

Elektronické riadiace systémy v autách z hľadiska dopravy

Juraj Medveczky

V bežnom automobile dneška je viac elektroniky ako v Apolle, ktoré pristálo na Mesiaci. Je nutná takáto miera elektronizácie v osobných a nákladných vozidlách? Ako zasahuje elektronika do činnosti vodiča? Nasledujúci článok sa pokúsi v krátkosti načrtnúť odpovede na tieto otázky, ktoré si popri motoristoch kladú dnes aj odborníci z najrôznejších oblastí a krátko vysvetlí, na koľko je dnes vodič „pánom“ nad jednotlivými systémami a tým vlastne nad svojim vozidlom. Článok sa bude zameriavať len na elektronické riadiace systémy, ktoré sa týkajú osobných a nákladných áut, keďže tie, v porovnaní napr. s lodnou alebo leteckou dopravou, sú známe väčšine populácie.

1. Riadiace systémy v doprave

Pred tým, ako sa hlbšie pustíme do výkladu, pozrime sa na štruktúru riadiacich systémov v doprave. Podľa definície profesora Michelbergera iniciátorom dopravy (v našom prípade cestnej) je človek, ktorý na to využíva dopravné prostriedky, infraštruktúru (cesty, značenie, riadenie dopravy) a pravidlá (predpisy, normy), ktoré určujú, ako táto sústava funguje. Prvé dve zložky využívajú riadiace systémy priamo, tretia ich využitie ovplyvňuje (na strane dopravných prostriedkov aj infraštruktúry).

Hlavným prvkom automobilovej dopravy na úrovni infraštruktúry sú cesty. Premávka na nich je v súčasnosti riadená systémami, až na malé výnimky, nespoločnými priamo s vozidlami. V niektorých prípadoch časť infraštruktúry vytvárajú samotné systémy inštalované vo vozidlách (napr. „ad hoc“ siete tvorené priamym spojením medzi vozidlami). Tieto systémy môžu riadiť premávku (a tým, samozrejme, jednotlivé vozidlá) autonómne (v malej oblasti), resp. poskytovať informácie vodičovi o premávke. Na tretej úrovni sa nachádzajú riadiace systémy, ktoré ovplyvňujú správanie vozidla ako celku. Štvrtú úroveň tvoria riadiace systémy, zabezpečujúce jednotlivé funkcie vozidla (riadenie, pohon, brzdenie atď.). Táto úroveň využíva jednotlivé komponenty riadiacich systémov (riadiace jednotky, snímače, akčné členy atď.).

2. Z histórie

Prvými samostatne fungujúcimi regulačnými systémami v autách, aj keď v mechanickej podobe, boli do dnešného dňa známe termostaty a časť karburátora, zabezpečujúca voľnobežné otáčky motora. V medzivojnovom období prišli na trh v Spojených štátoch autá s automatickou prevodovkou. Po dlhých rokoch sa objavil systém ABS. Niektorí čitatelia by mohli namietkať, že mechanické, resp. elektromechanické vstrekovanie paliva bolo nasadené skôr, no systémy bez spätnej väzby (v prípade spaľovacieho motora ju tvoria sondy lambda, ktoré dávajú riadiacej jednotke informáciu o kvalite výfukových plynov) sa považujú za čisto ovládacie (poloha plynového pedálu určí mieru otvorenia škrtiacej klapky, a tak je nasatý vzduch obohatený o zodpovedajúce množstvo paliva). Od toho obdobia sa vďaka rozvoju polovodičovej techniky elektrické a elektronické systémy, ako aj v iných oblastiach života, začali udomáčňovať aj v automobiloch.

Vysvetlenie

Zámerne sú použité oba veľmi podobne znejúce výrazy (elektrické a elektronické systémy), keďže predstavujú dva rôzne princípy, a to:

- **Elektrifikáciu vozidla.** Nahrádzanie alebo dopĺňanie komponentov fungujúcich na neelektrickej báze elektrickými komponentmi. Cieľom je zlepšenie komfortu alebo zvýšenie presnosti

riadenia jednotlivých ovládacích elementov, čo má však za následok zvýšený príkon a celkový odber elektrického prúdu vozidla. Vyžaduje teda väčší zdroj elektrického prúdu a napájacie vodiče s väčším priemerom, resp. selektívne spínanie napájania pre jednotlivé spotrebiče. V nedávnej minulosti sa za riešenie považovala zmena terajšieho palubného napätia 12 na 42 V, no investície do vývoja nových polovodičových komponentov a svoriek tento trend spomalili.

