

Diagnosztikai mérések elektromos és hibrid járművek nagyfeszültségű egységein

Pátrovics Botond

Óbuda Egyetem, Bánki Donát Gépészmérnöki és Biztonságtechnikai Kar
Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország,
botond.patrovics@cablex-group.com

Molnár György

Óbuda Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Elektrofizikai Intézet,
Budapest, 1084 Tavaszmező u. 17., molnar.gyorgy@uni-ouda.hu

Széchenyi Egyetem Apáczai Csere János Bölcsészettudományi, Pedagógiai és
Társadalomtudományi Kar, Győr, molnar.gyorgy@sze.hu

Absztrakt: Az elektromos és hibrid járművek nagyfeszültségű rendszereinek diagnosztikája kiemelt biztonságtechnikai kihívást jelent. A kutatás bemutatja a nagyfeszültségű hálózatok felépítéséből adódó sajátosságokat, valamint az ezekhez kapcsolódó általános és speciális biztonsági intézkedéseket. Kiemelt szerepet kap a feszültségmentesítés helyes sorrendje, amely minden esetben a 12 V-os kisfeszültségű rendszer megbontásával kezdődik. A nagyfeszültségű rendszerek szakszerű vizsgálata csak a hagyományos gépjármű-villamossági és -elektronikai ismeretek birtokában végezhető el. Alapvető különbség, hogy míg a kisfeszültségű hálózat a járműkarosszériát használja visszatérő vezetőként, addig a nagyfeszültségű rendszer kétvezetékes, a járműtesttől teljesen elszigetelt kialakítású. Az állandó rendszerfelügyelet minimálisra csökkenti a veszélyes testzárlatok kialakulását. A kutatás vizsgálja továbbá az emberi jelenlétből adódó kockázatok csökkentésének lehetőségeit. Ennek egyik iránya a diagnosztikai mérések részleges vagy teljes átvétele humanoid robotok által. E megközelítés hozzájárulhat a jövő járműdiagnosztikai folyamatainak biztonságosabbá tételéhez.

Kulcsszavak: nagyfeszültségű járműrendszerek, diagnosztikai mérések, elektromos és hibrid járművek, munkabiztonság és feszültségmentesítés, humanoid robotok a járműdiagnosztikában

1 Bevezető

Az elektromos és hibrid járművek nagyfeszültségű (HV – High Voltage) rendszereiben történő diagnosztikai vizsgálatokról általánosságban:

Ebben a kutatásomban az elektromos és hibrid gépjárművek nagyfeszültségű hálózatának sajátosságait szeretném bemutatni, továbbá azt, hogy ezeknek a sajátosságoknak a figyelembe vételével milyen általános és speciális intézkedéseket kell tenni annak érdekében, hogy a nagyfeszültségű rendszerekben történő diagnosztikai mérések és vizsgálatok minél biztonságosabban történjenek, továbbá azt vizsgálom, hogy melyek lehetnének azok a vizsgálatok, amelyeknél az esetleges balesetveszélyt lehetőségét úgy lehetne tovább csökkenteni, hogy a méréseket nem emberek, hanem emberek munkáját segítő és adott esetben helyettesítő humanoid robotok vehetnék át [12]. A hibrid és az elektromos hajtású járműveknél is az elsődleges villamos rendszer a kisfeszültségű, 12 V-os hálózat, ebből kifolyólag a korábbi gépjárművillamossági, gépjárműelektronikai és gépjármű informatikai ismeretek elengedhetetlenül szükségesek ahhoz, hogy valaki a nagyfeszültségű rendszerben diagnosztikai vizsgálatokat és javításokat végezhesen. Például, a tényleges feszültségmentesítést a 12 V-os kisfeszültségű akkumulátor megbontásával kell kezdeni. Az alapvető különbség a kis feszültségű és a nagyfeszültségű hálózat között abban van, hogy amíg a kisfeszültségű hálózat ugyanolyan, mint a hagyományos, korábbi, belsőégésű motoros járműveknél, azaz a járműkarosszéria (járműtest) helyettesíti a kisfeszültségű villamos hálózat vissza térő vezetékét (megspórolva ezzel a visszatérő vezetékét), addig a nagyfeszültségű villamos hálózatban mind a tápláló ág, mind a visszafolyó ág ki van építve és teljesen el van szigetelve a kisfeszültségű hálózattól. Ebből kifolyólag, valamint az állandó rendszerfelügyelet következtében annak a valószínűsége kizárt, hogy a nagyfeszültségű hálózat egyenfeszültsége a járműkarosszériára (járműtestre) juthasson és végzetes balesetet okozhasson [1] [2].

