

Végvári Zsolt*

A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai **I. rész**

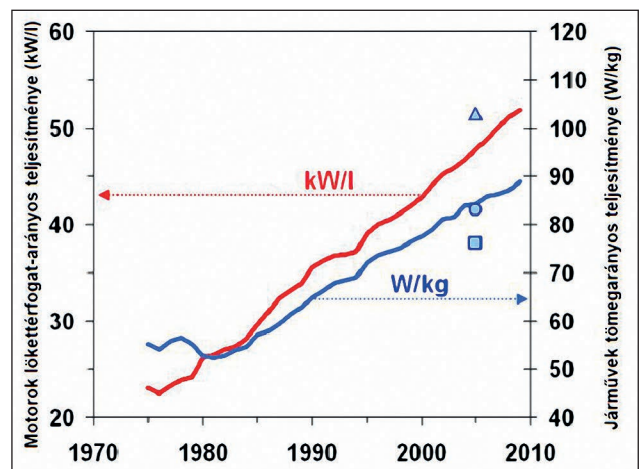
Kiegészítő áramellátás a Magyar Honvédség újonnan beszerzett harcjárműveiben

A HARCJÁRMŰVEK FEJLESZTÉSÉNEK KLASSZIKUS IRÁNYVONALA

A harcjárművek fejlesztése már a kezdet kezdetén is a polgári járműgyártáson alapult, vagyis itt megfordult az a hagyományos trend, hogy az új technológiák először mindig a katonaságnál jelennek meg, és onnan terjednek el a mindennapokba. A páncélvonatokat leszámítva az első katonai felhasználású járművek, a páncélautók és a tűzérési vontatók polgári eszközök módosításai voltak csupán, és a már kimondottan katonai célra tervezett és gyártott járművek, az első harckocsik is javarészt polgári technikai megoldásokon alapultak.

Napjainkban a katonai felhasználású gépjárművek és harcjárművek azonban olyan speciális eszközök, amelyek tervezési folyamatában már végig a katonai szempontok dominálnak, de az erőforrás vagy olykor a teljes hajtáslánc az esetek többségében egy jól bevált polgári eszköz adaptációja. A jelentős tömegű harckocsik és önjáró tűzérési eszközök motorja sok esetben már egyedi fejlesztés, hiszen a civil életben aránylag ritkán van szükség 1000 kW-ot meghaladó teljesítményre, ugyanakkor ezek főbb műszaki paramétereit is teljes egészében a gépjárműipar aktuális technikai szintje határozza meg.

Bár úgy tűnik, hogy manapság szárnyal a gépjárműtechnika, valójában a fejlődés üteme – más műszaki tudományterületekkel összevetve – korántsem olyan jelentős. Plasztikusá válik a különbség, ha összehasonlítjuk a gépjárműtechnika elmúlt 40 éves fejlődését az informatikával. Az 1980-as években egy korszerű, 1000 cm³-es benzinmotor mintegy 50 kW teljesítmény leadására volt képes, miközben napjainkban előfordulnak 120 kW/l fajlagos teljesítményű erőforrások is. Tehát az azonos lökettérfogatból nyerhető teljesítmény 40 év alatt kb. a két és félszeresére nőtt. [1] Ha a motor saját tömegéhez viszonyítva nézzük a telje-



1. ábra. A gépjárműmotorok fajlagos teljesítményének fejlődése (piros vonaldiagram). A kék vonaldiagram nem a motorok, hanem a teljes gépjármű tömegéhez viszonyítja a teljesítményt az USA gépjárműflottája átlagát tekintve. A négyzet a kishaszongépjármű, a kör a szedán, a háromszög a sportkocsi tömegarányos teljesítményét jelöli (A szerző szerkesztése [1] alapján)

sítmény változását, akkor ez az arány csak kb. kétszeres (kb. 3 kW/kg – 6 kW/kg), mert bár egyes alkatrészek (pl. tipikusan a hengerfej) tömege az alumínium gyártástechnika fejlődésével lecsökkent, de ezzel párhuzamosan számos új alkatrész (turbófeltöltő, intercooler) is megjelent. (1. ábra)

