

Torque vectoring, egy összkerék-hajtási koncepció



KŐFALUSI PÁL

A korszerű technikával szerelt autókban a csikorgó kerekekkel történő elindulás már nem lehetséges. Ezt ugyanis megakadályozzák a különböző elektronikus menetdinamikai szabályozások, amelyek a kerekekre adott hajtónyomatékot a pillanatnyilag az útra átvihető maximális vonóerőnek megfelelően vezérlik ki. A futóművek között leggyakrabban nem fele-fele felosztású a nyomaték. Hasonló módon történik ez a jobb és a bal oldali kerekek között is. A korszerű gépkocsiknál a kerekek már egymással is intelligens módon állnak kapcsolatban, így azonnal képesek reagálni az elektronikus szabályozó modulok parancsára, ha a gépkocsi menetstabilitását valamilyen külső körülmény hátrányosan befolyásolja. Ez lehet akár a gépkocsivezető túlzott hajtónyomaték-igénye, amely kívánság teljesítését a pillanatnyi tapadási tényező már nem teszi lehetővé, vagy a hirtelen csúszóssá váló úttest. Menetdinamikailag kedvezőtlen, ha az adott útfelületen, a jobb és a bal oldalon egymástól jelentősen eltér vagy akár váltakozik a tapadási tényező értéke. Már az előző évszázad hetvenes éveiben különösen a japán autók között megjelentek olyan összkerék-hajtású változatok, amelyek különböző nyomatékfelosztásokat voltak képesek

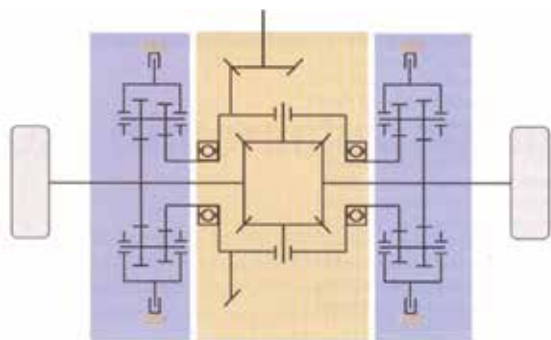
Európa-szerte a „torque vectoring” kifejezés terjedt el arra a műszaki megoldásra, amikor az összkerék-hajtású gépkocsiknál nemcsak az egyes futóművek között osztják szét a nyomatékot valamilyen arányban, hanem a bal és a jobb oldali kerekek között is, még hozzá úgy, ahogy a gépkocsi pillanatnyi menetdinamikai állapota ezt megkívánja.

megvalósítani. A középső differenciálmű nyitásával és zárásával különböző mértékben térhetnek el a nyomatékok a futóművek között. Önzáró, vagy részlegesen önzáró differenciálművek tették lehetővé a jelentősebb vonóerő megvalósítását. A menetdinamika egyre kedvezőbbé válhatott, és okosan kigondolva, a menetkomfortra is kedvező hatással tudott lenni. Jelenleg az összkerék-hajtású gépkocsiknál gyakran a középső differenciálmű helyett elektromechanikusan vagy elektrohidraulikusan szabá-

lyozott olajlemez tengelykapcsolót találunk, amely folyamatosan változó arányban osztja szét a nyomatékot a futóművek között, a pillanatnyi menetállapotnak megfelelően. De ilyen lehetőséget adnak az egyre furfangosabbá váló futóművek a bal és a jobb oldali kerekek között is. Különböző módon megvalósított áthajtásokkal az egyik vagy a másik kerékre nagyobb nyomaték juthat, miközben a másikra ennyivel kevesebb. Ez a technika biztonságosabbá teszi az autózást, hiszen támogatja a vezető kormányzási szán-



A torque vectoring nyomatékfelosztást lehetővé tevő ZF hajtóműegység



A hajtóműegység kinematikai vázlata

dékát, csökken a gépkocsi megperdülési hajlama, és az ESP-rendszer is csak ritkábban avatkozik be.