2 A nagyfeszültségű rendszerben végzendő diagnosztikai vizsgálatok

A nagyfeszültségű rendszerben végzendő diagnosztikai vizsgálatokat és javításokat három csoportba lehet sorolni:

- OBD (On Board Diagnosis – Fedélzeti Diagnosztika) műszerrel történő állapotkiolvasás, úgynevezett előadat megjelenítés – rendszerelemek értékeinek megjelenítése üzem közben.

Ebben az esetben a műszert a kisfeszültségű rendszeren keresztül csatlakoztatjuk az OBD csatlakozóra, így a nagyfeszültségű rendszerrel a diagnosztika során

semmilyen kapcsolatba nem kerülünk. A nagyfeszültségű rendszer hibakódjai 3-as számmal kezdődnek.

- Nagyfeszültségű rendszerelemekben történő közvetlen mérés, a HV rendszer feszültségmentesítése után.

Ebben az esetben, ha előzetesen a feszültségmentesítés menetét helyesen elvégeztük és vártunk néhány percet, hogy a feltöltött kondenzátorok kisüljenek, akkor is gyakorlatilag kizárt az áramütéses baleset veszélye. Viszont, ha valaki nem a HV akkumulátorok házában elhelyezett főrelék (védőrelék) szétkapcsolásával valósítja meg azt, hogy a HV akkumulátoron kívüli terület feszültségmentes legyen, hanem csak a hajtóművet kapcsolja READY állapotból OFF állapotba, akkor előfordulhat olyan állapot, hogy a hajtómű leállítása után egy hibás, összeeggett főrelék miatt a relé érintkezői zárva maradnak, így a HV feszültség megmaradhat a nagyfeszültségű áramköri elemek egy részén! [3] [4].

- A nagyfeszültségű akkumulátorokon történő közvetlen mérések, amelyeknél elkerülhetetlen, hogy a nagyfeszültségű áramkörrel közvetlen kapcsolatba kerüljünk! Az akkumulátor egységnek 60 celsius fok (333K) alatti érték fölé nem emelkedhet!

Mindenképpen említést kell tenni arról, hogy a nagyfeszültségű mérésekben történő mérések esetén mindig megfelelő szigeteléssel ellátott eszközökkel (szerszámok, műszerek, sérülésmentes védőeszközökkel) kell dolgozni és a mérések kapcsán mi az a FAM, azaz feszültség alatti munkavégzés [13].

FAM- Feszültség alatti munkavégzés: Olyan tevékenység, amelynek során a munkavégző személy a feszültség alatt álló berendezést közvetlenül, vagy szigetelt, illetve szigeteletlen szerszámmal közvetve (esetleg munkadarabbal közvetve) megérinti, az átívelési távolságon belül megközelíti, valamint a tevékenységét meghatározott térerősségű villamos térben végzi.

A FAM személyi feltételei:

- A munkavégző személyre nézve biztonságos és egészségre ártalmatlan legyen.
- A dolgozótól ne követeljen különleges szellemi és testi képességet, különleges ügyességet
- Ne jelentsen a dolgozóra nagyobb fizikai és szellemi megterhelést, mint ugyanazon munka feszültségmentes állapotban történő végzése
- Ne tegyen szükségessé különleges életkori, nemi vagy munkaidő korlátozást.
- Esetleges öntudatvesztés esetén zárja ki a dolgozó leesést
- Feszültségmentes hálózatokon végzett munkában szerzett gyakorlat
- Az elektrotechnikai és mechanikai ismeretek magas szintje
- Jelentős fizikai állóképesség

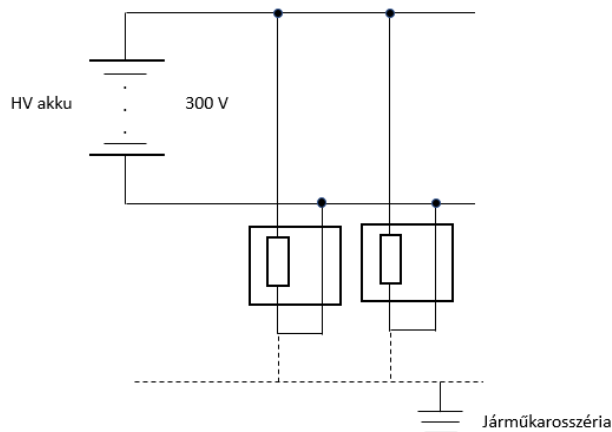
- Pszichikai alkalmasság

Munkaeszközökkel szembeni követelmények:

