

# Kormány alapú ESP rendszerek közúton történő alkalmazhatósága

Attila Gubovits

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárművek Tanszék, 1111 Budapest  
(attila.gubovits@auto.bme.hu)

---

**Absztrakt:** Számos közlekedéspolitikai koncepció szól arról, hogy milyen intézkedésekkel lehetne a túlzsúfolt utak miatt bekövetkezett balesetek számát csökkenteni, ezek azonban sem Európa szerte, sem pedig a világ más országaiban nem tűnnek megvalósulni. Mindezekhez társul még a járműpaletta átlagos teljesítménynövekedése, valamint a vevők jelenlegi és látens igényei, amiket a jövőbeni autóikkal szemben támasztanak. A versenyképesség megtartása és a jogszabályi követelmények érdekében a gyártóknak érdekük a járművek aktív, illetve passzív biztonságának növelése. A korábban még futurisztikusnak tartott technikai fejlesztéseket ma már alapfelszerelésként adják a legtöbb felsőkategóriás kocsihoz. A bűvös hárombetűs mozaikszavak mögött olyan műszaki háttér sorakozik, mely az imént említett igényeket részben ki tudja elégíteni. A fejlesztések irányvonalát a vezetőt teljes mértékben segítő és esetenként felülbíráló be-  
rendezések képezik.

---

## 1. JELENLEGI HELYZET

Mára az aktív biztonsági rendszerek eljutottak egy olyan szintre, ahol a további fejlesztések akadályát legfőképp a jogi háttér jelenti. A vezetőt ugyanis nem lehet kihagyni a jármű irányításának folyamatából, szándékának figyelembevételével lehet csak beavatkozni a jármű mozgásállapotába. Az intelligens járműrendszerek ezt a szabályozó kört szakítják meg, és a járműről, valamint a jármű környezetéről gyűjtött információ alapján, figyelve a vezető szándékát befolyásolják a dinamikai jellemzőket.

Az újonnan bevezetett rendszerek elfogadása (homologációja) számtalan bonyolult folyamatot ró egyrészt a gyártóra, másrészt pedig az elfogadó bizottság szakembereire. A megváltozott fizikai paraméterek, illetve járműdinamikai tulajdonságok teljes mértékben képesek a jármű mozgásállapotát befolyásolni. Ennek vizsgálatára különböző, az ENSZ által jóváhagyott tesztméréseket végeztek, illetve végeznek mind a mai napig. Azt azonban figyelembe kell venni, hogy ezek az identifikációs folyamatok olyan költségekkel bírnak, amelyek jelentős mértékben növelik a jármű fejlesztésének, és így annak eladási költségeit. Ezeket a többlet költségeket a gyártók a vevőkre hárítják, amit azok nem minden esetben hajlandóak megfizetni.

## 2. AKTÍV BIZTONSÁGI RENDSZEREK

Aktív biztonsági rendszerek alatt a jármű azon felszerelését kell érteni, amely szerepet játszik egy esetleges baleset elkerülésében. Ide sorolhatók a fékrendszer, a felfüggesztés, a kormányrendszer, illetve a vezetőt támogató egyéb rendszerek csoportjai.

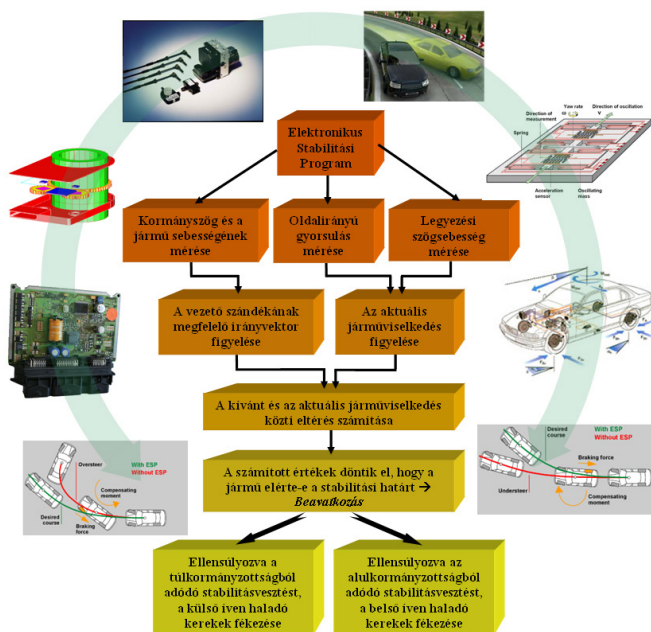
### 2.1 Aktív biztonsági fékrendszer

A fékrendszert tekintve a legelső jelentős lépés az ABS (Anti-lock Braking System/Anti-lockier Bremssystem) blokkol-

