

M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Gépjárműtechnológia Tanszék

**HIBRID HAJTÁSRENDSZER ÉS REDUNDÁNS  
TÁPRENDSZER TERVEZÉSE AUTONÓM GÉPJÁRMŰVEK  
SZÁMÁRA**

Készítette: Göntér Ábel

Járműmérnöki szak

Gépjárművek szakirány

2017

Konzulensek: Dr. Tihanyi Viktor, Vass Sándor

## Tartalom

1	Összefoglalás .....	4
2	Abstract .....	5
3	Bevezetés .....	6
3.1	Az autonóm járművekről általában.....	6
3.2	A hibrid gépjárművek létjogosultsága .....	8
4	A jármű bemutatása .....	10
4.1	Alap adatok.....	10
5	A Konceptió bemutatása .....	12
5.1	A hibrid rendszer kialakítása .....	12
5.2	A hibrid rendszer üzemmódjai .....	13
5.3	A redundáns táprendszer kialakítása .....	15
6	Mérések bemutatása.....	17
6.1	Fékpadi mérés bemutatása.....	19
6.2	A mérés korrekciója, származtatott értékek .....	21
6.3	Menetellenállások vizsgálata.....	25
6.4	Gördülési ellenállás .....	25
6.5	Légellenállás:.....	25
6.6	Gyorsítással szembeni ellenállás .....	26
7	WLTP ciklus alkalmazásának bemutatása.....	27
7.1	A ciklusról általában.....	27
7.2	Ciklus szerinti vizsgálat előnye és hátránya .....	27
7.3	A mérési eredmények finomítása .....	28
7.4	Méretezési alapelvek, kritériumok a szimulációk függvényében.....	28
8	Hajtáslánc részegységeinek méretezése.....	30
8.1	Indító generátor.....	30
8.1.1	Indításhoz szükséges teljesítmény.....	31

8.1.2	Hibrid akkumulátortöltéséhez szükséges teljesítmény.....	31
8.1.3	A 12V-os hálózat töltéséhez szükséges teljesítmény .....	31
8.2	Kerékagymotorok .....	32
8.3	Inverterek, konverterek.....	33
8.4	Hibrid akkumulátor.....	33
8.4.1	A NiCd akkumulátorok jellemzői: .....	33
8.4.2	A Li-ion akkumulátorok jellemzői:.....	34
8.4.3	A NiMH akkumulátorok jellemzői: .....	34
9	Egyéb lehetőségek .....	35
9.1	Hajtástechnika .....	35
9.2	Hibrid rendszer kihasználása .....	35
9.3	Piaci igények, kitekintés .....	36
10	Értékelés .....	37
11	Nyilatkozat .....	38
12	Felhasznált irodalom .....	39
13	Jegyzék.....	40
14	Függelék.....	42

## 1 ÖSSZEFOGLALÁS

TDK dolgozatom egy hibrid hajtásrendszer, illetve redundáns táprendszer kialakításához kapcsolódó munkát mutatja be. Ez magába foglalja a gyakorlatban végzett méréseket, vagyis a valós körülmények között zajló fékpadi méréseket, illetve az elméleti háttérrel, melyre a modellkészítés, illetve a szimulációk során támaszkodtunk.

Az idő múlásával az egyes gépjárművek az önvezetés egyre magasabb szintjét tudják megvalósítani. A kitűzött cél természetesen a teljesen autonóm közlekedés, azonban ez számos kérdést, és problémát felvet, melyek ma még megoldásra várnak. Senki sem szeretné, ha valamilyen felmerülő hiba miatt baleset következne be. Jó megoldást jelent a beavatkozó és aktuátorok részére a redundáns tápellátás, hiszen bármilyen villamos hiba esetén a jármű képes marad utasaival biztonságosan félreállni.

Megfelelő méretezéssel egy második akkumulátor köré megtervezhető egy hibrid hajtásrendszer, a rendszer alkotóelemeinek tulajdonságait figyelembe véve, és a jármű által feldolgozott információk, térképi adatok alapján az eddigieknél sokkal jobban kihasználható a hibrid hajtásrendszerek előnye.

A dolgozat célja a Gépjárműtechnológia Tanszék tulajdonában lévő W450 Smart belsőégésű motorjának fékpadi méréseinek elvégzése, és ezen adatokra támaszkodva a hibrid hajtásrendszer megtervezése. A hibrid akkumulátor, és egyéb villamos berendezések alkalmasak kettős tápellátásra, így ennek megvalósítása is lehetségessé válik.

## 2 ABSTRACT

With the march of the time, vehicles reach higher and higher levels of autonomous driving. The goal is a highly automated traffic system which contains highly/fully automated vehicles. At first we have to solve some problems, and answer numerous questions which are connected with safety. No one wants to be involved in an accident which was caused by driverless vehicles. A redundant power supply will be required for the electronic components. In case of any problems, the car should be capable of pulling over safely with the passengers.

With the suitable sizing of the second battery, we can develop a hybrid driving unit. If we take notice of the properties of the hybrid system components, the incoming informations from the environment and the map data, we can highly increase the hybrid driving system's profitable features.

The goal of this study is the bench test of a W450 Smart, property of the Department of Automotive Technologies, and the development of a hybrid powertrain based on these data. The hybrid battery and other electric devices are eligible for dual power supply, so the realisation becomes feasible.

### 3 BEVEZETÉS

#### 3.1 Az autonóm járművekről általában

Napjainkban rengeteg ipari szereplő foglalatосkodik az autonóm járműirányítás kérdéskörével. A következő éveknek meghatározó fejlesztési irányzata ez, s rengeteg erőforrást igényel mind az emberektől, mind a számítógépektől. Utóbbiak számítási kapacitása ma már megfelelő lehet egy jól működő autonóm rendszer ellátásához. Az autonóm járműirányításhoz azonban szükséges a forgalom elemzése, a vezetői viselkedés tanulmányozása. A közúti közlekedés automatizálásának vizsgálatát minden kutató az autópálya-forgalom elemzésével kezdi, hiszen a járműáramlatok biztonságos levezetésének itt vannak meg a leginkább a feltételei.

A konkrét vizsgálatok során azt tapasztalták, hogy az amerikai gépkocsi használat különös napi jellemzőket mutatott. A személyautókon utazók ugyanis járművük forgalmi kapacitásának csak a töredékét vették igénybe. Ha mindezt azzal egészítjük ki, hogy a járműáramlatok a közutak átbecsátóképességét jelentős részben nem veszik igénybe, miközben a szűk keresztmetszetek bővítésére fokozott túlterhelés esetén is csak ritkán kerül sor, a közjavak pazarlása és szűkössége egyaránt belátható. A megoldást a gépjárművek automatizálása jelenti, megfelelően kialakított forgalomirányító berendezésekkel együtt. Így az utak kapacitása sokkal jobban kihasználható, azaz egy adott útkeresztmetszeten adott idő alatt nagyobb számú gépkocsi tud áthaladni. Az első automatikus irányítású jármű 1977-ben, a japán Cukubában gördült a fehér szegélyű utakra., bár már az ötvenes években születtek tervek az automatizált irányításra. A folytatást 1980-ban, a Bundeswehr müncheni egyeteme mutatta be. Forgalom nélküli úton a német jármű elérte az óránként 100 kilométeres sebességet. Minden idő legnagyobb gépkocsi-automatizálási programja 1987-ben kezdődött, a Pan-European PROMETHEUS Project nevet viselte. Finanszírozása 1995-ig tartott. Az ez idő alatt szerzett eredményei máig értékesek. 1995-ben „No Hands Across America Project” néven az amerikaiak indítottak útnak, részben autonóm irányítású járműveket. A „Kézhasználat nélkül átszelni Amerikát”-nak fordítható rohanás 3000 mérföldön át zajlott. A járműveken a gázt és a fékeket vezetőknak kellett kezelniük.

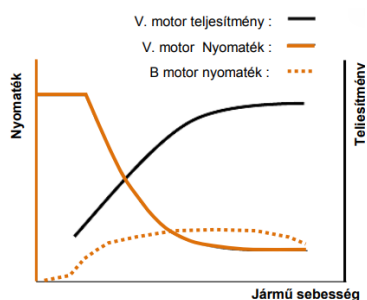
AHS Demo '97 néven az Automatic Highway System 20, teljesen automatikus járművet mutatott be San Diegóban, amelyeket adaptív sebességtartó és vészfékezés-szabályozóval [(adaptive cruise control) (ACC)] láttak el. Az ACC az elöl haladó jármű távolság- és

sebesség adatainak ismeretében tartja vagy módosítja járművünk haladási sebességét. Utóbbi érdekében, radarmérésű távolság- és sebességelek alapján, hajtó-, illetve fékezőnyomatékokot fejt ki, a haladási sebesség módosítására. 2000 és 2002 között Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) néven, az EU folytatott eredményes kutatási programot közúti járművek érzékeléstechnikájának kifejlesztésére, és autonóm irányítású járműveken végzett kipróbálására. AHSRA Demo 2000 néven a japánok 38 buszon, teher- és személygépkocsin mutatták be a vezetői asszisztensek és irányító rendszerek ütközéscsökkentő hatását. 2000 és 2003 között a CHAMELEON programban próbálták ki az első akadálydetektáló radar, lézer és lézerszkennelők rendszerek ütközés előrejelző hatását. Itt vezettek be először a sávtartó eszközöket. A sávtartó, a sávhatárok megállapítását célzó, az adott sebességgel haladó jármű (kamerajelein), kormányzó, fék- vagy gázpedálállás-változás hiányát mutató jelek felhasználásán alapuló) aktív (fékezést, és/vagy kormányzást módosító) eszköz, beavatkozással. 2001-ben DARPA Demo III néven próbáltak először ki vezető nélküli katonai járműveket. Az off-road versenyek azóta két évente ismétlődnek, változó helyszínekkel és érdeklődéssel, nagy benyomást téve a versenyen induló egyetemi csapatok fejlesztőire és a világ közvéleményére. 2001 és 2004 között a franciák ARCOS (Research Action for Secure Driving) néven folytattak autonóm járművekkel eredményes ütközéscsökkentést fejlesztő kísérleteket. 2001 és 2004 között, CarTALK 2000 néven az EU próbált ki a járművek egymás közötti automatikus kommunikációján alapuló, újfajta vezetői asszisztens rendszereket.

A gépkocsi teljes körű automatizálásához a vezető és a jármű együttes (kooperatív) irányításán át vezet a fejlesztés útja. A kooperatív rendszerek a személyes és az automatizált vezetési folyamatok összekapcsolásáról szólnak. A járműirányítás teljes körű automatizálásának már vannak biztató egyedi eredményei. A teljes körű automatizálás döntően társadalmi-finanszírozási, és csak másodsorban műszaki probléma, hiszen jórészt a járművek egymás közötti és a közúti környezettel fenntartott kommunikációját teszi szükségessé. Azaz a jogi szabályozásnak szükségszerűen követni kell a piaci igényeket. Az előbbi soktényezős érdek, és költségviselő kör része. A világ különböző országaiban folytatott kísérleti üzemeltetések mai tapasztalata az, hogy az érdekek és a költségviselés összehangolását illetően, még sehol sem érték meg a közös rendszerré való egyesülés feltételei. Ezek miatt a közúti közlekedés teljes körű automatizálásának negyedszázaddal ezelőtt, évszázadosnak becsült fejlesztési időigénye, a mai feltételbecslések alapján legalább ötvenesztendőnek prognosztizálható. [4]

### 3.2 A hibrid gépjárművek létjogosultsága

A hibrid járművek hajtásláncában általában két különböző erőforrás található. Számos konstrukció létezik, a hibridizálás mértékétől függően változnak a paramétereik. A hibrid hajtásláncok a hajtó nyomatékot egy illesztett erőátviteli berendezés segítségével biztosítják. Sok lehetséges módja van az energiaáramlás kombinálásának. A változtatható üzemmódok nagyobb rugalmasságot biztosítanak a hibrid járműveknek. A cél mindkét erőforrás optimális hatékonysággal történő üzemeltetése, az összhatásfok maximalizálásához.

