

## Különböző visszaverődések hatása az utastéri zajmérésre elektromos járműveknél

### The effect of different reflection types in noise measurements within passenger compartment of electric vehicles

ŐRI Péter<sup>1</sup>, PUP Dániel<sup>2</sup>, Prof. Dr. habil LAKATOS István<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István University SZE-KVJT, SZE-JKK Győr, Hungary [ori.peter@sze.hu](mailto:ori.peter@sze.hu)

<sup>2</sup>Széchenyi István University SZE-KVJT, SZE-JKK Győr, Hungary [pupd@sze.hu](mailto:pupd@sze.hu)

<sup>3</sup>Széchenyi István University SZE-KVJT, SZE-JKK Győr, Hungary [lakatos@sze.hu](mailto:lakatos@sze.hu)

#### Kivonat

*Az önvezető járművek fejlesztése során nem szabad figyelmen kívül hagyni a diagnosztikai lehetőségek bővítését sem. Korábban közöltük azon mérések eredményeit, melyeket kis költségű mikrofonokkal végeztünk, most pedig elkészült a az ipari mikrofonkészlettel és erősítővel végzett referenciamérés. A tesztek alapján diagnosztikai szempontból a kondenzátor-mikrofon és a referencia közötti különbségek nem jelentenek nagy adatvesztést, viszont a mikrofon elhelyezésének a kérdése további vizsgálatokat igényel.*

**Kulcsszavak:** mikrofon, öndiagnosztika, összehasonlító elemzés

#### Abstract

*During the development of driverless cars the diagnostic possibilities should also stay in focus. Last year an article was written about the measurements with low cost microphones, now we can show the results of the reference measurements. We can say that comparing the low cost measurements with the reference, the loss of data is low, but to choose the right locations of the microphones we need more experiments.*

## 1. ÖNDIAGNOSZTIKAI LEHETŐSÉGEK KUTATÁSA

### 1.1 Kitekintés a nemzetközi tapasztalatokba

Az öndiagnosztika és a zajdiagnosztika összekötése nem újkeletű igény, Chandroth és társai kísérletei a hengernyomás rezgéseikhez kapcsolódtak. A kísérleteik során dízel motorokon mesterséges hibákat idéztek elő pl. kipufogószelep szivárgás, üzemanyag injektor elzáródás, rossz üzemanyag porlasztás. Minden ciklusból 7200 mintát vettek, az elemzést 20 kHz frekvenciáig végezték FFT analízissel, és az eredményeket teljesítmény-sűrűség függvényben ábrázolták. A kutatások kimutatták, hogy a rezgésjellemzők eltérnek különböző hengerszámú és üzemállapotú motoroknál. [1]

Bohn kutatásaiban a motor-fogaskerék hajtómű-forgattyús hajtómű kapcsolatát vizsgálta. Bizonyította, hogy a komplexum teshangjának amplitúdója és frekvenciája az olajfilm tulajdonságaitól is függ. [2]

Jindal kutatásaiból kiderül, hogy a különböző üzemanyagok fajtája is befolyással van a motorok rezgésjellemzőire. [3]

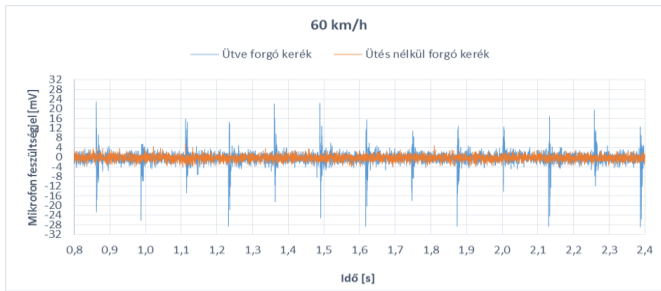
Delvecchio és kutatótársai olyan rezgésméréseken alapuló automatikus hibadiagnosztikai rendszert fejlesztettek ki, amely a hidegteszt során a végellenőrzési fázisban alkalmazható. Chen és Yadav egymástól független kísérletei is az automatikus hibadiagnosztika fejlesztése felé irányultak. [4]

Liu és csoportja a motorból érkező akusztikus zajok beazonosítását, majd a rezgő elemek zajemisszióra gyakorolt hatását vizsgálták. A motort egy zajelnyelő burkolattal fedték le, és kisebb-nagyobb modulként mérték a zajt. [4]

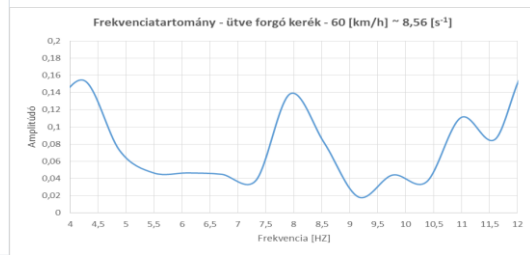
## 1.2 Kezdeti mérések

A méréshez az alábbi eszközöket használtuk fel:

- Görgős járműfékpad
- Járművet rögzítő heveder
- Kondenzátormikrofon
- Saját készítésű mikrofon előerősítő áramkör
- Árnyékolt kábelek
- MATRIX MPS-3005L-3 labortáp
- HAMEG HMO1024 digitális oszcilloszkóp
- Pendrive (a mért adatok rögzítési helye).



