



**KISS, CSABA**

Okleveles gépészmérnök  
Egyetemi tanársegéd  
BME, Vasúti járművek, Repülők és Hajók Tanszék

**Villamos hajtású nagyvasúti vontatójárművek fejlődési irányai (4. rész)**

<p><b>Összefoglaló</b></p> <p>Az elmúlt évtizedek szívós fejlesztésének eredményeképpen a villamos erőátviteli és hajtású nagyvasúti vontatójárművek felépítése jelentős egységsülé- sen ment keresztül. Ennek következtében azonos felépítésű alrendszerekből építhetők fel jelentősen eltérő feladatú vontatójárművek.</p> <p>Korábban a járművek fejlesztésének fő hajtóere- je a sebesség és a teljesítményképesség növelése volt. Azonban ma már egyre inkább a teljes élettartamra számított gazdaságosság az LCC, ennek részeként az energiahatékonyság növelése a meghatározó, sőt bizonyos értelemben ez a tényező vált a közlekedés fenntarthatóságának mértékévé. Hasonlóan fontos szempont az élettartam alatti karbantartás költsé- génye, amely egyre inkább fontossá válik és szintén része a LCC-nek.</p> <p>A cikksorozatban a villamos hajtású vontatójár- művek konstrukcióiban az elmúlt években bekö- vetkezett változásokat ismertetjük, és bemutatjuk a fejlődés irányát.</p>	<p>KISS, CSABA Dipl. Ing. für Maschinenbau Assistent TU Budapest, Lehrstuhl für Schienenfahrzeuge, Flugzeuge und Schiffe</p> <p><b>Entwicklungstendenzen im Bau von elektrischen Vollbahnfahrzeugen (Teil. 4)</b></p> <p><b>Zusammenfassung</b></p> <p>Als Ergebnis einer zielstrebigem Entwicklung hat der Ausbau von elektrischen Vollbahnfahrzeugen eine bedeutende Vereinheitlichung erfahren. Als Folge davon können Fahrzeuge aus Subsystemen gleicher Aufbau für voneinander sehr abweichende Aufgaben gebaut werden. Früher waren die Geschwindigkeit und die Leistungsfähigkeit der Haupttriebkraft für die Fahrzeugentwicklung. Heutzutage ist die je stärker auf die Gesamtlebensdauer bezogene Wirtschaftlichkeit – das LCC – und als Teil davon die Steigerung der Energieeffizienz dominierend geworden, wobei dieser Faktor sogar im bestimmten Sinne zum Maß der Aufrechterhaltung des Verkehrs geworden. Ein ähnlich wichtiger Betrachtungspunkt ist der Kostenbedarf für die Instandhaltung während der Lebensdauer, der an Wichtigkeit stets zunimmt und ebenfalls einen Bestandteil vom LCC ist.</p> <p>In der Artikelreihe werden die bei Konstruktionen von elektrischen Triebfahrzeugen in den letzten Jahren erfolgten Änderungen mit Angabe der Entwicklungsrichtung behandelt.</p>	<p>CSABA KISS Mechanical engineer Assistant lecturer Budapest University of Technology and Economics Department of Aeronautics, Naval Architecture and Railway Vehicles</p> <p><b>The Development Directions of Railway Traction Units Equipped with Electric Driving Systems (Part 4.)</b></p> <p><b>Summary:</b></p> <p>Significant unification of the electric and electric driven railway traction units' construction was the result of their persistent development in the past decades. Therefore the same substructures can be used on various traction units built for different purposes.</p> <p>The increase of speed and power output were the aims of the developments earlier, but for today LCC, the economical operation during the whole life cycle, including the increase of energy efficiency, became the most important factor of the sustainable traffic. The maintenance costs also become more and more important, as also part of the LCC.</p> <p>The series of articles introduce the changes carried out in the constructions of electric and electric driven traction units and the directions of the further developments in the future.</p>
--	--	---

E cikk előző részeiben a címben jel- zett vontatójármű típus felépítésének jellegzetességeit elemeztük. Ez a vizs- gálat alapvetően a teljesítményelektronikára és annak járműben történő alkalmazására irányult, hiszen a korszerű villamos vontatójármű a kifejlesztését, elterjedését és egyeduralgódóvá válását döntően ennek köszönhetette.

