

Snímače v motorových vozidlech

Ing. Jiří Vlček

Doplňkový text k publikaci Jednoduchá elektronika pro obor Autoelektrikář, Autotronik, Automechanik

Úvod.

Snímače jsou smyslovými orgány vozidla pro dráhu, úhel, otáčky, rychlost, zrychlení, vibrace, tlak, průtok, koncentraci plynů a další veličiny. Jejich signály jsou nezbytné pro řízení různých systémů pro řízení motoru, podvozku, bezpečnosti a komfortu. V této publikaci je vysvětlen princip jejich činnosti. Snímače převádí neelektrické vstupní veličiny na elektrické signály, které jsou dále upraveny přizpůsobovacím obvodem. Tyto signály potom zpracovává řídicí jednotka. K řídicí jednotce jsou potom připojeny akční členy, které zajišťují regulaci dané veličiny.

Na **snímače** mohou působit rušivé veličiny, které nesouvisí s měřenou veličinou a které snižují přesnost měření (např. teplota okolí, kolísání napájecího napětí).

Přizpůsobovací obvod upravuje signál snímače do normovaného tvaru (analogové napětí 0-5 V, proudová smyčka 4-20 mA, digitální signál), aby jej bylo možné bez zarušení přivést do řídicí jednotky. Tento obvod je často integrován do snímače a tvoří s ním jeden mechanický celek.

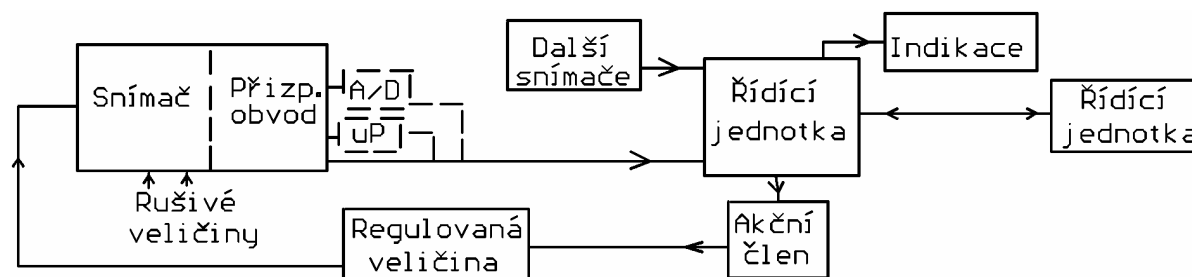
Hlavní požadavky na snímače: spolehlivost (robustní provedení, minimum rozebíratelných spojů), nízká cena (daná velkými výrobními sériemi), malé rozměry (miniaturizace elektrických obvodů), vysoká přesnost (snížení výrobních tolerancí). V současnosti se ke snímači s přizpůsobovacím obvodem přidává i **A/D převodník**. Vzniká tak tzv. **inteligentní snímač**.

Zdigitalizovaný signál je odolný proti zarušení, nejsou problémy s jeho přenosem. Na rozdíl od analogového signálu nedochází při přenosu k jeho rušení. Digitální signál se většinou přenáší v sériovém tvaru. Paralelní přenos dat (např. 8 bitů) by vyžadoval velký počet vodičů a konektorů, snížila by se spolehlivost. Takový snímač je možné navíc doplnit jednočipovým **mikroprocesorem**, který automaticky provádí korekci naměřené hodnoty (nastaví se při výrobě a uloží se do paměti PROM). Mikroprocesor může provádět výpočty měřené veličiny (např. určit minimální, střední nebo maximální hodnotu) a je schopen provádět jejich korekci s ohledem na stárnutí snímače. Pomocí výpočtů se dá zlepšit přesnost měření. Elektroniku integrovanou v místě měření vyžadují také vícesnímačové struktury.

Výkonovými spínači a zesilovači jsou **výstupní signály** mikropočítače (0 V ... 5 V, několik mA) **zesíleny** na výkonovou úroveň, vyžadovanou akčními členy (napětí akumulátoru, několik A) Řídicí jednotka spolupracuje s většinou počtem různých snímačů a s dalšími řídicími jednotkami. Zároveň zajišťuje dle potřeby **informování řidiče** o stavu regulačních procesů, případně o zápisu mimořádných událostí do paměti závad – diagnostická zásuvka.

Tato koncepce znamená rozdělení celkového elektrického systému vozidla do několika podsystémů přehledné velikosti. Jednotky, které jsou funkční úzce propojeny (jednotky s velkou vzájemnou výměnou dat), jsou sdruženy do dílčí sítě. **Přenos dat** mezi jednotlivými řídicími jednotkami a „inteligentními“ snímači probíhá v **sériovém** tvaru (sběrnice CAN)

Všechny známé komunikační systémy vyvinuté pro motorová vozidla jsou logicky založeny na jediném sériovém propojení řídicích jednotek. Z fyzikálního pohledu lze toto propojení realizovat jako jednodrátové nebo diferenciální dvoudrátové rozhraní, které formou sběrnice vzájemně spojuje odpovídající řídicí jednotky (přenosová rychlost 10 kBit/s až 1 Mbit/s).



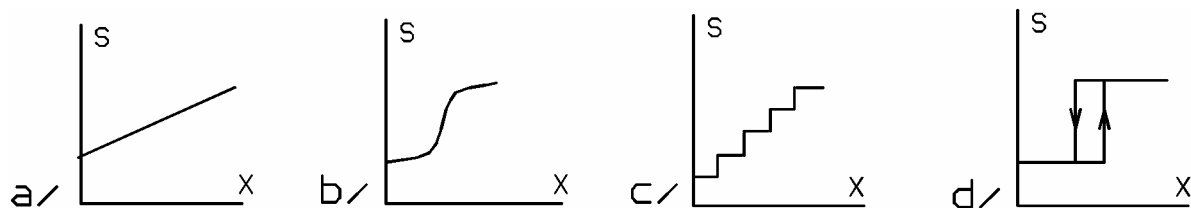
Obr. 1 Zapojení snímačů ve vozidle

Druhy snímačů:

Pohon – snímač tlaku (převodovka, vstřikování), snímač hmotnosti vzduchu, snímač klepání, tlaku okolního vzduchu, Lambda sonda, snímač otáček, tlaku v nádrži, pedálu akceleračního, brzd, snímač úhlu a polohy.

Bezpečnost – radar odstupů vozidel (ACC, Precash), snímač naklonění (pro nastavení světlometů, vysokotlaký snímač (ESP), snímač točivého momentu (posilovač řízení), snímač úhlu natočení volantů (ESP), snímač zrychlení (airbag), snímač rychlosti otáčení (ESP), snímač zrychlení (ABS), snímač naklonění (bezpečnostní systémy, snímač rychlosti otáčení snímání převrácení), snímač otáček (ABS).

Komfort - snímač rychlosti otáčení (navigace), snímač kvality vzduchu (regulace klimatizace), snímač vlhkosti a teploty (regulace klimatizace a topení), snímač tlaku (centrální zamykání), deště (řízení stěračů), ultrazvukový snímač vzdálenosti (sledování zadního prostoru).



Obrázek č. 2 Charakteristika snímačů

S výstupní signál

X měřená veličina

a) spojité lineární - vhodné pro měření a zařízení v širokém rozsahu (např. teplota)

b) spojité nelineární – slouží k regulaci měřené veličiny v úzkém rozsahu (λ sonda)

c) nespojitě víceúrovňová (sledování mezních hodnot,

d) nespojitě dvouúrovňová (sledování mezních hodnot)

Snímače polohy (dráha, úhel)

Nejjednodušší nejlevnější je **potenciometrický snímač**. Pohyb plynového pedálu (akcelerace), vzdouvající klapky (KE – Jetronic a L Jetronic), snímače úhlu škrticí klapky (M – Mototronic) nebo plováku v palivové nádrži se převádí na pohyb jezdců potenciometru na odporové dráze. Ta je připojena přes další odpory k napájecímu napětí. Na jezdcích potenciometru je napětí úměrné k jeho poloze.

Odporová dráha musí být zatěžována pouze malým proudem (1 mA), aby se neohřívala. Nevýhodou je mechanické opotřebení a nadzvednutí běžce při velkém zrychlení a vibracích. Často má potenciometr 2 odporové dráhy, jednu měřící s velkým odporem a jednu snímací z vodivého materiálu.

Užití:

Potenciometrický snímač pedálu akcelerace.

U běžného řízení motoru zadává řidič svůj požadavek např. na zrychlení, konstantní nebo snižující se rychlost jízdy tím, že pedálem akcelerace ovládá mechanicky přes lanovod nebo táhlo škrticí klapku zážehového motoru příp. vstřikovací čerpadlo vznětového motoru. U elektronických systémů řízení motoru přebírá snímač pedálu akcelerace funkci mechanického propojení. Snímá dráhu příp. úhel natočení pedálu a tuto informaci předává ve formě elektrického signálu řídicí jednotce.