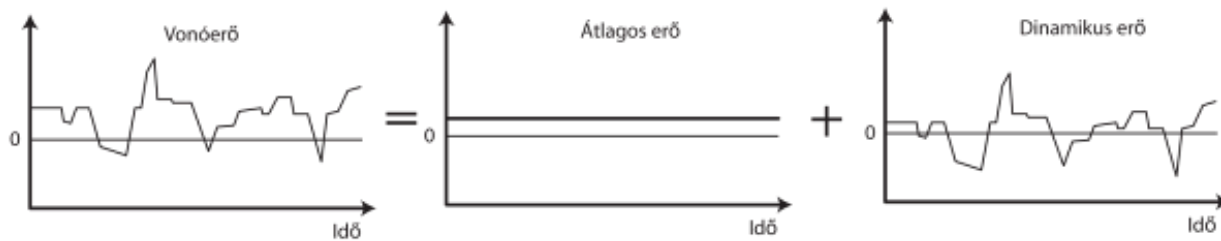


1. Diagram: hibrid gépjármű nyomatékgörbéi<sup>1</sup>

A jármű vonóerő igénye változik üzem közben. Függ a gyorsítástól, emelkedéstől, lassulástól, stb.. A vonóerőt durva közelítéssel két komponensre bonthatjuk. Egyik komponense közel állandó értékű lesz, ezt tekintjük átlagos erőnek (gördülési, légellenállás), míg másik komponense az idő, és sebesség függvényében jelentősen változik (komponensei a gyorsulástól, a lassulástól, illetve az. emelkedési ellenállástól erősen függenek). A dinamikus erők összessége konvergál a nullához. A hibrid járműveknél az átlagos erőt belsőégésű motor szolgáltatja, előre definiált munkapontokon történő üzemeltetéssel megvalósul a legjobb hatásfokkal történő üzemeltetés. Ezzel párhuzamosan a hibrid rendszer villamos gépei jól használhatóak a dinamikus erőszükségletek kielégítésére, és megvalósítható az energia visszanyerése is. Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően a hibrid járművek összhatásfoka meghaladja a csak belső égésű motorral szerelt gépjárművekéét, és egyéb számos előnyt is biztosít.

<sup>1</sup> Forrás: [http://www.energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius\\_pres%20HUbme051003.pdf](http://www.energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf)





2. Diagram: átlagos erő, dinamikus erő komponensek az idő függvényében

## 4 A JÁRMŰ BEMUTATÁSA

### 4.1 Alap adatok

A konkrét gépjármű, melyről a TDK dolgozatom írom, a Gépjárműtechnológia Tanszék tulajdonában lévő W450-es Smart. A gépjárművet az egyetem kutatási céllal kapta meg, mivel előtte a gépjármű kísérleti célokat szolgált. Mivel az autó forgalomba soha nem került, így egyes részegységei, illetve részegységeinek összeállítása eltér a széria kivitelektől. A nyomatékváltót például nem árusították ezzel a motorral. Emellett három különböző motorvezérlő is tartozik az autóhoz, melyek tartalmát megfelelő hardver, és szoftver eszköz nélkül nem állt módomban leellenőrizni. A tömeg megállapításához a tanszéki EUSAMA mérőpadot használtuk.



1. Kép: Smart W450 személygépjármű<sup>2</sup>

Típus	Smart
Modell	Fortwo
Lökettérfogat:	698cm <sup>3</sup>
Feltöltés:	turbófeltöltő
Maximális teljesítmény:	45,14LE (5250)
Maximális nyomaték	95 Nm (2000)

---

<sup>2</sup> Forrás: saját készítés

Maximális sebesség:	135 km/h (limitálva)
Gépjármű össztömege:	776 kg
Első tengely terhelése üresen:	348 kg
Hátsó tengely terhelése üresen:	428 kg
Váltó fokozatok áttételei, végáttétellel egybe számolva:	
1:	14,203
2:	10,31
3:	7,407
4:	5,625
5:	4,083
6:	2,933
R:	12,888
Tengelytávolság:	1810mm
Nyomtávolság elöl:	1300 mm
Nyomtávolság hátul:	1340 mm
Magasság:	1500mm
Első kerék tömege:	12,6 kg
Hátsó kerék tömege:	17,5 kg

1. Táblázat: gépjármű adatai<sup>3</sup>

---

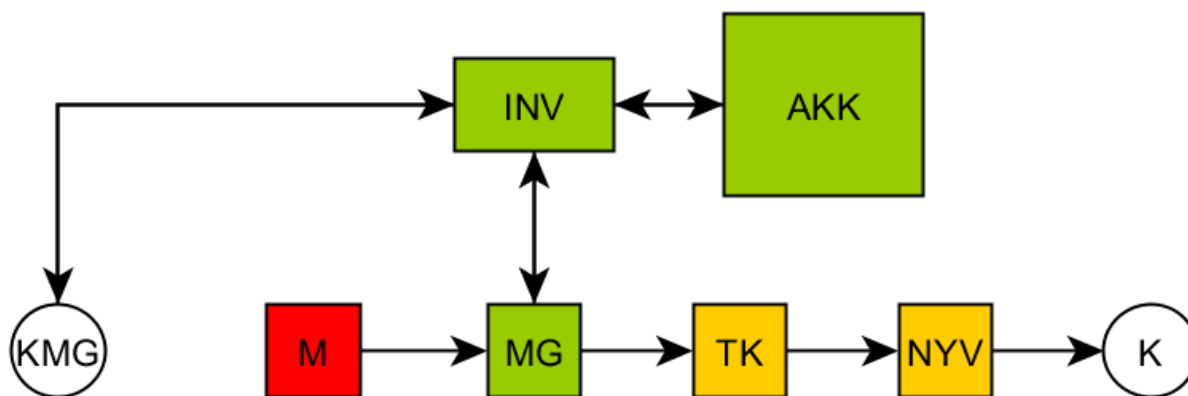
<sup>3</sup> Forrás: saját készítés

## 5 A KONCEPCIÓ BEMUTATÁSA

A koncepcionálást Dr. Tihanyi Viktor segítségével kezdtem el, fő célul a tápellátás redundanciájának megoldását tűztük ki, azonban ésszerű döntésnek mutatkozott egy olyan hibrid rendszer kidolgozása, mely önállóan, belső égésű motor nélkül is képes a jármű meghajtására, egyes részegységei pedig remekül használható a redundancia biztosítására.

### 5.1 A hibrid rendszer kialakítása

A rendszer felépítését az 1. Ábra mutatja be.



1. Ábra: hibrid rendszer felépítése<sup>4</sup>

Az ábrához tartozó magyarázat:

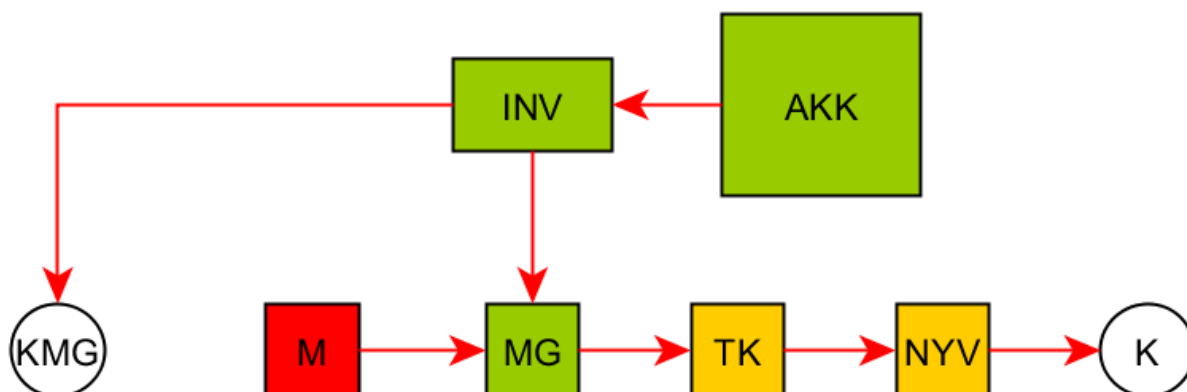
- KMG: kerékagymotor
- INV: inverter
- MG: motorra szerelt 48V-os indító generátor
- TK: tengelykapcsoló
- NYV: nyomatékváltó
- K: kerék
- AKK: akkumulátor pakk
- M: belsőégésű motor.

A rendszert a belsőégésű motorra szerelt indító generátor (48V), az inverterek, az akkumulátor pakk, és az első kerékagymotorok alkotják. Az indító generátor helyes méretezéssel kiváltja az indítómotort, és a generátort.

<sup>4</sup> Forrás: saját készítés

## 5.2 A hibrid rendszer üzemmódjai

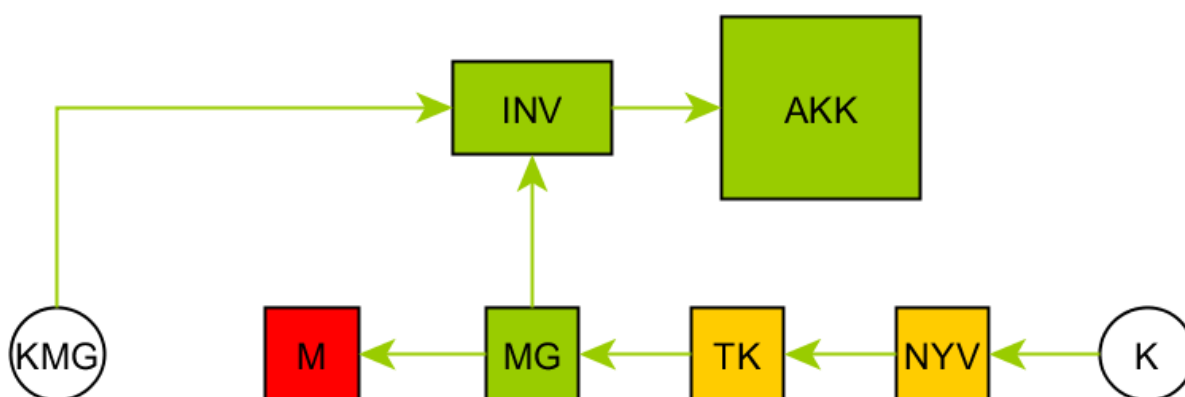
A **gyorsítás** folyamatát a 2. *Ábra* szemlélteti.



2. *Ábra*: gyorsítás folyamatábrája<sup>5</sup>

A belsőégésű motor a megszokott módon hajtja a hátsó kerekeket, MG rásegíthet a belsőégésű motor hajtásába, emellett az első kerekek agymotorjai is hajtanak. Az eredeti menetdinamikánál jóval kedvezőbb érhető el. Természetesen tisztán villamos üzemben is lehetőség van a gépjármű gyorsítására, ez az üzemmód a maximális gyorsulás eléréséhez használható.

