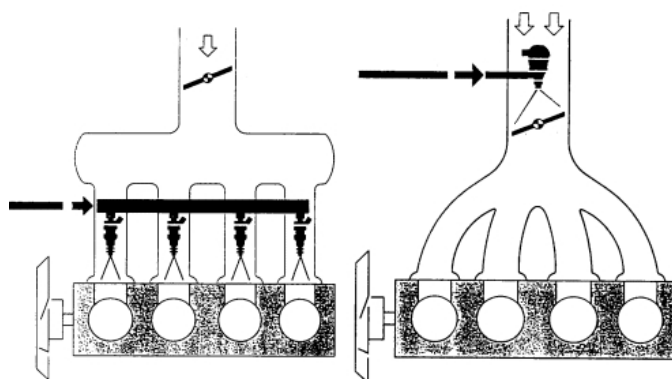
- Výška hladiny v plovákové komoře - kontrola pomocí stavoznaku (zabudovaného, nebo přídavného),
- Směšovací poměr – změna průtočných průřezů (u paliva trysky a seřizovací šrouby, u vzduchu vzdušníky a přívěry na čističi, u směsi škrticí klapka, difuzor nebo plovák),
- Seřízení otáček a bohatosti při volnoběhu – správná výška hladiny v plovákové komoře, nezanesené čističe v sání, při zahřátém motoru, vyřazeném sytiči, seřizeném okamžiku otevírání klapky a kontrola funkce odpojovače trysky volnoběhu (elektromagnet),
- Měření emisí - důležitý je obsah CO.

8.4 Vstřikovací zařízení

Benzín se snáze odpařuje než motorová nafta, proto se vstřikuje pod nižším tlakem (do sacího potrubí nebo do blízkosti sacího ventilu). Výkon se reguluje protékajícím množstvím vzduchu (klapkou). Podávací čerpadlo má tlak kolem 0,3 MPa, vstřikovací element 1,5 - 3 MPa i více – HPI (High Pressure Injection).

8.4.1 Vstřikovací ventily

Jednobodový SPI (Single Point Injection) nebo také **Centrální CFI** (Central Fuel Injection) u kterého se palivo vstřikuje do jednoho společného místa pro všechny válce a **vícebodový MPI**, kde se vstřikuje pro každý válec samostatně (oba viz obrázek č. 32).



Obrázek č. 32 – Vstřikování benzínu MPI a SPI

Přímé vstřikování GDI (Gasoline Direct Injection) nebo také FSI (Fuel Stratified Injection) znamená vstřikování přímo do každého válce, ve spalovacím prostoru mezi ventily je umístěna zapalovací svíčka, po straně vstřikovací tryska (do spalovacího prostoru vstřikuje benzín přímo do vybraní v pístu). Využívá se systém Common rail s tlakem až 200 MPa. Řízení vstřikování benzínu je provedeno pomocí λ sondy před i za katalyzátorem. V soustavě jsou dva katalyzátory, první třicestný, vyhřívaný, druhý zásobníkový na NO_x když se pracuje s chudou směsí (snímač NO_x dá povel na obohacení a probíhá regulace z katalyzátoru – zahřátí na 650°C a tím spalení nashromážděné síry a NO_x se pomocí CO mění na N_2).

Katylýzátory jsou dvoucestné a třicestné podle toho kolik základních škodlivin je schopen katalyzátor účinně likvidovat (CO, HC a NO_x). Jsou dnes schopné odstranit až 97 % uhlovodíků, 96 % oxidu uhelnatého a 90 % oxidů dusíku.

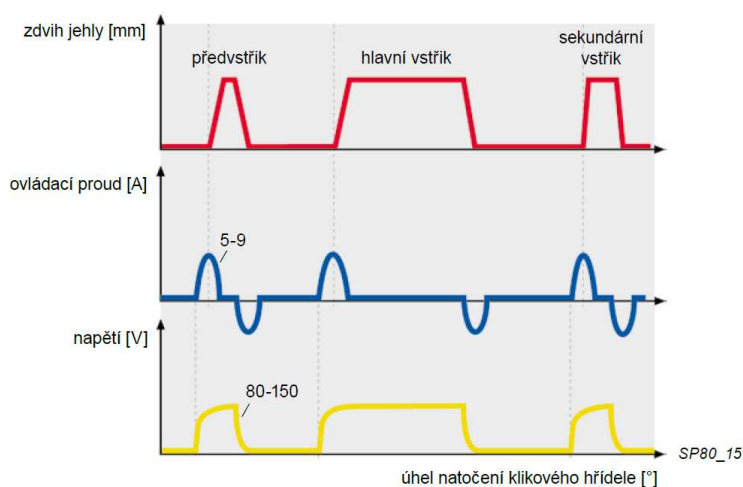
8.4.2 Způsoby dávkování benzínu

- **Kontinuální**, kde vstříkuje nepřetržitě do sání, regulace průtočného množství vzduchu klapkou,
- **Pulsní**, kde se pro každý pracovní cyklus se vstříkuje přesné množství paliva podle doby vstřiku a režimu motoru do sacího potrubí (mikroprocesor),
- **Sekvenční**, kde se pro každý válec před sací ventil vstříkuje časovaný vstřík

Data ze snímačů jsou registrována v paměti řídicí jednotky, odkud je možné je přes konektor načíst do počítače a pomocí programů vyhodnotit a zobrazit diagnostické pokyny pro další provoz (chybová hlášení).

8.4.3 Složení soustavy vstřikování benzínu

Nízkotlaký obvod má dnes v palivové nádrži čerpadlo s regulátorem tlaku 0,35 MPa. Vysokotlaký obvod u systému Common Rail (oddělená tvorba tlaku od vstřikování) má tlak až do 200 MPa. Zásobník (rail) musí být pružný, aby tlumil pulzy plnicího čerpadla a tuhý aby mohl být tlak rychle měněn podle požadavků. Je na něm tlakový řídicí ventil. Vstřikovací ventil má dané místo, tvar paprsku a umožňuje krátkou dobu vstřiku a jeho vrstvení (viz obrázek č. 33).



Obrázek č. 33 – Graf časovaného (vrstveného) vstřiku

Řídicí systém (motormanagement, mapping) ovládá elektronicky řízené vstřikování, zapalování a ventily podle **signálů ze snímačů** zapalování, polohy vaček, pojezdové rychlosti, převodového stupně, napětí akumulátoru, teploty motoru a nasávaného vzduchu i jeho množství, natočení škrticí klapky, λ sond, klepání motoru a jeho otáček). Pro každou polohu škrticí klapky odpovídající zatížení motoru a pro každé otáčky motoru a odpovídající rychlosti vozidla jsou v paměti počítače uloženy údaje pro množství vstřikovaného paliva a předstih zážehu, případně i jiné. Řídicí počítač neustále porovnává digitalizované skutečné údaje příslušných snímačů s údaji v paměti a vhodnými regulačními zásahy **pomocí akčních členů** se snaží jejich odchylku minimalizovat, kromě toho řídicí jednotka využívá svých pomocných a korekčních obvodů tak, aby složení směsi i činnost zapalování byla za všech

pracovních stavů i provozních režimů optimální z hlediska **emisí** výfukových plynů (nikoli výkonu motoru, nebo spotřebě paliva). Kapacitní možnosti počítače nejsou i u komplexního řízení motoru zcela využity, je možné i jeho použití i k diagnostice motoru (má svoji vlastní vnitřní paměť).

Nádrže jsou vyrobeny z plechu nebo plastů s příčkami (vlnolamy), jsou opatřeny měřičem množství paliva, dopravní čerpadlo, dole odkalovací šroub, nahoře plnicí hrdlo s uzávěrem a sítkem. Odvětrání je do sání nebo přes aktivní uhlí (elektronicky řízené), objem na dojezd do 500 km. **Potrubí** slouží pro spojení částí. Provedeno je ocelovými bezešvými trubkami (i měděné nebo mosazné), plasty a mají pružné uchycení i šroubení. **Čerpadla** jsou membránová nebo lopatková vícestupňová, před nimi jsou čističe (hrubá sítko, jemná papír), na výtlaku je zpětný ventil. **Vstřikovací ventily** jsou elektromagnetické nebo piezoelektrické, zdvih 60 – 100 μm , čas otevření 1,5 -18 ms, frekvence 3 - 125 Hz.

Zapalovací svíčky musí zajistit bezpečné zapálení za všech režimů motoru. Teplota v místě svíčky je až 2 500°C, tlak až 18 MPa, počet zápalů až 40.s⁻¹, napětí až 30 kV a působí na ní i chemické vlivy od paliva.

8.5 Směšovače plynových motorů

Jedná se o obdobné zařízení jako karburátor, pouze tvoří směs ze vzduchu a hořlavého plynu (zemní plyn, propan butan, vodík).

Vysokotlaká část:

Zásobník

- Tlakový pro CNG (Compressed Natural Gases),
- Izolovaný pro LPG (Liquid Petroleum Gases),

Pojistky

- Uzavírací na přívodu do zásobníku,
- Tepelná jako ochrana při požáru,
- Nadprůtoková při rychlém úniku,

Ventily

- Lahvový a výdejní,
- Plnicí,

Regulátor tlaku na hodnotu pro směšovač.

Nízkotlaká část:

Nárazová pojistka pro uzavření přívodu do směšovače při havárii,

Výměník tepla pro ohřev plynu,

Koncový regulátor tlaku jako plováková komora,

Směšovač jako difuzor karburátoru.

Diagnostika spočívá v kontrole funkce ventilů a pojistek, měření tlaků a teplot a nastavení tabulkových hodnot.

8.6 Měření emisí u zážehových motorů

Měří se obsah CO, CO₂, HC, O₂ a NO_x stejnými analyzátory jako u vznětových motorů, při volnoběžných otáčkách, seřazeném předstihu, odpojené

podtlakové regulaci a sytiči a zahřátém motoru a katalyzátoru. Dále se provádí vizuální kontrola (těsnost výfukového potrubí, barva kouře, chod motoru).

9. Tribodiagnostika

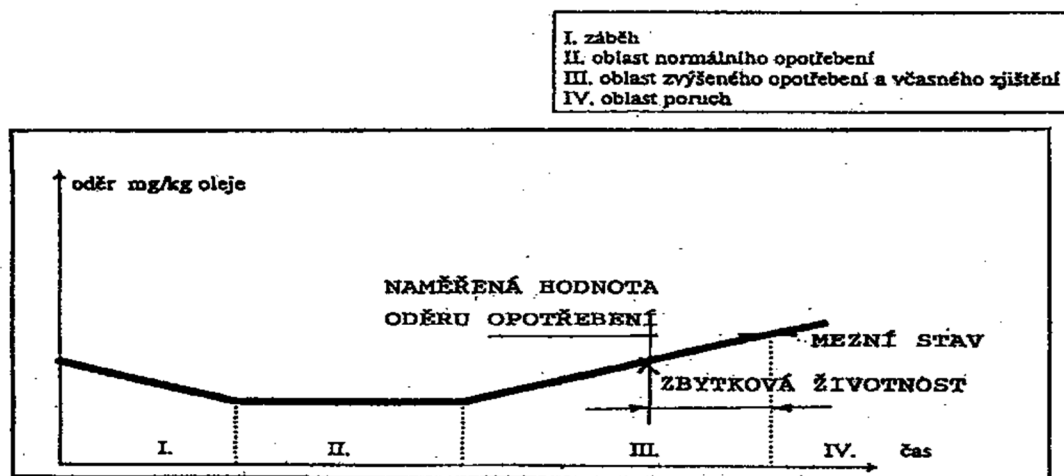
Tribologie je nauka o procesech tření, opotřebení a mazání.

Tribodiagnostika se zabývá sledováním procesů třecích součástí z analýz mazacího oleje, jedná se o bezdemontážní technickou diagnostiku, při které se zjišťují a vyhodnocují cizí látky v mazivu (kvalitativně i kvantitativně). Upozorňuje na příznaky opotřebení, lokalizuje vznikající poruchy, určuje životnost maziva (nečistotami i tepelně oxidačními procesy) a optimalizuje intervaly výměn maziva.

Tribotechnika zahrnuje metody a technické prostředky k ovlivnění tření a opotřebení v provozu a údržbě strojů.

9.1 Sledování stavu opotřebení

Opotřebováním třecích ploch ve spalovacím motoru (ale i v převodech) se do maziva uvolňují **otěrové částice**. Jejich množství je závislé na době provozu (průběh se nazývá podle tvaru vanová křivka - viz obrázek č. 34).



Obrázek č. 34 – Vanová křivka

Metody **zjištění koncentrace** otěrových kovů:

- Atomová spektrofotometrie,
- Atomová emisní spektrofotometrie,
- Atomová absorpční spektrofotometrie,
- Polarografie a voltametrie,
- Metoda RAMO (Rychlá Analýza Motorových Olejů – neželezné a železné kovy).

Hodnocení **morfologie a distribučního rozdělení částic kovů** se provádí pomocí ferografie (částicové analýzy), a to jak feroskopicky (dle morfologie a chemického složení), tak i ferodozimetricky (dle velikosti).

9.2 Sledování degradace maziva

Zde se jedná zejména o hodnocení **fyzikálně chemických parametrů maziva** (motorových a průmyslových olejů):

- Kinematická viskozita,
- Bod vzplanutí,
- Obsah vody,
- Číslo alkality a kyselosti,

- Karbonizační zbytek,
- Celkové znečištění,
- Mechanické nečistoty,
- Spektrální analýza.

Stanoví se jakost (kvalita) čistého a použitého maziva (vzájemně se porovnávají).

Odběr vzorků olejů je normalizován, aby byla dodržena jednotná metodika a výsledky mohly být přesné a porovnatelné:

- Čistá vzorkovnice 300 ml,
- Popis a předání k rozboru (místo, čas, datum, interval a způsob odběru, uložení vzorku, číslo a název stroje, druh maziva, kdo odebral a požadované rozboru),
- Objekt minimálně 20 minut v provozu,
- Minimální teplota 65 °C,
- Odpustit 500 ml do čisté nádoby a nalít zpět,
- Maximálně 15 minut po zastavení,
- Propláchnout odběrná zařízení,
- Odsátí přibližně 250 ml z olejové nádrže (otvorem pro měрку).

Odebraný vzorek se před odesláním do laboratoře náležitě **označí**:

- Číslo a název stroje,
- Mazané místo,
- Druh maziva,
- Datum odběru,
- Kdo odebral vzorek,
- Požadované rozboru.

Účel rozborů:

- Objektivní posouzení kvality olejů, tzn. přechod z časového plánu výměn olejových náplní na výměny podle rozborů,
- Plánování a řízení dalších průběhů údržby nebo výroby, tzn. přechod na preventivně produktivní údržbu s přínosem do výroby,
- Inspekční a revizní činnost, tzn. detekce a lokalizace poruch, prognózy zbytkové životnosti (doby do nutné opravy),
- Zproduktivnění provozu pomocí produktivní údržby (nižší náklady na údržbu, méně prostojů, vyšší spolehlivost a nižší poruchovost).

Hodnocení olejů má být plně komplexní. Je nutné přesně definovat sledovaný stroj, má být specifikována technická dokumentace stroje i s případnými poznatky obsluhy nebo mechanika, má být popsán druh diagnostikovaného maziva, údaje o provedených údržbách a provozní údaje (inspekčně diagnostické). Vzorek se označí štítkem a ten zůstává původní.

Část odzkoušeného vzorku (nedevastovaného) se uchová pro další reklamace, vystaví se protokol výsledků i s případnými příkazy diagnostického pracovníka (laboratoře). Důležitá je komunikace mezi diagnostickým pracovištěm a obsluhou stroje (požadavky na mimořádné odběry vzorků, požadované rozboru et c.).

9.3 Druhy maziv dle ČSN a ISO

- Motorové oleje,
- Převodové oleje,
- Tlumičové a hydraulické oleje,
- Strojní a konzervační oleje,
- Plastická maziva a mazadla.

Rozdělení motorových olejů dle viskózních tříd SAE (Society of Automotive Engineers) viz tabulka č. 2.

Tabulka č. 2 – Motorové oleje dle viskózních tříd

Viskozni třída SAE	Viskozita ve studeném stavu		Viskozita při 100°C		HTHS 150°C
	max. viskozita [mPa.s]	*hraniční čerpací teplota [°C]	minimální viskozita [mm ² /s]	maximální viskozita [mm ² /s]	minimální viskozita [mPa.s]
0W	6200 při -35°C	-40	3,8	-	-
5W	6600 při -30°C	-35	3,8	-	-
10W	7000 při -25°C	-30	4,1	-	-
15W	7000 při -20°C	-25	5,6	-	-
20W	9500 při -15°C	-20	5,6	-	-
25W	13000 při -10°C	-15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	< 12,5	2,9
40	-	-	12,5	< 16,3	2,9**
40	-	-	12,5	< 16,3	3,7***
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Poznámka: * - teplota, při níž je viskozita 60000 [mPa.s]
 ** - platí pro 0W40, 5W40, 10W40
 *** - platí pro 15W40, 20W40, 25W40, 40

Oleje s W jsou zimní (Winter), často se používají kombinace např. SAE 10W/40.

