



SBORNÍK
příspěvků z odborné konference

**Zvýšení bezpečnosti provozu
vozidel ozbrojených sil**

Pořádáno pod záštitou
velitele Velitelství výcviku – Vojenské akademie

VYŠKOV 2013

Redaktoři: kpt. Ing. Jaroslav OMELKA, mjr. Ing. Rudolf KUBĚNKA

ISBN 978-80-904625-4-0

STANOVENÍ VLIVU ASISTENČNÍCH SYSTÉMŮ NA PRŮBĚH STABILITY JÍZDY V RÁMCI PROJEKTU E-VECTOORC

Jaroslav Machan, Pavel Nedoma, Jiří Plíhal¹⁸

ABSTRAKT

Předmětem příspěvku je stručné představení aktivit řešených v rámci výzkumného projektu E-VECTOORC financovaného 7. rámcovým programem Evropského společenství jako součást evropské Iniciativy za zelené automobily. Projekt je zaměřen na řízení krouticího momentu jednotlivých kol elektromobilu za podmínek jízdy na a mimo pozemní komunikaci. Tříletý projekt je řešen konsorciem partnerských společností a výzkumných institucí Univerzita v Surrey, Technická univerzita v Ilmenau, Jaguar Land Rover, Flanders' Drive, Inverto, Fundacion CIDAUT, Instituto Tecnológico de Aragón, ŠKODA AUTO a.s., VIF a TRW. Cílem projektu je vyvinout a integrovat různé asistenční vozidlové systémy, jako například ABS, ESP, řízení hnací síly a přenášeného krouticího momentu včetně pokročilých asistenčních systémů pro řidiče pro plně elektrická vozidla s různými koncepcemi umístění pohonných jednotek. Výzkumný projekt vedoucí k dosaženým výsledkům obdržel finanční podporu v rámci Evropské unie Sedmého rámcového programu FP7/2007-2013.

1. ÚVOD

S rozvojem aktivní bezpečnosti, výkonových parametrů vozidel, rostoucími požadavky na komfort a na jízdní vlastnosti vozidel, je potřebné hledat nová řešení řídicích systémů. Jedním z takových přístupů je i řízení distribuce točivého momentu.

Systémy řízení točivého momentu (TV) řídí přenos výkonu mezi levou a pravou stranou vozidla a přední a zadní nápravou. Systémy TV tak mohou ovlivnit podélnou/příčnou dynamiku pohybu vozidla, stáčivý moment či náklon vozidla. Zejména je však ovlivněna stabilita jízdy vozidla, kdy nedochází k překročení limitních hodnot adheze v jednotlivých směrech pohybu vozidla.

Stáčivá odezva vozidla během zatáčení může být ovlivněna systémy založenými na užití třecích brzd (např. ESP) nebo na řízení točivého momentu. Prvně jmenované systémy však užívají kompromisní řešení na úkor zásahu do podélné dynamiky pohybu vozidla ve prospěch snižování rychlosti a zvyšování skluzu kola. Tento nedostatek může být kompenzován využitím systému pro řízení točivého momentu.

Při jízdě v terénu je nutné dále zohlednit skutečnost, že dochází k odlehčování nebo zatěžování jednotlivých kol nebo náprav a ke změnám charakteristiky vozidla (přetáčivé, nedotáčivé) v důsledku jízdy na terénních nerovnostech nebo v důsledku změn typu povrchu (např. vozidlo je přetáčivé na písčném podkladu a nedotáčivé na jílovitém podkladu). I tyto vlastnosti je třeba zohlednit při návrhu TV systému.