Hlavní součástí je potenciometr, na kterém se v závislosti na poloze pedálu akcelerace nastavuje napětí. Pomocí charakteristiky snímače, uložené v paměti, přepočítává řídicí jednotka toto napětí na relativní dráhu pedálu, příp. úhlovou polohu jeho hřídele.

Snímač hladiny paliva v nádrži

Snímač hladiny paliva má za úkol snímat aktuální stav hladiny palivové nádrže a dodávat odpovídající signál řídicí jednotce nebo ukazateli na přístrojové desce vozidla. Spolu s elektrickým palivovým čerpadlem, palivovým filtrem, atd., je součástí vestavných modulů, které jsou umístěny v palivových nádržích na benzín nebo naftu a zajišťují bezporuchové zásobování motoru palivem.

Snímač hladiny se skládá ze **zapouzdřeného, proti vniknutí paliva utěsněného potenciometru**, zapojeného jako **proměnný odpor**. Potenciometr je opatřen ramenem běžce (pružina běžce), oporovými drahami (dvojitý kontakt), deskou s rezistory a elektrickými přípojkami.

Snímač polohy škrticí klapky

Snímá úhel natočení škrticí klapky zážehového motoru. K ověření, zda škrticí klapka vypočtenou polohu také zaujme, se pomocí snímače vyhodnocuje poloha škrticí klapky (regulace polohy). K jištění funkce obsahuje tento snímač dva paralelně pracující (redundantní) potenciometry s odděleným referenčním napětím.

U potenciometrických snímačů musíme ve vypnutém stavu a při rozpojeném obvodu ohmetrem naměřit odpor (nejčastěji v řádu jednotek nebo desítek $k\Omega$). Jeho hodnota se změnou měřené veličiny (sešlápnutí pedálu) musí měnit. Při provozu musí být na výstupu potenciometrického snímače stejnosměrné napětí (nejčastěji 0 až 5 V)

Magnetické induktivní snímače

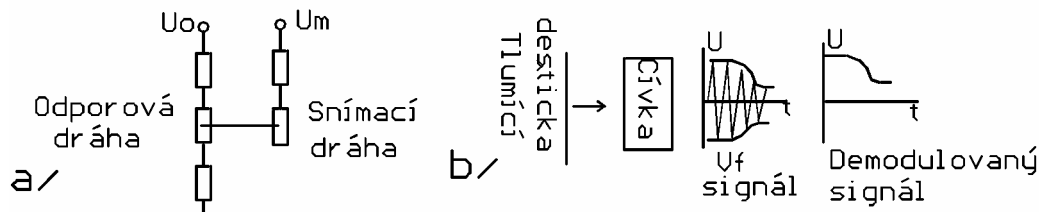
Ze všech bezkontaktních a bezdotykových principů měření polohy jsou magnetické snímače obzvláště robustní a necitlivé vůči rušení. To platí zvláště pro principy měření založené na střídavém proudu, tedy principy magnetické indukce. Potřebná provedení cívek však v porovnání s mikromechanickými snímači zabírají více místa. Z mnoha známých principů tohoto druhu nacházejí v motorových vozidlech použití především dva, jejichž způsob činnosti je velmi podobný:

Snímače využívající vířivé proudy.

Blíží li se elektricky vodivá, rovná nebo zakřivená destička (např. z hliníku nebo mědi) k cívce (většinou bez železného jádra), kterou protéká vysokofrekvenční střídavý proud, mění se její odpor a indukčnost. Příčinou jsou vířivé proudy vznikající v tlumící destičce na základě rostoucí vazby.

Poloha této tlumící destičky reprezentuje měřenou dráhu s.

Ačkoliv princip dobře funguje již v oblasti kilohertzů, doporučuje se ke snímání rychlých pohybů spíše vyšší pracovní frekvence v oblasti megahertzů. Obecně to zase vyžaduje, aby elektronika byla umístěna přímo u snímače. (Vysokofrekvenční signál je obtížné vést na větší vzdálenosti.) K převodu měřicího efektu na elektrické výstupní napětí je možné použít jak činný odpor tak indukčnost.



Obrázek č. 3

a/ Potenciometrický snímač (U_0 – napájecí napětí, U_m – výstupní napětí)

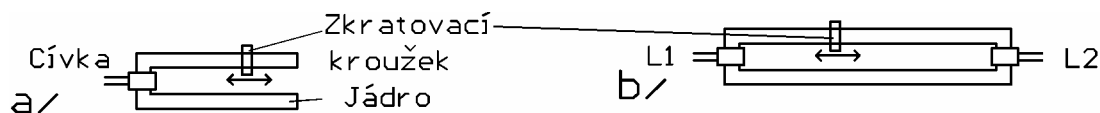
b/ Magnetický induktivní snímač (změna polohy tlumící destičky vyvolá změnu amplitudy U_f napětí v cívce, které je dále demodulováno)

Snímače polohy se zkratovacím kroužkem. Na rozdíl od snímače využívajícího vířivé proudy má cívka snímače se zkratovacím kroužkem vždy magneticky měkké jádro obvykle z plechů rovného nebo zakřiveného tvaru U nebo E. Pohyblivý tlumící díl je zde v podobě „zkratovacího kroužku“ z dobře vodivého materiálu (např. měď nebo hliník), který je pohyblivě umístěn na jednom nebo na všech sloupcích jádra. Kvůli železnému jádru mají tyto snímače mnohem větší indukčnost než snímače využívající vířivé proudy. Mohou proto dobře pracovat i na nižším kmitočtu (5 až 50 kHz) a elektronika pro zpracování signálu nemusí být přímo umístěna v místě snímače. Poloha zkratovacího kroužku ovlivňuje indukčnost téměř lineárně.

Diferenciální nebo polodiferenciální zapojení zlepšuje linearitu měření a zvětšuje odolnost proti rušení.

Indukčnost většinou tvoří prvek oscilačního obvodu. Změna indukčnosti způsobí změnu kmitočtu, kterou může vyhodnotit čítač nebo mikroprocesor v řídicí jednotce. Signál přenášený do řídicí jednotky je odolný proti rušení.

Použití: snímače regulační dráhy pro řadová čerpadla (vestavěný snímač zatížení, snímač EDC)



Obrázek č. 4 Snímače se zkratovacím kroužkem

a/ jednoduchý snímač

b/ diferenciální snímač

Snímače s ponornou kotvou

Jsou založeny na změně indukčnosti cívky pomocí pohyblivého jádra. To je vyrobeno z plného železa (drát), válcovaného železného plechu nebo z feritu. Cívky jsou často dvě, snímač je diferenciální, což zlepšuje přesnost měření a zvětšuje odolnost proti rušení. Používá se ve snímači pedálu akcelerace.

Induktivní snímače otáček

se skládají obecně ze tří hlavních magnetických součástí: nehybná cívka, část magneticky měkkého železa, trvale magnetická část. **Změna magnetického toku potřebná k vytváření výstupního napětí je způsobována otáčením ozubeného kola.** V cívce, která je pevně spojená s permanentním magnetem, se indukuje změnou magnetického toku střídavé napětí přibližně sinusového průběhu.

Indukované napětí v cívce je úměrné změně (derivaci) magnetického toku Φ . **Velikost signálu je přímo úměrná otáčkám ozubeného kola.** Proto se prahové hodnoty vstupních obvodů v řídicí jednotce dynamicky přizpůsobují otáčkám. Výstupní napětí snímače tvaruje Schmittův obvod na pravoúhlý průběh. Tento obvod se používá pro digitalizaci pomalých nebo zarušených signálů. Má hysterezi (obr. 5b), kterou vytváří kladná zpětná vazba z výstupu na vstup. Odstraňuje nejednoznačné úrovně napětí, na jeho výstupu je vždy pravoúhlý průběh napětí.

Amplituda signálu závisí výrazně na vzduchové mezeře a velikosti zubů.