Mindeközben a számítógépek lelkét jelentő processzorok teljesítménye (mérőszám nélkül az egységnyi idő alatt végzett elemi számítások száma) az egymilliószorosára

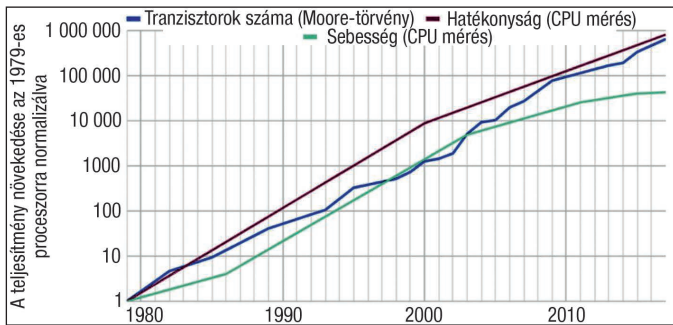
ÖSSZEFOGLALÁS: A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében igen sok új, korszerű harcjármű beszerzéséről született döntés, amelynek következtében jelentősen megújul a szárazföldi csapatok eszközállománya. Az új járművek új képességeket is jelentenek, de az új képességek új műszaki problémákat is hoznak magukkal. A korszerű harcjárművek számos olyan fedélzeti eszközzel rendelkeznek, amelyekkel a korábbiak nem voltak felszerelve, és az új berendezések energiaellátása komoly műszaki kihívást jelent. A tanulmány azt vizsgálja, hogy milyen megoldások születtek erre a problémára külföldön, illetve hazánkban a most rendszeresítésre kerülő eszközökben.

KULCSSZAVAK: korszerű harcjárművek, áramellátás, kiegészítő áramellátás, segédaggregátor, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

ABSTRACT: Under the Defence and Armed Forces Development Program, a large number of new, modern combat vehicles have been decided to procure, as a result of which the equipment of the ground troops will be greatly renewed. New vehicles also mean new capabilities, but new capabilities also bring new technical problems. Modern combat vehicles have a number of on-board devices that previous ones do not, and their power supply is a serious technical challenge. The article examines what solutions have been found to this problem in the world and in the newly procured combat vehicles of HDF.

KEY WORDS: combat vehicles, power supply, APU, Defence and Armed Forces Development Program

* Mk. alezredes, MH Modernizációs Intézet, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola. ORCID: 0000-0003-2543-6049



2. ábra. A processzorok teljesítményének változása (A szerző szerkesztése [2] alapján)

nőtt. Ha figyelembe vesszük, hogy ezen idő alatt a processzorok mérete és fogyasztása is megnőtt, akkor is tíz- vagy százezerszeres a növekedés (2. ábra). Ha a dugattyús motorok ilyen ütemben fejlődtek volna ebben az időszakban, akkor ma egy átlagos személyautó 100 kW-os motorja szelőszen elférne a kesztyűtartóban is.

Az egyik legismertebb harcjármű a harckocsi, amely harcértékét a II. világháborút követő időszakban is még sokáig a mozgékony-ság-páncélvédettség-tűzerő hármasságban vizsgálták. Adott technológiai szinten egyik jellemző sem növelhető, csak a másik kettő rovására. Például, ha a tűzerőt kívánjuk növelni, az nagyobb harckocsiágyú beépítését feltételezi, de akkor ugyanazzal az erőforrással csak úgy lesznek tarthatók a jármű menetdinamikai paraméterei, ha csökkentjük a páncélzat méretét (azaz a védettséget). Tehát klasszikus értelemben a védettséget a páncélzat mennyisége (tömege), a tűzerőt az elsődleges fegyverzet űrmérete, míg a mozgékony-ságot az erőforrás teljesítménye határozza meg elsősorban. [3] Hagyományosan a többi harcjármű (gyalog-sági harcjárművek, önjáró tűzér-ségi eszközök) harcértékét is szokás csupán ebben a kontextusban értelmezni.

