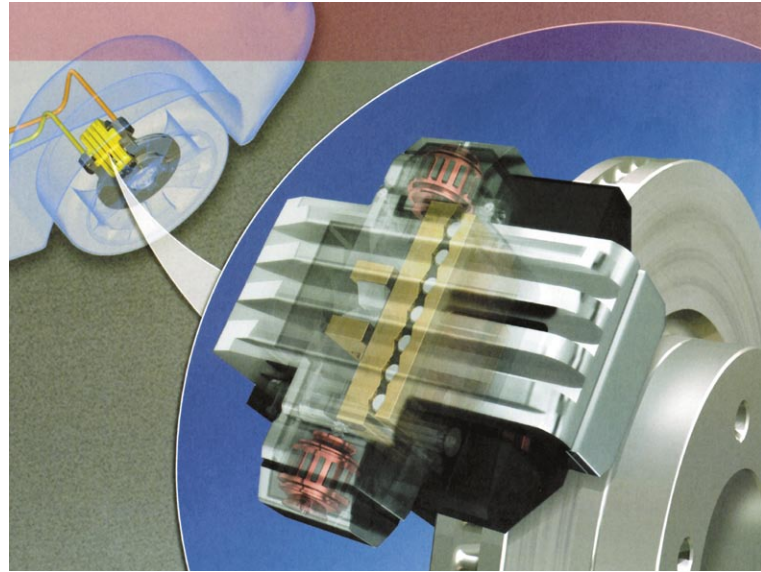


# Az elektronikus ékes fék

Mérföldkő az elektronikus kerékhajtáshoz vezető úton

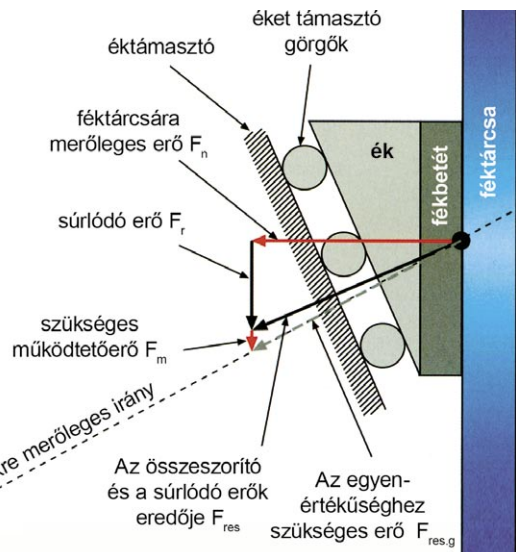
Az autó jövőjét mértékadóan befolyásolhatják a fokozatosan hálózatba köthető, különböző elektronikus és a vezetőt támogató (asszisztens) rendszerek. Szinte egyik alappillére lehet a hálózatba kötéseknek a féktechnikában a biztonság és a megbízhatóság területén új mércét jelentő, a Siemens VDO Automotive által kifejlesztett ékes féknek. Egyesítve a kerékagyba szerelt meghajtó motorokkal, az elektromechanikus csillapítással és összekapcsolva az elektronikus kormányzással, átveheti az eddig alkalmazott hidraulikus és mechanikus szerkezetek összes funkcióját.



A vezetőt támogató (asszisztens) rendszerek a jövőben nemcsak felügyelik, hanem aktívan támogatják is a jármű vezetőjét. A menetdinamika autonóm – a vezetőtől független – szabályozhatósága hozzájárul az autó veszélyes helyzetekben a jármű feletti uralom megtartásához. Vészhelyzetekben az elektromos rendszerek százszorta gyorsabbak az emberi reakcióképességnél.

A jövőbeni asszisztens rendszerek transzformálásához szükséges egy gyors és autonóm fékrendszer, és ilyen lehet az elektronikus ékes fék, röviden EWB (Elektronikus Wire Bremse rövidítése). Azaz „száraz” (vezetékes) megoldással kiváltja a meglévő hidraulikus és pneumatikus rendszereket, a környezetet szennyező fékfolyadékot.

A Siemens VDO 1996-ban kezdte el az elektromechanikus fék, közismert jelölésével az EMB fejlesztését, 42 V-os hálózatra alapozva. Mivel a 42 voltos hálózat fejlesztése a távoli jövőbe tolódott, a Siemens VDO megvásárolta az eStop