A TORQUE VECTORING

A torque vectoring (ejtsd: tork vektoring) a sebességváltó nyomatékát a pillanatnyi lehetőségeknek megfelelően a négy kerék között osztja szét. Azért, hogy a hajtónyomaték ne csak a futóművek között legyen szétosztható, hanem keresztirányban, a bal és a jobb oldal között is, a középső differenciálművön kívül egy másik különleges hajtóműegységre is szükség van. Ezt több különböző módon is meg lehet valósítani, például elektro-mechanikusan zárható futóművel, vagyis az úgynevezett RIM futóművel. Ez a rövidítés a német „Rad Individuelle Momentenverteilung” megnevezésből ered. Ez működhet differenciálmű nélkül is úgy, hogy két szabályozható villanymotor mechanikus áttétel segítségével szorítja össze a jobb és a bal oldali kerékhez tartozó olajlemez tengelykapcsolót a kívánatos nyomatékaránynak megfelelően. Ezzel kedvező vonóerő valósulhat meg egyenes menetben és kanyarodáskor is, mert különböző nyomatékot kap a kanyarbelső és a kanyarkülső íven gördülő kerék, a pillanatnyi kerékterhelésnek megfelelően. Egy másik változatnál, ahogy ezt németül nevezik: „Überlagerungs-getriebe” a pillanatnyilag átvitt nyomatéktól

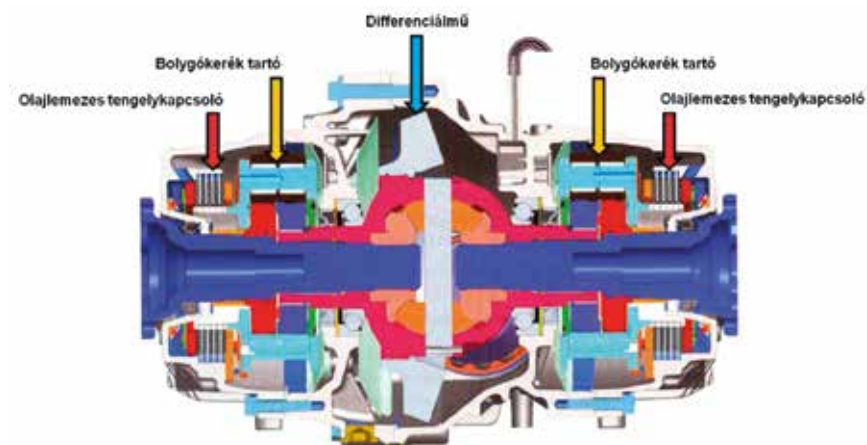
függetlenül a két hátsó kerék között vonóerő-különbség alakul ki az itt alkalmazott áthajtás miatt. Amennyivel csökkenti az egyik keréknél a hajtónyomatékot, annyival növeli a másikonál. Amikor a nyomatékáthelyező beavatkozó egység éppen nem működik, ez a futómű ugyanúgy viselkedik,

mint egy nyitott differenciálmű. A torque vectoring hajtóműegységnél minden szükséges moduláris elem egy integrális egységet alkot, és ugyanakkor az egyes részegységek egymással össze vannak hangolva. Ugyanez vonatkozik a működtető elektronika programjának különböző moduljaira is. Ezek feldolgozzák valamennyi beérkező menetdinamikai információt a különböző érzékelőktől, és ennek megfelelően fogják kiadni a beavatkozó egységeknek a különböző parancsokat. Teljességgel kizárt például, hogy valamelyik kerék menet közben megcsúszson. A kritikus menethelyzetekben az elektronika mindent optimális módon fog beállítani. Ennek köszönhetően a lehető legnagyobb menetbiztonság és menetkomfort valósulhat meg. A következőkben nézzünk néhány példát ezekre a megoldásokra!