Ugyanakkor fontos felismerni, hogy a páncélzat, a fegyverzet és az erőforrások fejlesztésének tekintetében mára nagyon kevés potenciál maradt. Anyagtechnológiai korlátok miatt már nem készíthető sokkal hatékonyabb páncélzat azonos térfogat és tömeg mellett (és ezen a reaktív páncélzat sem tudott sokat változtatni). Hasonlóképpen a nagyobb tűzerejű, vagyis nagyobb űrméretű fegyverek tömege is evidens módon nagyobb. A belső égésű motorok (a dugattyús motorokat és a gázturbinákat egyaránt figyelembe véve) pedig már jelenleg is igen közel állnak a hatásfokuk elméleti maximumához. Ráadásul mindeközben a szerkezeti felépítésük – a szofisztikált megoldásoknak miatt – sokkal bonyolultabb lett, amely nincs jó hatással a megbízhatóság-ra és a jó értelemben vett „katonai igénytelenségre”.

Az az elmélet, amely szerint a három klasszikus paraméter bármelyikét a tömeg növelése mellett fejlesszük tovább, szintén járhatatlan út. A korszerű harckocsi a külső méreteik miatt már alig alkalmasak a városi hadviselésre, és lassan elérik a vasúti szállíthatóság határát. A tömegük jellemzően meghaladja a 60 tonnát, amely pedig már nemcsak a légi szállíthatóság határa, de a hidak jelentős része sem képes elviselni ekkora terhelést. Jelenleg – a 80 tonnát meghaladó tömegével – a Challenger Mk3 típusú brit harckocsi a rekord. [4] Mivel ez egy aránylag új fejlesztésű eszköz, így még nem egyértelmű, hogy alkalmazása mennyire válik be a gyakorlatban, de ez az extrém nagy tömeg sok kérdést felvet. A tömeg kapcsán további gondot jelent, hogy a harckocsi és egyéb páncélozott eszközök folyamatos üzemanyag-utánpótlása a logisztikai ellátó rendszerre is rendkívül nagy terhelést ró.

A HARCJÁRMŰVEK FEJLESZTÉSÉNEK ÚJ TÉNYEZŐJE, AZ ELEKTROMOS ESZKÖZÖK TERJEDÉSE

A fentiekből következik, hogy a fejlesztők figyelmébe a 1980-as évektől kezdve egyre inkább az informatika, a mikroelektronika és az elektronoptika felé fordult. Itt érdemes megjegyezni, hogy a harcérték megállapításakor a klasszikus mozgékony-ság-tűzerő-védettség hármásától történő elszakadás már a II. világháború idején megkezdődött. A Szovjetunió elleni német offenzíva elején, az akkor legkorszerűbb német Pz IV-es ugyanis pusztán a fenti paraméterek alapján a legtöbb szakértő szerint jócskán elmaradt a T-34-eshez képest, mégis sikerrel vették fel ellenük a harcot. Ennek oka – a jóval precízebb célzóberendezés mellett – az volt, hogy a szovjetekkel szemben a német harckocsik mindegyikében volt rádió.

Tehát sok esetben olyan kiegészítő – jellemzően villamos működésű – eszközöket szereltek a harcjárművekbe, amelyek a klasszikus mozgékony-ság-védettség-tűzerő hármasságból kilépve növelték meg a harcjárművek képességeit. Könnyen belátható, hogy hasonló mozgékony-ságot, páncélvédettséget és a jelenleg a nyugati eszközök között általánosnak tekintett 120 mm-es űrméretű harckocsiágyút feltételezve, annak a harckocsinak jobbak a túlélési esélyei, amelyek a korszerűbb felderítő és/vagy kommunikációs rendszereinek köszönhetően előbb szerez tudomást a szembenálló fél jelenlétéről, vagy korszerűbb irányzórendszerének köszönhetően nagyobb távolságról képes pontos találatot elérni.

