

**Budapesti Műszaki  
és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépjárművek tanszék**



# A VDC modern eszköztára

## Gépjármű elektronika I

**Tarsoly József**

**XWXQK9**

**Konzulens: Dr. Szalay Zsolt**

2014. 05. 20.



## TARTALOMJEGYZÉK

1. VDC beavatkozó rendszerek evolúciója .....	3
1.1. Fékezés alapú beavatkozók .....	3
1.2. Kormány alapú beavatkozók .....	3
1.2.1. Elektronikus kormány szervók .....	3
1.2.2. Hátsókerék kormányzás .....	4
1.3. Hajtás alapú beavatkozók .....	5
2. VDC rendszerek a piacon .....	6
2.1. Fejlett fék alapú beavatkozók .....	6
2.1.1. Elektronikus differenciálmű zárás .....	7
2.1.2. Lejtmenet vezérlők .....	8
2.1.3. Autonóm tempomat és városi vészfékező rendszer .....	9
2.2. Kormány alapú beavatkozók .....	10
2.2.1. Félaktív és aktív kormányzás .....	10
2.2.1.1. Hidromechanikus kormánymű - ZF Servotronic 2 .....	11
2.2.1.2. Aktív kormányművek .....	11
2.2.1.3. Félaktív kormányművek .....	14
2.2.2. Négykerék kormányzás .....	14
2.3. Hajtás alapú beavatkozók .....	18
2.3.1. Mitsubishi S-AWC .....	19
2.3.2. BMW Dynamic Performance Control .....	20
2.3.3. Honda SH-AWD .....	22
3. Összefoglalás .....	23
Ábrajegyzék .....	24
Irodalom .....	25

## 1. VDC beavatkozó rendszerek evolúciója

### 1.1. Fékezés alapú beavatkozók

A fékezés alapú vezetőtámogató rendszerek első fajtája az ABS (Anti Blocking System, blokkolásgátló rendszer) volt. Az igény a blokkolásgátló berendezésre először a repülésben merült fel, mivel itt a blokkolás elkerülése leszálláskor sokkal embert próbálóbb feladat, mint egy autó helyes fékezése. Az első rendszer Gabriel Voisin nevéhez köthető, aki egy mechanikus megoldást álmódott meg.



1. ábra 1971-es Chrysler Imperial

Az 1950-es évekre a Dunlop Maxaret nevű rendszere elterjedté vált a repülésben. A Maxaret vizes és jeges körülmények közt akár 30%-al csökkentette a repülőgépek féktávját, és a gumikopást. Az első teljesen elektronikusan működő blokkolásgátló rendszert a Concorde repülőgépbe építették.

Az autóiparban a 60-as években kísérleteztek teljesen mechanikus rendszerekkel, de ezek drágának és megbízhatatlannak bizonyultak. Az első, mind a négy kerékre ható ABS-t a Chrysler gyártotta szériában, a Bendix-szel közösen fejlesztett kiegészítő 1971-től volt rendelhető a Chrysler Imperialhoz (1. ábra 1971-es Chrysler Imperial). 1970-től a Ford, majd szintén '71-től a GM is elérhetővé tette a blokkolásgátlót egyes gyártmányaihoz, de ezek csak a jármű hátsó kerekein fejtették ki áldásos tevékenységüket.

1978-ban a Bosch és a Mercedes közös fejlesztéseként létrejött ABS rendszer jóval kevesebb alkatrészből állt és megbízhatóbban, jobban működött. Ezzel vált lehetővé a blokkolásgátló elterjedése a kisebb kategóriákban is.

Mivel lehetővé vált a kerekek külön, számítógéppel kontrollált fékezése, az ipari szereplők próbálták a hardver képességeit más funkciókra is felhasználni. 1987-ben jelentkezett a Mercedes-Benz és a BMW kipörgésgátló berendezéssel, amely visszafékezte a kipörögni igyekvő kerekeket. Ezek a szerkezetek azonban még nem tudták az autó ívmenetét befolyásolni.

Erre egészen 1995-ig kellett várni, amikor a Mercedes-Benz bemutatta az első elektronikus stabilitás-programmal (ESP) szerelt járművét. Ezt a Bosch-al közösen fejlesztették. Még ebben az évben bemutatta saját ESP-jét a BMW is, őket a Bosch és az ITT Automotive látta el a szükséges alkatrészekkel. **Error! Reference source not found.**

### 1.2. Kormány alapú beavatkozók

#### 1.2.1. Elektronikus kormány szervók

A fogyasztás leszorításáért vívott harcban a mérnökök már viszonylag korán felismerték az elektronikus kormány szervókban rejlő lehetőségeket. Mivel nem igényli egy hidraulikus szivattyú állandó, teljesítményfogyasztó hajtását, így az elektronikus kormány szervóval tüzelőanyag spórolható meg. Az első szériaautó, amelyben a kormány rásegítést az elektromosságra bízta az 1988-as Suzuki Crevo volt.

A Honda 2000-ben változó áttételű kormányművet tett elérhetővé a Honda S2000-hez, ezzel tovább bővítve a menetdinamikai beavatkozók által később felhasználható eszközök körét. A speciális kormányművel rendelkező S2000 V-Type (2. ábra) változat csak a japán belpiacra készült. Az európai gyártók közül először a BMW jelent meg változó áttételű kormányművel, ők egy bolygóművel oldották meg a feladatot. A rendszert először az E60-as 5-ös szériába építették. Ezen rendszerek előnye, hogy a plusz szabadságfok miatt megvalósítható a kormány szög befolyásolása a vezető utasítása nélkül is, így VDC célokra felhasználható. [2]



2. ábra Honda S2000 V-Type

### 1.2.2. Hátsókerék kormányzás

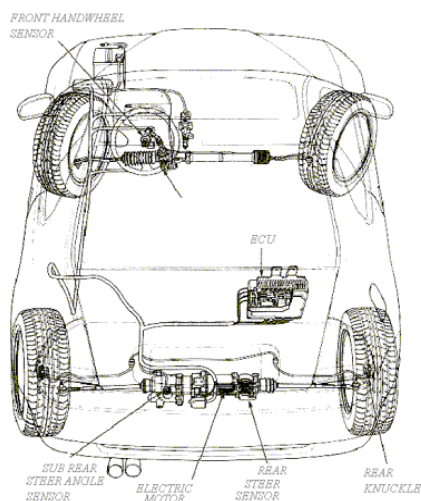
Az 1980-as években nyert először nagy lendületet az összkerék kormányzásos gépkocsik fejlesztése, kutatása. Egymás után jelentek meg az először tisztán mechanikus, majd később elektromechanikus hátsókerék kormányzási rendszerek. A legaktívabb gyártók ezen a területen a Honda és a Mitsubishi voltak.

Az 1987-től 1991-ig gyártott Honda Prelude-ben volt az első, nagy sorozatú autóra szerelt összkerék kormányzási mechanizmus. Mechanikus elven működött, a hátsó kerekeket kis kormányelfordítás hatására az elsővel megegyező, míg nagy elfordítás esetén azokkal megegyező irányba fordította. A várt javulás a jármű manőverezhetőségében nem is maradt el. A Road&Track magazin 1987-es nagy összehasonlító tesztjében a Prelude 4WS minden más autónál jobb teljesítményt nyújtott szlalomban, megelőzve a Porschéket, Ferrarikat is.



3. ábra Honda 4WS rendszer

Az 1992-től gyártott széria már elektronikus elven mozgatta a hátsó kerekeket. Elektromos aktuátort használt, a szükséges kormányszögét pedig egy elektronikus vezérlőegység (ECU) számította ki a kormány szögét érzékelő, valamint a laterális gyorsulást illetve a perdülést észlelő szenzorok jeléből.



4. ábra Elektronikus 4WS rendszer



5. ábra 1993-as Honda Prelude

A '90-es évek közepe felé a multilink rendszerű futóművek előretörésével a gyártók érdeklődése csökkent az összkerek kormányzási rendszerek felé, mivel ezek képesek voltak elmozdulás és erő szerinti önkormányzásra, így részben feleslegessé téve a drága és összetett 4WS-t.