Viskozita kapalin je buď **dynamická** podle Englera podle vztahu č. 3:

$$E = \frac{t_o}{t_v} \quad (3)$$

Kde: t_o – čas výtoku oleje kalibrovaným průřezem

t_v – čas výtoku vody stejným průřezem,

nebo **kinematická** ν [mm².s⁻¹], která je poměrem dynamické viskozity (odpor kapaliny proti tečení) [Pa.s⁻¹] a její hustoty [kg.m⁻³]. Ta se používá při značení olejů.

Rozdělení plastických maziv a mazadel viz tabulka č. 3.

Tabulka č. 3 – Plastická mazadla a maziva

Plastická maziva	Mazadla
- pro mobilní zařízení	- elastická (Elaskon)
- víceúčelová (LITOL 24, NH 2)	- na lana, mazadlo na
- jednoúčelová (A00, A4 apod.)	- kloubové řetězy a p.
- průmyslová	- tuhá
- víceúčelová	- grafit
- jednoúčelová, např.	- Molyka (MoS ₂)
- na kluzná ložiska	- vazelíny, parafíny a cerezíny, např.
- na valivá ložiska	- vazelína na kontakty
- pro extrémní teploty	

Rozdělení mazadel a maziv dle konzistence viz tabulka č. 4.

Tabulka č. 4 – Mazadla a maziva dle konzistence

Stupeň konzistence	Penetrace při 25 °C
00 polotekutá	nad 395
0 velmi měkká	350 – 390
1 měkká	305 – 345
2 poloměkká	260 – 300
3 střední	215 – 255
4 polohutná	170 – 210
5 hutná	125 – 165
6 velmi hutná	80 – 120
7 tuhá	25 – 75

Penetrace je hloubka vniknutí kalibrovaného kužele vlastní hmotností do vzorku maziva při teplotě 25 °C za definovaný čas. Hloubka se měří v desetinách milimetru, stupnice je zavedena organizací NLGI (National Lubricating Grease Institut).

9.4 Tribodiagnostika degradace maziv

Degradace vlastností se sleduje podle:

- Stupně oxidace se vzdušným kyslíkem,
- Obsahu měkkých nečistot – ropné pryskyřice a studené kaly (produkt oxidace) a jemné suspenze rozpustné v benzenu,
- Obsahu tvrdých nečistot – kovový otěr, prach a tvrdý karbon nerozpustný v benzenu,
- Obsahu vody – z netěsností nebo kondenzace,
- Obsahu paliva – chyby v palivové soustavě.

Měkké nečistoty jsou přirozeným produktem stárnutí oleje, ale přítomnost vody a paliva u mazacích olejů pro spalovací motory svědčí o jejich nesprávné funkci. Palivo stírá olejový film a mění viskozitu oleje. Voda pění olej a mění viskozitu.

Tvrdé nečistoty nad 10 µm by měly být zachyceny v čističi, menší mají vliv na kvalitu oleje.

U převodových olejů se sledují tvrdé nečistoty (otěr u ozubených kol) a přítomnost vody. Náplň se nefiltruje a po překročení hranice se celá náplň mění.

U hydraulických olejů se sledují pouze tvrdé otěry na 5 μm , měkké a voda jen velmi zřídka.

9.5 Hodnocení fyzikálně chemických parametrů mazacího oleje

Provádí se buď **normalizované zkoušky**, nebo **smluvní testy**. Normalizované zkoušky v laboratořích jsou nákladnější, smluvní korelují s normalizovanými, ale jsou levnější. Jako výchozí jsou parametry čistého oleje a sleduje se degradace mazacího oleje jako funkce času.

9.5.1 Kinematická viskozita

Jedná se o hlavní údaj pro hydrodynamické tření. K jejímu zvyšování dochází z produktů oxidace a emulzemi vody. Snižování způsobuje tepelná a mechanická degradace a ředění palivem. Při nízké kinematické viskozitě dochází k meznímu až suchému tření a tím zvýšenému opotřebením třecích ploch. Vysoká zvyšuje součinitel tření a tím ztráty (spotřebu paliva). Kinematická viskozita závisí na teplotě, změna o jeden $^{\circ}\text{C}$ ji mění až o 5 %. Při správném provozu spalovacího motoru se zvyšuje díky nečistotám a oxidacím.

Měří se viskozimetry kapilárního typu, kde se měří čas průtoku kapilárou, nebo doba výtoku z výtokových pohárků. Důležitá je teplota, výsledek se odvozuje z grafických závislostí a přibližně se určuje možnost dalšího použití oleje. Toleruje se odchylka ± 20 % oproti novému oleji.

Dynamická viskozita se měří v rotačním viskozimetru, pomocí měření točivého momentu otáčejícího se válce ve zkoumané kapalině.

9.5.2 Bod vzplanutí

Je jakostní a bezpečnostní ukazatel oleje. S dobou používání klesá, zkouškou se přibližně stanoví množství hořlavých a znečišťujících látek.

Provádí se dle ČSN 656212 dle **Clevelanda** (otevřený), nebo dle ČSN 656064 dle **Marcusona** (zavřený kelímek). Vždy se sleduje nejnižší teplota při postupném zahřívání oleje v předepsaném přístroji, kdy se nad hladinou vypaří tolik páry, že se po přiblížení otevřeného plamene, vzplanou a zhasnou. Jednotkou jsou $^{\circ}\text{C}$. Vzorek oleje má mít objem minimálně 100 ml, zkouška se provádí v tmavé místnosti bez průvanu, aby bylo vzplanutí dobře vidět. U zkoušky v otevřeném kelímku se vzorek zahřívá předepsanou rychlostí, dokud páry nehoří alespoň 5 sekund. V uzavřeném kelímku je vzorek zahříván v lázni po pravidelných teplotních intervalech, nemíchá se a po dvou sekundách se přikládá plamínek a sleduje se teplota, při které výpary vzplanou.

U čistých nových olejů je 190 – 235 $^{\circ}\text{C}$, mezní hodnota pro výměnu oleje je, jestliže klesne o 20 - 25 $^{\circ}\text{C}$ oproti novému. Kromě bodu vzplanutí se mohou u olejů i maziv sledovat i jiné teplotní hranice, jako je bod zákalu a bod tuhnutí u olejů a bod skápnutí a meze pevnosti u plastických maziv.

Jiné teplotní hranice jsou bod zákalu a tuhnutí u olejů a bod skápnutí a mez pevnosti u plastických maziv.

9.5.3 Obsah vody

Laboratorní zkoušky se provádí ve dvou **etapách**. V první etapě se používají kvantitativní zjednodušené metody, jako je **prskací zkouška**. V druhé etapě se provádí

kvantitativní laboratorní zkoušky jako je **titrační coulometrická zkouška, reakce s hydridem kovů, a destilační zkouška.**

Voda v mazivu způsobuje:

- Korozi součástí,
- Vypadávání aditiv,
- Pěnění oleje,
- Tvorbu emulze,
- Zvyšování viskozity,
- Snižování oxidační stability,
- Tvorbu kalů.

Povolené množství je **0,2 % hmotnostní.**

Subjektivně je možné provádět i **vizuální** zkoušky, kdy se z odebraného a protřepaného vzorku v kádince sleduje zákal, nebo vrstvy (je pouze orientační).

Prskací zkouška dle ČSN 656231 se provádí u zhomogenizovaného vzorku, ze kterého se odebere malé množství oleje (2 – 3 kapky) a kápnou se na vyhřátou desku na 180°C. Olej se rychle roztéká, a jestliže je v něm voda, vznikají bublinky vodní páry po různě dlouhou dobu (zkouška je vhodná pro provozní podmínky).

Coulometrická titrační zkouška dle ČSN 650330 - Fischerova metoda při které se v titrační nádobě s průchodem vzduchu uvolňuje jód, která reaguje s vodou (mol jódu s molem vody – 1 mg vody má ekvivalent 10,71 A.s⁻¹). Po zreagování veškeré vody je elektrochemicky na elektrodě indikována koncentrace nadbytečného jódu v nádobce.

Destilační zkouška dle ČSN 656062 spočívá v destilaci s xylenem, kdy páry rozpouštědla strhávají molekuly vody a kondenzují v kalibrované nádobě (jedná se oproti coulometrické metodě a méně přesnou zkoušku).

9.5.4 Číslo kyselosti a alkality

Změna oproti čerstvému oleji je kazatelem stárnutí oleje, dochází ke zvýšení korozivnosti a zhoršení viskozity.

Provádí se zkouška dle ČSN 656071 **pH metrem**, při které se provádí tzv. vytřepání kyselin a zásad ve vodě, nebo vodním roztokem lihu a stanoví se pH metrem, nebo reakce s indikátorem.

Další možná zkouška je dle ČSN 656070 **hydroxidem draselným KOH** (mg KOH na gram oleje), při které se provádí titrace alkalickým roztokem hydroxidu na barevný indikátor a potom stanoví se **číslo kyselosti TAN** (Total Acid Number), které informuje o nárůstu kyselých látek a množství hydroxidu v mg spotřebovaného na neutralizaci všech kyselých složek v jednom gramu vzorku.

Dále zkouška dle ČSN 656069 **kyselinou chloristou** udává množství kyseliny v mg spotřebovaných na neutralizaci jednoho gramu vzorku a stanoví celkové **číslo alkality TBN** (Total Base Number). Udává, zda je olej ještě schopen udržet motor v čistém stavu. Nemá klesnout pod **50 %** hodnoty čistého oleje.

TBN nesmí být nižší než TAN (olej má být tedy mírně zásaditý). Pro kyselost je možné použít i přibližnou metodu testování na předem stanovenou hranici neutralizací kyselých složek hydroxidem alkalického kovu. Smíchá se stejný objem oleje a hydroxidu, směs se protřepe a nechá 15 minut stát. Směs se pak rozdělí na dvě vrstvy a sleduje se zbarvení horní vrstvy. Jestliže je modrá, nebo modrozelená je číslo

kyselosti nižší než mez daná koncentrací hydroxidu (nad danou mez). Jestliže je zelená, je číslo kyselosti rovno a je-li žlutozelená až žlutá, tak je číslo kyselosti pod danou mez.

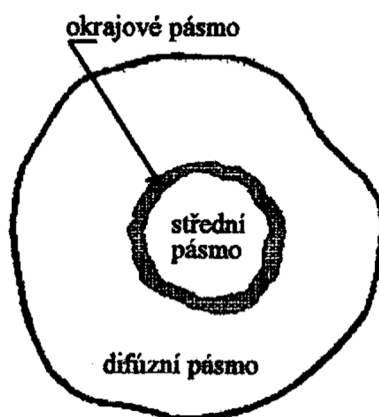
9.5.5 Conradsonův karbonizační zbytek CCT

Tímto testem se sleduje náchylnost k tvorbě uhlíkatých úsad při vyšších teplotách. Provádí se CCT (Conradson Carbon Residue Test), což je určení hmotnostních podílů při termickém rozkladu bez přístupu vzduchu dle ČSN 656210 v % zbytku s přesností do 10 %.

9.5.6 Kapková zkouška olejů

Slouží pro orientační určení stupně znečištění oleje. Jedná se o rychlou a jednoduchou, ale nepřesnou subjektivní metodu. Kapka zhomogenizovaného oleje se nanese tyčinkou na vodorovný napnutý filtrační papír z výšky maximálně 5 mm. Kapky mají být stejně velké, teplota 20°C a doba vsakování 20 minut. Papír se pak prosvítí a sleduje se tmavost, rozsah a struktura vsáklé kapky, lze určit orientačně i přítomnost vody.

Je-li olej ještě dobrý, má skvrna čtyři soustředné kruhové vrstvy (viz obrázek č. 35).



Obrázek č. 35 – Kapková zkouška

Ve středním pásmu jsou největší částice (neprůsvitné karbonové látky). Okrajové tenké pásmo je zadní pásmo velkých karbonových částic. V difúzní zóně jsou částice menší než 5 μm . V ní se hodnotí detergentní vlastnosti oleje. Zmizí-li toto pásmo, hrozí již nadměrné množství karbonu v oleji. Za difúzním pásmem je pásmo čistého oleje bez nečistot. Má nažloutlou barvu, její velikost závisí na stupni oxidace oleje. Pro přesnější posouzení je vytvořena **kvantitativní stupnice** podle tmavosti skvrny při prosvícení papíru (od mírně znečištěného, přes středně po silně znečištěný a obsah vody).

9.5.7 Nerozpustnost v HEO

Provádí se ředění vzorku n-Hexanem 97 %, Etanolem 2 % a kyselinou Olejovou 1 % a následně separace nerozpustných látek odstředěním do vyčeření, nerozpustný zbytek se vysuší a zváží (určí se hmotnostní procenta).

9.6 Spektrální analýza

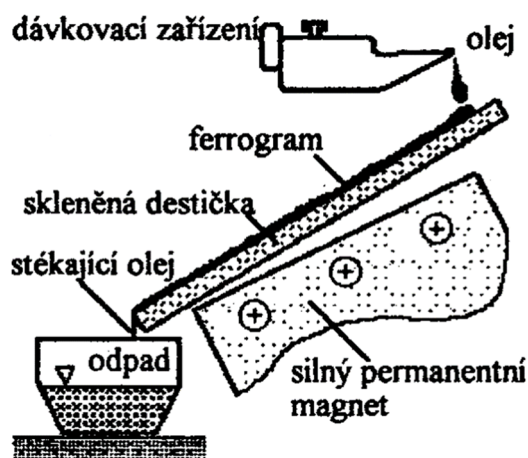
Infračervená spektrometrie – vystavení infračerveným paprskům a měření jeho pohlcením lze zjistit:

- Obsah oxidačních produktů,
- Úbytek přísad v oleji,
- Obsah vody,
- Pokles pH,
- Obsah paliva,
- Obsah karbonu.

Olej se nanese na povrch krystalu selenoidu zinečnatého a prosvítí se. Určité vlnové délky pak odpovídají jednotlivým složkám ve vzorku.

9.7 Ferografická analýza

Separují se magnetické částice na analytickém polarografu (viz obrázek č. 36) a následně se pod mikroskopem vyšetří.



Obrázek č. 36 – Analytický polarograf

Vzorek maziva se přivede na horní okraj šikmo skloněné skleněné desky nad silným magnetem. Magnetické částice se segregují do řetězců kolmých na směr stékání oleje a sedimentují se podle velikosti. Olej se nechá stéct a částice na destičce zůstanou pro následné sledování.

Je možné použít i další metody na principu magnetických částic (atomová emisní spektrální analýza, atomová absorpční spektrální analýza a polarografické metody). Jedná se o velmi přesné metody, ale neposuzují tvar a velikost částic (nerozpoznají děje v motoru).

9.8 Atomová spektrální analýza

Jedná se o přesnou laboratorní metodu, při které se vzorek oleje zředí metylizobutylketonem a vytvoří se směs se vzduchem a v přístroji se tato směs zapálí. Tím dojde k atomizaci a absorpci (emisi) příslušných vlnových délek světla podle druhu kovů. Množství se určí porovnáním se standardem.

9.9 Kolorimetrická metoda

U této metody se sleduje propustnost světla vzorkem oleje. Vzorky otěrových kovů se extrahují do vodní fáze a fotometricky se stanoví jejich obsah. Jedná se o levnou a rychlou metodu RAMO.

9.10 Obnova vlastností mazacího oleje

- Doplnění během provozu,
- Výměna celé náplně,
- Čistění oleje
 - Fyzikálně – filtrace, odstředění, absorpce,
 - Chemicky – rozpouštění rozpustných látek.

9.11 Tribodiagnostika plastického maziva

Tato maziva jsou tvořena koloidními podskupinami gelů, solí nebo rosolů. Mají kapalnou (mazací olej) a tuhou fázi (disperzní látka).

Struktura může být:

- Máslovitá,
- Vlákniatá,
- Houbovitá,
- Zrniatá.

Vyrábí se z ropných olejů zpevněnými na požadovanou konzistenci (kovovými mýdly) a mohou obsahovat i přídavné látky (grafit et c.).