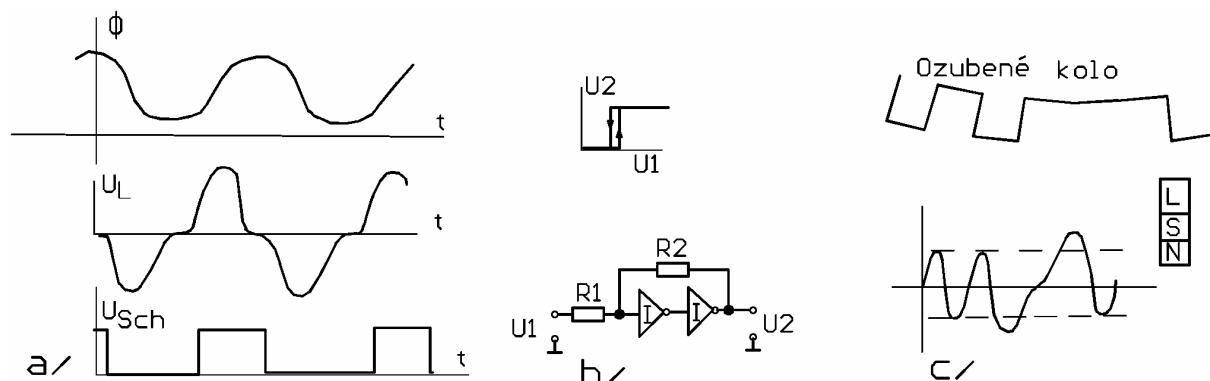
U obvyklých ozubených kol klikových hřídelů a ABS jsou nastaveny vzduchové mezery až do 0,8 až 1,5 mm, přesné nastavení mezery mezi cívkou a impulsním kolem je velmi důležité.

Chceme-li měřit pouze rychlost otáček (snímače otáček kol pro ABS), měříme kmitočet výstupního signálu.

Pro určení polohy klikového hřídele (určení okamžiku vstříknutí paliva) musí být na ozubeném kole značka (mezera mezi zuby), které zvětší amplitudu signálu (obr. 5c). Elektronika musí tuto změnu správně vyhodnotit.

Počet zubů indukčního kola závisí na daném použití. U systémů s elektromagnetickými vstřikovacími ventily $60 - 2 = 58$ zubů. Velká mezera mezi zuby (obr. 5c) představuje vztažnou značku polohy klikového hřídele.

Jiné provedení impulsního kola má pro každý válec jeden zub. U čtyřválcového motoru připadají potom na jednu otáčku 4 impulsy (4 zuby).



Obrázek 5 Měření otáček induktivním snímačem (induktivní snímač v blízkosti točícího se ozubeného kola)

a/ průběh magnetického toku ϕ , napětí na cívce snímače U_L a napětí na výstupu Schmittova obvodu (dole)

b/ převodní charakteristika Schmittova obvodu a jeho realizace pomocí hradel

c/ průběh napětí na výstupu induktivního snímače, je-li mezi zuby mezera (značka)

Výhodou induktivních snímačů jsou nízké výrobní náklady, odolnost proti rušení, žádná elektronika ve snímači, žádné problémy s driftem stejnosměrného napětí a velký teplotní rozsah. Nevýhodou je **závislost výstupního napětí na otáčkách** a citlivost na výkyvy vzduchové mezery.

Používají se ve snímači klikového hřídele, snímači otáček kol, snímači vačkového hřídele (tranzistorové zapalování) a ve snímači pohybu jehly.

Induktivní snímač otáček má dva vývody. Při podezření na závadu změříme cívku snímače ohmetrem, je-li v pořádku, musíme naměřit velmi malý odpor. Výstup induktivního snímače měříme za provozu osciloskopem. Při zvýšení otáček motoru roste amplituda i kmitočet signálu.

Snímač pohybu jehly

Počátek vstřiku je důležitou veličinou pro optimální provoz vznětových motorů. Jeho snímání umožňuje přestavení vstřiku v závislosti na otáčkách a zatížení motoru. Pohyb jehly trysky indukuje změnou magnetického toku v cívce napětí úměrné rychlosti pohybu jehly. Toto napětí přímo zpracovává řídicí jednotka. Překročení určitého prahového napětí je vyhodnoceno jako počátek vstřiku.

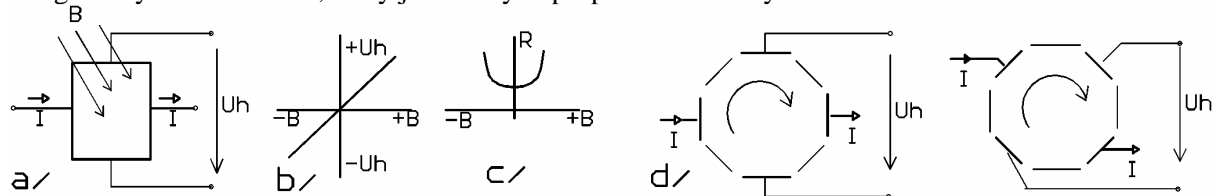
Magnetostatické snímače

Magnetostatické snímače měří stejnosměrné magnetické pole. Na rozdíl od magnetických induktivních (cívkových) snímačů se daleko lépe hodí pro miniaturizaci a lze je levně vyrábět metodami mikrosystémové techniky. Používají se především galvanomagnetické jevy (Hallův jev a Gaussův jev).

Hallův jev se vyhodnocuje pomocí tenkých polovodičových destiček, kterými protéká elektrický proud a zároveň prochází magnetické pole. Jsou-li proud a magnetická indukce na sebe kolmé, lze příčně ke směru proudu naměřit napětí Hallovo napětí U_H , úměrné velikosti magnetického pole. Zároveň se zvyšuje odpor destičky podle parabolické charakteristiky (Gaussův jev, magnetorezistor). Příčinou těchto jevů je působení magnetického pole na elektrony, které jsou nositeli elektrického proudu.

Při použití křemíku je možné tento snímač zkombinovat s integrovaným obvodem, který Hallovo napětí zesiluje a vyhodnocuje. V nejjednodušším případě detekujeme překročení prahové hodnoty elektromagnetické indukce pomocí Schmittova obvodu. Výstupem je dvoustavový logický signál, vzniká tak Hallův spínač.

Nevýhodou jednoduchého snímače je značná teplotní závislost, způsobená mechanickým pnutím materiálu. Díky **principu rotujících proudů** (spinning current) se jí podařilo odstranit. Proud a měřicí obvod jsou elektronicky přepínány. Změřené napětí je elektronicky průměrováno. Vzniká tak integrovaný Hallův obvod, který je vhodný např. pro snímače zrychlení.



Obrázek č. 6

a/ princip Hallova snímače (vektor B měřeného magnetického pole je kolmý na destičku)

b/ závislost Hallova napětí na intenzitě magnetického pole

c/ závislost odporu na intenzitě magnetického pole

d/ princip rotujících proudů

Diferenciální Hallovy snímače

Již několik let existují také dvojité Hallovy snímače („diferenciální uspořádání Hallova snímače“) v plně integrovaném provedení. U těchto snímačů jsou dva kompletní Hallovy systémy umístěné

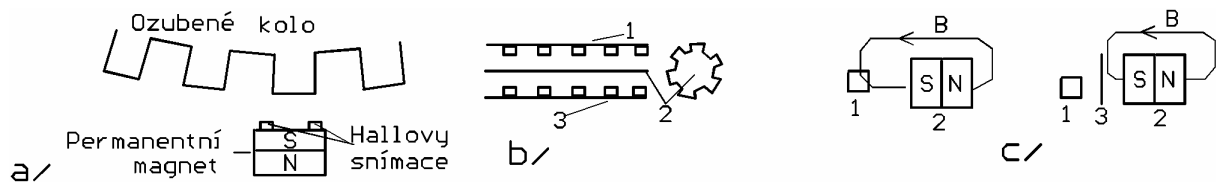
v definované vzdálenosti na jednom čipu a příslušná elektronika (operační zesilovač) vyhodnocuje rozdíl obou Hallových napětí. Tyto snímače mají výhodu, že jejich výstupní signál je značně nezávislý na absolutní hodnotě intenzity magnetického pole a jeho diferenciální snímače snímají pouze prostorovou změnu magnetické indukce.

Tyto snímače se většinou používají k **měření otáček**. Rotorem je ozubené kolo z kovového materiálu. **Přiblížení a oddálení jednotlivých zubů způsobuje změny magnetického pole v blízkosti permanentního magnetu.** Velikost jejich výstupního signálu do značné míry nezávisí na vzduchové mezeře mezi rotorem a snímačem. K dosažení maximálního výstupního signálu odpovídá vzdálenost obou Hallových snímačů (umístěných většinou na okrajích podélného čipu) přibližně polovině rozestupu zubů.

Oproti induktivním snímačům má Hallův snímač otáček výhodu v tom, že **jeho výstupní napětí není závislé na rychlosti otáček** a dá se tak snadno elektronicky zpracovat. Má malé rozměry a vyžaduje elektronické předzpracování signálu. Rozsah provozních teplot je ale omezen křemíkovou vyhodnocovací elektronikou (155 °C max). Nevýhodou ale je, že ke své činnosti potřebuje značný stejnosměrný proud, jehož odběrem zatěžuje palubní síť vozidla.