Szemléltető példaként a harckocsi helyett most vizsgáljuk meg az USA haderejének egyik jól ismert, könnyű katonai terepjáró gépjárművét, és annak utódját. A sokak által jól ismert, már-már jelképpé vált jármű a HMMWV (High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle – nagy mozgékony-ságú többcélú kerek jármű), azaz a „Humvee”. Az 1984-ben rendszeresített gépjármű számos harc-téri konfliktust végigszolgált, és sok helyen még jó darabig használatban lesz a jövőben is. A konstrukció, a folyamatos korszerűsítések következtében a nevéből is adódó alapvető tervezési koncepcióknak tulajdonképpen még most is megfelelne, de 2005-ben mégis elkezdtek az utód-típust keresni, amelynek oka elsősorban az IED-ek (Improvised Explosion Device – improvizált robbanóeszköz) elleni nem kielégítő védelme volt. Hosszas tesztelési időszakot követően 2011-ben az Oshkosh cég konstrukciójára esett a választás, majd 2015-től kerültek leszállításra az első JLTV-k (Joint Light Tactical Vehicle – összhaderőnemi könnyű taktikai jármű), amelyekkel 2019-től szerelik fel tömegesen az amerikai erőket. A JLTV alapvető újdonsága, hogy az improvizált robbanóeszközökkel szembeni védettség érdekében az utastér-től teljesen elszeparálták a futóművet. Egy esetleges robbanás energiáját az ek alakban kiképzett haspáncélzat a futómű felé tereli, annak roncsolódása és leszakadása ezt az energiát levezeti, elnyeli, megvédve ezzel a bent tartózkodó állományt. [5] De ezen kívül büszkélkedhet-e lényeges újításokkal az utód-típus?

3. ábra. A JLTV számottevően nagyobb méretekkel rendelkezik, mint a Humvee [6]



1. táblázat. A HMMWV és a JLTV főbb technikai adatai (A szerző szerkesztése [7] alapján)

	HMMWV	JLTV
Használatba vétel éve	1984	2015
Motor	6500 cm ³ turbódízel	6600 cm ³ turbódízel
Teljesítmény	250 kW	530 kW
Üres tömeg	3400 kg	6400 kg
Fajlagos teljesítmény	73 kW/t	83 kW/t
Hatótávolság	400 km	480 km
Végsebesség	113 km/h	160 km/h

A két járművet összehasonlítva azt találjuk, hogy – az aknák elleni védettségtől eltekintve – a ballisztikai védettség kategóriájuk azonos, a JLTV kizárólag az alulról érkező robbanások ellen véd jobban. Emiatt azonban a tömege másfélszerese a Humvee-nek és kedvezőtlen módon a súlypontja is magasabbra került. Annak érdekében, hogy a mozgékony ne romoljon, a járműbe egy hasonló löket-térfogató, de lényegesen erősebb motort szereltek, bár ennek fogyasztása is számottevően magasabb. A szállítható személyek száma és a hasznos terhelés lényegében azonos. A JLTV a magas felépítésének köszönhetően jobb gázlóképességgel, és kissé meglepő módon – az állítható felfüggesztésnek köszönhetően – jobb terepjáró képességgel rendelkezik. Némileg nőtt a hatótávolsága is, a nagyobb sebesség pedig elsősorban közúton jelent előnyt a JLTV számára. [5]

Nyilvánvaló, hogy a szolgálatot teljesítő katonák testi épiségének védelme sok mindent megér, és mind a hatótávolság, mind a fajlagos teljesítmény növekedése fontos előrelépés, de ha szigorúan értékeljük, a JLTV első pillan-

tásra nem jelent forradalmi előrehaladást. Pedig történt jelentős előrelépés, csak nem a hagyományos meneteljesítmények területén. Amennyiben számba vesszük a két típus első generációjának elektromos berendezéseit, azonnal kiderül, hogy hol változtak számottevően a fejlesztési szempontok. A Humvee fedélzeti villamos rendszere a járművillamosságon túl, alapesetben csupán egy analóg taktikai rádiót kellett, hogy tápláljon. Ezzel szemben a JLTV első hadrendbe kerülő változatán sokkal imponálóbb a felszerelhető elektronikus/elektromos eszközök listája:

- járműelektronika,
- digitális taktikai rádió,
- belső kommunikáció,
- taktikai számítógép lövésdetektáló rendszerrel,
- továbbfejlesztett helymeghatározó rendszer,
- nagy teljesítményű IED zavaróeszköz,
- fegyvertávvezérlés,
- radar,
- éjjellátó készülék,
- légkondicionáló,
- villamos mozgatású torony,
- APS (Active Protection System – aktív védelmi rendszer).

A különféle kényelmi és biztonsági berendezések terjedése miatt már a civil személygépkocsi generátorának teljesítménye is az átlagos 500 W-ról, kb. 1,5–2 kW-ra nőtt az elmúlt 40 évben [8], de látható, hogy a fent felsorolt katonai eszközök némelyike önmagában is ekkora teljesítményigényt jelent. Például az APS tulajdonképpen egy mikrohullámú radar, számítógép és valamilyen infravörös zavaró- vagy robbanótöltet kombinációja [9], így elég jelentős villamos fogyasztó. Harcjárművek esetében pedig a szintén nagy fogyasztó, az álló helyzetben is működőképes klíma sem kényelmi berendezés, hanem a katonák harcképességének hosszú távú fenntartását szolgálja. Önmagában ez a jelentős villamos teljesítményigény még nem jelentene problémát, hiszen a harcjárművek jellemzően több 100 kW-os motorteljesítménye úgymegbirkózik egy 10–20 kW-os villamos generátor meghajtásával, hogy az nem rontja érzékelhető módon a menetdinamikát.

2. táblázat. Az egyes anyagok és technológiák által elérhető energiasűrűségek (A szerző szerkesztése [10] alapján)

Anyag/technológia	Elméleti maximális energiasűrűség		
	térfogatarányos (Wh/l)	tömegarányos (Wh/kg)	
alkáli elemek	100	150	
villamos akkumulátorok	ólomsavas (Pb-acid)	40	25
	nikkel-kadmium (NiCd)	150	100
	lítium-ion (Li-ion)	650	250
	lítium polimer (LiPo)	700	250
fosszilis tüzelőanyagok	száraz tűzifa	700	3 000
	fekete kőszén	9 000	6 500
	cseppfolyós földgáz	7 000	12 000
	benzin	9 500	12 000
	gázolaj	10 500	13 500
cseppfolyós hidrogén	2 500	39 000	
urán 235-ös izotóp	4,7 · 10 ¹²	2,5 · 10 ¹⁰	

Az azonban már komoly probléma, hogy a fent sorolt rendszerek többségének álló helyzetben is működni kell, hiszen a műveleti területen a harcjárműnek sok esetben állandóan harckésznek kell lennie. Ilyenkor a harcjármű motorjának folyamatos járatása nemcsak azért nem jó megoldás, mert komolyan rontja az álcázhatóságot, hanem az indokolatlanul magas üzemanyag-fogyasztás jelentősen csökkenti a hatótávolságot is.