1. ábra Görgős pad mérés 60 km/h-val, hibával és hiba nélkül, időtartományban

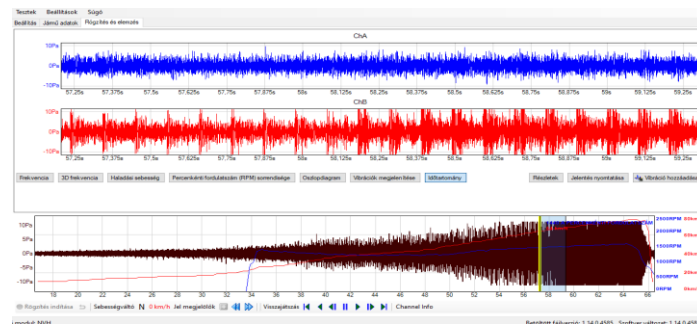


2. ábra Görgős pad mérés 60 km/h-val, hibával frekvenciatartományban

A mérés során periodikus hibát generáltunk és különböző sebességeken vizsgáltuk a zajkibocsátást, majd feldolgoztuk a mért adatokat. A Fourier-transzformáció segítségével frekvencia tartományban is vizsgálva a mért jeleket, megállapítható, hogy a hiba pontosan detektálható az egyszerű mikrofonnal. [5]

## 2. REFERENCIAMÉRÉSEK IPARI MIKROFONNAL

Amikor a mérést két darab ipari, kívül elhelyezett mikrofonnal végeztük, megfigyelhetővé vált a leragasztott, ütve forgó kerék hatása. A 3. ábrán a B csatorna jelöli a leragasztott kereket, amely értékei jóval magasabbak lettek, mint az A csatornában mért értékek. Ezen kívül a zaj periodikussága is látható, még hozzá a legtöbb helyen duplán kiugró értékkel, ami a mérőpad két hengerének köszönhető. A végén sűrűsödő jeleket, pedig a ragasztószalag leválása okozta.



3. ábra Külső mikrofon mérés, ütve forgó keréssel

## 3. MÉRÉSEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A mérés eredményét össze lehet hasonlítani a korábbi cikkben mért eredményekkel, ahol egy mikrofon, egy oszcilloszkóp, egy tápegység és kábelek segítségével épített kondenzátormikrofonos zajvizsgálóra szolgáló eszközt alkalmaztunk. A mérést külsőleg a kerék mellett végeztük, ugyanazzal kerék leragasztással összehasonlítva, majd a kapott feszültség jeleket értékeltük ki és alakítottuk át azt Fourier transzformációval. A kiértékelést a kerékfordulatszám kiszámításával kezdtük, amely a

következő módon határozható meg:  $n = \frac{\omega}{2\pi}$ , ahol  $\omega = \frac{v}{r}$ ,  $v$  a kerületi sebesség,  $r$  pedig a kerék gördülési sugara. A Prius esetében  $r = 310,15\text{mm}$ , a mérés közben  $v = 30\text{ km/h}$ , tehát  $n = 256,58$  fordulat/perc. 60 km/h sebességnél ez értelemszerűen a kétszerese, 513,16 fordulat percenként. A hiba már az idő-feszültség függvényből is látszott, mivel közvetlenül a kerék mellett mérve a többi zajkeltő tényező, mint a motorzaj, elenyésző volt.

Mivel a mostani mérésfrekvencia függvényénél az  $y$  tengely értékei dB-ben, hangnyomásban vannak megadva, itt viszont feszültségjelként, vagy amplitúdóként szerepel, ezért a következő képlet használata szükséges az átszámításhoz:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0},$$

ahol  $p_0 = 20\ \mu\text{Pa}$ . Ezt az egyenletet az alábbiak szerint rendezve:

$$\frac{p}{p_0} = 10^{\frac{L_p}{20}}$$

A maximum és a minimum pontok hányadával össze lehet hasonlítani a két mérési eredményt, mivel a hangnyomás és a feszültségjel arányosak egymással.

A programból pontosan kiolvasható, hogy ütés nélkül forgó kerék esetén, 60 km/h-nál a maximális hangnyomás 78,9 dB, a minimális pedig 15,8 dB. Átszámítva, tehát:

$$\frac{p}{20 * 10^{-6}} = 10^{\frac{78,9}{20}}$$

$$p = 0,17621\text{ Pa};$$

$$\frac{p}{20 * 10^{-6}} = 10^{\frac{15,8}{20}}$$

$$p = 0,000123\text{ Pa}.$$

Ütve forgó kerék esetén a maximális hangnyomás értéke 87 dB, a minimális pedig 20,2 dB, így:

$$\frac{p}{20 * 10^{-6}} = 10^{\frac{87}{20}}$$

$$p = 0,44774\text{ Pa};$$

$$\frac{p}{20 * 10^{-6}} = 10^{\frac{20,2}{20}}$$

$$p = 0,000205\text{ Pa}.$$

A kapott eredmények, azonban nem lettek jól összehasonlíthatók, mint ahogy az az alábbi Őban is látszik.