A **lassítás** folyamatát a 3. *Ábra* szemlélteti.



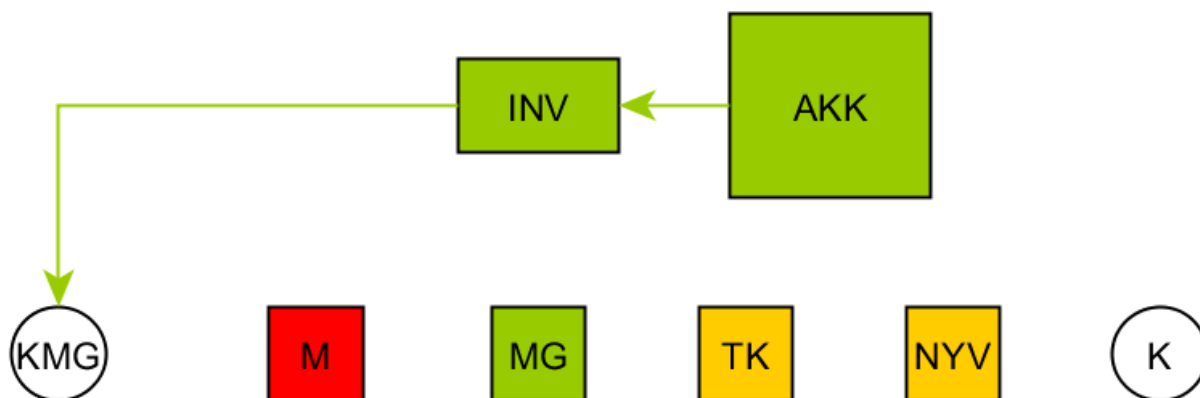
3. *Ábra*: lassítás folyamatábrája<sup>6</sup>

Lassítás közben, a jármű dinamikus átterhelődésének következtében az első kerékgymotorokkal jó hatásfokkal nyerhető vissza az amúgy eldisszipáló energia. Mivel a jármű autonóm, ezért ha a kerékgymotorok által kifejtett féknyomaték nem lenne elég, a

<sup>5,7</sup> Forrás: saját készítés

hidraulikus fékrendszer tetszőleges aktuálásával növelhető a kivezérelt féknyomaték. A motorra szerelt MG is részt vehet az energia visszanyerésében, (hasonlóan a Suzuki SHVS rendszeréhez), azonban a regeneráció hatásfoka rosszabb lesz, mint az első tengely esetében, hiszen itt a teljes hajtásláncon keresztül történik mindez, és emellett a motor féknyomatékával is számolni kell. Legjobb megoldás MG hatásfokának maximálásához, ha motorféküzemben a motorvezérlő a fojtószelepet teljesen nyitja, a befecskendezést viszont letiltja. Így, a motor fékezőnyomatéka csökkenthető, s több energiát tudunk visszatermelni.

**Tisztán elektromos haladás** folyamatát a 4. Ábra szemlélteti::



4. Ábra: tisztán elektromos haladás folyamatábrája<sup>7</sup>

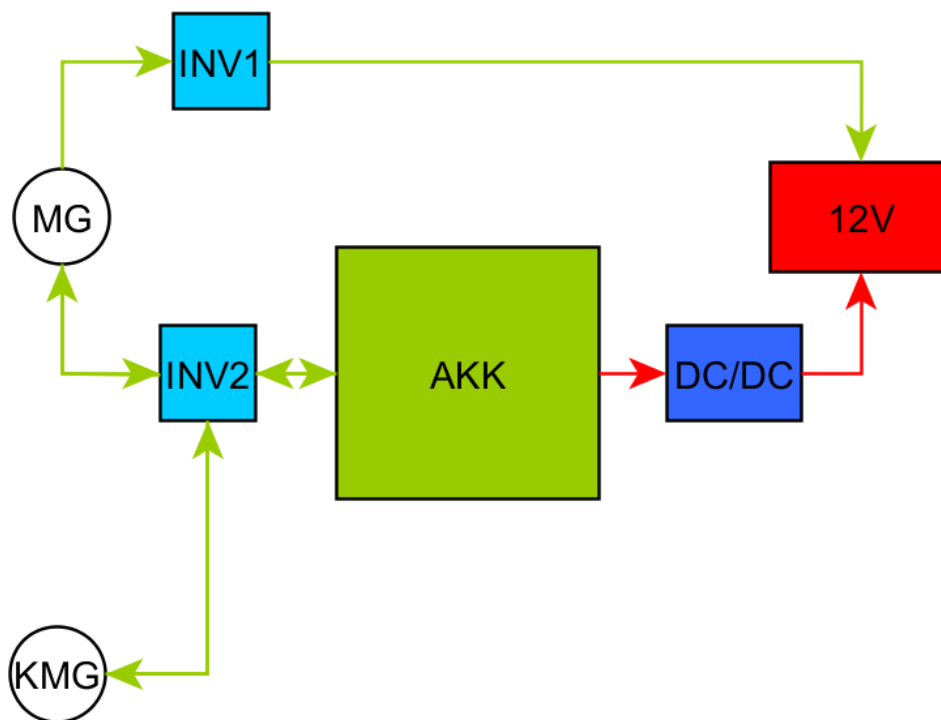
A tisztán elektromos haladás maximális sebességét, és időtartamát a motorok energia felhasználása, és az akkumulátor pakk tulajdonságai befolyásolják.

A rendszer működése **közúti üzem közben:**

A közúti használat során az előbb definiált üzemmódok váltakoznak. A cél a belsőégésű motor legjobb kihasználása, az elektromos rendszer megfelelő rásegítése mértékének meghatározása.

<sup>7</sup> Forrás: saját készítés

### 5.3 A redundáns táprendszer kialakítása



5. Ábra: a redundáns táprendszer felépítése, mindkét kör látható<sup>8</sup>

Ahol:

- MG indító generátor
- INV1 inverter a 12V hálózat táplálására
- INV2 Inverterek a motorvezérléshez, visszatápláláshoz, és az MG ról történő hibrid akkumulátor töltéshez
- KMG kerékgymotorok
- AKK hibrid akkumulátor
- DC/DC konverter, vészüzem esetére

A fent vázolt rendszerrel a redundáns tápellátás könnyűszerrel megoldható. A táprendszer lelke a 48V névleges feszültségű villamos forgó gép. A két „oldal” alapértelmezetten egymástól galvanikusan szeparált.

<sup>8</sup> Forrás: saját készítés

Az 5. Ábrán látható zöld nyilak jelzik a normál üzemet. Az egyik oldal a hibrid rendszer töltéséért, illetve az esetleges hajtásért felel, míg a másik oldal a tápellátást biztosítja a gépjármű eredeti hálózatában található fogyasztók számára.

Vészüzem esetén a redundancia biztosított. Hibrid rendszer oldali hiba esetén a tápellátást biztosító ág üzemképes marad, és energiával látja el a hálózatot, ameddig a gépjármű az aktuális forgalmi szituációnak megfelelő manővereket elvégzi. Motorhiba, illetve leállás esetén, ha az MG nem tud villamos energiát szolgáltatni az eredeti 12V-os hálózattal párhuzamosan vezetett hálózaton keresztül, akkor a hibrid akkumulátorból megoldható az energiaellátás. Az önvezetés magasabb szintjeihez az egyes beavatkozók duplikálása is szükséges lesz, ezzel együtt a teljes elektromos hálózat felülvizsgálata, és megfelelő kialakítása is szükséges. Dolgozatomban ezek kialakításának bemutatásával nem foglalkozom. Az általam vázolt rendszer felépítése miatt azonban képes kiszolgálni a jövőben felmerülő igényeket.



## 6 MÉRÉSEK BEMUTATÁSA

A hibrid rendszer kialakításához, számos olyan adatra szükség van, melyek nem érhetőek el a szokásos forrásokon keresztül, illetve fontosnak tartottam azt is, hogy a rendszer az autó jelenlegi állapotához igazodjon, és a kidolgozás során ne okozzon gondot a széria gyártmányoktól való eltérés. Kézenfekvőnek mutatkozott egy görgős teljesítménymérő fékpadon végzett méréssorozat. A számításokhoz szükséges kiinduló adatok a következők voltak:

- keréktalpponti vonóerő
- motor fordulatszám
- kerék sebessége
- szívócső nyomása
- fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás.

A keréktalpponti vonóerő a fékpadhoz kapcsolt számítógép monitorjáról könnyen leolvasható az egyes mérési pontokban, hasonlóan a szívócső nyomáshoz, mely a magunkkal vitt diagnosztikai műszerről szintén leolvasható volt. A műszer használatával a fékpad beállításainak pontosságát is ellenőrizhettük, így hiteles fordulatszám, és keréksebesség értékeket kaphattam a számításokhoz. A fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás meghatározásához céleszközünk nem volt.

A probléma megoldása mégis egyszerűnek bizonyult. Az autó motorját tüzelőanyaggal ellátó nyomócsövet, és a tankba visszafolyó ágot összekapcsoltam, és a motor táplálását egy külső tartályból oldottam meg, egy másik akkumulátor, és egy külső elektromos tüzelőanyag szivattyú segítségével. A görgőcellás tüzelőanyag szivattyú a mérőedényből szívta a tüzelőanyagot, és a visszafolyó ág is ebbe a mérőedénybe csatlakozott. Így a mérés során könnyen vizsgálhattuk az egységnyi idő alatt elfogyasztott tüzelőanyag mennyiséget. A két adat ismeretében könnyen megállapítható az óránkénti tüzelőanyag fogyasztás, és egyéb számítások után a fajlagos tüzelőanyag fogyasztás is. A mérőedényt saját magam készítettem, s kétszer is kalibráltam, a mérési hibákat elkerülendő.



2. Kép: elfogyasztott tüzelőanyag mennyiség megállapítására használt mérőrendszer<sup>9</sup>

A mérések során szükség van arra, hogy a motor terhelését állandó értéken tartsuk, erre a tanszéki MEGAMACS diagnosztikai eszköz tökéletesen alkalmas volt, hiszen a szívócső nyomás mellett a fojtószelep állást is könnyen elérhettem rajta élő adatként. Így az üzemállapot függő eltérő gázpedál karakterisztikával nem kellett foglalkoznom.

A mérési pontokat 1500 1/perces fordulatszámtól 5000 1/percig fordulatszámig 500-as lépcsőkben valósítottuk meg, és naplóztuk az elfogyasztott tüzelőanyag mennyiséget, a szívócsőnyomást, továbbá a keréktalpponti vonóerőt 25-35-50-65-80 fokos fojtószelepszög érték mellett. (80 fok a maximum). Így 40 darab mérési pont adódott. Ezek után következett még két teljes terhelésen történő mérés, a csúcsteljesítmény, és a maximális nyomaték értékének megállapításához.

---

<sup>9</sup> Forrás: saját készítés

## 6.1 Fékpadi mérés bemutatása

A fékpadi mérésre a Havassy Motorsport Kft. telephelyén került sor, és a mérésben végig segítségünkre volt Havassy Péter is. A mérés elején állandó sebességértékek mellett növeltük a motorterhelés mértékét, s a negyven ponthoz tartozó értékek felvétele után másik üzemmódban használtuk a fékpadi, teljes terhelés mellett, változó fordulatszámokon, stationer pontokban mértünk. A méréshez használt fékpadi egy stationer munkapontokat kezelni képes fékpadi, rendszeres időközönként kalibrálva, a teljes terheléses mérések jegyzőkönyvei a *Függelékben* találhatóak.