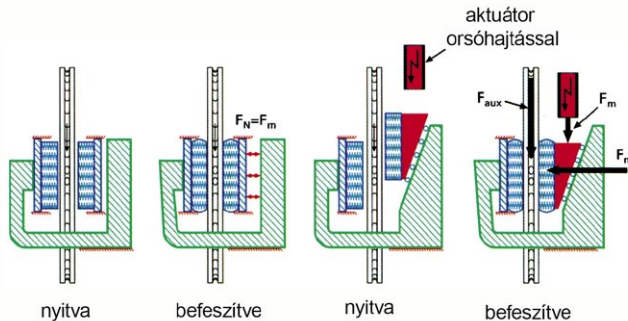


2. ábra: erők egyensúlya az elektronikus ékes fékben

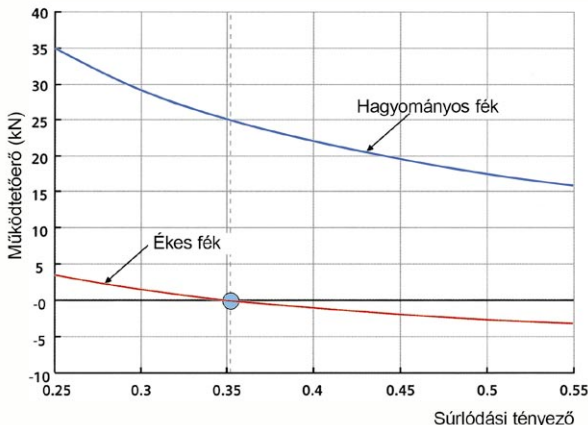
vállalat „ebrake”-technológiáját, amely önerősítő elven, kis energiaigénnyel működve, a 12 V-os hálózaton is üzemeltethető.

## A hagyományos és az ékes fék összehasonlítása

A két fékrendszer elvi összehasonlítása az 1. ábra vázlatai alapján végezhető el. A hagyományos technológiánál 1. ábra bal oldali kép, az  $F_n$  normálerő (összeszorító erő) közvetlenül,



1. ábra: a klasszikus tárcsafék elvi felépítése (balra) és az ékes fék (jobbra)



3. ábra: működtető erőszükséglet ékes fék és hagyományos fék esetén

aktívan és a teljes érintkezőfelületen épül fel. Vannak elgondolások, melyek megkísérik a tisztán hidraulikus vagy pneumatikus fékegységeket elektrohidraulikus, elektropneumatikus és kizárólag elektromos hajtású megoldásokkal helyettesíteni. A tisztán elektromos hajtású, ún. brake-by-wire rendszernél az elektromotornak kell a teljes normálerőt  $F_n = F_m$  felépíteni, amely a 12 voltos hálózattal nem valósítható meg. Különböző is egy nagyon helyigényes mechanikus szerkezetre lenne szükség.

Az ékes fék ezzel szemben az elektromos működtetőegység támogatására kihasználja a jármű kinetikai energiáját (1. ábra jobb oldali kép). Az  $F_{aux}$  segéderő, amely a forgó féktárcsa önerősítő hatásából generálódik, segíti a normálerő/összeszorító erő felépülését, és így kisebb fékműködtető egység is elégséges.

### Az ékes fék elvi felépítése

A 2. ábra mutatja be az elektronikus ékes féket vázlatosan a hagyományos féktárcsával és fékbetéttel, az ékkel, az éket vezető csapágházzal és görgőkkel. Az éket befelé mozgatva megszűnik a féktárcsa és a fékbetét közötti hézag és felépül a két alkatrész között ébredő normálerő ( $F_n$ ), azaz az összeszorító erő és a súrlódóerő ( $F_f$ ). Amikor a két erő eredője ( $F_{res}$ ) az ék görgőkkel érintkező felületére (lásd vektorábrára) merőlegesen áll, létrejön az ék egyensúlya. Ezután a görgők már nem gördülnek tovább az ékpályán. Ha a súrlódási tényező túl kicsi, az ék egyensúlyban tartásához kicsi a létrejövő súrlódóerő is. Az egyensúly fenntartásához szükséges erőt a  $F_{res,g}$  vektor jelképezi. A súrlódóerő kiegészítését a féket működtető ékes szerkezetnek kell szolgáltatni, azaz az  $F_m$  erőt. Ezt figyelembe véve az ék szögét eleve úgy határozzák meg, hogy a szükséges működtetőerő ( $F_m$ ) a féktárcsa és a fékbetét között szokásos értékű súrlódási tényező ( $\mu$ ) mellett minimális nagyságú legyen.

A 3. ábra hagyományos féknél és ékes féknél mutatja be a szükséges működtetőerő nagyságát a fékbetét és a féktárcsa közötti súrlódási tényező függvényében, 2000 Nm féknyomaték és 114 mm-es fékrádiusz esetén.  $\mu = 0,25$  súrlódási tényezőnél például hagyományos féknél

a szükséges normál szorítóerő 35 kN, míg ékes féknél a működtetőegység által előállítandó erő csupán 3,5 kN, azaz 1/10-e az előbbinek.

