



FÉK- ÉS FÉKRÁSEGÍTŐ RENDSZER TERVEZÉSE ELEKTROMOS VERSENYAUTÓHOZ

DESIGN OF A BRAKE AND BRAKE ASSIST SYSTEM FOR AN ELECTRIC RACE CAR

Borbély Bálint,¹ Szántó Attila,² Diós Szabolcs Sándor,³ Husi Géza⁴

¹ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Járműmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország,
borbelybalint26@gmail.com

² Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, Debrecen, Magyarország,
szanto.attila@eng.unideb.hu

³ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Informatikai Kar, Debrecen, Magyarország,
dios.szabolcs@eng.unideb.hu

⁴ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Járműmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország,
husigeza@eng.unideb.hu

Abstract

The project investigates the conversion of a Toyota MR2 W10 passenger car. The aim was to replace the car's original braking system with a more modern one, so that the car's braking system could cope with more demanding conditions than planned in competition. The design took into account the stresses on the braking system and the adhesion and friction coefficients.

Keywords: *prototype electric race car, brake system, brake assist system, design.*

Összefoglalás

A projekt témája egy Toyota MR2 W10-típusú személygépjármű átalakítása volt. A kitűzött cél az autó gyári fékrendszerének lecserélése volt egy modernebbre, hogy versenykörülmények között az autó fékrendszere a tervezettnél nagyobb igénybevétel esetén is helyt tudjon állni. Az tervezésnél figyelembe vettük a fékrendszer igénybevételét, valamint a tapadási és súrlódási együtthatókat.

Kulcsszavak: *prototípus, elektromos versenyautó, fékrendszer, fékrásegítő rendszer, tervezés.*

1. Bevezetés

A DEAC Motorsport több mint 4 éve versenyez az MNASZ által megrendezett Szlalom Bajnokságon. Ezalatt az idő alatt számos versenyt megnyertünk több kategóriába.

A jövőben viszont szeretnénk saját tervezésű járművekkel is rajthoz állni más kategóriákban is. Ennek keretei között kezdődött meg a Debreceni Egyetem Műszaki Karán egy Toyota MR2-gépkocsi átalakítása.

A projekt több részből áll, a jelenlegi tanulmány a fékrendszert vizsgálja. A járművet az **1. ábra** reprezentálja.



1. ábra. Toyota MR2 [1]

Először is a gyári fékrendszer adatait vizsgáltuk meg. Az első tárcsa 252 mm átmérőjű és úszonygeres kivitelű. A gyári adatok szerint a 100km/h sebességről végzett fékezési távolság a megállásig 44 méter. Ez a mai autóknak, melyek ABS-sel is elvannak látva, 32-35 méter.

2. A jármű-fékrendszer átalakítása

A gyári fékrendszertárcsára ható erő számítása az alábbiak szerint történik a megadott gyári értékek függvényében:

- Hidraulikus nyomás (P): 80 bar
- Dugattyú átmérője (d): 51 mm
- Súrlódási együttható (μ): 0,3
- Dugattyúk száma (n): 1
- Féktárcsa effektív sugara (r): 0,12 m [2].

Dugattyúfelszín-számítás [3]:

$$A = \pi d^2 / 4 \quad (1)$$

A fékbetét által kifejtett erő:

$$F_r = P \cdot A \cdot n \quad (2)$$

A féktárcsára ható erőt a fékbetét által kifejtett erő és a súrlódási együttható szorzata adja meg:

$$F_f = \mu \cdot F_r \quad (3)$$

A fékerő által kifejtett nyomaték a féktárcsán:

$$M = F_f \cdot r \quad (4)$$

Ugyanezen elv alapján meghatározható az új beépítendő fékrendszer fékezési ereje.

