

# **SZAKDOLGOZAT**

**Tácsik Dániel**  
**Gépészmérnök BSc**

**Gödöllő**  
**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Gépészmérnöki szak**

**HIBRID ÉS ELEKTROMOS HAJTÁSÚ AUTÓK**  
**ERŐÁTVITELI RENDSZEREINEK ELEMZÉSE**

<b>Belső konzulens:</b>	Dr. Pillinger György egyetemi docens
<b>Külső konzulens:</b>	Böröczky András mezőgazdasági gépészmérnök
<b>Készítette:</b>	<b>Tácsik Dániel</b> UEYYNH
<b>Intézet/Tanszék:</b>	Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

**Gödöllő**  
**2023**

**MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK**  
**Gépjárműtechnika specializáció**

**SZAKDOLGOZAT**  
feladatlap

*Tácsik Dániel (UEYYNH)*

**részére**

**A szakdolgozat címe:**

**Hibrid és elektromos hajtású autók erőátviteli rendszereinek elemzése**

**Feladatkiírás:**

Tekintse át a villamos hajtású járművek szakirodalmát. Ismertesse a jellemző hajtáslánc változatokat. Keressen hasonlóságokat a különböző villamos hajtáslánccok között és ismertesse a hajtáslánccok, hajtóművek előnyeit, hátrányait. Tegyen javaslatokat vagy készítsen koncepcionális terveket a hajtóművet érintő változásokra, melyek pozitívan befolyásolják a jármű üzemeltetését, vészüzemi kezelését.

**Közreműködő tanszék:** Járműtechnika Tanszék

**Külső konzulens:** Böröczky András, Mezőgazdasági gépészmérnök, Böröczky Családi Gazdaság


**Belső konzulens:** *Dr. Pillinger György, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék*

**Beadási határidő:** 2023. november 6. (hétfő) 12.00 óra

Gödöllő, 2023. június 15.

**Jóváhagyom**

  
Prof. Dr. Kiss Péter  
tanszékvezető

  
Prof. Dr. Szabó István  
szakfelelős

**Átvettem**

  
Tácsik Dániel  
hallgató

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 09 hó 15 nap



(külső konzulens)

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés, Célkitűzés.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Hibrid hajtástechnikák.....</b>	<b>7</b>
2.1 Az elektromos hajtás rövid történelme .....	7
2.2 Hibridhajtás alapjai .....	8
2.3 Hibridhajtás üzemmódjai.....	9
2.4 A hibridizálás mértéke .....	12
2.4.1 Mikrohibrid.....	12
2.4.2 Mildhibrid .....	13
2.4.3 Mediumhibrid (rásegítőhibrid) .....	13
2.4.4 Fullhibrid (teljesen hibrid).....	14
2.5 Hibrid hajtáskonstrukciók.....	15
2.5.1 Soros hibridhajtás (S-HEV) .....	15
2.5.2 Párhuzamos hibridhajtás (P1-HEV, P2-HEV, AS-HEV) .....	17
2.5.3 Vegyes hibridhajtás .....	21
2.6 Hajtásátvitel a hibrid járművekben .....	25
2.6.1 Hajtómű.....	25
2.6.2 Kardántengely .....	26
2.6.3 Differenciálmű.....	27
2.7 Mágneskuplung, mint lehetséges megoldás.....	30
2.8 Szakirodalmi áttekintés összefoglalása .....	32
<b>3. Hibrid hajtáslánc koncepcionális tervezése .....</b>	<b>34</b>
3.1 Hajtáslánc átalakítás lehetőségeinek vizsgálata .....	34
3.2 Koncepcionális tervezés menete.....	35
3.2.1 Hajtómű kihajtó tengely .....	35
3.2.2 Központosító tengely .....	37
3.2.3 Mágnesstekercsház.....	38
3.3 A konstrukció működési állapotai, szabályozása .....	39
3.3.1 Alapállapot.....	39
3.3.2 Üzemi állapot.....	40
3.3.3 Szabályozás.....	40

3.4 Karbantartási szükségletek .....	41
3.5 A rendszer előnyei, hátrányai .....	42
3.5.1 Előnyök .....	42
3.5.2. Hátrányok .....	42
3.6 Javaslatok, egyéb megoldások, fejlesztési lehetőségek .....	43
<b>4. Összefoglalás.....</b>	<b>47</b>
<b>5. Summary .....</b>	<b>48</b>
<b>6. Irodalomjegyzék.....</b>	<b>49</b>
<b>7. Nyilatkozatok .....</b>	<b>51</b>
<b>8. Köszönetnyilvánítás.....</b>	<b>53</b>

# 1. Bevezetés, Célkitűzés

Mindig is érdekelt az autók világa, gyerekkorom óta kocsik közelében vagyok, így később se volt kérdés számomra, hogy mivel szeretnék majd foglalkozni. Szakdolgozatomban a hibrid járművek hajtáslánc elemzését és ezen járművek vontatásával kapcsolatos problémák megoldását tűztem ki célul. Manapság is igen kellemetlen, ha hibrid vagy elektromos autóval robbanunk le, hiszen az elszállítás módja is jóval bonyolultabb, mint a régebbi, pusztán belső égésű elődöké. Ugyanis az elektromos autók hajtásláncában nincs közvetítő elem, maga a hajtótengely közvetlenül kapcsolódik mind a motorhoz mind a hajtott kerekekhez, így ahhoz, hogy bármilyen mentési művelet elvégezhető legyen, a meghajtott kerekek megemelése szükséges. Vannak esetek amikor ez mind a négy kereket érinti, tehát speciális eszközöket igényel a mentés. Előreláthatólag 2040-re az elektromos autók előfordulása kiteheti akár a világ teljes járműparkjának harmadát, tehát úgy érzem fontos foglalkozni ezzel a problémával. Tudomásom szerint nem nagyon van még erre a kellemetlenségre bármi ellenszer, a tréleres szállításon kívül.

A dolgozatomban áttekintem az hibrid jármű hajtástechnikákkal kapcsolatos szakirodalmat, bemutatom és csoportosítom a különböző hibrid rendszereket, összehasonlítom a hajtástechnikákat, megvizsgálom a hibrid hajtáslánc felépítését, illetve készítek egy koncepcionális tervezést, mellyel megvalósítható a hajtott kerekek leválasztása, ezzel megkönnyítve a mentés végrehajtását.

Úgy gondolom, hogy a hibrid és elektromos gépjárművek egyre nagyobb elterjedésével, illetve időközbeni öregedésükkel, növekedni fog a meghibásodások száma is, így fontos gondolni a mentésük mechanizmusára is, ezért a téma nagyon is aktuális számunkra.

## 2. Hibrid hajtástechnikák

### 2.1 Az elektromos hajtás rövid történelme

Az alternatív hajtás iránti érdeklődés és annak fejlődése valójában már jóval hamarabb elkezdődött, mint gondolnánk. Az 1830-as években Jedlik Ányos kisméretű villamos járművet készített, külföldi feltalálók (Thomas Davenport, Sibrandus Stratingh) pedig kísérleti, elektromos járműveket is építettek.

Később az 1880-as évek végén a coburgi A. Flocken gépgyár megépítette a „Flocken Elektrowagen” nevet kapó gépjárművet. Ezt az autót is tartják a világ első négykerekű elektromos meghajtású személygépkocsijának.

Az 1890-es, 1900-as évek elején az elektromos járművek eladási számai felülmúlták a belső égésű járművek eladásait, megjelentek az első hibrid autók is. Illetve megindult a széleskörű kereskedelmi hasznosítás is, taxik, buszok, tehergépkocsik formájában.

Majd az 1910-es évektől csökkenni kezdett az érdeklődés az elektromos járművek iránt. Ennek oka elsősorban a belső égésű motorok drasztikus fejlődése és tömeggyártásuk beindulása volt. Illetve a később induló világháborúk sem segítették elő a technológia további fejlődését.

Egészen az 1990-es évekig tartott, míg újra előtérbe kerültek az elektromos hajtású járművek, mégpedig a Kaliforniában bevezetett nulla károsanyag-kibocsátású autók törvénybe iktatásával. Ez a lépés termékfejlesztésre készítette az autóipar gyártóit. Megjelent a GM EV1, a Toyota RAV4, a BMW E1, a Honda EV Plus, a Nissan Altra EV és még több típus is.

A Toyota 1997-ben megkezdte a Prius értékesítését, amely az első sorozatban gyártott modern hibrid személygépkocsivá lépett elő.

2006-ban mutatta be a Tesla Roadstert az újonnan alapított Tesla gyártó. A Tesla piacra lépését tekintik az elektromos autózás iránti érdeklődés reneszánszának.

2007-től kezdve a tradicionális gyártók is kezdenek felzárkózni a termékfejlesztési versenyben és egymás után jelentik be az újabbnál újabb fejlesztéseiket.

## 2.2 Hibridhajtás alapjai

Azokat a járműveket, amelyek erőforrásnak egy belsőégésű motort és legalább egy villamos gépet használnak, hibrid hajtásúaknak nevezzük. Akkor is hibrid hajtásról beszélünk, ha a haladáshoz szükséges energia akkumulátor helyett, vagy mellett még lendkerékben vagy szuperkondenzátorban is tárolható.

Lényegében három cél megvalósítása érdekében fejlesztették ki a hibrid járműveket: tüzelőanyag takarékoság, károsanyag-kibocsátás csökkentése, a forgatónyomaték és a teljesítmény növelése.

A hibridautó fő részei általában a belső égésű motor, a hajtómű (bolygóműves nyomatékelosztó egység), a villamosmotor és a generátor, az inverter és az akkumulátor, valamint az elektronikus vezérlőegység a jeladókkal és a működésbe hozókkal. Ezeknek többféle változata ismert, hajtásváltozatok: mikrohibrid, mildhibrid, fullhibrid, szuperkondenzátoros hibrid, szerkezeti kialakítás: soros, párhuzamos, vegyes hibrid.

A belsőégésű motor és a villamos motor kombinációjának számos előnye van:

- a villanymotor alacsonyabb fordulatszámon is nagy forgatónyomatékot biztosít, így ez ideálisan egészíti ki a belsőégésű motort, melynek forgatónyomatéka csak a közepes fordulatszám tartományban kezd el növekedni. A két motor együtt bármilyen hajtáshelyzetben dinamikus hajtóteljesítményt biztosít,
- a villanymotor által termelt többletteljesítmény lehetővé teszi, hogy a belsőégésű motor a lehető leghatékonyabb és legkisebb károsanyag-kibocsátású üzemmódban dolgozzon,
- mivel a teljesítmények összegezhetőek, így kisebb úrtartalmú belsőégésű motor is beépíthető a rendszerbe,
- villamos motor alkalmazása nagyobb áttételű sebességváltó használatát tesz lehetővé.

A hibrid rendszerek alkalmasak a fékezési energia visszatáplálására, ezzel lehetőséget adva a tüzelőanyag megtakarítására. Ez a villanymotor generátorként való használatával történik. Fékezéskor a jármű kinetikai energiáját villamos energiává alakítja, ezt az energiát pedig az akkumulátorban tárolja, amíg felhasználásra nem kerül.

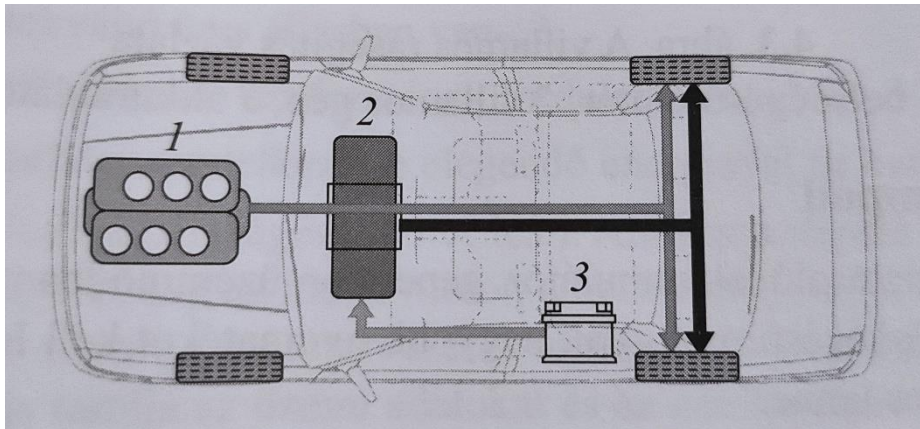


## 2.3 Hibridhajtás üzemmódjai

A működési állapottól és a forgatónyomaték-igénytől függ a belsőégésű motor, illetve a villanymotor különböző mértékű hozzájárulása a hajtáshoz. A hibridvezérlő rendszer határozza meg a nyomaték eloszlását a két hajtás között.

### Hibrid üzemmód

Mindkét motor egyidőben szolgáltatja a szükséges nyomatékot, amit a hibrid vezérlőegység szabályoz. A forgatónyomaték eloszlásakor a rendszer figyelembe veszi az optimális működési igényt, a kipufogógáz összetételét, a tüzelőanyag fogyasztást, és az akkumulátor töltöttségét is. (1.ábra)



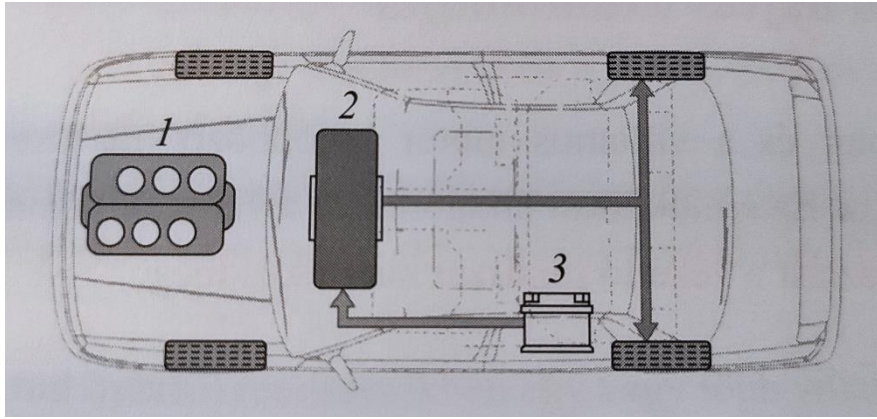
1.ábra

A hibrid hajtás vázlata (Pletser J. 2018)

1. belsőégésű motor, 2. villamos gép, 3. akkumulátor

### Tisztán villamos hajtás

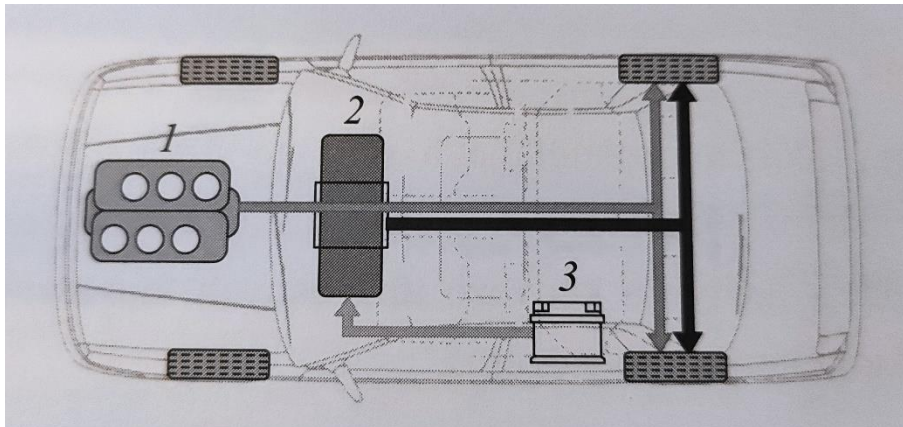
A járművet egyedül a villamos motor hajtja, nagyobb távok megtételekor is. Ez a hajtásmód csak a fullhibrid rendszereknél lehetséges. A belsőégésű motort leválasztják a villanymotortól. Ebben a működési módban a jármű szinte hangtalan és lokális károsanyag-kibocsátása nincs. (2.ábra)