Az összkerekkormányzás elmúlt években tapasztalható újra előtérbe kerülését annak köszönheti, hogy a modern elektromechanikus aktuátorok segítségével jóval olcsóbban lehet megvalósítani, mint korábban, ráadásul a már létező infrastruktúra (ESP) miatt nem szükséges további jeladók beépítése. Így pedig a multilink típusú futóművek tudása már egyszerűbb felépítés (akár csatolt hosszlengőkar) esetén is elérhetővé válik.[3]

### 1.3. Hajtás alapú beavatkozók

Mint a fentiekben látható, nagyon sok ötlet született a gépjárművek függőleges tengely körüli mozgásának befolyásolására, lehetségessé vált fék, illetve kormányzás alapon is befolyásolni a jármű oldalirányú mozgását. Amennyiben azonban a járművet anélkül szeretnénk stabilabbá tenni, hogy közben lassabbá válna, szemünk elé tárul egy másik lehetőség: a hajtás. A jármű bal és jobb oldali kerekeire jutó hajtónyomaték változtatásával olyan perdítőnyomaték (függőleges tengely körül forgató) hozható létre, melynek nagyságával befolyásolhatjuk a jármű alul-, vagy túlkormányozott viselkedését.

Bonyolultságának köszönhetően a jelen dolgozatban taglalt módszerek közül ez jelent meg legkésőbb. Mint rengeteg más technológiának, úgy ennek is a versenysportban kell keresni a gyökereit. A rallysportban már a 90-es évek elején jelen volt ez a megoldás és első utcai megjelenése is ezzel hozható összefüggésbe.

A Mitsubishi Lancer Evo II rendelkezett először torque vectoring képes összkerekhajtás rendszerrel. Ez a modell 1994-ben jelent meg. Sokáig csak a Mitsubishi kínált utcán hasonló technológiát. Szélesebb körű elterjedésére a 2000-es évek közepéig kellett várni. A Honda 2005-ben dobta piacra az SH-AWD-t, míg a BMW és az Audi által használt ZF

Vector Drive 2008-ban mutatkozott be, ezzel behozva a rendszert az európai prémium gyártók kínálatába is. [4][5]



6. ábra Mitsubishi Lancer Evo II

## 2. VDC rendszerek a piacon

### 2.1. Fejlett fék alapú beavatkozók

A járműtechnikában a legelterjedtebbek a fék alapú beavatkozók. Az érvényes jogszabályoknak megfelelően az EU-ban 2011. 11. 01.-től minden újonnan bevezetett autótípusnak, míg 2014. október 31-től az összes EU-ban értékesített új autónak rendelkeznie kell elektronikus menetstabilizáló rendszerrel (ESP), így jelenleg ez a legjelentősebb fékoldali aktív biztonsági eszköz.

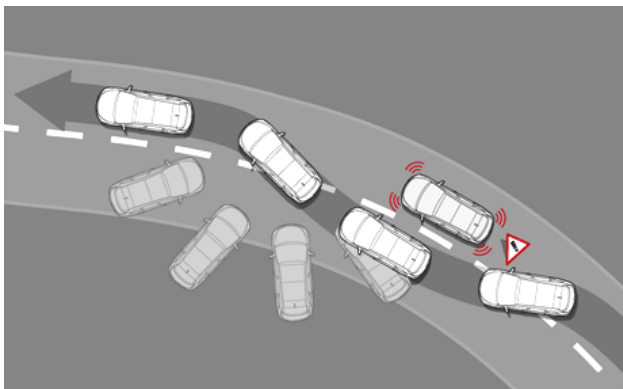
A jármű vezetője a közúti közlekedés során a kívánt menetpályát a kormánykerék elfordításával határozza meg. Ezt a rendszer a kormányszög-jeladó segítségével érzékeli. A rendszernek további információkra van szüksége a jármű mozgásállapotáról. Az információt, hogy éppen lassul, gyorsul, vagy szabadon gurul, a motor- és az ESP-elektronika közti adatforgalom, valamint a főfékhengerre szerelt nyomásérzékelő adja meg. A tényleges mozgásról a kerékfordulatszám-érzékelők, és a perdülés érzékelőről származó adatok informálják a rendszert. Ha a járművezető utasításai alapján számolt, valamint a valós adatokból meghatározott mozgáspálya eltérést mutat, a rendszer beavatkozik.

Abban az esetben, ha a gépkocsi túlkormányzott módon viselkedik (a hátsó kerekeken csökken a tapadás) és a jármű a hátsó kerekeket hajtja, úgy az ESP először a hajtónyomaték csökkentésével próbálja a hátsó kerekeket a nagyobb oldalvezető erőhöz tartozó szlip-, és oldalkúszási szög tartományba juttatni. Amennyiben ez nem sikerül, illetve nem elegendő a tapadás visszanyeréséhez, úgy a program az ívkülső első kerékhez fékerőt vezérel ki. Ez lassítja a kocsit, valamint megfelelő irányú perdítónyomatékot hoz létre, amely a gépkocsit a megfelelő irányba tereli.

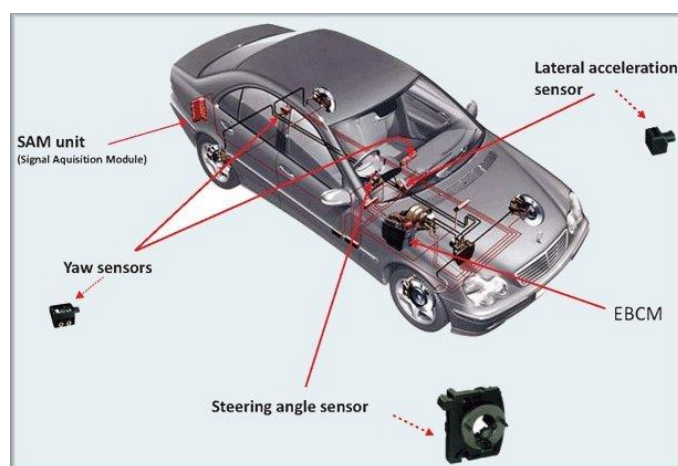
Ha a jármű alulkormányzott, tehát az első kerekek tapadása nem elegendő, akkor a gépezet elsőkerék hajtásos esetben szintén a motornyomaték csökkentésével avatkozik

be. Ha ez kevésnek bizonyul, úgy az ívbelső hátsó kerék kap fékezónyomatékot. Ez csökkenti az autó sebességét, valamint a megfelelő irányba perdítónyomatékot hoz létre.

A menetstabilizáló valamennyi modern gépkocsiban nagyon hasonlóan működik, és nagyon hasonló felépítésű. ESP rendszereket többek között a Bosch, Aisin, Bendi, Continental, Hitachi, Nissin, Knorr-Bremse, TRW cégek állítanak elő.



7. ábra Kikerülés ESP-vel és anélkül



8. ábra ESP rendszer jeladói

A szenzorok illetve a kerekenként szabályozható fékezónyomaték lehetővé teszik több más funkcionális megvalósítását is, most ezek ismertetése következik. [6][7]

### 2.1.1. **Elektronikus differenciálmű zárás**

Ennek az eljárásnak a lényege, hogy a gépjármű éppen megpördülni készülő kerekéhez a berendezés fékerőt vezérel ki, így a differenciálmű működéséből fakadóan a nyomaték a másik hajtott keréken keresztül kerül majd útra. Ez a rendszer könnyebb és olcsóbb, mint a hagyományos önzáró differenciálművek, és bizonyos mértékben képes is őket helyettesíteni.



9. ábra Fiat 500 Abarth eQ2 rendszerrel

Fontos jellemzője, hogy ez az üzemmód nem próbálja meg megakadályozni a kerekek kipörgését, hanem az ABS-csatornák megfelelő iterálásával megszünteti a két kerék közti nagy szögsebesség különbséget. Sok gyártó használja, először a 4matic-al ellátott Mercedesekben jelent meg. Használja még a VW konszern EDL (Electronic Differential

Lock), a BMW ADB-X (Automatic Differential Brake) , a Fiat eQ2 néven, de az eljárás egyszerűsége és olcsósága okán az egész autópárhazban elterjedt.[10]

### 2.1.2. *Lejtmenet vezérlők*

A lejtmenet vezérlőt arra tervezték, hogy segítse a gépkocsi laza talajon, meredek lejtőn való biztonságos lejutását. Ellentétben a tempomattal, amelyet csak egy bizonyos sebesség felett lehet aktiválni, a lejtmenet vezérlő csak egy bizonyos sebesség alatt működik. Az első ilyen berendezést a Bosch fejlesztette ki a Land Rover részére, amelyet a Freelander típusba építettek. Mivel a Freelandernek nem volt felezője, amely a hagyományos terepjáróknál a motorféket kihasználva elősegíti a hasonló helyzetek megoldását, létszükséglet volt egy ilyen segédeszköz használata a terepjáró képességek megőrzése érdekében. Az első vezérlő több hiányossággal is küzdött, például az előre beállított ereszkedési sebesség túl magasnak bizonyult néhány helyzetben. A későbbi implementációknál ezt állítható ereszkedési sebességgel javították.