A Toyota MR2-es fékrendszerének kialakítására több megoldás is kínálkozott számunkra. Az egyik, hogy egy teljesen új rendszer kerül megtervezésre, a másik, hogy egy már meglévő járműről lesz átrakva. Mivel az egyetemenek több jármű is a tulajdonában van, így egy Opel Vectra C-típusú autóról fog átkerülni a fékrendszer. Ugyanakkor

azt figyelembe kell venni, hogy ezzel a módosítással a jármű viselkedése is változni fog.

Az EBC Orangestuff fékbetét lesz talán a legnagyobb változás, mivel ennek a súrlódási együtthatója 0,5, amely akár 0,6 fölé is emelkedhet terhelés hatására. A másik változás a féktárcsa átmérője, amely 285mm-re nő meg, illetve a fékdugattyú mérete, amely 57mm-re nő.

A módosított fékrendszertárcsára ható erő számítása a fentiekben ismertetett képletek szerint lehetséges [2].

A módosított fékrendszer alapértékei:

- Hidraulikus nyomás (P): 80 bar
- Dugattyú átmérője (d): 57 mm
- Súrlódási együttható (μ): 0,5
- Dugattyúk száma (n): 1
- Féktárcsa effektív sugara (r): 0,135 m.

A következőkben az osztókörmódosítást kellett megcsinálni, úgy, hogy az új féknyeregkengyel elférjen. A kerékcsapágy osztóköre 4×100, ami azt jelenti, hogy 4 furat van egy 100 mm átmérőjű körön elhelyezve. Viszont a felszerelni kívánt féktárcsának az osztóköre 5×110, így egy osztókörmódosítót (2. ábra) kell tenni a féktárcsa és kerékcsapágy közé.

A megkönnyített méretezés érdekében elkészítettünk egy minta-osztókörmódosítót Solid Edge programban [5], és STL-formátumból kinyomtatottuk 3D-nyomtató segítségével.

A 3D-nyomtatás során FDM-, vagyis Fused Deposition Modelling [6] technológiát alkalmazó gépet használtunk. Mivel járműalkatrészről van szó, így a minta-osztókörmódosítóhoz ABS+ ipari műanyagot választottunk. Fontos kiemelni, hogy a 3D-nyomtatvány (3. ábra) csak egy „mintaként” szolgál, nem végleges beépítendő elem.



2. ábra. Az osztókörmódosító [4]



3. ábra. 3D-nyomtatott minta-osztókörmódosító

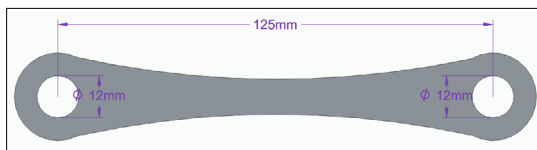
A középső gyűrűjét úgy terveztük meg, hogy a belső átmérője megegyezzen a kerékcsapágy gyűrűjének átmérőjével, a külső gyűrűje pedig a féktárcsa középfuratával.

Hogy a féknyeregkengyelt is fel lehessen szerelni a csonkra, egy adaptert is kellett tervezni. A gyári féknyeregkengyellel csak a kisebb fékbetéteket lehetne használni, amelyek nem fognának a féktárcsa teljes terjedelmén, illetve a féknyereg is kisebb erőt tud kifejteni.