2.ábra  
A villamos hajtás vázlata (Pletser J. 2018)  
1. belsőégésű motor, 2. villamos gép, 3. akkumulátor

### Villamos rásegítés üzemmód

Ebben az üzemmódban a belsőégésű motor is és a villanymotor is pozitív hajtónyomatékot szolgáltat. A maximális hajtónyomaték elérése érdekében mindkét motor maximális forgatónyomatékot ad le. Főként álló helyzetből való hirtelen gyorsításkor van erre szükség. (3.ábra)

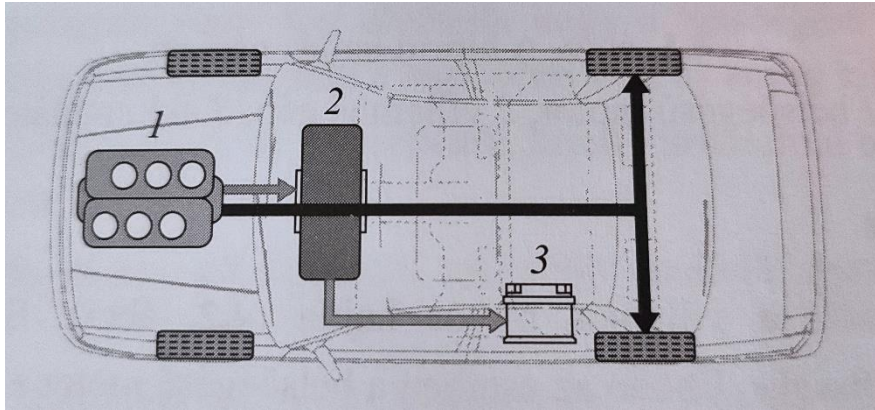


3.ábra  
A villamos rásegítés vázlata (Pletser J. 2018)  
1. belsőégésű motor, 2. villamos gép, 3. akkumulátor

### Generátor üzemmód

A villamosenergia-tároló akkumulátor ebben az üzemmódban töltődik fel. A belsőégésű motornak nagyobb nyomatékot szükséges leadnia, mint ami a hajtáshoz szükséges lenne. Ezt

a többleteljesítményt a generátor felhasználja és villamos energiává alakítva az akkumulátorban tárolja el. Az akkumulátor motorfék üzemmódban is töltődik, ha azt az akkumulátor töltöttségi szintje engedi. (4.ábra)

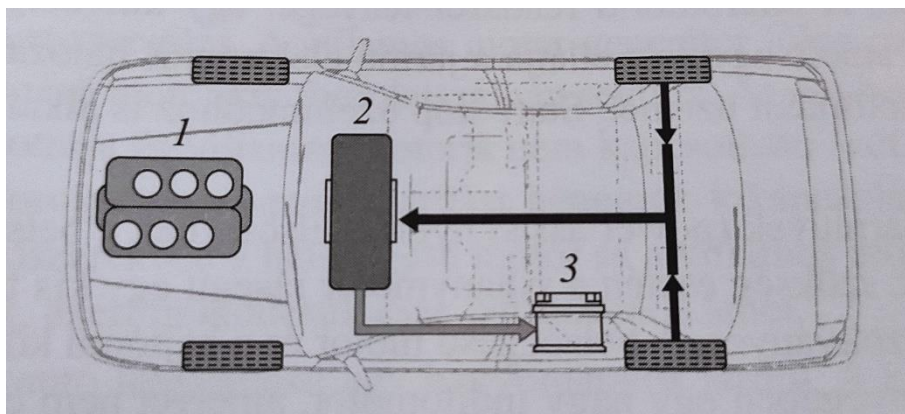


4.ábra

A generátor üzemmód vázlata (Pletser J. 2018)  
1. belsőégésű motor, 2. villamos gép, 3. akkumulátor

#### Visszatápláló fékezési üzemmód

Ha a jármű nem, vagy csak részben fékeződik, fékezés helyett a villamos motor generátor üzemmódba kapcsol. Így a visszahajtott energiát generátorként átalakítja villamos energiává, amit az akkumulátorban eltárol. Ezt az üzemmódot regeneráló fékezésnek vagy simán regenerációnak is nevezik. (5.ábra)



5.ábra

A visszatápláló fékezés vázlata (Pletser J. 2018)  
1. belsőégésű motor, 2. villamos gép, 3. akkumulátor

## 2.4 A hibridizálás mértéke

A hibridizálás mértéke mutatja meg, hogy mekkora a belsőégésű motor, illetve a villanymotor hajtóteljesítményének elosztási aránya. Ennek mértékétől függően megkülönböztetünk mikrohibrideket, mildhibrideket, fullhibrideket. Ezek lényegében a villanymotor kimenő teljesítményében különböznek, vagy pedig abban, hogy a villanymotor mekkora részét veszi ki a hajtóteljesítményből. Másik különbség még az akkumulátor energiatároló kapacitásának nagyságában van.

### 2.4.1 Mikrohibrid

A villanymotor a hajtásban nem játszik szerepet, főként a start/stop rendszerért felel, mint egy indítómotor. Üresjáratban a start/stop funkció leállítja a belsőégésű motort, a fékről való lelépés utáni másodperc törtrésze alatt finoman, simán újraindítja azt. Ezzel is csökkentik az üzemanyag fogyasztást, illetve a károsanyag-kibocsátást. Ez a megoldás a tisztán belsőégésű motorral hajtott járműveknél is alkalmazható, nagyjából 5-10% üzemanyag megtakarítással lehet számolni ezzel a start/stop rendszerrel. A hagyományos autókban a vízszivattyút és a légkondicionálót általában több tárcsán átvezetett ékszíj hajtja meg a motor főtengelyéről. Ennek hátránya többek között, hogy csak járó motor mellett működnek ezek az elektromos berendezések, illetve a motort is maximálisra kell tervezni, hogy akkor is letudjon adni maximális forgatónyomatékokot, amikor minden elektromos fogyasztó működik. Tehát a belsőégésű motor akkor is maximumon járt amikor nem volt arra szükség. A mikrohibrid autókban a villanymotor hajtja meg ezeket az elektromos eszközöket is és csak akkor, amikor kell.

Itt szeretném megragadni az alkamat és személyes véleményemet megosztani, a start/stop témával kapcsolatban. Összességében nem vagyok híve ennek a funkciónak és szerintem ezzel nem vagyok egyedül. Ugyanis alapvető dolog, hogy a belsőégésű motoroknak szükségük van megfelelő kenésre, olajozásra. Köztudott tény, hogy a motor beindítását követően szükség van pár másodpercre, hogy a kenőanyag a kellő olajnyomással minden fontos helyre eljusson. Úgy gondolom, ez a folyamatos leállítás-beindítás, nem tesz jót a belsőégésű motoroknak, mivel megemelik a „szárazon járatott” időtartam mennyiségét. Arról nem is beszélve, hogy hányszorosára növelik az indítás-leállítás ciklust. Másik fontos probléma még szerintem a hőelvezetés megoldása. Szintén köztudott, hogy a motor leállása

után a hűtést biztosító folyadékok sem keringenek tovább. Ez különösen problémás a már amúgy is alul méretezett turbós autókra, ahol eleve szélsőségesebb a hőterhelés, szinte folyamatosan hőháztartásbeli problémák fedezhetők fel ezeknél a járműveknél. Én értem, hogy a mérnökök próbálnak ezekre a problémákra megoldást találni, például kopásállóbb anyagok használata, jobb tulajdonságú kenőanyagok, elektromos vízpumpa beszerelése, de nem gondolom, hogy ez hosszútávon megoldás lenne. Összeségében az én véleményem az, hogy 5-10% üzemanyag megspórolása, nem térül meg egy esetleges idő előtti meghibásodás esetén.

#### **2.4.2 Mildhibrid**

A mildhibridek a start/stop funkción túl, rendelkeznek a villanymotor által biztosított visszatápláló fékezés és a villamos rásegítés lehetőségével. A villanymotor a többlet forgatónyomatéka hozzáadódik a belsőégésű motor forgatónyomatékához. A fékezés során történik az energiavisszanyerés, amit egy 42-48 V-os akkumulátorba tárolnak el. Az akkumulátor, ha szükséges, visszatudja szolgáltatni az eltárolt energiát, maximum 20 kW kimenő teljesítményig. Ezt a kimenő teljesítményt főként, indulásnál vagy hirtelen gyorsításnál, kis motor fordulatszámokon használja a jármű.

A mildhibrid járművekben a tisztán elektromos hajtás csak úgy lehetséges, ha a belsőégésű motor és a villanymotor is együtt forog, tehát nem szétválaszthatók. Ezért az energiamegtakarítás a belsőégésű motorokban való hengerek kikapcsolásával érhető el. Mivel mindkét motor egy tengelyen dolgozik, így konstrukciós megoldásuk csakis párhuzamos lehet. Későbbiekben bemutatásra kerül ez a konstrukció.

Alkalmazásával 10-15% károsanyag-kibocsátás csökkenés érhető el.

#### **2.4.3 Mediumhibrid (rásegítőhibrid)**

A belsőégésű motor és a hajtómű között elhelyezkedő villanymotor lényegében egy nagy indítómotor, mely szükség esetén hosszabb ideig is rá tud segíteni. A nagyobb teljesítményű villanymotorhoz egy nagyobb kapacitású akkumulátor (maximum 144 V) tartozik, de ez a fajta rendszer se tud belsőégésű motor nélkül üzemelni. Hosszabb idejű gyorsítás rásegítést tesz lehetővé, magasabb teljesítmény kiegészítéssel karöltve.

Alkalmazásával 15-25%-os károsanyag-kibocsátás csökkenés érhető el.

#### 2.4.4 Fullhibrid (teljesen hibrid)

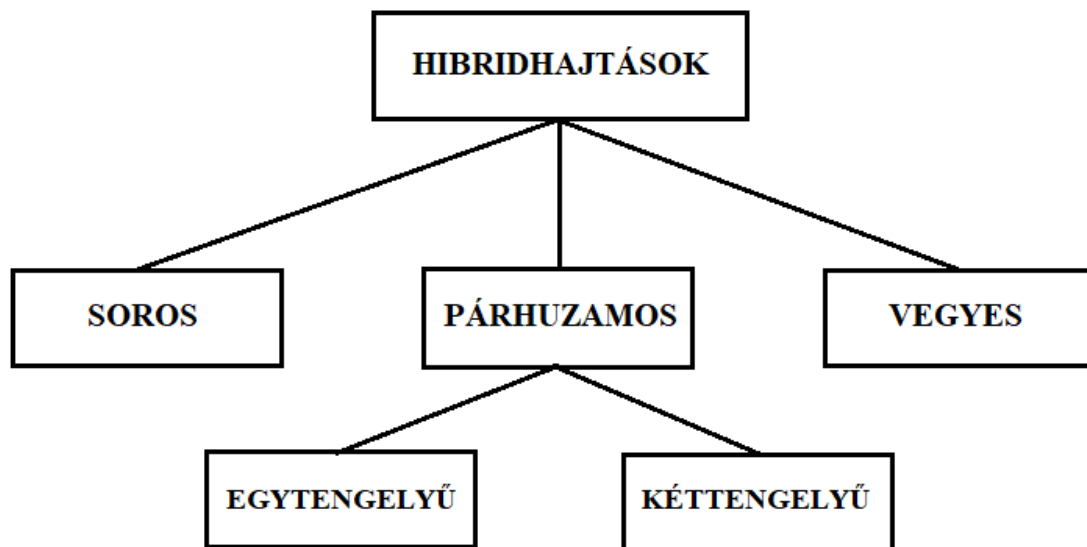
A mildhibridekkel ellentétben a fullhibridek hosszabb távolságok megtételére is alkalmasak pusztán tisztán villamos hajtással. Városban (rövid hatótáv mellett) 50-80 km/h sebességig alkalmasak a mindennapi használatra. Villamos hajtáskor a belsőégésű motor nem működik. Többfajta konstrukció létezik, soros (SHEV), párhuzamos (PHEV), valamint vegyes (SP-HEV) elrendezés. A következő fejezetben bemutatásra kerülnek. Röviden a párhuzamos energiaáram megoldása egyetlen villanymotorral történik, míg a soros megvalósításhoz két villamos gép szükséges a rendszerben. Vegyes rendszerű fullhibrid egy nyomatékosztó rendszerrel valósítható meg, melynek központi áttételi eleme egy bolygómű.

A hajtó villamos rendszer vagy az akkumulátor feszültsége általában 200-350 V, tehát igen nagy feszültségű hálózatokról van szó. Alkalmazásával 25-35% károsanyag-kibocsátás csökkenés érhető el.

A fullhibridek tölthető verzióban is tervezhetők és kivitelezhetők. Ezeket a járműveket „**Plug-in**” (tölthető) hibrideknek nevezzük. Egyszerűen a háztartási hálózatról tölthetők különleges kialakítású csatlakozókkal. A tölthető hibrideknél a legnagyobb problémát a költségekből és az akkumulátor súlyából származó hátrányok jelentik. Illetve a korlátozott töltőteljesítményű háztartási csatlakozók által okozott, megnövekedett töltési idő is negatívumnak számít.

## 2.5 Hibrid hajtáskonstrukciók

A hibrid erőátviteli rendszerek csoportosítása történhet a hajtásrendszer felépítése szerint. Ahogy már fentebb is megemlítettem, megkülönböztetünk soros, párhuzamos, (azon belül egytengelyű és kéttengelyű), illetve vegyes hibrid rendszereket. (6.ábra)

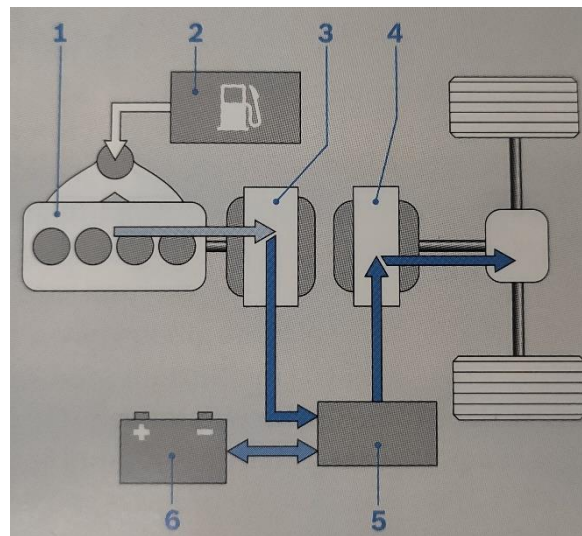


6. ábra Hibrid hajtáskonstrukciók

### 2.5.1 Soros hibridhajtás (S-HEV)

A soros hibridhajtás könnyen felismerhető a sorba kapcsolt energiaátalakítók (villanymotor, belsőégésű motor) által. A belsőégésű motor mellett két villamos gépre van szükség. Az egyik generátorként, a másik villamos motorként működik. A belsőégésű motor mechanikusan nem csatlakozik a hajtott tengelyhez, azonban egy generátort (MG 1) hajt meg, melynek árama egy inverterbe (impulzus vezérelt frekvenciaváltó) megy, amely az áramot átalakítva a villamos motorhoz (MG 2) juttatja. A gépkocsi kerekeit pedig ez a villamos motor hajtja meg (7.ábra). Ennek a hajtáslánc elrendezésnek az előnye, hogy szabadon választható a belsőégésű motor működési tartománya, egészen addig, amíg a hajtáshoz szükséges villamos

energia rendelkezésre áll. Ezt az energiát biztosíthatja a nagyfeszültségű akkumulátor vagy a belsőégésű motorból és generátorból álló segédtejesítmény egység, vagy akár mindkettő egyszerre.