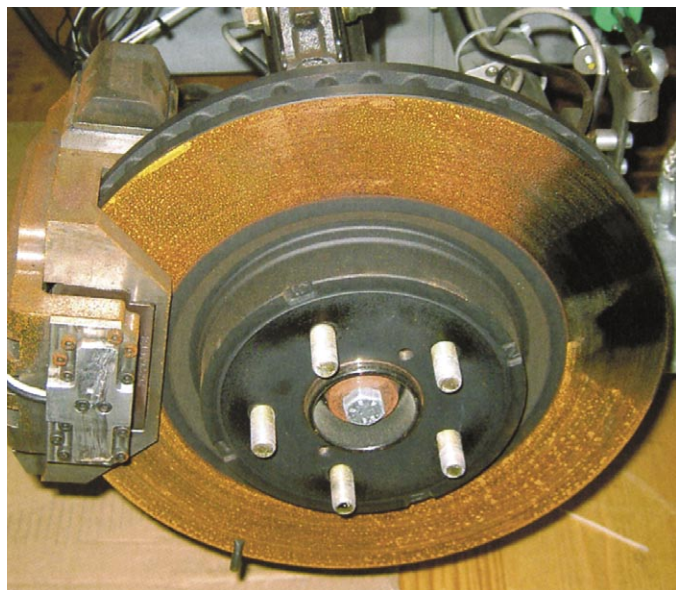
### A különböző vizsgálatok, tesztek eredményei, értékelése

A Beta-prototípus az első ékes fék, mely a személygépkocsi hagyományos kerékfék összes funkcióját képes bemutatni, a címképen látható. Kettős motorhajtás garantálja az ékhajtás játégmentes működését. A referencia jármű a B kategóriába tartozott, és tömege kb. 2 tonna volt.

Szabályozás dinamikája: fékezéskor az ékes fék átlagos teljesítményszükséglete kb. 100 W, nyugalmi helyzetben pedig kb. 50 W.

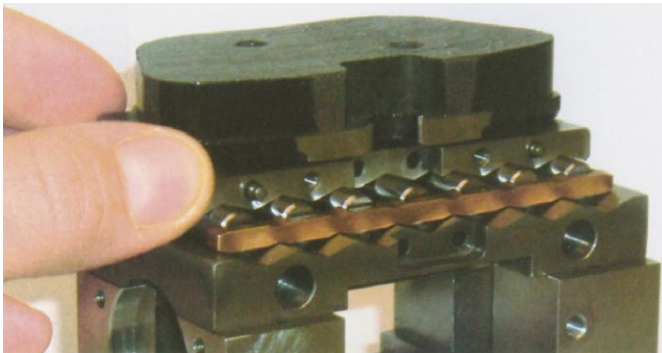
Vészfékezéskor 30 ms-on belül megtörténik a fékerő felépülése, és 100 ms-on belül a járműlassulás meghaladja az 1 g értéket. Ez a dinamika a hidraulikus féknél jóval kisebb megállási út elérését teszi lehetővé.

Az EWB precíz szabályozhatóságával lehetőség van csekély „kell” adat mellett a fékerőt nagy pontossággal szabályozni. A fékezési komfort további funkcióbővítésekkel növelhető. Ilyenek például a fékbetét „szárazra fékezése” esős útviszonyok esetén, és elektronikusan optimalizált fékezés a rángatásmentes, finom megállásnál, továbbá a hátragulásmentes elindulás hegymenetben.



4. ábra: súrlódási érték ingadozás vizsgálata rozsdás féktárcsán

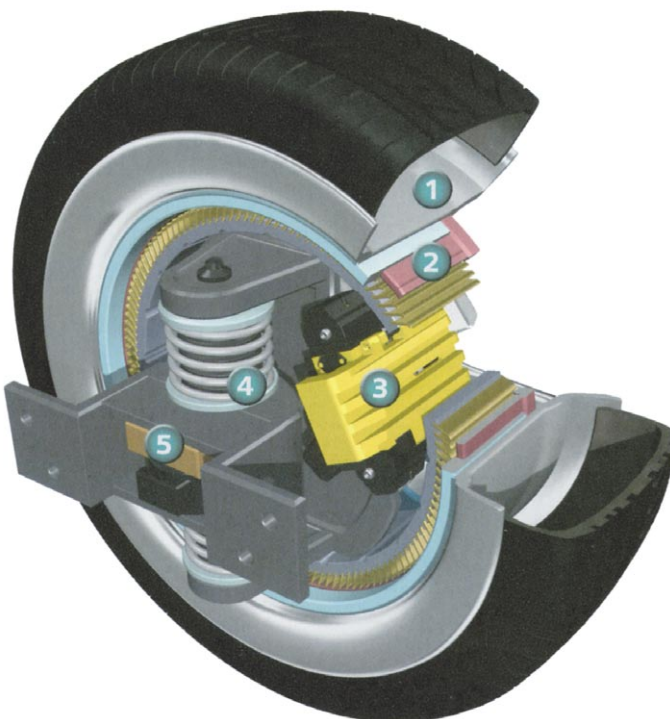
Különböző útburkolatok alacsony súrlódási értékei mellett is kedvező menetdinamikai jellemzőkkel rendelkeznek. Ilyenek a közel zajmentes ABS-szabályozás pedálrezgés nélkül, és a fékműködtetésre alapozott menetdinamikai beavatkozások: hajtásellenőrzés (BASR), elektronikus járműstabilitás (ESP), még érzékenyebben és pontosabban tudnak a mindenkori menethelyzetekre reagálni.