¹⁸ Doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc., ŠKODA AUTO a.s., V. Klementa 869, 293 60 Mladá Boleslav;
Ing. Pavel Nedoma, Ph.D., ŠKODA AUTO a.s., V. Klementa 869, 293 60 Mladá Boleslav;
Jiří, Plíhal Dr. Ing., ÚTIA AV ČR, v.v.i. Pod Vodárenskou věží 4, 182 08 Praha 8

Projekt E-VECTOORC má za cíl demonstrovat potenciální výhody řízení točivého momentu na jednotlivá kola v podobě následujících výstupů:

- vyvinout a demonstrovat řídicí algoritmus pro regulaci točivého momentu a úhlu směrové odchylky vozidla;
- vyvinout a demonstrovat strategie modulace momentového výstupu jednotlivých motorů k zajištění rekuperace energie při brzdění, při činnosti systému ABS a při řízení přenášených hnacích sil. Výhody tohoto způsobu řízení se projevují v redukci spotřeby energie, zkrácení brzdné dráhy a lepší akceleraci vozidla.

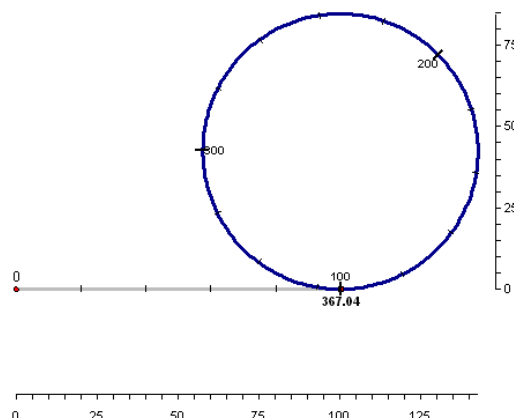
2. POSOUZENÍ VLIVU ASISTENČNÍCH SYSTÉMŮ STABILITY JÍZDY NA PRŮBĚH JÍZDNÍCH MANÉVRŮ

Cílem této úlohy je navrhnout veličiny popisující stabilitu odezvy vozidla na řízení během uvažovaných jízdních testů: jízda po kruhu, slalom, vyhýbací manévr ISO 3888-1, královský norský vyhýbací manévr a jízda po rozhraní povrchů s různou adhezí (standardní/ledová vozovka).

Veličiny popisující ovládání vozidla jsou: natočení volantu a jeho krouticí moment. Vozidlo reaguje změnou směru jízdy, kterou můžeme popsat stáčivou rychlostí či příčným zrychlením. Parametrem každého jízdního manévru je rychlost, kterou není možné opomenout při jejich porovnávání.

2.1. JÍZDA PO KRUHU

Vozidlo se pohybuje po kruhové dráze o poloměru 42,5 m (ISO 4138). Vozidlo najede na kruh ze startovní pozice a pomalu zvyšuje rychlost – maximální podélné zrychlení nesmí přesáhnout $0,5 \text{ m/s}^2$. Zrychlování probíhá, dokud je vozidlo schopné udržet kruhovou dráhu, vybočením vozidla test končí



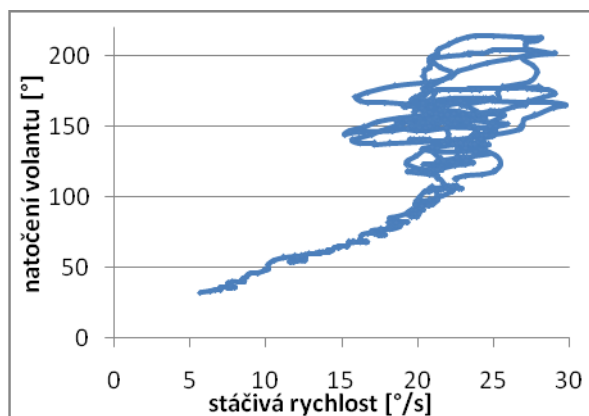
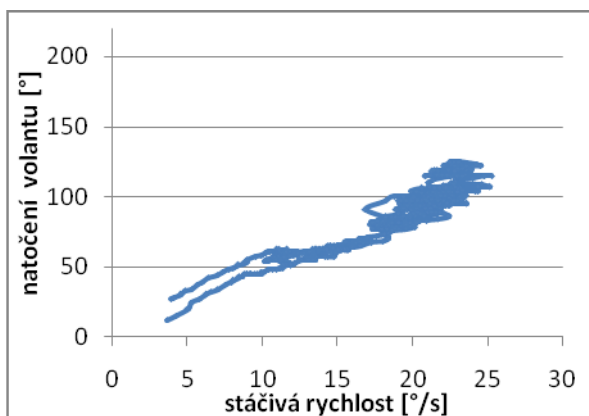
Posuzované veličiny:

- závislost stáčivé rychlosti na natočení volantu;
- závislost natočení volantu na bočním zrychlení.

Optimální stav představuje lineární závislost, jízdy s ESP¹⁹ se tomuto stavu blíží. Lineární závislost je možné ověřit pomocí konstantní derivace.

Závislost stáčivé rychlosti na úhlu natočení volantu je posuzována z pohledu strmosti a linearitu (viz obrázek 2). Za velmi dobrý průběh je považován zcela lineární trend se směnicí vyšší než 0,8 – viz tabulka 1.

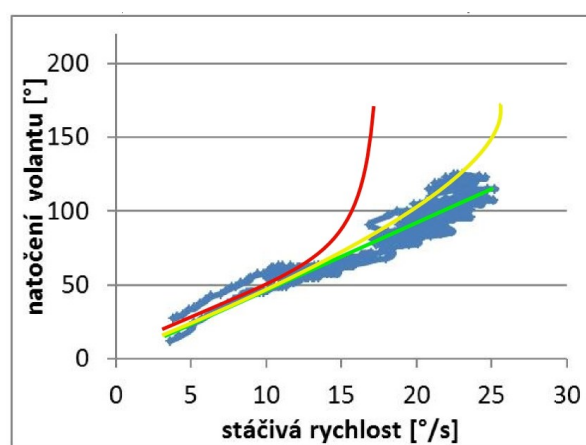
¹⁹ ESP je zkratkou německého výrazu Elektronisches Stabilitätsprogramm a označuje elektronický stabilizační systém. Setkáváme se také s označením ESC, což je zkratka anglického výrazu Electronic Stability Control



Obr. 1 Závislost stáčivé rychlosti na natočení volantu, jízda na kruhu s ESP (vpravo) a bez ESP (vlevo)

hodnocení	linearita	směrnice
velmi dobré	konst.	0,8 – 1,7
dobré	do 20°/s	0,3 – 0,8
vyhovující	do 15°/s	0,2 – 0,3
nevyhovující	ostatní	