7. ábra

S-HEV (Bosch Hibrid h. 2008)

1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály,  
3. generátor, 4. villanymotor, 5. inverter, 6. akkumulátor

A belsőégésű motor teljesítménye használható pillanatnyi villamos energia igények kielégítésére vagy működtethető a belsőégésű motor legoptimálisabb tartományában, amivel többletenergia halmozható fel, melyet az akkumulátorba tárolhatunk. Ebben az optimális tartományban történik a legkevesebb károsanyag-kibocsátás kivéve a  $\text{NO}_x$  gázokat.

A konstrukció hátránya egyrészt a több lépcsős energiaátalakítás (mechanikai  $\rightarrow$  villamos  $\rightarrow$  mechanikai energia). A teljes energiaveszteség 30%-át is kiteheti, rontva ezzel a hatásfokot. Szintén hátrány még a megnövekedett költség, a jóval nagyobb súly, ezért személyautókban igen korlátozottak a lehetőségek. Az akkumulátor teljesítményhiánya szükségessé teheti, hogy a motor gyorsuláskor vagy hegyemenetben keletkezett nagyobb teljesítmény igényét kielégítse, ez csökkentheti az emissziós előnyöket és nehezebbé teheti a egyszerű motorvezérlést.



## 2.5.2 Párhuzamos hibridhajtás (P1-HEV, P2-HEV, AS-HEV)

Párhuzamos elrendezésű hibridhajtás készülhet egy (P1-HEV) és két tengelykapcsolós (P2-HEV), valamint kettős tengelykapcsolós-nyomatékváltós kivitelben. Ismert még az osztott tengelyes (AS-HEV), a nyomatékosztós hibridhajtás és a két üzemmódú hibrid hajtás is.

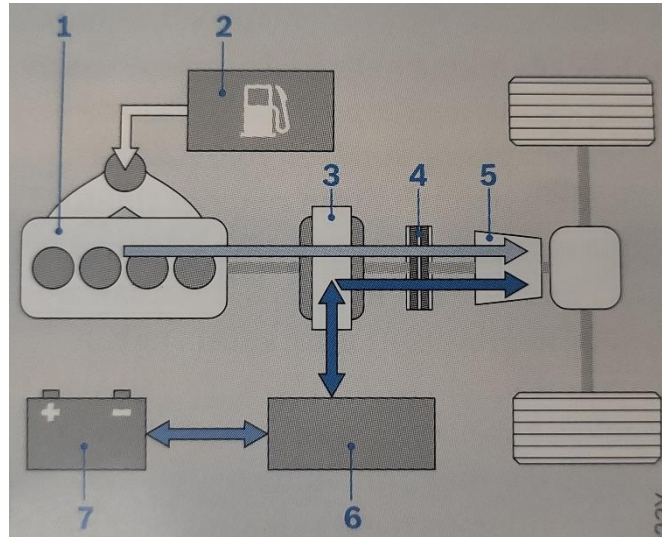
A párhuzamos hibridrendszer lényege, hogy mind a villanymotor mind pedig a belsőégésű motor mechanikus kapcsolatban van a hajtott kerekkel. Ezek a rendszerek a két motoron és a két energiatárolón (tűzelőanyag-tartály, akkumulátor) kívül egy vagy több nyomatékváltóból (bolygómű), tengelykapcsolóból vagy szabadonfutóból állnak. A járművet külön-külön vagy egyszerre is hajthatja mindkét rendszer. Mivel a teljesítmények összege együttes, így viszonylag kis teljesítményű motorokról beszélhetünk, a villamos hajtás általában városi forgalomra van méretezve, míg a belsőégésű motor inkább nagyobb távolságokra alkalmas (autópálya).

A párhuzamos hibridek egyik fő előnye a hagyományos hajtáslánc széleskörű felhasználása. Előny a helykihasználásban, a vezethetőségben, a járműgyártásban, valamint a vásárlói fogadtatásban is. Alacsonyabb költséggel jár az előállítás, mint a soros és nyomatékosztó koncepciókkal ellátott járműveké. Ez az alacsonyabb kimenő teljesítményigény miatt lehetséges, illetve a szükséges változtatások száma is kevesebb, amikor egy hagyományos hajtásláncot kell átalakítani.

### 2.5.2.1 Párhuzamos hibrid egy tengelykapcsolóval (P1-HEV)

A belsőégésű motor és a villamos motor-generátor mechanikus összeköttetésben állnak, ezért a villanymotor nem képes a belsőégésű motortól függetlenül üzemelni (8.ábra). A tisztán villamos hajtás elméleti szinten lehetséges, azonban itt is fogatnia kell a villanymotornak a belsőégésű motort. Ebből rengetek veszteség származik, zaj és rezgések formájában, amik jelentős hátrányok. Illetve ez a tisztán villamos hajtás csak egy bizonyos fordulatszám felett lehetséges, ahol a villanymotor felel a sebesség megtartásáért és a belsőégésű motor forgatásához szükséges nyomaték fenntartásáért.

A legegyszerűbb verziójában a főtengelelyre szerelt indítómotor-generátort használnak, ahol a villanymotor csak az indításért és a villamos rendszerért felel. Egy kiegészítő akkumulátorral és nagyobb teljesítménykapacitással hozható létre egy teljes értékű mildhibrid, ami támogatást ad a belsőégésű motornak és visszatáplálja a fékezési energiát.



8. ábra

P1-HEV (Bosch Hibrid h. 2008)

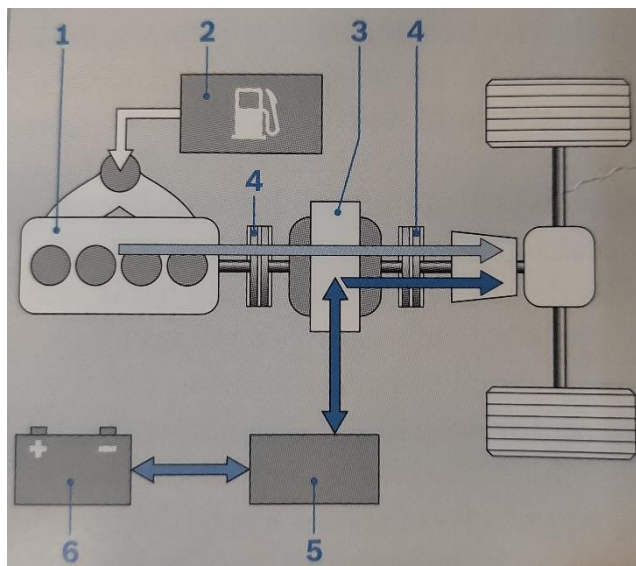
1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály, 3. villanymotor, 4. tengelykapcsoló, 5. nyomatékváltó, 6. inverter, 7. akkumulátor

#### 2.5.2.2 Párhuzamos hibrid két tengelykapcsolóval (P2-HEV)

Egy plusz tengelykapcsolót építenek be belsőégésű motor és a villanymotor-generátor közé, egyet pedig a villamos motor és az erőátviteli szerkezetek közé (9.ábra). Ezzel a megoldással elérhetővé vált a belsőégésű motor leválasztása a villanymotortól. Tisztán elektromos hajtás esetén az egyik tengelykapcsoló leválasztja a belsőégésű motort, ezzel tüzelőanyagot takarít meg, illetve a jármű fékezési energiáját veszteségek nélkül tölthetik vissza az akkumulátorba. A visszatáplálás nagymértékben korlátozott, ezt a villanymotor teljesítménykorlátja határozza meg.

Jelentős előny az egy tengelykapcsolós változattal szemben, hogy a belsőégésű motor leválasztásának lehetőségével minimalizálták a veszteségeket, maximálisan kitudják használni a villanymotor által adott lehetőségeket.

Egyetlen hátránya, hogy a villanymotornak bármikor be kell tudnia indítani a belsőégésű motort, tehát erre a célra mindig tartalékolni szükséges. Illetve a plusz tengelykapcsoló elhelyezése is egyfajta kihívás, megtalálni a lehető legkisebb és legmegfelelőbb helyet a beépítésére.



9. ábra

P2-HEV (Bosch Hibrid h. 2008)

1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály,  
3. villanymotor/generátor, 4. tengelykapcsoló, 5. inverter, 6. akkumulátor

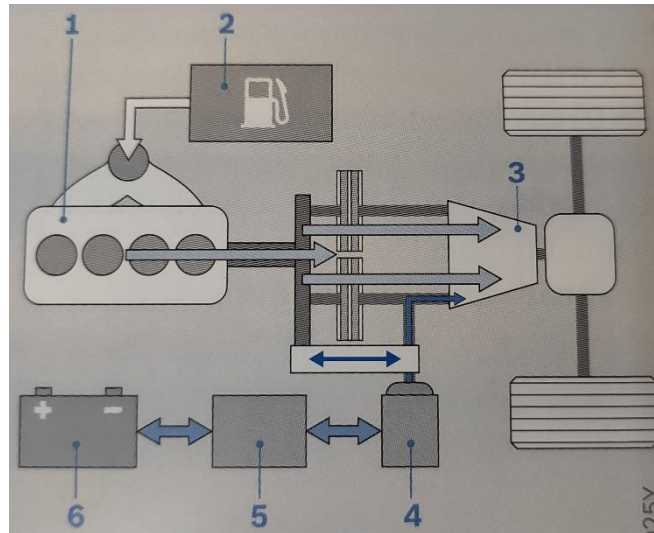
### 2.5.2.3 Párhuzamos hibridhajtás kettős tengelykapcsolós kivitelben

A különleges nyomatékváltóval való kombináció speciális előnyöket eredményez.

Ennél a kivitelnél két nyomatékváltó működik, amelyek különböző váltóáttelek kiválasztására alkalmasak. Ez teszi lehetővé, hogy a villamos motor a belsőégésű motortól eltérő fokozatban működhessen.

A két alváltóból álló nyomatékváltó, különböző sebességfokozatok kiválasztására képesek, egymástól függetlenül. Az egyik alváltó a villanymotorral van összekapcsolva, így meg is történik a villanymotor optimalizációja, illetve a belsőégésű motortól eltérő fokozatban működteti. A másik alváltó pedig ugyanezt teszi a belsőégésű motorral (10.ábra).

Ily módon két motor független egymástól, így könnyen optimalizálható, mellyel nagyobb hastáfokjavulás érhető el.



10. ábra  
Párhuzamos h. kettős tengelykapcsolós nyomatékváltóval  
(Bosch Hibrid h. 2008)  
1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály,  
3. nyomatékváltó, 4. villanymotor, 5. inverter, 6. akkumulátor

#### 2.5.2.4 Osztott tengelyes párhuzamos hibrid (AS-HEV)

A hajtás két tengelyre történik. A jármű hajtott tengelyei között nincsen mechanikus kapcsolat. A belsőégésű motor és a villanymotor is különböző tengelyeket hajt, és a hajtóerő összeadása az úttesten valósul meg (11.ábra). A visszatápláló fékezés és a villamos hajtás hatásai az elsőkerék meghajtású jármű hátsó tengelyén jelentkeznek, míg a hagyományos hajtáslánc az első tengelyt hajtja. Ha mindkettő hajtás egyszerre történik, akkor valósul meg a négykerék-hajtás. Az első és hátsó tengelyek forgatónyomtéka szabadon változtatható az adott teljesítményhatárokon belül.

Egyetlen nagy különbség a többi párhuzamon konstrukcióhoz képest, hogy álló helyzetben, amikor a kerekek nem gurulnak, akkor a villanymotor nem termel energiát. Így álló helyzetben az elektromos berendezések energiaellátását a belsőégésű motorba szerelt, erősebb generátorral valósítják meg. Amikor a jármű áll, a generátor egy egyenáramú feszültségváltó segítségével tölti a nagyfeszültségű akkumulátort, és ellátja a fogyasztókat.

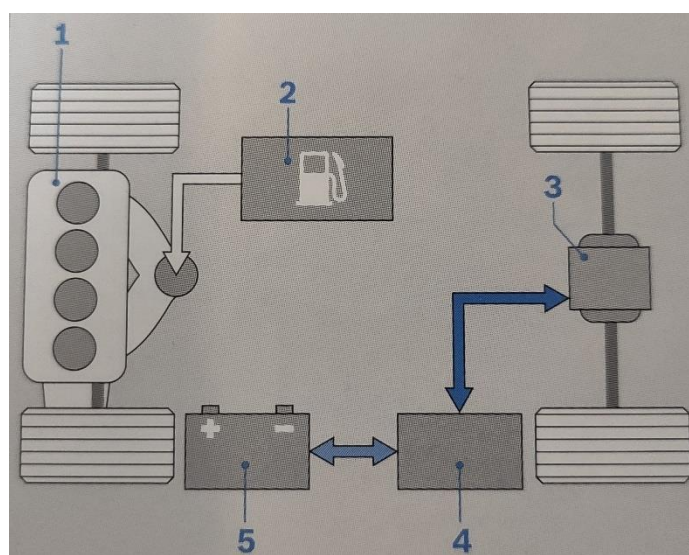
Számos előnnyel rendelkezik ez a koncepció:

- elrendezés szempontjából nem kell módosítani a hagyományos hajtásláncon,
- nagyobb sebességeknél is használható, mivel a belsőégésű motor és a villanymotor is eltérő fordulatszámokon működtethető,

- az energia visszatáplálásában jó hatásfok érhető el,
- nincs szükség a belsőégésű motor beindításához villanymotorra (természetesen indítómotorra szükség van).

Azonban jó pár hátránya is van a rendszernek:

- abból következtetve, hogy nem a villanymotor indítja be a belsőégésű motor, szükség van egy indítómotorra,
- a villanymotor nyomatékát a jármű teljes sebességtartományára kell tervezni, erre alternatíva lehetne egy egyszerű sebességváltó a villanymotornak (2 fokozat),
- álló helyzetben nem tölthető a nagyfeszültségű akkumulátor, csak további egységekkel (pl.: egyenáramú feszültségváltóval),
- álló helyzetben a jármű 12 V-os hálózatának áramellátását biztosítani kell,
- Mindkét tengely hajtási dinamikáját megfigyelés alatt kell tartani (ESP).