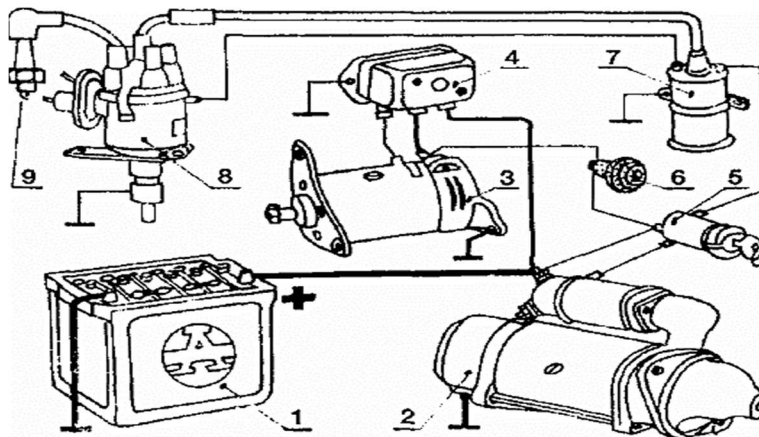
Volba druhu maziva se provádí podle:

- Teploty použití,
- Stálosti proti hnětení,
- Odolnosti proti vodě,
- Ochráně proti korozi,
- Trvanlivosti.

Hodnotí se podle stupně tuhosti penetračním kuželem.

10. Diagnostika elektrické soustavy vozidel

Celý rozvod je proveden jako stejnosměrný jednovodičový (kladný pól + tvoří vodiče měděné, zapojené přes pojistku a příslušný spínač ke spotřebičům, záporný pól (-) tvoří kovové části vozidla (karoserie, rám et c.). Vzor elektrické soustavy viz obrázek č. 37.



Obrázek č. 37 – Elektrická soustava vozidla 1) akumulátorová baterie, 2) spouštěč, 3) točivý zdroj (dynamo, alternátor), 4) regulační relé, 5) spínací skříňka, 6) kontrolka nabíjení, 7) zapalovací cívka, 8) rozdělovač, 9) zapalovací svíčka

10.1 Pravidla při diagnostice závad v elektrické soustavě

- Při druhotné závadě vyhledat a odstranit prvotní příčinu,
- Před demontáží jakéhokoliv elektrického zařízení je nutné odpojit akumulátor přerušením jeho spojení s kostrou vozidla,
- U elektronických zařízení musí být důsledně dodrženy pokyny výrobce zařízení nebo vozidla.

10.2 Jištění proti přetížení

Každý spotřebič jištěn **tavnou pojistkou** v pojistkové skříni vozidla, nebo těsně před spotřebičem (např. autorádio). Při závadě na spotřebiči (zkrat, přetížení) se přetaví pojistka a přeruší obvod, ostatní části fungují dál. Pojistky mohou být různých velikostí a tvarů, nejčastěji plastové s tavným drátkem. **Hodnota** se udává v ampérech (odpovídá zatížení spotřebiče). Jsou rozlišeny **i barevně** (světle hnědá 5 A, červená 10 A, modrá 15 A, žlutá 20 A, bílá 25 A, zelená 30 A). **Subjektivní** metoda diagnostiky spočívá ve zrakovém ohodnocení, zda je, nebo není tenký tavný drátek přerušen. **Objektivní** metoda diagnostiky spočívá v kontrole zkoušečkou (nebo žárovkou) spojením svorky před a za pojistkou. Přepálenou pojistku nahrazujeme pouze pojistkou se stejnou hodnotou. Jestliže se spálení pojistky opakuje, elektrický okruh příslušného spotřebiče musíme zkontrolovat a opravit.

10.3 Zapojování spotřebičů

Po připojení akumulátoru zapojujeme jednotlivé přístroje **postupně** od spínací skříňky přes pomocné ovládací přístroje, pojistkovou skříňku a svorkovnice (podle označení svorek je normalizováno podle ČSN). **Schéma** zapojení elektrické instalace bývá na krytu pojistkové skříně. Před zapojováním volíme potřebný **průřez vodiče** a správnou **pojistku** podle příkonu příslušného spotřebiče.

10.4 Pravidla pro hledávání závad

Předně se snažíme zjistit, jestli se jedná o závadu **vlastního zařízení**, nebo o závadu v **přírodním vedení**. Závadu vyhledáváme **systematicky**, postupujeme směrem **od zdroje ke spotřebiči** pomocí žárovkové zkoušečky nebo multimetru.

Nejčastější závadou **na vlastním zařízení** je **přechodový odpor**, který bývá příčinou nesprávné činnosti nebo úplného vyřazení spotřebiče z provozu. Spočívá nejčastěji ve špatném nebo **nedostatečném spojení** spotřebiče s kostrou vozidla. Kontrola se provádí tím způsobem, že se jeden z přívodů zkušební žárovky připojí přímo na plus pól akumulátoru (minus je ukostřen) a druhý postupně na kostru vozidla a na ukostřenou svorku elektrického zařízení. Pokud se projeví ve svítivosti žárovky znatelný rozdíl, jde o špatné ukostření.

Při kontrole **přívodu** proudu k elektrickému zařízení se nejdříve ujistíme o správném **zapojení akumulátoru**, a zda pracují ostatní spotřebiče zapojené ve stejném obvodu. Dalším krokem je kontrola příslušné **pojistky** a potom postupně zapojujeme **zkoušečku** na kostru vozu a k přírodním svorkám směrem **od spotřebiče ke zdroji** a kontrolujeme, je-li na nich napětí. Pokud na nich není napětí, je závada ve vedení. Pokud ano, je závada v spotřebiči.

10.5 Akumulátor

Používá se zejména jako **zásobní zdroj** stejnosměrného elektrického proudu a napětí pro start spalovacího motoru. Na zkrácení životnosti má vliv trvalé zatěžování vysokými nabíjecími a vybíjecími proudy, přebíjení a hluboké vybíjení akumulátoru, vysoká provozní teplota a vysoká hustota elektrolytu, použití znečištěného elektrolytu a destilované vody, pokles hladiny elektrolytu pod horní rámy elektrod, provoz v prostředí s plyny nebo párami, které poškozují akumulátor a silné otřesy, nárazy a vibrace.

Parametry oloveného akumulátoru:

- **Hustota** elektrolytu $1,285 \text{ g.cm}^{-3}$ (1,270~1,330 dle nabití),
- **Napětí** článku 2,4 V,
- **Kapacita** akumulátoru jako schopnost dodávat požadovanou intenzitu elektrického proudu bez výrazného poklesu napětí Ah (kolik hodin je schopna dodávat proud jeden Ampér).

10.6 Diagnostika akumulátoru

Klidové napětí celého akumulátoru se sleduje jednu až dvě hodiny po skončení dobíjení.

Porovnává se naměřené napětí používaného akumulátoru s klidovým napětím nového:

- U nových 12,8 – 13 V,
- U starších 12,6 – 12,4 V,
- Vybitý 11,8 V.

Klidové napětí jednotlivých článků mezi sebou. Tímto způsobem lze stanovit předešlé zacházení s akumulátorem, nebo chybu na jednotlivém článku. Měří se rozdílnost kapacity (vybíjení slabšího článku silnějším). Jedná se o ukazatel sesypání článku (činné hmoty) vedoucí až ke zkratu článku.

Hustota elektrolytu v jednotlivých člancích je ukazatelem kapacitní rozdílnosti jednotlivých článků. Kontroluje se, zda odpovídá údajům výrobce.

Napětí akumulátoru a článků při konstantním proudovém zatížení. Zde se sledují hodnoty napětí a vybíjecí křivka po dobu dle výrobce (Ah) tím způsobem, že se po minutových intervalech porovnávají s hodnotami stejného nového akumulátoru.

Napětí akumulátoru při zatížení. Při této diagnostice akumulátor zatěžujeme spouštěčem. První varianta se provádí při zařazeném neutrálu, druhá při zařazeném třetím, nebo čtvrtým převodovým stupni a brzdíme vozidlo cca 3 sekundy.

Vyhovující hodnoty:

- Pro první případ 1 – 9 V,
- Pro druhý 2 – 7 V.

Ukazatelem plného nabití je-li hustota elektrolytu $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$ (a po dvě hodiny se nemění), napětí na článku bez zatížení 2,6 – 2,7 V a všechny články stejnoměrně plynoují.

10.7 Poruchy akumulátoru

Poruchy bývají nejčastěji způsobeny špatnou péčí, chybami v elektrickém zařízení vozidla, jejímu opotřebením nebo jeho zestárnutí (dnes kolem pěti let). Projevem poruchy je **sulfatace desek**, což je vznik síranu olovnatého v deskách, vzrůst jejich odporu a ztráta vodivosti. Dochází k ní u delší dobu vybitého akumulátoru. Projevuje se vznikem bílých lesklých skvrn na deskách, značným snížením kapacity akumulátoru, plynováním článků krátce po zapojení na nabíječku, malou hustotou elektrolytu při zdánlivě nabitém stavu, abnormálně zvýšenou teplotou při nabíjení a zvýšeným napětím článků při nabíjení.

Další možnou příčinou poruchy akumulátoru je **zkrat mezi deskami** (spojení kladné a záporné desky článku vodivým předmětem). Příčinou je nerovnoměrnost vybíjení a nabíjení (opakované startování až do vybití a poté rychlé dobíjení větším proudem). Nejčastěji tímto vzniká vysoká vrstva kalu z odpadlé činné hmoty a usazené na dně akumulátoru (stárnutí). Kal je možno částečně odstranit několikanásobným propláchnutím destilovanou vodou.

Běžnou poruchou akumulátoru je **samovolné vybíjení**. Pohybuje se kolem 0,5 – 1 % kapacity denně. Tuto vlastnost je nutno brát v úvahu při odstavení vozidla mimo provoz. Spolu s kolísáním teploty elektrolytu značně urychlují sulfataci. Při dodržení pravidel ošetřování a udržování nemůže k sulfataci vlivem samovolného vybíjení dojít.

Porucha může vzniknout i při **podbíjení** tzn., není-li akumulátor nabíjen do všech znaků konečného nabití a nabíjíme-li pouze do počátku plynování (plynování jen u záporných desek a aktivní hmota kladných desek sulfatuje). Stejně tak i při **přebíjení**, což je nabíjení silnějšími proudy po dosažení plynovacího napětí a příliš časté nabíjení při hojném plynování. Způsobuje vydávání aktivní hmoty na kladných deskách, snižuje se kapacita a zvyšuje možnost zkratů. Po dosažení plynovacích napětí 2,4 V na článek se má nabíjecí proud snížit na 25 – 50 % původního (dnes proces nabíjení řídí procesor dobíječky).

Nebezpečné pro akumulátor je **hluboké vybíjení**. Dochází k němu nejčastěji při startování motoru až do úplného vyčerpání akumulátoru. Klesá napětí článku a hluboké vybíjení pod 1,7 V na článek se nedoporučuje.

Projevem poruchy může být i **výrazný zápach elektrolytu ve vozidle**. Ten může být způsoben porušením obalu akumulátoru, vysokou hladinou elektrolytu, anebo příliš velkým napětím ve zdrojové soustavě (porucha regulátoru dobíjení).

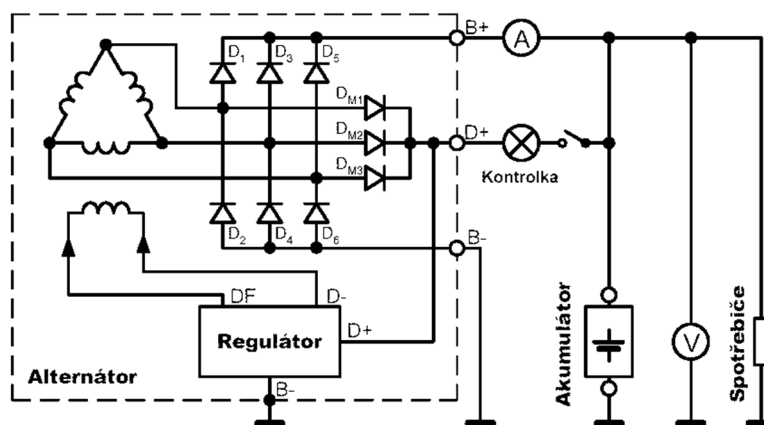
Vypadávání činné hmoty desek bývá způsobeno dlouhodobým zatěžováním (startování), trvalým přebíjením, nadměrnými vibracemi (zemědělské stroje) a tepelným poškozením (nabíjení v prostoru nad 70°C).

Po velkém odběru je elektrická soustava bez proudu. Tato porucha je způsobena přechodovým odporem v blízkosti akumulátoru (stav připojovacích svorek).

Parazitní (svodové) proudy u moderních systémů, které vyžadují trvalé připojení akumulátoru (hodiny, paměť řídicích jednotek, zabezpečovací zařízení et c.). Mají malý proudový odběr (20 mA), ale stálý. Jako parazitní proud se označuje odběr nad 35-70 mA. Příčinou může být i znečištění akumulátoru (propojí póly), nebo porušená izolace vodičů. Měří se pomocí ampérmetru propojení plusového pólu a kostry vozidla v klidu.

10.8 Alternátor

Alternátor je točivý **zdroj střídavého** elektrického proudu (buzen je rotor a elektrický proud se odebírá ze statoru). Celá elektrická soustava je řešena jako jednovodičová stejnosměrná, a proto je nutné střídavý proud usměrnit diodami (viz obrázek č. 38).



Obrázek č. 38 – Schéma zapojení alternátoru

Oproti tomu dynamo je zdrojem **stejnoseměrného proudu** (buzen je stator a elektrický proud je odebírán z rotoru). U dynamu nemusíme proud usměrňovat, ale má nižší hodnotu dodávaného proudu a napětí, zejména při nízkých otáčkách spalovacího motoru.

10.8.1 Diagnostika alternátoru

Porucha může vzniknout například **přerušení vinutí kotvy** (budící vinutí - rotor). Kontroluje se měřením elektrického odporu jednotlivých smyček vinutí ohmmetrem (nepřerušené vinutí má odpor v jednotkách ohmů, přerušení mnohonásobně větší). Je takto možné odhalit i mezizávitové zkratky.

Přerušení statorového (pracovního) vinutí (nepravděpodobné), mezizávitové zkratky neměřitelné, proražení izolace se kontroluje opět pomocí ohmmetru.

Kontrola usměrňovacích diod se provádí opět ohmmetrem, v propustném směru mají odpor v řádech Ω , v nepropustném v $k\Omega$.

Kontrola činnosti celého regulátoru, zejména velikost dobíjecího proudu a napětí lze provádět **přímo na vozidle** (bezdemontážní diagnostika), nebo **mimo vozidlo** po demontáži alternátoru a regulačního prvku na zkušební stolici.

Při kontrole přímo na vozidle se po zapnutí klíčku rozsvítí červená kontrolka, po spuštění motoru (roztočení alternátoru) kontrolka zhasne (informativní kontrola dobíjení). Přesněji lze pomocí voltmetru zapojeného na akumulátor při nastartovaném motoru měřit napětí (nemělo by přesáhnout 14,5V).

Při kontrole mimo vozidlo na stolici se kontroluje jak celkový dobíjecí proud celého alternátoru (činnost regulátoru dobíjení) v různém režimu otáček a zatížení, tak činnost jednotlivých částí alternátoru po jejich demontáži (propustnost diod, odpor smyček vinutí et c.).

10.9 Spouštěč

Pro spuštění moderních spalovacích motorů se používají stejnosměrné elektrické motory, které jsou připojeny silnými vodiči přímo k akumulátoru. Spouštěč zasune svůj ozubený pastorek do ozubeného věnce setrvačnicku a začne roztáčet celý motor.

Dle způsobu zasouvání pastorku do setrvačnicku se spouštěče rozdělují na:

- S výsuvným pastorkem,
- S výsuvnou kotvou,
- Bendix (pastorek se vysune setrvačnou rychlostí po šroubovici i s převodem).

10.9.1 Diagnostika spouštěče

Subjektivní metody spočívají v mechanické kontrole dotažení svorek a upevnění vodičů, kontrole uhlíků (čistota, volný pohyb v držácích, oštípané a opálené), dotyková plocha má být zaběhnuta nejméně na dvou třetinách celkové plochy, opotřebené vyměníme. Komutátor má být hladký, hnědočervený nádech na dráze uhlíků, lamely nesmějí mít opálené hrany, mikanitová izolace má být nejméně 0,5 mm pod úrovní lamel, vyčistíme od uhelného prachu hadříkem namočeným v lihu nebo benzínu. Konce smyček vinutí kotvy nesmějí mít stopy rozletování (snížení vodivosti spojů a výkonu spouštěče).

Objektivní metody spočívají v kontrole elektrických parametrů opět **na vozidle** ampérmetrem nebo **na zkušební stolici**.