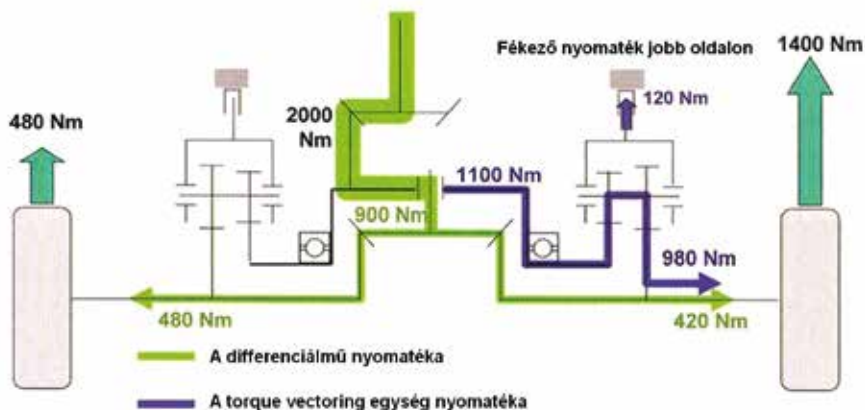
ZF A 350DAC DIFFERENCIÁLMI

A ZF A 350DAC típusú differenciálműve kanyarban az elektronika parancsára a gépkocsi alul-, illetve túlkormányzott viselkedése esetén avatkozik be. Ezzel hatékonyan szünteti meg a gépkocsi kedvezőtlen viselkedését. Mint ismert, a gépkocsi tömegközéppontjában ható centrifugális erő miatt a kanyarbelső keréken csökken a függőleges terhelés, ami korlátozza az ott átvihető vonóerőt. A kanyarkülső keréken viszont növekszik a kerékterhelés, ez növeli a vonóerő-potenciált, amit célszerű lenne ki is használni. A hagyományos differenciálmű viszont 50–50% arányban osztja szét a vonóerőt (növelt belső súrlódással vagy önzárással kedvezőbbé tehető ez a tulajdonság). Kritikus menethelyzet alakul ki, amikor a kisebb terhelésű kanyarbelső kerék esetleg csúszni kezd, majd kiporog.

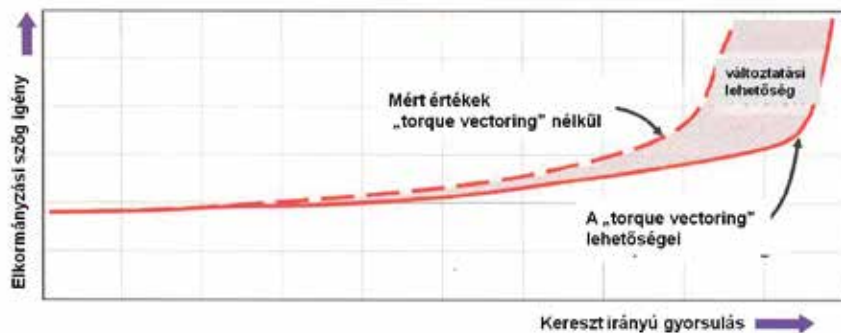
A torque vectoring a kanyarbelső kerékre jutó nyomatékot csökkenti, a kanyarkülsőre jutót pedig növeli. Ez a gépkocsira perdítő nyomatékot fejt ki, amely támogatja a kanyarodást. Így a gépkocsi dinamikusabbá válik, mert nem szükséges az ESP fékezési beavatkozása, ami valójában lassítja a gépkocsit. A kerekek tapadási tényező potenciálját a torque vectoring-al tehát jobban ki lehet használni. Mindkét ol-



A hajtóműegység metszeti rajza



Különböző vonóerők a bal és a jobb oldali kerekek között



Különböző kormánykerék-elfordítások torque vectoring-al és anélkül

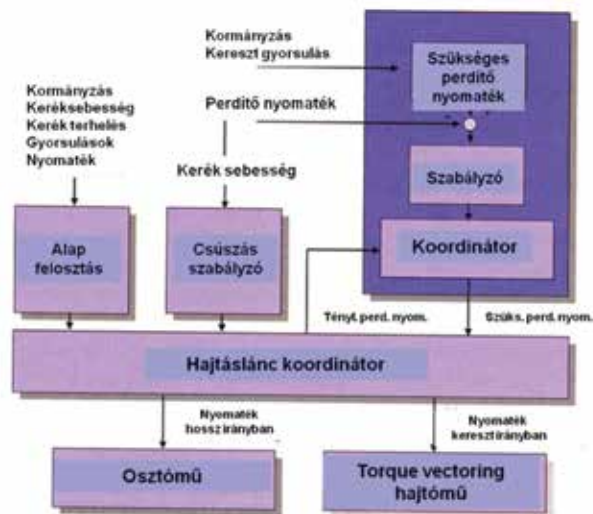
dalon nagyobb lesz az oldalvezető erő, ami növeli a biztonságot, és az adott kanyar bevételeéhez szükséges elkormányzási szög is kisebb lehet a torque vectoring alkalmazásával.