A rendszer működésének alapelve nagyon hasonló a fent bemutatottakéhoz. Ez is képes a fékek járművezetőtől független, egyenkénti működtetésére, amely lehetővé teszi, hogy a lejtmenet vezérlő fékezze, elengedje, vagy akár blokkolja az egyes kerekeket a megfelelő lejutás érdekében. Működtetésében érdekesség, hogy az elérhető HDC-k (Hill Descent Control) egy része azt kívánja meg a vezetőtől, hogy az ne érintse a féket az ereszkedés során.

Manapság a legtöbb terepjárókat és SUV-okat előállító autógyártó kínál HDC-t a termékeihez. A már említett Land Roveren kívül többek között a BMW, Ford a Nissan és a Volvo kínálatában is megjelenik.[9]



10. ábra Első generációs Land Rover Freelander



### 2.1.3. *Autonóm tempomat és városi vészfékező rendszer*

A fék alapú beavatkozás, mivel képes arra, hogy a járművet a vezető beavatkozásától függetlenül lassítsa vagy megállítsa, megfelelő, a jármű környezetét feltérképezni képes érzékelőkkel kiegészítve képes arra, hogy az egyes akadályok előtt a gépkocsit lassítsa, vagy akár meg is állítsa. Az elmúlt évtized során ez a terület előtérbe került.

Az első ilyen megoldások célja az volt, hogy a tempomatot képessé tegyék a beállított követési távolság tartására. A felhasznált érzékelők szerint beszélhetünk radaros illetve lézeres berendezésekről. Ezek árban és minőségben is különböznek. A radaros érzékelők a lézerekkel szemben képesek arra, hogy rossz időjárási körülmények, illetve rossz fényvisszaverésű másik autó (koszos, matt) esetén is megfelelően érzékeljék az előttünk haladótól mért távolságot. Ezek a szenzorok továbbá szebben integrálhatók a jármű elejébe, mivel a lézerekkel eltérően nem kell kívülre tenni őket.

Az első példányok az ezredforduló környékén jelentek meg. A Mercedes 1998-ban bemutatott Distronic rendszere képes volt arra is, hogy a járművet szükség esetén állóra fékezze. Hasonló berendezést a Jaguar 1999-től kínált, míg a BMW 2000-től, majd 2007-ben a jármű megállítását is lehetővé tette. A Toyota 2000-től kínált hasonló tempomatot, az emberi beavatkozás nélküli állóra fékezés 2004-től vált lehetővé.

A legtöbb megoldás egy darab radart használ, a jármű elejében elhelyezve. Prémium kategóriában fordulnak elő több szenzort felhasználó példák, mint a VW konszern drágább modelljein (VW Toureg, Phaeton, Audik...), amelyek két ugyan olyan érzékelőt használnak, vagy a BMW több érzékelős változatai, melyet egy nagy távolságú, közepén elhelyezett, és két kisebb távolságra látó, a lökhárító két oldalába tett radar alkot.



11. ábra Mercedes Distronic működés közben

A legújabb fejlesztés ezen a területen a Volvo automatikus fékrendszere, a City Safety. Ez a kisebb (15-30 km/h) sebességtartományban nagy mértékben képes csökkenteni a kocs haladási sebességét, amennyiben valamilyen akadályt érzékel. 50 km/h-s sebességig működik. A készülék egy, a szélvédő felső részébe beépített lidar (Light Detection And Ranging) berendezést használ. A jármű előtt egy 10 m-es tartományban képes az akadályok észlelésére. Késedelmes vezetői beavatkozás esetén az üzemi

fékberendezés automatikusan működésbe jön. A felső sebességtartományban feltehetően ez sem képes elkerülni az ütközés bekövetkezését, de a következmények súlyosságát nagyban csökkentheti.[8]



12. ábra Volvo City Safety - amikor már ez sem segít...

## 2.2. Kormány alapú beavatkozók

### 2.2.1. Félaktív és aktív kormányzás

Az elmúlt években megfigyelhető törekvés, mely szerint a járművek különböző berendezéseinek „intelligensnek”, szabályozhatónak kell lennie, a kormányműveket sem kerülhette el. Amennyiben a kormányzás egyes paraméterei igény szerint változtathatók, úgy a jármű biztonsági és kényelmi funkcióinak nagy mértékű bővítése válik lehetségessé. A megoldást itt is a mechatronika jelenti, a mechanizmusok működését elektronikus irányítás alá kell vonni.

A megvalósítani kívánt funkciók közt talán első helyre vehető a **rásegítés sebességfüggővé tétele**. Alacsony sebességnél illetve álló helyzetben nagy rásegítés kívánatos a manőverezés erőszükségletének lecsökkentésére, ugyanakkor nagy sebességnél ezt csökkenteni kell a biztonság érdekében.

Hasonló gondolatmenet mentén juthatunk a **változtatható áttétel** ötletéhez. Kis sebességnél minél kisebb kormányfordításhoz minél nagyobb elkormányozást kell társítani, hogy egy parkolás vagy szűk forduló kisebb mozdulattal, átfogás nélkül, precízen legyen végrehajtható, míg nagy sebességnél pont fordítva, mivel a kisebb korrekciók precíz végrehajtása a cél.

Ha függetleníteni lehetne a kerék elfordulását a járművezető mozdulataitól, úgy **az ESP funkció támogatása** is megvalósulhat. A jármű stabilizálását hatékonyabbá lehet tenni, ha a járművezető általi ellenkormányzás mértékét módosítani lehetne a megfelelő irányba túlkormányzott esetben, esetleg csökkenteni lehetne a kormányszöveget, ha a jármű alulkormányzott lesz a túl nagy oldalkúszási szög miatt. Ezt a funkcionalitást akár a szervoerő változtatásának segítségével is lehet implementálni. A jármű nagyobb rásegítést biztosít, ha további kormánymozdulat szükséges, illetve visszavesz a rásegítésből, ha nem.

Elsőkerék hajtású autóknál a hajtási befolyást, vagy valamennyi hajtásmód esetén az egyéb tartós oldalerőket (pályadőlésből, oldalszélből eredő...) kompenzálendő **elhúzás korrekciót** építhetünk a rendszerbe. Hasonló képpen segíthetjük a kormány egyenesmeneti visszajárását, hogy az mindig határozottan, megfelelő sebességgel történjen.

A jármű **önálló kormányzása** a vezető segítségével lehet például automatikus kikerülés vagy parkolás során. Előbbi akár egy esetleges baleset után, a járművezető beavatkozása nélkül szabályozhatja a jármű további mozgását.

A szervokormányok lehetnek hidraulikus, vagy villamos rásegítésűek. Mivel időben az előbbiek léteztek előbb, lássunk először egy hidromechanikus berendezést! [12][14]

### 2.2.1.1. Hidromechanikus kormánymű - ZF Servotronic 2



13. ábra ZF Servotronic 2

A szervoszivattyút (5) a belső égésű motor hajtja állandó jelleggel, akkor is, ha nincs szükség rásegítésre. Ennél fejlettebb megoldás, ha a szivattyú hajtását egy villanymotorra bízunk, mivel így a szivattyú szállítását a mindenkori igényeknek megfelelően vezérelhetjük. A példaként szolgáló kormánymű sebességfüggő szervohatás kifejtésére képes. A szervoszelepbbe épített fojtás (3) elektromosan, a vezérlőegység (2) jelének megfelelően, a sebességjel (1) alapján szabályozható, így a hidraulika munkanyomásának csökkentése a gépkocsisebesség függvényében megoldhatóvá válik. A legnagyobb szervohatás a jármű álló helyzetéhez tartozik és a sebesség növekedésével csökken. A fent említett további funkciók megvalósítása hidraulika segítségével nem, vagy csak aránytalanul bonyolult rendszer létrehozásával lehetséges, így kézenfekvő a villamos hajtásra való áttérés.[12]

### 2.2.1.2. Aktív kormányművek

A fejezet elején leírt funkciók megvalósításához szükség van az aktív kormányrendszerekre. „Aktív” mibenléte abból fakad, hogy a kerék elfordulása két bemenettől is függ: az egyik a vezető beavatkozása, tehát a kormány elfordítása, míg a másik a gép által megvalósított korrekciós elfordítás, mely által a kerék elfordulását a

kormány állásától függetlenül tudja növelni vagy csökkenteni. A végleges kerékelfordulás ezen kettő előjelhelyes összege lesz.