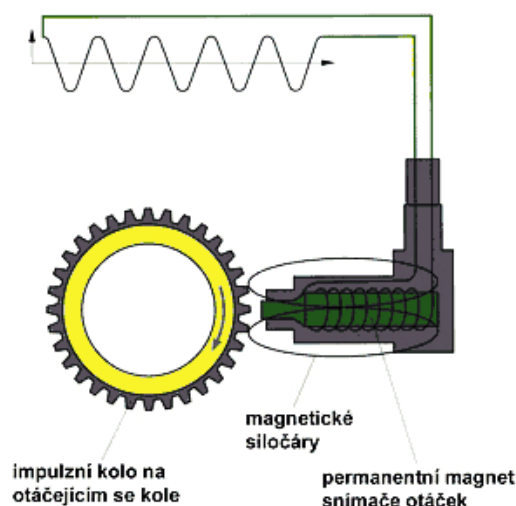
Na vozidle je nutné zkoušet s úplně nabitým akumulátorem nejméně po deseti sekundových spouštěních s přestávkami mezi spouštěním nejméně 6 sekund. Při zapnutí spouštěče naprázdno nesmí odebíraný proud přesáhnout 120 A při 11 000 ot.min⁻¹. Neozve-li se po stisknutí startovacího tlačítka charakteristické cvaknutí kontaktů, je spálena cívka elektromagnetického spínače nebo přerušeno vedení ke svorce číslo 50.

Při kontrole na testovací stolici má spouštěč při zatížení odebírat maximální proud 450 A při napětí baterie 10 V a 3000 ot.min⁻¹. Spínač musí spolehlivě a plynule spínat při 6,5 V a rozpínat při maximálně 4,5 V.

11. Elektronika ve vozidlech

V moderních silničních vozidlech, ale i v zemědělských mobilních energetických prostředcích se uplatňuje celá řada elektronických systémů zvyšující bezpečnost provozu, stabilitu vozidel a snadné ovládání i při ztížených podmínkách.

Jedním z prvních je systém **ABS (Anti-Blockier-System)**, který zabraňuje zablokování kola při brzdění a tím ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou, zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla v mezních situacích. V každém kole (dnes již třeba i u návěsů a přívěsů) je umístěn indukční snímač otáček (Hallův snímač viz obrázek č 39), který sleduje jejich otáčení a v případě zablokování některého z nich přes řídicí jednotku sníží tlak v brzdovém systému k tomuto kolu.



Obrázek č. 39 – Hallův snímač

S tímto systémem úzce spolupracuje další systém s označením **EDS (Elektronische-Differenzial-Sperre)** anglicky **EDL (Electronic-Diferencial-Lock)**, což je elektronický závěr diferenciálu, který samočinně přibrzdí protáčející se hnací kolo např. na náledí nebo mokré krajnici silnice. Nadstavbou tohoto systému je systém **XDS**, který při rychlém průjezdu zatáčkou přibrzdí vnitřní kolo a přes diferenciál se více otáček přenáší na vnější kolo (drží vozidlo v zatáčce).

Systém označovaný jako **ASR (Anti-Slip-Regulation** též **ASC, DTC, EDS, ETC, ETC, TCS, TC aj.)** je v podstatě protiprokluzová soustava, která při rozjezdu nebo akceleraci samočinně zamezuje prokluzu jednoho či obou hnacích, resp. všech kol (přibrzdí je). Zasahuje i do řízení motoru - sníží podle potřeby jeho otáčky.

Systém **ESP (Electronic-Stability-Programme)** během jízdy porovnává chování vozidla s vypočítanými a do systému zadanými hodnotami. Řidičem požadovaný směr jízdy zjišťuje **ECU (Electronic-Control-Unit)** snímáním úhlu natočení volantu, rychlost stanoví z otáček kol, snímaných čidly ABS (skutečný jízdní stav je odvozen z příčného zrychlení, z otáčení vozu okolo jeho svislé osy). Pokud se pohyb vozidla začne odlišovat od vypočtených hodnot, znamená to zárodek smyku a okamžitě se aktivuje stabilizační proces (přibrzdění kola).

XDS (nastavba EDS – Diferencial spere) při rychlém průjezdu zatáčkou přibrzdí vnitřní kolo a přes diferenciál se více otáček přenáší na vnější.

Systém **EBS (Elektronische-Bremskraftverteilung-System)** je elektronický rozdělovač brzdné síly, u kterého porovnáním zpoždění kol na přední a na zadní nápravě zjišťuje řídicí jednotka ABS rozdělení brzdných sil. Samočinně rozděluje intenzitu brzdného účinku mezi nápravy podle jejich okamžitého zatížení a optimálně snižuje brzdící tlak v zadní nápravě (je při brzdění odlehčována). Obě nápravy tak vždy nejlépe využívají svých brzdících možností.

Alcoguard (alkoholový zámek) zajistí, aby bylo možné nastartovat vozidlo, musí řidič fouknout do bezdrátového přístroje. Pokročilá čidla není možné obejít (použít externí zdroje, například vzduchovou pumpu apod.)

Systém **MSR (Motor-Schleppmoment-Regelung)** je systém regulace brzdění motorem při ubrání plynu vytváří motor točivý moment, který působí na hnací kola a brzdí vozidlo (brzdění motorem). Zjistí-li senzory ABS tendenci motorem brzděných hnacích kol ke smyku, vydá systém MSR prostřednictvím sběrnice (CAN-BUS) pokyn řídicí jednotce motoru a ta mírně zvýší otáčky motoru.

Systém **BAS (Brake-Assistent-System)** monitoruje rychlost a intenzitu sešlápnutí brzdového pedálu. Vyhodnotí kritickou situaci a zvýší tlak v brzdě soustavě (i při málo sešlápnutém pedálu). Při pomalém dobržďování, nebo přibrzďování je systém v nečinnosti.

MCB (Multi Collision Brake - Multikolizní brzda) je systém snižující riziko vícenásobných kolizí. Po prvním nárazu by už nemělo dojít k další srážce. Automaticky sepne brzdy ve chvíli, kdy je aktivovaný některý z airbagů aniž by řidič sám brzdil. Systém navíc spolu s dalšími elektronickými pomocníky pomáhá automobil udržet ve stabilizovaném směru a brání mu opustit jízdní pruh.

Systém **HAC (Hillstart-Assist-Control)** a **DBC (Dynamic-Brake-Control)** je asistent rozjezdu do svahu HAC a sjezdu ze svahu DBC. Zapojí brzdy proti nechtěnému brzdění a ze svahu udrží vozidlo pod kontrolou.

HUD (Head-up Display) je průhledová obrazovka, do které se promítají potřebná data (o rychlosti, z navigace apod.) na čelní sklo před řidiče tak, aby nemusel přeastřovat při změně pohledu z vozovky na přístrojovou desku. Je možné i na sklíčko nad přístrojovou deskou.

Airbag (vzduchový polštář) při nárazu:

- 0 ms - náraz,
- 25 ms - senzor hlásí náraz, odpálení roznětky,
- 40 ms - vak se začíná plnit plynem a kryt se trhá,
- 60 ms - vak je naplněn a zachycuje cestujícího,
- 110 ms - cestující je maximálně ponořen do vaku a začíná se pohybovat zpět,
- 150 ms - cestující se pohybuje zpět do sedačky, airbasy se vyprazdňují.

Systém **AFS (Adaptive-Frontlight-System)** je systém natočení předních světlometů. Snímače analyzují v závislosti na poloze volantu úhel natočení kol a automaticky horizontálně natočí do tohoto směru i světlometry.

Systém **SCL (Static-Cornering-Lights)** znamená statické přisvěcování předních světlometů do zatáčky. Odbočovací světlomet nebo mlhovka se rozsvítí společně s odbočovacím signálem směrovky.

Systém **ACC (Adaptive-Cruise-Control)** je adaptivní řízení jízdy k dosažení úplného řízení podélného pohybu vozidla při každé rychlosti s funkcí udržování

vozidla v jízdním pruhu. Zjišťuje a vyhodnocuje překážky před vozidlem (udržuje odstup), zjišťuje a vyhodnocuje překážky v blízkosti vozidla, po jeho stranách a vzadu. Videokamera vyhodnocuje překážky označené radarem a rozpoznává podélné značení, infrasenzor rozpoznává podélné značení. Bez překážek systém pracuje jako běžný tempomat.

ALChA (Active Lane Change Assist – nadstavba ACC) řídí přejíždění z pruhu do pruhu. Zjistí, jestli je kolem auta dostatečný prostor a když řidič zapne směrovku na delší dobu než dvě sekundy, automobil se sám bez zásahu řidiče zařadí do zvoleného jízdního pruhu.

ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) jsou elektronické systémy usnadňující řízení automobilu. Patří mezi ně adaptivní tempomat, varování před vozidly v mrtvém úhlu, systém sledující dopravní značení. Jedná se o předchůdce autonomních systémů.

LDWS (Lane Departure Warning System) upozorňuje řidiče na opuštění jízdního pruhu. V případě potřeby je vůz automaticky vrácen do pruhu.

TJA (Traffic Jam Assist) se již blíží semiautomatickému řízení. Dokáže automobil sám řídit při jízdě pomalou rychlostí v koloně. Funguje jen na krátkou dobu, v malé rychlosti a v době, kdy má řidič ruce na volantu.

Systém **BSM (Blind-Spot-Monitoring)** je monitorování slepého úhlu vozidla. Senzory monitorují vozidla v prostoru slepého úhlu a zobrazí siluetu vozidla ve zpětném zrcátku, nebo přístrojové desce.

ADS (Adaptive Damping Systém - aktivní regulace podvozku) přizpůsobí charakteristiky tlumičů aktuálním podmínkám na vozovce. Volkswagen pod označením DCC (Dynamic Chassis Control), BMW DDC (Dynamic Damper Control) a Mercedes-Benz třídy S systém MBC (Magic Body Control s funkcí Road Surface Scan - “předvídatelné” odpružení se stereokamerou).

Systém **APS (Assistant-Parking-System)** je systém pro automatické parkování, za pomoci videosenzorů, radaru a zadní kamery.

APB (Automatic Parking Brake - automatická parkovací brzda) pouze stlačením spínače ovládaná parkovací brzda. Lanka s elektromotorem, nebo bez lanek přímo v třmenech brzd. Musí být upravené třmeny kotoučové brzdy. Brzdicí tlak vytváří hydraulický agregát ESP.

TSA (Trailer Stability Assist) je pomocník při jízdě s přívěsem. Umí rozpoznat kmitání taženého vleku a reaguje přibrzděním auta a vyrovnává smyk návěsu.

TA (Trailer Assist) pomáhá s parkováním (VW). Řidič jen udá pokyn, kam má vůz i s přívěsem zaparkovat a automatika se už postará o zbytek procesu.

Systém **DAM (Driver-Attention-Monitoring)** je systém kontroly pozornosti řidiče. Monitoruje speciální kamerou v interiéru vozu pohyby očí a mrkání, vyhodnocuje kondici řidiče. Neustále sleduje frekvenci pohybů očních víček a při dosažení mezní hodnoty vypne motor a zastaví vozidlo.

Hyundai vyvinul systém **DDREM (Departed Driver Rescue & Exit Maneuver)** u kterého pokud elektronika vyhodnotí, že řidič usnul, dokáže převzít na

krátký okamžik řízení do autonomního módu (bez zásahu řidiče v jakémkoli druhu provozu). Vyhledá místo a bezpečně zaparkuje u kraje vozovky.

Systém **RMS (Remote-Monitoring-System)** je zařízení pro sledování dopravního značení. Digitální displej řidiče neustále informuje o všech aktuálních dopravních příkazech a omezeních.

Systém **cEM (connected Energy Management)** vyvinul Continental v rámci technologií Super Clean Electrified Diesel. Ovládá rozhodování, kdy by vůz měl brzdít motorem nebo kdy by měl rekuperovat brzdovou energii. Spolupracuje s daty o trase z navigace nebo z naučených tras a s daty o hustotě provozu. Semaforový asistent dokáže předpovědět, jestli bude na příštím semaforu červená nebo zelená.

TPMS (Tire Pressure Monitoring System) je systém kontroly tlaku v pneumatikách.

Řidiče v reálném čase informuje o poklesu tlaku v některé z pneumatik. Od listopadu 2014 je systém v EU povinný.

pWLAN zavede Volkswagen v roce 2019. Je to komunikační technologie jak mezi vozidly (Car-to-Car), tak i mezi vozidly a dopravní infrastrukturou (Car-to-X). Zajistí výměnu vybraných informací důležitých pro silniční provoz mezi vozidly bez ohledu na jejich výrobce. Výstražná upozornění a informace o místních a nově vznikajících dopravních rizicích. Policejní složky a záchranné služby vysílají informace o vzdálenosti a směru, z něhož se přibližuje vozidlo s právem přednostní jízdy.

Start stop systém je údajně schopný citelně snížit papírovou spotřebu penalizovanou EU. Bez vůle řidiče vypíná motor, když vůz zastaví a startuje jej, když se má znovu rozjet, má ale negativní vliv na opotřebení uložení klikové hřídele.

Motormanagement je systém pro řízení režimu spalovacího motoru. Pro každou polohu akcelérátoru, zatížení motoru, otáčky motoru a rychlosti vozidla jsou v paměti počítače uloženy údaje pro množství vstříkovaného paliva, předstih zážehu i jiné. Řídicí počítač neustále porovnává digitalizované skutečné údaje snímačů s údaji v paměti a regulačními zásahy se snaží odchylku minimalizovat.

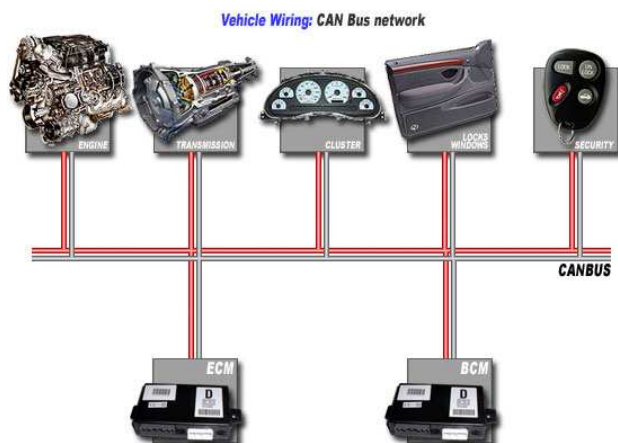
Autonomní řízení zahrnuje celkem pět stupňů (první dva jsou „pouhé“ asistenční systémy):

- První stupeň je adaptivní tempomat
- Druhý stupeň je systém hlídání jízdy v pruzích (částečně zasahuje do řízení)
- Třetí stupeň je tzv. podmíněná automatizace (přebírá za řidiče řízení vozidla v případě, že má dostupné všechny informace týkající se okolí jedoucího auta)
- Čtvrtý stupeň je vysoká automatizace (systém převezme řízení v případě zajištění předem daného druhu provozu – dálnice)
- Pátý stupeň - auto jezdí samo za všech podmínek.

Systém **ECU (Electronic-Control-Unit)** znamená vestavěný počítač pro řízení automobilových systémů (motor, brzdový systém, automatická převodovka, et c.). Řídicí jednotka sleduje činnost systému pomocí elektrických vstupů od senzorů. Regulační zásahy provádí řídicí jednotka pomocí elektrických výstupů akčními členy. Pro vzájemnou komunikaci slouží síťové rozhraní, obvykle sériové sběrnice CAN, LIN, nebo FlexRay.

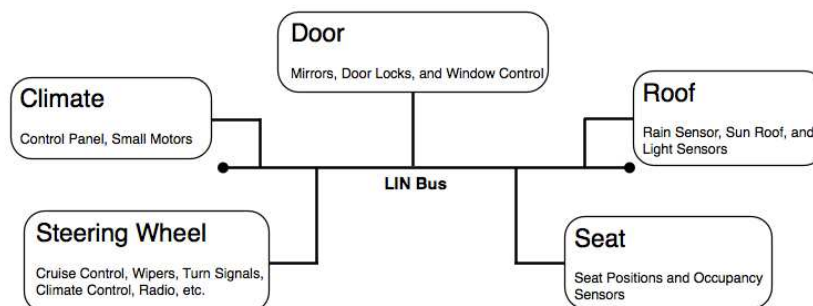
CAN-BUS (Controller-Area-Network) je datová sběrnice CAN = dvě vedení datové sběrnice, dvoje ukončení datové sběrnice a jednotky připojené ke sběrnici

(musí obsahovat řadič a budič CAN sběrnice). Kromě vedení jsou všechny komponenty v řídicích jednotkách. Ukončení datové sběrnice je pomocí rezistorů (z důvodu zabránění odrazům elektrických signálů viz obrázek č. 40). Vedení datové sběrnice je řešeno kroucenou dvoulinkou (k zamezení průniku rušení z okolí a porušení přenášených dat).