Az álló helyzetben elfogyasztott villamos energia megtermelésére elvben szóba jöhetne a napelem, de egy harcjárművön nem lehet megfelelően nagy, 20–30 m²-es vízszintes felületet kialakítani, illetve este, vagy rossz időjárási viszonyok között ez sem oldaná meg a problémát. A fedélzeti akkumulátorok teljesítményének korlátlan növelése sem lehetséges, mert azok tömegarányos energiasűrűsége az új fejlesztések ellenére még mindig csak töredéke a hagyományos üzemanyagokénak. Bár a villamos generátorok hatásfoka 90% feletti, a dízelmotoroké csupán 30% körül alakul, így a fosszilis anyagokban tárolt energiának csak kb. a negyedéből lesz villamos energia, mégis a fosszilis üzemanyagok energiasűrűsége annival nagyobb az akkumulátorokénál, hogy tulajdonképpen álló helyzetben is hosszabb üzemidőt jelent, ha akkumulátorok helyett azonos tömegű plusz üzemanyagot tankolunk a járműbe. Hibrid és hidrogén hajtású harcjárművekkel is zajlanak kísérletek, de belátható ideig még a dízel/kerozin² lesz a fő üzemanyag a harctereken.

Napjainkban trenddé vált, hogy a nagy fogyasztású főhajtómű álló helyzeti üzemeltetésének kiküszöbölése érdekében a járművekbe beépítenek egy aggregátort, vagyis egy további kisebb teljesítményű motorral meghajtott generátort. Ez az önjáró, de alapvetően telepített állásban működő haditechnikai eszközöknél (lokátorok, vezetési pontok, kommunikációs eszközök) az 1950-es évektől gyakorlat, ugyanakkor a manőverező harcjárművek esetében (harckocsik, páncélozott harcjárművek, önjáró tüzérség) csak 2010-től kezdett széles körben elterjedni. Az ilyen, kimondottan áramtermelésre beépített eszközöket az angolszász irodalom csak APU-ként (Auxiliary Power Unit – kiegészítő áramforrás) említi, amit gyakorta segédhajtóműnek fordítanak, de ez a szakkifejezés nem utal arra, hogy csak az áramtermelés a feladata, így a segédaggregátor vagy a kiegészítő áramforrás talán megfelelőbb kifejezés.

SEGÉDAGGREGÁTOROK A KORSZERŰ HARCJÁRMŰVEKEN

Mivel a villamos eszközök terjedése a haditechnikai eszközökön egy általános trend, és mivel az alkalmazható technikák terén is nagyjából ugyanazok a lehetőségek állnak a fejlesztők rendelkezésére, szerte a világon hasonló megoldások születtek és születnek. A 2010 után fejlesztett harcjárműveknek szinte már mindegyikében helyet kapott az APU, és a már rendszerben álló eszközök korszerűsítése során sem feledkeznek meg róla, amelyet néhány példával is illusztrálunk.

CHALLENGER Mk1–Mk3

A korábban említett Challenger tömegnövekedéséből – ha aránylag csekély mértékben is – de kivette a részét egy APU is, bár a Challenger ebben a tekintetben is kivételes eszköz, hiszen már az 1983-ban szolgálatba állt Mk1 egyes változatai, illetve az 1998-ban szolgálatba állt Mk2 is rendelkezett segédaggregátorral. Az Mk1-esen egy Perkins



4. ábra. A Challenger Mk3. Legkönnyebben a parancsnok és az irányzó új, méretes éjjel-nappali optikai figyelőműszere alapján lehet megkülönböztetni az Mk2-estől [13]

4.108 típusú 1,76 literes, 145 kg saját tömegű, soros elrendezésű, négyhengeres, négyütemű szívódízel [11]; az Mk2-esen egy Perkins 404-D22 típusú 2,2 literes, 184 kg saját tömegű, soros, négyhengeres, négyütemű szívódízel [12] teljesít(ett) szolgálatot. Ezek egyébként meglehetősen túlméretezett, 36 és 38 kW-os egységek, így valószínűleg a harckocsin kívülre is tudnak áramellátást biztosítani. A brit védelmi minisztérium jelenleg 148 db Challengert alakított át Mk3-as változáttá. Az új típust sok egyéb mellett felszerelik APU-val, és növelik a teljesítményét is, így várhatóan 2040-ig szolgálatban maradhatnak a már korosodó harckocsik. [13]