Egy létező példát tekintve (ZF Lenksysteme adatai szerint) 100°-os kormányelforduláshoz 6°-os kerékelfordulás tartozik. Az aktív kormányzás ezt 1,5°-al tudja módosítani, tehát a kivezélhető szögelfordulás a 4,5° – 7,5° tartományba esik.

Az aktív kormányzás megvalósítása a modern járműveken bolygóművel vagy hullámhajtóművel történhet. Ez mind hidraulikus, mind elektromos szervóval együtt is bevezethető.[14]

### ***Bolygóműves változat***

Az aktív kormánymű bolygóműves változata a BMW modelljeiben található. Az elektromos motor a bolygókerék tartót tudja mozgatni egy csigahajtáson keresztül. Ennek köszönhetően ha a motort nem mozgatjuk, és a bolygókerék tartó egy helyben áll, a kormánytengely egy áttételen keresztül mozgatja a fogaslécet. Ennek segítségével a jármű kormányozhatósága akkor is biztosított, ha a rendszerben valamilyen hiba merül fel.

Ha a bolygókerék ház elfordulásának iránya a kormány elfordulásával megegyezik, akkor az elkormányzás szöge megnő, míg ellenkező esetben csökken. Középállásban is képes ily módon az elektronika módosítani a kormánysszöget, ennek jelentősége elhúzási korrekció esetén egyértelmű. Az ábrákon látható berendezés egy változtatható rásegítésű hidraulikus szervóval működik együtt, felfedezhető rajta a korábban már bemutatott elektromos szelep.



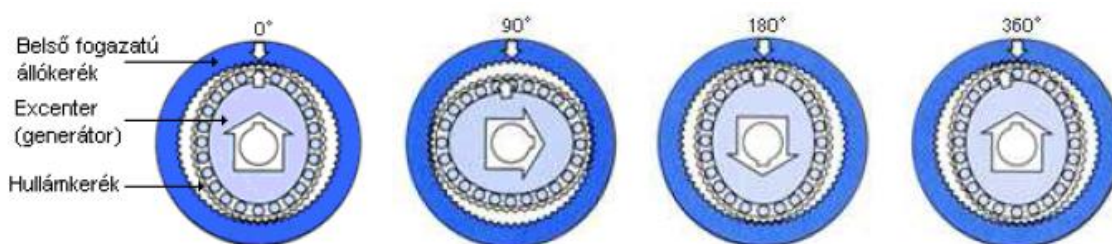
14. ábra Bolygóműves aktív kormánymű

A fenti ábrán látható a kormánymű metszete. Az 1-es számú a hidraulikus szervószelep, a 2-es az arretáló retesz, 3-as a csiga, 4-es a villanymotor, 5-ös a fogasléc, 6-os jelöli a bolygókerékeket, míg a 7-es tételszám a bolygókeréktartó házhoz tartozik.

## Hullámhajtóműves megoldás

Más cégek, például a ZF legújabb kormányművei (Audi Dynamiklenkung), vagy a Toyota VGRS rendszere a plusz szabadságfokot egy hullámhajtómű segítségével vezetik be.

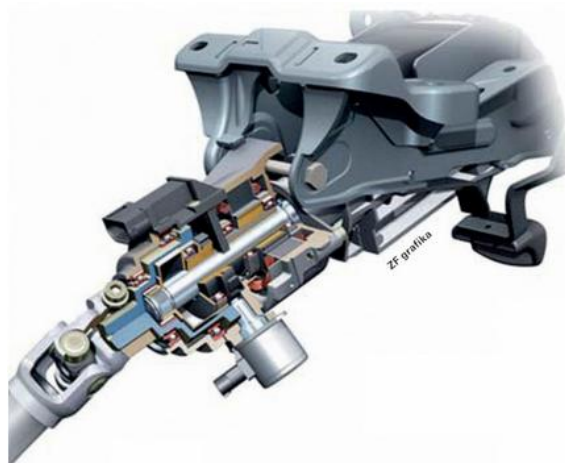
A hullámhajtómű olyan különleges, koaxiális fogaskerekes hajtómű, melyben a fogazatkapcsolódás az egyik fogaskerék (a rugalmas kerék/hullámkerék) rugalmas alakváltozásának következtében jön létre. Három alapvető szerkezeti elemük van: a belső fogazatú, álló fogaskerék, a már említett, külső fogazatú hullámkerék, és egy excenter (hullámgenerátor). Működése közben az excenter a hullámkereket olyan mértékben deformálja, hogy a rugalmas és a merev kerék közt egy vagy több zónában fogkapcsolódás alakuljon ki. Ahogy a generátor elfordul, úgy a fogazatok kapcsolódási zónája is arrébb helyeződik, és a rugalmas kerék az azt körülvevő belső fogazatú keréken legördül. Ennek köszönhetően a generátor egy fordulatára a rugalmas kerék a fogszámkülönbségnek megfelelő osztással az ellenkező irányba fordul. [15]



15. ábra A hullámhajtómű működési elve

A kormánykerékkel a hullámgenerátort tudjuk elfordítani, míg a gyűrűkerék a kormánymű további részeihez, így egy fogaskeréken keresztül a fogasléchez kapcsolódik. Az elektronikus beavatkozó a hullámgenerátort képes elfordítani. A kormányművekben felhasznált hullámhajtóművekben tipikusan kettő körül alakul a két fogazat fogszámkülönbsége. Mint a fentiekben ismertetésre került, ez azt jelenti, hogy a generátornak meglehetősen nagy sebességű forgásra kell képesnek lennie a gyors állításhoz.

A példaként említett Audi Dynamiklenkung is hidromechanikus szervó berendezéssel működik együtt. [11]



16. ábra Audi Dynamiklenkung

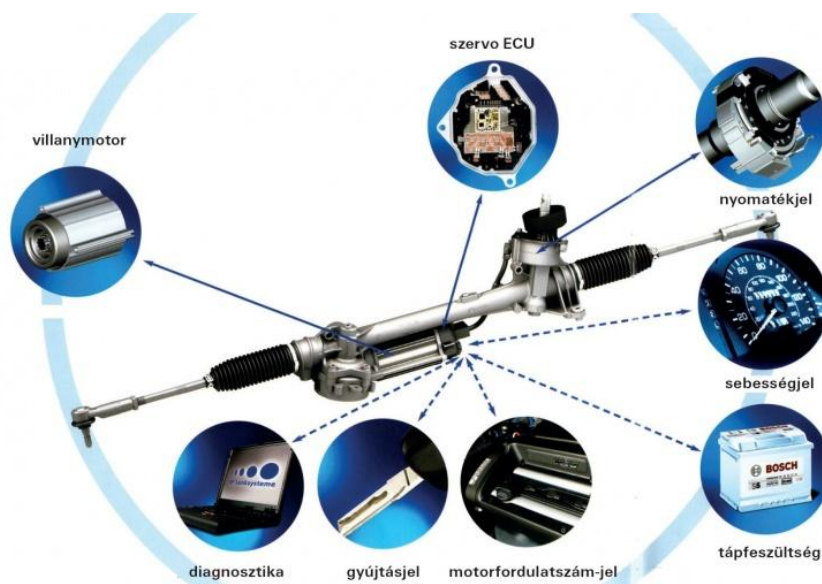
### 2.2.1.3. Félaktív kormányművek

Elektromechanikus szervókormányok megfelelő vezérlésével a fejezet elején említett funkciók közül azok kivételével, melyek a vezetőtől független korrekciót igényelnek, valamennyit meg lehet valósítani. Ezek közül valamennyi programozható. A vezető mozdulatainak fizikai korrekcióját azonban a rendszer felépítése nem teszi lehetővé, így ezeket az eszközöket félaktív kormányműveknek hívjuk.

Az EPS (Electrical Power Steering) félaktív elektromechanikus szervókormány egy elterjedt, népszerű megoldás az autotechnikában. Változatos szerkezeti kialakítású szerkezetek léteznek, a villanymotort elhelyezhetik a kormányoszlopon, csigas áttétellel, a fogaslécet hajtó fogaskerék behajtásánál, csigaáttétellel, fogasléccel párhuzamosan kétszeres csigaáttétellel, stb.