11. ábra

AS-HEV (Bosch Hibrid h. 2008)

1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály,  
3. villamos gép, 4. inverter, 5. akkumulátor

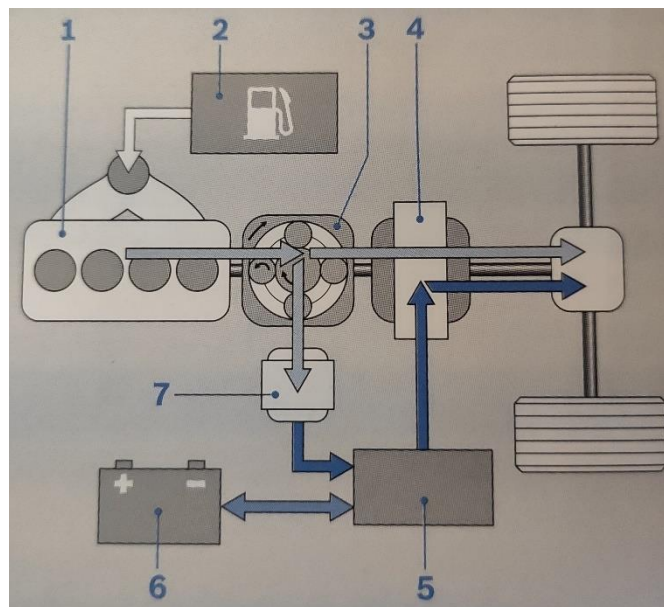
### 2.5.3 Vegyes hibridhajtás

A vegyes hibridhajtás lényege ahogy a nevében is benne van, a különböző hibridrendszer konstrukciók együttes használata, keverése. Ezek jelenleg a legbonyolultabb rendszerek. A kombinált megoldással két üzemmód lehetséges. A belsőégésű motor képes közvetlenül

hajtani a kerekeket, akár a párhuzamos hajtásláncnál. A belsőégésű motor mechanikus leválasztásával pedig megvalósítható a tisztán elektromos hajtás, ahogy a soros hajtásláncnál.

### 2.5.3.1 Nyomatékosztó hibrid (PS-EHV)

A nyomatékosztós hibridhajtás központi alkatrésze egy bolygómű. A bolygómű bemenő tengelyén a belsőégésű motor nyomatéka kétfelé oszlik. Az egyik a bolygómű kimenő tengelyén közvetlenül a kerekeket hajtja. Másik része egy villamos úton történő teljesítményátadás, egy generátort hajt, amely az inverteren keresztül árammal látja el a villamos motort, a villamos motor nyomatéka pedig hozzáadódik a belsőégésű motor közvetlen nyomatékához (12.ábra). A keréksebesség és a kimenőtengelyen megjelenő nyomatékigény határozza meg azt, hogy a bolygómű milyen mechanikus és villamos arányban továbbítsa a belsőégésű motor fordulatszámát és nyomatékát a hajtott kerekekhez.



12. ábra

PS-EHV (Bosch Hibrid h. 2008)

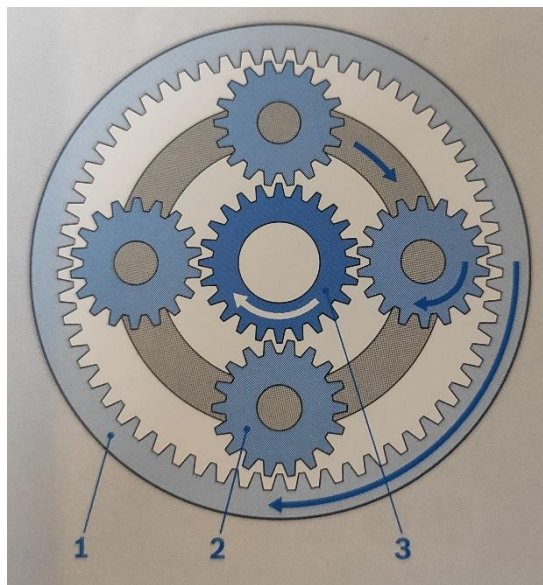
1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály, 3. bolygómű,  
4. motor/generátor II., 5. inverter, 6. akkumulátor, 7. motor/generátor I.

### Bolygómű

A bolygómű három részből áll (13.ábra):

- koszorúkerék, amely közvetlenül hajtja a járművet,
- bolygókerék, amely a koszorúkereket és a napkereket is hajtja,
- napkerék, amely a generátort hajtja.

A bolygóműben két tengely fordulatszáma mindig meghatározza a harmadik tengely fordulatszámát, a tengelyek közötti forgatónyomaték-eloszlás pedig állandó. Tehát mechanikus teljesítményátvitel csak akkor lehetséges a bemenő és kimenő tengely között, ha a generátor mechanikai teljesítményt vesz fel a harmadik tengelyről, amit, ha szükséges, villamos energiává alakíthat. Mivel így folyamatosan termelődik a villamos energia, nem lehetséges, de nem is ajánlatos akkumulátorban tárolni ezt az energiát. Erre megoldásként egy villanymotort helyeznek el a bolygómű kimenő tengelyére, ez zárja a villamos áramkört, és visszaalakítja a villamos energiát mechanikus energiává, ezzel hajtónyomatékot szolgáltatva a kereknek.



13. ábra  
Bolygómű (Bosch Hibrid h. 2008)  
1. koszorúkerék, 2. bolygókerék, 3. napkerék

Mint minden hibrid járműben, az akkumulátor hatással van a hajtás üzemmódjára. Akkumulátor segítségével a belsőégésű motor nyomatéka lehet több is, kevesebb is a kívántnál. A tárolt energia felhasználásával elkerülhető, hogy a motort rossz hatásfokú tartományban működtessék, ilyenkor a villanymotor veszi át a jármű hajtását.

#### A rendszer határai

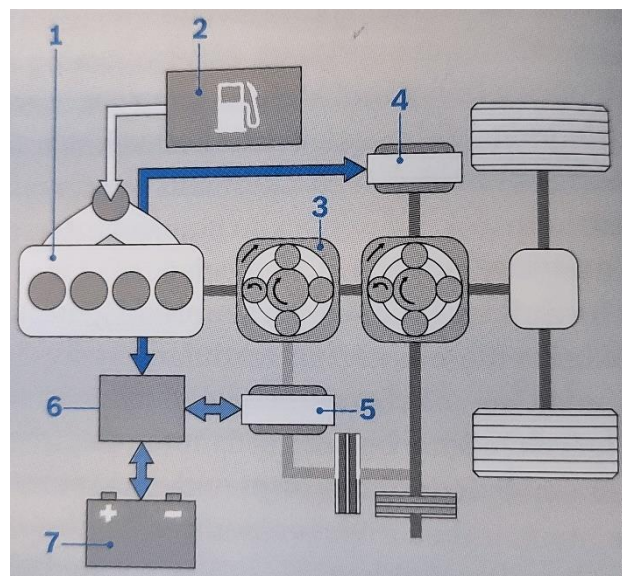
A soros hibrid rendszereknél figyelembe vett villanymotor méret és hajtásátviteli határfok problémák kevésbé érvényesülnek. Azonban a jelentős mennyiségű hajtási energia villamos

úton történő szállítása érdekében, nagyteljesítményű villamos gépekre van szükség. Az energiaátalakítási műveletek hatással vannak a meghajtás összhatásfokára is. Ez kifejezetten igaz, ha a járművet széles sebességtartományban használják. Ebből következik, hogy míg a városi forgalomban észrevehetőek a nagy megtakarítási értékek, addig a hosszútávú, országúti utazások során, ebből semmit sem vehetünk észre.

### 2.5.3.2 Két üzemmódú hibrid

Az előbb említett probléma megoldása érdekében kezdték el fejleszteni a két üzemmódú hibrid rendszert. Ebben a konstrukcióban két hajtási fokozat áll rendelkezésre. Két villamos motorral és egy mechanikus bolygóművel nagyobb sebességnél is jóval jobb hatásfok érhető el (14.ábra). A közvetlen mechanikus sebességváltás két tengelykapcsoló használatával valósítható meg.

Ez a felépítés is igen költséges és bonyolult, azonban a kiváló összhatásfok és a koncepció több szabadságfoka kompenzálja ezeket a negatív velejárákat.



14. ábra

Két üzemmódú h. (Bosch Hibrid h. 2008)

1. belsőégésű motor, 2. tüzelőanyagtartály, 3. bolygómű,  
4. villanymotor, 5. villanymotor, 6. inverter, 7. akkumulátor



## 2.6 Hajtásátvitel a hibrid járművekben

### 2.6.1 Hajtómű

Tulajdonképpen mondhatjuk azt, hogy valójában a hibrid járművekben nincs is sebességváltó, inkább egy bolygóműves fokozat nélküli nyomatékelosztóról van szó a legtöbb esetben. Természetesen létezik hagyományos sebességváltóval rendelkező hibrid jármű is, azonban a hibrid járművek többsége elsőkerék meghajtásnál, ezekkel a bolygóműves hajtóművekkel vannak felszerelve. Fentebb volt már említve pár szó erről a rendszerről a nyomatékosztós hibrideknél. Léteznek hátsó kerék meghajtású hibridek is, illetve a kettő vegyítése is, mely öszkerék meghajtást eredményez.

Ebben a fejezetben szeretném röviden, tömören bemutatni a két rendszernek a felépítését és működését. Az első kerék hajtásos hibridek közül talán a legismertebb a Toyota Prius, hiszen az első sorozatgyártásban megjelent hibrid jármű volt, gyakorlatilag az összes, létező hibrid technológia alapja megtalálható ebben a konstrukcióban.

A hátsókerék hajtás megoldása a hibrid járművek között leginkább a sportos kivitelű autók körében terjedt el, ahol kifejezetten fontos a hátsó tengelyre történő hajtásátvitel. De számtalan példa található az egyszerű közúti használatra szánt gépkocsik között is, ilyen márkák például a Volkswagen, Lexus, Nissan, BMW. Konkrét példának vehetjük a Toyota/Lexus gs 450-et. Illetve számos teherszállításra használatos hibrid furgon is ide sorolható, például a Toyota Dyna.

A Toyota Prius hajtásrendszere a vegyes hibridhajtáson belül a nyomatékosztó hibridekhez tartozik. Fullhibrid, mert képes tisztán elektromos hajtásra is. Nincs hagyományos nyomatékváltó, helyette egy fokozatmentes automata váltó (CVT) működik. Ahogy fentebb is említésre került, e rendszerek központi eleme a bolygómű. Alapesetben ez az alkatrész valósítja meg a teljesítményelosztást, melyet a belső égésű motortól kap. Ennek egyik része mechanikus úton, a hajtómű kihajtó tengelyén azonnal a kerekek felé áramlik. Másik része pedig tisztán villamos úton történő teljesítményátadás, amely az MG 1-en (ekkor generátorként működik), az inverteren át, majd az MG 2-ön (ekkor motorként működik) keresztül jut el a kerekekhez. Az MG 2-es motor/generátor a bolygómű koszorúkerékével (hajtómű kihajtó tengelye is egyben) áll közvetlen kapcsolatban, tehát itt megtörténik a nyomatékösszegzés. Fentebb a 12. ábra pontosan szemlélteti ezt a felépítést. Összegezve

tehát, az MG 1-es motor/generátor a bolygómű napkerekével, az MG 2-es motor/generátor pedig a bolygómű koszorúkerekével és a kihajtással van összekapcsolva. Ilyenkor a kihajtás egy zajtalan láncon a nyomatéknövelő áttételeken (közlómű) és egy differenciálművön át jut el az első kerekéhez.

A Toyota/Lexus gs 450 szintén a vegyes hajtású fullhibridek csoportjába tartozik annyi különbséggel, hogy itt a hajtás a hátsó kerekre adódik, ahogy fentebb is említettem. Ebben a felépítésben is megtalálható egy bolygómű, 2 villanymotor (motor/generátor üzemmód), inverter, akkumulátor, illetve egy kétfokozatú fordulatszámcsökkentő bolygómű is. Utóbbira a villanymotor magas fordulatszáma miatt van szükség, így szinkronizálni tudják a hajtásátadást. Ebben a konstrukcióban viszont szükség van a hajtómű után egy kardánszerkezetre, mely továbbítja a hajtást a hátsó kereknél elhelyezett differenciálművön át, majd a féltengelyeken keresztül a kerekhez.

### **2.6.2 Kardántengely**

A rugózás és egyéb rezgések következtében a hajtott tengely, illetve a hajtott kerek elmozdulnak a gépjárműhöz képest. A motor is rugalmasan ágyazott. Ez azt jelenti, hogy az egymástól külön beépített szerkezeti egységek között szükség van egy olyan erőátviteli elemre, amely biztosítja a hajtónyomaték folyamatos és üzembiztos átadását. Nemcsak a tengely oldalirányú elmozdulásainak kell megfelelni, hanem a hosszirányú változásokat is követni kell. Ezeket a feladatokat látja el a kardánszerkezet, melynek az egyik része a kardántengely. Ezen kívül még a kardáncsuklók tartoznak a szerkezet fő részei közé. A csuklók feladata, hogy az eltérő szögben elhelyezett, de az egymást metsző tengelyeken a forgó mozgás és a forgatónyomaték átvihető legyen.

A kardáncsukló lényegében két villa, amelyek közül az egyik a hajtó, a másik pedig a meghajtott tengelyen helyezkedik el. A villák egymáshoz képest 90 fokkal vannak elfordítva. Ezeknek a villáknak a nyílásaiba illeszkedik be két-két zárt persely, amelyekben tűgörgős csapágyak vannak. A tűgörgős csapágyak görgői a négyágú kardánkeresztcsapra illeszkednek. Az egyik villa a kereszt vízszintes, a másik a villa a kereszt függőleges csapjait veszi körül. Így téve lehetővé a minden irányú kilendülés lehetőségét.

A kardáncsuklós megoldás helyett, létezik az úgynevezett Hardy-rendszerű, rugalmas tengelykapcsolótárcsa is. Ezek gumiból készült többrétegű tárcsák. A gumi rétegek lehetővé teszik, hogy egymáshoz képest rugalmasan elmozduljanak. A Hardy-tárcsák gyűrű alakúak, ezekben a gyűrű alakú részekben, a tárcsa vastagságának megfelelő hosszúságú acélpersellyel bélelt lyukak találhatóak. A perselyek szerepe, hogy a tárcsa felszerelése közben, mikor csavarral összehúzzák a sebességváltó tengelyét és a kardántengelyt, akkor a tárcsa ne nyomódjon össze. A rugalmas tárcsa révén szintén megvalósul a kardántengely minden irányban való kilengése.