M1A2 ABRAMS

Brit társához hasonlóan szintén az 1990-es évektől szolgálnak az Egyesült Államok haderejében az Abrams M1A2 harckocsi, amely ugyancsak megérett a korszerűsítésre. Erre az úgynevezett élettartamnövelő programok (System Enhancement Program – SEP) szolgálnak, amelyekből 2020-tól kezdődően már a harmadikat (SEPV3) hajtják végre ezeken az eszközökön. A program részeként először a toronyra, külső eszközként kívánták rögzíteni az aggregátort, amely nyilvánvalóan nem a legszerencsésebb megoldás. A végső változathoz a Marvin Land System szállít alacsony profilú APU-kat, így azok sokkal szerencsésebb módon, a páncéltestben kaphatnak helyet. A módosított, egyhengeres, vízűtéses, négyütemű Hatz-dízelmotor saját tömege 190 kg, amellyel egy 10 kW-os generátort hajtanak meg. A tüzelőanyag-felhasználás 3,6 liter óránként. [14] Fontos megemlíteni, hogy ezek mellett az Abramsek a feltétlen szükségesnél jóval nagyobb akkumulátorcsomaggal (SEPV2 – 12 db 6TMF típusú 12 V/120 Ah-s akkumulátor) rendelkeznek, így képesek pár percig néma módban „figyelni” is.

T-14 ARMATA

Miután a trend általános, természetesen a legújabb orosz harckocsi, a T-14 Armata is rendelkezik APU-val [15]. Ennek teljesítménye és elhelyezkedése nem ismert, de annyit tudható, hogy a villamos rendszerek állóhelyzeti működtetésén túl képes a főhajtómű hidegindításában is közreműködni. Vagy csak úgy, hogy hosszabb „indítózás” esetén is képes a megfelelő áramerősséget biztosítani, de





5. ábra. A korszerűsített indiai T-90-es harckocsikban a páncéltest bal hátsó részében kap helyet a segédaggregátor [17]

figyelembe véve, hogy az Armata nem egy meglévő harckocsi korszerűsítése, hanem egy teljesen új koncepciót valósít meg, az is elképzelhető, hogy magasabb szintű az integráció. Ebben az esetben a segédaggregátor és a főhajtómű hűtőköre össze van kötve, így a működő aggregátor maradék hője is képes melegíteni a főhajtóművet.