A BEAVATKOZÓ EGYSÉG

A torque vectoring kivitelnél a hagyományos hátsó futóművekben is alkalmazott differenciálművet két oldalon egy-egy kétfokozatú bolygóműves egység egészíti ki. Ennek a belső napkereke a differenciálmű házhoz, a külső pedig a féltengelyhez kapcsolódik. A bolygókerekek a napkerekekkel vannak kapcsolatban. Az olajlemez tengelykapcsolóval a bolygókeréktartó fékezhető. Ekkor a differenciálmű háztól a bolygóművön át, kiegészítő nyo-

maték kerül a kerékre. Ez a gépkocsira kanyarban perdítő nyomatékot ad. Egyenes menetben változatlan marad a menetdinamika. A fékként működtetett olajlemez tengelykapcsolót csak kis nyomaték terheli, mert a bolygómű viszi át a kerék felé a szükséges nyomatékot. Ennek a futóműnek három egymástól elkülönített olajtere van. A középen elhe-

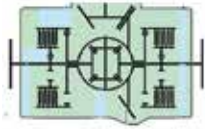
Az elektronika működésének blokkvázlata



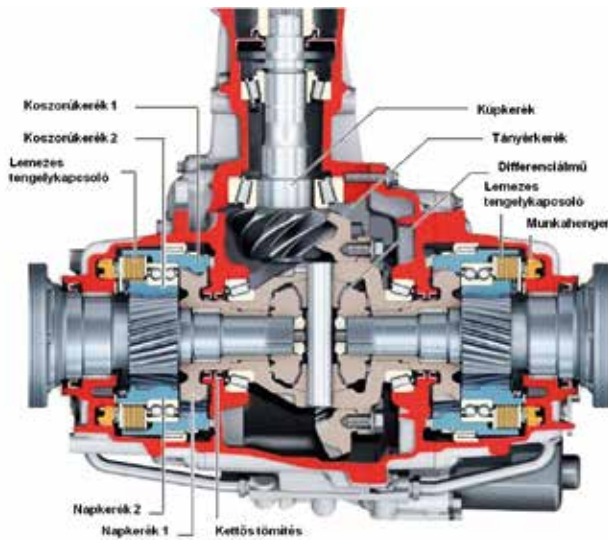
lyezett differenciálműtől a két oldalon lévő torque vectoring hajtómű részétől elkülönül. Mindegyik részbe más, az adott feladatnak legjobban megfelelő olajat töltenek be.

A differenciálműnél a fogazat fajtájának megfelelően gyakran hypoid olajat használnak. Az olajlemez tengelykapcsolóknál pedig ATF olajat. A tengelykapcsoló-működtetéshez elektromechanikus beavatkozó egységeket (aktuátorokat) szerelnek fel. Ezeket kompakt építésmód és jó hatásfok jellemzi, továbbá kicsi a teljesítményigényük.

Az aktuátor működtetésére aszinkronmotort alkalmaznak, állandó mágneses kivitelű, szénkefés változatban. A villanymotor nyomatékát homlokfogaskerék-áttétel növeli. A forgó mozgást pedig jó hatásfokú golyósoros emelőpálya alakítja át egyenes vonalúvá, ami a tengelykapcsoló lemezeit összeszorítja. Az emelőpálya mereksége változó, hogy a holtjáték-ki egyenlítés jó legyen és a beavatkozás gyorsan megtörténhessen. A villanymotorral szemben nagyok a biztonsági elvárások. Meghibásodásakor például nem épülhet fel torque vectoring nyomaték. A futómű olyan kell, hogy legyen, mint egy hagyományos nyitott



Az olajlemez
tengelykapcsolók
elektrohidraulikus
működtetésűek.



Audi sport differenciálmű

differenciálművel ellátott változat. Árammentes állapotban nem lehet visszamaradó nyomaték. A hajtómű-olaj kenő a villanymotort is.

A MŰKÖDTETŐ ELEKTRONIKA

Az ECU két mikroprocesszoros, integrális teljesítményelektronikával ellátott. Az érzékelők jeleit feldolgozva, a gépkocsi pillanatnyi menetállapota alapján határozza meg a szükséges beavatkozást. Szögelfordulás-érzékelők jelzik vissza a villanymotornal végrehajtott beavatkozást. A hőmérsékletet, a fordulatszámot és az öregedési folyamatot, kopást az elektronika, mint befolyásoló tényezőt veszi figyelembe. A SIL 3 biztonságtechnikai előírás érvényes erre az egységre. Fokozottak a követelmények. Ha hiba történik, azonnali beavatkozás válik szükségessé, hogy ne alakulhasson ki veszélyes menethelyzet. A két processzoros (redundáns) elektronika részei kölcsönösen ellenőrzik egymást.