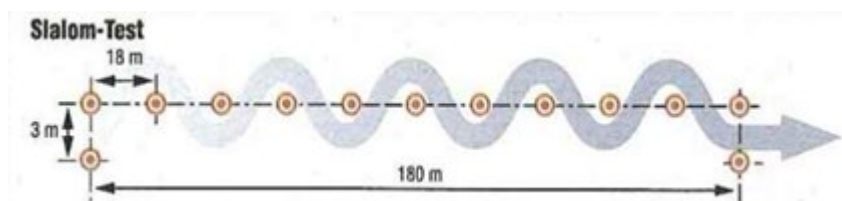
Tab. 1 Hodnocení jízdy po kruhu



Obr. 2 Hodnocení závislosti stáčivé rychlosti na úhlu natočení volantu

2.2. SLALOM

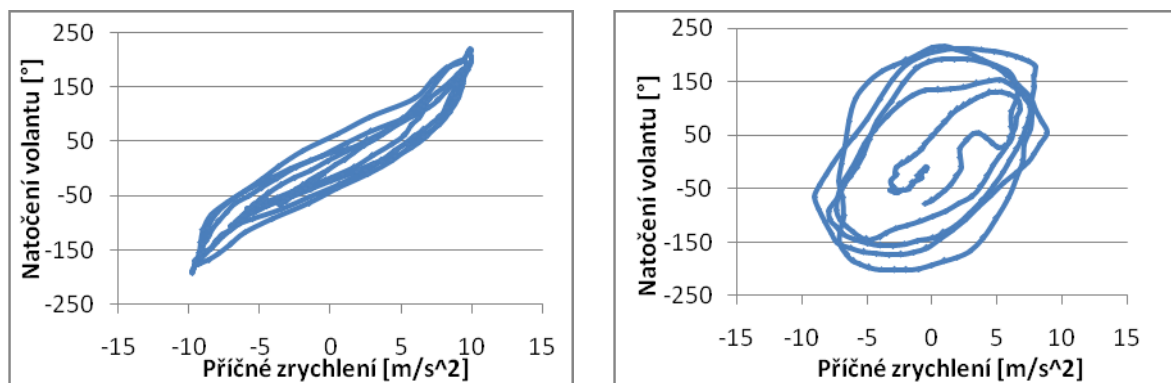
V průběhu tohoto manévru vozidlo projíždí dráhu z kuželů vzdálených 18 m. Rychlost vozidla je v průběhu jedné jízdy konstantní, doporučeno je začínat test při rychlosti 40 km/h a zvyšovat rychlost o deset jednotek, dokud je možné trať projet.



Posuzované veličiny:

- příčné zrychlení v závislosti na natočení volantu;
- průběh příčného zrychlení v čase;
- stáčivá rychlost (teoretická + skutečná) v závislosti na čase.

Hysterezní povaha této závislosti příčného zrychlení na natočení volantu má různé podoby, jak vyplývá z následujících obrázků 3.



Obr. 3 Závislost příčného zrychlení na natočení volantu, slalom s ESP (vpravo) a bez ESP (vlevo), rychlost 55 km/h

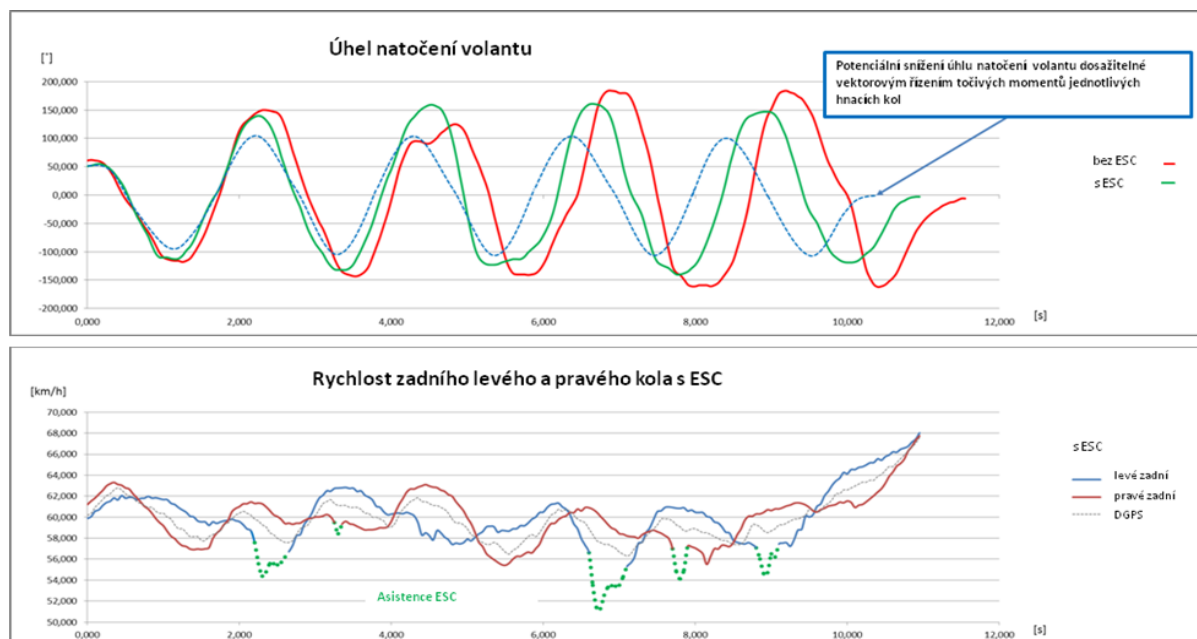
Jízda bez ESP je charakteristická přetáčivostí, příčné zrychlení klesá na nulu až dlouho po průchodu volantu nulovou polohou. Při jízdě s ESP je tento jev částečně potlačen, teoreticky optimální by bylo hysterezi zcela eliminovat.