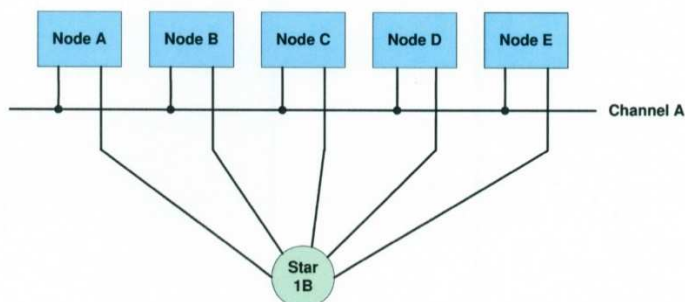
Obrázek č. 40 – Sběrnice CAN-BUS

LIN - BUS (Local-Interconnect-Network) je sběrnice komunikující po jednom vodiči (viz obrázek č. 41). Nízkorychlostní komunikace ovládá zařízení v časech okolo 100 ms.



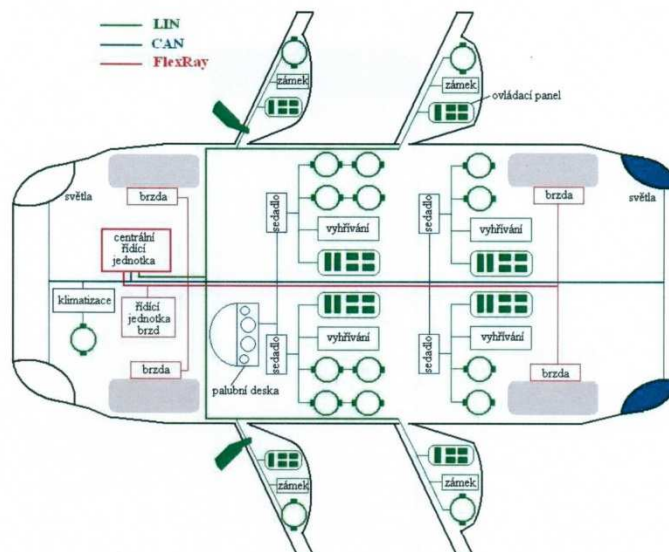
Obrázek č. 41 – Sběrnice LIN-BUS

FlexRay (Flexible Ray) neboli flexibilní paprsek je sběrnice s velkou přenosovou rychlostí (viz obrázek č. 42). Má velmi dobrou ochranu přenášených dat. Dvoukanálová struktura a zároveň statický i dynamický přístup na sběrnici.



Obrázek č. 42 – Sběrnice FlexRay

Systém sběrnic a řídicích jednotek se ve vozidle kombinuje - viz obrázek č. 43.



Obrázek č. 43 – Kombinace sběrnic ve vozidle

Poslední model Škoda SuperB (druhá generace) má 36 řídicích jednotek a 1 650 m kabelů. Seznam zkratk elektronických systémů vozidel a jejich překlad a význam viz: <http://auta5p.eu/informace/info/zkratky.php>

11.1 Diagnostika elektroniky

Činnost elektronických systémů vozidel vychází ze správné komunikace mezi snímači, řídicími jednotkami a akčními členy. Z tohoto důvodu jsou sledované veličiny velmi rozmanité:

- Teplota (vzduchu, chladicí kapaliny),
- Tlak (ve sběrném potrubí, při sání - podtlak),
- Průtok (vzduchu, paliva),
- Poloha (vačkový hřídel, klapky a ventily, klikový hřídel),
- Rychlost (pohybu vozidla, otáčení kol, volantu, motoru),
- Zrychlení (náraz –AirBag, brzdění –protiskluzový systém),
- Vibrace (motoru, klepání),
- Chemické složení (kyslík, CO),
- Elektrické napětí, proud, odpor.

11.1.1 Teploměry

Bimetalové jsou tvořeny dvěma pásky různého kovu k sobě pevně spojené, kdy se využívá různé teplotní délkové roztažnosti dvou kovů, pásek se deformuje. Použití pro hrubé měření nebo regulaci.

Odporové využívají závislost elektrického odporu vodiče nebo polovodiče (termistory) na teplotě.

Termoelektrické využívají jev, který vznikne vodivým spojením konců dvou vhodných materiálů, a tyto spoje udržujeme na různých teplotách. Tím vznikne mezi nimi elektromotorická síla (termoelektrické články např. měď – konstantan, niklchrom – nikl, platinorhodium – platina).

11.1.2 Snímače tlaku

S elektrickým výstupem (tenzometry) využívají deformační prvek a čidlo zaznamenávající deformaci. Jsou odporové (rezistory), kapacitní, piezoelektrické, optické, potenciometrické a indukční.

11.1.3 Snímače proudění

Odporové, kde v proudu nasávaného vzduchu je umístěno elektricky vyhřívané tělísko (drátek). Proud vzduchu jej ochlazuje a řídicí jednotka dodává takový proud, aby udržela konstantní rozdíl teploty mezi tělískem a vzduchem. Velikost tohoto proudu je přímo úměrná hmotnosti proudu vzduchu.

11.1.4 Měření chemického složení

U silničních vozidel nejčastěji **lambda sonda**, což je snímač obsahu volného kyslíku ve výfukových plynech. Čidlo je z pevného keramického elektrolytu a tvoří galvanický článok, vznikající na přepážce, oddělující dva prostory s různým obsahem kyslíku (srovnávacího - vzduch a měřeného - výfukové plyny).

11.1.5 Měření vibrací

Snímač klepání motoru, u kterého vibrace od tlakových vln rozkmitají kmitavý kroužek, ten naráží do kontaktního kroužku a ten stlačuje piezokeramický kroužek (z deformací vytváří elektrické napětí). Snímač se umísťuje na bok bloku válců tak, aby bylo rozlišeno, ve kterém válci došlo k samozápalu.

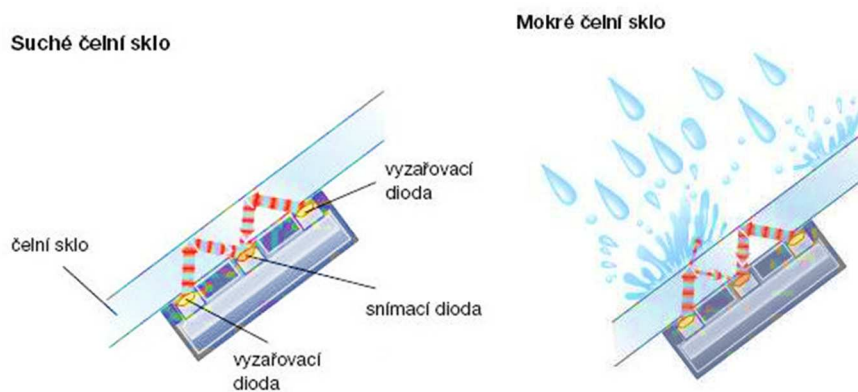
11.1.6 Měření zrychlení a zpomalení

Používají se senzory pro měření statického nebo dynamického zrychlení a měří se odstředivé a setrvačné síly, určují pozice tělesa, jeho naklonění nebo vibrace.

Senzory (akcelerometr, decelometr, gyroskop) jsou mechanické, mikroelektromechanické, chemické nebo piezoelektrické.

11.1.7 Senzor deště

Je umístěn v patici vnitřního zpětného zrcátka. Vyzařovací diody jsou rozděleny na dvě skupiny po 4 diodách, které střídavě vysílají infračervené záření. Mají-li dopadající paprsky od obou skupin stejnou intenzitu, nevzniká na snímací diodě žádné signálové napětí. Po dopadu kapky nemají světelné paprsky stejnou intenzitu (na snímací diodě vznikne signálové napětí a povel pro spuštění stěrače – viz obrázek č. 44).



Obrázek č. 44 – Snímač deště

11.2 Vlastní diagnostika elektroniky

Slouží k odhalení závady na motorovém vozidle, nebo nastavení či změny konfigurací jednotlivých zařízení. Elektronika má zajistit trvalý minimální obsah škodlivin ve zplodinách motorových vozidel. Tento systém je označován **EOBD (Euro-On-Board-Diagnostic)**. Při konstrukci se vycházelo ze zkušeností z USA. EOBD zjišťuje závady z hlediska výfukových plynů a prostřednictvím **MIL (Malfunction-Indicator-Lamp)** je indikuje na přístrojové desce.

Požadavky dle EOBD:

- Sledovat všechny komponenty, které se podílejí na složení výfukových plynů,
- Umožňovat kontrolu těchto komponent vnitřní diagnostikou,
- Používat normalizovanou diagnostickou zásuvku přístupnou ze sedadla řidiče,
- Ukládat chyby do paměti,
- Používat standardní kódy chyb pro všechna vozidla,
- Umožňovat optické varování řidiče v případě při závadě v systému,
- Chránit katalyzátor,
- Zobrazovat chyby na běžných diagnostických přístrojích,
- Zobrazovat provozní podmínky, při kterých k chybě došlo,
- Stanovit kdy a jak má být chyba s vlivem na obsah emisí ve výfukových plynech zobrazena,
- Používat standardizované označování součástí, systémů a chyb.

11.2.1 Rozdělení diagnostiky elektroniky

Vnitřní - sériová (přímo systémy vozidla) spočívá v komunikaci s řídicí jednotkou pomocí zařízení k tomu určených, test elektronických systémů vozidla, čtení chybových hlášení a diagnóza sledováním hodnot měřených a zprostředkovaných samotnou řídicí jednotkou, nebo její programování.

Řídicí jednotka ukládá do své paměti všechny zjištěné závady a mimořádné provozní stavy. Zjistí-li závadu neznemožňující provoz automobilu (některý z méně důležitých snímačů přestane fungovat), přepne automobil do nouzového režimu. Ten umožní dojet do servisu (signalizace řidiči). Upozorňuje na nutnost vyměnit po určitém počtu najetých kilometrů palivový filtr, filtr vzduchu nebo motorový olej. Je zde i možnost připojit diagnostický počítač a závady na něm z paměti řídicí jednotky přečíst.

Vnější – paralelní (diagnostickými systémy mimo vozidlo) zahrnuje všechny ostatní diagnostické metody, jako jsou měření a porovnání elektrických veličin jednotlivých členů a jejich vodičů s hodnotami předepsanými výrobcem, měření emisí analyzátozem za účelem zjištění kvality hoření směsi a těsnosti výfukového a sacího systému, test motoru externími senzory (standardní testy s možností porovnání naměřených a předepsaných veličin, analýza motoru nápovědou příčiny diagnostikované závady např. výkon, měří se např. multimetrem, nebo digitálním paměťovým osciloskopem - zapalování, vstřikování, komprese, těsnosti sání, účinnosti spalování jednotlivých válců motoru et c.).

11.2.2 Přenos diagnostických signálů

Signály je dnes možné přenášet v reálném čase prostřednictvím Bluetooth, WLAN, síť 4G (buduje se 5G), GPS nebo vstupu USB s infrastrukturou s ostatními

vozidly a dalšími instancemi. Data se využívají pro nejvhodnějších opatření pro následné nezbytné opravy a údržby. Hrozí-li akutní porucha vozidla, je informováno zákaznické asistenční centrum (CAC - Customer Assistance Center –Mercedes Benz, LIVELINK - JCB) a zajistí opravu v nejbližším servisu i s dodáním potřebných ND.

S nástupem elektroniky a přenosu signálů se objevily dva nové obory. **Telematika** (kombinace slov telekomunikace a informatika) je technologický obor zabývající se kombinací přenosu a zpracování dat se zobrazovacími a jinými sdělovacími systémy a prostředky a **konektivita** je rychlost připojení (sít' 5G má být rychlejší než reakce člověka – pro autonomní řízení).

12. Diagnostika podvozku silničních vozidel

Podvozek tvoří základní nosnou část vozidla. Jedná se o část vozidla bez karoserie, motoru a převodů. Společně se svým příslušenstvím činí vozidlo pojízdným a říditelným.

Podvozek tvoří:

- Rám,
- Pérování,
- Nápravy,
- Kola,
- Brzdové zařízení,
- Řízení,
- Příslušenství podvozku.

12.1 Rám

Rám je základní nosná část podvozku. Jsou na něm uloženy strojní skupiny hnacího ústrojí, převodů a všech částí podvozku. Zajišťuje přenos surné síly od hnacích náprav a reakcí vzniklých při brždění či zrychlování a otřesy. Jsou k němu uchyceny všechny funkčních částí automobilu.

Rozdělení ráků dle konstrukce:

- Žebřinový (obdélíkový, křížový),
- Páteřový (nástavný, vidlicový, kombinovaný),
- Plošinový,
- Příhradový (prostorový- autobusy),
- Samonosné karoserie,
- Polosamonosné karoserie.

12.1.1 Diagnostika ráků a karoserií

Subjektivními metodami se posuzuje prohnutí hlavních nosníků rámu a karoserie, praskliny, zkřížení a zkrivení podélníků a příček, rovinnost celého rámu, spojení příček s podélníky, nýtové a šroubové spoje, svary a celkový stupeň koroze.

Objektivní metody používají diagnostické systémy např. úhelníkové, univerzální, mechanické, optické a elektronické (mechanické nebo optické). Vycházíme z technických údajů od výrobce, nejdříve diagnostikujeme nápravy, pak vlastní rám nebo karoserii. Začínáme od zadní nápravy (určuje stopu vozidla).

12.2 Pérování

Pérování (odpružení) silničních vozidel tvoří soubor prvků vytvářející pružné spojení mezi nápravou a rámem, karosérií vozidla a nástavbou. Zabezpečuje především pohodlí jízdy, bezpečné a plynulé ovládání vozidla a bezpečné uložení nákladu. Dále chrání části vozidla před nežádoucími silovými účinky, zajišťuje styk pneumatik s vozovkou (přenos surné síly, brždění, zatáčení), mění tvrdé krátké rázy na dlouhé a měkké a eliminuje točivé a klopné momenty vznikající při rozjíždění a brždění.

Pérování tvoří:

- Pneumatiky,
- Vozové pružiny,
- Pružná sedadla (můžeme zařadit i silentbloky).

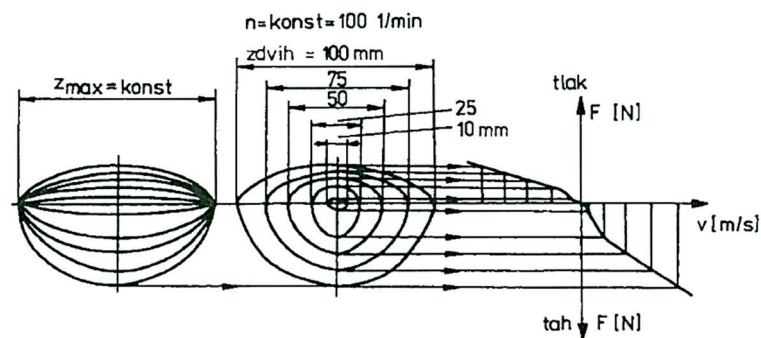
12.2.1 Diagnostika pérování

Subjektivní metody:

- **Kontrola listových per** - promazávání, upevnění držáků, dotažení třmenů, zajištění čepů, stav jednotlivých per - popraskané, vydřené, dotažení středového svorníku, dotažení spon a stav kluzných opěr,
- **Kontrola vinutých pružin** - nalomení, deformace, poškození dosedacích misek a únava pružin – změna délky,
- **Kontrola stabilizátoru** - únava materiálu, lom, opotřebení čepů a pryžová uložení a silentbloky,
- **Kontrola řízení** – řídicí tyče s čepy, tlumiče řízení, sloupky řízení, hřídele řízení, volant, řídítko a posilovač řízení,
- **Kontrola tlumičů pérování** - zjištění změn účinnosti a ověření provozuschopnosti, těsnost, únik oleje, mechanické poškození, povrchová koroze, stav pístnice – ohnutí, poškození, stav uchycení, vůle silentbloků, jízdní zkouška.

Objektivní metody:

- **Demontovaného tlumiče** - síla tlumení při nastavené rychlosti pístu tzv. výkonová charakteristika $P=F \cdot v$ [W] (viz obrázek č. 45).



Obrázek č. 45 – Výkonová charakteristika tlumiče pérování

- Bezdemontážní zkoušky tlumiče

Metoda **propružení** - zdokonalení subjektivní metody ručního propružení, po najetí na plošinu a uvolněním aretace padá vozidlo z výšky 100 mm,

Metoda **rezonanční** - nucené rozkmitání neodpérované hmoty, tzv. amplitudový test, kde se hodnotí amplituda a tvar a doba doběhu,

Adhezní metoda – zde se měří přítláčná síla kola ke zkušební plošině a porovnává se silou v klidu,

Dokmitové testery - měří dokmit rozhoupané karoserie, tzn. útlum svislého kmitání karoserie pomocí odrazu ultrazvukového signálu, poloha ramene (odporovým snímačem) a úhel klonění (úhlový pohyb kolem příčné osy vozidla).