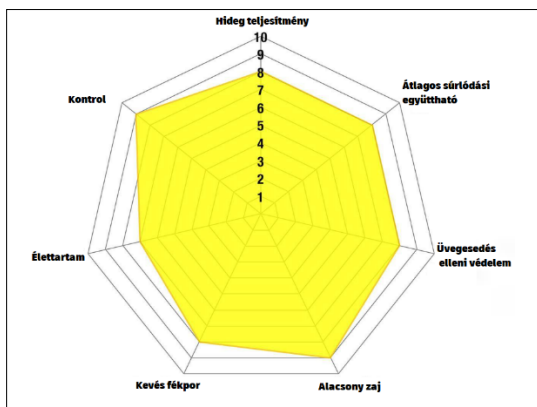
A Vectra C féknyereg viszont nagyobb dugattyúátmérővel rendelkezik, és a fékbetét is majdnem dupla akkora területű a Toyota MR2 fékjéhez képest. Viszont a tárcsaátmérő növekedésével és az osztókör megváltozásával a gyári felnik nem lesznek kompatibilisek az autóval, így 5×110 , esetleg 5×112 osztóköri felnit lehet az autóra szerelni. Az 5×112 osztókör esetén mozgókúpos kerécsavarokat kell alkalmazni. A féknyeregkengyel 2 rögzítőcsavarjának furata majdnem illeszkedik a kerékcsonkon található furatokkal, viszont van egy kis eltérés. A kerékcsonkon található furatok távolsága 130 mm, míg a kengyel furatainak távolsága 125 mm.

A furatok mérete megegyezik, a csonkon és a kengyelen is 12 mm átmérőjű furatok vannak, menet viszont csak a kengyelben van, 1,25 mm menetemelkedéssel (4. ábra).

Az első fékbetétnek az EBC DP41414R „Yellows-tuff” [7] versenyfékbetét lett kiválasztva. Ezt a



4. ábra. Konzolon a furatok távolsága



5. ábra. EBC DP91414 gyártó által megadott teljesítménydiagram [7]

fékbetétet versenypályás használatra tervezték, főleg szlalom- és hegyi versenyekre (5. ábra).

Általánosan a választott fékbetét 0,6 sűrűdési értékkel rendelkezik 800 Celsius-fok fölött, és üzembiztos. Az EBC-fékbetét jellemzően mentes az egészséget károsító anyagoktól is [7].

A kézfék esetünkben bowdenes, így azt az autóban található kézfékkarral, egy méretre gyártott bowdennel lehet majd működtetni. Fontos, hogy a kábelek hossza egyforma legyen, hogy a két féknyereg a kézfék behúzására egyszerre és ugyanannyit fékezzen mindkét oldalon. Az autó kézfékkarjában van egy érzékelő, amely azt a célt szolgálja, hogy amennyiben gyújtáson és járó motornál a kézfék be volt húzva, egy visszajelző lámpát aktivált, amely a műszerfalán mutatta, hogy a kézfék behúzásra került.

Ezt az elektromos motor beépítése után egy megszakítóval is el fogjuk látni, amely a „gázpedál” és a motor vezérlőjének összeköttetését szakítja meg. Ezáltal behúzott kézféknél a gázpedál nem fog jelet továbbítani a motorvezérlőnek, ezzel is védve a motort és a hajtás többi részét. Illetve egy visszajelző lámpa is lesz szerelve a műszerfalba, amely behúzott kézfék esetén világít, mivel jelenleg az autó csak egy üres kasztni, és nincs benne a műszerfal sem.

3. Fékcsőzáró „Line-lock”-rendszer

A fékcsőzáró rendszer, avagy a „Line-lock system” arra szolgál, hogy az első vagy hátsó fékkört el lehessen zárni, ezáltal az a kör nem kapja meg a hidraulikus nyomást, így a fékpedál lenyomásakor csak a nyitott kör fog fékhatást kifejteni (6. ábra).

Az univerzális szetteket fékcsővenként lehet beépíteni, és 12V rendszerre kötve működik [8].



6. ábra. Fékcsőzáró készlet [8]

Elzárt állapotban a visszajelző lámpa világít, és jelzi a vezető felé, hogy a fékkör nincs használatban. Az autóba 2 szett lesz beszerelve a hátsó fékekre. A végén egy kapcsolóra lesz kötve, így a teljes hátsó fékrendszer egy gombnyomásra elzárásra kerül.