Ve snímači otáček se často používají Hallovy závory (obr. 7c). Téměř uzavřeným magnetickým obvodem rotuje clonka, která při svém průchodu odvádí magnetický tok od snímače. Spolehlivá funkce je zajištěna, i když clonka proniká různě hluboko do závory.

Hallův snímač má 3 vývody (napájení, výstup, kostra). Výstupní signál měříme osciloskopem. Při zvýšení otáček roste kmitočet, amplituda se nemění.



Obrázek č. 7 Užití Hallových snímačů

a/ snímání otáček diferenciálním Hallovým snímačem

b/ snímač polohy volantů 1 – kryt s permanentními magnety

2 – kódovací kotouč

3 - deska s plošnými spoji s Hallovými snímači

c/ Hallova závora 1 – Hallův integrovaný obvod

2 – Permanentní magnet

3 – Pohyblivá clona

Magnetorezistory se mohou podobně jako Hallovy snímače používat ke snímání otáček ozubeného kola. Jsou značně teplotně závislé, musíme je proto používat v diferenciálním provedení. Dvojice magnetorezistorů je zapojena jako dělič napětí. Jeho výstupní napětí se s teplotou mění minimálně (viz obr.9a).

Odpor magnetorezistorů se mění v závislosti na intenzitě magnetického pole. Vhodného pracovního bodu dosáhneme pomocí permanentního magnetu, který vytváří magnetické předpětí.

Magnetorezistory jsou pasivní součástky odolné proti rušení. Jejich výstupní napětí je v řádu jednotek voltů a není za potřebí jej dále zesilovat.

Aktivní snímače otáček

Funkci zubů impulsního kola přebírají permanentní magnety. Jsou např. umístěny v těsnícím kroužku ložiska kola. Jako snímače se používají Hallovy snímače nebo magnetorezistory. Napětí je nezávislé na otáčkách kola. Napětí ze snímače je digitalizováno a přenášeno dvou vodičovým vedením.

Informace o otáčkách se přenáší modulováním napájecího proudu, které vyhodnocuje snímací rezistor v řídicí jednotce (viz obr. 9g). Digitalizace signálu dále umožňuje přenos informací o směru otáčení kol (funkce hillholder – brání sjetí vozidla dozadu při jízdě do kopce, používá se při navigaci), přenos informace o kvalitě signálu snímače (upozornění řidiče na nutnost opravy).

Snímače otáček převodovky

Obsahuje diferenciální Hallův snímač, který detekuje feromagnetický otáčkový signál ozubených kol, velikost mezery 0,1 až 2,5 mm, snímač ponořen v oleji. Dvoudrátový výstup s proudovou modulací ($H = 14 \text{ mA}$, $L = 7 \text{ mA}$), viz obr 10 g.

Snímače úhlu natočení volantu

Systém elektronického řízení jízdní stability (elektronický stabilizační program ESP) má za úkol udržovat řidičem zvoleny směr jízdy pomocí cíleného ovládní brzd. K tomu se v řídicí jednotce porovnávají nastavený úhel natočení volantu a požadovaný brzdící tlak se skutečným otáčivým pohybem a rychlostí vozidla a v případě potřeby jsou jednotlivá kola přibrždována. Tím je „plovoucí úhel“ (odchylka mezi osou vozidla a pohybem vozidla) udržován malý a je zabráněno vybočení vozidla z jeho dráhy.

Ke snímání úhlu natočení jsou principálně vhodné všechny druhy snímačů úhlu. K zajištění bezpečnosti jsou nutná všechny druhy snímačů úhlu, u kterých lze jednoduchým způsobem kontrolovat věrohodnost nebo ve které se v ideálním případě mohou kontrolovat samy. Používají se potenciometry, optické snímání kódu a magnetické principy. U většiny používaných snímačů je však potřebná stálá registrace a ukládání aktuální otáčky volantu, protože běžné snímače mohou měřit maximálně 360° , volant osobního automobilu má ale rozsah úhlu $\pm 720^\circ$ (celkem čtyři otáčky).

Hallův snímač úhlu natočení volantu

Snímač úhlu natočení volantu snímá polohu volantu pomocí 14 „Hallových závor“. Používají se v něm **Hallové spínače**, na které působí **permanentní magnety**. Mezi spínači a magnety se pohybuje kovový **kódovací kotouč**, který je spojen s hřídelí volantu a který je střídavě odkrývá a zakrývá. Signály ze spínačů vyhodnocuje elektronika.

Tímto způsobem se pomocí devíti Hallových IO vytváří digitální informace o úhlu natočení volantu. Zbývajících pět Hallových snímačů registruje otáčku, která je pomocí převodu do poměru 4:1 převedena do jednoznačného rozsahu 360° .

Obrázek snímače úhlu natočení volantu (obr. 7b) ukazuje nahoře magnety, které mohou být v závislosti na poloze volantu jednotlivě odstíněny magneticky měkkým kódovacím kotoučem, umístěny pod nimi. Na desce plošných spojů přímo pod kódovacím kotoučem se nachází Hallové spínače (v podobě integrovaných obvodů) a mikroprocesor, který provádí testy věrohodnosti a rovněž dekóduje informace.

Snímače náprav

Pomocí automatické regulace dosvitu světlometů ALWR se automaticky koriguje dosvit světlometů vozidla. Při zapnutých potkávacích světlech se vyrovnává náklon vozidla tak, aby byla zajištěna dostatečná dohledná vzdálenost, aniž by docházelo k oslnění protijedoucích vozidel. Statická ALWR koriguje náklon karoserie způsobený nákladem. Dynamická AWLR koriguje navíc dynamicky podmíněné naklání vozidla, vyvolané brzděním a zrychlováním. Snímače náprav přitom přesně snímají náklon karoserie.

Měření náklonu vozidla se provádí pomocí snímačů náprav (snímače úhlu natočení), které jsou namontovány vpředu a vzadu na karoserii. Pomocí otočného ramena, které je táhlem spojeno s příslušnou nápravou vozidla, případně se závěsem kola, se měří vznikající propružení. Náklon vozidla se pak vypočítá z rozdílu napětí mezi snímačem přední a zadní nápravy.

Funkce snímače nápravy je založena na principu Hallova jevu. Ve statoru je integrován Hallův IO, který se nachází v homogenním magnetickém poli. Magnetické pole v něm vyvolává napětí, které je úměrné magnetickému poli. Při otáčení kruhového magnetu hřídelem se mění magnetické pole působící na Hallův IO.

Řídicí jednotka přijímá signály snímačů náprav, vytváří rozdíl mezi přední a zadní nápravou a vypočítá při zohlednění rychlosti jízdy požadovanou hodnotu pro polohu servopohonu. Při ustálené jízdě zůstává ustálená regulace dosvitu světlometu v režimu s velkým tlumením. Krokové motory se náklonu vozidla přizpůsobují jen pomalu, aby nedocházelo k tomu, že by nerovnosti a výmoly na vozovce způsobovaly stálé korekce dosvitu světlometů. Při zrychlování nebo brzdění je okamžitě

zapnut dynamický režim. Ten během několika málo milisekund provede přizpůsobení dosvitu světlometů. Pak se systém automaticky přepne opět do pomalého režimu.

Hallův snímač polohy vačkového hřídele

Převodový poměr mezi vačkovým a klikovým hřídelem je 1:2. Poloha vačkového hřídele udává, zda se píst pohybuje v horní nebo dolní úvratí, zda se nachází v době komprese nebo výfuku. Snímač polohy vačkové hřídele, který pracuje na stejném principu jako snímač otáček, předává tuto informaci řídicí jednotce.

Akustické snímače (ultrazvuk)

Obdobně jako u ozvěnového hloubkoměru (echolot) vysílají snímače ultrazvukové impulsy o frekvenci cca 40 kHz a detekují čas, který uplyne do návratu impulsu odraženého od překážky. Vzdálenost a k nejbližší překážce se vypočítá z doby uplynulé do příchodu odraženého impulsu t_e a z rychlosti šíření zvuku c ve vzduchu, cca 340 m/s,):

$$a = 0,5 \cdot t_e \cdot c$$

Ultrazvukové snímače, které jsou integrovány do nárazníku vozidla, slouží k určování odstupu od překážek a ke sledování okolního prostoru při parkování a pojíždění. S velkým úhlem rozevření, který vzniká při použití více snímačů (vzadu 4 snímače, vpředu 4 až 6), je možné pomocí „triangulace“ určovat vzdálenost a úhel k překážce.

Rozsah detekce takového systému sahá od cca 0,25 do 1,5 m.