A mérést négyen végeztük. A negyven ponthoz történő összes adat felvétele 4-5 órát vett igénybe, és ez után következett a két teljes terheléses közben végzett mérés. Havassy Péter volt a „sofőr”, ő a fékpadi kezelte, és az egyes méréssorozatok során a mérési pontokhoz tartozó motorterhelés értékeket tartotta állandó értéken a diagnosztikai műszer alapján. (1-2 fokos ingadozás megengedhető). Földi Attila az anyósülésen ült, a műszer által mutatott szívócső nyomás értékeket, és a fékpadi által mutatott keréktalpponti vonóerő értékeket naplózta. Nagy István a mérőedényben lévő folyadék mennyiségét olvasta le, és naplózta. Jómagam a mérést irányítottam, és az időt mértem.

A mérési eredményeket a 2. Táblázat tartalmazza:

Fordulatszám: 1500 1/perc						
80°	345ml	260ml	85ml	90	620N	1 254,35 hPa
70°	450ml	375ml	75ml	90	610N	1 254,35 hPa
50°	585ml	480ml	105ml	120	600N	1 233,85 hPa
35°	440ml	335ml	105ml	120	575N	1 208,27 hPa
25°	580ml	480ml	100ml	130	520N	1 126,47 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 2000 1/perc						
80°	615ml	450ml	165ml	90	920N	1 643,50 hPa
65°	350ml	180ml	170ml	90	840N	1 500,10 hPa
50°	595ml	395ml	200ml	120	790N	1 423,30 hPa
35°	430ml	290ml	140ml	120	700N	1 315,35 hPa
25°	595ml	460ml	135ml	120	650N	1 259,47 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 2500 1/perc						
80°	490ml	380ml	110ml	60	920N	1 694,70 hPa
65°	615ml	525ml	90ml	60	850N	1 493,00 hPa
50°	340ml	230ml	110ml	60	815N	1 433,60 hPa
35°	470ml	375ml	95ml	60	750N	1 377,25 hPa
25°	590ml	505ml	85ml	60	650N	1 274,85 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 3000 1/perc						
80°	225ml	150ml	75ml	30	880N	1 669,05 hPa
65°	380ml	260ml	120ml	60	850N	1 448,90 hPa
50°	595ml	480ml	115ml	60	810N	1 418,20 hPa
35°	385ml	270ml	115ml	60	760N	1 377,25 hPa
25°	525ml	420ml	105ml	60	650N	1 264,60 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 3500 1/perc						
80°	475ml	385ml	90ml	30	905N	1 602,50 hPa
65°	275ml	195ml	80ml	30	805N	1 443,80 hPa
50°	380ml	310ml	70ml	30	785N	1 413,10 hPa
35°	480ml	415ml	65ml	30	740N	1 361,90 hPa
25°	575ml	520ml	55ml	30	620N	1 208,25 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 4000 1/perc						
80°	465ml	370ml	95ml	30	870N	1 628,10 hPa
65°	570ml	495ml	75ml	30	770N	1 448,90 hPa
50°	365ml	295ml	70ml	30	750N	1 423,30 hPa
35°	480ml	405ml	75ml	30	700N	1 351,60 hPa
25°	615ml	550ml	65ml	30	540N	1 167,30 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 4500 1/perc						
80°	360ml	250ml	110ml	30	840N	1 648,60 hPa
65°	480ml	390ml	90ml	30	760N	1 469,40 hPa
50°	380ml	300ml	80ml	30	690N	1 397,70 hPa
35°	490ml	410ml	80ml	30	650N	1 315,80 hPa
25°	585ml	520ml	65ml	30	470N	1 095,60 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

Fordulatszám: 5000 1/perc						
80°	420ml	300ml	120ml	30	760N	1 628,10 hPa
65°	545ml	450ml	95ml	30	700N	1 443,80 hPa
50°	335ml	240ml	95ml	30	670N	1 392,60 hPa
35°	455ml	370ml	85ml	30	580N	1 280,00 hPa
25°	555ml	480ml	75ml	30	400N	1 034,20 hPa
terhelés	mérés kezdete	mérés vége	deltaV	idő(sec)	vonóerő	szívócső nyomás

2. Táblázat: Mérési eredmények<sup>10</sup>

<sup>10, 12, 13, 14, 15</sup> Forrás: saját készítés

A mérési eredmények táblázatosan szerepeltetve a jobb érthetőségért:

Szívócső nyomás								
80°	1 254hPa	1 644hPa	1 695hPa	1 669hPa	1 603hPa	1 628hPa	1 649hPa	1 628hPa
65°	1 254hPa	1 500hPa	1 495hPa	1 449hPa	1 444hPa	1 449hPa	1 469hPa	1 444hPa
50°	1 234hPa	1 423hPa	1 434hPa	1 418hPa	1 413hPa	1 423hPa	1 398hPa	1 393hPa
35°	1 208hPa	1 316hPa	1 377hPa	1 377hPa	1 362hPa	1 352hPa	1 316hPa	1 280hPa
25°	1 126hPa	1 256hPa	1 275hPa	1 265hPa	1 208hPa	1 167hPa	1 096hPa	1 034hPa
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

3. Táblázat: szívócső nyomás értékei<sup>11</sup>

Keréktalpponti vonóerő								
80°	620N	920N	920N	880N	905N	870N	840N	760N
65°	615N	840N	850N	850N	805N	770N	760N	700N
50°	600N	790N	815N	810N	785N	750N	690N	670N
35°	575N	700N	750N	760N	740N	700N	650N	580N
25°	520N	650N	650N	650N	620N	540N	470N	400N
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

4. Táblázat: keréktalpponti vonóerő értékei<sup>12</sup>

Órás fogyasztás								
80°	3 400ml	6 600ml	6 600ml	9 000ml	10 800ml	11 400ml	13 200ml	14 400ml
65°	3 000ml	6 800ml	5 400ml	7 200ml	9 600ml	9 700ml	10 800ml	11 400ml
50°	3 150ml	6 000ml	6 600ml	6 900ml	8 400ml	9 100ml	9 600ml	11 400ml
35°	3 150ml	4 200ml	5 700ml	6 900ml	7 800ml	9 000ml	9 600ml	10 200ml
25°	2 800ml	4 050ml	5 100ml	6 300ml	6 600ml	7 800ml	7 800ml	9 000ml
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

5. Táblázat: óránkénti tüzelőanyag fogyasztás értékei<sup>13</sup>

Kerékteljesítmény								
80°	6,65kW	13,15kW	16,44kW	18,87kW	22,64kW	24,87kW	27,02kW	27,16kW
65°	6,59kW	12,01kW	15,19kW	18,23kW	20,14kW	22,02kW	24,45kW	25,02kW
50°	6,43kW	11,29kW	14,56kW	17,37kW	19,64kW	21,44kW	22,19kW	23,95kW
35°	6,17kW	10,01kW	13,40kW	16,30kW	18,51kW	20,01kW	20,91kW	20,73kW
25°	5,58kW	9,29kW	11,62kW	13,94kW	15,51kW	15,44kW	15,12kW	14,30kW
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

6. Táblázat: kerékteljesítmény értékei<sup>14</sup>

## 6.2 A mérés korrekciója, származtatott értékek

A fékpadi méréssorozatból, és a teljes terheléses mérésből vett értékek között igen nagy eltérés mutatkozik. Ennek több oka is van, és igen pontos közelítéssel korrigált motorteljesítmény értékekkel lehet megfelelően számolni a továbbiakban. A fékpaddak saját

korrekciója van, azonban ezek az adatok nem voltak számomra ismeretesek, így a rendelkezésemre álló adatokból kellett a korrekciós görbét elkészítenem.

A teljes terheléses mérés teljesítmény értékeit az általunk használt 500-as lépcsős felosztáshoz leolvashatjuk a függelékben található, teljes terhelésen történt mérésről készült jegyzőkönyvön szereplő diagramról. A kerékteljesítmények egyszerűen számolhatóak ezekhez a pontokhoz, és így már a valós motorteljesítmény is adott, hiszen teljes terhelés esetén szükségszerűen össze kell tartozniuk a fent említett pontoknak az első mérés legfelső terheléstartományában használt nevezetes pontokkal.

A fékpadról leolvasott vonóerő az, amit a fékpád erőmérő cellája „lát”, tehát semmilyen veszteséggel nincs korrigálva, a feladatom tehát az volt, hogy állapítsam meg a teljes fordulatszám, és terhelés tartományban a veszteségeket.

A veszteség teljesítmények számításához statikus, állandónak tekinthető értéknek vettem fel:

Hajtómű össz. veszteség:	8%
Gumi szlip:	6%
Olajkavarás:	2%

7. Táblázat: állandónak tekintett veszteségek

A hajtómű veszteség megállapításához a mindenki által jól ismert képletet használtam:

$$\eta_{mech} = 0,98^a \cdot 0,97^b \cdot 0,99^c$$

ahol

- a:** a terhelt homlokfogaskerékpárok száma
- b:** a terhelt kúpogaskerékpárok száma
- c:** a terhelt csuklók száma

#### 1. Egyenlet: hajtáslánc hatásfokának kiszámítása

Mivel a Smart nyomatékváltója tartományváltós, a képletbe behelyettesítve így összesen kb 92% hatásfok adódik. A gumi szlip, illetve az olajkavarási veszteséget tapasztalati értéként vettem fel. A megállapításában Dr. Nagyszokolyai Iván tanár úr segített.

Az egyéb veszteségek, melyek sebesség, illetve keréknyomaték, azaz keréktalpponti vonóerő függvényében változnak. A megállapításukhoz szintén Dr. Nagyszokolyai Iván segítségét vettem igénybe, vele többszöri konzultáció után az alábbiakat tartottuk követendőnek:

A legfőbb tényező ebben az esetben a „gumigyúrási” veszteség, hiszen a mérés során a gépjármű kereke görgőágyban helyezkedik el. Ezt a veszteséget kisebb mértékben sebesség függő veszteségnek, és nagyobb mértékben keréktalpponti vonóerőtől, azaz keréknyomatéktól függő veszteségnek lehet fölvenni. Az első esetben a mérési pontokhoz kapcsolódóan sebesség függvényében lineárisan interpoláltam, a minimum érték 1500 1/perces motorfordulatszámánál 2%, a maximum érték pedig 5000 1/perc fordulatszámánál 17,75 % volt. A közbenső pontok a mérési pontokból (500 fordulatonként) adódnak.

Nehezebb dolgom volt a keréknyomaték függvényében megállapítani ezt a veszteséget. Itt a lineáris interpoláció helyett exponenciális görbe szerint kell interpolálni, azonban a számítások leegyszerűsítésének érdekében az exponenciális görbét sok kis lineárisal helyettesítettem. Így megfelelő felosztási finomság esetén elhanyagolhatóak az eltérések. A legkisebb vonóerőhöz (400N) 6%-ot, a legnagyobbhoz 21% veszteséget rendeltem. Az így meghatározott korrekció helyesnek bizonyult, az eltérések 5%-on belül voltak, azonban két mérési pontnál kiugró értékek maradtak.