A rendszer működéséhez a következő információk szükségesek:

- kormánykerék szöge
- kézi nyomaték (a vezető által a kormányra kifejtett nyomatéka)
- villanymotor szögsebesség
- villanymotor/elektronika hőmérséklete
- tápfeszültség
- motorfordulatszám
- autó sebessége
- ESP információi



17. ábra EPS rendszer vázlata

[14][12]

### 2.2.2. Négykerék kormányzás

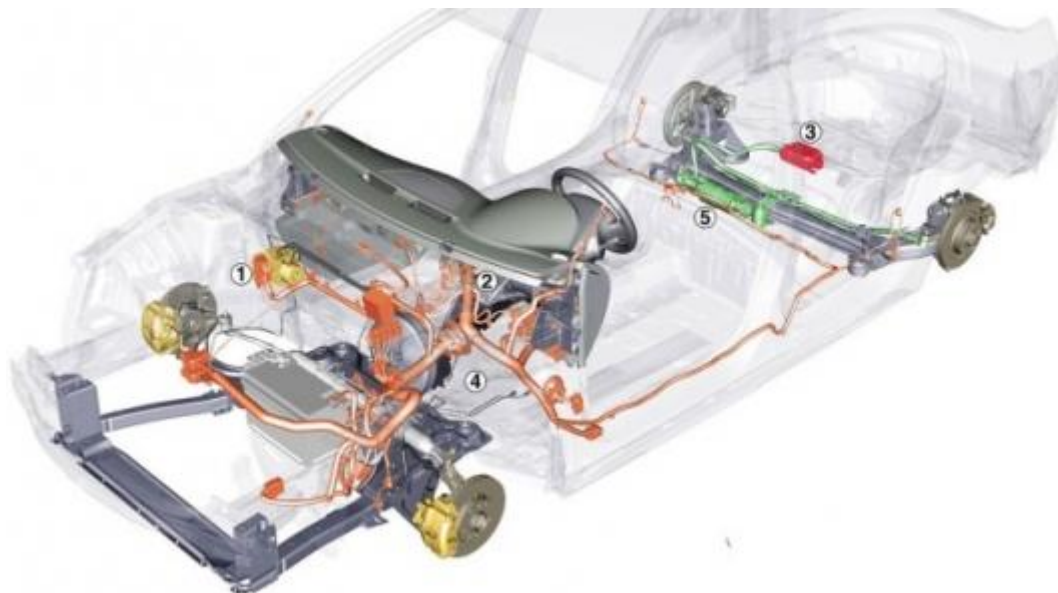
Az összkerék kormányzás kifulladásban lévő fejlesztésének az elmúlt időszakban a hullámhajtóműves hátsókerék kormányzás adott új lendületet (lásd a történeti visszatekintésben). A számítógépes szabályzásnak köszönhetően a hátsókerék

kormányzás új funkciókkal láthatja el a járműdinamikai szabályozó rendszereket, és kiegészítheti a korábbiakat.

Lehetővé teszi, hogy az első és hátsó kerekek **ellentétes elkormányzásával** csökkenjen az autó fordulóköre, javuljanak kis sebességű kanyarodási tulajdonságai. **Azonos irányú elkormányzás** hatására a nagy sebesség mellett végrehajtott kikerülő, előzési, tehát hirtelen irányváltoztatással járó manőverek válnak biztonságosabbá. A berendezés továbbá felhasználható az általánosan használt fék alapú **menetstabilizáló elektronikák kiegészítésére** is.

A rendszer lelkét képező hullámhajtómű az aktív kormányművekkel foglalkozó részben már bemutatásra került. [14]

Érdekes példa a Renault Lagunához kapható, Active Drive névre hallgató berendezés. Itt a hullámhajtóművel mozgatott hátsókerék kormányzást egy egyszerű szerkezetű, csatolt hosszlengőkaros futóműhöz illesztették.



18. ábra Renault Active Drive felépítése. Jól látszik a csatolt hosszlengőkaros hátsó futómű

A fenti ábrán tanulmányozható a rendszer felépítése. 1-es jelöli az ESC/ABS egységet, 2-es a kormányzógó jeladó, 3 a hátsókerék kormányzás irányító egysége, 4-es (narancsságra) a CAN hálózat, míg az 5-ös a már említett, hullámhajtóműves elektromechanikus beavatkozó.

A rendszer alapvetően a fent ismertetett viselkedéseket implementálja. 60 km/h-s sebesség alatt a hátsó kerekek az elsőekkel ellentétes irányban maximum 3,5°-ot képesek elfordulni. A hagyományos változatokra (hátsókerék kormányzás nélkül) jellemző 12,05 m-es fordulókör 10,8 m-re csökkent. Ez a jóval kisebb méretű Clio adatával vethető össze.

60 km/h-s sebesség felett a precízebb irányításért felelős algoritmus ragadja magához az uralmat. Ilyenkor a kormányzás hátul általában 2°-nál kisebb szögekkel operál. Ennek köszönhetően nő a jármű stabilitása, kialakul a „sínen autózás érzete”, nagyobb kanyarsebességet lehet elérni.

Vész helyzetben a hátsó kerekek akár 3,5°-ot is kitérhetnek. Ezzel lehetségessé válik a fék alapú ESP (Renault-nál ESC) rendszer későbbi, finomabb beavatkozása. Az ESP

jeleinek köszönhetően a rendszer felismeri az asszimetrikus fékezési szituációkat, és képes a hátsó kerekek elkormányzásával segíteni.

A rendszer egy további érdekes tulajdonsága, hogy az ESP jeleit figyelve képes felismerni a különböző dinamikai helyzeteket, mint például sportos vezetés, és ennek figyelembe vételével parancsot küldeni az aktuátornak. Ezzel tulajdonképpen képes a hátsó kerekek erőhatásoknak megfelelő kormányzására, amely, vegyük észre, a sokkal drágább Multilink rendszerű futóművek legfontosabb tulajdonsága, és előnye az egyszerűbb megoldásokkal szemben.[14][16]



19. ábra Renault Laguna Coupe

### ***Hátsókerék kormányzás multilink hátsó futóműnél***

Az intelligens multilink futóművek a kerék függőleges elmozdulásának és a kerékre ható fékező, vonó és oldalerőnek függvényében képes önszabályzással változtatni a futómű különböző paramétereit, ezzel megőrizve, javítva a jármű menetstabilitását.

Ezt a célfüggvényt a különböző rudak hosszával, ezek bekötési szögeivel, valamint a bekötési pontok gumiágyazásainak (elasztomerek) tulajdonságaival implementálják. Ilyen módon ezen függvények statikusak, be vannak építve a futómű konstrukciójába. Hogy ezt a futóművet szabályozhatóvá, aktívvá tegyük, szükséges, hogy a kritikus rudakat szabályozható aktuátorokra cseréljük.

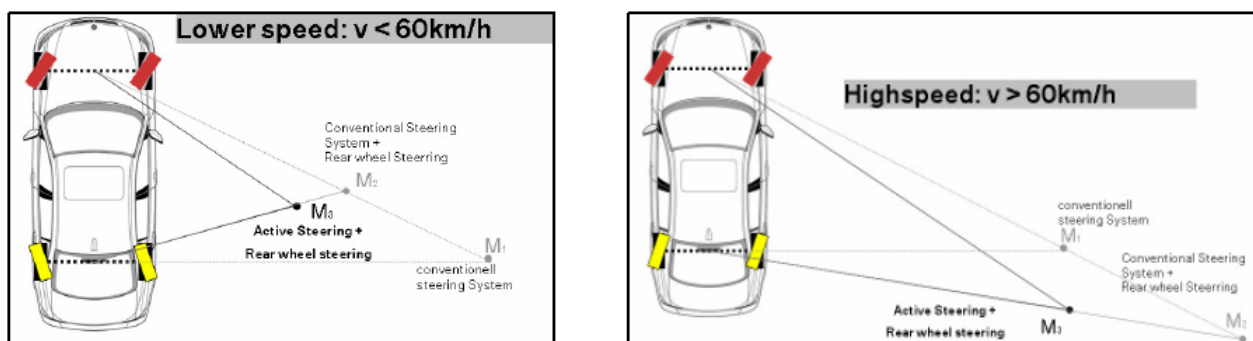
Elsősorban a kerekek összetartását szabályozó, axiális, hullámhajtóműves aktuátorokat használnak. A hátsó kerekek összetartásának egyenkénti szabályozásával tulajdonképpen az összkerékkormányzást lehet megvalósítani.