- mechanikai és villamos szempontból kellő biztonságu legyen
- időtálló legyen
- könnyű legyen
- mozgatusuk és kezelhetőségük praktikus és egyszerű legyen

3 A hibrid és elektromos gépjárművek nagyfeszültségű rendszerében történő diagnosztikai vizsgálatokról általánosságban

Ahogy ezt az bevezetőben említettem, a hibrid és elektromos hajtású gépjárművek független testelésű a nagyfeszültségű hálózat. Ezzel kizárható annak a lehetősége, hogy a nagyfeszültség kijuthasson a járműtestre. Továbbá egy szigetelést vizsgáló rendszer felügyeli a nagyfeszültségű és a kiskisfeszültségű áramkör egymástól történő leválasztását és a két áramköri rész közötti szigetelési ellenállás értékét. Egy másik technikai megoldás, hogy ha a járműkarosszéria részek műanyagból készülnek (pl. buszoknál), hiszen a műanyag szigetelőként szolgál, mert nem vezeti az elektromos áramot. Ez utóbbi esetben ki kell építeni a karosszérián testpotenciál pontot, vagy pontokat [5] [6].



1. ábra: A nagyfeszültségű hálózat elvi kapcsolása
(Forrás: Saját ábra)

A nagyfeszültségű rendszerben, történő diagnosztikai vizsgálatot és javítást minden esetben szigetelés vizsgálattal kell kezdeni. Ha a HV+ és a HV- pontok, valamint a jármű karosszéria test között 30V feszültségnél nagyobb a potenciálkülönbség, akkor nem megfelelő a szigetelés és vizsgálni kell, hogy a nem megfelelő szigetelésnek mi az oka. A feszültségmentesítést és a maradandó feszültség értékeket minden esetben dokumentálni kell! A kapcsolási rajzokon nagyfeszültségű rendszerekben alkalmazott nagyfeszültségű kábeleke narancssárga színnel jelölik. Feszültségimpulzus keletkezhet pl. relé ki-be kapcsolásakor [7] [8].

Ha a gépjármű kerekeit fékpadban állva a fékpadról hajtjuk, annak ellenére, hogy az inverter lekapcsolja az akkut, a forgó kerekek által fog a villamos gép forgó része forogni fog, ebből következően a mozgási indukció elve alapján visszatermelés történik. (Toyota típusú gépkocsiknál alapvetően az inverter vezérli, hogy az MG1 és az MG2 villamos gép gerjesztést kapjon.).

Ez olyan baleseti forrást hordozhat magában, hogy ha a gépjármű állandó mágnesű szinkron motorral (PMSM) hajtott, akkor az MG generátorként működik és ha a teljesítményelektronikájának nincs külön védelme, akkor a csatlakozóit megérintve fennállhat az áramütés veszélye!!! Ugyanez a helyzet fordulhat elő, ha a gépjárművet tolják vagy vontatják [9] [10].

A nagyfeszültségű villamos hálózatban történő diagnosztika és javítás előtti teendő folyamata:

- Karbantartási dokumentáció olvasás és tanulmányozása
- Védőfelszerelések vizsgálata és ellenőrzése
- Hibatároló kiolvasása az OBD műszerrel
- Gyújtás levétele, áram kikapcsolása
- 12V-os akkumulátor lecsatlakoztatása és az akku eltávolítása
- Védőkesztyű felvétele

Szervizcsatlakozó (főbiztosíték) eltávolítása és magunkhoz vétele, hogy még csak véletlenül se kerülhessen vissza a helyére a diagnosztika és/vagy a javítás befejeztéig.

A szervizkapcsoló két áramkört szakít meg. Nyitja a biztonsági áramkört és megszakítja a HV akkumulátorban elhelyezett főrelék „+” tápját, ezáltal valósul meg a feszültségmentes állapot.

Egyes járműgyártók előírják, hogy a szervizkapcsoló kikapcsolt állapotát lakatolással kell védeni.

Az előírt várakozási idő (5...10 perc) betartása, hogy a feltöltődött kondenzátorok kisüljenek.