EGYÉB HARCKOCSIK

A teljesség igénye nélkül, és továbbra is csak a harckocsikat vizsgálva, említjük meg, hogy a francia Leclerc harckocsi is kapott a főhajtómű mellé egy Turbomeca TM 307B típusú gázturbinát, amely kettős funkcióval rendelkezik, egyrészt a hyperbar rendszerű dízelmotor turbófeltöltője, másrészt annak leállítására esetén APU-ként is működik. A koreai K-2 Black Panther pedig egy Samsung Techwin 75 kW-os dízelaggregátorral büszkélkedhet. A jelentős számban korszerűsített orosz T-90S (T-90SM) is kapott egy APU-t a páncéltest bal hátsó részébe. Az Indiában hadrendben álló T-72 és T-90 típusok korszerűsítésének is részét képezi ez a rendszer, amelynek keretében az indiai Osho Corp. mintegy 3250 db APU-t szállít majd a hadsereg részére. [16]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] J. M. DeCicco, „A Fuel Efficiency Horizon for U.S. Automobiles”, University of Michigan, Michigan, 2010. [Online]. https://www.researchgate.net/figure/Trends-in-engine-specific-power-and-vehicle-power-to-weight-ratio_fig3_280229675 (Letöltve: 2022.1.15.);
- [2] G. Matheou, „Architectural and software support for data-driven execution on multi-core processors”, p. 194, 2017, <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.30829.28644/1>;
- [3] Károly, Turcsányi. *Nehéz harckocsik: összehasonlító értékelések, műveleti alkalmazások és a magyar TAS tervezése*. Nagykovácsi: Püedlo Kiadó, 2008.;
- [4] „Weighing 80 tons, the latest British tank was unveiled, setting the world’s heaviest tank record - iNEWS”. <https://inf.news/en/military/dcf93885e07ae81819705773163a2d4a.html> (Letöltve: 2022.1.15.);
- [5] C. Seabaugh, „How the Humvee Compares to the New Oshkosh JLTV”, *Motor Trend*, 2017. május 17. <http://www.motortrend.com/news/humvee-compares-to-new-oshkosh-jltv/> (Letöltve: 2017.11.12.);
- [6] „Humvee Vs Oshkosh JLTV: Here’s How The Military Vehicles Compare”, *HotCars*, 2021. január 25. <https://www.hotcars.com/humvee-vs-oshkosh-jltv-heres-how-the-military-vehicles-compare/> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [7] „Oshkosh JLTV vs AM General Humvee | Tactical Experts”, *TacticalGear.com*. <https://tacticalgear.com/experts/oshkosh-jltv-vs-am-general-humvee> (Letöltve: 2022.1.15.);
- [8] R. K. Mazlan, R. M. Dan, M. Z. Zakaria, és A. H. A. Hamid, „Experimental study on the effect of alternator speed to the car charging system”, *MATEC Web Conf.*, köt. p. 90. 01076, 2017, <http://doi.org/10.1051/mateconf/20179001076>;
- [9] Végvári, Zsolt. „A Harckocsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 1. rész”, *Haditechnika*, 52, sz.3, (2018): pp. 20–24. <http://doi.org/10.23713/HT.52.3.05>;
- [10] Végvári, Zsolt. „Akkumulátorok a gyalogos lövészkatónák felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai”, *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. sz. 2 (2016): pp. 85–101;
- [11] „Perkins 4.108 Engine: Specifications and Technical Data”. http://tractorgearbox.com/perkins_4.108_engine_specs.html (Letöltve: 2022.1.16.);
- [12] „Perkins 404D-22 Specifications & Technical Data (2017–2021) | LECTURA Specs”. <https://www.lectura-specs.com/en/model/components/engines-perkins/404d-22-11703198> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [13] G. Allison, „What upgrades will Britain’s ‘Challenger 3’ tanks get?”, 2021. május 8. <https://ukdefencejournal.org.uk/what-upgrades-will-britains-challenger-3-tanks-get/> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [14] „10kW Low Profile Auxiliary Power Unit (APU) for M1A2 Abrams SEPv3”, *Marvin Land Systems*. <https://marvinland.com/product/10kw-low-profile-apu/> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [15] K. Osborn, „Russia’s T-14 Armata Tank: The U.S. Military’s Worst Nightmare?”, *The National Interest*, 2021. május 23. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russia%E2%80%99s-t-14-armata-tank-us-militarys-worst-nightmare-185778> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [16] DEFENCE.CAPITAL, „India Army to procure 3,250 auxiliary power units for Russian-origin battle tanks”, *Defence Capital*, 2020. január 27. <https://defence.capital/2020/01/27/india-army-to-procure-3250-auxiliary-power-units-for-russian-origin-battle-tanks/> (Letöltve: 2022.1.31.);
- [17] „Army awards INR 1325 Crore Agreement to OshoCorp for Auxiliary Power Unit (APU) for T-72 & T-90 Tanks”, <https://www.edrmagazine.eu/army-awards-inr-1325-crore-agreement-to-oshocorp-for-auxiliary-power-unit-apu-for-t-72-t-90-tanks> (Letöltve: 2022.1.1.).

JEGYZETEK

- 1 Mivel a generátorok hatásfoka 90% feletti, a felvett mozgási energia és a leadott villamos energia közötti különbséget ebben a tanulmányban nem vesszük figyelembe.
- 2 A NATO-ban az F54 típusú dízel üzemanyagot és az F34 kerozint használják a dízelüzemű járművek meghajtására. Műveleti körülmények között a NATO egyetlen üzemanyagelvének (single-fuel conception) köszönhetően kizárólag kerozint szállítanak utánpótlásként.