Azért van szükség erre, mert az autó versenygumikon fog menni, amelyeknek a működési tartománya hőmérsékletfüggő. A hirtelen, felületi hőmérséklet-emelkedést az úgynevezett gumiégetéssel vagy „burnout”-tal lehet elérni. A gumiégetés során a hajtott kerekek, jelen esetben a hátsó kerekek kipörögnek, míg a fékkel az autó egy helyben van tartva. Fékcsőzáró rendszer hiányában a hátsó fék is működne, ezzel egyszerre hajtást és lassítóerőt is kapna, ami mind a hajtásláncre és a fékre is nagy terhelést ad. Amennyiben ezzel a rendszerrel fel lesz szerelve az autó, a gumiégetés előtt a hátsó féket el lehet zárni, és a melegítés alatt csak az első fék fog fogni, ezáltal az autó mozdulatlan maradhat, és kisebb lesz a hajtáslánc terhelése, mivel nem lesz fékezőerő a hátsó tengelyen.

4. Elektromos vákuumszivattyús fékrásegítés

Az autó fékrásegítővel van felszerelve, ezáltal a kényelmes és erős fékezést a gyári rendszerrel is el lehet érni, azonban a belső égésű motor hiánya miatt (mivel a fékrásegítő ebben a változatban a szívócsőről kap vákuumot) jelen állapotában üzemképtelen.

Először is utánanéztünk annak, hogy a mai elektromos autókban milyen fékrásegítő megoldásokat használnak. Többféle megoldást alkalmaznak az autógyártók, alacsonyabb kategóriás autókban hagyományos vákuumos fékrásegítőt használnak, és egy elektromos vákuumszivattyú látja el a fékrásegítőt a kellő 0.8–1 bar körüli vákuummal [9] (7. ábra).

Ezen megoldás itt is alkalmazható, mivel az autónak van 12V elektromos rendszere. Ezeknek a szivattyúknak kétféle működtetése lehet: szabályozással és vezérléssel működő (8. ábra).

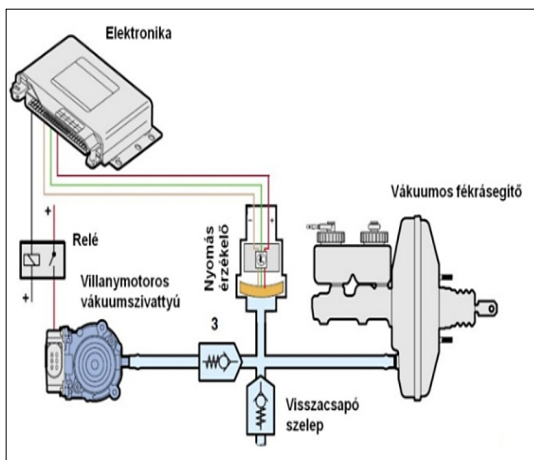
5. Jármű validálása szimulációs méréssel

Mivel a járműáttervezés többlépcsős folyamat, és több fejlesztés párhuzamosan zajlik, ezért egy virtuális modellt is meg kellett alkotni az előzetes járműteszteléshez (9. ábra).

Ehhez a Camshaft Software által fejlesztett Automation [11], valamint a BeamNG.Drive [12] került



7. ábra. Elektromos vákuumszivattyú [9]



8. ábra. Elektromosvákuumszivattyú-bekötés [10]



9. ábra. Toyota MR2 BeamNG.Drive

felhasználásra. Mindkét programot széles körben alkalmazzák motorok és járművek tesztelésére.

Először is Automation programban beállítottuk az eredeti és módosított féket, hogy a fékerő a kiszámolt fékerőt adja. Minden teszt szimulációs idő szerint 8:52-kor készült, napos időben és szélcsendben. A környezeti levegő hőmérséklete 25 °C-ra van állítva. Gravitációs gyorsulás: 9,81 m/s². A tesztekre és szimulációra használt pálya aszfaltjának tapadási súrlódási együtthatója 0,98, csúszási súrlódási együtthatója 0,7.

Gyárfék-szimuláció:

Először is felvettük a gyári fék adatait. A piros folytonos vonal az első fékerőt jelzi, míg a kék a hátsó fékerőt. Baloldalt a fékerő látható N-ban, alul pedig a jármű sebessége.