Ez a két pont a maximális nyomaték környezete. Ekkor ismét Dr. Nagyszokolyai Ivánnal, illetve Vass Sándorral konzultálva arra jutottunk, hogy ezek az értékek valószínűleg abból adódnak, hogy ebben a környezetben tapasztalható a legnagyobb keréktalpponti vonóerő. Ugyanis ilyenkor figyelhető meg a fékpadon egy olyan jelenség, hogy a gumiabroncs „hullámot vet” a két görgő között, és a pad ezzel korrigál, hiszen ekkor ugyanakkora vonóerő kifejtéséhez a dinamikus keréksugár csökkenése miatt nagyobb keréknyomatéokra van szükség. Azaz a korrekciós görbe helyesnek tekinthető, a kerékteljesítmények, illetve a veszteség teljesítmények szuperponálásával megkaptam a valós motorteljesítményt mind a negyven mérési pontra.

Veszteség teljesítmények								
80°	1,76kW	5,43kW	7,15kW	8,05kW	10,61kW	11,54kW	12,52kW	12,26kW
65°	1,74kW	4,21kW	5,79kW	7,36kW	7,99kW	9,01kW	10,48kW	10,89kW
50°	1,68kW	3,67kW	5,17kW	6,53kW	7,68kW	8,65kW	9,13kW	10,31kW
35°	1,59kW	3,01kW	4,50kW	5,89kW	7,00kW	7,82kW	8,46kW	8,62kW
25°	1,39kW	2,71kW	3,65kW	4,70kW	5,50kW	5,64kW	5,75kW	5,68kW
	1 5001/perc	2 0001/perc	2 5001/perc	3 0001/perc	3 5001/perc	4 0001/perc	4 5001/perc	5 0001/perc

8. Táblázat: veszteség teljesítmények alakulása motorterhelés és fordulatszám függvényében<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Forrás: saját készítés

Motorteljesítmény								
80°	8,41kW	18,58kW	23,59kW	26,92kW	33,25kW	36,42kW	39,54kW	39,42kW
65°	8,33kW	16,22kW	20,98kW	25,58kW	28,13kW	31,03kW	34,93kW	35,91kW
50°	8,11kW	14,96kW	19,73kW	23,90kW	27,32kW	30,10kW	31,32kW	34,25kW
35°	7,75kW	13,01kW	17,91kW	22,19kW	25,51kW	27,83kW	29,37kW	29,35kW
25°	6,97kW	12,01kW	15,27kW	18,64kW	21,01kW	21,08kW	20,86kW	19,98kW
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

9. Táblázat: teljes mérési tartományhoz tartozó reális motorteljesítmény értékek<sup>16</sup>

Motornyomaték								
80°	53,54Nm	88,75Nm	90,16Nm	85,74Nm	90,76Nm	86,99Nm	83,95Nm	75,33Nm
65°	53,07Nm	77,50Nm	80,17Nm	81,48Nm	76,79Nm	74,10Nm	74,16Nm	68,62Nm
50°	51,68Nm	71,49Nm	75,40Nm	76,10Nm	74,57Nm	71,88Nm	66,50Nm	65,45Nm
35°	49,39Nm	62,17Nm	68,43Nm	70,66Nm	69,64Nm	66,47Nm	62,35Nm	56,09Nm
25°	44,38Nm	57,36Nm	58,35Nm	59,35Nm	57,35Nm	50,35Nm	44,30Nm	38,18Nm
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

10. Táblázat: teljes mérési tartományhoz tartozó reális forgatónyomaték értékek<sup>17</sup>

Fajlagos tüég fogyasztás (g/kWh)								
80°	295,26	259,35	204,22	244,03	237,13	228,51	243,69	266,65
65°	262,82	305,98	187,90	205,43	249,12	228,23	225,71	231,73
50°	283,38	292,70	244,20	210,78	224,46	220,73	223,73	242,96
35°	296,55	235,59	232,39	227,03	223,18	236,08	238,64	253,68
25°	293,33	246,24	243,82	246,77	229,32	270,14	272,92	328,85
	1 500 1/perc	2 000 1/perc	2 500 1/perc	3 000 1/perc	3 500 1/perc	4 000 1/perc	4 500 1/perc	5 000 1/perc

11. Táblázat: fajlagos tüzelőanyagfogyasztás értékei (kagylógörbék)<sup>18</sup>

<sup>16, 18, 19</sup> Forrás: saját készítés



### 6.3 Menetellenállások vizsgálata

A mérésektől eltérő módon a hajtásrendszer méretezéséhez a közúton, megszokott körülmények között fellépő ellenálláserőkkel kell számolni a helyes eredmények érdekében.

### 6.4 Gördülési ellenállás

A gördülési ellenállást sebesség függvényében állapítottam meg. Mértékét többek között az útfelület és a gumibroncs tulajdonságai, a tengelyterhelés értékek befolyásolják. Törekedtem a valóság minél jobban történő közelítésére. A kiinduló képlet:

$$f \approx f_0(1 + Kv^2)$$

ahol  $K = 0,8 \dots 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}^2/\text{m}^2$  tapasztalati tényező  
 $f_0 = 0,01 \dots 0,3$  kerék – talaj kapcsolatra jellemző nyugalmi érték

2. Egyenlet: gördülési ellenállás tényező sebesség függése

A kapott eredményt másik képletbe helyettesítve adódtak a végeredmények.

$$f = \frac{F_{görd}}{Z} \Rightarrow F_{görd} = fZ$$

3. Egyenlet: gördülési ellenállás kiszámításához használt összefüggés

Az így kapott eredményeket Dr. Nagyszokolyai Iván tanár úr tanácsai alapján korrigáltam, de kisebb mértékben mint a fékpadi mérés esetében. A korrekció keréktalpponti vonóerő, és sebesség függvényében exponenciális görbe mentén változott.

### 6.5 Légellenállás:

A légellenállás értékeit volt a legkönnyebb meghatározni. Jó közelítéssel adódik az alábbi képletből:

$$F_{lég} = \frac{1}{2} \rho_{lev} \cdot c_d \cdot A \cdot v^2$$

ahol:  $\rho_{lev}$  a levegő sűrűsége [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  
 $c_d$  a jármű légellenállás tényezője [-]  
 $A$  a jármű homlokfelülete [ $\text{m}^2$ ]  
 $v$  a jármű sebessége [ $\text{m}/\text{s}$ ]

4. Egyenlet: Légellenállás erő kiszámításához használt összefüggés

A levegő sűrűségét  $1,23 \text{ kg/dm}^3$ -ra vettem fel, az autó légellenállás tényezőjét pedig 0,3-ra. A homloklapfelület jó közelítéssel adódik a magasság, és a nyomtáv szorzatának vett eredmény kilencven százalékából. [5]

## 6.6 Gyorsítással szembeni ellenállás

A ciklus alapján megadott gyorsulás értékekből adódik az  $F=m*a$  képlet, melyhez a redukált forgó tömeget hozzá kell adni. Az idő rövideje miatt sajnos nem tudtam megfelelő fordulatszámokra vett forgótömeg tényezővel számolni, ezért csak a sebesség függvényében korrigáltam, hiszen a kerekek tömegeit lemértem, és az erőátviteli egység alkatrészeit kihagyva, közepes sugár megállapítása után jól lehetett velük számolni.

## 7 WLTP CIKLUS ALKALMAZÁSÁNAK BEMUTATÁSA

### 7.1 A ciklusról általában

A WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) ciklus váltja le az eddig használt NEDC (New European Driving Cycle) ciklust. A realisabb, élethez közelebb álló fogyasztás adatok indokolták ezt a váltást. Legfőbb különbségek a hosszabb tesztidő, a szélsőségesebb hőmérsékleti körülmények, a bekapcsolt elektronikai berendezések, a legtöbbet számító kevesebb állásidő, a nagyobb átlag, illetve a maximális sebesség. [1]

	WLTP	NEDC
Indulási hőmérséklet	14°C	20°C - 30°C
Ciklusidő	30min	20min
Állásidő aránya	13%	25%
Ciklushossz	kb. 23,25 km	kb. 11 km
Sebesség	Átlag: 46,6km/h – Maximum: 131km/h	Átlag: 34km/h – Maximum: 121km/h
Hajtásteljesítmény	Átlag: 7kW – Maximum: 47kW	Átlag: 4kW – Maximum: 34kW
Az opcionális felszerelés és a légkondicionáló (AC) hatása	Az opcionális felszerelést figyelembe veszik a tömegnél, az aerodinamikánál és a VES (jármű elektronikai rendszerek) követelményeknél (üresjárási áram). AC nélkül	Jelenleg nincs figyelembe véve

6. Ábra: WLTP-NEDC ciklus összehasonlítása<sup>19</sup>

### 7.2 Ciklus szerinti vizsgálat előnye és hátránya

A ciklus szabványosított, így előnyei ennek köszönhetőek. Könnyű összehasonlítani vele két teljesen eltérő gépjárművet, illetve a megfelelő paraméterek betartásával könnyen megismételhető. Hátránya hogy létezik nála jobb megoldás, mely a valósághoz közelebb áll. Ez az RDE (Real Driving Emissions) teszt, mellyel valós körülmények között, közúton tesztelik a gépjárműveket. Nekem a számítások során azonban jelentős könnyebbséget jelent a WLTP ciklus használata, ezért választottam ezt.

<sup>19</sup> Forrás: <http://www.origo.hu/auto/20170808-a-dizelmotorok-jovoje.html?pIdx=1>

### **7.3 A mérési eredmények finomítása**

A WLTP ciklus szerint a Smart teljesítmény tömeg arányának megfelelően, a Class III mérési előírások szerint végeztem a számításokat. Mivel a mérések során kapott eredmények viszonylag távol állnak egymástól, ezért finomításra volt szükség. A megoldás, amit választottam, igen egyszerű. Meghatároztam az egyes fokozatokhoz tartozó sebesség tartományokat, és ezekben a tartományokban megállapítottam azokat a nevezetes pontokat, melyeket a mérési eredményekből kifolyóan biztosan tudok. A terhelést 5°-os beosztásra finomítottam, a sebesség értékeket pedig 0,1 km/h-ra. Az így adódó számos ismeretlen ponthoz az értékeket lineáris interpoláció, és lineáris extrapoláció elvégzésével rendeltem. Az így kapott teljesítmény, illetve fajlagos tüzelőanyag fogyasztás diagramok mind értékeiket tekintve, mind jellegükben helyesnek, a gyakorlati tapasztalatokkal egybevágnak mutatkoztak. A fentebb említett diagramok alapján tisztán látszik, hogy milyen elvek mentén lehetne fogyasztásra, vagy éppen teljesítményre optimalizált váltóprogramot írni.

### **7.4 Méretezési alapelvek, kritériumok a szimulációk függvényében**

Az eddigi fejezetekben ismertetett értékek, és adatok alapján elkezdtem a szimulációt. A módszer egyszerű volt, a ciklust másodpercenkénti beosztásban vettem figyelembe, így minden másodperchez tartozott egy sebesség, és egy gyorsulás értékem. Így adódott, hogy a ciklus paramétereinek tartásához az adott pillanatban mekkora kerékteljesítmény szükséges. Az ellenálláserőkkel visszszámolva ehhez tartozott egy motorteljesítmény érték. A fogyasztás megállapításához a legoptimálisabb eshetőséget vettem figyelembe. A hajtómű áttételek ismeretében minden sebesség értékhez adódik legalább egy fokozat, melyben megvalósulhat az erőátvitel. Ha több ilyen fokozat is akadt, az egyes fokozatok adott fordulatszámra vetített terhelés értékei közül a legközelebbiket vettem föl. Ezekhez az értékekhez hozzárendelhető a fajlagos tüzelőanyag fogyasztás értéke is, melyek alapján dönteni lehet a legmegfelelőbb fokozat, és terhelés tartományról. Az így kapott, minden másodperchez hozzárendelt fajlagos tüzelőanyag fogyasztás értékből könnyen kiszámolható az adott másodpercre jutó tüzelőanyag fogyasztás tömegegységre vonatkoztatva.