V případě závislosti příčného zrychlení na úhlu natočení volantu je posuzovaná míra hystereze (podíl rozdílu hodnot v nule), směrnice přímky (definovaná krajními body křivky), průměrná hodnota z pěti maximálních hodnot derivace příčného zrychlení a maximální dosažená hodnota příčného zrychlení viz tabulka 2.

	hystereze	ø z pěti max. hodnot derivace příčného zrychlení
velmi dobré	do 0,2	> 0,8
dobré	do 0,4	0,8 – 1,5
vyhovující	do 0,7	1,5 – 2,5
nevyhovující	nad 0,7	< 2,5

Tab. 2 Hodnocení jízdy slalomem

Na následujících obrázcích 4 a 5 je znázorněno cílové snížení úhlu natočení volantu dosažitelné vektorovým řízením točivých momentů jednotlivých hnacích kol.

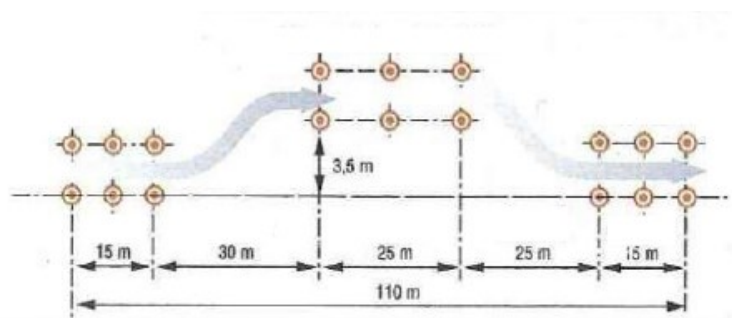


Obr. 4 a 5 Průběh natočení volantu v závislosti na rychlosti

2.3. VYHÝBACÍ MANÉVR - ISO 3888-1

Během tohoto manévru přejede vozidlo z pravého do levého pruhu a vrátí se zpět, přičemž udržuje konstantní rychlost. První změna pruhu probíhá na úseku kratším 30 m, 25 m zůstává vozidlo v levém pruhu a poté na 25 metrech přejede zpět. Celá dráha měří 110 metrů a zahrnuje počátečních a závěrečných 15 m.

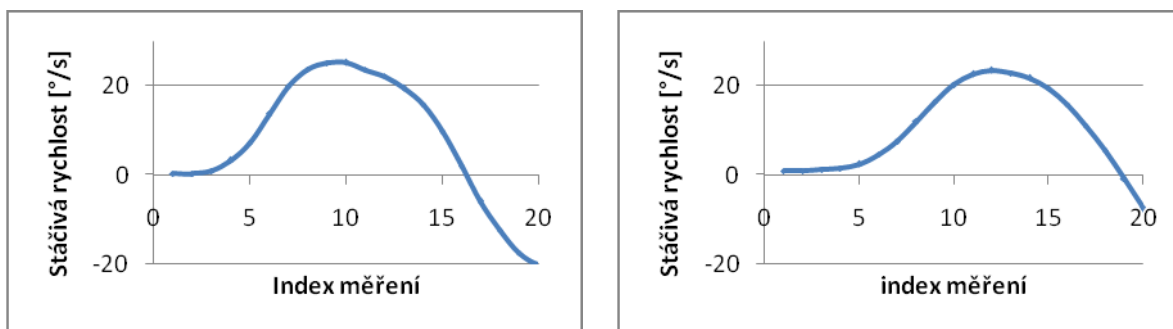
Vyhýbací manévr je prováděn s prázdným a obsazeným vozidlem, rychlost v průběhu testování opět roste z doporučených 40 km/h po deseti jednotkách až po stav, kdy je vozidlo schopné dodržet podmínky manévru.