12.3 Diagnostika zavěšení kol

Při této diagnostice zjišťujeme stav **pryžových silentbloků**, u kterých dochází k vymačkání (vnitřní či vnější ocelový kroužek silentbloku se odtrhne od pryžové části), dále **čepy uložení ramen** (zjišťování jejich vůlí kdy při výskytu dochází k malým rázům, které se při jízdě po nerovnostech projevují rány od podvozku, které se přenášejí po celém vozidle) a **dalších částí řízení a jiných pryžových dílů**. Používají se k tomu **detektory vůlí nápravy**, které tvoří dvě elektronicky ovládané plošiny, které po najetí kol vykonávají různé pohyby vpřed, vzad, případně do stran, a tím simulují jízdu vozidla po nerovnostech.

Nejporuchovější bývá **ložisko kola**. Závadou je nadměrná **vůle**, která způsobuje hlučnost a vybočení při průjezdu vozidla zatáčkou (vyšší nároky od axiálního zatížení). V uložení ložisek jsou minimální vůle, které se mění tepelným zatížením ložisek (teplem od brzd). Pro zjištění vůlí kola se používá „zakývání“ kol v odlehčeném stavu. Vůle ve vodorovné poloze znamená vadné čepy nebo převodka řízení, vůle ve svislém stavu ukazuje na volný spodní kulový čep. Vůle v obou směrech je signálem vadného ložiska.

13. Diagnostika směrového řízení a jeho geometrie

Směrové řízení musí udržet a měnit směr jízdy. Změna se provádí natáčením kol přední nápravy do rejdu, natáčením kol více náprav do rejdu, natáčením kol zadní nápravy nebo otáčením celé nápravy (přívěsná vozidla).

Mechanismus řízení musí zajistit přenos řídicího pohybu z převodovky řízení na řízená kola, rozdílné natáčení vnitřního a vnějšího kola při zatáčení a udržovat řídicí kola ve vzájemně nastavené poloze.

Části řízení:

- Volant, říditka,
- Sloupky řízení,
- Převodka řízení,
- Hlavní páka řízení,
- Spojovací tyč,
- Táhlo řízení,
- Páka řízení,
- Řídicí tyč,
- Řídicí páka,
- Tlumič řízení - kompenzuje chvění a kmitání při přejetí nerovnosti, eliminuje nepřesné konstrukční prvky a nevyváženost točivých prvků (pneumatiky a disky), spojuje rám, karoserii a pohyblivé členy řídicího ústrojí (tyče),
- Posilovač řízení – má nezávislý zdroj energie (tlakový olej, vzduch, elektrický), pohyb volantu řídí přepouštění energie na příslušnou stranu dvojčinného pístu, který je spojen s rámem vozidla a s mechanismem řízení (hřebenová, řídicí tyč), impuls je závislý od pohybu volantu (natočení, síla, rychlost) a má progresivní účinek.

Pohyblivé části jsou spojeny kulovými čepy.

Subjektivní diagnostika posilovače řízení spočívá v kontrole hladiny oleje v nádobce, kontrole, zda posiluje stejně v obou směrech, jaký je tlak média přenosu energie a zda nedochází k úniku provozního média.

13.1 Ovladatelnost vozidla

Je souhrn několika základních vlastností silničního vozidla:

Směrová stabilita- schopnost držet daný směr jízdy i při působení vnějších sil a momentů (povětrnostní vlivy, nerovnost, sklon vozovky et c.),

Směrová citlivost - schopnost udržet rovný směr dráhy bez zásahu obsluhy,

Nedotáčivost a přetáčivost - je-li odchylna předních kol v zatáčce větší než zadních, je vozidlo nedotáčivé (motor vpředu) a je-li větší odchylna zadních kol, je vozidlo přetáčivé (motor vzadu). Je možné tyto vlastnosti změnit polohou těžiště, zatížením a rozložením nákladu,

Řiditelnost - je směrová ovladatelnost, tj. schopnost vozidla udržet požadovaný směr pohybu. Kola by se měla za všech podmínek odvalovat po podložce ve směru daném podélnou rovinou souměrnosti kol. Je ovlivněna odporem valení, přilnavostí (roste s natočením kol) a kinematikou kol, vzniká směrová odchylna dle posuvu půdy pod kolem (přímo) a dvojnásobku délky dotykové plochy pneumatiky (nepřímo), a tím je nutné více natočit kola, než je poloměr zatáčení. Liší se dle konstrukce řízení (řízená kola, řízená náprava, kloubový rám et c.).

13.2 Geometrie směrového řízení

Správné nastavení geometrie má vliv na bezpečné ovládání vozidla, jízdní vlastnosti, opotřebenění pneumatik, spotřebu pohonných hmot, zavěšení a uložení kola, opotřebenění převodového a rejdového ústrojí, ovládací sílu na volant, vymezování vůlí v řízení a jednosměrné axiální zatěžování ložisek kol. Kola se nemají smýkat ani chvět, musí se odvalovat a samočinně se vracet po projetí zatáčkou do přímého směru.

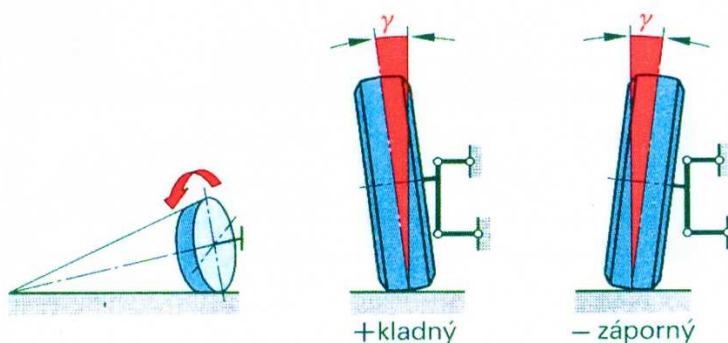
Diagnostikuje se:

Vůle volantu - mechanická vůle v řízení, měří se na obvodu volantu při postavení kol do přímého směru – nutno zajistit sledování pohybu kol. Dle vyhlášky o technické způsobilosti provozu vozidel je maximálně povoleno u vozidel s maximální rychlostí:

- do 30 km.h⁻¹ 36°
- do 100 km.h⁻¹ 27°
- nad 100 km.h⁻¹ 18°.

Geometrie stop kol - postavení kol oproti podélné svislé rovině vozidla. Ovlivňuje jízdní vlastnosti a opotřebenění pneumatik. Rozdíl rovnoběžných a sbíhavých kol je v šířce stopy a způsobuje větší valivé odpory.

Odklon kola - sklon střední roviny kola vůči svislé ose vozidla. Působí ve smyslu vymezení axiální vůle v ložiscích uložení kola, čímž snižuje namáhání ložisek a šroubů upevnění kola. Zmenšuje rameno rejdu a tím ulehčuje ovládání. Zlepšuje stabilitu jízdy. Nevýhodný je tzv. odvalovaný kužel (vytažení kola z přímého směru, vně podélné osy), který snižuje sbíhavost (viz obrázek č. 46).

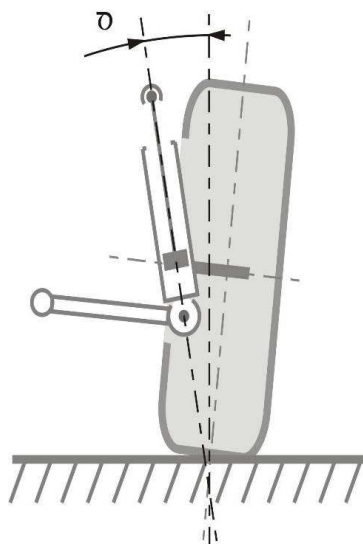


Obrázek č. 46 – Odklon kola a odvalovaný kužel

Vlivem zatížení může být i záporný, u moderních konstrukcí se volí nulový (lepší boční vedení, menší opotřebenění pneumatik). Při pružení kola nemá dojít ke změně úhlu odklonu kola.

Sbíhavost, rozbíhavost, souběh - úhel svíraný střední rovinou protilehlých kol nápravy. Má vliv na stabilitu vozidla v přímém směru, vymezuje vůle v řízení (kola nekmitají). Pro přední pohon se volí nulová sbíhavost, popř. mírná rozbíhavost (síla pohonu způsobuje stahování kol do středu). Měří se v úhlové míře nebo milimetrech na okraje ráfků.

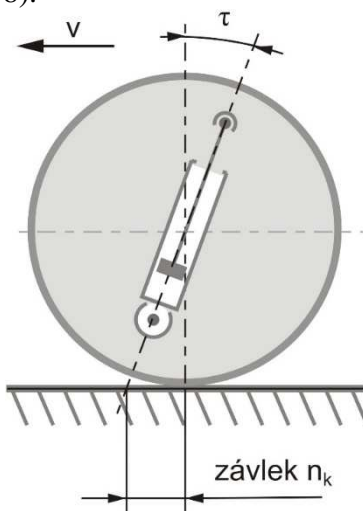
Příklon rejdového čepu - úhel, o který je rejdový čep přikloněn k podélné ose vozidla ve svislé rovině (viz obrázek č. 47).



Obrázek č. 47 – Příklon rejdového čepu

Spolu s odklonem kola působí na stabilitu jízdy v přímém směru, zmenšuje ovládací síly, ovlivňuje poloměr zatáčení a slouží k samočinnému vracení kol (zvedání nebo spouštění části rámu)

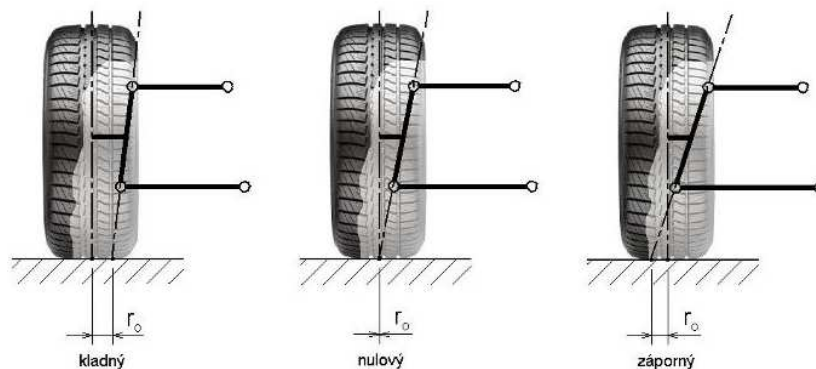
Záklon rejdového čepu (závlek) - úhel, o který je rejdový čep zakloněn ve směru jízdy (viz obrázek č 48).



Obrázek č. 48 – Záklon rejdového čepu

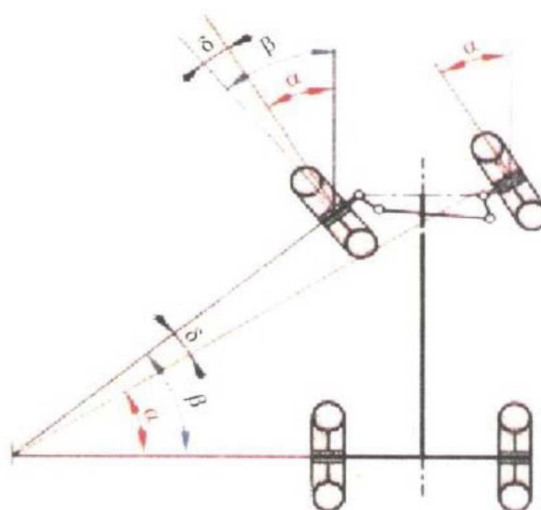
Bod styku pneumatiky s vozovkou se dostane za rejdovou osu, a tím se usnadní vracení kola do přímého směru (nákupní vozík).

Poloměr rejdu - vzdálenost od středu styku pneumatiky k průsečíku rejdové osy s rovinou vozovky. Je záporný, leží-li vně střední roviny kola (viz obrázek č. 49).



Obrázek č. 49 – Poloměr rejdů

Úhel rejdů a diferenční úhel – úhel, o který se natočí řídicí kolo v zatáčce, aby se odvalovalo a nesmýkalo (každé jiné - řídicí lichoběžník). Střed otáčení vozidla musí ležet na prodloužené ose zadní nápravy. Různým natočením kol se stále mění, ale musí mít stejnou hodnotou při stejném natočení vlevo i vpravo (viz obrázek č. 50).



Obrázek č. 50 – Diferenční úhel

13.3 Postup diagnostiky geometrie kol

Nejdříve je nutné zjistit potřebné hodnoty pro seřízení geometrie, dále ověřit přiměřenost vůlí zavěšení kol a řízení (klouby řídicích tyčí a pák, závěsných ramen, ložisek kol), zjistit technický stav podvozku (pérování, tlumiče, vyváženost kol, deformace ráfku) a zkontrolovat opotřebení a tlak v pneumatikách. Změří se axiální a radiální házivost kol, vozidlo se postaví na hladkou a vodorovnou plochu a zatíží dle předpisu výrobce. Rejdovými koly se najede na otočné plošiny v jejich středu, nezávisle zavěšená kola musí stát na plošinách posuvných do stran. Po ustavení na plošinách se vozidlo ručně propruží (získáme provozní polohu). Projektory, zrcadla musí být na kolech důkladně vystředěny a vozidlo se zabrzdí parkovací brzdou.

Pořadí komplexní kontroly geometrie:

- Symetrie a rovnoběžnost náprav,
- Sbíhavost předních kol,
- Celková vůle v kloubech řídicích tyčí a pák,

- Odklon předních kol,
- Záklon, příklon rejdových čepů,
- Rozdíl rejdů,
- Maximální rejď vlevo, vpravo,
- Sbíhavost a odklon zadních kol.

Kontrola symetrie a rovnoběžnosti náprav se provádí pomocí projektorů umístěných na zadních kolech, promítáním světelných znaků na stupnice spojené s předními koly, postavenými do přímého směru.

Měření sbíhavosti předních kol se měří pomocí **mechanických měřidel** (délkoměry, úhlooměry, libely, olovnice, tyčové měřidlo, otočná plošina), **optickými přístroji** (poloha kola je nahrazena zrcadlem, nebo zdrojem světelného paprsku umístěného v držáku, který je ke kolu připevněn a vystředěn, jsou přímou projekcí - promítáme světelný paprsek na stupnici nebo s nepřímou projekcí – světelný paprsek je na stupnici promítán odrazem od zrcadla). **Elektronickými měřidly**, u kterých je poloha kola nahrazena „snímací hlavou“ v držáku připevněném a vystředěném ke kolu. Součástí každé snímací hlavy jsou polohové snímače (elektronické, optické, optoelektronické). Vzájemnou polohu jednotlivých kol a náprav lze měřit po propojení snímacích hlav (mechanické – pružné šňůry nebo optické – světelný paprsek) a **kombinovanými měřidly**.

Celková vůle v kloubech řídicích tyčí a pák se provádí na zkušební plošině nad montážní jámou vizuálně.

Měření odklonu předních kol se provádí mechanickými nebo optickými přístroji.

Měření příklonu rejdového čepu kde se kola zabrzdí (např. rozepržením pedálu o sedadlo), na otočné plošině se natočí kolo i s plošinou o 20° do obou stran a na stupnici se odečítají hodnoty (zjistí se i maximální rejdy so obou stran a jejich případný rozdíl).

Měření záklonu rejdového čepu má stejný postup a průběh jako předchozí záklon čepu a odklon kola.

Bezdotykový systém měření geometrie znamená, že se pomocí duálních CCD snímačů vytvoří stereoskopický obraz a matematické algoritmy zpracují vizuální data na vektorové objekty pro rekognici tvaru, konstrukce a velikosti ráfků a tím se zjistí všechny parametry geometrie. Není nutné na disky umisťovat držáky, pouze se najede na plošinu a kola se natočí střídavě do plného rejdu.

14. Diagnostika brzdových soustav

Brzdová soustava silničního vozidla se skládá z **provozní brzdy**, která má zastavit vozidlo za všech podmínek (rychlost, zatížení, stoupání, klesání) a účinek musí být rozdělen symetricky na všechna kola, dále **nouzové brzdy**, která má zastavit vozidlo v případě poruchy provozního brzdění, **parkovací brzdy**, která má za úkol udržet vozidlo v nehybném stavu na klesající nebo stoupající vozovce a **odlehčovací brzdy** pro snižování rychlosti vozidla (výfukové - klapka ve výfukovém potrubí, motorová brzda - změna časování rozvodů, aerodynamické, elektromagnetické a kapalinové).

14.1 Rozdělení brzdových soustav

Dle zdroje energie:

- Přímočinné – svalová síla řidiče
 - o Mechanicky,
 - o Kapalinou bez posilovače,
- Strojní – tlaková energie
 - o Kapalina,
 - o Vzduch,
 - o Kombinace.

Dle způsobu ovládní:

- Nožní - tlakem na pedál,
- Ruční - tlakem nebo tahem na páku brzdy,
- Samočinné - zabrzdění přípojného vozidla po odpojení,
- Nájezdové - využití síly při přiblížení se přívěsu k tažnému vozidlu.