Snímač se skládá z plastového pouzdra s integrovaným konektorem, ultrazvukovým měničem (hliníková membrána, na jejíž vnitřní straně je nalepen piezoelektrický měnič) a z desky plošných spojů s vysílací a vyhodnocovací elektronikou. Dva ze tří elektrických přívodních vodičů, spojujících snímač s řídicí jednotkou, zajišťují napájení.

Pomocí třetího, obousměrného vedení, se aktivuje funkce vysílání a odesílá vyhodnocený přijatý signál zpět do řídicí jednotky.

Ultrazvukový snímač používá metodu odrazu ultrazvukového impulsu ve spojení s triangulací. Když řídicí jednotka vyšle digitální impuls zahajující vysílání, elektronický obvod prostřednictvím obdélníkových impulsů o rezonančním kmitočtu s dobou trvání typicky cca 300 μ s vybudí hliníkovou membránu ke kmitání, to znamená k vysílání ultrazvukových vln. Zvuk odražený od překážky znovu rozkmitá, v té době již uklidněnou, membránu (během doby doznívání, dlouhé cca 900 μ s, není žádný příjem možný). Tyto kmity převádí piezokeramický prvek na analogový elektrický signál, který je dále převáděn na digitální signál.

Úhel snímání v horizontálním směru je velký. Ve vertikálním směru je naopak potřebný malý úhel, aby byly vyloučeny rušivé odrazy od země.

Pro **měření odstupu vozidel** se hodí odrazová metoda používající ultrazvuk (malý dosah, 0,5 až 5 m), odrazová nebo triangulační metoda používající světlo blízké infračervené oblasti (střední dosah, až 50 m) a elektromagnetický radar (velký dosah, až 150 m).

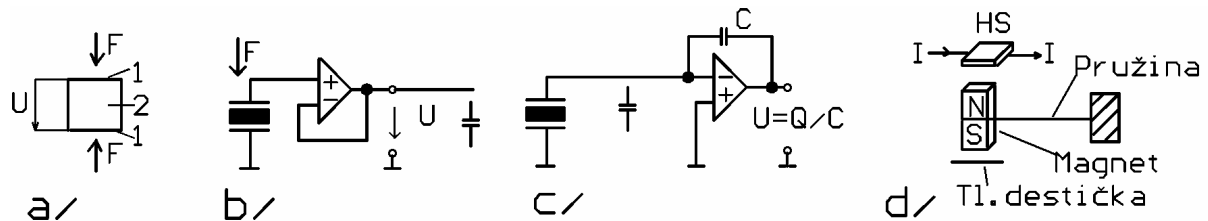
Elektromagnetické snímače (radar)

Systémy ACC (Adaptive Cruise Control) s takovýmto radarem dlouhého dosahu představují **regulátory rychlosti jízdy s automatickým rozpoznáním vozidel**, jedoucích v jízdni stopě před daným vozidlem, a případně požadují přibrzdění. Pracovní frekvence 76 GHz (vlnová délka cca 3,8 mm) umožňuje kompaktní konstrukci potřebnou pro montáž ve vozidlech. Gunnův oscilátor (Gunnova dioda v dutinovém rezonátoru) napájí paralelně tři vedle sebe umístěné antény, které současně slouží k příjmu odražených signálů. Předsazená plastová čočka (Fresnelova) tvaruje vysílaný paprsek, vztaženo k ose vozidla, horizontálně do úhlu $\pm 5^\circ$, vertikálně do úhlu $\pm 1,5^\circ$. Kromě vzdálenosti vozidel jedoucích vpředu a jejich rychlosti může být zjišťován i směr, v němž jsou detekována.

Vysílaný signál je kmitočtově modulován. Než se signál odrazí od překážky a vrátí se, změní se trochu vysílaný kmitočet. Měří se kmitočet přijímaného signálu. Rozdíl frekvence vysílaného a přijímaného signálu je přímo úměrný vzdálenosti od překážky.

Jednou ze základních funkcí je především obvyklá regulace rychlosti jízdy, při které se nastavená rychlost udržuje konstantní. Tato funkce je aktivní vždy, když není detekováno žádné vozidlo jedoucí vpředu, které jede nižší rychlostí než požadovaná rychlost nastavená řidičem. Je-li však v detekčním

rozsahu radaru (přibližně 100 až 150 m) zjištěno vozidlo, které brání pokračovat v jízdě požadovanou rychlostí, je rychlost přizpůsobena rychlosti vozidla jedoucího vpředu. Při malých rozdílech v rychlosti je to možné provést pouhým ubráním plynu, při větších rozdílech je potřebný zásah brzd. Po přizpůsobení rychlosti jede vozidlo, vybavené ACC, za vpředu jedoucím vozidlem s téměř konstantní časovou mezerou. Odstup při vyšších rychlostech roste. Největší problém představuje volba správného cílového vozidla. Z mnoha odrazů je třeba rozpoznat ty, které patří vozidlům jedoucím vpředu. Je potřeba odhadnout, zda jedou ve stejném jízdním pruhu.



Obrázek č. 8 Snímače zrychlení

a/ piezoelektrický jev 1 – elektrody, 2 – piezoelektrický materiál

b/ oddělovač napětí (sledovač signálu)

c/ snímač náboje

d/ Hallův snímač zrychlení

Snímače zrychlení a vibrací

Používají se k regulaci klepání u spalovacích motorů, pro airbag, předepínače bezpečnostních pásů, detekce převrácení (vypnutí zapalování, uzavření přívodu paliva), ke snímání zrychlení v zatáčkách, v protiblokovacím systému (ABS) nebo při elektronickém řízení stability (ESP) a regulaci podvozku. Zrychlení se často udává jako násobek gravitačního zrychlení g ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Všechny snímače měří sílu F , která působí na setrvačnou hmotnost m .

$$F = m \cdot a$$

Setrvačná hmota je pružně spojena s tělesem, jehož hmotnost máme měřit.

Používají se **piezoelektrické snímače**, které **působením síly vytváří na svém povrchu elektrický náboj**. Některé materiály (křemenný krystal) vykazují tuto vlastnost přirozeně, jiné (např. piezokeramika) musí být nejdříve polarizovány vysokým napětím.

Elektrické vyhodnocení signálu:

Snímání napětí: Protože piezoelektrické snímače mají vysoký vnitřní odpor, doporučuje se při snímání výstupního napětí U umístit první oddělovací zesilovač co nejbližší ke snímači (pokud možno, do společného, hermeticky těsného pouzdra). Delší přívodní vodiče zkreslují signál jako svou parazitní kapacitou (dělič napětí), tak i svým parazitním činným odporem.

Snímání náboje: Výhodnější je použít u piezoelektrického snímače zesilovač náboje, který ukládá snímačem vytvářený náboj v kvalitním měřicím kondenzátoru C_m a tím udržuje samotný snímač bez náboje a napětí. Při tomto typu vyhodnocení je možné škodlivé parazitní vlivy přírodního vedení téměř potlačit, takže zesilovač nemusí být bezpodmínečně integrován se snímačem.

Hallovy snímače zrychlení

Vozidla s protiblokovacím systémem ABS, regulací prokluzu ASR, pohonem všech kol nebo také programem elektronického řízení stability ESP mají kromě snímačů kol Hallův snímač zrychlení k měření podélného a příčného zrychlení vozidla (v závislosti na montáži, ve vztahu ke směru jízdy). V Hallově snímači zrychlení se používá „elastický“ upevnění systém pružina – hmota (viz obr.8d). Skládá se z páskové pružiny umístěné nastojato, která je na jednom konci pevně upnuta. Na jejím volném konci je nasazen trvalý magnet jako seizmická hmota. Nad trvalým magnetem se nachází vlastní Hallův snímač s vyhodnocovací elektronikou. Pod magnetem je malá tlumící destička z mědi. Působí-li na snímač příčně k jeho pružině zrychlení, mění systém pružina – hmota svou klidovou polohu. Vychýlení je měřítkem pro zrychlení. Magnetický tok F vycházející z pohybující se magnetu vytváří v Hallově snímači Hallovo napětí U_H . Vyhodnocovací elektronikou z něj odvozené výstupní napětí U_A stoupá lineárně se zrychlením (měřicí rozsah cca 1 g)

Snímač je navržen pro malou šířku pásma několika Hz a je elektrodynamicky tlumen.

Mikromechanické křemíkové snímače zrychlení

Mikromechanické křemíkové snímače zrychlení pro zádržné systémy pro cestující snímají hodnoty při čelním nebo bočním nárazu a řídí iniciaci přepínačů bezpečnostních pásů, airbagů a ochranného oblouku.

Nezbytný systém pružina - hmota je vyroben technikou leptání z plného křemíkového plátku.