Az autó súlya ebben az esetben 1090 kg elől 252 mm átmérőjű féktárcsákkal, hátul 240 mm átmérőjű féktárcsákkal. A szaggatott vonalak a tapadási határt mutatják a gumikhoz. Ezekbe az értékekbe minden tényező bele van számítva, a leszorítóerő és még a súlypont vándorlása is (10. ábra).

A következő ábra a fékezési időt mutatja be. Baloldalt a jármű sebessége, míg alul a fékpedál lenyomásától eltelt idő látszik (11. ábra).

Az autó a végsebességéről majdnem 7 másodperc alatt áll meg, és a 100–0 km/h-ról történő megállása alatt 44 métert tesz meg. A gumí 185/55R15 utcai gumí.

Elektromos Toyota MR2 a módosított fékkel:

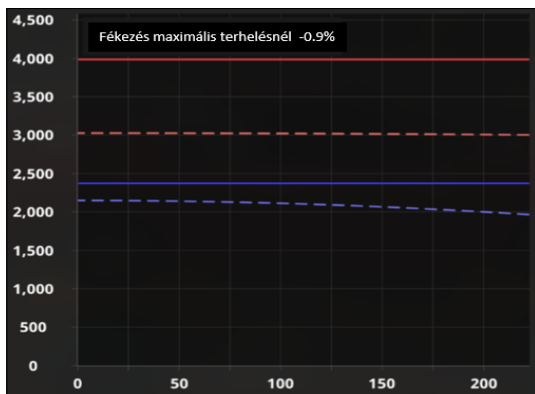
Következő lépésben a fejlesztett autó adatai kerültek megadásra. Mivel üvegszálaz elemekkel lesz ellátva, a belső égésű motor pedig egy elektromos motorra és egy akkumulátorra cserélődik, így mind súlypontban és súlyban is változás lesz.

Így az autó súlya 958 kg-ra csökken. Felszerelésre kerül a módosított fékszett is, így már elől 285 mm, míg hátul 278 mm a féktárcsa átmérője.

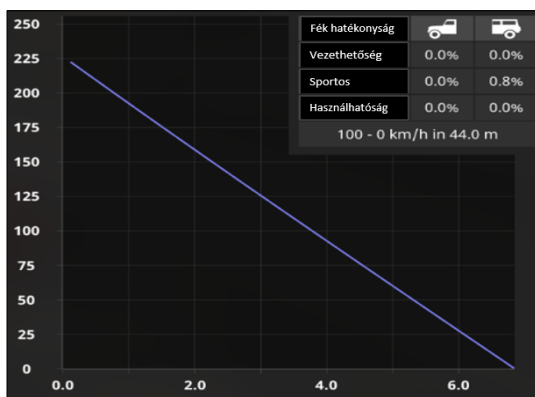
A piros folytonos vonal (12. ábra) az első fékerőt jelzi, míg a kék a hátsó fékerőt. Baloldalt a fékerő látható N-ban, alul pedig a jármű sebessége.

A szaggatott vonalak szintén a gumi tapadási határát jelzik, ez is nőtt, mivel a gumik 305/30ZR15 semi-slick gumikra lettek cserélve, ilyen méretű gumikat szeretnénk használni a versenyeken is.

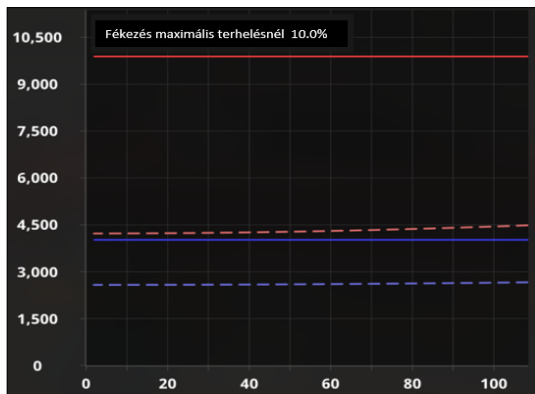
Az Automation programból közvetlenül át lehet ültetni az elkészült modelleket BeamNG.Drive-ba, ahol úton is lehet a megtervezett autókat használni. Így ebben a programban folytattuk, és aszfaltos úton megnéztük, mennyire hitelesek az Automation által adott adatok.