lásgátló megjelenése volt repülőgépeknél, valamint vasúti kocsiknál az ötvenes években. A kezdetben mechanikus szerkezetet idővel az elektronikus váltotta fel, melyet 1970-ben mutatott be a Mercedes-Benz saját szériagyártású személyautóján. Feladata a jármű irányíthatóságának megtartása, történjen a homogén, vagy osztott tapadású útfelületen bekövetkezett fékezés során. A rendszer tartalmazza a kerekeknél elhelyezett kerékfordulatszám-érzékelőket, amelyekről érkező információkat a vezérlőegység dolgozza fel, és szabályzaskor szelepek segítségével engedi el a féknyomást a megfelelő kerekeknél. Célja nem a féktáv csökkentése, hanem kompromisszum révén egy olyan fékút létrehozása, amely mellett a jármű még irányítható marad. Fontos tulajdonsága, hogy önmagától nem képes a járművet fékezni, működésével csupán a féknyomás nagyságát tudja redukálni [Bosch (2002)]. A jelenlegi ABS működési logikáját tekintve nem sokat változott az előző generációkhoz képest, a feldolgozott jelek fajtájában, illetve a kiértékelés sebességében találhatók eltérések.

Az ABS elemeit felhasználva, a vezérlési logika kibővítésével született meg az EBD/EBV (Elektronik Brakeforce Distribution/Elektrische Bremskraftverteilung) elektronikus fékerő-elosztó, mely a maximális fékerőt tudja biztosítani a mellső, illetve hátsó kerekeknél, ezzel csökkentve az elülső fékek igénybevételét, és a hátsó kerekek megcsúszását. Ugyancsak a blokkolásgátló érzékelőire, valamint újabb ABS rendszereknél a nyomásfokozás miatt beépített szivattyújára épülő rendszer az ASR (Anti-Slip Regulation/Antriebsschupfregelung) kipörgésgátló szabályzás, ami a meghajtott kerekek tapadásvesztését a fordulatszámkülönbség alapján számolja ki, és feladata a rendelkezésre álló nyomaték még éppen hasznosítható értékre csökkentése. A logika két esetet különböztet meg. 40 km/h alatti sebességgel haladva a motornyomaték elvétele mellett történik a fékek működtetése, 40 km/h felett viszont a kerekek megcsúszásából származó veszély miatt a fékbeavatkozást az ASR megszünteti, és csupán a motornyomaték elvételével csökkenti a kipörgő kerekek fordulatszámát.

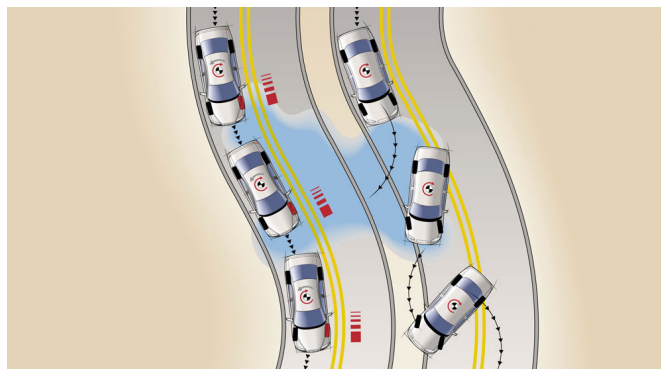
A jelenlegi fejlettség mellett az egyik legjelentősebb fékoldali aktív biztonsági rendszer az ESP (Electronic Stability Program/Elektronisches Stabilitätsprogramm) elektronikus menetstabilizáló. Feladata, hogy a jármű stabilitásának megőrzése érdekében ívmenetben a jármű kerekeit a járművezetőtől függetlenül fékezze, amennyiben az ki akarna sodródni, illetve meg szeretne pördülni a függőleges tengelye körül. Az ABS, illetve ASR rendszerekkel egybeépítve figyeli a jármű keresztirányú gyorsulásjelét, a függőleges tengely körüli szögsebesség (Yaw-rate) adatokat, illetve az ABS keréksebesség és féknyomás értékeit. Az elektronikus menetstabilizáló elvi működéséről mutat példát az 1. ábra. A szabályzás egy bizonyos sűrűlási értéket elérve lép működésbe, mely után egy hirtelen, viszonylag nagy erejű beavatkozással történik a kerekek fékezése.