Inverter burkolatának leszerelése

Maradandó feszültségek mérése

HV+ és HV- között: max. 0,4 V

HV+ és a járműtest között: max. 0,4 V

HV- és a járműtest között max. 0,4 V

Az akkumulátorok kivezetései az inverter felé menő csatlakozási pontokat jelenti.

Maradandó feszültség mérésekor arról lehet megbizonyosodni, hogy a kondenzátorok teljesen kisültek-e.

Karbantartás fogalma: A fenntartásnak az a részfeladata, amely magában foglalja mindazokat a ciklikusan megismétlődő műveleteket, amelyeket el kell végezni a gépkocsik megbízhatóságának és rendeltetésszerű használatának megőrzése érdekében.

Szervizkapcsoló (főkapcsoló) állapotát milliohm mérővel kell elvégezni.

Példa: Ha a gyártó 50 A-es terhelő áramerősség esetén maximum 0,05 V feszültségesést engedélyez, akkor a szervizkapcsoló maximális ellenállása: $R_{max} = 0,05 \text{ V} / 50 \text{ A} = 10 \text{ m}\Omega$.

30 V AC feszültség szint felett kell a hibrid és elektromos hajtású járművek munkaterületét a HV rendszeren történő munkavégzésre alkalmassá tenni. Az ENSZ-EGB R100 előírása szerint ezt a feszültségtartományt kell „nagyfeszültségnek = HV-nek” tekinteni.

A nagyfeszültségű rendszerekben történő mérésekhez speciális tulajdonságú voltmérőt (feszültség tesztet) használunk. Ennek az a jellemzője, hogy rendelkezik olyan önellenőrző funkcióval, amellyel tesztelni lehet a mérési folyamat bármely szakaszában (mérés előtt is) a műszer működőképes állapotát, valamint a csatlakozóik is fokozott védelmet nyújtanak [11].

A nagyfeszültségű rendszerben történő diagnosztikai vizsgálatokhoz és mérésekhez min. 750 V DC/AD mérést tudó digitális multimétert használunk. A HV akkumulátorok szereléshez használt munkaasztal lapjának szigetelőanyagból kell lennie vagy egy szigetelő bevonatot kell szerelni az asztal lapjára.

A nagyfeszültségű munkaterületet el kell keríteni, továbbá az alábbi leggyakoribb figyelemfelhívó veszélyt jelölő táblákat kell kihelyezni az elkerített területhez:

- VIGYÁZAT, NAGYFESZÜLTÉG – ÉLETVESZÉLY! feliratú tábla, valamint a
- NYÍLT LÁNG HASZNÁLATA TILOS feliratú tábla

A területet sárga illetve fekete-sárga jelzőcsíkkal is el kell látni.

A HV területen a műhelypadló nedvességének is baleseti forrása lehet, mert nem zárható ki annak a lehetősége, hogy a diagnosztikai vizsgálat és/vagy a javítás

közben a HV rendszer valamelyik csatlakozása kapcsolatba kerüljön a földpotenciállal.

A Ni-MH akkumulátorok elektrolitjának semlegesítésére az autógyártók telített bórsavat írnak elő.

Jelenleg az esetleges balesetet szenvedő szerelő mentéséhez biztonsági okokból 1,5 méter hosszúságú mentőkampó használata előírt.

A gumi védőkesztyű hibamentes állapotának ellenőrzését végezhetjük vizsgálóeszközzel, vagy úgy, hogy felfújjuk majd felcsavarással kifeszítjük és vizsgáljuk az esetleges levegő szivárgást. A védőkesztyűnek minimum 1000 V feszültségnek kell ellenállni.

Amennyiben egy akkumulátor meggyullad, CO₂-vel, N₂-vel porral vagy nagy mennyiségű vízzel elárasztva kell oltani.

HV munkaterületen célszerű az arcpajzs használata, mert zárlat során keletkező szikraeső ellen az arcunknak védelmet biztosít.

A nagyfeszültségű méréseket célszerű úgynevezett „egykezes” méréssel végrehajtani, mert ha csak az egyik kezünket használjuk a 60 V-nál nagyobb DC feszültségek mérésére, csökkenthető annak az esélye, hogy ha mégis bekövetkezik az áramütéses baleset, akkor a szívünkön át folyjon az elektromos áram, amely fokozná a baleset súlyosságát.

A HV munkaterületet ABC típusú tűzoltó berendezéssel kell felszerelni, amely az égő gázok oltására szolgál.