Posuzované veličiny:

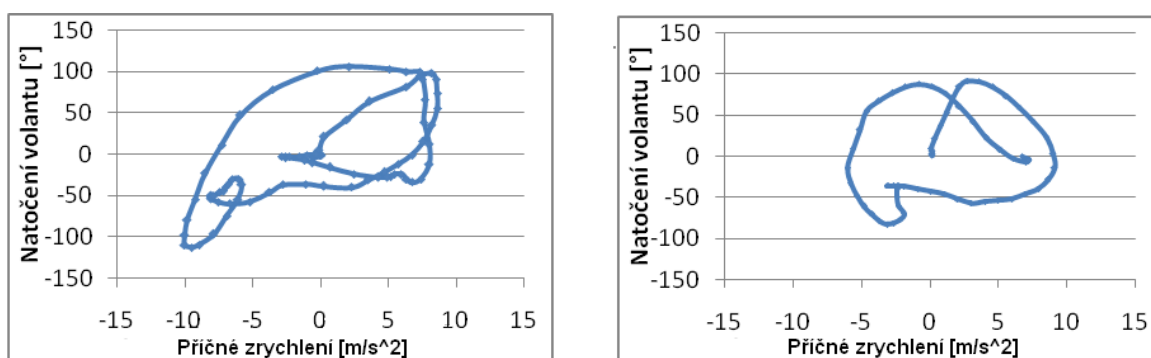
- příčné zrychlení v závislosti na natočení volantu;
- průběh stáčivé rychlosti v čase.

Vlastní průběh těchto veličin závisí na natočení volantu i rychlosti, ale obecně je možné pozorovat různou rychlost nárůstu. Čím plynulejší je odezva, tím lze jízdu považovat za stabilnější, viz obrázek 6.



Obr. 6 Nárůst stáčivé rychlosti, VDA s ESP (vpravo) a bez ESP (vlevo)

Testování této vlastnosti spočívá buď v měření doby nárůstu do 1. maxima, nebo měřením strmosti pomocí derivace. Podobně jako v případě slalomu má závislost natočení volantu na příčném zrychlení v případě vozidla s ESP menší hysterezní chování a stoupá méně strmě než u běžného vozidla, viz obrázek 7.



Obr. 7 Závislost příčného zrychlení na natočení volantu, vyhybový manévr s ESP (vpravo) a bez ESP (vlevo), rychlost 115 km/h

	max. hodnota derivace stáčivé rychlosti	
	hystereze	rychlosti
velmi dobré	do 0,4	< 0,8
dobré	do 0,6	0,8 – 1,5
vyhovující	do 0,8	1,5 – 2,5
nevyhovující	nad 0,8	> 2,5

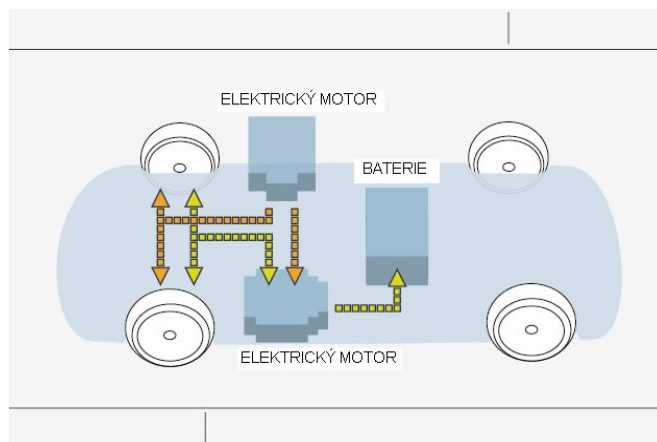
Tab. 3 Hodnocení závislosti příčného zrychlení na úhlu natočení volantu.