A cikk első szakaszában azokat a főbb állomásokat említjük meg, ame- lyek alapvető jelentőségűek voltak a korszerű villamos hajtású, nagyvasúti vontatójárművek kifejlesztéséhez:

- kétirányú energiaáramlást lehetővé tevő, szabályozható teljesítmény- tényezőjű áramirányító topológia megalkotása. Az első laboratóriumi körülmények között működő beren- dezést, hosszas előkészítés után az 1970-es évek elejére építették meg. A

kísérletek során nyert rendkívül ígé- retes tapasztalatokról számoltak be már 1974.-ben.

- teljes értékű teljesítményfélvezető kifejlesztése (GTO (1975), IGBT (1987)), ez a rendszer alapvető fon- tosságú építő köve, a legdinamiku- sabb fejlődés tulajdonképpen mind a mai napig ezen a területen zajlik. Már a nagy teljesítményű dióda meg- jelenése előrevetítette az ígéretes folytatást. Az 1960-as évek közepére már a tirisztor is megjelent a főüzemi energiaátalakító berendezésekben. Ekkor még – mivel a tirisztor vezérlő impulzussal be lehetett kapcsolni, de ki nem, ez a tény megszabta a további fejlesztés irányát, ugyan- akkor passzív áramkörökkel kiegészítve kellett megoldani a kikapcsol- hatóságot. Világos volt, hogy ezzel

a megoldással a vele járó hátrányos kompromisszumok miatt igazából addig számolnak csak a járműterve- zők, amíg ki nem sikerül fejleszteni teljes értékű erősáramú félvezető (szokás még másképpen nevezve a szilárd test elektronikai félvezető is) kapcsolót. A GTO (kapun keresztül kikapcsolható tirisztor) megjelené- sével gyakorlatilag elhárult ez az akadály is, a kikapcsolással kap- csolatos problémák megszűntek. A tovább fejlesztést már az motiválta, hogy az eszköz működése valamint vezérlése során fellépő vesztesége- ket csökkentésük, így jutottunk el az IGBT-hez, amely már feszültségve- zérelt kapcsoló, szemben az előbb említett áramvezérelt kapcsolókkal. Érdekesképpen megjegyezzük, hogy a GTO továbbfejlesztésével a

svájci ABB kifejlesztette az IGBT-eket, melyek szintén alkalmasak kis energiaveszteségű kapcsolásokra és kis energiaigényű vezérlésre is. Ezeknek a vasúti járművek főüzemi energiaátalakító berendezésben történő alkalmazása nem nagyon terjedt el. Jelenleg és a ma belátható jövőben a SiC, később a gyémánt alapú, tökéletesített rétegszerkezetű IGBT-k alkalmazására lehet számítani.

- háromfázisú váltakozó áramú vontatómotoros hajtások irányításának elméleti megalapozása, kiépítése (az alapvető elmélet az 1950-es évektől az 1980-as évekig, de ez a terület is mind a mai napig dinamikusan fejlődik). Ezen a területen rendkívül figyelemre méltó eredményeket értek el magyar kutatók is. Ez a terület szintén kiemelkedően fontos, hiszen ezek a járművek nagy igényű, műszaki megoldások, melyeknek az irányítása éppen a jól kidolgozott elméleti háttérrel alapul, amelyhez a technikai feltételeket éppen a következő pontban tárgyalandó fejlesztések teremtették meg. Fontos megjegyezni, hogy mivel többfázisú, váltakozó-áramú, kefe nélküli villamos forgógépek irányításáról van szó, igen tekintélyes matematika háttérapparátus alkotó módon történő használatára van szükség a rendszer hatékony működtetéséhez. Tanulságos megjegyezni, hogy a hagyományos irányítási elvek alkalmazásával gyakorlatilag nem lehetett kielégítő módon kezelni olyan egyszerűnek tűnő problémákat, mint az áramszedő elpattanás, kerék perdülés, amelyekre viszont normál üzemi körülmények között bármikor számítani lehet.
- nagydinamikájú, ipari kivitelű, folyamatirányító rendszerek gyakorlati megvalósítása (megbízható minőségben, nagy darabszámban, kedvező áron). Erre az előző pontban említettek miatt volt elengedhetetlenül szükség alapvetően a jármű főüzemének irányításához (1980-as, 1990-es évek), ugyanakkor a jármű többi részfolyamatának irányítása az irányítási feladatok jól átgondolt