K obzvlášť přesnému měření vychýlení této hmotnosti se osvědčilo kapacitní snímání. To vyžaduje nad a pod hmotností upevněné na pružině přidat další křemíkovou nebo skleněnou destičku. Destičky s protielektrodami současně slouží jako ochrana proti přetížení. Toto uspořádání destiček odpovídá sériovému zapojení dvou diferenciálních kondenzátorů (cca 10 až 20 pF).

Při působení zrychlení a ve směru snímání se křemíkové střední destička jako seizmická hmotnost vychyluje. To způsobuje změnu vzdálenosti k horní příp. dolní destičce a tím také změnu kapacity kondenzátorů. Ta vede ke změně elektrického signálu, která se ve vyhodnocovací elektronice (CMOS) zesiluje, filtruje a digitalizuje pro další zpracování v řídicí jednotce airbagu.

Piezelektrické snímače klepání KS

Snímače klepání jsou svým funkčním principem snímače vibrací a hodnotí se ke snímání kmitů šířících se tělesy. Ty se v motorových vozidlech vyskytují např. v motorech jako „klepání“ při nekontrolovatelném spalování (špatně nastavený předstih). Snímače je převádí na elektrické signály, které převádí do řídicí jednotky. Zpravidla se motory vybavují jedním, dvěma nebo více snímači klepání. Ty se pak přepínají podle pořadí zapalování. Konstrukce a způsob činnosti

Hmotnost působí na základě své setrvačnosti tlačnými silami v rytmu budících kmitů na kruhový piezoelektrický prvek. Tyto síly v keramice posun náboje: Mezi spodní a prostřední řadou keramiky vniká elektrické napětí, které se snímá kontaktními kruhovými ploškami a dále zpracovává v řídicí jednotce. Citlivost je výstupní napětí na jednotku zrychlení. Napětí je pomocí střídavého napěťového zesilovače s vysokým vstupním odporem vyhodnoceno např. v řídicí jednotce zapalování nebo systému řízení motoru Monotronic.

Umístění snímače klepání se u daného motoru volí tak, aby mohlo být rozpoznáno klepání daného válce.

Musí být upevňovací šroub utažen definovaným utahovacím momentem.

Upevňovací plocha a závitový otvor v motoru musí mít předepsanou kvalitu, nesmí se k zajištění používat žádné vymezovací nebo pružné podložky.

Snímače tlaku

Měření tlaku se provádí přímo, prostřednictvím deformování membrány, nebo snímačem síly.

Používá se pro následující aplikace:

Tlak v sacím potrubí příp. tlak přeplňování (1 až 5 bar) u vstřikování benzínu

Brzdící tlak (10 bar) u elektropneumatických brzd

Tlak vzduchového odpružení (16 bar) u vzduchem odpružených vozidel

Tlak v pneumatikách (5 bar absolutně) u kontroly příp. regulace tlaku v pneumatikách

Tlak v hydraulickém zásobníku (cca 200 bar) u ABS a servořízení

Tlak chladiva (35 bar) u klimatizačních systémů

Modulační tlak (35 bar) u automatických převodovek

Brzdící tlak v hlavním brzdovém válci a brzdových válcích kol (200 bar) a automatická kompenzace stáčivého momentu při elektronicky řízených brzdách

Přetlak nebo podtlak v nádrži (0,5 bar)

Tlak ve spalovacím prostoru (100 bar, dynamicky) pro rozpoznání vynechávání zapalování a klepání

Tlak elementu vstřikovacího čerpadla nafty (1000 bar, dynamicky) u elektronického řízení vznětového motoru

Tlak paliva v tlakovém zásobníku (Common Rail) nafty (1500 příp. 1800 bar)

Tlak paliva v tlakovém zásobníku (Common Rail) benzínu (100 bar)

Přímé měření tlaku

Zvláště k měření velmi vysokých tlaků ($>10^4$ bar) by stačilo jednoduše vystavit rezistor tlakovému médiu, neboť všechny známé rezistory vykazují menší nebo větší závislost na tlaku (objemový efekt). Obtížněji se však přitom realizuje potlačení jejich současné závislosti na teplotě a tlakotěsné vyvedení jejich vývodů z tlakového média.

Příznivější vlastnosti zde mají závislosti na použití lehce vyrobitelné kapacitní měřící členy (kapsle).

Membránové snímače

Nejvíce rozšířená (i v automobilech) metoda snímání tlaku používá k získání signálu nejprve jako mechanický mezistupeň tenkou membránu, která jednou stranou vystavena měřenému tlaku a jeho působením se méně nebo více prohýbá. Její tloušťka a průměr může být v širokém rozmezí přizpůsobována danému rozsahu tlaku. Nízké rozsahy měřeného tlaku vedou k relativně velikým membránám s průhyby, které se mohou pohybovat v oblasti 1...0.1 mm. Vysoké taky vyžadují silnější membrány menšího průměru, které se prohýbají jen o několik μm .

Snímače síly a točivého momentu

Použitelnost snímačů síly a točivého momentu v motorovém vozidle je velmi mnohostranná, jak ukazuje následující seznam:

Měření spojovací síly mezi tažným vozidlem a přívěsem příp. návěsem u užitkových vozidel pro regulované brzdění, eliminující její vznik

Měření síly tlumičů pro elektronickou regulaci podvozku

Měření zatížení nápravy u užitkových vozidel pro elektronicky řízené rozdělení brzdící síly

Měření síly pedálu u elektronicky regulovaných brzdových soustav

Měření brzdící síly u elektricky ovládaných a elektronicky regulovaných brzdových soustav

Bezdotykové měření hnacího momentu a brzdného momentu

Bezdotykové měření momentu řízení příp. momentu servořízení

Ochrana před přiskřípnutím u elektricky ovládaných spouštěčů oken a posuvných střeš

Snímače síly integrované do ložisek

Měření hmotnosti pasažéru vozidla

Piezorezistivní princip

Použití roztažných rezistorů k měření síly je nejrozšířenější a současně nejspolehlivější a nejpřesnější metodou měření síly a točivého momentu. Je založena na tom, že **mezi mechanickými napětími σ v roztažném tělese** (způsobenými zavedením síly) **a protažením ϵ existuje** přinejmenším v „Hookově oblasti“ **přímo úměrná závislost**. Podle Hookova zákona platí v tomto případě:

$$\epsilon = \Delta l / l = \sigma / E$$

kde konstanta úměrnosti E je známa jako „modul pružnosti“. Tato metoda je proto nepřímá metoda měření, protože neměří přímo napětí podmíněná silami, ale roztažení jimi způsobené. Roztažené vrstevné rezistory jsou s povrchem zvoleného roztaženého tělesa spojeny tak těsně, že sledují bez zkreslení jeho povrchové roztahování. Změna odporu způsobená roztažením rezistoru je určena vztahem:

$$\Delta R / R = K \cdot \epsilon$$

Přetrvávající zbytky teplotní závislosti jsou eliminovány tím, že rezistory jsou na roztažném tělese zapojeny jako poloviční nebo úplný můstek (podobně jako na obr. 9a).

Snímač obsazení sedadla (OC/AKSE)

Po zavedení airbagu spolujezdce bylo z bezpečnostně-technických důvodů nutné rozpoznat, zda je sedadlo spolujezdce obsazeno nebo ne. Protože při nehodě a neobsazeném sedadle spolujezdce není potřeba žádného pasažéra chránit, vznikaly by aktivací airbagu zbytečné náklady na opravu.

S vyvinutím „smartbags“ („chytrých airbagů“) požadavky na rozpoznání obsazení sedadla řidiče a spolujezdce ještě stouply. Smartbag se vyznačuje proměnlivou reakcí při nafukování v závislosti na dané osobě a situaci. Iniciaci airbagu musí být zabráněno, když by jeho aktivace v určitých situacích působila v neprospěch cestujících (například když na sedadle spolujezdce sedí dítě nebo je zde dětská sedačka). Proto bylo „jednoduché“ rozpoznání obsazení sedadla rozšířeno na „inteligentní“ určování

cestujících OC (Occupant Classification). Jako další sensorika je integrován systém AKSE - automatické rozpoznání dětské sedačky vybavené transpondéry.

Snímací rohož s řídicí jednotkou umístěná do předních sedadel vozidla snímá informace o osobách sedících na sedadlech a předává data řídicí jednotce airbagu. Tato data se pak používají k přizpůsobené iniciaci zádržných systémů.

Princip měření je založeno na klasifikaci osob podle jejich tělesných vlastností (hmotnost, výška atd.) a umožnění iniciace airbagů optimalizované pro tyto osoby. Místo přímého měření hmotnosti cestujících používá systém OC přednostně souvislost mezi antropometrickými vlastnostmi (např. „vzdálenost pánevních kostí“) a hmotností. Snímací rohož systému OC k tomuto účelu měří rozložení tlaku na sedací ploše. Vyhodnocení v první řadě ukáže, zda je sedadlo obsazeno nebo ne. Další analýzou je možné danou osobu zařadit do definované třídy. Snímací rohož se skládá z odporových prvků závislých na tlaku.