20. ábra BMW Integral Active Steering

A fenti ábrán a BMW Integral Active Steering névre hallgató rendszere látható, mely mind aktív kormányművet, mind multilink rendszerű hátsó futóművel párosított összkerék kormányzást tartalmaz. A két viselkedésmód közti váltás éppen ugyan úgy 60 km/h-nál következik be, mint a Renault esetén.



21. ábra Integral Active Steering hatása

Mint a fenti ábrán is látszik, az ellenkező irányban elfordított kerekek olyan hatást keltenek, mintha az autó tengelytávolsága rövidebb lenne, míg az egy irányba fordított kerekeknél tapasztalható járműdinamika a hosszabb tengelytávolsággal rendelkező gépkocsikéra emlékeztet.[13][14]

### 2.3. Hajtás alapú beavatkozók

Mint azt a fentiekben megfigyelhettük, a jármű dinamikai stabilitásának megőrzéséhez az út a perdítő nyomaték szabályozásán át vezet. Az erre használható beavatkozók közül tekintettük már a fék, illetve a kormány által közbelépőket. Adja magát az ötlet, hogy a gépkocsi viselkedését ne csak annak lassításával és kormányzásával, hanem magának a hajtóerőnek a megfelelő elosztásával befolyásoljuk.

Ha a hajtás irányításával perdítő ellennyomatékot hozunk létre annak közvetlen, vektoros szabályozása (Direct Yaw Control Torque Vectoring) által, úgy korigálhatjuk az alulkormányozott vagy túlkormányozott viselkedést, hogy a gépkocsit nem lassítjuk a hagyományos ESP beavatkozó, tehát a fékrendszer útján. Ezzel határhelyzetben, extrém autózási feltételek (versenypálya, sportos hegyi autózás) közt is kordában tarthatjuk a perdítő nyomatékot anélkül, hogy a sofőr ezt észrevenné, vagy a rendszer közbelépését tolaakodónak, a vezetési élményt elrontónak élné meg.

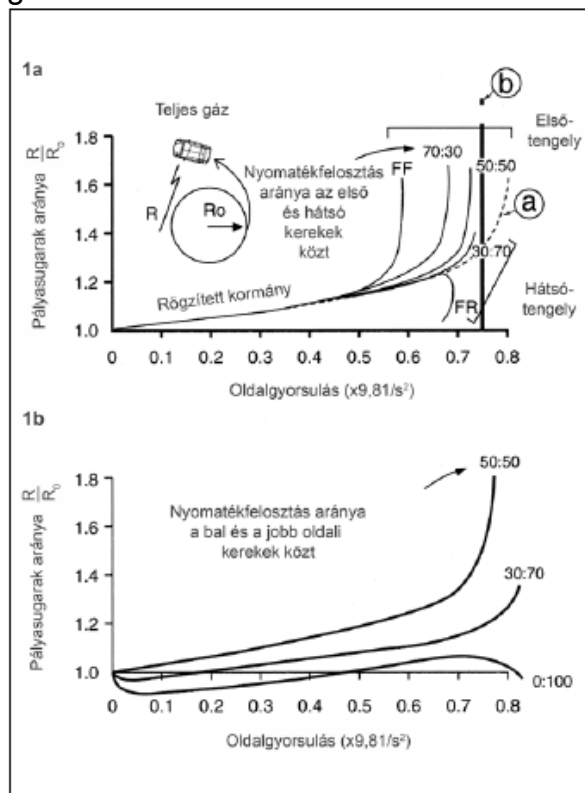
Ezen felül ha az egyes kerekre jutó hajtónyomaték mennyisége külön-külön szabályozható, az egyes kerek megcsúszása a nyomaték más elosztásával is kiküszöbölhető, nem kell a kerekeket fékezni. Ez csúszós talajon, akár off-road körülmények között nagyban könnyíti az előrejutást.

Amennyiben összkerekhajtású járműről beszélünk, a gépkocsi első és hátsó tengelye közti nyomaték elosztásával is nagy mértékben befolyásolható annak kanyarmeneti viselkedése. Mint az a 22. ábrán is látható, amennyiben ívmeneti gyorsításkor több hajtónyomaték jut hátra, az alulkormányozottság csökken, 70%-ban hátra irányított nyomaték esetén

pedig már ellenkormányzásra van szükség.

Ezt tovább fejlesztve készíthető olyan rendszer, melyben a nyomatékelosztás szabályozása már a két hátsó kerék (bal és jobb) közt is lehetővé válik. Mint az a 22. ábra b.) részén is megfigyelhető, ezzel a módszerrel nem csak az alul-, és túlkormányzott viselkedés korigálható, hanem az oldalgyorsulás értéke is növelhető.

A következőkben tekintsük ennek a rendszernek néhány jellemző autóiipari megvalósítását!

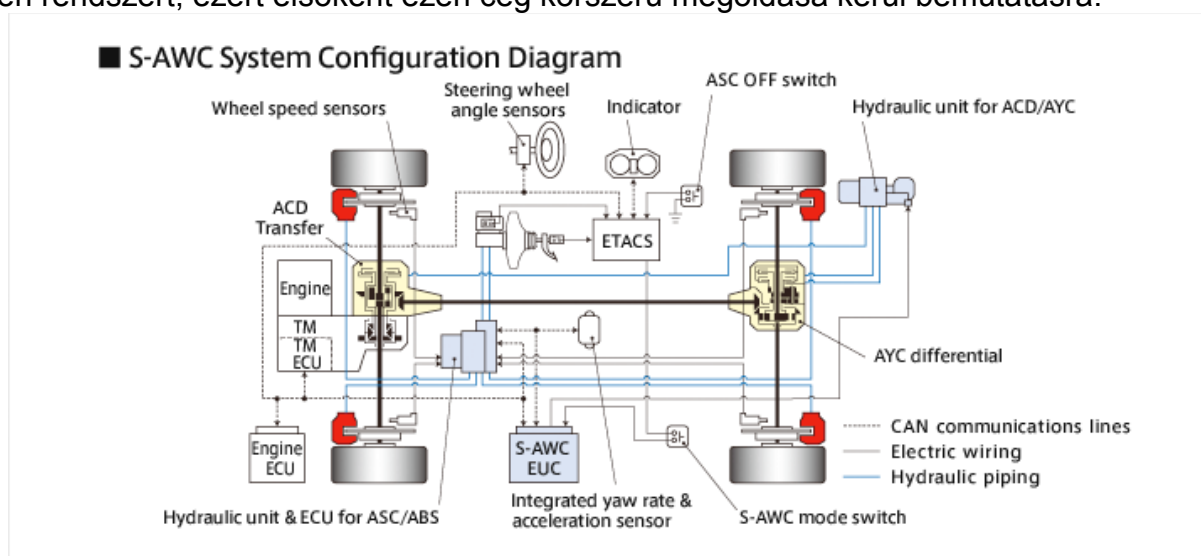


22. ábra Nyomatékelosztás változtatásának hatása

[17]

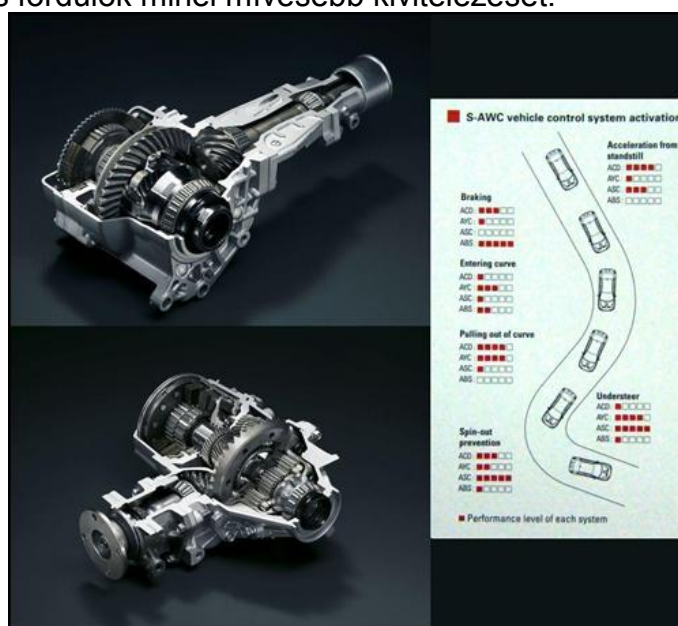
### 2.3.1. Mitsubishi S-AWC

Mint az már a történeti visszatekintésben említésre került, a Mitsubishi kínált először ilyen rendszert, ezért elsőként ezen cég korszerű megoldása kerül bemutatásra.