struktúralását tette, teszi szükségessé. Érdemes megjegyezni, hogy például a valós számokkal, rendkívül gyorsan végrehajtandó műveletek nagy száma miatt általában mindig ún. lebegőpontos aritmetikával (FPU = Floating Point Unit) kiegészített RISC (Reduced Instruction Set) ún. csökkentett utasításkészletű coprocesszoros egységet használnak a jármű legmagasabb rendű folyamatirányító számítógépei processzoraiiban. A jármű irányítástechnikai rendszerében a végrehajtandó számítások ciklus ideje alapján is struktúrálják a feladatokat. Gyakran megjelennek adaptív algoritmusok alapján kialakított forráskóddal működtetett alrendszerek is.

- a fenti ponthoz kapcsolódóan az ahhoz szükséges informatikai rendszerek kifejlesztése és gyakorlati alkalmazása (1980-as, 1990-es évek). Ez szintén nagy jelentőségű, mert a korszerű járműben viszonylag sok számítógép van egy hierarchia szerint elrendezve egymással folyamatosan kapcsolatban (például a jármű főüzemi energiaátalakító berendezését irányító számítógép, utastájékoztatót, klímavezérlőt, mellékhelyiséget, kimozduló lépcsőt működtető számítógépek), melyek között a kommunikációt folyamatosan biztosítani kell. Azt mondhatjuk, hogy a hierarchia legalább kétszintű, mégpedig úgy, hogy a kommunikáció a vonat-jármű-alrendszer sorrendben valósul meg. Ez az esetek jelentős részében azt jelenti, hogy a vonat teljes hosszán a vonatbusz, míg az egyes járműn a járműbusz halad át. A járműn belül a legmagasabb rendű folyamatirányító számítógép a járműbuszon keresztül ad parancsokat az alkalmazásközei számítógépeknek az adott irányítási feladat végrehajtására és ezen keresztül kap visszacsatolást az egyes rendszerek állapotáról. A járművek legmagasabb folyamatirányító számítógépei a vonatbuszon keresztül vannak kapcsolatban egymással. Például egy motorvonat esetében a járműirányítás redundanciája a vonatbuszon

keresztül valósítható meg.

A korszerű járművek felépítése jelentősen befolyásolta és befolyásolja a rendszernek és egyes elemeinek a kialakítását. Ezt az alábbiakban foglaljuk össze:

- **mozdony:** a mozdony koncentráltan beépített energiaátalakító berendezéssel rendelkezik, így a legnagyobb teljesítőképességű berendezések kifejlesztését éppen ezek a járművek igényelték. Ugyanakkor történetileg ez alakult ki a legkorábban. Néhány konkrét példát említünk ehhez, például nagy teljesítményű áramirányítók, nagy névleges jellemzőkkel rendelkező teljesítmény-félvezetők például 6,5 kV, 0,6 kA-es IGBT-k kifejlesztése a közelmúltból. Megjegyezzük még, hogy a vasúti teherszállítás vontatójárműve a ma belátható jövőben minden valószínűség szerint a mozdony lesz.
- **vonófej:** ez a nagysebességű motorvonatok kifejlesztésének időszakában jelent meg, ma már túlhaladottá vált. Lényegében egy, felépítését tekintve aszimmetrikus, egy vezetőfülkés mozdony, melyet csak javítóműhelyben lehetett lekapcsolni a motorvonatról (1. generációs ICE). Szerkezeti megoldásaiban a mozdonymnál elmondottakat állapíthatjuk meg.
- **motorvonat:** ez a korszerű járműtervezési és szerkezeti elveken alapuló járműtípus megközelítőleg az ezredforduló tájára vált sorozatértétté. A motorvonat igényelte és mind a mai napig igényli a nagy teljesítménysűrűségű, azaz kompakt megoldásokat, amelyek kis helyen elférnek és biztosítják az egy ülőhelyre jutó minimális holttömeg, az egy ülőhelyre jutó lehetőleg nagy vontatási teljesítmény végül a kedvező energiahatékonyság sajátos, hármas kompromisszumát. E szakasz zárásaként megemlítjük, még a nagysebességű motorvonatot (legalább 200 km/h maximális sebesség) az egyre növekvő jelentősége és térnyerése miatt. Ennél a járműtípusnál a nagy sebességből adódóan csökkenteni kell a járművek statikus tengelyterhelése értékét, ugyanakkor a nagy sebességből adódó tekinté-