Měření průtoku vzduchu

Často používaný pojem „množství vzduchu“ nechá otevřenou otázku, zda se jedná o objem nebo hmotnost. Protože se však u chemického procesu spalování paliva používají jednoznačně hmotnostní poměry, je **cílem měření** zcela jasně „**hmotnost**“ nasávaného nebo také přeplňovaného vzduchu.

Hmotnostní tok vzduchu je přinejmenším u zážehových motorů **nejdůležitější veličinou pro zatížení**.

Snímače měřící množství vzduchu nebo obecně proudění plynů se nazývá také **anemometry**. Maximální měřený hmotnostní tok vzduchu se v (časovém) průměru podle výkonu motoru pohybuje v rozsahu 400 až 1200 kg/h. Z důvodu nízké spotřeby moderních motorů při volnoběhu činí poměr mezi minimálním a maximálním průtokem 1 : 90 až 1 : 100. Kvůli přísným požadavkům na spaliny a spotřebu musí být dosaženo přesnosti 1 ... 2 % změřené hodnoty. Vztaheno na měřící rozsah to může znamenat (pro motorová vozidla neobvykle vysokou) přesnost měření 10^{-4} . Motor však neodebírá vzduch jako kontinuální proud, ale v taktu otevírání sacích ventilů. To způsobuje, že hmotnostní proud vzduchu (obzvláště při široce otevřené škrtkové klapce) ještě silně pulsuje i v místě měření, které leží vždy v sacím potrubí mezi čističem vzduchu a škrtkové klapkou. Následkem **rezonancí** v sacím potrubí je pulsace občas tak silná, že dochází dokonce ke krátkodobému zpětnému proudění. To platí především pro 4válcové motory, u kterých přesný průtokoměr musí toto zpětné proudění snímat se správným znaménkem.

Anemometr s vyhříváním drátem

Prochází-li tenkým drátem nebo tenkou destičkou proud, drát nebo destička se ohřívá. Proudí-li okolo něj současně vzduch, který teplo odvádí, nastaví se rovnováha mezi přiváděným a odváděným výkonem tepla.

Tento drátek (R_m) nebo destičku zapojíme do můstku společně s druhým drátkem nebo destičkou (R_{ref}), viz obr. 10a. Tím potlačíme vliv kolísání teploty vzduchu na přesnost měření.

Regulační obvod řídí vyhřívací proud tak, aby vyhřívání drát byl vždy o 130 až 160 °C teplejší než okolní vzduch. Řídicí jednotka měří vyhřívací proud, který je úměrný hmotnosti vzduchu.

Aby se zabránilo „posouvání“ výsledků měření kvůli usazeninám na platinovém drátku, je po každém vypnutí motoru drátek zahřán na teplotu 1000 °C. Při této teplotě se usazeniny vypálí a odloupnou, drát je tak vyčištěn.

Tato metoda zajišťuje měření hmotnosti vzduchu nezávisle na jeho tlaku, který se mění s nadmořskou výškou.

Snímače kvality vzduchu

Snímají trvale kvalitu vzduchu ve vstupní oblasti větrání. Reagují především na škodlivé součásti výfukových plynů CO (hlavně u zážehových motorů) a NOx (primárně u vznětových motorů). Další úkol spočívá v tom, aby se zabránilo rosení skel. K tomu snímá snímač vlhkosti obsah vodní páry ve vzduchu.

Tyto snímače zabudované do řídicích jednotek kvality vzduchu se skládají z tlustovrstvých rezistorů, které obsahují oxid cínu. Když se zde usazují měřené látky, mění rezistory v širokém rozsahu prudce svůj odpor (např. 1 až 100 kΩ). Rezistory sondy jsou umístěny na společném keramickém substrátu,

kteřý je vyhřívacím vodičem na zadní straně ohříván na provozní teplotu 330 °C. Substrát je kvůli vysoké teplotě upevněn samostatně.

Sonda CO měří koncentrace v rozsahu 10...100 ppm (parts per million, resp. 10^{-6}) a **sonda NO_x** v rozsahu 0,5...5 ppm. Jakmile je koncentrace škodlivých plynů příliš vysoká (někdy téměř 100krát větší než v čerstvém vzduchu), uzavře řídicí jednotka kvality vzduchu klapky pro přívod čerstvého vzduchu. Tím zabrání tomu, aby řidič tyto plyny vdechoval a předčasně se unavil. Ochranou před těmito škodlivými látkami se prodlužuje životnost použitého filtru s aktivním uhlím. Kysličník uhelnatý CO je velmi škodlivý pro lidský organismus. Vzniká při nedokonalém spalování. V lidské krvi reaguje s hemoglobinem. Při vyšších koncentracích může způsobit i udušení.

Novější řídicí jednotky kvality vzduchu mají také **snímač vlhkosti vzduchu**. Jeho signál slouží společně se signálem teploty prostoru kabiny, měřené snímačem teploty NTC, k **výpočtu rosného bodu**, který má vliv na rosení skel vozidla.

Dvoubodová lambda sonda

Dvoubodové lambda sondy se používají u zážehových motorů s dvoubodovou regulací lambda. Zasahují do výfukového potrubí a snímají rovnoměrně proud spalin ze všech válců.

„Dvoubodové sondy“ dávají signál, zda se ve spalinách vyskytuje bohatá ($\lambda < 1$) nebo chudá směs ($\lambda > 1$). Skoková charakteristika těchto sond umožňuje regulaci směsi kolem $\lambda = 1 (\pm 3 \%)$

Pevný elektrolyt se skládá z jednostranně uzavřeného, pro plyn neprostupného keramického tělesa z oxidu zirkoničitého, který je stabilizován oxidem yttritým. Povrch je oboustranně opatřen elektrodami z porézní tenké vrstvy platiny. Kromě toho je na straně spalin porézní keramická vrstva (o síle pavučiny) k ochraně před nečistotami. Kovová trubička s více otvory chrání keramické tělísko před mechanickým poškozením (nárazy) a tepelnými šoky. Ve vnitřním otevřeném prostoru (na opačné straně výfukových plynů) slouží okolní vzduch jako referenční plyn.

Aby byla keramika sondy chráněna před zbytky spalování obsaženými ve spalinách, je na pouzdrů sondy (na straně spalin) upevněna ochranná trubka speciálního tvaru. Štěrby v ochranné trubce jsou uspořádány tak, aby obzvláště účinně chránily před velkým termickým a chemickým zatížením.

Vyhřívání lambda sonda

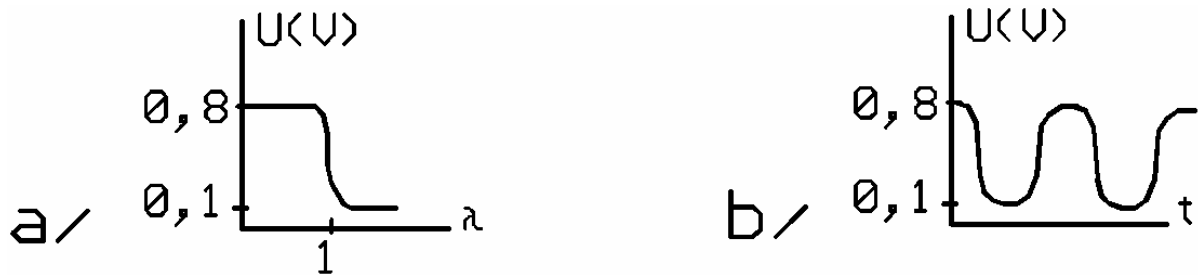
Vyhřívání tyčová sonda obsahuje navíc vyhřívací prvek. U této sondy je teplota keramického tělesa při nízkém zatížení motoru (tzn. při nízké teplotě spalin) určovaná elektrickým vyhříváním, při vysokém zatížení, teplotou spalin.

Vyhřívání tyčová sonda může být umístěna ve větší vzdálenosti od motoru, takže i dlouhodobá jízda při plném zatížení již není problematická. Externí vyhřívání způsobí rychlé ohřátí, takže během 20 až 30 s po nastartování motoru je dosažena provozní teplota a regulace lambda může pracovat. Protože má vyhřívání lambda sonda stále optimální provozní teplotu, je dosaženo nízkých a stabilních emisí škodlivin.