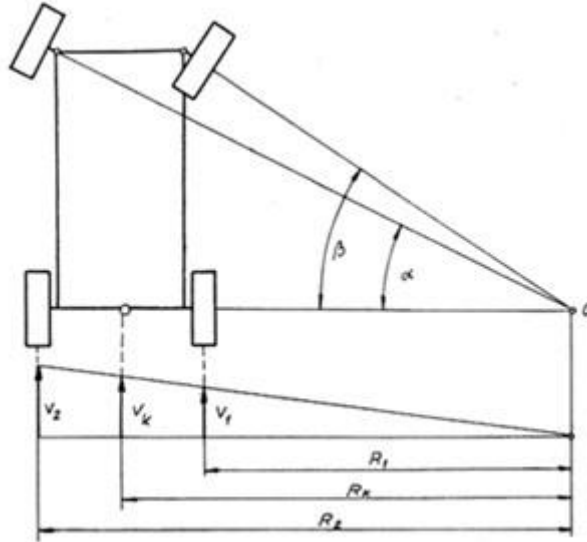
A Hardy-tárcsa azonban igazán érzékeny a kardántengely pontos futására, ezért a kardántengely sérülése esetén, nem ajánlott a gépjármű további működtetése. Egyéb kenést vagy bármilyen különösebb kezelést nem igényel.

### **2.6.3 Differenciálmű**

A differenciálműnek kettős rendeltetése van a gépjárművekben. Egyrészt állandó főáttételt biztosít, ezáltal csökkenti a motor fordulatszámát, növeli a nyomatékot, direkt fokozatban a differenciálmű főáttétele szabja meg azt, hogy a jármű kerekei mennyivel forogjanak kevesebbet, mint amivel a motor forgattyútengelye.

Másrészt pedig lehetővé teszi, hogy a meghajtó kerekek egymástól teljesen függetlenül is foroghassanak. Erre főként akkor van szükség, amikor az autó kanyarodik, hiszen ekkor az autó belső kerekei (melyek a kanyarodás középpontja felé esnek) rövidebb utat kell megtegyenek, mint a jármű külső kerekei. Ebből következik, hogy kanyarodáskor nemcsak a megtett út hosszúsága különbözik a meghajtó kerekek esetében, hanem az egyes kerekek fordulatszáma is, ellenkezőleg akkor, amikor a jármű egyenesen halad. Viszont egy tényező ugyanaz, ez pedig az idő. A belső kerekeknek ugyanannyi idő jut megtenni a rövidebb ívet, mint a külső kerekeknek a hosszabbat. Ezért nem lehet a kerekeket egy közös tengelyre szilárdan, csak úgy felerősíteni, mert a jármű menetstabilitása jelentősen csökkenne kanyarodáskor.

A gépjármű ívmenetében a külső és belső kerekek fordulatszámai arányosak a kanyarodási sugarakkal. Ha a külső és belső kerék kerületi sebességének számtani középaránypárosát tekintjük a gépjármű közepes sebességének, akkor a kanyarodó kocsik külső íven haladó kereke annyi siet előre, mint amennyivel a belső íven haladó kerék visszamarad (15. ábra)



15. ábra  
(Dr. Gion J. et al., 1988)  
Hátsókerék-hajtású gépjármű ívmenete

A hajtómű szempontjából a jármű közepes fordulósugara:

$$R_k = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (1)$$

Közepes sebessége:

$$v_k = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (2)$$

Mivel a hajtott kerekek átmérője azonos, az előző egyenletek a kerekek fordulatszámára és szögsebességére is felírhatók:

$$n_k = \frac{n_1 + n_2}{2} \quad (3)$$

$$\omega_k = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \quad (4)$$

Ahol  $n_1$  és  $n_2$  a külső, illetve a belső hajtott kerekek fordulatszáma,  $\omega_1$  és  $\omega_2$  a külső, illetve a belső hajtott kerekek szögsebessége,  $n_k$  a közepes fordulatszám,  $\omega_k$  a közepes szögsebesség.

A gépjárművek mellső- és hátsókerék-hajtásához alkalmazott differenciálművek a hajtott féltengelyek felé egyenlő nyomatékokat továbbítanak, szimmetrikus differenciálműveknek nevezzük ezeket a rendszereket.

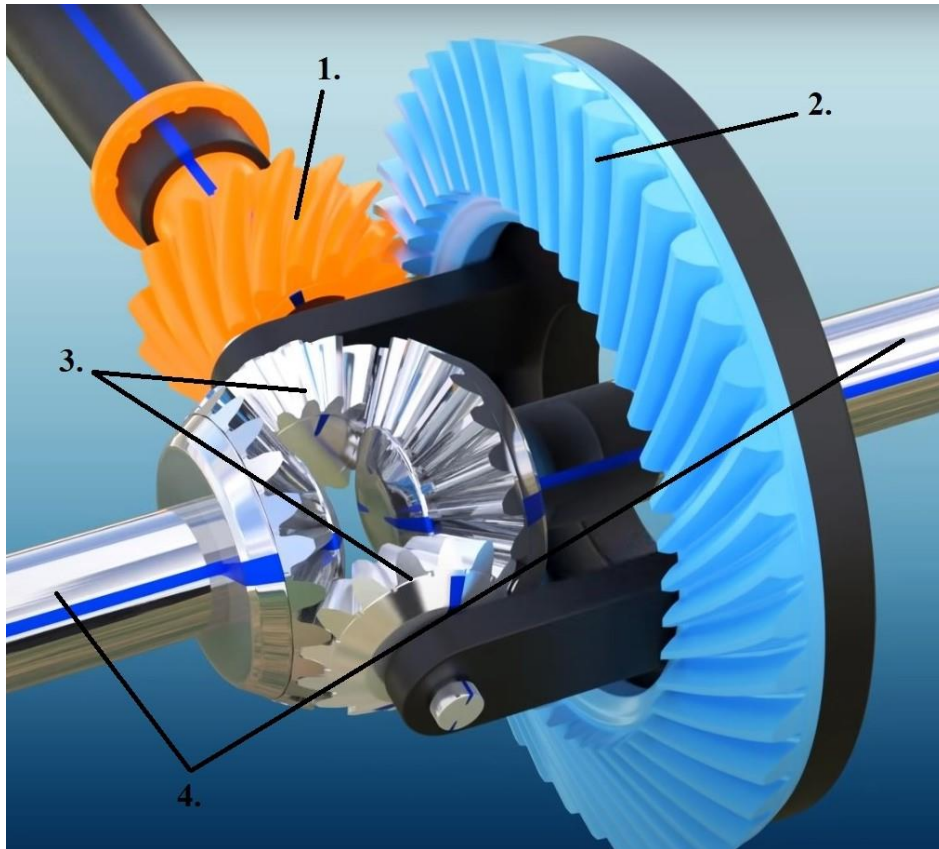
### 2.6.3.1 Szimmetrikus kúpkerékes differenciálművek

A motor bizonyos esetekben, akár a hibrideknél is hajthatja a hátsó kerekeket, a kardántengely, illetve a differenciálmű közvetítésével. A szimmetrikus differenciálművek közül a kúpkerékáttételű differenciálművek terjedtek el a legjobban a gyakorlatban. Ez azért is lehetséges, mert ez egy viszonylag egyszerűbb konstrukció, a kardántengelyhez csatlakozik a kúpkerék, mely által meghajtásra kerül a tányérkerék.

A kúp-tányérkerék áttételét nevezzük „főáttételnek”. Ez szabja meg a kardántengely és a hátsó kerekeket hajtó tengelyek közötti áttételt. A főáttétel általában 1:4 és 1:8 közé szokott esni, ez azt jelenti, hogy a hátsó kerekek fordulatszáma  $1/4$ -e,  $1/8$ -a a motorénak.

A tányérkerék fogszáma tehát annyiszor több a kúpkerék fogszámához képest, amekkora az áttétel. A mai modern gépjármű áttételek fogazásai spirális. Ez lehetővé teszi, egyszerre több fog kapcsolódását, amely nagyobb teherbíráshoz vezet. Egyéb előny, hogy zajtalanabb is a működése.

Egyes autótípusoknál előfordul olyan elrendezés, melyben a kúpkerék a tányérkerék középvonalánál lejjebb áll, ezáltal alacsonyabban helyezhető el a kardántengely. Ez a belső utastér megnövelésére szolgál. Az ilyen fogazást nevezik hipoid-fogazásnak. Előállításuk költségesebb, zajtalanul jár, de tökéletes olajozás kihagyása esetén rendkívül magas a kopása. A differenciálművet a főáttétel tányérkerékéhez csatlakoztatva szerelik be. Ha tehát, a tányérkerék forog, akkor a differenciálmű is forogni fog. A tányérkerék forgatja meg a csavarokkal/szegecsekkel hozzáerősített bolygóházat. A bolygóházba beépített bolygótengelyen ülnek a bolygókerekek. Ezekhez a bolygókerekhez csatlakoznak kétoldalt a féltengelyekre szerelt fogaskerekek. A féltengelyeken pedig a gépjármű meghajtókerekei találhatók, ez a szerkezeti felépítés minden üzemi helyzetben összehangolja a gépkocsi kerekeinek a mozgását (16.ábra).



16. ábra Kúpkerékáttételű differenciálmű (http1)  
 1. kúpkerék, 2. tányérkerék, 3. bolygókerékek, 4. féltengelyek

## 2.7 Mágneskuplung, mint lehetséges megoldás

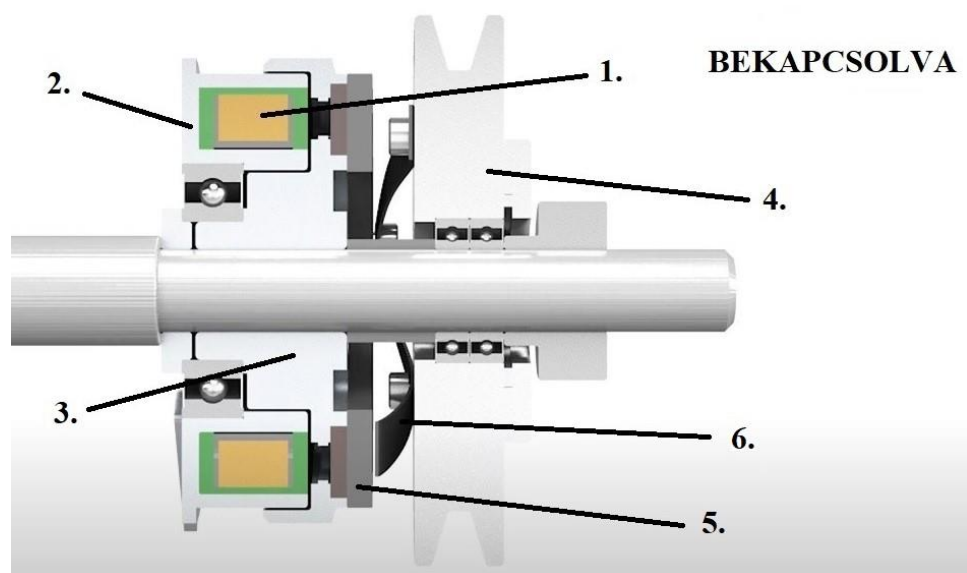
Azért esik szó erről az alkatrészről külön fejezetben, mert az elképzelésem szerint, ennek az elemnek az átalakításával megvalósítható lenne a hajtott tengely leválasztása a hajtásról, ezáltal megoldást jelenthetne a hátsókerék hajtású hibrid/elektromos gépjárművek vontatási problémáira. Azonban fontosnak tartom előtte bemutatni, hogy hogyan is működik alap esetben ez az alkatrész, is milyen részekből épül fel.

Elsősorban ezek a kuplungok az autók klímakompresszoraiban találhatóak meg. Ez az alkatrész felel a kompresszor tengelyének és a motor főtengelyének összekapcsolásáért. Akkor lép működésbe, amikor az elektromágnes tekercs áramot kap. Ez történhet a sofőr által egy kapcsolóval, vagy automata légkondi esetében a klímavezérlővel.

Négy fő komponensre osztható. Megtalálható benne egy elektromágnes, amely a kompresszor főtengelyével centrikusan van elhelyezve a kompresszor házára. Van egy forgórész, amely

egy reteszen keresztül van összekötve a meghajtandó aggregáttal vagy csapágy segítségével a kompresszortengelyre szerelve. A kuplung másik fele pedig egy kapcsolótárcsa, mely a rugólemezen keresztül kötődik össze a meghajtó elemmel, ez általában egy szíjtárcsa.

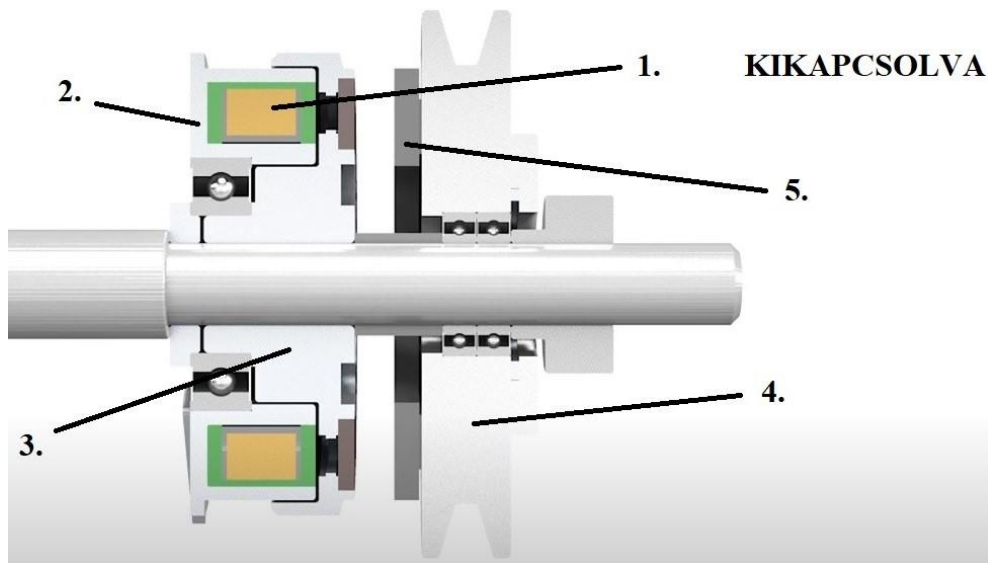
Feladata szinte megegyezik a hagyományos autó tengelykapcsolójáéval, pontosabban az abban megtalálható kuplungéval. Ott ugyanis a meghajtott tengelyre szükséges a megfelelő erőátviteli áttétet kapcsolni, a klímakompresszor esetében pedig magának a kompresszor meghajtását biztosító szíjtárcsameghajtást kell a megfelelő áttétellel a klímakompresszor tengelyére csatlakoztatni. Amikor jelet adunk és feszültség alá kerül az elektromágnes, akkor az mágneses mező a forgórészen és a kapcsolótárcsán keresztül záródik (hullámrugó ellenében), így átadódik a hajtás és elindul a klímakompresszor, mely által működésbe lép a klíma (17.ábra).



17. ábra Mágneskuplung működés közben (http2)

1. elektromágneskerecs, 2. állórész, 3. forgórész, 4. szíjtárcsa, 5. armatúra, 6. hullámrugó

Amint megszűnik a jel, bontja ezt az elektromágneses kötést az alkatrész, és újra csak magában forog a forgórész a szíjtárcsa meghajtása nélkül (18.ábra).