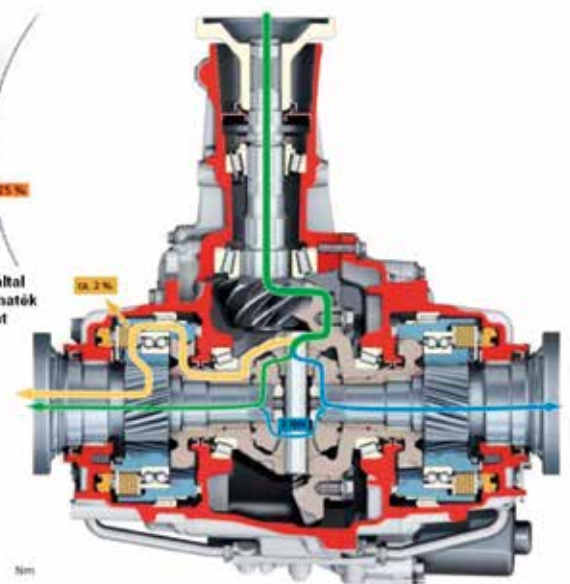
AUDI SPORT DIFFERENCIÁL MŰ

A Quattro hajtásoknál alkalmazzák újabb ezt a differenciálművet. A menetdinamika és a megvalósítható

vonóerő szempontjából ez számít a legjobb technikának. Az elektronikus szabályozások és a kerekenkénti vonóerő-felosztás nagy menetbiztonságot és rendkívül jó dinamikát ad a gépkocsinak. A kanyarkülső kerékre nagyobb nyomatékot és fordulatszámot visz át, mint a kanyarbelsőre. 2009-ben mutatták be az S4 típusú Audiban. Az A8 4,2 literes TDI-motorttal szerelt változatának a sport



A sport differenciálmű által létrehozott perditő nyomaték támogatja a kanyarodást



Az Audi sport differenciálmű működése kanyarodás közben

differenciálmű szériatartozékká vált. Ezt a változatot a német megnevezése alapján „Überlagerungsdifferential”-nak nevezi a szakma, melyet egy kiegészítő hajtóműrésszel és két, elektronikusan működtetett olajlemez tengelykapcsolóval egészítenek ki. Amikor a beavatkozás gyorsítja az egyik kereket, perditő nyomaték alakul ki, hasonlóan, mint az ESP-nél az egyik kerék megfékezésekor. De az lassítja a gépkocsit, a torque vectoring beavatkozás viszont ezzel szemben gyorsítást végez. A sport differenciálmű együttműködik az ESP-rendszerrel. Ez az Audi menetdinamikai szabályozó rendszerének, a „drive select” -nek opcionális része. A sport differenciált nem lehet teljesen kikapcsolni, de a vezető három különböző üzemmód közül választhat:

- comfort,
- auto,
- dynamic.

Ha a gépkocsiveető a „comfort” változatot választja, csak egy minimális beavatkozás fog bekövetkezni. Ez a terhelésváltási reakciókat hatékonyan csillapítja.



Az „auto módusz” a gépkocsi menetdinamikáját már hatékonyabban támogatja.

A „dynamic módusz” a sport differenciál legaktívabb működését eredményezi.

Fontos azonban azt is tudni, hogy a sport differenciálmű nem működik differenciálzárként, például akkor, amikor az egyik kerék alatt kicsi a tapadási tényező elindulásakor. A működése 15 km/h sebesség felett kezdődik. Egyenes menetben a sport differenciálmű nem aktív, ezért fele-fele arányban osztja szét a nyomatékot.