Napětí dodávané sondou, které je tedy závislé na obsahu kyslíku ve výfukových plynech, dosahuje při bohaté směsi ($\lambda < 1$) 800 až 900 mV, při chudé směsi ($\lambda > 1$) pouze 100 mV. Při přechodu z bohaté k chudé směsi je napětí přibližně 450...500 mV. Také teplota keramického tělíska ovlivňuje vodivost iontů kyslíku a tím průběh napětí sondy v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu λ . Kromě toho je doba odezvy napěťové změně složení směsi silně závislá na teplotě.

Jestliže leží doby odezvy při teplotě keramiky do 350 °C v oblasti sekund, pak při optimální provozní teplotě cca 600 °C reaguje sonda v čase kratším než 50 ms. Po nastartování motoru je proto až do dosažení minimální provozní teploty cca 350 °C reaguje lambda vypnuta. Motor přitom pracuje v řízeném provozu. Příliš vysoké teploty zkracují životnost. Proto musí být lambda sonda umístěna tak, aby při déletrvajícím plném zatížení nepřesáhla její teplota 850 °C; po kratší dobu je přípustná teplota 930 °C.

Průběh napětí na λ sondě se mění velmi rychle mezi hodnotami 100 a 800 mV. Měříme je osciloskopem. Kmitočet změn je asi 1 až 2 Hz. Tato hodnota při stárnutí sondy klesá. Při správné regulaci má být střední (průměrná) hodnota napětí asi 400 až 500 mV.

Obrázek č. 9 λ sonda/a/ závislost výstupního napětí na koeficientu λ

b/ průběh výstupního napětí v závislosti na čase v zaregulovaném stavu

Snímače teploty

Teploty v motorovém vozidle

Bod měření	Rozsah °C
Nasávaný/přeplňovaný vzduch	-40...+60
Okolí	-40...+60
Kabina	-20...+80
Větrací vzduch/topení	-20...+60
Výparník (klimatizace)	-10...+50
Chladicí kapalina	-40...+130
Motorový olej	-40...+130
Akumulátor	-40...+100
Palivo	-40...+120
Vzduch v pneumatikách	-40...+120
Spaliny	100...+1000
Třmen kotoučové brzdy	-40...+2000

Odporové snímače

Elektrické rezistory, jejichž odpor je závislý na teplotě, jsou jako dvoupólové součástky obzvláště vhodné k měření teploty ať už ve formě vinutých drátových rezistorů, spěkané keramiky, fóliových rezistorů, tenkovrstvých nebo tlustovrstvých rezistorů nebo rezistorů monokrystalické formě. Obvykle jsou pro převod na napěťový analogový signál doplněny pevným rezistorem (měřící můstek – obr.10 a) do děliče napětí nebo jsou napájeny přiváděných konstantním proudem.

Rezistory NTC

Vyrábějí se z oxidů těžkých kovů. Nazývají se termistory, jejich odpor klesá nelineárně s teplotou, viz obr. 10b. Zvýšení teploty o každých 20 °C sníží jeho odpor na polovinu. Aby nedocházelo k velkým chybám měření, nesmí měřící proud termistor příliš zahřívát. Pro větší napětí a proudy není VA charakteristika termistoru lineární, viz obr 10c.

Rezistory PTC

Oproti rezistorům NTC vykazují menší závislost změny odporu na teplotě. Jejich výhodou je ale téměř lineární závislost odporu na teplotě a vysoká přesnost odporu (tolerance řádově 1 %), což zjednodušuje a usnadňuje vyhodnocování měření (viz obr. 10 d). Často se používají platinové odpory. (Označení PT 100 znamená platinový odpor 100 Ω).

Polovodičové rezistory PTC mají dvakrát větší citlivost než platinové. Na čipu je možné integrovat další součástky. Tyto snímače jsou velmi dobře reprodukovatelné. Mohou ale pracovat pouze do teploty 150 °C, ve zvláštním provedení až do 300 °C.

Při podezření na závadu odpojíme snímač a změříme ohmetrem jeho odpor. Naměřená hodnota musí přibližně souhlasit s údajem výrobce. Pokud není uvedeno jinak, udává se tato hodnota při teplotě 20 °C. Dále se obvykle udává odpor při teplotě 80 °C. Ověříme platnost těchto hodnot. Zkrat nebo nekonečný odpor vždy znamená vadné čidlo.

Termočlánky

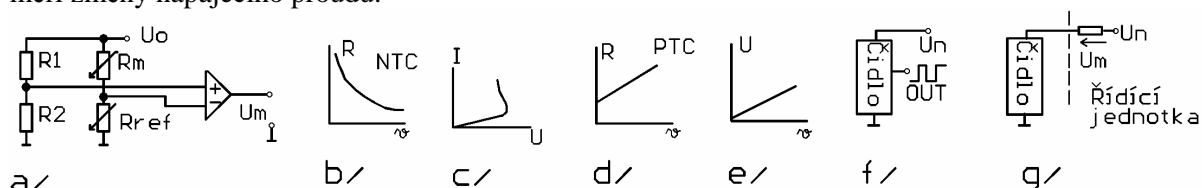
Využívají toho, že na konci kovového vodiče vzniká elektrické napětí, pokud mají tyto konce odlišné teploty. Toto termoelektrické napětí výhradně závisí na rozdílu těchto teplot, nemá žádné výrobní tolerance. Má hodnotu řádově jednotek mV. Používají se pro měření teplot až do 1000 °C. Ke zvětšení výstupního napětí se často zapojují do série.

Polovodičové přechody.

Napětí na diodě nebo na přechodu BE u tranzistoru má typickou hodnotu 0,6 V. Toto napětí klesá celkem přesně o 2 mV/°C, což se dá využít pro měření.

Snímače teploty s číslicovým výstupem

Tyto snímače mají v sobě integrován převodník odpor – kmitočet (kmitočet nestabilního multivibrátoru je dán odporem termistoru). Výstupem je signál odolný proti rušení. Kmitočet multivibrátoru měří a zpracovává řídicí jednotka řídicí jednotka (viz obr. 10 f). Chceme-li, aby takový snímač bylo možné připojit pomocí dvou drátů, musí výstup snímače modulovat napájecí proud (obr.10g). Řídicí jednotka měří změny napájecího proudu.



a/

Obrázek č. 10 Měření teploty

a/ Princip kompenzace snímačů, měření teploty měřicím můstkem

b/ závislost odporu na teplotě u termistoru se záporným teplotním součinitelem (NTC)

c/ voltampérová charakteristika termistoru NTC

d/ závislost odporu na teplotě u PTC

e/ závislost napětí na teplotě u termočlánku

f/ čidlo měření teploty s digitálním výstupem (3 vývody)

g/ inteligentní čidlo se dvěma vývody)

Optické snímače

Snímač deště

Snímač deště rozpozná vodní kapky na čelním skle a umožňuje automatické spínání stěračů. Řidič je tak osvobozen od mnoha pohybů rukou, které byly u konvenčních řízení stěračů potřebné. O to více se může soustředit prozatím na řízení. Manuální ovládání mu však zůstává vyhrazeno jako doplňující funkce. Řidič musí po startu vozidla automatiku (pokud si to přeje) nejprve aktivovat.

Snímač deště se skládá z optické dráhy mezi vysílačem a přijímačem podobně snímač nečistot. Svítivá dioda emituje světlo. Toto světlo dopadající na čelní sklo pod určitým úhlem se odráží od suché vnější mezní plochy (totální odraz) a dopadá do přijímače (fotodiody), který je rovněž natočen pod určitým úhlem. Jsou-li na vnější ploše kapky vody, odráží značná část světla směrem ven a zeslabuje tím přijímaný signál. Od určitého stupně se stěrač automaticky zapne i při znečištění. U novějších provedení snímače se místo dříve běžného viditelného světla používá světlo infračervené.

V závislosti na naměřené hustotě deště řídí snímač rychlost stěračů. Společně s elektricky regulovaným pohonem stěračů se v režimu cyklovače může rychlost stírání řídit stupňovitě. Dopadá-li např. při předjíždění nákladního automobilu na čelní sklo stříkající voda, přepne systém ihned na nejvyšší rychlost stírání.

Snímač deště se může využívat také např. k automatickému zavírání oken a posuvné střechy. Vybaven doplňujícím snímačem světla může dokonce řídit potkávající světla: ta jsou při setmění nebo při vjezdu do tunelu zapnuta bez přičinění řidiče.

Snímač znečištění

Rozpozná stupeň znečištění rozptylových skel světlometů a umožní jejich automatické čištění. Skládá se z LED a fototranzistoru. Při čistém nebo dešťovými kapkami pokrytém skle je světlo LED vyzařováno do volného prostoru. Nečistoty světlo rozptýlí, to se pak vrací k fototranzistoru.

Literatura:

Snímače v motorových vozidlech, Bosch, 2001

Amatérské rádio 5B/2005