18. ábra  
Mágneskuplung kikapcsolt állapotban (http2)  
1. elektromágneskerecs, 2. állórész, 3. forgórész, 4. szíjtárcsa, 5. armatúra,

Az elképzelésem ezen a gyakorlati megoldáson alapul, tulajdonképpen egy hasonló szerkezetet szeretnék beépíteni a hibrid hajtómű kihajtó tengelye és a hátsó hajtást hátra szolgáltató kardántengely közé, ezáltal megoldva a hajtott tengely (az én esetben hátsó tengely) leválasztását a hajtáslánctól. Így vontathatóvá válna a jármű, nem minden esetben lenne szükség trélerre és speciális eszközökre a mentés alkalmával. Bővebben a dolgozatom második felében fogom kidolgozni az erre irányuló koncepcionális terveket, illetve az alkatrész biztonsági okokból való átalakítását.

## 2.8 Szakirodalmi áttekintés összefoglalása

Összefoglalva az eddigieket, mint ahogy bemutatásra került, manapság már rengeteg féle hibrid rendszer és egyéb technológiai megoldás létezik. Természetesen ezek közül vannak elterjedtebb változatok, például a vegyes hibridhajtás közül a nyomatékosztó teljesítményösszegző hibrid rendszerek. Azt is lényeges megjegyezni, hogy ezek a koncepciók napjainkban már rendkívül bonyolultak, így arra döntésre jutottam, hogy egy konkrét hibridrendszer típust választok ki, és arra leszűkítve próbálok pozitív hatást elérni a mindennapi használattal kapcsolatban. Ezek alapján igyekeztem olyan valós problémát



találni, amelynek esetleges megoldása talán hasznossá válhat, még ha csak elméleti szinten is. Úgy gondolom, hogy a hibrid gépjárművek mentése során, az elszállítás módja bizonyos esetekben igen nagy fejtörést okozhat a tulajdonosok számára. Ennek megkönnyítése érdekében készül a szakdolgozatom. Ahogy minden megoldásnak, valószínűleg ennek is lesznek előnyei és hátrányai, ezeket igyekszem majd feltárni és megemlíteni, illetve ami szerintem az egyik legfontosabb, a biztonsági tényezőkre kiemelt hangsúlyt fektetni, hiszen semmilyen kényelmi vagy egyéb funkció nem lehet jelentősebb, mint maga a vezető és az utasok biztonsága a jármű működése közben.

A szakirodalom feldolgozása során, észrevehető, hogy bizonyos erőátviteli rendszereket elég felületesen mutattam csak be, ez azért történt, mert rengeteg megoldás létezik, így azoknak részletes kidolgozása esetén nagyon eltértem volna a szakdolgozatom alap témájától, ebből kifolyólag igyekeztem kicsit leegyszerűsítve, egy adott változatot bemutatni, ahogy fentebb is írtam.

## 3. Hibrid hajtáslánc koncepcionális tervezése

### 3.1 Hajtáslánc átalakítás lehetőségeinek vizsgálata

A tervezés legelső fázisa a hibrid hajtáslánc vizsgálatával, elemzésével kezdődik, majd lehetséges változatainak kidolgozása, a pozitív hatás érdekében. Az én esetemben adott egy hátsókerekes hibrid hajtáslánc, mely leegyszerűsítve a következő elemeket tartalmazza: belsőégésű motor, villanymotorok, inverter, hajtómű, kardántengely, differenciálmű, féltengelyek.

A feladatom az, hogy amikor szükséges, akkor valamilyen megoldással leválaszthatóak legyenek a hajtott kerekek (én esetemben hátsó kerekek) a hajtásláncról. Ilyen esemény lehet például egy baleset utáni mentés, vagy csak egy szimpla meghibásodás, minek következtében az autó képtelen tovább haladni.

Amint elkezdtem foglalkozni az adott problémával, több lehetséges elvi megoldás is felmerült. Elméletben megtörténhet a leválasztás a hátsó kerekek féltengelyeinél, valamilyen mechanikus beavatkozóval, azonban jobban megvizsgálva a szerkezetet, a túlságosan nagy igénybevételek miatt elvetésre került az ötlet. Ideális helynek tűnt a kardántengely és a differenciálmű találkozása is, esetleg ott valamilyen mechanikus megoldás, de úgy gondoltam, hogy inkább valamilyen elektromos módszer sokkal kényelmesebb, szabályozhatóbb és nem utolsósorban biztonság-technikailag kivitelezhetőbb lenne. Így viszont célszerűbbnek tűnt minél előrébb tervezni a leválasztás helyét a hajtásláncban, ezzel csökkentve a felhasználandó kábelezés mennyiségét, illetve az ezzel járó munkát.

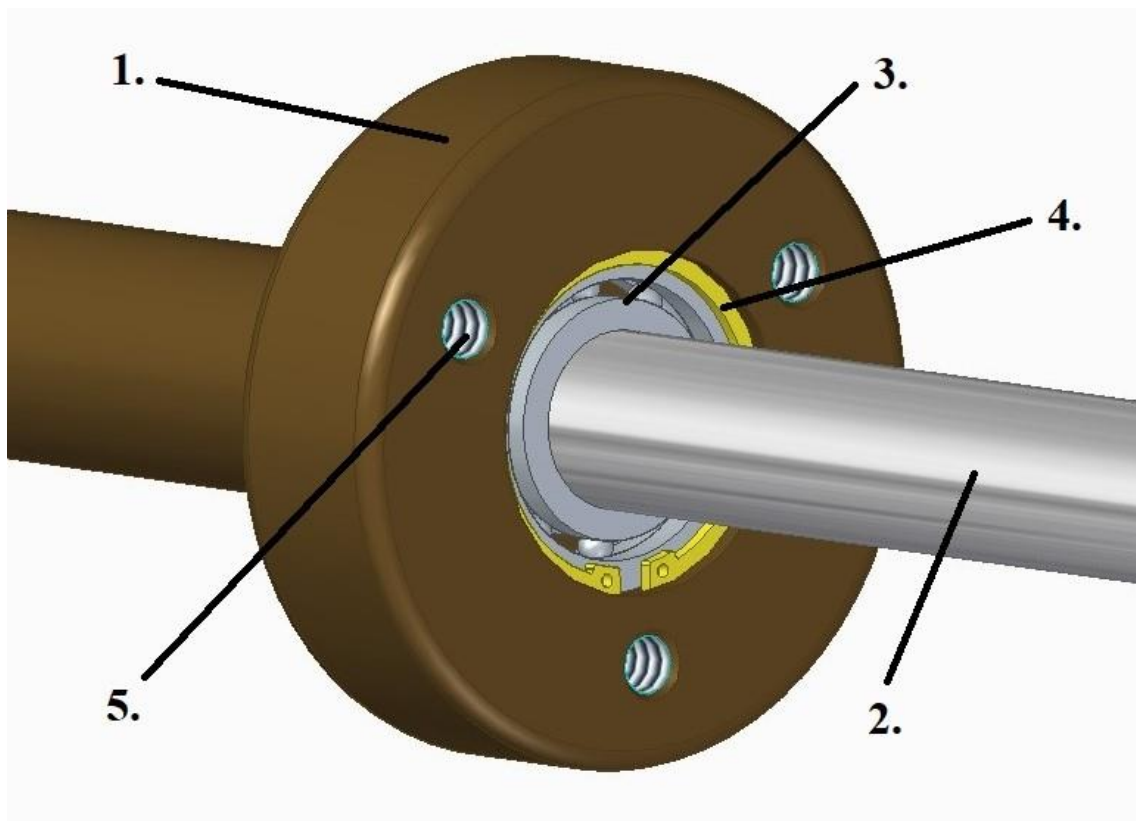
Ezen a gondolatmeneten keresztül jutottam el oda, hogy a legcélszerűbb pont, ahol megtörténhet a leválasztás, az a hibrid hajtómű kihajtó tengelye és a kardántengely közötti kapcsolat. Ezt pedig egy a klímakompresszorokban is használatos mágneskuplunggal képzelem el, természetesen kicsit átalakítva azt, de a lényege ugyanaz. Az utastérben egy kapcsolóval vagy akár automatikusan is le lehetne választani a kardántengelyt, megoldva a vontatás során felmerülő problémákat. Azért is tartom megfelelőnek ezt a megoldást, mert itt egy folyamatosan forgó tengelyt (hajtómű kihajtó tengelye) kell összekapcsolni, egy nem forgóval, tehát eleve egy bonyolultabb kapcsolásról van szó, nem beszélve az igénybevételekről, a jármű egész hajtása itt adódik át. A következőkben bővebben is bemutatom az elképzelésemet.

## 3.2 Konceptcionális tervezés menete

A szerkesztést Solid Edge 2019 program segítségével végeztem el, mivel ez egy koncepcionális tervezés, így pontos méretekkel, adatokkal nem rendelkezem a konstrukciót illetően, de a kivitelezés méretarányosnak mondható, és elméletben működőképes.

### 3.2.1 Hajtómű kihajtó tengely

A hajtómű kihajtó tengelyének végét átalakítani szükséges, mégpedig a következőképpen. Az elképzelésem szerint a tengely végén egy tömör házat kell kialakítani. Ez több feladatot is ellátna egyszerre. Lényegében egy a konstrukcióra méretezett csapágy házaként funkcionálna, illetve erre az elemre lenne felerősítve a hullámrugó is, mely a kapcsolat alaphelyzetét biztosítja (szétkapcsolt állapot). (19. ábra)



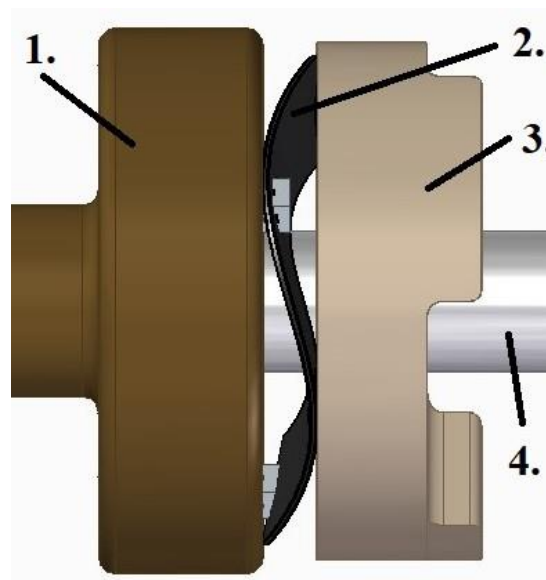
19. ábra Hajtómű kihajtó tengely oldal  
1. Kihajtó tengely és ház, 2. Központosító tengely,  
3. Csapágy, 4. Zéger gyűrű, 5. Menetes furatok

Az odafoogatást csavarokkal képzeltem el, ezek pontos adatai/tulajdonságai szintén a méretezéstől függenek, mint például a darabszám, az átmérő, a csavarhossz, a szakítószilárdság. Annyi biztos, hogy mivel elég nagy igénybevételekről van szó, így nagy szilárdságú csavarokra lesz szükség, például 10.9-es acélcsvarek.

Ahogy már említésre került, a ház belsejébe egy csapálynak kell kerülnie, ez azért szükséges, mert a hajtás átadását egy elektromágnessel vezérelt körmös kapcsolás fogja biztosítani, és a konstrukcióba tervezett központosító tengely garantálja a körmös tárcsák precíz és pontos illeszkedését. Kezdetben ide egy bronzperselyes megoldást gondoltam, de arra a következtetésre jutottam, hogy egy csapály sokkal jobb kivitelezés eredményez a karbantartás szempontjából is. Ugyanis a perselyt is időközönként újra kéne zsírozni a megfelelő kenés érdekében,

Tehát ez a tengely fog a csapályban végződni a kihajtó tengely végében kialakított házban. Biztonságtechnikai okokból kifolyólag a csapályat rögzíteni kell, ezt egy külön a csapályra méretezett belső zéger gyűrű segítségével oldottam meg, melyet a gyűrűnek kialakított nútba kell befogatni.

A csavarokkal a házra rögzített hullámrugóra van erősítve a hajtómű oldali körmös tárcsa, szintén csavarkötéssel megoldva. Így a körmös tárcsa szabadon tud mozogni a rugóerő ellenében, akkor amikor az szükséges. A tárcsán trapéz alakú körmöket alakítottam ki, ezt tartottam a leghatásosabb kivitelezésnek, de részletesebben is befogom mutatni (20.ábra)

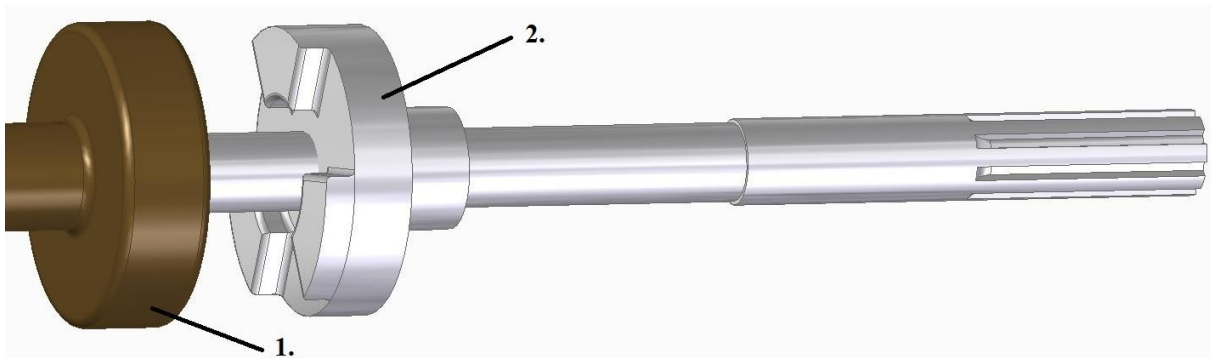


20. ábra Körmös tárcsa rögzítése  
1. Kihajtó tengely, 2. Hullámrugó,  
3. Körmös tárcsa, 4. Központosító tengely

### 3.2.2 Központosító tengely

Az egész szerkezet egyik legfontosabb és talán a legbonyolultabb eleme, ugyanis ezzel az alkatrészrel valósítható meg egy fix forgástengely, mely elengedhetetlen ahhoz, hogy a trapéz alakú körmös tárcsák megfelelően illeszkedjenek a hajtás összekapcsolásának pillanatában. Működés szempontjából nélkülözhetetlen a központosító tengely és a másik oldali körmös tárcsa egy anyagból való készítése. Lehetne olyan megoldás is, ahol a körmös tárcsa külön alkatrészként van beépítve, de abban az esetben is valamilyen formában rögzíteni kéne a tengelyhez, ráadásul olyan módon, hogy az semmilyen körülmények között se tudjon külön mozogni a központosító tengelytől. Ez nagyon fontos, ezért én az egy anyagból való gyártás mellett döntöttem, még ha ez bonyolultabb gyártási technológiával is jár.

A tengelyre tervezett körmös tárcsára, egy agyat is készítettem, erre fog illeszkedni a második csapágy, amely tulajdonképpen megteremti az mágnesstekercsház forgó- illetve állórész közötti kapcsolatot (21.ábra). Pontosan úgy, akár egy mágneskuplungban.