Príklady elektrifikácie:

- integrácia PTC členov do okruhu kúrenia na rýchly predohrev vzduchu,
- nahradenie podtlakovej regulácie tlaku turbokompresora elektromotorom.

- **Elektronizácia vozidla.** Ide o nahrádzanie jednotlivých riadiacich systémov vozidla, fungujúcich na mechanickej báze, elektrickými systémami, resp. vybavenie vozidla systémami, ktoré pri zohľadnení nárokov kladených na vozidlo môžu fungovať len na elektrickej báze.

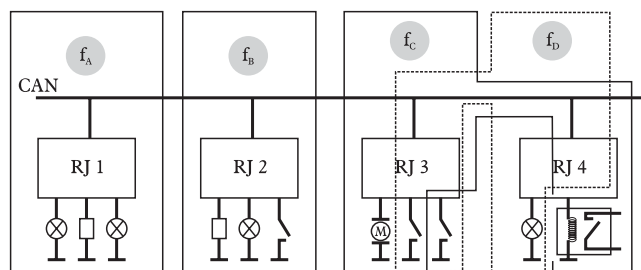
Príklady elektronizácie:

- systém monitorovania tlaku v pneumatikách,
- elektronický stabilizačný systém ESP.

Po čase nasledovalo elektronicky riadené vstrekovanie paliva, elektronické riadenie automatickej prevodovky, airbag a ESP, elektronicky riadený podvozok a množstvo komfortných a bezpečnostných funkcií.

Tieto systémy pracovali na začiatku nezávisle od seba, nevyužívali žiadne merané veličiny a len minimálne ovplyvňovali svoju činnosť navzájom. Nárastom počtu funkcií sa však komunikácia medzi riadiacimi systémami ukázala z viacerých, hlavne ekonomických dôvodov ako potrebná. Väčšina výrobcov automobilov si zobrala za štandard CAN zbernicu. V rámci komunikácie sa:

- vymieňajú namerané a vypočítané hodnoty, napr. riadiaca jednotka ESP opakovane vysiela na CAN zbernicu informáciu o momentálnej rýchlosti auta, ktorú ako vstupnú veličinu môžu použiť riadiace systémy motora, automatickej prevodovky, pruženia, diferenciálov, servoriadenia, airbagu, kúrenia a klimatizácie, natáčania reflektorov do zákruty, asistenčné systémy



Obr.1 Zosieťované systémy (RJ 1, RJ 2) a funkcie (f_C , f_D)



a komfortné funkcie, ktorých činnosť závisí od rýchlosti vozidla (napr. z bezpečnostných dôvodov nemožno za jazdy sklápať vonkajšie spätné zrkadlá, elektricky posúvať vodičovú sedačku a po prekročení určitej rýchlosti sa vozidlo samostatne zamkne);

- posielajú príkazy iným riadiacim systémom, napr. požiadavka r. j. automatickej prevodovky na zníženie krútiaceho momentu motora v okamihu radenia.

3. Riadiace systémy v dnešnom vozidle

Elektronické riadiace systémy sa dostávajú do vozidla na základe podnetu výrobcu, záujmu zákazníkov a podmienok zákonodarcov. Tí prví potrebujú vyrábať jednoduchšie a lacnejšie. Tí druhí sa chcú viesť spoľahlivejšie, bezpečnejšie a pohodlnejšie. Zákonodarcia zase predpisuje, za akých bezpečnostných, emisných a iných podmienok môže byť vozidlo prevádzkované na verejných komunikáciách. Sprísnňujúce predpisy nútia výrobcov zdokonaľovať systémy riadenia (napr. emisií) alebo bezpečnostné systémy nasadením elektroniky, keďže splniť požadované podmienky pomocou mechanických komponentov, spĺňajúcich nároky kladené na dnešné automobily, už nie je možné.