23. ábra Mitsubishi S-AWC

Ebben az esetben a nyomték elosztása a két tengely között az ún. ACD (Active Central Differential) segítségével valósul meg. Ez a berendezés egy mechanikus önzáró differenciálmű, amelynek zárása egy lamellás kuplungszerkezet segítségével történik. Ez a megoldás nagyobb nyomtékátvitelt enged meg a viszkós rendszerekhez képest. Erős gyorsításkor a differenciálmű zár, így lehetővé téve a legnagyobb mennyiségű nyomték biztos útra juttatását. A zárás gyors irányváltások közben megszűnik, hogy javuljon a kanyarstabilitás. A rendszer három üzemmód közül enged választani: aszfalt, murva illetve hó. Ügyes dolog még, hogy a kézifék berántására a differenciálmű nyitott állapotba kerül, így segítve a kézifékes fordulóknál minél mívesebb kivitelezését.



24. ábra ACD (felül), AYC (alul) illetve a rendszer működés közben

Az első kerekek közt a nyomaték elosztását egy hagyományos nyílt differenciálmű végzi, amely nem aktív berendezés, tehát ott a hajtás alapú beavatkozásra nem nyílik lehetőség.

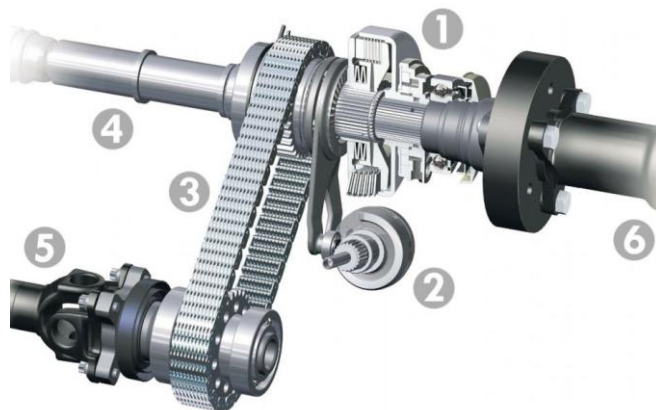
A hátsó differenciálmű felelős az oldalankénti nyomatékelosztásért, ez egy aktív berendezés, tehát működését a számítógép irányítja. A Mitsubishi marketing osztálya a fantáziadús AYC (Active Yaw Control) nevet adta neki. Két részből áll: a differenciálműből illetve a bal és jobb oldal közti nyomatékelosztásért felelős egységekből. Ez utóbbi két kuplungot takar. Egy darab tartozik mindkét oldalhoz. Ezek működtetésével képes a rendszer több nyomatékot adni az ívkülső keréknek, ezzel segítve a gépkocsi elfordulását. Képes a program a hagyományos önzáró differenciálmű működését is imitálni, ez főleg laza talajon csúszkálás közben hasznos.

A két berendezés együttműködik természetesen a gépkocsi stabilitás elektronikájával, valamint a fék alapú beavatkozókkal is. Ellentétben viszont más gyártók termékeivel, a nyomatékelosztás változtatásához egyáltalán nem veszi igénybe a fékrendszert, az ESP kikapcsolását követően is aktív marad. Viszont a két rendszer együttműködése lehetővé teszi mindkettő hatékonyabb működését.[18]

### 2.3.2. *BMW Dynamic Performance Control*

A BMW torque vectoring képes hajtásláncot első ízben az X6-os sport kupé terepjáró öszvérebe szerelt annak érdekében, hogy az akár 2380 kg-os, 555 lóerős (X6M csúcsmodell adatai) szörnyeteget a fizika törvényeit meghazudtolva sportos kanyartulajdonságokkal ruházza fel. Ebben az esetben a rendszert az xDrive összkerekhajtással együtt szerelték be.

Az xDrive egy változtatható nyomatékarányú összkerekhajtás. Az osztómű a hátsó kerekekhez közvetlenül küldi a nyomatékot, míg az első kerekek hajtását egy több tárcsás olajlemeztes tengelykapcsolón keresztül fokozatmentesen, egy láncon keresztül valósítja meg. A tengelykapcsolóba szerelt lemezek egy része a házhoz külső fogazattal, míg a másik része a tengelyhez, belső fogazattal kapcsolódik. Amikor szükségessé válik az első tengely hajtása, egy egyenáramú villanymotor csigaáttételen keresztül egy golyósoros emelőpályát működtet, ezzel létrehozva a tengelykapcsoló lemezeit összeszorító axiális erőt.



25. ábra BMW xDrive osztómű

Gyors működtetésre képes, az átvitt nyomatékot 200 Nm-ről 600 Nm-re 90 ms alatt tudja növelni. Bizonyos menetállapotokban a lemezek közt csúszó súrlódás viszi át a nyomatékot. Ez teljesítményvesztéssel és hőképződéssel jár. A hűtésről és a kenésről kenőolaj gondoskodik, ennek keringetését az osztóműbe épített szivattyú végzi. Belátható, hogy a rendszer hátránya így az esetleges nagy mértékű kopás és a túlmelegedés.

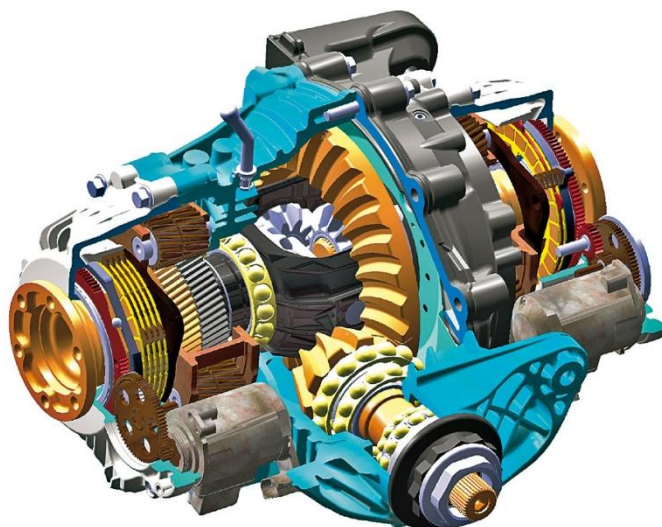
A hátsó kerekek közti nyomatékelosztásról egy különleges differenciálmű gondoskodik. Alapja egy egyszerű, nyitott differenciálmű, melynek két oldalán, a két kihajtásnál helyezkednek el a szuperpozíció egységek. Ezeket egy-egy bolygómű és egy-egy lamellás tengelykapcsoló alkotja. A tengelykapcsolók aktuálását elektromos motor látja el. Érdekesség, hogy ezek zárt egységet alkotnak. Olajtöltetük a lamellás kuplungokhoz illesztett összetételű, és nem egyezik meg a hajtómű többi részének hipoid olajával. Ennek megfelelően az olajtöltet a jármű teljes élettartamára méretezett.

A differenciálmű alaphelyzetben a nyitott egységekkel megegyező módon működik. Ha nincs sebességkülönbség a bal és a jobb kerék között, akkor a szuperpozíció egység egy egységként forog. A tengelykapcsoló belső tárcsái, melyek a bolygókerék tartóhoz vannak rögzítve a kerékekkel megegyező fordulatszámmal forognak, a külső tárcsákkal ellentétben, melyek a házhoz vannak rögzítve. Ha a két kerék közt sebességkülönbség van (kanyarban), a differenciálmű kompenzálni próbálja ezt. A külső és a belső napkerekek sebességkülönbségének következtében a bolygókerékek elfordulnak, és a bolygókerék tartó terhelés nélkül forgásba kezd.

Ha szükség van a nyomaték szabályozására, akkor a tengelykapcsolóval a bolygókerék tartót a házhoz fékezi. Eredményképp az ide tartozó külső bolygókerék felgyorsul a bolygómű 10%-os áttételének köszönhetően. Ez több nyomatékot juttat a kerékre.