Azokban a pontokban, melyekre nem alkalmazható a fent említett mechanizmus, más eljárást kell választani. Ez két dolgot jelenthet. A jármű vagy áll, vagy tengelykapcsoló működtetésére van szükség a ciklus által meghatározott sebesség eléréséhez. Az állás közben fellépő tüzelőanyag fogyasztást könnyű meghatározni az óras tüzelőanyag fogyasztás értékéből, és az állva töltött időből. Az óras fogyasztást ebben az esetben 0,9 l/óra értékre

vettem föl. Ha a tengelykapcsolót működtetni kell, ez az első fokozat kiválasztása mellett automatikusan történik, és a gépjármű a motor fordulatszámát minden esetben 1500 fordulatszám felett tartja. A fajlagos tüzelőanyag fogyasztási eredmények táblázatból egy közepes terheléshez, és 1500-2000 1/perc közé eső pont fogyasztás értékét vettem fel, melyet figyelembe véve, s az eddigiekhez hasonlóan az idővel, és a pillanatnyi teljesítménnyel visszszámolva könnyen meghatároztam az ezekhez a pontokhoz tartozó tüzelőanyag fogyasztás értékét. A ciklusra vetített összes fogyasztás értéke megegyezik a ciklusra vetített tüzelőanyag fogyasztás jelleggörbéjének integrál közelítő értékével.

Az elektromos komponensek méretezéséhez az előbbieken számolt adatokon kívül, számos egyéb dologra is szükségem volt. Értelmet nyertek a fékezés során felemészített teljesítmény értékek, s meg kellett állapítanom, hogy a belsőégésű motort munkaponton üzemeltetve, az elektromos rendszernek mekkora teljesítményt kell kifejtenie a ciklusban szabott értékek teljesítéséhez. Céлом az volt, hogy 10 kW alatti kerékteljesítmény igényű pontoknál mindenképpen elkerüljem a belsőégésű motor indítását. A 10kW, és 20kW közötti motorteljesítmény igényű pontok esetén a hajtásra nem fordítható felesleges energiát a hibrid akkumulátor töltésére fordítottam MG-n, keresztül. A 20 kW feletti pontokban ismét a villamos hajtás segítségét vettem igénybe, hogy a belsőégésű motort optimális munkapontjában tudjam üzemeltetni. Kiinduló adatok a villamos komponensek méretezéséhez:

Csak belsőégésű motorral:		időtartam
Fogyasztás ciklus szerint:	<b>4559,30ml/óra</b>	
Hibrid hajtásrendszerrel:		
10kW alatti rásegítéssel kivett teljesítmény:	<b>2 611 746W</b>	550s
20kW feletti rásegítéssel kivett teljesítmény:	<b>858 910W</b>	106s
Belsőégésű motor által visszatáplált teljesítmény:	<b>1 068 694W</b>	312s
Fékteljesítmény:	<b>55 285W</b>	763s
Max.terhelés:	<b>14 048W/s</b>	
Akkumulátorból összesen felhasznált energia:	<b>9 355 J</b>	
Fogyasztás:	<b>2149,00ml/óra</b>	
Névleges Akkumulátor feszültség:	<b>600V</b>	
Legnagyobb kisütő áram, ciklus szerint:	<b>23A</b>	
Legnagyobb töltő áram ciklus szerint:	<b>16,658A</b>	
Átlagos kisütő áram:	<b>8,82A</b>	656s
Átlagos töltő áram:	<b>1,74A</b>	1 075s
Szükséges effektív kapacitás ciklus szerint:	<b>652 Wh</b>	

12. Táblázat: belsőégésű motorral, és hibridhajtással számolt WLTP ciklus szerinti értékek<sup>20</sup>

## 8 HAJTÁSLÁNC RÉSZEGYSÉGEINEK MÉRETEZÉSE

### 8.1 Indító generátor

Az indító generátor szinkrongépnek tekinthető. Forgórésze állandó mágnes, állórészének tekercselése tér el a hagyományostól. A tekercselés egymástól galvanikusan elválasztott „két motor egyben”. Mindkét oldal három fázisból áll, melyek külön-külön csillagkapcsolással vannak összekötve. Ezzel a kialakítással a két teljesen független kimenet biztosítható. Az egyes ágak méretezése függ az adott hálózatrész teljesítmény-szükségleteitől. Lényeges pont a gerjesztés kiszámítása, azonban dolgozatomban csak a két külön oldal teljesítményigényét határozom meg, hiszen egy ilyen villamos forgó gép jóval elmélyültebb tudást igényel villamos hajtástechnika témakörében.

Az indító generátort a generátor helyén helyezném el, áttételét megtartanám (forgattyús tengely szíjtárcsa: 150 mm, generátor szíjtárcsa: 60 mm), azonban a jelenlegi hosszbordás szíj helyett keresztbordás szíjat alkalmaznék a veszteségek minimalizálásának érdekében.

<sup>20</sup> Forrás: saját készítés

### 8.1.1 Indításhoz szükséges teljesítmény

A nyugalomban lévő belső égésű motor forgattyús tengelyét a motorra jellemző indítási fordulatszámra kell felgyorsítani. A felgyorsításhoz 20-30%-kal nagyobb nyomatékra van szükség, mint a tengely további forgatásához. A forgatáshoz szükséges indítási nyomaték mértéke a dugattyúk, és hengerek közötti súrlódás értékétől, a segédberendezések működtetésétől, az indító berendezés saját súrlódásának leküzdésétől, és a rendszer felgyorsításához szükséges nyomatékok összegétől függ, vagyis ezek pillanatnyi eredője. [2]

A jelenlegi esetben az indítási nyomatékot, és teljesítmény igényt tapasztalati értékekre támaszkodva, táblázatból határoztam meg. Az eredmények az alábbi táblázatban láthatók:

Motor paraméterei:	
Indításhoz szükséges forgatónyomaték	<b>45Nm</b>
Indítási fordulatszám:	<b>150 1/perc</b>
Indító generátor paraméterei:	
MG fordulatszáma:	<b>356 1/perc</b>
MG nyomatéka:	<b>18Nm</b>

13. Táblázat: indításhoz szükséges paraméterek<sup>21</sup>

Az indításhoz szükséges teljesítmény így: 672W.

### 8.1.2 Hibrid akkumulátortöltéséhez szükséges teljesítmény

Az akkumulátor töltésére a motor forgattyús tengelyéről 10 kW teljesítmény vonható el. A fordulatszám-tartomány felső határa, ahol érdemes ekkora teljesítményt akkumulátortöltésre fordítani, 3500 1/perc. A szíjhajtás méretezésekor azonban szükséges a teljes fordulatszám tartomány vizsgálata. Az előbb említett nevezetes ponthoz tartozó értékek:

Töltés legnagyobb értéke:	<b>10kW</b>
Értékhez tartozó maximális fordulatszám:	<b>3500 1/perc</b>
MG fordulatszáma:	<b>7125 1/perc</b>
MG nyomatéka:	<b>27,3Nm</b>

14. Táblázat: hibrid akkumulátor töltéséhez szükséges paraméterek<sup>22</sup>

### 8.1.3 A 12V-os hálózat töltéséhez szükséges teljesítmény

A hálózat ellátásához tudnunk kell a gépjármű villamosenergia igényét. Ehhez a fogyasztókat *A*, *B* illetve *C* osztályba sorolhatjuk, és egy időtényezőt állapíthatunk meg hozzájuk. Az *A* csoportba az üzem közben állandóan működő fogyasztók, a *B* csoportba a szakaszos

<sup>21, 23</sup> Forrás: saját készítés

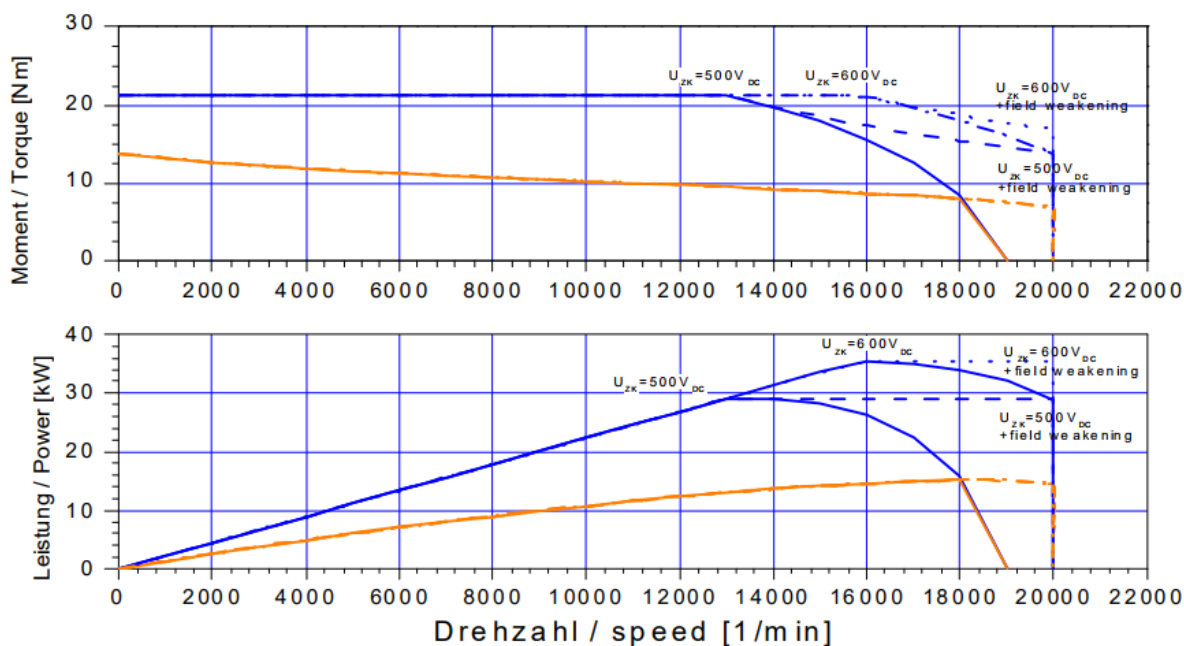
üzeműek, míg a *C* csoportba az átlagos teljesítményfelvételük szerint elhanyagolhatónak tekinthető fogyasztók kerülnek. A szükséges generátorteljesítmény meghatározása szempontjából tehát a mértékadó átlagteljesítményt úgy kapjuk meg, hogy az *A* csoportba tartozó fogyasztók összteljesítményéhez hozzáadjuk a *B* csoportba sorolt fogyasztók súlyozott összteljesítményét. [6]

Ezen érték megállapítása után, a fentebb kiszámolt adatokkal együtt, már jó kiindulási alapot biztosítanak egy villamosmérnök számára a gép megtervezéséhez.