1. ábra Az ESP működési logikája

Ez azt jelenti, hogy jobb kanyarban, amennyiben alulkormányzott a jármű (vagyis kisebb a jármű legyezési szögsebessége, mint a kiszámított ideális érték), a megfelelő visszatérítő nyomaték eléréséhez a jobb hátsó kereket fékezzük, túlkormányzott esetben pedig (amikor nagyobb a jármű legyezési szögsebessége az ideálishoz viszonyítva) a bal első kereket. Bal kanyarban ennek megfelelően alulkormányzottóság esetén a bal hátsó, míg túlkormányzottóság esetén a jobb első kereket fékezzük.

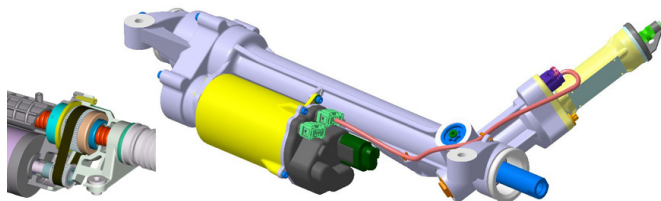
Az alul, illetve túlkormányzottóság függ a jármű súlyeloszlásától, a hajtási módtól, a futómű, illetve a gumibroncsok karakterisztikájától. Az oldalkúszás mértékét az abroncsok oldalvezető képessége mutatja. Amennyiben meghatározzuk a tengelyterheléseket, úgy annak arányaiban felvehetők a megfelelő oldalvezető képességei az abroncsoknak. A nagyobb terhelésű tengely ugyanazon feltételek mellett kisebb oldalvezető képességnek felel meg. Hajtott kerék esetén az átvihető erő megoszlik a jármű hosszirányába is, így itt kisebb oldalirányú erő vihető át mind kigyorsításkor, mind pedig fékezéskor (2. ábra).



2. ábra Túlkormányzott állapot nedves útfelület mellett

## 2.2 Aktív biztonsági kormányrendszer

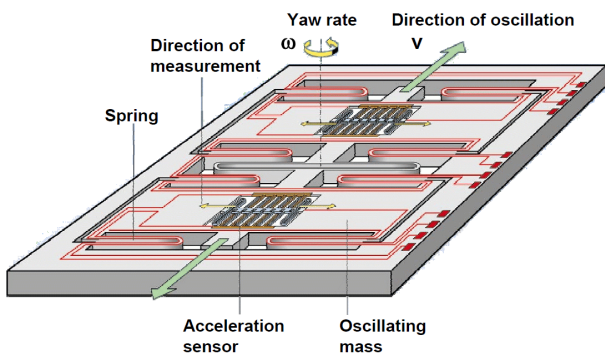
Kormányrendszereknek aktív biztonsági szempontból szintén kiemelkedő a szerepük. Talán ennél a biztonságkritikus eszközknél vannak a legnagyobb jogi megkötések, ami erősen befolyásolja a fejlesztések irányát. Jelenleg a közúti járműveknél a legfontosabb követelmények kormányzással kapcsolatban a sebességfüggő rásegítés, az aktív visszakormányzás, az aktív lengéscsillapítás, több rásegítési fokozat, illetve a sebességfüggő szögáttétel. Tágabb értelemben vizsgálva a kormányzást, komoly tüzelőanyag-fogyasztás csökkenés érhető el, amennyiben a rásegítő rendszer nem hidraulikus, illetve nem egy folyamatosan üzemelő szivattyú látja el az olaj nyomásfokozását. Erre a célra használják az EPAS (Electric Power Assisted Steering) elektromos szervokormányokat (3. ábra). Az elektronikus vezérlőegység a nyomaték és szögzenzor, illetve a motorszög-jeladó felől érkező információk alapján állapítja meg a rásegítés mértékét, és vezérli ki a jelet a villanymotor felé. Az előbbi megoldásnál a sebességfüggő szögáttétel még nem megoldott, a kormánykerék, illetve a kormányzott kerekek közötti áttétel a működés folyamán nem változik. Addicionális elkormányzást megvalósító rendszer az SIA (SuperImposed Actuator), ahol a kormányrudat megszakítva bolygóművet, illetve hullámhajtóművet építenek be, és ezek plusz szabadságfokát kihasználva tudják a kismértékű szögkülönbséget megvalósítani. Ezzel a megoldással a fék alapú ESP kibővíthető aktív kormányzással. 2004-ben építettek be elsőként a BMW új modelljébe, ahol a kormánygépet a ZF gyártotta. A bolygóműves kapcsolat a kormánykerék és a kormányzott kerekek között olyan plusz szabadságfokot enged meg, mellyel néhány fokig bezárólag az elektronika képes a kerekeket a vezető szándékától függetlenül kormányozni [Wallentowitz H. (1999)].