10. ábra. Gyári fék szimulált teljesítménye



11. ábra. Gyári fék féktávja



12. ábra. Módosított fék szimulált teljesítménye

A teszt 4 futamból állt, és a legjobb idő számított. Egy futam 100 km/h-ra gyorsításból és onnan egyből teljes fékezésből állt. Majd ezt követte ugyanez 150 km/h-ról. Mindemellett a féktárcsák hőmérsékletét is folyamatosan figyelte a program.

Először a gyári adatokkal végeztük el a mérést. A féktárcsa hőmérsékletét a program egy Excel-táblázatba importálta, 1 másodperces mintavétellel (1. és 2. táblázat).

1. táblázat. 100km/h-ról fékezés első alkalommal

Hőmérséklet	Hátsó fék	Első fék
Felszín	118 °C	137 °C
Belső	108 °C	130 °C

2. táblázat. 100km/h-ról fékezés negyedik alkalommal

Hőmérséklet	Hátsó fék	Első fék
Felszín	208 °C	243 °C
Belső	186 °C	226 °C

Utána a módosított fékkel néztük meg a fékezési adatokat (3. és 4. táblázat).

3. táblázat. 100km/h-ról fékezés első alkalommal

Hőmérséklet	Hátsó fék	Első fék
Felszín	143 °C	218 °C
Belső	144 °C	208 °C

4. táblázat. 100km/h-ról fékezés negyedik alkalommal –módosított fék

Hőmérséklet	Hátsó fék	Első fék
Felszín	119 °C	292 °C
Belső	119 °C	278 °C

Mint látható, a hátsó fék nem nagyon melegszik, a tömegközéppont túlságosan előreesik, és az elektromos motor fékezése is megkönnyíti a hátsó fék dolgát, plusz energiát is termel vissza. Ezt az iBooster segítségével nagyon jól is lehet majd szabályozni.

6. Digitális infrastruktúra és fejlesztések

A Debreceni Egyetem, Műszaki Kar az utóbbi években jelentős fejlesztéseket hajtott végre, így az új infrastruktúrának köszönhetően számos irányban indultak meg fejlesztések. A Járműgyártás Laborban régi gépegységek felújítása kezdődött meg AI-funkciókkal kiegészítve [13]. Továbbá, ahogy a fenti projektben is digitális modellt alkalmaztunk a jármű kapcsán, úgy az oktatásban is megjelentek Digital-Twin-modellek, amelyek az oktatás megkönnyítését szolgálják [14, 15]. Machine learning technikákkal [16] pedig szortírozást és az egyéb alkatrészek válogatását valósítottuk meg [17], amely a járműgyártás és -fejlesztés szempontjából is fontos. Kompozitanyagok tekintetében szintén történnek előrelépések, amelyek

hozzájárulhatnak a jobb karosszériagyártáshoz [18]. A járműmodellezés kapcsán kiemelten fontos a telemetria adatok [19] gyűjtése és azok feldolgozása, ezt figyelembe véve kezdtünk el saját Linux-disztribúció-alapú szervert építeni [20]. A jövőben így lehetőségünk lesz további járművekkel kapcsolatos szimulációs modellek megtervezésére [21]. 3D-nyomatási [22] kapacitásunk révén pedig, lehetőségünk van a légi járművekkel kapcsolatos projektek indítására is [23].