Dle konstrukce:

- Čelistové (bubnové),
- Kotoučové,
- Pásové.

14.2 Způsoby zapojení brzdových okruhů

Jsou řešeny podle typu silničního vozidla, jeho hmotnosti požadavky na brzdný účinek:

- Jednookruhová soustava,
- Standardní zapojení TT – v každém okruhu je brzděna jedna náprava,
- Diagonální zapojení K – v každém okruhu je brzděno jedno přední a diagonálně proti ležící zadní kolo,
- Zapojení HT – jeden okruh ovládá přední nápravu a zadní nápravu, druhý okruh ovládá jen přední nápravu,
- Zapojení LL – každý okruh ovládá přední nápravu a jedno zadní kolo,
- Zapojení HH – každý okruh ovládá přední a zadní nápravu.

14.3 Předpisy

Pro tuto oblast platí technické požadavky na brzdy silničních vozidel zejména **homologační předpisy EHK č. 13, 78 a 90.**

Pro brzdy silničních vozidel v ČR platí **zákon č. 56/2001 Sb.**, o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších změn a doplňků (novelizace zákonem č. 239/2013 Sb. s platností od 1. 1. 2015), **vyhláška č. 341/2002 Sb.**, o schvalování technické způsobilosti a technických

podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších změn a doplňků a **vyhláška č. 302/2001 Sb.**, o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění pozdějších změn a doplňků.

14.4 Zkoušení a diagnostika brzd

Lze provádět buď **subjektivní** diagnostiku (bezdemontážní i po demontáži), nebo **objektivní bezdemontážní** zkušebními zařízeními (jízdni zkoušky, zjišťování brzdící síly na válcové zkušebně, zjišťování brzdící síly na plošinové zkušebně a dynamická zkouška na volných válcích) a **objektivní po demontáži** (zkoušky jednotlivých částí brzd).

Mezi **subjektivní metody zkoušek jednotlivých částí brzd po demontáži** se řadí např. **háživost kotoučů či ovalita bubnu** (projevuje se rázy na brzdový pedál při brzdění, brzdový pedál takzvaně „pumpuje“). Měří se dílenskými měřidly.

Mezi **subjektivní metody zkoušek jednotlivých částí brzd bez demontáže** se řadí **souměrnost účinku brzd** při brzdění na rovném, přímém úseku má vozidlo snahu zatáčet do stran, jestliže táhne ke středu vozovky je kolo se sníženou účinností na pravé straně a pokud ke krajnici je kolo s malou účinností na levé straně. Větší vliv má velká nesouměrnost na přední nápravě, příčinou bývá průnik provozních kapalin na třecí plochy, nebo ztráta funkce brzdového válce.

Drhnutí brzd má spojitost se snížením brzdícího účinku. Bývá způsobeno nadměrným opotřebením brzdového obložení nebo destiček tzv. na plech, nebo deformací kotouče či bubnu.

Pískání brzd má stejné důvody jako u drhnutí brzd, ale zřídka dochází ke snížení brzdícího účinku. Mají nepříjemný zvukový efekt často i při menší intenzitě brzdění. Možné příčiny jsou montáž nekvalitního brzdového obložení, nebo nesourodý materiál brzdového obložení s tvrdšími částicemi, které se opotřebovávají méně než ostatní materiál obložení. Dlouhý neúčinný **krok brzdového pedálu** (při druhém sešlápnutí se zkrátí), má příčinu ve ztrátě funkce samostavu brzdy některého kola, prasklé pružině, zadření, uvolnění ložiska náboje předního kola (způsobuje výkyvy brzdového kotouče a ten odsunuje přes brzdové destičky pracovní váleček a tím zvětší provozní vůli brzdy).

Brzdový pedál při sešlápnutí **pruží** "je měkký" jestliže je kapalinová soustava brzd zavzdušněná, nebo je nedostatek brzdové kapaliny v zásobníku, dále porucha hlavního brzdového válce, porucha některého pracovního válce, nebo zpěnění a odpaření vody absorbované v kapalině při jejím ohřátí dlouhým brzděním.

Ztížené ovládání brzd při velkých mrazech, jehož příčinou bývá voda ve vzduchojemu - má se pravidelně vypouštět a přípravky používat na bázi lihu, nebo závada v konzistenci brzdové kapaliny - absorpce vody do brzdové kapaliny, má se pravidelně měnit každé dva roky, nebo dle pokynů výrobce, i nepoužitá brzdová kapalina skladovaná v neuzavřené nádobě se postupně znehodnocuje absorpcí vody.

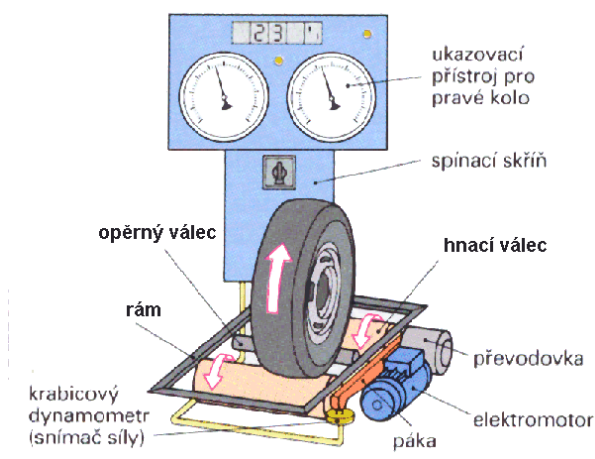
Zahřívání brzd zde je důvodem nefunkčnost pohyblivých částí, poškození pryžové těsnicí manžety v hydraulickém válci opotřebením (koroze) hydraulického válce, nebo opotřebením (koroze) styčných ploch částí brzdové soustavy.

Při sešlápnutí se brzdový pedál pomalu propadáva je způsobeno netěsností kapalinového systému brzd, únikem brzdové kapaliny při poškození potrubí, hadice volněním šroubové spoje nebo poškozením pryžové těsnicí manžety v hydraulickém válci.

V zimě (za mrazu) se netočí zadní kola ani po uvolnění parkovací brzdy, kde je příčinou voda, která pronikla do ústrojí zadních brzd, nebo do lanovodů parkovací brzdy a po zaparkování zamrzla.

Při jízdě zkoušce (objektivní bezdemontážní diagnostice) brzd se měří brzděná dráha, brzděné zpomalení, ovládací síla na pedál brzdy, rychlost a vzdálenost a teplota brzd. Tato zkouška odpovídá provozním poměrům, je však poměrně složitá, zdoluhavá a nákladná. Při měření brzděné dráhy musí být vozidlo v dobrém technickém stavu (tlak v pneumatikách, zatížení na předepsanou hodnotu), zkušební dráha má být přímá a dostatečně dlouhá (max. 1,5% stoupání), musí mít odpovídající povrch, mají být dodrženy odpovídající klimatické podmínky (vítr, déšť, sníh). Mají být zajištěna odpovídající bezpečnostní opatření, nesmí být překročena max. povolená síla na pedálu brzdy a nesmí dojít k zablokování žádného z kol. Po splnění těchto podmínek se může uskutečnit vlastní měření. Vozidlo se rozjede na předepsanou rychlost, vystřelí se značka začátku měřeného úseku a zároveň se zapnou stopky. Udrží se konstantní rychlost a po sešlápnutí pedálu brzdy se vystřelí druhá značka. Brzdí se do úplného zastavení vozidla. Na základě naměřeného času a změřené dráhy se výsledky vyhodnotí (porovnáním s předepsanými údaji). **Měření brzděného zpomalení** se provádí pomocí **decelometru**, který může být mechanický (využití druhého Newtonova zákona, ale je nutné zajistit co nejrychlejší ustálení hodnoty, tedy tlumit), s piezoelektrickým snímačem (umožňuje digitální záznam, možno i společně s měřením síly na pedál), nebo kapalinový. **Měření ovládací síly na pedál** se provádí pomocí **pedometru**. **Měření rychlosti a vzdálenosti** se provádí pomocí **vlečného kola** nebo **radarem**.

Pomaloběžná válcová zkušebna brzd je tvořena dvěma páry hnacích válců pod úrovní vozovky či podlahy. Jeden z válců poháněn samostatným elektromotorem, druhý válec je s ním spojen řetězem. Elektromotor je se stálým převodem, pohon válce je přes převodovou skříň otočnou v ose válce. Na převodové skříni je rameno o známé délce se snímačem tlakové síly (viz obrázek č. 51).



Obrázek č. 51 – Válcová zkušebna brzd

Poháněný brzdový válec roztočí kola stálou rychlost do $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (nemění po celou dobu měření), brzděná síla působí na obvodu kola (vyvolá moment proti smyslu otáčení brzdových válců) a reakční moment se přenáší přes rameno na snímač se záznamovým zařízením (způsobí natočení hnací jednotky). Využívá se i elektronický způsob (se zvyšujícím brzděným účinkem při zachování stálé rychlosti otáčení válců se zvyšuje příkon hnacích elektromotorů, který je možné měřit wattmetrem).

Rychloběžná válcová zkušebna brzd se používá na montážních linkách velkých automobilek. K měřícím válcům jsou připojeny setrvačníky, zkušební rychlost až $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Po dosažení zkušební rychlosti se zašlápne brzdový pedál na předem stanovenou hodnotu ovládací síly a automaticky se vypnou oba elektromotory a kinetická energie otáčejících se válců je mařena brzděním vozidla.

Zkoušení brzdové kapaliny na bod varu (obsah H_2O). Používají se hydroskopické kapaliny, které do sebe pohlcují vodu a ta by při vyšších teplotách mohla vytvořit bubliny). Pro diagnostiku se používají buď speciální přístroje, nebo refraktometry.

15. Ekonomika diagnostiky

Ekonomická stránka diagnostiky velmi často odpovídá na otázku: Proč diagnostiku provádět? Jednoduchou odpovědí je, že se provede v případě, kdy má pozitivní přínos jak pro uživatele diagnostikovaného objektu, tak i v širším pohledu pro společnost.

15.1 Kritéria rozhodování o provedení diagnostiky

Mohou se lišit podle jednotlivých odvětví a diagnostikovaných objektů. Prvořadým kritériem by měl být ekonomický efekt dosažený diagnostikou. Ve zvláštních případech může být ekonomické kritérium převyšeno vysokými požadavky na bezpečnost (letectví), nebo nutností bezporuchového provozu (zdravotnictví) a v neposlední řadě i environmentálním působením diagnostikovaného objektu.

Dle zvoleného kritéria se rozhodujeme, zda diagnostiku provádět či neprovádět, v jakých intervalech, jakou metodou a jakým přístrojem (systémem).

Ekonomické kritérium (kdy je diagnostika efektivní) se dá jednoduše vyjádřit vztahem č. 4:

$$U_D - N_D > 0 \quad (4)$$

kde: U_D - úspory z diagnostiky,

N_D - náklady na diagnostiku.

Zjednodušeně tedy pokud **přínosy** provedené diagnostiky **převýší náklady** na ni.

15.2 Efektivnost diagnostiky

Hodnotí se vždy pro konkrétní objekt, místo a čas. Kritériem hodnocení je zde zisk získaný diagnostikou. Diagnostickým signálem jsou zde jednotkové náklady na provoz objektu (při nárůstu ukazatel technického stavu a procesu opotřebení). Pokud překračují únosnou mez, je nutné provést diagnostiku.

Zdroje **úspor** spočívají v odhalení **nesprávně nastavené hodnoty** a její seřízení (odstranění narůstající poruchy). Tím dojde k přímému snížení nákladů na provoz (např. snížení spotřeby paliva seřízením spalovacího motoru) a zpomalení procesu opotřebení a prodloužení životnosti některé části stroje (např. opotřebení pneumatik po seřízení geometrie podvozku). Další možností je odhalení **procesu směřujícího k havarijní poruše** a provedení příslušných opatření. Příkladem může být odstranění ztrát vlivem závislých poruch (havárie ložiska) a výrazné omezení prostojů stroje. Zdrojem úspor je **preventivní diagnostika**, která zajistí trvale dobrý technický stav subjektu. Tím se sníží náklady na opravy a na náhradní díly, zvýší se provozní spolehlivost stroje, omezí se negativní vliv na životní prostředí a zvýší se bezpečnost provozu.

Náklady na technickou diagnostiku se dělí na **přímé** (na pořízení diagnostického přístroje, mzdové, na prostoje způsobené provedením diagnostiky, na dopravu stroje na diagnostiku a na jakost diagnostického signálu) a **nepřímé** (odpisy budov, vytápění a energie).

Zvyšování nákladů na provoz objektu vypovídá o postupném zhoršování efektivnosti provozu objektu (např. opotřebení pístní skupiny → netěsnost → zhoršený proces spalování → růst spotřeby → růst nákladů na palivo) nebo mohou narůst z rizika

havárie objektu, nebo některého z jeho prvků (např. lom klikové hřídele → vznik závislých poruch deformace ojníc → nárůst nákladů na opravu a prostoj objektu).

Časová náročnost diagnostiky se vyjádří vztahem č. 5:

$$N_T = T_D \cdot M + T_D \cdot S_P \quad (5)$$

Kde: T_D – pracnost diagnostiky [h],

M – jednotkové mzdové náklady [Kč.h⁻¹],

S_P – hodinová sazba za prostoj objektu [Kč.h⁻¹].

Náklady na diagnostické přístroje a zařízení se vyjádří vztahem č. 6:

$$N_Z = \frac{C_Z + N_{PZ}}{T_Z \cdot n_r} \quad (6)$$

Kde: C_Z – cena přístrojového vybavení [Kč],

N_{PZ} – celkové náklady na provoz přístroje [Kč],

T_Z – průměrná životnost přístroje [roky],

n_r – celkový počet provedených diagnostických prohlídek za rok

[n.rok⁻¹].

Náklady na dopravu k diagnostice se odvozují z toho, jestli je objekt dopravován do diagnostické dílny (**stabilní diagnostika**), nebo jsou diagnostické přístroje dopravovány k objektu (**mobilní diagnostika**). Vyjádří se vztahem č. 7:

$$M_{DO} = S_{DO} \cdot l + S_P \cdot t_{DO} \quad (7)$$

Kde: S_{DO} – sazba za 1km [Kč.km⁻¹],

l – přepravní vzdálenost [km],

S_P – hodinová sazba za prostoj objektu [Kč.h⁻¹],

t_{DO} – průměrná doba dopravy [h].

Materiálové náklady vznikají provozem použitého diagnostického přístroje a jsou závislé na stupni komplexnosti diagnostiky (je-li cílem pouze zjištění technického stavu objektu nebo i odstranění závad).

Náklady vyplývající z jakosti diagnostického signálu lze omezit správnou volbou vypovídací schopnosti zvolené metody (někdy zbytečně drahé metody, např. vibroakustická metoda u ložisek).

15.3 Optimalizace diagnostického intervalu

Při řešení se hledí na technický aspekt a ekonomický aspekt. V běžné praxi se volí interval často intuitivně. Většinou se dodrží technický aspekt, ale je to ekonomicky nevýhodné, nebo naopak (výměna motorového oleje).

Interval lze vypočítat pomocí vztahu, který vychází z obecné teorie obnovy (její účelová funkce definuje optimální stav pro obnovu), nebo i graficky interpretovat. Rostoucí cena diagnostiky a zlepšení provozních podmínek znamená prodloužení intervalu, růst provozních nákladů např. ceny paliva znamená zkrácení intervalu.