Az egyéni védőeszköznek nincs kihordási idejük. azokat elhasználódásuk védelmi képességük elvesztése esetén. vagy szavatossági idejük lejáratát követően soron kívül cserélni kell!

A vizsgálatot és javítást végző személyre nézve baleseti veszélyforrást jelent egy "READY"-be (menetkész üzemmódba) kapcsolt hibridhajtású jármű, mert a HV-ECU az által leállított motort bármikor visszaindíthatja, és ez balesetet okozhat.

4 Összegzés, kitekintés

A bemutatott elméleti ismeretekkel és kutatásunkkal azt mutattuk be, hogy az elektromos és hibrid hajtású járművek elterjedésével, milyen érintésvédelmi kockázatnak vannak kitéve azok a szerelők, amelyek ezeket a járműveket diagnosztizálják és javítják, illetve, hogy egy ilyen berendezés milyen mértékben óvhatja meg a szerelőt egy végzetes balesettől.

A témával a későbbiekben is szeretnék tovább foglalkozni és a berendezést tovább fejleszteni az alábbi -a kutatási folyamat során felmerült- ötletek és igények

alapján. Szeretném a berendezést védelmi funkcióját mérési funkcióval is kiegészíteni, úgy, hogy ahol megoldható és nincs a hely szűke miatt korlátozva, a nagyfeszültségű méréseket kollaboratív robotkarok által végeznék el a szerelők, tovább csökkentve ezzel az áramütés veszélyét. Ahogy a mérési folyamat során látható volt, már vannak olyan nagyfeszültségű rendszer mérések, amelyeket soros diagnosztikai műszerrel el lehet végezni. Vélhetően ebbe az irányba fog tovább fejlődni a technika és egyre több ilyen rendszervizsgálat lesz, azonban bizonyos, hogy a meghibásodott rendszerelemek javításakor elkerülhetetlen lesz a nagyfeszültségű hálózatba történő közvetlen beavatkozás.

Továbbá a másik távlati cél, hogy minél több hibrid és elektromos jármű nagyfeszültségű rendszerének javítási folyamatát megismerhessem, ezáltal minél több olyan hibalehetőséget feltárjunk, amelyekre további egyéb biztonsági berendezések kifejlesztését lehetne megvalósítani. Korábban a polaritás felcserélhetőségének problémájáról nem hallottam, de a napi szintű javításokat végző kollégák elmondása szerint ez nem járműspecifikus, hanem általános probléma a többi hibrid és elektromos hajtású járművek javítása esetén is..

References

- [1] https://kossuth.hu/electude/sco2022.13.2g5e29d9233/module_3247_1115005113853271], letöltés dátuma: 2022.10. hó
- [2] <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2013/szeptember/2527-az-elektromos-aram-emberre-gyakorolt-hatasai>, letöltés dátuma: 2024.09. hó
- [3] https://kossuth.hu/electude/sco2022.13.2g5e29d9233/module_3247_1115005113853271], letöltés dátuma: 2022.10. hó
- [4] https://kossuth.hu/electude/sco2022.13.2g5e29d9233/module_3247_1115005113853271, letöltés dátuma: 2022.10. hó
- [5] <https://hs.nisshamedical.com/en/ecg-electrodes/versatrode-electrodes-uk>, letöltés dátuma: 2023.04. hó
- [6] https://kossuth.hu/electude/sco2022.13.2g5e29d9233/module_00003232_11150051, letöltés dátuma: 2022.10. hó
- [7] Modulo C68e (Midi autóbusz) javítási útmutató

- [8] https://kossuth.hu/electude/sco2022.13.2g5e29d9233/module_3225_11150051, letöltés dátuma: 2022.10. hó
- [9] <https://www.valence.com/stackable-modules-12-819v>, letöltés dátuma: 2024.09. hó
- [10] <https://fr.rs-online.com/web/p/connecteurs-circulaires-industriels/1879793>], letöltés dátuma: 2024.09. hó
- [11] Alternatív járműhajtási technikus képzés jegyzete (2022/2023)
- [12] Ali, A. R. – Kamal, H. (2025). Time-to-Fault Prediction Framework for Automated Manufacturing in Humanoid Robotics, Technologies, Vol. 13, Art. 42 (MDPI)
- [13] Agrawal, V. K. et al. (2025). Safety challenges in high-voltage electric vehicle systems: risks and design strategies, Discover Electronics (Springer Nature), Vol. 2, Article 53