## **8.2 Kerékagymotorok**

Kerékagymotorok gyanánt az AMK DD5-14-10-POW motorokat használnám. Természetesen ehhez szükségeltetik a kerékagyak jelentős átalakítása. A motorok egyenként 12,3 kW névleges teljesítményűek, azonban rövid ideig túlterhelhetőek, és 33 kW csúcsteljesítményre képesek. Ennek kihasználását az elektromos hajtáslánc komponensei határolják. A motorok nagy fordulatszámon üzemelnek, a csúcsteljesítményhez tartozó fordulatszám 18000 1/perc. Annak érdekében, hogy számunkra ez hasznosítható legyen, lassító áttétel beépítésére van szükség, melyet legjobb a kerékagyban elhelyezni bolygómű formájában. Az áttétel nyomaték módosítása 14-15 közé kell, hogy essen, ha azt szeretnénk, hogy a névleges teljesítményüket éppen a végsebességnél adják le. További információk:





3. Diagram: kerékagymotor teljesítmény és nyomaték görbéi fordulatszám függvényében<sup>23</sup>

A motorok egyenként 3,67 kilogrammosak, így a rugózatlan tömeget növelik, melynek járműdinamikai hátrányai lesznek. A növelésmértéke azonban nem olyan drasztikus.

### 8.3 Inverterek, konverterek

Az inverterek, illetve konverterek méretezéséhez további témában való elmélyülés szükséges, azonban katalógusból választva a piacról is beszerezhetőek. Egy ilyen összetett rendszer esetében sokkal inkább megéri saját fejlesztésű invertert használni.

### 8.4 Hibrid akkumulátor

A hibrid akkumulátor névleges feszültségének 600 V-ot választottam, a motorok adatai miatt. Az akkumulátort többféleképpen lehet felépíteni, több fajta cella áll rendelkezésre. A méretezéshez szükséges adatok a 8. fejezetben találhatóak.

Járműipari felhasználásra többfajta akkumulátor cella használható ezeket szeretném egy kicsit bemutatni:

#### 8.4.1 A NiCd akkumulátorok jellemzői:

Megbízható működésűek, de a töltés és kezelés fokozott figyelmet igényel. Teljes kapacitásukat csak 3-4 teljes töltési ciklus (teljes feltöltés és lemerítés) után érik el. A gyár az

<sup>23</sup> Forrás: [http://amk-group.com/en/product/servomotors\\_dd5](http://amk-group.com/en/product/servomotors_dd5)

első üzembehelyezéskor 16 órás töltést javasol, amely sokkal hosszabb, mint a később szükséges normál töltési idő. Rendkívül érzékenyek a túltöltésre és a túlzott kisütésre, ezekben az esetekben maradandó károsodást szenvednek, ezért ne hagyjuk az akkut 24 óránál tovább a töltőn.

A használaton kívüli akkut is fel kell tölteni időnként nehogy ún. mélykisülésbe kerüljön. Állaga károsodik magas hőmérsékleten, ablak mögötti napon, fűtőtest közelében. Kedvezőtlen tulajdonsága a memória effektus: helytelen töltés és kisütés esetén megjegyzi, azután csak addig a szintig tölthető, ameddig korábban helytelenül töltötték. A szakszerűtlen kezelés hetenkénti szakszerű regenerálással orvosolható, a várható élettartam 700-1000 ciklus, amely az előírástól eltérő kezeléssel 500-700-ra csökken! Alapvető, hogy az akkut csak eredeti gyári töltővel szabad tölteni, a teljes feltöltésig a töltést ne szakítsuk meg.

#### **8.4.2 A Li-ion akkumulátorok jellemzői:**

Ez a fajta akkumulátor a legújabb fejlesztések eredménye. Energiasűrűségük mintegy háromszorosa a NiCd-nek, és másfélszerese a NiMh-nak, rendkívül kisméretű, pehelykönnyű akkumulátor. Önkisülésük elhanyagolható mértékű, hónapokon keresztül tartják az energiát. A gyorsöltésük befejezése (kb. 80%-os feltöltöttség) után kondicionáló töltés is szükséges a teljes feltöltéshez. Szintén mentesek a kadmiumtól, egyáltalán nem jellemző rájuk a memóriaeffektus. A Li-ion akkumulátorok várható élettartama akár az 1200 töltés-kisütési ciklust is meghaladhatja.

#### **8.4.3 A NiMH akkumulátorok jellemzői:**

Az akkumulátorok fejlődésében a második állomás, kisebb térfogatban nagyobb kapacitással rendelkezik, nagyobb az energiasűrűsége és jóval könnyebb, mint elődje. További előnye, hogy nem tartalmaz kadmiumot, amely toxikus anyag, tehát veszélyes mérreg a környezet számára. Kezelése lényegében megegyezik a NiCd akkuk kezelésével, azonban az ún. memória effektus nem olyan erőteljes, mint a NiCd esetében. Hátránya a NiCd-hez képest, hogy várható élettartama rövidebb, kb. 400-700 (az optimálistól eltérő kezelés esetén 500) töltéskisütési ciklus. Az ólom-savas technológiától eltérően itt nem vesz részt az alkáli elektrolit (vizes kálium oldat) az elektróda reakcióiban. Aktív elektródaanyagként, valamint hidrogéntároló anyagként (alkotófém) nikkel-oxid hidroxidot használnak. Az alkotófém magas lantán, cérium és neodímium összetételű ötvözet.

A NiMH akkumulátorokat az 1980-as évek végén kezdték kereskedelmi forgalomba hozni. A pozitív elektródát Dr. Masahiko Oshitani (Yuasa Corp.), a nagy teljesítményű „paste

electrode” technológia úttörője fejlesztette ki. Ezt a nagy teljesítményű elektródát a Philips Laboratories-ban és a francia CNRS labs-ben építették össze a nagy teljesítményű hibrid ötvözet negatív elektródával az 1970-es években, eljutva az új, környezetbarát, nagy teljesítményű NiMH akkumulátorhoz. 1999-ben, a legyártott nikkkel-metál-hibrid akkumulátorok tömege éves szinten több, mint 80000 tonna volt, mely körülbelül 1 milliárdos darabszámot jelentett, míg 2008-ban a világméretű gazdasági válságnak köszönhetően az eladások lecsökkentek. A lítium-ion technológia, mely folyamatos erősödést mutatott a kommunikációiparban, nagyobb ütemben fejlődött, mint a NiMH akkumulátorok, melyek mára visszaszorultak a piacról.

A boltokban háromféle nikkkel-metál-hidrid akkumulátor kapható. Ezek a hengeres-, gomb-, valamint a prizmatikus cellák. A prizmatikus-, és gomb cellában a katódot leggyakrabban rétegezve választja el az anódtól a szigetelő, míg a hengeres cellánál ez feltekert formában valósítják meg. A katód megegyezik a nikkkel-kadmiumos akkumulátorokéval, de anódjuk valamely ritkaföldfém és nikkkel, kobalt, mangán vagy alumínium ötvözet. Ezek a vegyületek képesek hidrogénatomokat befogva hidrideket képezni. Az anód potenciálja függ a hidrogénion tartalmától, így az elemek 1 MPa hidrogéngáz nyomás alatt vannak. Az anód ötvözetéből teflonnal pasztát képeznek, melyet azután egy nikkelhálóra visznek fel. A cellák energiasűrűsége 50-60 Wh/kg és 500-1000 feltöltési-kisülési ciklust viselnek el, de félig kisütött állapotban való töltéstől gyorsabban öregszenek. [3]

## **9 EGYÉB LEHETŐSÉGEK**

### **9.1 Hajtástechnika**

A dolgozatban ismertetett átalakításokkal számos lehetőség nyílik meg előttünk. A rendszert okosan vezérelve megvalósíthatunk négykerék meghajtást, illetve nagyon könnyen végezhetünk nyomaték-vektorálást, az első kerékagymotorok megléte miatt. Ezen túl, a villamos, és a belsőégésű rendszert teljes mértékben terhelve, az eredeti menetdinamikánál jóval kielégítőbbet érhetünk el. Javul az autó rugalmassága, a 0-100 km/h elérésének ideje, ugyanakkor megmaradhat a jármű takarékosnak, és a mindennapok során jól használhatónak.

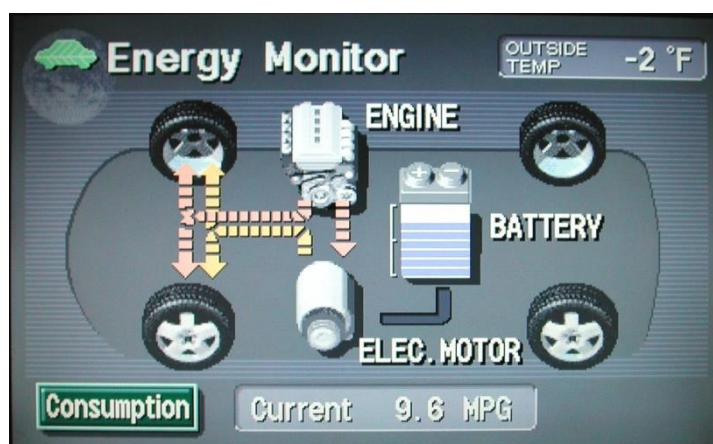
### **9.2 Hibrid rendszer kihasználása**

A hibrid rendszert sokkal jobban kihasználhatjuk, ha a jármű hozzáfér a környezetében történő közlekedési, illetve topográfiai adatokhoz. Így például hegymenetben haladva hagyni

fogja az akkumulátor pakkot a lehető legkisebb szintre merülni, hiszen az emelkedőről lefelé jövet megvalósítható a regeneratív fékezés, ennek köszönhetően a belsőégésű motort sokkal többször tudjuk optimális terhelési környezetében üzemeltetni.

### 9.3 Piaci igények, kitekintés

Nem mellékes szempont a végfelhasználók igényeinek felmérése. A piaci tapasztalatok azt mutatják, hogy az emberek szeretik az efféle hibrid kialakításokat. Míg pl.: a Honda IMA rendszerét sokan nem szeretik, addig a Lexus azon modelljeit, mely a Smartéhoz hasonló rendszerrel van szerelve, többen kedvelik. Egy szériában bevezetendő rendszerrel szemben minden esetben megfogalmazhatóak sarokpontok, például az észrevétlen, és gördülékeny működés, vagy éppen az az igény, hogy a felhasználó lássa, hogy éppen mit tesz a rendszer, pillanatnyilag milyen üzemállapotban van (mind a Toyota Priusokban, mind a Lexusokban ez a központi kijelzőről leolvasható).



7. Ábra: toyota prius központi kijelzőjének képe<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Forrás: [http://john1701a.com/prius/album/prius-album\\_multi-display04.htm](http://john1701a.com/prius/album/prius-album_multi-display04.htm)

## 10 ÉRTÉKELÉS

A dolgozat alapján belátható, hogy a hibrid járműveknek még sokáig lesz létjogosultsága. Számos előnyt kínálnak a tisztán villamos hajtással, és a hagyományos belső égésű motoros gépjárművekkel szemben is. Autonóm gépjárművek esetén a biztonság elsődleges szempont, melyet egy ehhez hasonló, redundáns táprendszerrel biztosítani lehet.

## 11 Nyilatkozat

Alulírott **Göntér Ábel** (Neptun kód: J0RCE1), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója jelent nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a **HIBRID HAJTÁSRENDSZER ÉS REDUNDÁNS TÁPRENDSZER TERVEZÉSE AUTONÓM GÉPJÁRMŰVEK SZÁMÁRA** című dolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, önállóan készítettem és a dolgozatban csak az irodalomjegyzékben megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2017. október 27.