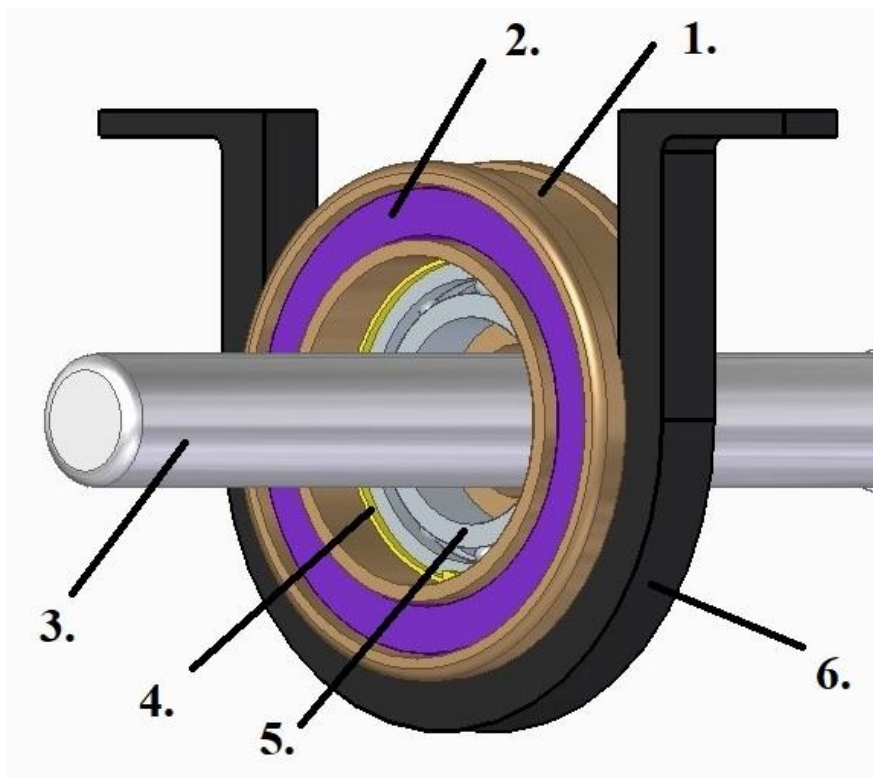


21. ábra Központosító tengely teljes felépítése  
1. Kihajtó tengely, 2. Kardán oldali körmös tárcsa

A központosító tengely egyik vége ugye a hajtómű kihajtó tengelyének csapágyházában végződik, másik végének pedig valójában már a kardántengelyhez kell közvetlenül kapcsolódnia, erre egy bordástengely kapcsolatot találtam megfelelőnek, a lényeg, hogy itt már nem egy működés közben bontható csatlakozásról van. A hajtáslánc többi része ugyanaz maradhat, mint a mostani hibrid járművekben, mely tartalmazza a kardántengelyt, a differenciálművet, a féltengelyeket, kerékagycsapágyakat.

### 3.2.3 Mágnes-tekeresház

Mint ahogy fentebb írtam, a kardán oldali körmös tárcsára terveztem egy agyat, amelyre fellehet építeni a mágnes-tekeresházat. Ez szintén egy csapággal oldható meg a legegyszerűbben, azonban ide egy nagyobb alkatrész beszerelése indokolt, a körmös tárcsa átmérője végett. A csapágyat ugyanúgy, mint a másik oldalt, itt is zéger gyűrű tartja a helyén, mely ez esetben a mágnes-tekeresházba vágott nútba szorul bele. A mágnes-tekeresházat a 22-es ábrán látható módon képzelem beépíteni, a fennmaradó hézagokat a ház és a tekercs között, valamilyen kezdetben folyékony műanyaggal öntik ki, amely megszilárdul és onnantól kezdve a helyén tartja magát az elektromágnes. Ez a mágneskoplungok gyártása során is így történik.



22. ábra Mágnes-tekeresház felépítése  
1. Mágnes-tekeresház, 2. Elektromágnes,  
3. Központosító tengely, 4. Zéger gyűrű, 5. Csapágy, 6. Kengyel

Mivel a mágnes-tekeresház csak lógna a levegőben, így kikellett találnom valamilyen elemet, mellyel megfelelő pozícióba állíthatom. Erre tökéletesen megfelel egy kengyel formájú komponens, mely a kocsikarosszériájához csavarozva tartja a mágnes-tekeresházat. Az rezgések és egyéb rángások hatására a ház kieshetne a kengyelből, ezért a házba egy azonos

nagyságú hornyot vágtam bele, mely nem engedi, hogy a ház nagy mértékben elmozdulhasson. Fontos, hogy ez a kengyel csak a mágnes-tekeresházat tartja, magát a központosító tengelyt nem.

Mivel a mágnes-tekeresházat árammal kell ellátni ahhoz, hogy működhessen, ezért a vezetékek bekötésével is számolni kell, erre megoldás lehet a kengyel egyik oldali szára, melyre könnyen felerősíthető bármilyen vezeték, onnantól kezdve pedig a karosszérián keresztül elvezethető a vezérlőegységig.

### 3.3 A konstrukció működési állapotai, szabályozása

#### 3.3.1 Alapállapot

Alapesetben a mágnes-tekeresház nem kap áramot, így az elektromágnes nem képez mágneses mezőt a rendszerben. Ez az állapot lesz az alaphelyzet, ebben a fázisban a szerkezet nem kapcsolja össze a hajtóművet, illetve a kardántengelyt, azaz bontja a hajtásláncot (23. ábra). Ekkor válik lehetségessé a jármű vontatása, mentése, akár egyéb speciális eszközök nélkül is.



23. ábra Nyitott állapot

Tulajdonképpen a lényeg az, hogy ilyenkor a mágnes-tekeresház nem kap áramot, úgy az elektromágnes nem vonzza magához a hajtómű oldali körmös tárcsát, ezáltal a körmös pofák nincsenek kapcsolatban egymással, tehát az összeköttetés bontva van.

Erre a legegyszerűbb példa, amikor jármű parkoló módban/üresben van, nem jár a motor, nincs áram alatt.

### 3.3.2 Üzemi állapot

Mikor a mágnesekercs áramot kap, akkor az elektromágnes egy mágneses mezőt képez a rendszeren belül, mely magához vonzza a hajtómű oldali körmös tárcsát, amely így összekapcsolódik a másik körmös tárcsával, létrehozva a hajtáslánc összeköttetését (24. ábra). Ez egyértelműen akkor valósul meg, amikor a jármű üzemképes, és használatba kerül.



24. ábra Zárt állapot

### 3.3.3 Szabályozás

A szabályozás lényege, hogy a működési állapotok a jármű éppen aktuális üzemi helyzetétől függetlenül is változtathatóak legyenek.

Egy esetleges meghibásodás esetén, a menet közbeni szétválás nem azonnal következik be a centrifugális erő hatása miatt, illetve a körmös tárcsák trapéz alakú kialakítása végett, ugyanis a megfelelő forgatónyomaték hatására a tárcsák zárt állapotban maradnak. Egy bizonyos fordulatszám esésekor, ez a zárt állapot nyitottá válhat, de ez nem befolyásolja



a későbbi üzembiztonságot. Példaként, ha a mágneskerescs áramköre meghibásodik, akár egy gyorsításkor, nem befolyásolja az üzembiztonságot, mivel a megfelelő forgatónyomaték biztosítja a trapéz alakú körmös kapcsolók zárt állapotban való működését. A fordulatszám esésekor, ez a kapcsolat megszűnik, de ennek forgalombiztonsági szempontból történő időbeli lefutása hosszabb, a szétkapcsolódás nem azonnal történik, és a vezető időben közbe tud lépni. Természetesen ez csak a mágneskapcsoló meghibásodása, illetve a mágneskapcsoló tápáramának megszűnésekor történhet meg.

A mágneskerescs szabályozása érdekében felmerül egy vezérlési lehetőség, ami automatikus működést eredményezhet. A mágneskerescs betáplálása történhet a gyújtás tápáramán keresztül megfelelően méretezett biztosítékon keresztül, ami azt eredményezi, hogy járó motor esetében a mágneskerescs megkapja a pozitív feszültséget, ezáltal behúzott állapotba kerül a mágneskuplung. Így a hajtás zárt állapotban marad. Leállított motor esetén automatikusan, lekapcsolásra kerül a pozitív feszültség és a mágneskapcsoló oldott állapotba kerül, ezáltal a körmös kapcsoló záródása is megszűnik, így automatikussá válik a körmös kapcsolás szétválasztása.

Összegezve tehát, gyújtás nélküli állapotban a rendszer alaphelyzetben van (nyitott helyzet), így szabadon mozdítható, vontatható a jármű. Abban a pillanatban, hogy a mágneskerescs tápáramot kap, azaz gyújtás alá kerül az autó, a szerkezet létrehozza a kapcsolatot a hajtómű és a kardántengely között a trapéz alakú körmös csatlakozók segítségével. Ez az összeköttetés egészen addig fennmarad, amíg a mágneskerescs megkapja a szükséges tápáramot. Ha megszűnik az áramellátás a rendszer visszakapcsol az eredeti állapotába (nyitott helyzet), bontva ezzel a hajtásláncot. Ez csakis a kocsi leállításakor, illetve egy esetleges meghibásodás esetén következhet be.

### **3.4 Karbantartási szükségletek**

A rendszernek nincsenek különösebb karbantartási igényei, a beépítendő csapágyak élettartama határozhatja meg a csereidőszak nagyságát. Az egyéb szennyeződések (pl.: föld, sár, víz) bejutási lehetőségei csökkenthetők, egy külső takaróelem segítségével mely az autó karosszériájához erősíthető.

## **3.5 A rendszer előnyei, hátrányai**

### **3.5.1 Előnyök**

Mindenképpen a konstrukció előnyei közé sorolható, hogy a hibrid hajtáslánc szétkapcsolható, így a jármű vészüzemi kezelése pozitív irányba fejlődött. Valójában a koncepcionális tervezés fő célja is ennek a problémának a megoldása volt.

Véleményem szerint ide sorolandó az is, hogy a rendszer elektromosan működik, tehát nem szükséges a mentés során a gépkocsi alá mászni és akár egy ott elhelyezett mechanikus kar segítségével leválasztani a hajtott tengelyt. Ez szintén nagyban megkönnyíti a mentési munkálatokat, illetve, ha a jármű esetlegesen egy veszélyes útszakaszon hibásodik meg (például: autópálya, kereszteződés), akkor a biztonságba helyezése sokkal hamarabb megkezdődhet, így csökkentve a baleset/meghibásodás miatt megnövekedett forgalmat.

Újabb előnynek mondható, hogy a konstrukciót igyekeztem úgy megtervezni, hogy a változások, illetve ez az új funkció ne befolyásolja az átlag felhasználót, ne járjon plusz beavatkozással a vezető részéről, működése tulajdonképpen automatikus, a gépkocsi vezető semmit sem észlel abból, amikor rendszer indításkor összekapcsolja a hajtást. Illetve mivel az alapállapot a mágneskuplung nyitott helyzetét jelenti, így az autó leállításkor sincs egyéb teendő, a gépjármű a motor leállítását követően szabadon tolható, vontatható.

A trapéz kialakítású körmös kapcsolás biztonság-technikailag szintén javítja a szerkezet működését, tengelykapcsolóknál is alkalmazzák, véleményem szerint ez a legjobb választás erre a konstrukcióra, ugyanis itt is nagy igénybevételekről van szó.

### **3.5.2. Hátrányok**

Ahogy rengeteg előnye van, úgy akad számos hátránya is a szerkezetnek. A konstrukció beépítésével ugyanis növeltük a meghibásodásra esélyes alkatrészek számát. Ez értendő a csapágyakra, a mágneskapcsolóra, a hullámrugóra, illetve a körmös kapcsolók kopására is. Illetve, ahogy fentebb is írtam a tápáram vezetékének sérülése, szakadása esetén is megszűnik a hajtás, mivel tápáram hiányában az elektromágnes nem vonzza magához a hajtómű oldali körmös tárcsát, mely az összeköttetést biztosítaná.

A csapágyak esetében számolni kell az élettartammal kapcsolatos problémákkal, melyből fakadnak a kopási és kenési nehézségek. A bonyolult felépítésből következik, hogy ezeknek

a csapágyaknak az esetleges cseréje időigényes és költséges lehet, még ha ritkán előforduló és természetes folyamatról is van szó.

A trapéz kialakítású körmös tárcsák kopásával is lehet számolni, bár úgy gondolom ez nem akkora probléma, hosszútávon ugyanis ennek mértéke igen kicsi, ha megfelelő az anyagválasztás a gyártás során. Illetve lehet képezni a külső felületekre valamilyen extra védőréteget, de ez már a gyártástechnológia területét érinti.

A mágneskapcsolót illetően, hiba lehet, ha az elektromágnes tekercse megszakad, ennek orvoslása szintén csak cserével történhet.

Fontos megemlíteni azt is hátrányként, hogy az általam megtervezett modellezés csak a hátsó kerek hibríd hajtású járművek esetén használható. A dolgozat következő fejezetében bővebben is bemutatom, megvizsgálom ennek az okát.

Összegezve, a használat során természetes módon történő erodálás ellen nincs nagyon megoldás, el kell fogadni és számolni vele, amikor egy konstrukció tervezése történik. Ennek ellenére elmondhatom, hogy úgy érzem több pozitív hatást ér el a szerkezet, mint amennyi hátránya származik belőle.

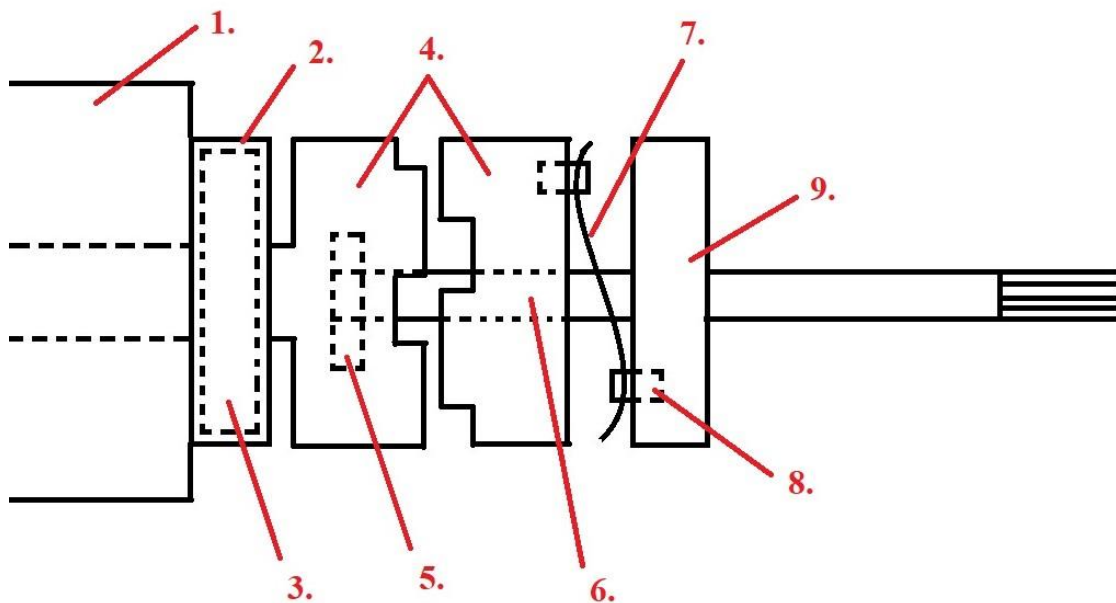
### **3.6 Javaslato, egyéb megoldások, fejlesztési lehetőségek**

A szerkezet működésének, biztonságtechnikai szempontból való javítása érdekében több lehetséges, de nem ennyire kidolgozott megoldás is számba vehető.