3. ANALÝZA HMI

Z hlediska komunikace mezi řidičem a vozidlem (dále HMI) je důležité zajistit:

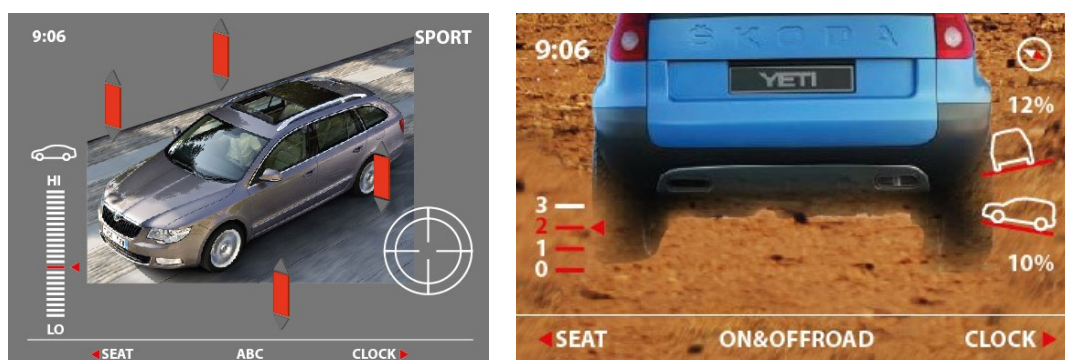
- informace pro řidiče o nastavení parametrů asistenčních systémů;
- informace o aktuálním stavu asistenčních systémů spojené s konceptem varování, kdy by systém měl vhodně a včas varovat řidiče, že se blíží hranice neovladatelnosti vozidla;
- informace o aktuálním stavu rekuperace, kdy by řidič měl být vhodnou, nerušivou formou informován o ekologickém chování vozidla (Green car initiative) – o transformaci kinetické energie vozidla na elektrickou;

- zvláštní pozornost je nutné věnovat způsobu a formě informování řidiče o aktuálním dojezdu, která vzhledem k zatím nízké kapacitě akumulátorů elektrické energie je proti konvenčním druhům pohonů více jak 5x nižší;



Obr. 8 Schéma umístění pohonných jednotek plně elektrického vozidla

- nastavení parametrů asistenčních systémů (TC, VDC) je navrženo do skupin, které reprezentují chování vozidla podle stylu/druhu jízdy:
 - komfortní/bezpečná jízda charakteristická včasným varováním před hranicí neovladatelnosti vozidla, např. při náledí je více omezována rychlost a zrychlení,
 - ekologická jízda s optimalizovaným poměrem rekuperace/plachtění vozidla s cílem dosažení maximálního dojezdu, a to i za cenu nižšího komfortu (např. bez klimatizace),
 - sportovní jízda na mezi hranice ovladatelnosti vozidla, spíše haptické varování umožňující maximální využití asistenčních systémů s rychlou zpětnou vazbou,
 - jízda v terénu s důrazem na maximální průchodnost (simulace uzávěrek diferenciálů) a ovladatelnost vozidla.



Obr. 9 Návrh rozhraní HMI pro palubní systém, projekt e-vectoorc

Pro obousměrnou komunikaci mezi řidičem a vozidlem bylo navrženo následující rozhraní, viz obr. 9:

- optické – signální prvky, texty, obrázky a animace na obrazovce;
- akustické – akustické varovné signály v kombinaci s optickou nebo haptickou zpětnou vazbou s možností využití hlasového ovládání;

- haptické – ovládání palubních ovladačů (tlačítka, páčky, dotyková obrazovka) včetně zpětné vazby (vibrace a pohyb volantu, vibrace sedačky, aj.).