.....  
Göntér Ábel

## 12 Felhasznált irodalom

### Weboldalak

- [1] [\\_http://www.origo.hu/auto/20170808-a-dizelmotorok-jovoje.html?pIdx=1](http://www.origo.hu/auto/20170808-a-dizelmotorok-jovoje.html?pIdx=1)  
[olvasva: 2017. 10. 02.]
- [2] <https://www.scribd.com/document/339306858/Hevesi-Gyorgy-Autovillamossag>  
[olvasva: 2017. 10. 06.]
- [3] <http://www.hornos.hu/sziakku.htm>  
[olvasva: 2017. 10. 10.]

### Szakirodalom

- [4] Petrók, J. (2011) *Autotechnika magazin*, p. 24-25., *Autonóm gépkocsik*
- [5] Dr. Bóka, G. Erőátvitel tervezése (2015.05.11.), Járműtechnika. előadás, BME, Budapest
- [6] Huszti Tibor A gépjármű villamos hálózata, és az akkumulátorok

## 13 Jegyzék

### Képek

1. Kép: Smart W450 személygépjármű.....	10
2. Kép: elfogyasztott tüzelőanyag mennyiség megállapítására használt mérőrendszer.....	18

### Táblázatok

1. Táblázat: gépjármű adatai .....	11
2. Táblázat: Mérési eredmények .....	20
3. Táblázat: szívócső nyomás értékei .....	21
4. Táblázat: keréktalpponti vonóerő értékei .....	21
5. Táblázat: óránkénti tüzelőanyag fogyasztás értékei.....	21
6. Táblázat: kerékteljesítmény értékei.....	21
7. Táblázat: állandónak tekintett veszteségek .....	22
8. Táblázat: veszteség teljesítmények alakulása motorterhelés és fordulatszám függvényében	23
9. Táblázat: teljes mérési tartományhoz tartozó reális motorteljesítmény értékek .....	24
10. Táblázat: teljes mérési tartományhoz tartozó reális forgatónyomaték értékek .....	24
11. Táblázat: fajlagos tüzelőanyagfogyasztás értékei (kagylógörbék).....	24
12. Táblázat: belsőégésű motorral, és hibridhajtással számolt WLTP ciklus szerinti értékek.	30
13. Táblázat: indításhoz szükséges paraméterek.....	31
14. Táblázat: hibrid akkumulátor töltéséhez szükséges paraméterek .....	31

### Ábrák

1. Ábra: hibrid rendszer felépítése .....	12
2. Ábra: gyorsítás folyamatábrája .....	13
3. Ábra: lassítás folyamatábrája .....	13
4. Ábra: tisztán elektromos haladás folyamatábrája.....	14
5. Ábra: a redundáns táprendszer felépítése, mindkét kör látható .....	15
6. Ábra: WLTP-NEDC ciklus összehasonlítása.....	27
7. Ábra: toyota prius központi kijelzőjének képe.....	36



## **Diagramok**

1. Diagram: hibrid gépjármű nyomatékgörbéi ..... 8
2. Diagram: átlagos erő, dinamikus erő komponensek az idő függvényében ..... 9
3. Diagram: kerékagymotor teljesítmény és nyomaték görbéi fordulatszám függvényében .... 33

## **Egyenletek**

1. Egyenlet: hajtáslánc hatásfokának kiszámítása ..... 22
2. Egyenlet: gördülési ellenállás tényező sebesség függése ..... 25
3. Egyenlet: gördülési ellenállás kiszámításához használt összefüggés ..... 25
4. Egyenlet: Légellenállás erő kiszámításához használt összefüggés ..... 25

## 14 FÜGGELÉK

2040 Budaörs, Hársfa u. 3/V.  
Műnei: Budaörs, Gyár ut, I.S.G telep.

Tel: (23) 500 411  
(20) 9 257 407

### MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Mérésvezető : Havassy Péter  
Dátum : 2017. Október 3. Kedd  
Fr.sz. : BME-001  
Motor típus : Otto  
Jármű típus : SMART W 450 600 ccm

Megjegyzés : 1. mérés

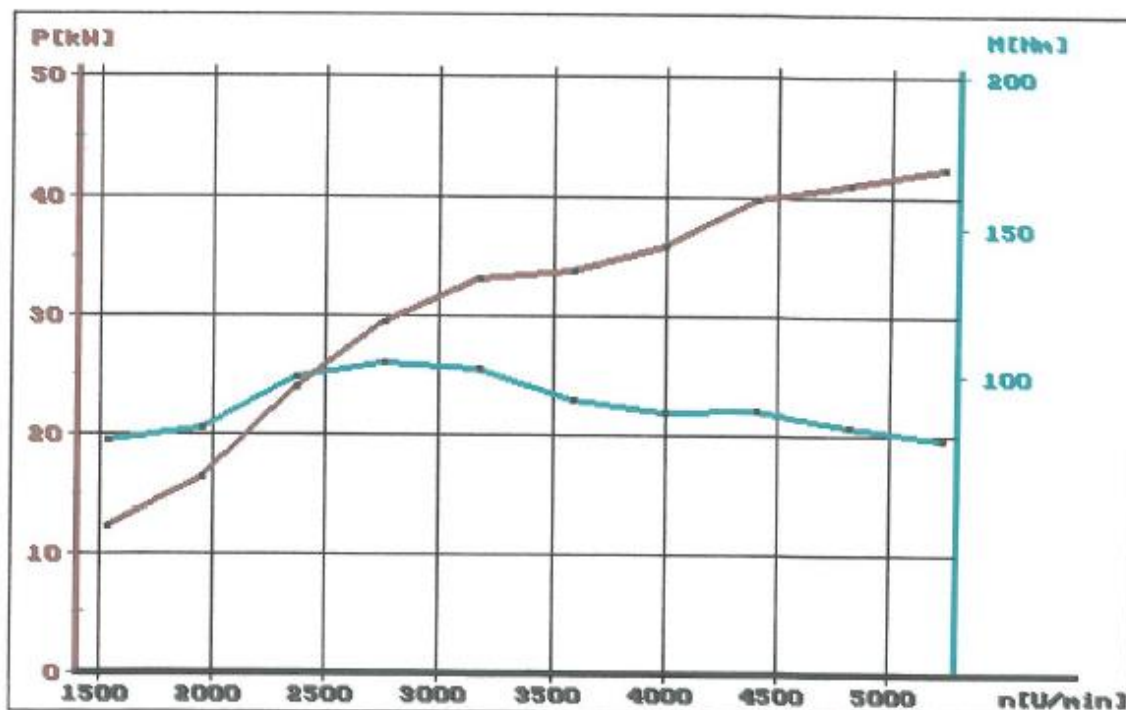
**havassy**

Havassy Motorsport Kft.  
1028 Budapest, Lestegy u. 17/a  
Adószám: 12631100-2-41

#### Teljesítményadatok

Motorteljesítmény (max)	:	42.3 kW	/	57.6 LE	5227 1/perc	135 km/ó
Forgatónyomaték (max)	:	104.1 Nm			2751 1/perc	71 km/ó
Maximális sebesség	:	134.7 km/ó				
Maximális fordulatszám	:	5227 1/perc				
Füst érték (max)	:	0.00 K				

Levegőnyomás	:	1010 mbar	Levegő hőmérséklet	:	18 °C
Olajhőmérséklet	:	0 °C	Kipufogógáz hőmérséklet	:	0 °C



**havassy**

Havassy Motorsport Kft.  
1028 Budapest, Lestegy u. 17/a  
Adószám: 12631100-2-41

*Havassy Péter*  
mérésvezető

számitógépes motorvizsgáló rendszer **TOPPOWER**

**SYNTECH** motors

JÁRMŰIPARI FEJLESZTŐ ÉS KERESKEDELMI Kft.

# SYNTECH motors

JÁRMŰIPARI FEJLESZTŐ ÉS KERESKEDELMI Kft.

2040 Budaörs, Hársfa u. 3/V.  
Műhely: Budaörs, Gyár ut, I.S.G telep.

Tel: (23) 500 411  
(20) 9 257 407

## MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Mérésvezető : Havassy Péter  
Dátum : 2017. Október 3. Kedd  
Friz. : BME-001  
Motor típus : Otto  
Jármű típus : SMART W 450 600 ccm

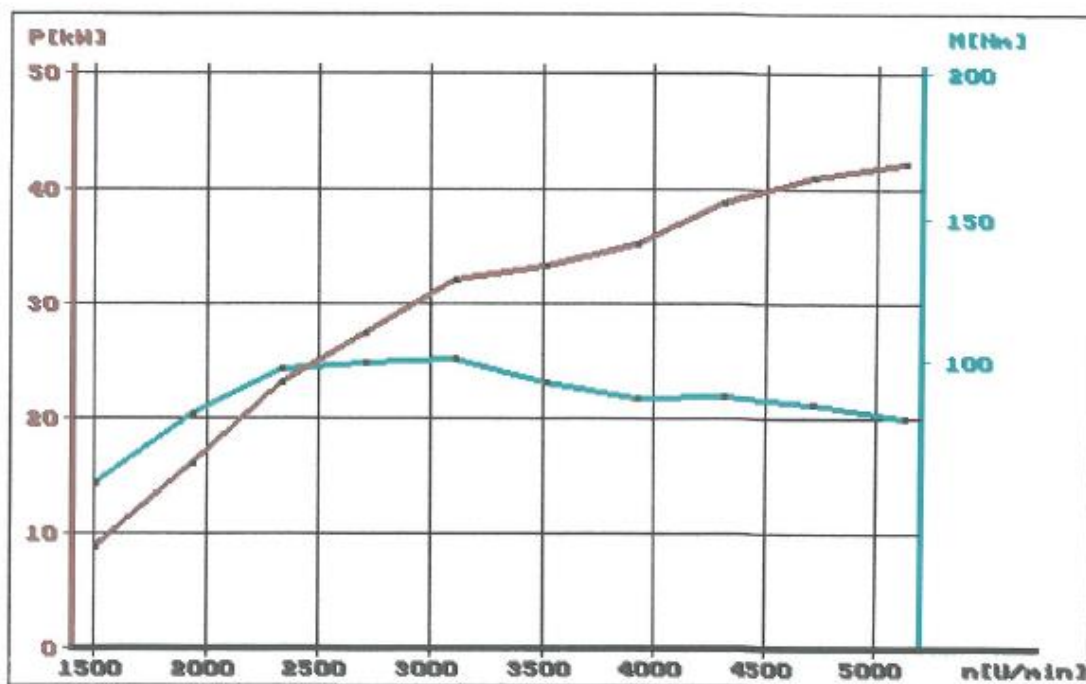
Megjegyzés : 11 mérés

**havassy**

Havassy Motorsport Kft.  
1028 Budapest, Lestegy u. 17/a  
Adószám: 12631100-2-41

### Teljesítményadatok

Motor teljesítmény (max) :	42.2 kW /	57.4 LE	5118 1/perc	131 km/ó
Forgatónyomaték (max) :	100.4 Nm		3109 1/perc	80 km/ó
Maximális sebesség :	131.4 km/ó			
Maximális fordulatszám :	5118 1/perc			
Püst érték (max) :	0.00 K			
Levegőnyomás :	1010 mbar	Levegő hőmérséklet :	18 °C	
Olajhőmérséklet :	0 °C	Kipufogógáz hőmérséklet :	0 °C	



**havassy**

Havassy Motorsport Kft.  
1028 Budapest, Lestegy u. 17/a  
Adószám: 12631100-2-41

*Havassy*  
mérésvezető