7. Következtetések

A fékrendszert első számú átalakításnak kell venni egy járműfejlesztés során különösen, ha az autó kizárólag versenypályán lesz használva. Hiába a nagy végsebesség, ha nem lehet az autót megállítani, stabilan vezetni. Hiszen a gyors lassulás az, amit minden kanyar előtt szeretnénk tapasztalni, nem pedig a hirtelen megállás. A megnőtt fékerőnek és a semi-slick gumiknak köszönhetően a szimuláció adataira hivatkozva a fékút 44 méterről 29 méterre csökkent, 100 km/h-ról megállásig számítva. Minél nagyobb sebességről hajtjuk végre a fékezést, az eredmény annál nagyobb javulást mutat. A Solid Edge-ben megtervezett alkatrészeket legyártva és a projektben említett alkatrészek beszerzése után a többi hallgatóval és a DEAC Motorsport csapattagjaival együtt elkezdődik az autó megépítése, átalakítása.

Célunk az, hogy az első versenyre egy kész autót tudjunk rajthoz állni, és tesztelni az addigi munkánkat. A szimulációalapú validálás bemutatva, mennyire fontos is az, hogy előzetesen rendelkezésre álljon egy szimulációs környezet, ahol direkt versenyzési célra kifejlesztett fékrendszert tudunk tesztelni felvitt adatok alapján. A becslések alapján magasabb hőmérsékleteken sem romlott a féktáv, és a belső és súrlódó felület alacsony hőmérséklet-különbsége bemutatja, mennyire jó a tárcsa hőátadó és hővezető képessége.

Természetesen fejlesztési lehetőségek továbbra is vannak a járművön, a most vázoltak csak az egyik állomása a projektnek.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet nyilvánítani Erdei Timoteinek, a Járműmérnöki Tanszék oktatójának egyben a Járműgyártás Labor vezetőjének. Továbbá a Debreceni Egyetem Műszaki Karának.