Pro oblast řidičů, kteří očekávají/požadují detailnější nastavení parametrů bylo HMI doplněno o tzv. „expertní mód“, který umožní individuální nastavení parametrů asistenčních systémů. Pro uložení a vyvolání tohoto nastavení bylo využito „individuální nastavení“, s možností difoltního nastavení např. komfortní/bezpečná jízda.

3.1. NÁVRH HMI PRO E-VECTOORC

Rozhraní HMI pro nastavování parametrů asistenčních systémů, předávání informací a varování bylo navrženo s použitím následujících komponentů, viz obr. 10:

- otočný přepínač pro volbu „sady funkcí“ představující soubor parametrů asistenčních systémů s charakteristickým chováním vozidla;
- dotyková obrazovka umožňující sdělovat obrazové informace řidiči a přijímat informace od řidiče, vhodná hlavně pro detailnější druh informací, expertní mód, zobrazování toku energií (rekuperace, aj.), doplňkové informace k varovným akustickým, optickým (rozsvíceným/blikajícím signálními prvky) a haptickým signálům;
- možnost varování formou vibrací volantu přes EPS;
- možnost ovládání informačních/varovných signálních prvků na přístrojové desce;
- akustický výstup vhodně kombinovaný s optickou informací.



Obr. 10 Návrh ovládacích prvků HMI pro palubní systém, projekt e-vectoorc

Ovládací koncept HMI byl realizován jako samostatná jednotka, která umožňuje komunikaci s asistenčními systémy prostřednictvím sériové rozhraní CAN. Komunikace byla omezena jen na přenášení parametrů příslušné grafické reprezentace (symboly, piktogramy, animace, ...) funkcí/nastavení uložených v jednotce HMI. Zobrazované informace byly navrženy s ohledem na jejich přehlednost, význam, vypovídací schopnost a integraci s ostatními informacemi palubního informačního systému.

4. ZÁVĚR

Prezentované výsledky popisují různé metody pro posuzování příčné stability jízdy vozidla. Z důvodu rozdílnosti testů byla stanovena jednotná metodika pro rozlišení jízd se systémem ESP a bez něj. Jízdní testy ve všech případech ukázaly výrazný přínos systému ESP, pomocí kterého lze redukovat stáčivou rychlost vozidla. V případě pohonu všech kol je toto snížení ještě znatelnější. Z pohledu účasti partnera ŠKODA AUTO a.s., byla velká

pozornost věnována návrhu rozhraní HMI a srovnání jízdních parametrů vozidel s různou koncepcí pohonných jednotek.

LITERATURA

- [1] De NOVELLIS, Leonardo; SORNIOTTI, Aldo; GRUBER, Patrick; SHEAD, Leo; IVANOV, Valentin; HOEPPING, Kristian: Torque Vectoring for Electric Vehicles with Individually Controlled Motors: State-of-the-Art and Future Developments, EVS26 Los Angeles, Kalifornie, 6-9.05, 2012
- [2] IVANOV, Valentin; AUGSBURG, Klaus; SAVITSKI, Dzmitry; PLÍHAL, Jiri; NEDOMA, Pavel; MACHAN, Jaroslav: Advanced cost functions for evaluation of lateral vehicle dynamics F2012-G06-015, FISITA 2012 Světový automobilový kongres, 27-29. 11. 2012 Peking, Čína



Název: **Sborník příspěvků z odborné konference
„Zvýšení bezpečnosti provozu vozidel ozbrojených sil“.**

Redaktoři publikace: kpt. Ing. Jaroslav OMELKA
mjr. Ing. Rudolf KUBĚNKA

Vydavatel: Velitelství výcviku – Vojenská akademie, Vyškov

Počet listů: 78

Rok vydání: 2013

Pořadí vydání: první vydání

Počet výtisků: 150

Tisk: Velitelství výcviku – Vojenská akademie

Cena pro vnitřní potřebu: 99,- Kč

ISBN: **978-80-904625-4-0**

Publikace neprošla jazykovou úpravou.