5. ábra: ékes fék kétirányú ágyazása

A szakértők által a súrlódási tényező ingadozására vonatkozóan feltételezett érzékenységet egy, a 4. ábrán bemutatott vizsgálattal utasították el. A vizsgálatot egy mesterségesen korrodált féktárcsával végezték. Egy állandó értékre szabályozott normálerő az erős és egyenetlen rozsdás felület ellenére nagyon csekély ingadozást mutatott.

A 2. ábra egyszerű ék elrendezése az önerősítést csak egy forgásirányban mutatja be. A valóságban természetesen a féknyomatéknak mindkét irányban fel kell épülni. Erre fejlesztették ki a Siemens mérnökei a kettős ékpályát, mellyel mindkét irányban megvalósítható az önerősítés (5. ábra).



1. keréktárcsa, 2. kerékgagymotor,  
3. ékes fék, 4. aktív csillapítás,  
5: elektronikus kormányzás

6. ábra: Siemens VDO eCORNER vázlat

Az EWB-rendszernél a fékpedál a működtető fékszerkezettel csak elektromosan van összekötve, így a vezető nem érezheti a fékpedál pulzálását. A vezető részéről a fékpedál érzékelésére egy elektronikus érzékelővel ellátott fékpedálcsillapítót építettek be, melynek szoftverét az adott jármű karakteréhez illesztik. Így megmarad a fékpedálműködés érzése a vezető számára.

## Biztonsági koncepció

Az elektronikus ékes fék biztonsági rendszer, ezért az IEC 61508 biztonsági szabvány szerint értékelik, a Safety Integrity Level (SIL 3) figyelembevételével. Az EWB rendelkezik egy „Fail-safe”, azaz önműködő, hibabiztos védelmi koncepcióval, azaz a megfelelő biztosítékok túlhatarótként vannak felépítve.

Ha például az egyik keréken fellép a jármű biztonságát befolyásoló hiba, egy vésznyitó berendezés nyitja az adott kerékféket. A szerkezet normál üzemben áram alatt van, hiba esetén az áram megszakad, az ék 40 ms-on belül semleges helyzetbe hátra megy és ott rögzítődik. A vezérlőkészülék felismeri a kiesést, és a működő kerekek között automatikusan elosztja a kieső fékerőt.

Áramkiesés elleni védekezés céljából két egymástól független, kicsi akkumulátorral látják el, melyek meghatározott számú fékezéshez elégséges energiával rendelkeznek. A kerékmodulban egy decentralizált vezérlőelektronikát is elhelyeztek az alapfunkciók végrehajtására, a központi vezérlőkészülék kiesésének esetére. További lehetőség a vészfékezésre a kézfék működtetése is.

## Az ékes fék (EWB) perspektívája

A Beta-prototípussal az alapszabályozás fejlesztését lezárták. A további fejlesztés a konfigurációk sokféleségének és a kondíciók tesztelésével folytatódik, a bázisfékezés megvalósítása és további alfunkciók kifejlesztése érdekében.

2010-től tervezi a Siemens VDO az elektronikus ékesfékszeria indítását.

## Az eCorner víziója

A Siemens VDO úgy értékeli, hogy az elektronikus ékes fék alappillére lehet egy átfogó karosszériaszabályozó rendszernek. Rövid távon az ékes fék felhasználásával az elektrogenerátoros fék funkcióinak a kiterjesztését tervezi, valamint a kerékérezékelők és a lengéscsillapítás-, szabályozás kerékelektronikába integrálását. Távolati célkitűzés a kormányzás, a fékezés, a csillapítás és a kerékajátás teljes elektronizálása és egy központi eCorner-modulba integrálása (6. ábra). A kerékagyba beépített kerékajátással forradalmasítaná a hajtástechnikát, és a futóműtechnika is döntően megváltozna.

**Pordán Mihály**

*Felhasznált irodalom:*

ATZ 11/2006. szám a Siemens VDO mérnökeinek cikk-kivonata