A rendszer akkor is képes szabályozni a tengelykapcsolók által, ha nincs bemenő nyomaték. Ez motorfék üzemben, kanyarbemenetkor jelenthet előnyt egy hagyományos hajtással szemben.

Természetesen a rendszer a különféle menetstabilizáló elektronikákkal maximálisan együttműködik. A beavatkozók közül ez „szólal meg” leghamarabb, a fék alapú korrekcióra csak később kell számítani. Amennyiben az autóba beszerelték a már említett Active Steering berendezést, azzal is képes kooperálni.



26. ábra Dynamic Performance Control hátsó differenciálmű

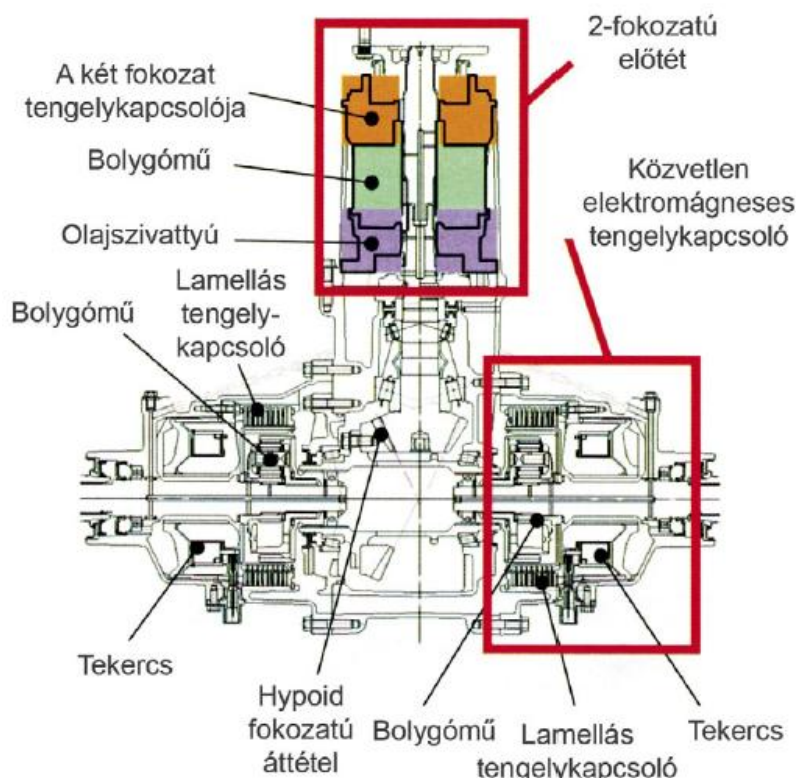
A BMW szerint a rendszer abban jobb a konkurenciánál, hogy nincs összefüggés a nyomatékelosztás és a hajtónyomaték közt. Ez azt jelenti, hogy a kívánt hatás akkor is érvényesül, ha terhelésváltás történik kanyar közben, vagy lejtőn lefelé halad a kocsi. A hagyományos, tengelykapcsolós szerkezetekhez képest a súrlódási veszteség is kisebb, ez alacsonyabb fogyasztáshoz vezet. [19][20]

### 2.3.3. Honda SH-AWD

Érdekes felépítésű a Honda SH-AWD (Super Handling All Wheel Drive) névre hallgató fejlesztése. Ez egy teljesen automatikus működésű állandó összkerékajtási rendszer. Először a Acura RL-ben és a Honda Legend-ben használták.

Az SH-AWD kombinálja az első-hátsó nyomatékelosztást a hátsó kerekek közti független nyomatékelosztással. Az előre - hátra jutó nyomatékot 70% - 30% és 30% - 70% közt képes változtatni, míg a hátra jutó nyomaték egészét képes egy kerékre átvinni a kanyarodási tulajdonságok javítása érdekében.

Az SH-AWD-t a Honda elöl, keresztben elhelyezett motorral rendelkező, elsőkerék hajtásos hajtáslánc kiegészítésére használja. Az erőátvitel nem rendelkezik központi differenciálművel, míg az első differenciálmű megegyezik a hagyományos elsőkerékajtásos típusával. Hátra a hajtás egy nyomatékosztó segítségével egy kardántengelyen át jut.



27. ábra SH-AWD hátsó differenciálmű

Az egész szerkezet lelke a hátsó differenciálmű, mely a 27. ábrán megfigyelhető. A bolygóműves gyorsító előtét, amely egy direkt és egy gyorsító fokozatot tud megvalósítani a differenciálmű bemenő fordulatszámának változtatására alkalmas. Ezzel befolyásolható



## Ábrajegyzék

1. ábra 1971-es Chrysler Imperial .....	3
2. ábra Honda S2000 V-Type .....	4
3. ábra Honda 4WS rendszer .....	4
4. ábra Elektronikus 4WS rendszer .....	5
5. ábra 1993-as Honda Prelude .....	5
6. ábra Mitsubishi Lancer Evo II .....	6
7. ábra Kikerülés ESP-vel és anélkül .....	7
8. ábra ESP rendszer jeladói .....	7
9. ábra Fiat 500 Abarth eQ2 rendszerrel .....	7
10. ábra Első generációs Land Rover Freelander .....	8
11. ábra Mercedes Distronic működés közben .....	9
12. ábra Volvo City Safety - amikor már ez sem segít... ..	10
13. ábra ZF Servotronic 2 .....	11
14. ábra Bolygóműves aktív kormánymű .....	12
15. ábra A hullámhajtómű működési elve .....	13
16. ábra Audi Dynamiklenkung .....	13
17. ábra EPS rendszer vázlata .....	14
18. ábra Renault Active Drive felépítése. Jól látszik a csatolt hosszlevegőkaros hátsó futómű .....	15
19. ábra Renault Laguna Coupe .....	16
20. ábra BMW Integral Active Steering .....	17
21. ábra Integral Active Steering hatása .....	17
22. ábra Nyomatékelosztás változtatásának hatása .....	18
23. ábra Mitsubishi S-AWC .....	19
24. ábra ACD (felül), AYC (alul) illetve a rendszer működés közben .....	19
25. ábra BMW xDrive osztómű .....	20
26. ábra Dynamic Performance Control hátsó differenciálmű .....	21
27. ábra SH-AWD hátsó differenciálmű .....	22
28. ábra SH-AWD működésének folyamatábrája .....	23



## *Irodalom*

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock\\_braking\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system)
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_power\\_steering#Electric\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_power_steering#Electric_systems)
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Steering#Four-wheel\\_steering](http://en.wikipedia.org/wiki/Steering#Four-wheel_steering)
- [4] <http://torque-vectoring.belisso.com/>
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Torque\\_vectoring](http://en.wikipedia.org/wiki/Torque_vectoring)
- [6] Új generációs Bosch ABS- és ESP-rendszerek – Autótechnika 2012/8
- [7] 10 éves az ESP – Autótechnika 2005/3 – Kőfalusi Pál
- [8] A vezetői asszisztens rendszerek fejlődése – Autótechnika 2012/3 – Petrók János
- [9] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hill\\_Descent\\_Control\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Hill_Descent_Control_system)
- [10] <http://www.awdwiki.com/en/videoedl/>
- [11] ZF Active Steering in the Steering Column
- [12] Aktív kormánymű az aktív biztonság szolgálatában – Autótechnika 2004/6 – Petrók János
- [13] The new Steering System of BMW – the Integral-Active Steering – Dipl.Ing.Martin Schuster
- [14] Gépjármű futóművek I. 360.-373. o., 377-379. o – Reimpell, Betzler, Bári, Hankovszki, Kádár, Lévai, Nagyszokolyai
- [15] Jármű- és Hajtáselemek III. 8.-12 – Devecz János
- [16] Korrekciós hátsókerék-kormányzás – Autótechnika 2008/6 – Dr. Nagyszokolyai Iván
- [17] Közvetlen, vektoros perdítönyomaték-szabályozás – Autótechnika 2007/3 – Dely Péter
- [18] Mitsubishi Lancer Evo VII katalógus
- [19] BMW X3 és X5 összkerék-hajtás – Autótechnika 2012/5 – Kőfalusi Pál
- [20] The Dynamic Performance Control from BMW – Dipl.Ing. Christian Billig, Dipl. Ing. Harald Boedrich, Dipl.Ing. Jürgen Brack, Dipl.Ing. Bertram Höll, Dr.Ing. Michael Holle, Dr. Ing. Frank Kimmich