3. ábra EPAS rendszer 3D modellje (Thyssen Krupp Presta) [Daniel Brunnschweiler (2008)]

### 3. ESP SZENZOROK

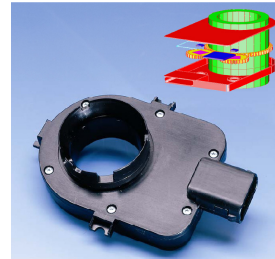
Mivel az ESP rendszer az ABS elemekre épül, így azok szenzorjeleit használja fel alpból. Korábban induktív elven működő, a kerekeknél, vagy a differenciálműben elhelyezett fogazott tárcsa szolgáltatja a jármű keréksebességének adatait. A vasmag körül elhelyezkedő tekercs mágneses terét módosította az előtte forgó póluskerék, így generálva szinuszos feszültség jelet. Hátránya a rendszernek, hogy érzékeny a mechanikai erőhatásokkal szemben, illetve kis fordulatszámánál pontatlan jel érkezik. Ezt váltották fel az aktív jeladók, ahol külső tápfeszültség segítségével Hall IC-s, vagy magnetorezisztív elven működő fordulatszám érzékelők szolgáltatják a jeleket. Működési elvük a következő: a vezetőn áthaladó áramot változtatja a mágneses tér. Az áramkör Wheatstone-hídban elhelyezett ellenállásai a mágneses tér változásának hatására változtatják értékeit. A mágneseket általában egy alpból beépített alkatrészbe kódolják, ami a legtöbb esetben a kerécsapágy tömítőgyűrűje. A váltakozó északi, déli pólusok a vezetékben négyszögjelet generálnak, ami a fordulatszám növekedésével arányosan fog változni. Ezeknek a jeleknek az alsó értéke nagyobb lesz nullánál, így a testzárlatot meg tudja különböztetni az elektronika a nulla sebességtől. Előnye ezeknek a jeladóknak a korábbiakkal szemben, hogy lényegesen kisebb méretűek, beépítve, védett helyen lehet elhelyezni őket, valamint a mérés határú és a mérési pontosságuk is nagyobb. Az ABS keréksebességjelein túl az ESP logikának szüksége van a jármű keresztirányú gyorsulására, a függőleges tengely körüli legyezési szögsebességére, illetve a kormánykerék pozíciójára. A keresztirányú gyorsulást általában egy három fegyverzettel rendelkező kettős kondenzátorral mérik, ahol a középső lemez, mint laprugó tart egyensúlyt a gyorsulásból származó erővel szemben. Elmozduláskor változik a légrés, és így a kapacitás is, arányosan a gyorsulás értékével. A legyezési szögsebesség mérésére egy váltakozó feszültséggel gerjesztett szilíciumkristály szolgál, melynek egyik része más sajátfrekvenciával rendelkezik, így gerjesztéskor az mozgásba lendül, míg a másik nem. A jármű forgásakor a nyugalomban levő fog elmozdulni, a mozgó rész megtartja a mozgási síkját. Az elmozduló darab deformációt hoz létre, mely elektromos töltést eredményez. Ezen kívül működhet még ilyen szenzor a Föld forgásából származó Coriolis elvet kihasználva. A kapott jel nagysága a szögsebesség (Yaw-rate) nagyságával lesz arányos.