lyes összteljesítmény beépíthetősége miatt a jármű energiaátalakító berendezéseit, nem ritkán azok egyes elemeit is külön, a vonat csaknem valamennyi járművét igénybe véve kell elhelyezni. Ilyen maximális sebességeknél mozdonyos vontatású vonat igazából nem is jöhet szóba. A vasúti járművek fejlesztése történetének egyik érdekessége, hogy az elővárosi közlekedésben, valamint a távolsági nagysebességű közlekedésben alapvetően más okok vezettek a motorvonatok jelenleg megfigyelhető, rohamos elterjedéséhez.

- **motorkocsi:** ez a járműtípus a viszonylag gyéren lakott és nagy időbeli illetve térbeli ingadozást mutató férőhely igényű területek elővárosi járműve. Szerkezeti felépítését tekintve lényegében a motorvonatnál elmondottakat lehet megfogalmazni. Érdekességképpen megjegyezzük, hogy ezeken a járműveken jelentek meg legkorábban a főüzemi energiaátalakító berendezésben a legkorszerűbb teljesítmény-félvezetők (például Stadler Rail Shuttle).
- **motorkocsikból illetve motorvonatokból álló vonat:** ez nem önálló járműtípus, hanem az elővárosi forgalomban a hivatásforgalom által előidézett ülőhely maximális igény kielégítésére alkalmazzák az úgynevezett csúcsidőszakokban (ennek a csúcsidőszaknak a fő oka a nem lépcsőzetes munkakezdés, reggel nagyon erős, délután kissé enyhébb csúcsban jelentkeznek). Amikor már nincs igény, akkor a korszerű járműgazdálkodási elvek alapján az egységek állomásokon szétbonthatók és eltérő viszonylatokon közlekedtetendők vagy beütemezhetők az alacsonyabb fenntartási szintekhez tartozó karbantartási – tisztítási tevékenységek elvégzésére.
- **ingavonat:** a vonat egyik végén, állandóan a kocsisorhoz kapcsolt mozdony, amelyet vagy a még meglévő és az élettartama végére nem ért mozdonyok és személykocsik felhasználása céljából, vagy csak a csúcsidőszak idején alkalmazott forgalmi szempontból egy vonategy-

ségnek tekintendő személyszállító vonatként alkalmazzák. Ebben az esetben nem szükséges a motorvonatok által felkínálható férőhelyek számát a csúcsidőszakhoz igazítani, mely az optimális járműgazdálkodást a nem csúcsidőszakban meglehetősen megnehezítené.

- **emeletes járművekből álló vonatok:** ezeket a kisebb sűrűségű, de kellő szilárdságú szerkezeti anyagok vasúti alkalmazása tette lehetővé. Szerkezeti megoldásaikat tekintve megközelítőleg az egyszintes motorvonat és a mozdony között helyezkednek el. Tehát igénylik a kompakt megoldásokat, de valamelyest több hely áll rendelkezésre, ugyanakkor nagyobb névleges teljesítményű energiaátalakító berendezések alkalmazását igénylik. Használatuk akkor indokolt, ha pályakapacitás hiány és/vagy forgalomtechnikai okok nem teszik lehetővé a szóban forgó viszonylaton közlekedő vonatok számának növelését, de az ülőhely kínálat növelése mindenképpen szükséges.