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM EKÖP-24-4 KÓDSZÁMÚ EGYETEMI KUTATÓI ÖSZTÖNDÍJ PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Klug L.: Visszatérhet a Toyota MR2, ráadásul már nem elektromosként beszélnek róla. 2023. <https://speedzone.hu/visszaterhet-a-toyota-mr2-egyelore-csak-japanban/>
- [2] MR2-Gen2-UK-launch-pack-1990 [Online] <https://media.toyota.co.uk/wp-content/uploads/sites/5/pdf/MR2-Gen2-UK-launch-pack-1990.pdf>
- [3] Kádár L., Varga F., Kőfalusi P.: Közúti járműrendszerek szerkezetana. 2014 [Online]. https://mogi.bme.hu/TAMOP/kozuti_jarmurendszerek_szerkezetana/index.html
- [4] Osztóköri módosítók adatai általánosan; [Online]: https://www.ebay.com/b/Wheel-Spacers-Adapters-Hub-Centric-Rings-for-Mini-Cooper/122154/bn_7063932216
- [5] Goanta A. M., Haraga G.: (2017). *Aspects of Modelling Classical or Synchronous Modelling with Solid Edge ST 9*. MATEC Web of Conferences, 112. (2017) 06024. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711206024>
- [6] Templom T., Erdei T. I., Molnár Zs., Shaw E., Husi G.: *Designing a Delta Tripod Based Robot Fused Deposition Modelling 3 Dimensional Printer Using an Open-Source Arduino Development Platform*; MATEC Web of Conferences, 184. (2018) 02013. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818402013>
- [7] EBC Féktárcs – fékbetét [Online]; <https://ebcbrakes.hu/auto-fekbetet-fektarcsa-fekcso/opel-fekalkatreszek/opel-vectra/opel-vectra-1-8-2002-2004-12449>
- [8] Line-lock rendszer leírás és adatai [Online] <https://www.emag.hu/tovbmutop-fekzar-elektromos-vezerles-rozsdamentes-acel-kek-sa34749/pd/DQYGSSYBM/>
- [9] Vákuumszivattyú adatai és paraméterei [Online] <https://www.emag.hu/elektromos-vakuumszivattyu-univerzalis-kompatibilis-12v-a-szerelveny-tartozeka-4-huvelyk-6151045565567/pd/DQJ05YBM/>
- [10] Közúti járműrendszerek szerkezetana [Online]: <https://www.mogi.bme.hu/TAMOP>
- [11] Automation - The Car Company Tycoon, Engine and Vehicle Simulator [Online] <https://www.automationgame.com/>
- [12] A. Gambi, M. Mueller, G. Fraser: *AsFault: Testing Self-Driving Car Software Using Search-Based Procedural Content Generation*. 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion), Montreal, QC, Canada, 2019, 27–30. <https://doi.org/10.1109/ICSE-Companion.2019.00030>
- [13] Kapusi T. P., Erdei T. I., Husi G., Hajdu A.: *Application of Deep Learning in the Deployment of an Industrial SCARA Machine for Real-Time Object Detection*. Robotics 2022, 11, 69. <https://doi.org/10.3390/robotics11040069>
- [14] Erdei T. I., Krakó R., Husi G.: *Design of a Digital Twin Training Centre for an Industrial Robot Arm*. Appl. Sci. 2022, 12, 8862. <https://doi.org/10.3390/app12178862>
- [15] Erdei T. I., Nusser D. P., Husi G.: *Cyber-Physical Recreation of Six DOF Industrial Robot Arm*. International Review of Applied Sciences and Engineering, 15/2. (2024) 147–160. <https://doi.org/10.1556/1848.2023.00660>
- [16] Chowdhury R. S., Islam M. A., Yusuf D. H. B. M., Amin M. Bin, Hassan M. S., Barua S., Abdullah M.: *Implications of Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning-Based Fintech for the Financial Assets Related Traditional Investment Theories*. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8/12. (2024) 7415. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i12.7415>
- [17] Erdei T. I., Kapusi T. P., Hajdu A., Husi G.: *Image-to-Image Translation-Based Deep Learning Application for Object Identification in Industrial Robot Systems*. Robotics, 13. (2024) 88. <https://doi.org/10.3390/robotics13060088>
- [18] Alamry A., Islam M. S., Hamdan S., Anwar M., Abdullah M.: *Enhancing the Performance of Hybrid Bio-Composites Reinforced with Natural Fibers by Using Coupling Agents*. Materials Research Express, 12/3. (2025). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ad92f4>
- [19] Dave G. S., Pandhare A. P., Kulkarni A. P., Khankal D. V., Abdullah M.: *Experimental Investigation of Centrifugal Pump Machine and Its Faults through Different Type of DAQ System and Selecting One Based on Statistical Approach*. Cogent Engineering, 11/1. (2024) <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2417683>
- [20] Szántó A., Ádámkó É., Juhász G., Sziki G. Á.: *Simultaneous Measurement of the Moment of Inertia and Braking Torque of Electric Motors Applying Additional Inertia*. Measurement, 204. (2022) 112135. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112135>
- [21] Sziki G. Á., Szántó A., Kiss J., Juhász G., Ádámkó É.: *Measurement System for the Experimental Study and Testing of Electric Motors at the Faculty of Engineering, University of Debrecen*. Appl. Sci. 12. (2022) 10095. <https://doi.org/10.3390/app121910095>
- [22] Masuk A., Diós S. S., Dinya T., Szántó A., Husi G.: *Labor Developments and Methods for Supporting Education in the Cyber-Physical and Intelligent Robot Systems Laboratory*. Műszaki Tudományos Közlemények, 20. (2024) 36–41. <https://doi.org/10.33894/mtk-2024.20.07>
- [23] Masuk A., Géza H.: *Uses of Aero Graphene and CNT in Modern Aircraft*. AIP Conference Proceedings, 2941/1. (2023). 020029. <https://doi.org/10.1063/5.0181354>