4. ábra Mikro-mechanikus Yaw-rate szenzor [Palkovics L., Szalay Zs. (2006)]

A keresztirányú gyorsulás és a Yaw-rate szenzort gyakran építik egy házba, mivel mindkettőnél elsődleges szempont, hogy a jármű tömegközéppontjába legyenek helyezve (4. ábra). Fejlettebb ESP rendszerek figyelik a kerékfordulatszám jelek alapján a jármű tengelyterheléseit, és a változó súlypont, illetve az elhelyezett érzékelő távolságának megfelelően kompenzálják a gyorsulás- és szögsebesség jeleket.

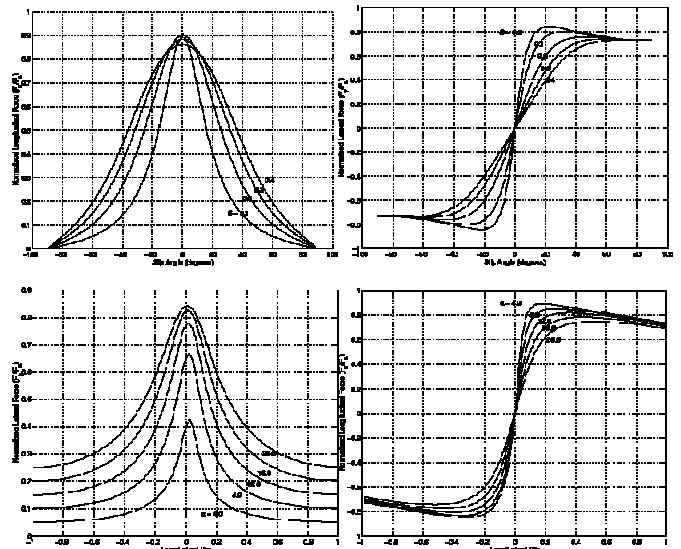
A kormánypozíció figyelésére a kormányoszlophoz szerelt mágneses, illetve foto-érzékelő elvén működő, eltérő fogazású fogaskerekek a felelősek. Az eltérő fogaskerekek abszolút helyzetben képesek mérni, így a kormánypozíció a teljes kormányzási tartományban egyértelműen meghatározható (5. ábra). Amennyiben a kormánykerék és a kormányzott kerekek között változik az áttétel, úgy szükséges még egy pozíció jeladó beépítése. Ez főleg EPAS, illetve Steer-by-Wire rendszerekre vonatkozik, ahol vagy bolygómu, illetve hullámhajtómű módosítja az áttételt, vagy mechanikus áttétel nélküli rendszerről van szó.



5. ábra Kormányzög-jeladó szenzor (Bosch) [Palkovics L., Wahl I. (2006)]

### 4. AZ ÚTTEST ÉS A JÁRMŰ KAPCSOLATA

Az úttest és a jármű kapcsolatánál az ESP szempontjából az oldalirányú erő éppúgy meghatározó, mint a hosszirányú. A kettő közötti összefüggéseket szemlélteti a 6. ábra.

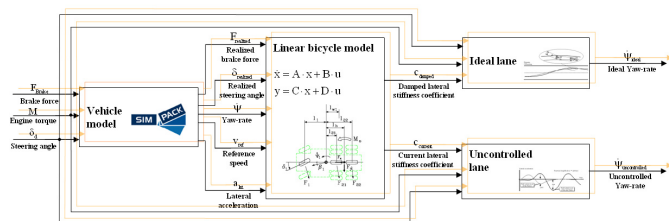


6. ábra Hossz- és keresztirányú erők a különböző szlizek függvényében [Szostak, H.T., Allen, W.R., and Rosenthal, T.J. (1988)]

Harmadik paraméterként szerepel az alfa tényező, mint az oldalkúszási szög nagysága, mely növekedésével csökken az átadható erő nagysága (6/c, illetve 6/d), valamint a szlip értéke mely növekedésével ugyanúgy csökken az erő értéke (6/a, 6/b). A több paraméter a rendszer nem-linearitását eredményezi, így nem is lehet közvetlenül mérni. Az ESP funkcionális vagy a kerekek blokkolásakor, vagy egy meghatározott legyezési szögsebesség átlépésekor aktiválódik. A maximálisan átadható erő a hossz-, illetve a keresztirányú erők vektoriális összegeként fogható fel. Ennek függvényében minél jobban növeljük a vonóerőt, illetve a fékező erőt, annál kisebb lesz az oldalirányú maximális tapadási együtthatók.