Ako príklady nasadenia elektronických riadiacich systémov v dôsledku zákonodarných noriem môžeme uviesť:

- riadenie emisií a elektronický manažment motora (tzv. normy EU 2/EU 3/EU 4 pre EU, LEV/TIER/BIN 10 pre Severnú Ameriku);
- optimalizácia času aktivácie airbagu spolujazdca v závislosti od zaťaženia sedadla.

Najkomplikovanejšie riadiace systémy sa nachádzajú v oblasti pohonu a ovládania vozidla. Ich komplexnosť je daná vysokými nárokmi na bezpečnosť a rýchlosť rozhodovania. Oproti autám nedávnej minulosti, v ktorých sa využívali zosieťované systémy (obr. 1 RJ 1, RJ 2), sa dnes nasadili tzv. zosieťované funkcie (obr. 1 f_C, f_D). V praxi to znamená, že daný riadiaci systém sa nedá už presne ohraničiť riadiacou jednotkou, jej snímačmi a akčnými členmi. Daná jednotka „prepožičiava“ svoju výpočtovú kapacitu, svoje snímače a akčné členy inej jednotke (napr. vzťah Master-Slave pri riadení mnohovalcových motorov viacerými riadiacimi jednotkami), resp. zapája sa do realizácie funkcií iných riadiacich systémov ako subsystém (napr. na stabilizácii vozidla pri šmyku sa popri ESP zúčastňujú aj riadiace systémy motora, automatickej prevodovky, diferenciálov a servoriadenia).

Do vozidla sa, samozrejme, dostávajú aj funkcie, ktoré si vynútila moderná, silne motorizovaná spoločnosť s rastúcim podielom vodičov, ktorých pozornosť je z nejakého dôvodu čiastočne znížená (vysoký vek, únava na dlhých cestách, stres atď.). Ide o tzv. asistenčné systémy podporujúce aktívnu bezpečnosť, ktoré čiastočne preberajú ovládanie vozidla a tým odbreňujú pozornosť vodiča (napr. dažďový snímač, automatické spínanie svetiel, tempomat, riadenie odstupu od predchádzajúceho vozidla, rozjazdová ručná brzda atď.), alebo upozorňujú vodiča na možné nebezpečenstvo (varovný systém neželaného vybočenia z jazdnej dráhy, varovný systém možnej kolízie s vozidlom idúcim rýchlejšie zozadu pri predbiehaní, sledovanie pozornosti vodiča atď.).

	zásah vodiča je nutný, resp. neexistuje samostatný zásah systému	zásah systému nezávisle od vodiča
snímače umiestnené vo vozidle zbierajú dáta o vozidle	<ul style="list-style-type: none"> • ABS • aktívne pruženie 	<ul style="list-style-type: none"> • ASR • ESP • aktívne riadenie
snímače umiestnené vo vozidle zbierajú dáta o okolí	<ul style="list-style-type: none"> • detekcia únavy vodiča 	<ul style="list-style-type: none"> • ACC • varovanie pred neželaným opustením jazdnej dráhy
informácie pochádzajú z externých zdrojov	<ul style="list-style-type: none"> • navigačný systém • riadenie vozového parku • varovanie z ad hoc sietí 	<ul style="list-style-type: none"> • robotizované ovládanie vozidla

Obr.2 Rozdelenie riadiacich systémov

Riadiace systémy ovládania vozidla môžeme rozdeliť do viacerých skupín podľa toho, odkiaľ získavajú informácie a či svojimi riadiacimi procesmi zasahujú do ovládania vozidla s vedomím alebo bez vedomia vodiča.

Z delenia vidíme, že existuje skupina systémov, ktoré pri rozhodovaní a zásahu do riadenia vozidla úplne vylučujú ľudský faktor. Všeobecne platí, že vozidlo vybavené ľubovoľným riadiacim systémom nesmie pri použití tohto systému v ľubovoľných podmienkach vykazovať horšie ekologické, bezpečnostné a jazdné vlastnosti, ako vozidlo bez daného systému. Tieto systémy reagujú oveľa rýchlejšie ako vodič (reakčný čas bežného človeka je niekoľko desiatín sekundy) a dokážu aj to, čo nie je v možnostiach ani toho najskúsenejšieho vodiča (napr. brzdenie rozdielnym brzdicím momentom na ľavej a pravej strane vozidla pri tzv. μ -splete, t. j. paralelnom brzdení na dvoch povrchoch s výrazne rozdielnou adhéziou tak, aby sa vozidlo nedostalo do šmyku). Tým vzniká nový fenomén – riadenie vozidla za určitých podmienok bez zásahu človeka.