AZ AUDI SPORT DIFFERENCIÁL MŰ SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA

Az Audi sport differenciálművet egy új fejlesztésű, nyomatékátadást lehetővé tevő hajtóműegység egészíti ki. Ebbe szerelik be a bal és a jobb oldali nyomatékátvitelt módosító olajlemez tengelykapcsolókat, melyeket elektrohidraulikus módon vezérelnek. A differenciálműtől az olajlemez tengelykapcsolókhoz a nyomatékot egy homlok fogaskerék és egy hozzá kapcsolódó belső fogazatú fogaskerék közvetíti. Onnan a nyomaték útja a kerekeket hajtó féltengelyek felé hasonló fogaskerekeken keresztül vezet. A fordulatszám-növekményt és a nyomatéktöbbletet az alkalmazott fogaskerekek méretei és az olajlemez

Kerekenként eltérő vonóerők az Audi sport differenciálművel

zes tengelykapcsoló pillanatnyi csúszása határozza meg. Soha nem zár teljesen, mindig van egy bizonyos szlip. Ennek nagyságát az elektrohidraulikus működés tudja

beállítani az olajnyomás változtatásával. Az átvihető maximális nyomaték 1200 Nm.

Egyenáramú, állandó mágnesű villanymotor hajtja a nagynyomású szivattyút, amely az olajlemez tengelykapcsolók működtetéséhez szükséges olajnyomást állítja elő. Hat radiál dugattyús kivitelű, mely gyors reagálást tesz lehetővé. Csak akkor működik, amikor valamelyik tengelykapcsoló működtetésére szükség van. A nyomás szabályozása a motor fordulatszám-változtatásával lehetséges. A nyomáshatároló szelepek megkímélik

a szerkezeti részeket a mechanikai túlterheléstől, és határolják a tengelykapcsoló által átvitt nyomatékot is. Az olajtartály része a hidraulikus vezérlőegységnek. A hidraulikaegység kivitele olyan, hogy mindig vagy csak a jobb vagy a bal oldali tengelykapcsoló vihet át nyomatékot. A tengelykapcsolóhoz és a hozzá tartozó hajtóműegységhez ATF olajat használnak, amely ellátja a kenés és a hűtés feladatát is. A hidraulikus vezérlést komplett egységként szerelik fel a futóműre. A működtetést egy önálló elektronika végzi, és folyamatosan ellenőrzi a teljes elektromos hálózatot. Az összkerékajtás és a sport differenciálmű elektronikáit egymással össze kell hangolni. Ez különösen fontos, amikor a futóművet ki kell cserélni.

Fontos!

Az olajlemez tengelykapcsolók lemezeinek sűrűlódási tényezőit a gyártás során próbapadon bemérik. Az eredménynek megfelelően különböző csoportokba sorolják be, melyet a tengelykapcsoló házra hexadecimális számként rágravíroznak. Ezt az adatot közölni kell a működtető elektroniká-



Mitsubishi AYC hajtóműegység szétszerelt állapotban

val. Ugyanez vonatkozik az alkalmazott olajnyomás- és az olajhőmérséklet-érzékelőre is. Ezek az információk a diagnosztikai műszer segítségével adhatók meg. Ennek elmaradása esetén nem működik a sport differenciálmű.

A tengelykapcsoló és vezérlésének kipróbálása a diagnosztikai műszer megfelelő menüpontjával lehetséges. Az olajnyomások folyamatos ellenőrzése a rendszer biztonságkritikus eleme. Ezek az érzékelők a nyomással arányos feszültségjelet küldenek, de a karakterisztikájuk különböző, hogy az összerékhajtás elektronikája egyértelműen be tudja azokat azonosítani. A nyomás- és a hőmérséklet-érzékelők egy közös foglalatban vannak elhelyezve.

Az elektronika folyamatosan figyelembe veszi a lemezek használat közbeni kopását, az olaj minőségének folyamatos változását, és a pillanatnyi olajhőmérsékletet. Túlmelegedés esetén egy bizonyos időre kikapcsolja a működést és a műszerfalán elhelyezett figyelmeztető lámpát működteti. Ilyenkor hibakód is tárolódik. Az elektronika folyamatosan végrehajtja a tengelykapcsolók adaptációját, és ennek megfelelő paraméterekkel működteti azt a következő esetben. A tengelykapcsolók vezérlésénél figyelembe veszi az ESP-rendszer a perdülés-, keresztirányú gyorsulás-, kormánykerék-elfordítás és kerékfordulatszám-érzékelőinek jeleit.