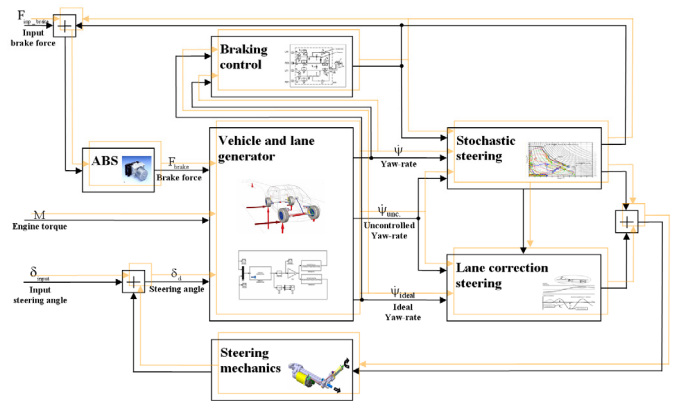
## 5. A JÁRMŰMODELLEK ÖSSZEKAPCSOLÓDÁSA

Az ESP szabályozáskor három járműmodell szerepel. A bemeneteket a jármű kormányzási szöge (kormányzási igény), a motor nyomatéka, illetve a fékerő adja, kimenetként pedig maga a legyezési szögsebesség jelenik meg (7. ábra). A valós járművön mért paraméterek segítségével, amik az ESP szabályzás bemenetei, határozzuk meg az egynyomvonalú lineáris állapotter-modell kerekeinek oldalvezető képességét. A szokásos jelek mellett figyeljük a féknyomást is, mivel fékezéskor változik az átvihető hosszirányú erő. A tapadási együtthatókat a semleges helyzethez képest állapítjuk meg. Az így előállt ideális pályát az ideális szögsebesség jelöli. A szabályzó ez alapján az állandóan ismert perdülési szögsebesség különbség függvényében meg tudja állapítani a szükséges kormányzószöget, valamint a fékerőt az ESP beavatkozás pillanatában. Vannak azonban olyan tényezők, melyeket a szabályzó nem tud kezelni, ezek a külső hatások, mint amilyen például az oldalszél. Az ideális pálya a sebesség és a kormányzószög alapján rajzolódik ki, melyet a külső erőhatásoktól mentes pálya megfelelően tud lekövetni. A valós pályához azonban kompenzálnunk kell a modellt. Amint a kormányzás, illetve a kompenzálás igénye megszűnik, akkor a rendszer vissza tud térni az eredeti állapotába. A nem várható hatások miatt olyan integráló szabályozásra van szükség, mely nem a beavatkozás mértékét határozza meg, hanem az irányát és intenzitását, így követő módon kompenzál (Kovács R. at all (2008)).



7. ábra A pálya alrendszer kapcsolata

A kormány-beavatkozás alapján szabályzó kört össze kell kapcsolni a fékessel, hogy amennyiben a kormány-beavatkozás már nem elegendő mértékű, akkor a fékezéssel kompenzálni lehessen a jármű stabilitását (8. ábra). További oka a fékes beavatkozásnak, hogy instabil helyzetben csökkenteni is kell a jármű sebességét, amit a kormányzó nem-hogy nem tesz meg, de bizonyos esetekben közvetett módon még növelhet is annak értékét.

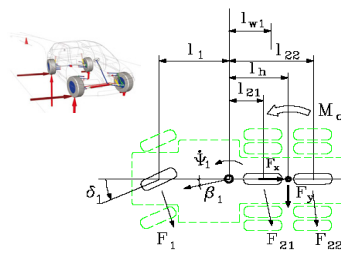


8. ábra A fékszabályzó és a kormány modul kapcsolata

A kormány-beavatkozásnak határt szab annak szélső helyzete, mely után már nem képes jobban elforgatni a kerekeket. Továbbá korlátozó tényező a beavatkozás ideje, valamint annak határfoka. Ugyanis bizonyos kormányzószög felett annyira megnő a gumikopás, és annyira csökken a járműstabilitás mértéke, hogy célszerűbb fékkel korrigálni. További gondot jelent, hogy fékezés közben jelentősen lecsökken, vagy akár meg is szűnhet a gumiabroncsok oldalvezető ereje, így a fék és a kormány egyidejű alkalmazása ESP beavatkozásra nem minden esetben vezet megfelelő eredményhez. Ehhez kell állítani egy olyan szabályzási rendszert, ahol figyeljük a beavatkozás kezdetén az aktuális kormányozási pozíciót, a beavatkozás irányát, és kívánt mértékét, valamint olyan állandó értéket, mint a maximális elkormányzási szög, és ezek függvényében határozza meg a fékezés mértékét. Nyilván a beavatkozás hatásosságának függvényében a fékezés nagyobb prioritással rendelkezik, így a felett az érték felett, ahol a jármű elérte a kritikus stabilitási határt, fékkel avatkozna be, és amikor ez az érték leesik egy nyugodtabb szintre, akkor elvéve a kivezérelt féknyomást, hagyná az addicionális elkormányzással megvalósítani a beavatkozást (Kovács R. at all (2008)).