4. Realizácia riadiacich systémov

Odolnosť elektronických a mechanických komponentov riadiacich systémov proti vlhkosti, agresívnemu prostrediu, prašnosti a mechanickému namáhaniu v autách je v poradí hneď po kozmickej, leteckej a vojenskej technike. Jadrom riadiacich systémov sú elektronické riadiace jednotky (dnešné vozidlá luxusnej triedy ich môžu mať cca do 60 ks so 100 MB aplikačného softvéru a dát – okrem dát pre navigačný systém), ktoré komunikujú so svojimi snímačmi a akčnými členmi (viac či menej inteligentnými), resp. inými riadiacimi jednotkami priamo (signálnym vedením) alebo cez počítačovú sieť (CAN, LIN, MOST atď.).

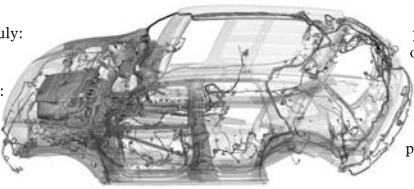
Pre zaujímavosť je na obr. 4 zobrazená kompletná kabeláž vozidla VW Touareg, ktorou sa realizuje prepojenie (napájanie, signálne vodiče atď.).

Použitím tzv. elektronickej platformy sa znižujú náklady na vývoj nového typu automobilu. Jednotlivé riadiace systémy dodávajú subdodávateľia vo forme stavebníc (riadiaca jednotka, prislúchajúce akčné členy a snímače), ktoré sa vo fáze vývoja konfigurujú a upravujú pre daný typ automobilu, hlavne zmenou softvéru. Týmto sa výrobcom a vývojárom automobilov otvoril široký priestor na nasadenie zmien a individuálnemu prístupu ku každému zákazníkovi. Pre daný systém sa vyvinie základný softvér, ktorý je

Snímače	
Teplota plynov	– vzduchu (vonkajšieho, vnútorného, nasávaného) – výfukových
Teplota kvapalín	– oleja (motora, prevodovky) – vody (chladickej sústavy, kúrenia) – paliva
Tlak plynov	– vzduchu (nasávaného, v podtlakovom systéme) – výfukových (diagnostika stavu filtra pevných častíc)
Tlak kvapalín	– brzdovej kvapaliny v ABS/ESP agregáte – oleja (v motore, automatickej prevodovke) – chladicaceho média v okruhu klimatizácie
El.impulzov	– otáčavých častí (motora, prevodovky, náprav, pohonov v komfortnej oblasti) na určenie rýchlosti, alebo dráhy – snímanie ovládačov riadenia (tiahlá, otočné ovládače) – uhla natočenia volantu
Zrýchlenia/spomalenia	– pozdĺžneho vozidla pri náraze (airbag) a priečneho (ABS, ESP)
Potenciometrické dráhy	– snímanie ovládačov riadenia (tiahlá, otočné ovládače)
Iné	– mikromechanický snímač uhlovej rýchlosti otáčania okolo kolmej osi (ESP, navigačný systém) – zmeny teploty povrchu (meranie prietoku vzduchu a množstva oleja)
Akčné členy	
Motorčeky	– krokové (cca do 80 ks vo vozidle vyššej triedy), servomotory
Ventily	– elektromagnetické, podtlakové

Obr.3 Snímače a akčné členy



nezávislé moduly: 440 variant		počet priestorových káblových vedení: 32
exteriérové moduly: 660 variant		počet kontaktov: od 1600 do 2000
prierezy vodičov: 0,75 až 25 mm ²		počet vedení: 1200 – 1500
váha kabeláže: 60 – 70 kg		počet prechodiek: 39
celková maximálna dĺžka kabeláže: 2800 m		