Az egyik ilyen elképzelésem az lenne, ha magát a szerkezetet működtető elektromágnes a hajtómű oldalán helyezném el. Tulajdonképpen az egész rendszert megfordítanám, de a működése szempontjából ugyanúgy működne (25.ábra).

Természetesen ebben az esetben a mágnesetekercsházat is szükséges áttervezni erre az oldalra, viszont a felépítés szemszögéből egyszerűbb lenne, ugyanis a hajtómű házon könnyebben kivitelezhető egy állórész kiképzése. A tekercsház, illetve az elektromágnes állórészként való használata alapfeltétel, a konstrukció csak így működik. Azonban, ha így megoldható lenne a hajtómű oldali elemek összeállítása, onnantól kezdve nem lenne szükség a mágnesetekercsházat tartó kengyelre, ezzel egy elemmel csökkenthető lenne a szerkezet. A trapéz alakú körmös kapcsolást mindenféleképpen megtartanám ebben a konstrukcióban is, annyi különbséggel, hogy ebben a megfordított rendszerben a hajtómű kihajtótengelyének

vége lenne áttervezve, alpból az egyik oldali körmös tárcsának, ez töltené be a fix tárcsa szerepét, mely nem mozoghat semmilyen irányban sem csakis forgást végezhet, ez esetben a hajtás fordulatszámával lenne egyenlő. A központosító tengely ugyancsak elengedhetetlen elem, ez a fix körmös pofában kiképzett csapágyban végződhetne az egyik oldalt, másik oldala ugyanúgy a kardántengelyhez csatlakozna, mint az alap konstrukcióban. A kardán oldali körmös tárcsa pedig egy a központosító tengellyel egybe gyártott tárcsára erősített hullámrugóval kapcsolódna.



25. ábra Szerkezetiileg megfordított rendszer egyszerűsített vázlata  
 1. Hajtóműház, 2. Mágnesekercsház, 3. Elektromágnes,  
 4. Körmös tárcsák, 5. Csapágy, 6. Központosító tengely,  
 7. Hullámrugó, 8. Csavarkötések, 9. Központosító tengely tárcsa

Lényegében ugyanúgy működne a rendszer, mint az alap változat, tehát a tápáram hatására az elektromágnes maga felé vonzaná a kardán oldali körmös tárcsát a hullámrugó erejének ellenében, ezzel megvalósulna a hajtásátvitel.

Plusz a mágneskapcsoló tápáram ellátása jóval egyszerűbben megoldható lehetne, és nem lenne szükség egy extra tartóelemre (kengyel). Illetve az alap koncepcióhoz képest csak egy csapágy beépítésére lenne szükség, csökkentve ezzel a meghibásodásra képes alkatrészek számát.

Felmerült bennem egy másik lehetőség is a konstrukció átalakításával kapcsolatban. Ez a koncepció nem teljesen kidolgozott, nem megoldott problémát tartalmaz, de érdekes lehet. A lényege az lenne, hogy a rendszer teljesen elektromos vezérléssel működhessen. Ezt úgy értem, hogy a jelenlegi állás szerint félig ugyan elektromosan működik a hajtás kapcsolása, de a szétválasztás nem. Hiszen amikor a tekercs nem kap tápáramot, akkor a rugóerő hatására a hullámrugó visszarántja alaphelyzetbe a körmös tárcsát. Tehát lényegében egy automata, de mechanikus elem végzi el ezt a feladatot.

A hullámrugó helyett arra gondoltam, hogy még egy elektromágnes behelyezésével is történhetne a szabályozás. Tulajdonképpen ahol a hullámrugó került beépítésre, oda kerülhetne egy másik mágnes tekercsház is.

Tény, hogy ezzel a lépéssel, nagyban bonyolítjuk a rendszert, mivel külön-külön tápárammal szükséges ellátni mindkét elektromágnes, de igazából ezt a problémát már orvosoltam az eddigi megoldások során, így nem okoz hatalmas fejtörést ennek kitalálása. Egészen pontosan ez a szerkezet az előzőek keveréke lenne. Megmaradna az alap koncepcióban megtervezett kardán oldali rész, és kerülne még egy mágnes tekercsház a „szerkezetiileg megfordított rendszer” vázlatára alapján.

A megoldandó probléma az, hogy a központosító tengely miatt a körmös tárcsák nem kapcsolhatók ez esetben, mert a kardán oldali tárcsa fix, hiszen egybe gyártott a tengellyel, tehát mindenféleképpen a hajtóműoldali körmös tárcsát kellene mozgatni. Így jutottam el oda, hogy egy olyan megoldásra lenne szükség, ahol ez a tárcsa mozgatható a központosító tengely tengelyirányába, de közben kapcsolatban van a hajtómű kihajtó tengelyével is. Ezt túl bonyolultnak találtam, ezért elvettem ennek a rendszernek az elméleti megvalósítását, de érdekességképpen beszerettem volna mutatni a dolgozatomban.

Nem említettem hátrányként azt a tényt, hogy a rendszer alaphelyzete az a körmös kapcsolók nyitott állapota. Igazából ez azért történt, mert nem feltétlen tartom annak. Eredetileg úgy akartam szabályozni a mechanizmust, hogy az alapállása az a zárt állapot legyen, mikor megvalósul a körmös kapcsolás. Majd ezt lehetett volna irányítani, nyitott állapot megvalósítására, véleményem szerint biztonság-technikailag még biztonságosabb lett volna, ha sikerül így megoldanom a problémát. Ezzel a témával is érdekes lehetne foglalkozni, de ezt most lezáratlanul hagyom, mert már van egy alap koncepcióm.

Amivel viszont feltétlen foglalkoznom kell és erről esett is szó a hátrányoknál az az, hogy a szerkezet csakis a hátsó kerekes hibrid járművekben alkalmazható.

A dolgozat szakirodalom részében bemutatásra került röviden az első kerékhajtású hibrid rendszerek felépítése, azonban arról nem esett szó, hogyan ebben az esetben hogyan lenne lehetséges megoldani a hajtás leválasztását. Ezt azért is bonyolult kitalálni mert rengeteg konstrukció létezik már a piacon, ezért vettem alapul a Toyota Prius hajtásláncát.

Az egyik legnagyobb különbség az első és hátsó kerekes hajtáskonstrukciók között az az, hogy az utóbbi esetében mindenképpen szükség van egy olyan elemre, amely hátra tudja szolgáltatni a hajtóműből kijövő forgatónyomatékat. Erre tökéletes megoldás a kardántengely. Ebből a szempontból sokkal egyszerűbbnek és megvalósíthatóbbnak tűnt már alapból, a hátsó kerekes hibrid hajtásláncok esetleges átalakítása, hiszen több lehetőség nyílt a hajtás megbontására. Ezeket a lehetőségeket pontról pontra végig vettem az előzőekben.

Azonban első kerekes hibrid hajtás esetén semmilyen közvetítőelem sincs a hajtómű és a differenciálmű között, ezért rendkívül bonyolultnak találtam bármilyen megoldást találni arra, hogy szétválasztható legyen a hajtómű, illetve a differenciálmű.

Lehetséges megoldás lehetne itt is az első kerekek féltengelye körül keresni valamilyen lehetőséget, akár ugyanezzel a megoldással, mint amit kitaláltam, de ugyanaz a probléma ezzel is mint a hátsó kerekek esetében, túl nagyok találok az igénybevételeket. Véleményem szerint ennek a gondnak a megfejtése a hibrid rendszer bolygóműves hajtóművében keresendő, de az egy rendkívül bonyolult és összetett rendszer, magában kitehetne egy egész szakdolgozatot és valószínűleg túlságosan nagy átalakításokra lenne szükség ahhoz, hogy bármilyen formában is megérje vele foglalkozni.

## 4. Összefoglalás

Dolgozatom fő témája a hibrid járművek vészüzemi kezelési problémáinak megoldása volt, egy koncepcionális tervezés megvalósulásában. Ez egy valós probléma, hiszen manapság egy hibrid/elektromos autó meghibásodása a tréleres elszállításán kívül más mentési módra nincs lehetőség, a vontatása ezen típusú járműveknek tilos. Emiatt a mentés sokszor jóval hosszabb és költségesebb, mint lehetne.

A szakirodalom összeállítása során igyekeztem tömören és érthetően bemutatni a különféle hibrid rendszereket, illetve csoportosítani azokat többféle nézőpont alapján is. Egyes esetekben kitértem bizonyos előnyeikre és hátrányaikra is. A hibrid hajtásláncok vizsgálata kiemelt szerepet kapott a dolgozatban, mert ez szolgált alapul a későbbi koncepcionális tervek elkészítésben. Előfordulhat, hogy néhány fejezetben felületesen mutattam be egyes erőátviteli rendszereket, ez a téma céljának fókuszpontban tartása érdekében történt, nem szerettem volna túlságosan eltérni az alapproblémától. A könnyebb tájékozódás érdekében megemlítettem és röviden bemutattam konkrét autótípus példákat is, melyeken keresztül érthetőbbé próbáltam tenni a rendszerek felépítését és a tervezés menetét.

A tervezést Solid Edge 2019 program segítségével készítettem el, koncepcionális tervezés révén, nem rendelkezem pontos adatokkal, méretekkel a koncepciót illetően, de méretarányosnak mondható és elméletben működőképesnek. Igyekeztem saját készítésű képekkel, rajzokkal könnyíteni a rendszer felépítésének és működésének megértését. Törekedtem az általam létrehozott szerkezet alapos tanulmányozása után, bemutatni annak összes előnyét és hátrányát, és javaslatokat tenni egyéb megoldások lehetőségére, illetve a meglévő konstrukció lehetséges fejlesztésére, átalakítására. Röviden megpróbáltam megvizsgálni egy másik rendszer felépítését és problémáját is, mely megoldandó feladat maradt, de lényegében az általam kiválasztott hibrid hajtáslánc szétválasztási lehetősége megvalósíthatóvá vált.

Úgy gondolom, amit elterveztem az nagyjából mind sikerült, és remélem, hogy tudtam valami hasznos dolgot létrehozni, még ha az nem is fog elterjedni ipari környezetben.

## 5. Summary

The main topic of my thesis was the solution of the emergency management problems of hybrid vehicles, in the realization of a conceptual design. This is a real problem, since nowadays there is no other way to rescue a hybrid/electric car if it breaks down, just by trailer and towing these vehicles is prohibited. Because of this, it is often much longer and more expensive than it could be.

During the compilation of the literature, I tried to present the various hybrid systems concisely and comprehensibly, and to group them based on several points of view. In some cases, I have covered certain advantages and disadvantages. The investigation of hybrid drivetrains was given a special role in the thesis, because it served in the preparation of the later conceptual plans. It may happen that I presented some power transmission systems superficially in some chapters, this was done to keep the purpose of the topic in focus, I did not want to deviate too much from the basic problem. For easier orientation, I also mentioned and briefly presented examples of specific car types, through which I tried to make the structure of the systems and the planning process more understandable.

I made the design using the Solid Edge 2019 program, through conceptual design, I do not have exact data and dimensions regarding the concept, but it can be said to be proportional and functional in theory. I tried to make it easier to understand the structure and operation of the system with my own pictures and drawings. After a thorough study of what I consider to be the original structure, I tried to present all its advantages and disadvantages, and to make suggestions for the possibility of other solutions, as well as for the possible development and transformation of the existing structure. In short, I systematically tried to examine the structure and problems of another one, which remained a task to be solved, but essentially the option of separating the hybrid drivetrain I had chosen became feasible.

I think that everything I planned was successful, and I hope that I made something useful, even if it will not spread in an industrial environment.



## 6. Irodalomjegyzék

- 1) Dr. Emőd István, Tölgyesi Zoltán, Zöldy Máté, Alternatív járműhajtások, Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., 2006
- 2) Dr. Gion János, Szilvási Bertalan, Tramontini Ferenc, Korszerű gépjárműszerkezetek, Budapest: Közlekedési Minisztérium Oktatási Osztálya, 1988
- 3) Dr. Vas Attila, Általános géptan, Gödöllő: Innovációs Központ Kft., 2004
- 4) Pletser József, Gépjármű-villamosság 2., Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft., 2018
- 5) Robert Bosch GmbH, Hybrid Drives, Fuel Cells and Alternative Fuels, Postfach, 2008
- 6) Ternai Zoltán, szerk.: Dr. Bács Gyula, Márkus Bálint, A Gépkocsi, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1958
- 7) Zinner György, Gépjárművek Erőátviteli Berendezései, Tankönyvmester Kiadó, 2005
- 8) (http1): Lesics: „Differential, How Does it work?“, 2020.11.11.  
<https://www.youtube.com/watch?v=nC6fsNXdcMQ> (2023.09.12.)
- 9) (http2): Miki Pulley: „Electro magnetic Clutch – working principal“, 2019.06.19.  
<https://www.youtube.com/watch?v=tekdkOaz908> (2023.09.10.)
- 10) (http3): JATCO: „How Does a Transmission for a RWD Hybrid Vehicle Work?“  
2012.11.02. [https://www.youtube.com/watch?v=m6X\\_yYe1qX0](https://www.youtube.com/watch?v=m6X_yYe1qX0) (2023.09.15.)
- 11) (http4): The Wheel Network: „Mercedes-Benz 9G-TRONIC 9-speed hybrid transmission“2018.10.14. <https://www.youtube.com/watch?v=QMIFyMCAIEI>  
(2023.09.15.)

- 12) (http5): ZF Group: „ZF 8 Speed Plug-In Hybrid Transmission” 2018.09.13.  
<https://www.youtube.com/watch?v=owd40BEK34M> (2023.09.15.)
- 13) (http6): Ogura Clutch: Electromagnetic Clutches and Brakes  
[https://ogura-clutch.com/electromagnetic\\_clutch.php](https://ogura-clutch.com/electromagnetic_clutch.php) (2023.09.10.)
- 14) (http7): KEB America: „Electromagnetic Clutches – How It Works” 2015.07.08.  
<https://www.youtube.com/watch?v=OztP3uFIUII> (2023.09.10.)

## 7. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Tácsik Dániel
A Hallgató Neptun kódja:	UEYYNH
A dolgozat címe:	Hibrid és elektromos hajtású autók erőátviteli rendszereinek elemzése
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Járműtechnika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 11. hó 10. nap

  
Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Tácsik Dániel (hallgató Neptun azonosítója: UEYYNH) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2023 év 09 hó 25 nap

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## **8. Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszönni Prof. Dr. Kiss Péter Tanár Úrnak a szakdolgozat formai követelményeivel kapcsolatban adott korrekt tájékoztatását/támogatását, Dr. Pillinger György Tanár Úrnak, hogy belső konzulensemként végig segítette a dolgozat elkészültét konzultációk formájában, és külön szeretném megköszönni édesapámnak Tácsik Bélának, aki alternatív járműtechnikus szakemberként, nagyban támogatta a dolgozat elkészültének sikerességét, gyakorlatban szerzett tapasztalatainak megosztásával.