## 6. AZ ÁLLAPOTTÉR MODELL

A rendszer logikai alapjául szolgál az egy nyomvonalú modell, mely a 9. ábrán látható. (Esetünkben teherautóról, illetve személyautóról is beszélhetünk, így a hátsó dupla, vagy épp szimpla tengelyrendezés ennek a függvénye.)



9. ábra A bicikli modell (SimPack környezetben)

Célunk meghatározni azokat a fizikai paramétereket, melyek behelyettesítésével a modellünk megfelelő mértékben képes



lekövetni a validációs eredményeket [Pacejka, Hans B. (2002)]. Az állapotér a járműre (1,2):

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{c_1 + c_2 + m_1 \cdot V}{m_1 \cdot V} & -1 - \frac{c_1 \cdot l_1 - c_2 \cdot l_2}{m_1 \cdot V^2} \\ \frac{c_2 \cdot l_2 - c_1 \cdot l_1}{J_1} & -\frac{c_1 \cdot l_1^2 - c_2 \cdot l_2^2}{J_1 \cdot V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \psi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{c_1}{m_1 \cdot V} \\ \frac{c_1 \cdot l_1}{J_1} \end{bmatrix} \cdot \delta_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{J_1} \end{bmatrix} \cdot M_0 \quad (1)$$

$$y = \begin{bmatrix} \psi \\ \alpha_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_1 + c_2 + m_1 \cdot V}{m_1} & \frac{c_2 \cdot l_2 - c_1 \cdot l_1}{m_1 \cdot V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \psi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{c_1}{m_1} \end{bmatrix} \cdot \delta_1 \quad (2)$$

Az előző egyenleteket átrendezve és kifejezve a keresztirányú tényezőket kapjuk a következő összefüggéseket (3,4):

$$c_1 = \frac{J \cdot \ddot{\psi}}{-l_1 \cdot \beta - \frac{l_1^2}{V} \cdot \dot{\psi} + l_1 \cdot \delta} - c_2 \cdot \frac{l_2 \cdot \beta - \frac{l_2^2}{V} \cdot \dot{\psi}}{-l_1 \cdot \beta - \frac{l_1^2}{V} \cdot \dot{\psi} + l_1 \cdot \delta} \quad (3)$$

$$c_2 = \frac{\frac{J \cdot \ddot{\psi}}{l_2 \cdot \beta - \frac{l_2^2}{V} \cdot \dot{\psi}} - \frac{-l_1 \cdot \beta - \frac{l_1^2}{V} \cdot \dot{\psi} + l_1 \cdot \delta}{l_2 \cdot \beta - \frac{l_2^2}{V} \cdot \dot{\psi}} \left( \frac{a_y \cdot m}{-\beta + \frac{l_2}{V} \cdot \dot{\psi}} + \frac{m \cdot V \cdot \beta}{-\beta + \frac{l_2}{V} \cdot \dot{\psi}} \right) - \frac{M_0}{l_2 \cdot \beta - \frac{l_2^2}{V} \cdot \dot{\psi}}}{1 - \frac{(-l_1 \cdot \beta - \frac{l_1^2}{V} \cdot \dot{\psi} + l_1 \cdot \delta) \cdot (-\beta - \frac{l_1}{V} \cdot \dot{\psi} + \delta)}{(l_2 \cdot \beta - \frac{l_2^2}{V} \cdot \dot{\psi}) \cdot (-\beta + \frac{l_2}{V} \cdot \dot{\psi})}} \quad (4)$$