Obr.4 Uloženie kabeláže vo vozidle VW Touareg

spoločný pre vozidlá s rozdielnou výbavou. Špeciálne sa potom vyvíjajú a do riadiacej jednotky pridávajú funkcie pre autá s vyššou výbavou. Ak sa výrobca rozhodne použiť jeden typ riadiacej jednotky pre rôzne výbavy, tá potom obsahuje softvér vo všetkých funkciách, z ktorých niektoré sú blokované (uvoľniteľné kódovaním, keď sa na určité miesta v pamäti zapíše 1 = funkcia uvoľnená, alebo 0 = neuvoľnená pre dané vozidlo). Takýmto spôsobom sa znižuje počet derivátov daného dielu. Daný kód sa zapisuje priamo vo výrobe alebo neskôr v servise, keď sa zákazník pre danú funkciu rozhodne.

Včlenením elektronických komponentov, resp. riadiacich systémov, ktoré monitorujú, resp. ovládajú, priamo do prostredia, vznikajú mechatronické prvky. Výhodou tejto integrácie je úspora vodičov, káblových spojení a priestoru klasickej riadiacej jednotky vo vozidle. Na mechatronické riadiace systémy sa kladú oveľa vyššie mechanické nároky prostredia (tlak, teplota, vibrácie) ako na klasické, preto sú ich aplikácie do nových prostredí podmienené vývojom nových hybridných technológií či techník kontaktovania. Príklady mechatroniky:

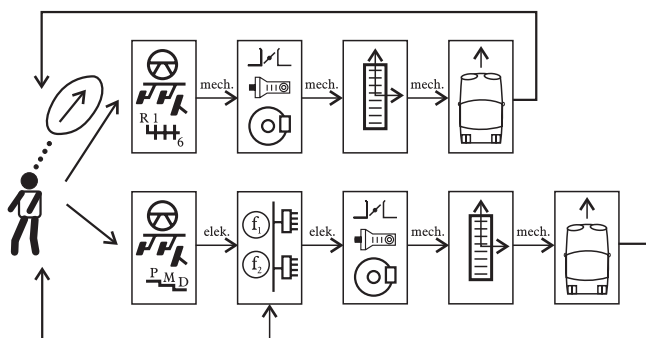
- riadiaca elektronika automatickej prevodovky zabudovaná priamo v prevodovke,
- ovládanie a riadenie stieračov.

V elektronických systémoch sú integrované diagnostické funkcie, ktoré neustále vyhodnocujú svoju bezchybnosť a upozornia vodiča na vznikajúcu poruchu, resp. určia druh chyby pri diagnostikovaní v servise.

5. Ovládanie vozidla riadiacimi systémami

Vodič si v každom momente jazdy definuje svoj cieľ. Spôsob jeho dosiahnutia (smer, rýchlosť atď.) realizuje cez dané ovládače (volant, plyn, brzda atď.) ako vstupnú informáciu vozidlu. V prípade ovládania vozidla, realizovanom na mechanickej, resp. elektromechanickej báze, tento signál priamo určuje cez kolesá správanie vozidla (napr. pri zošliapnutí plynového pedála sa zvyšujú otáčky motora a tým rýchlosť vozidla).

Toto ovládanie však v porovnaní s riadiacimi systémami vykazuje jeden hlavný nedostatok – len ťažko možno optimalizovať rozhodnutie vodiča (napr. v prípade klasickej, čisto mechanickej brzdovej sústavy nemožno ubrať brzdný tlak v prípade blokovania daného kolesa). Aby sa tento nedostatok dal eliminovať, nasádza sa tzv. X-by-wire riadenie. Pri týchto systémoch sa požiadav-



Obr.5 Ovládanie vozidla, klasické a X-by-Wire

ka vodiča prenáša čisto elektronicky (napr. na volante, plynovom a brzdomom pedáli sú len prevodníky uhol/elektronický signál), ktoré dávajú informáciu riadiacim jednotkám o tom, ako by chcel vodič vozidlo ovládať. Riadiaci systém po vyhodnotení požiadavky vodiča a na základe naprogramovaného fyzikálneho modelu daného systému rozhodne, ako ju bude realizovať (napr. či požiadavku na akceleráciu zrealizuje zvýšením krútiaceho momentu motora alebo podradením v automatickej prevodovke).