*Frekvenciafüggvény értékek összehasonlítása*

1. táblázat

60 km/h	Max.	Min.	Arány
Frekvencia, ütve forgó keréknél	0,156	0,018	8,67
Frekvencia, ütés nélkül forgó keréknél	0,076	0,02	3,8
Nyomás, ütve forgó keréknél	0,448 Pa	0,000205 Pa	2187,76
Nyomás, ütés nélkül forgó keréknél	0,176 Pa	0,000123 Pa	1428,89

Az összehasonlítást ezek után a feszültségfüggvényekkel végeztem. A korábbi mérésből adódó feszültség adatokból kerestük ki a minimum és maximum értékeket, majd ezeknek vettük az arányát. Az új mérés feszültségadatait, pedig egy másik fájlba konvertáltuk (természetesen az adott sebességen és közel azonos fordulatszámmon), és hasonlóképpen elvégeztük a fent leírt műveleteket. Az így kapott eredmények már sokkal pontosabbak és jobban összehasonlíthatók lettek. Az eredményeket a Őban foglaltuk össze.

60 km/h	Max.	Min.	Arány
Feszültség, ütte forgó keréknél, Pico nélkül	22,34 mV	0,137 mV	163,18
Feszültség, ütés nélkül forgó keréknél, Pico nélkül	5,537 mV	0,137 mV	40,45
Nyomás, ütte forgó keréknél, Pico-val	11,11 Pa	0,0047 Pa	2340,48
Nyomás, ütés nélkül forgó keréknél, Pico-val	8,3199 Pa	0,0047 Pa	1752,55

Látható a két mikrofon érzékenysége közötti különbség. Az adathalmazban az is észrevehető, hogy míg a PicoDiagnostics 0,00002 s lépésközökkel rögzítette az egyes nyomásjeleket, addig az oszcilloszkóppal csak 0,0004 s lépésközrel jegyezte le a feszültségjeleket, tehát jóval kevesebb adat került rögzítésre. Ez már magában egy jóval pontosabb mérést eredményezett.

#### 4. ÉRTÉKELÉS

A mérések alapján megállapítható, hogy az ipari mikrofonnal pontosabb mérés végezhető, de az arányokat tekintve a kis költségű mikrofon is kielégítő eredményt adott a hibafeltárás szempontjából. Nem elhanyagolható a mikrofon méretei közötti különbség sem. Érdekes további méréseket végezni az utastérben, hogy a csillapított zajok esetében is össze lehessen hasonlítani a két mikrofon érzékenységét és következtetni lehessen használhatóságukra.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az „Autonóm járműrendszerek kutatása a zalaegerszegi autonóm tesztpályához kapcsolódóan (EFOP-3.6.2-16-2017-00002)” projekt biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Chandroth, G.O. (Sharkey A. J. C., Sharkey N. E.): Cylinder Pressures and Vibration in Internal Combustion Monitoring, University of Sheffield, Department of Computer Science, 1999.
- [2] Bohn, P.: Wechselwirkungen von Schwingungen zwischen Motor-Getriebe-Verbund und *Kurbeltrieb als Grundlage für Körperschallanalysen*, „PhD disszertáció”: Technische Universität Berlin, V - Verkehrs- und Maschinensysteme, 2006.
- [3] Jindal, S.: *Vibration signatures of a biodiesel fueled CI engine and effect of engine parameters* International Journal of Energy & Environment, 3. kötet, 1. kiadás, 151-160. oldal, 2012.
- [4] Dr. Bánlaki P.: *Gépjármű hajtáslánc fődarabok rezgés- és zajdiagnosztikai végellenőrző rendszereinek továbbfejlesztése*, „PhD disszertáció”: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, 2014.
- [5] ÓRI Péter, Prof. Dr. habil LAKATOS István: Kis költségű mikrofon alkalmazási lehetőségei akusztikai öndiagnosztikára (2019)
- [6] Zöldy, M. (2019) "Improving heavy duty vehicles fuel consumption with density and friction modifier" International Journal of Automotive Technology, Vol. 20, No. 0, pp. 1–8 (2019), DOI <https://doi.org/10.1007/s12239-018-y>
- [7] Zöldy M., (2019) „Fuel properties of Butanol - Hydrogenated Vegetable Oil Blends as a Diesel Extender Option for Internal Combustion Engines” Periodica Polytechnica Chemical Engineering. doi: <https://doi.org/10.3311/PPch.14153>
- [8] M. Zöldy, “Potential future renewable fuel challenges for internal combustion engine,” JÁRMŰVEK ÉS MOBIL GÉPEK, vol. II.évf., no. No.IV., pp. 397–403, 2009.
- [9] M. Zöldy, “Bioethanol-biodiesel-diesel oil blends effect on cetane number and viscosity,” in 6th International Colloquim, 2007, p. 235.