## 7. JÖVŐBENI TENDENCIÁK

Egyértelműen megállapítható, hogy a jövő az autonóm járművezetésé. Egy mai kocsinak árának csaknem 45%-át már az elektronika teszi ki. Az elektronikus rendszerek irányíthatóak, szabályozhatóak, szükség esetén felül tudják bírni a vezető akaratát, ezzel is a biztonságosabb irányba mozdítva a közlekedést [Palkovics L. (2005)]. A legnagyobb visszahúzó erő a mai autófejlesztés világában a jogi szabályozás, illetve az etikai felelősség kérdése. Az emberek nehezen fogadják el, hogy a közel hibátlanul működő mechatronikai rendszerek helyettük hozzanak döntéseket. Ugyanakkor valós veszélyt is jelent a nehezen megjósolható elektronikai meghibásodások okozta baleset kialakulása. A jövő fékrendszere semmilyen hidraulikus, vagy épp pneumatikus elemet sem fog tartalmazni, még biztonsági (back-up) funkcióként sem. A mechanikus fék szerkezetet elektromotorok működtetik a vezérlőegység jeleinek megfelelően, figyelve a környezetről, a járműről, illetve részben az embertől érkező paraméterek függvényében.

Az úgynevezett Brake-by-Wire rendszerek így, az összetett és önmagát ellenőrző elektronikai egységüknek megfelelően önmagukban megfelelnek majd minden biztonságkritikus rendszerrel szemben támasztott feltételnek.

Hasonló tendencia mondható el az elektromos kormányokkal (Steer-by-Wire) kapcsolatban is, ahol a kormánykerék csupán elektronikus információkat közöl a központi vezérlő egységgel, nincs mechanikus kapcsolat a kormánykerék és a kormányzott kerekek között, megvalósulhat a tengely mindkét kerekére független addicionális elkormányzás, ezzel biztosítva a jármű optimális nyomvonalát.

A teljes Drive-by-Wire rendszer megvalósulásához számtalan olyan lépésnek kell követnie egymást, ami teljes mértékben

tanúbizonyosságot tesz arról, hogy a rendszer helyt tud állni a jövőbeni elvárásokkal szemben, kellően flexibilis a változtatásokra, és biztonságkritikus szempontból a legmegfelelőbb választás jelenti a jelenlegi változattal szemben.

## 8. KÖVETKEZTETÉSEK

Számolni kell továbbá azzal, hogy a csökkenő kőolajkészletek a fejlesztőket az alternatívák felé sodorják. Így a jelenlegi belső égésű motorral felszerelt hajtásmódot az elektromos hajtás fogja felváltani. A mai hibrid, illetve tüzelőanyag-cellás járművek központi villanymotorja agymotorként fog funkcionálni a járművekben. Ezzel átértékelődik a fékezés, a kormányzás, illetve a felfüggesztés működésének módja. Az agymotorokkal megoldható egyszerre a fékezés, illetve a hajtás folyamata is, a kormányzás és a felfüggesztés elemei kompakt módon, közös egység részeként fognak szerepelni a kerékhez helyezve. A fejlett navigációs eszközök képessé teszik a járművet a többi közlekedési eszközzel történő folyamatos kommunikációra, megvalósulhat a teljes autonóm irányítás.

## IRODALOM

- Bosch (2002). *Bosch ESP – Driving Safety Into the Future*, www.bosch.com.
- Daniel Brunnschweiler (2008) *Requirements Engineering and Test Engineering are the backbone of safety critical system development*, Thyssen Krupp Presta.
- Kovács R. at all (2008). *Aktív kormányzással támogatott ESP*, Budapest University of Technology and Economics, Budapest.
- Pacejka, Hans B. (2002). *Tyre and Vehicle Dynamics*, 16-62 oldal, Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Palkovics L. (2005). *Intelligens Járműrendszerek*, www.mindentudas.hu, Budapest.
- Palkovics L, Szalay Zs. (2006). *Electronic Stability Program, Gépjármű Elektronika*, Budapest University of Technology and Economics, Budapest.
- Palkovics L, Wahl I. (2006). *Elektromos kormányrendszerek*, Gépjármű Elektronika, Budapest University of Technology and Economics, Budapest.
- Szostak, H.T., Allen, W.R., and Rosenthal, T.J. (1988). *Analytical Modeling of Driver Response in Crash Avoidance Maneuvering Volume II: An Interactive Model for Driver/Vehicle Simulation*, U.S Department of Transportation Report.
- Wallentowitz H. (1999). *Vehicle Dynamics with Adaptive or Semi-Active Suspension Systems: Demands on Hardware and Software*, 437-442 oldal, Electronic Steering and Suspension Systems.