Najznámejšie systémy X-by-wire sú:

- Drive-by-Wire (tzv. elektronický plynový pedál, dnes súčasť každého vozidla, spĺňajúceho emisné normy EU4),
- Steer-by-Wire (elektronické riadenie vozidla),
- Shift-by-Wire (elektronické ovládanie prevodovky),
- Brake-by-Wire (elektronické ovládanie brzd).

Dnes sa pre vysoké požiadavky na bezpečnosť a tým veľkú náročnosť na techniku a viacnásobné istenie v cestnej premávke používa bez mechanického záložného systému len el. plynový pedál.

6. Riadiace systémy vozidla v budúcnosti

Možnosti alebo ešte vyššia „samostatnosť“ dnešných systémov sú často umelo obmedzené. Prečo? Technika predbehla dobu a v legislatíve mnohých štátov zatiaľ nie je definované, kto nesie zodpovednosť za eventuálnu nehodu.: vodič, ktorý dostal vozidlo do situácie, v ktorej už ani riadiaci systém nevie pomôcť, alebo výrobca systému či vozidla, že nevedel nezvládnutelnú situáciu dostatočne skoro predpokladať, resp. nevybavil svoj systém ďalšími funkciami na odvrátenie nebezpečenstva? Typickým príkladom je napr. oklieštenie funkcie autonómneho zaparkovania vozidla do medzery medzi stojacimi autami na funkciu samostatného otáčania volantu riadiacim systémom riadenia vozidla s tým, že pedál plynu a brzdy ovláda naďalej vodič. Tým aj zostáva zodpovednosť v jeho rukách.

Ďalším zosúladením asistenčných systémov, systémov X-by-Wire a komunikačných systémov medzi vozidlami tak postupne vzniká možnosť prevádzkovania vozidiel bez vodiča v cestnej premávke. Cestujúci zadefinuje požiadavku na cieľ cesty, asistenčné systémy budú monitorovať premávku a riadiace systémy pohonu a ovládania zavedú vozidlo na požadované miesto. Je to fikcia alebo budúcnosť?

Elektronické riadiace systémy v doprave sú dnes už samozrejmosťou na všetkých úrovniach riadenia. Ich efektívnejšiemu a rýchlejšiemu nasadeniu bráni však často legislatíva a, žiaľ, niekedy aj obchodno-organizačné záujmy. O tom, ako ďaleko vývoj pokročil, sa môžeme presvedčiť počas pretekov autonómne (bez vodiča) ovládaných terénnych vozidiel, ktoré budú organizované na jeseň tohto roku v USA. Cieľom je prejsť trať dlhú 250 km v teréne v najkratšom možnom čase s tým, že vozidlo nesmie prijímať žiadne spracované informácie o svojej polohe a smere jazdy, môže



Obr.6 Autonómne ovládané vozidlo VW Touareg



sa spoliehať len na údaje, ktoré nameria vlastnými snímačmi a kamerami. Koncern Volkswagen postaví na štart v spolupráci s Electronics Research Laboratory (ERL) koncernu Volkswagen (USA, Kalifornia, Palo Alto) a Stanford University vozidlo VW Touareg, vybavené takýmto systémom.

Literatúra

[1] PALKOVICS, L.: Intelligens járművek, Mindentudás egyeteme, 2005 MTV.

[2] LEOHOLD, J.: Die elektrische Infrastruktur für zukünftige Fahrerassistenzsysteme, 5. Braunschweiger Symposium Automatisierungs- Assistenzsysteme für Transportmittel, Februar 2004, Braunschweig.

[3] Volkswagen Coaching: Elektronik im Fahrzeug, Job Family Development Programm, 2004, Wolfsburg.

[4] Volkswagen AG Intranet, Volkswagen Kommunikation/Produktkommunikation – Harthmuth Hoffmann, Juni 2005.

[5] www.stanfordracing.com, 2005.aug.10

[6] www.vwvrl.com, 2005.aug.10

Dipl. Ing. Juraj Medveczky

16

E-Labor Pilotná hala
Volkswagen Slovakia, a. s.
Jána Jonáša 1
843 02 Bratislava 49
Tel.: 02/69 64 24 36, 25 38
Fax.: 02/69 64 23 05
e-mail: juraj.medveczky@volkswagen.sk