MITSUBISHI ACTIVE YAW CONTROL (AYC)

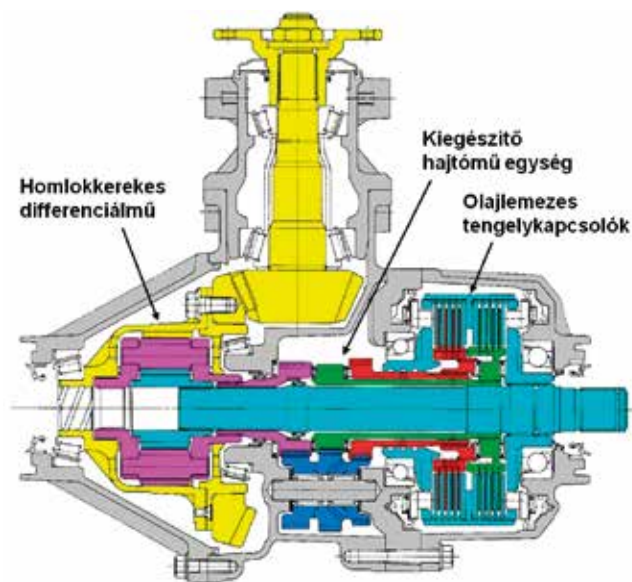
A Mitsubishi Super All Wheel Control (S-AWC) egy összetett menetdinamikai szabályozó rendszer, amelynél ACD-t, vagyis aktív központi differenciálművet (Active Center Differential) alkalmaznak, melyet közös házba szerelnek az első futómű korlátozott csúszású differenciálművével (Limi-

Mitsubishi AYC hajtóműegység metszeti ábra

ted Slip Differential – LSD). Ezeket egészíti ki a sport ABS és az ESP elektronikus menetdinamikai szabályozó rendszer. Az első futóműbe építik be a tengelyek közötti nyomaték-felosztást végző homlokkerekes differenciálművet, amit olajlemez tengelykapcsolóval, mint differenciálzárral is ellátnak. Ezt arányos működésű szeleppel működteti az elektronika. A következőkben részletesebben csak az aktív perdülésszabályozást (Active Yaw Control = AYC) megvalósító hátsó futóműről olvashat. Az AYC javítja a kanyarodást és a vonóerő-átviteli képességet azáltal, hogy a hátsó futómű bal és jobb oldali kerekei között az optimális nyomatékarányt valósítja meg. Kiegészítésként hat az úgynevezett AYC fékezési beavatkozás is. Ha az első kormányzott kerekek alatt nagyon lecsökken a tapadási tényező, a gépkocsi alulkormányzottá válik, és egyenesen sodródik tovább. Ennek elkerülése érdekében a kanyarkülső hátsó keréknél az AYC-szabályozással megnövelik a hajtónyomatékokat. Az így megvalósuló vonóerő-különbség perdítő nyomatékokot hoz létre, amely a gépkocsit befordítja a kanyarba.

AZ AYC HAJTÓMŰEGYSÉG

A hátsó futóműbe homlokkerekes differenciálművet és homlokkerekes hajtóműegységet, továbbá a működtetéséhez két olajlemez tengelykapcsoló-



lót szerelnek be. Egy hidraulikaegység működteti az AYC hajtóműegységbe szerelt olajlemez tengelykapcsolókat. Az elektronikarelén keresztül működteti a villanymotorral hajtott hidraulikaszivattyút. A működtető egységben elhelyeznek egy nyomástárolót is. A hajtóműbe szerelt olajlemez tengelykapcsolók működtetése elektromágnes szelepekkel történik. A megfelelő nyomást egy arányos működésű szelep állítja be. Ezzel sorba kötik a másik elektromágnes szelepet, amellyel a nyomást a kiválasztott tengelykapcsolóhoz irányítja.

A torque vectoring tehát a pillanatnyi menetviszonyokhoz alkalmazkodó, célorientált vonóerő-felosztást valósít meg a gépkocsi négy kereke között. Nagy jelentősége van, mert hatékonyan növeli a menetstabilitást, javítja a gépkocsi keresztirányú dinamikáját, növeli az aktív biztonságot és a menetkomfortot. Csökkenti kanyarodáskor, illetve sávváltáskor a gépkocsi reakcióidejét. Azt is észrevehettük, hogy a különböző autógyárak hasonló műszaki megoldásokat különböző elnevezésekkel illetnek. De ehhez már hozzászokhattunk, mert más rendszerekkel is hasonló a helyzet. ■