Seznam použité literatury:

- BARTZ W. J. (2010). *Einführung in die Tribologie und Schmierungstechnik: Tribologie-Schmierstoffe-Anwendungen*. Renningen Expert, 165 s., ISBN 978-3-8169-2830-0.
- BAUMRUK P. (1996). *Příslušenství spalovacích motorů*. Praha, ČVUT, 61 s. ISBN 80-01-01103-8
- BAUER F., SEDLÁK P. a T. ŠMERDA (2006). *Traktory*. 1 vydání. Praha: nakladatelství Profi Press s.r.o., 192 s. ISBN 80-86726-15-0
- BAUER F., SEDLÁK P., ČUPERA J., POLCAR A., FAJMAN M., ŠMERDA T., KATREŇČÍK J. (2013). *Traktory a jejich využití*, Nakladatelství Profi Press s. r. o., Praha, 224 s. ISBN 80-86726-52-6
- BEDROŠ J. a K. BERÁNEK (1985). *Diagnostika silničních motorových vozidel*, Nakladatelství dopravy a spojů Praha. 181 s.
- BELL B. a S. COUSINS (1997). *Machinery for horticulture*. 2nd ed. Ipswich, U. K. Farming Press, 296 s. ISBN 0852363699.
- BLAŠKOVIČ P., BALLA J., OZIMKO M. (1990). *Tribológia*, 1. vyd. Alfa Bratislava Alfa, 362 s., ISBN 80-05-00 633-0.
- BOSCH R. (2005). *Automobilová technika. Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. Žlutá řada. Praha 4: Robert Bosch odbytová s.r.o., 93 s. ISBN-80-903132-7-2.
- ČUPERA J. a ŠTĚRBA P. (2007). *Automobily*. 1. vyd. Brno, 195 s. ISBN 978-80-903671-9-7.
- ČUPERA J. a P. ŠTĚRBA (2013). *Automobily*. 3. vydání. Brno: Avid. 195 s., ISBN 978-80-87143-28-5.
- DEMPSEY P. (2007). *Troubleshooting and repair of diesel engines*. 4th ed. Maidenhead: McGraw-Hill Professiona, 390 s. ISBN 0071493719.
- DOČKAL V., KOVANDA J., a F. HRUBEC (1998). *Pneumatiky*. Vydavatelství ČVUT, Praha 71 s. ISBN 80-01-01882-2
- FERENC B. (2004). *Spalovací motory, karburátory a vstřikování paliva*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství a nakladačství Computer Press. 388 s. ISBN 80-251-0207-6
- FIRST J. (2008). *Zkoušení automobilů a motocyklů*. První vydání Praha: S&T CZ s.r.o. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5.
- GONDŽAR A., GONDŽAR R. (2005). *Automobily a spotřeba paliva*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů. 2. vyd. 284 s. ISBN 80-7030-085-X.
- GRODA, B. VÍTĚZ, T. (2008). *Termomechanika 1*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská univerzita v Brně vlastním nákladem. 236 s. ISBN 978-80-7375-160-9
- GSCHEIDLE R., MICHŇA Z., a MICHŇOVÁ I. (2001). *Příručka pro automechanika*. Praha, Sobotáles, 288 s. ISBN 80-85920-76-X
- GSCHEIDLE R. (2007). *Příručka pro automechanika*. 3., přeprac. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 688 s., ISBN 978-80-86706-17-7.

- HAVLÍČEK J. (1989). *Provozní spolehlivost strojů*. Celostátní vysokoškolské učebnice pro vysoké školy zeměd. 2., přeprac. vyd. Bratislava, Mechanizace, výstavba a meliorace. 610 s. ISBN 80-209-0029-2
- HELEBRANT F., MAREK V., DOLEČEK V. (1999). *Studijní podklady pro certifikaci odborné způsobilosti pracovníků v oblasti tribodiagnostiky*. ATD ČR Zlín, 180 s., ISSN 1210-311-x.
- HELEBRANT F. ZIEGLER J., a D. MARASOVÁ (2000). *Technická diagnostika a spolehlivost. I. Tribodiagnostika*. 1.vyd. Ostarava : Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 155 s. ISBN 80-7078-883-6
- HELEBRANT F. (2004): *Technická diagnostika a spolehlivost. Díl I Tribodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava. 158 s. ISBN 80-7078-883-6.
- HLAVŇA, V. KUKUČA, P. ISTENÍK, R. LABUDA, R. LIŠČÁK, Š. (2000). *Dopravný prostředek-jeho motor*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině. 442 s. ISBN 80-7100-665-3.
- HLAVŇA V., KUKUČA P., LABUDA R. (2003). *Dopravný prostředek- jeho motor*. Žilina: Žilinská univerzita Žilina, 442 s. ISBN 80-8070-046-X
- HOREJŠ K. a V. MOTEJL (2009). *Příručka pro řidiče a opraváře*. Littera Brno 386 s. ISBN 978-80-85763-52-2
- HROMÁDKO J., MILER P. (2011). *Spalovací motory* 1. vyd. Praha: Grada, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0
- CHLUP M. (2009). *Systém vstříkávání nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail: elektronické řízení vznětových motorů*. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch, Technická příručka (Bosch).
- JAN Z. (2001). *Automobily I - Podvozky*. 2. Nakladatelství Avid s.r.o., Brno, 211 s, ISBN 978-80-87143-21-8.
- JAN Z., ŽDÁRSKÝ B. (2003). *Automobily 4*. 1. Vydání. Brno: Nakladatelství Avid, s.r.o., 266 s. ISBN 80-3752463-4
- JAN Z. a B. ŽDÁNSKÝ (2008). *Automobily příslušenství*. Avid. Spol. s. r. o., Brno 313 s. ISBN 978-80-87143-08-7
- JAN Z. (2009). *Automobily*. Brno: Avid, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.
- JAN Z., ŽDÁNSKÝ B. (2009). *Automobily: Podvozky*. První vydání Brno: Nakladatelství Avid, s.r.o., 245 s. EAN 9788087143186.
- JAN Z. (2010). *Automobily III - Motory*. Nakladatelství Avid s.r.o., Brno, 179 s. ISBN 978-80-87143-21-6,
- JAN Z., ŽDÁNSKÝ B. (2013): *Automobily 4 - Příslušenství*. Brno: Avid. 313 s. ISBN 9788097143292.
- JAN Z. & ŽDÁNSKÝ B. (2016). *Automobily*. 8. vydání., Brno: Avid, spol. s r.o. 179 s. ISBN: 978-80-87143-37-7
- KOČÍ P. (2012). *Diagnostika a testování automobilů: učební text: studijní materiály pro studijní program Mechatronika*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 207 s., ISBN 9788024826097.

- KRAUS V. (2000). *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 216 s. ISBN 80-708-2668-1.
- KREIDL M. (2006). *Technická diagnostika*, BEN - Praha, ISBN: 80-7300-158-6.
- KŘÍŽEK M. (2000). *Tribodiagnostika*. Plzeň. ZČU. Výukový materiál. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~krizek4/zcu/podklady/TDS11.pdf> „staženo dne: 29. 1. 2016“
- KUKLA P. (2013). *Diagnostické systémy a spolehlivost dopravních prostředků*, Pardubice: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava/Univerzita Pardubice. 117 s. ISBN 978-80-248-3274-6 Dostupné také z: http://www.vvvd.cz/doc/cms_library/op-vvvd-2012_m17-dsasp-391.pdf „staženo dne: 3. 1. 2019“
- LEGÁT V. a kol. (2006). *Servisní logistika*, sylaby přednášek. ČZU TF Praha, dostupné také z: <https://www.google.cz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=Leg%C3%A1t+%E2%80%93+Servisn%C3%AD+logistika>, „staženo dne: 23. 10. 2015“.
- LEGÁT V. a kol. (2007). *Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě*. Praha. Česká společnost pro jakost. 192 s. ISBN 978-80-02-01949-7.
- LUPOMĚCH F. (2009). *Opravy traktorů Zetor: praktická příručka pro modely traktorů Z 2011 - Z 6945*. 4., dopl. vyd. Brno: Computer Press. 204 s., ISBN 978-80-251-2422-2.
- LUPOMĚCH F. (2010). *Traktory Zetor: modelové řady Z 5011-Z 7341 (r.v. 1980-2004) : konstrukce, údržba, seřizování a zaměnitelnost dílů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 294 s. ISBN 978-80-251-2640-0.
- MACEK J. (2012). *Spalovací motory*. Vydavatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-05015-6.
- MACHÁČ P., MACHÁČOVÁ D. (2012). *Opravy karosérií a skříní*. Elektronická učebnice, VOŠ Kopřivnice, 102 s, dostupné také z: (http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U28_Oprava_karoserii_a_skrini.pdf, „staženo dne: 2. 12. 2018“
- MARTYR A. J., PLINT M. A. (2007). *Engine testing theory and practice*. 3. vydání, Oxford: Burlington, MA. 442 s. ISBN 978-0-7680-1850-9.
- MÍŠEK B. a PTÁČEK L. (1992). *Defektoskopie a provozní diagnostika*: [Určeno pro posl. 5. roč. oboru Materiálové inženýrství ve strojírenství a posl. vyšších roč. technologických i konstrukčních oborů předmětu Defektoskopie]. 1. vyd. Brno: VUT, Učební texty vysokých škol. 174 s. ISBN 80-214-0425-6.
- NOVÁK J. (2013). *Dynamometr na vířivé proudy a jeho regulace*. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25051 „staženo dne: 10. 1. 2016“
- PANÁČEK V. (2003). *Zkoušení vozidel*. Učební text, Vysoké učení v Brně Ústav soudního inženýrství, 226 s., ISBN: 978-80-214-5036-3
- PAPOUŠEK M., ŠTĚRBA P. (2007). *Diagnostika spalovacích motorů* 1.vyd. Praha: CPress, 224 s. ISBN 978-80-251-1697-5
- PEJŠA L., LACINA J., JURČA V., KADLEČEK B. (1995). *Technická diagnostika*. Skripta, TF ČZU, ISBN 80-213-0249-6.

- PEXA M. (2010). *Tribotechnická diagnostika*. Praha. ČZU, Technická fakulta. Výukový materiál. Dostupné z: http://tf.czu.cz/~pexa/Predmety/PUS/Prednasky/8_Tribo_Vibro_RGB.pdf „staženo dne: 29. 1. 2016“
- POŠTA J., CYLEK J., MACH J. J., ŠTĚPNIČKA J., VLASÁK Z. (2002). *Oprávenství a diagnostika II*, Informatorium spol. s r.o. Praha, 186 s., ISBN 80-86073-88-2
- POŠTA J., VESELÝ P., DVOŘÁK M. (2002). *Degradace strojních součástí*. [Monografie]. CZU, Praha, 67 s.
- POŠTA J., VESELÝ P., HLADÍK T. (2003). *Oprávenství a diagnostika III*. Informatorium, Praha, 187 str., ISBN: 80-73330-17-2.
- POŠTA J. (2008). *Oprávenství a diagnostika II*. První vydání Praha: Informatorium, 186 s. ISBN 978-80-7333-066-8. EAN 9788073330668.
- POŠTA J. (2011). *Technologie údržby a oprav strojů*. Jinočany: H&H , 195 s., ISBN 80-213-0248-8
- REIF K. (2010). *Dieselmotor-Management im Überblick*, 210 s. ISBN 978-3-658-06555-3
- REMEK B. (2002). *Provozní údržba a diagnostika vozidel*. 1. vydání. Vydavatelství ČVUT Praha. 142 s. ISBN 80-01-0;2615-9.
- REMEK B. (2012). *Automobil spalovací motor*. Grada Publishing, a.s. Praha: Grada, 160 s. ISBN 978-80-247-7694-1
- RŮŽIČKA B. (2008). *Jak na chiptuning*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 184 s. ISBN 978-80-251-2096-5.
- SEJKOROVÁ M. (2013). *Metody tribotechnické diagnostiky*. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 111 s. ISBN: 978-80-248-3280-7
- STODOLA J. (2002). *Provozní spolehlivost a diagnostika*. Vysokoškolská učebnice. Brno, Vojenská akademie v Brně.
- STODOLA J. (2008). *Provoz, údržba a opravy silničních vozidel II*, Pardubice: Univerzita Pardubice.
- STODOLA J. (2009). *Provoz, údržba a opravy vozidel I*. Univerzita Pardubice, 78 s. ISBN 978-80-7395-103-0
- STODOLA J. (2010). *Diagnostika motorových vozidel: studijní opora. Druhé, upravené vydání*. FSI VUT Brno, 268 s.
- STRAKA B. (1996). *Motorové oleje a tribotechnická diagnostika naftových motorů*. 1. vyd. Praha, Nakladatelství dopravy a strojů, 247 s. ISBN 80-7169-332-4
- SYROVÝ O., BARTOLOMĚJEV A. a F. BAUER (2008). *Doprava v zemědělství*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 248 s. ISBN 978-80-86726-30-4.
- ŠTĚRBA P. a ČUPERA J. (2010). *Autoelektronika: elektronické systémy ve vozidlech, jejich propojení, diagnostika, základní nastavení, seřízení a ovlivnění jejich funkce*, 1. vyd. Brno: Computer Press, 280 s., ISBN 978-80-251-2414-7

- ŠTĚRBA P. (2011). *Automobily 8 Diagnostika motorových vozidel 2*. 1. vyd. Brno: Avid, 181 s., ISBN 978-80-87143-19-3
- ŠTĚRBA P., ČUPERA. J. & POLCAR. A. (2011). *Automobily*. 1. vydání, Brno: Avid, spol. s r.o. 179 str. ISBN: 978-80-87143-19-3
- TAKATS M. (1997): *Měření emisí spalovacích motorů*. ČVUT, Praha, 111 s., ISBN 80-01-01632-3.
- TESAŘ M. (2003). *Konstrukce vozidlových spalovacích motorů*. Nakladatelství Univerzita Pardubice, Pardubice, 172 s. ISBN: 80-7194-550-1,
- VÉMOLA A. (2006). *Diagnostika automobilů I a II*. Littera Praha. 127 s. ISBN 80-85763-31-1.
- VLK F. (2001). *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno, VIII, 576 s. ISBN 80-238-6573-0.
- VLK, F. (2002a). *Příslušenství vozidlových motorů*. 1. Vydání. Brno: František Vlk, nakladatelství a vydavatelství. 338 s. ISBN 80-238-8755-6
- VLK, F. (2002b). *Elektronické systémy motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 592 s., ISBN 80-238-7282-6.
- VLK F. (2003a). *Automobilová technická příručka*. 1. vyd. Brno, 791 s. ISBN 80-238-9681-4.
- VLK F. (2003b). *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 1*, 2. vyd. Brno: František Vlk, nakladatelství a vydavatelství, 298 s., ISBN 80-239-0026-9
- VLK F. (2003c). *Vozidlové spalovací motory*. 1.vyd. Brno, nakladatelství a vydavatelství Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 141 s. ISBN 80-238-8756-4
- VLK F. (2004). *Teorie a konstrukce automobilů*. Nakladatelství a vydavatelství VLK Brno 355 s. ISBN 80-239-1601-7
- VLK F. (2005a). *Dynamika motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 432 s. ISBN 80-239-0024-2.
- VLK F. (2005b). *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, říditelnost a ovladatelnost, životní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy*. 2. vyd. Brno: František Vlk. 576 s. ISBN 80-239-3717-0.
- VLK F. (2006a). *Diagnostika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno, VI, 444 s. ISBN 80-239-7064-x.
- VLK F. (2006b). *Podvozky motorových vozidel*. 3., přeprac., rozš. a aktualiz. vyd. Brno, VII, 464 s. ISBN 80-239-6464-x.
- VLK F. (2006c). *Automobilová elektronika*. Brno: František Vlk, 354 s., ISBN 80-239-7062-3.
- VLK F. (2006d). *Paliva a maziva motorových vozidel*, Prof. Ing. František Vlk, DrSc., Brno, 376 s., ISBN: 80-2396-461-5.
- ZDENĚK J., KUBÁT J., ŽDÁRSKÝ B. (2001). *Elektrotechnika motorových vozidel*. Brno: Avid s. r. o., 199 s. ISBN 978-80-87143-13-1

ŽDÁNSKÝ B. (2010): *Automobily 3. Motory*. 6. vydání, Brno: Avid, 201 s. ISBN 978-80-87143-15-5

ŽDÁNSKÝ J. (2016). *Automobily 1*, Nakladatelství Avid s.r.o. Brno, 248 s., ISBN 978-80-87143-36-0

Internetové zdroje:

Google Scholar , Google Books, Elseier.

Okruhy otázek ke státní závěrečné zkoušce:

Terminologie,
Subjektivní metody diagnostiky,
Objektivní metody diagnostiky,
Diagnostické systémy,
Diagnostika zážehového a vznětového motoru,
Diagnostika palivové soustavy spalovacích motorů,
Diagnostika mazání, chlazení a zdrojové soustavy, akumulátor, alternátor, spouštěč,
Diagnostika výkonu spalovacího motoru, měřené veličiny, výpočet P_i a P_e , motorová brzda, odpojování válců,
Zkoušení olejů, tribodiagnostika, vlastnosti maziv,
Emise vznětového a zážehového spalovacího motoru, systémy na snížení emisí, měření emisí,
Diagnostika elektronických systémů vozidel, vnitřní (sériová) diagnostika, komunikace s řídicí jednotkou, vnější (paralelní) diagnostika,
Diagnostika podvozku, subjektivní a objektivní metody, kontrola rámců a karoserií, prohnutí, praskliny, proměřování rozměrů, diagnostika odpružení a tlumiče, kontrola zavěšení kol, vůle čepů
Diagnostika geometrie řízení, subjektivní a objektivní metody, sbíhavost, odklon kola, příklon rejdového čepu, záklon rejdového čepu, diferenční úhel rejdu, kontrola rovnoběžnosti a symetrie náprav,
Diagnostika brzd, subjektivní a objektivní metody, jízdní zkoušky, válcová brzda,
Ekonomika diagnostiky, náklady, optimální interval diagnostiky.