E cikksorozat utolsó részében azt tekintjük át, hogy milyen változatos járműkialakítást, innovatív járműépítést valamint az energiamegtakarításnak a járműtechnikában eddig nem alkalmazható megoldásait tett ez lehetővé különös tekintettel a több hasonló elemből álló járműegység, alrendszer segítségével építhető járművekre. A fentiek alapján felsorolunk néhány példát azokra a korszerű felépítésű járművekre, melyek megszületésüket a korábban, kissé egyszerűsítve tárgyalt rendszerek kifejlesztésének köszönhetik.

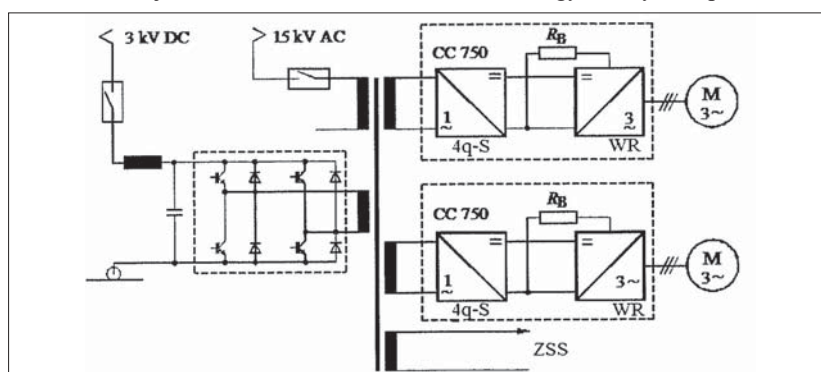
### I. A korszerű, többáramnemű, villamos vontatójármű

Erre egy példát a 9. ábrán láthatunk, mely a Stadler FLIRT RABe 524 TILO járművének (3 kV egyenfeszültség, 15 kV és 16,7 Hz egyfázisú váltakozófeszültség) főáramkörét láthatjuk. A megoldás érdekessége 3 kV egyenfeszültségű üzemben az előtét négynegyedes szaggató, mely az egyenáramot 100 Hz-es négyzögfeszültségű jelalakká alakítja át, ez jut az egyfázisú váltakozó üzemben főtranszformátorként működő gép egyik primer tekercsére és innen a váltakozó áramú üzemből ismert módon a vontatómotorokhoz. Az ABB által kialakított 750 V feszültségű technológia miatt az alkalmazott 1,7 kV névleges feszültségű IGBT-k kapcsolási veszteségei csekélyek.

Az ábrán az RB jelenti a fékellenállást, amelynek használatára bármely esetben sor kerül, ha meg kell akadályozni, hogy az egyenáramú közbenső kör feszültsége veszélyesen nagy értéket érjen el.

### 2. Kétéltű járművek

Két önállóan működőképes, főüzemi energiaátalakító, vonóerő kifejtő berendezéssel rendelkező vontatójármű. Erre egy példa a New Jersey Transit vasútársaság által üzemeltetett ALP-45DP típusú, Bombardier gyártmányú kétéltű mozdony, melyet a 10. ábra mutat. A vontatójármű működése váltakozó feszültségű üzemben a már elmondottak szerint történik. Dízel-villamos üzemben forgóvázanként a négynegyedes szaggató négy fázisa közül három, mint aktív egyenirányító kapcsolódik az



9. ábra: FLIRT RABe 524 TILO motorvonat főáramköre



aszinkron generátorra - a szinkrongép-  
hez viszonyítva ez olcsóbb megoldás  
– bár ez csak a négynegyedes szagga-  
tók egyébként rendelkezésre álló fázisai  
miatt lehetséges. A két gyorsjárású,  
Caterpillar 3512C HD dízelmotorok  
teljesítménye egyenként. 1567 kW. A  
dízelmotorokat egymás után az aszinkron  
generátorokkal a vontatási üzemen  
aktív egyenirányítókön keresztül,  
melyek ebben az esetben, a dízelmotor  
indításakor impulzus inverterek, indítják.  
Ehhez az egyenáramú közbenső  
kört az akkumulátorról egy négynegyedes  
szaggtató egyik fázisán keresztül,  
mint feszültségnövelő szaggtátón, mindig  
a másik forgóváz energiaátalakító  
berendezésén keresztül lehet táplálni.

A tartós teljesítmény a kerék kerületén  
villamos üzemben 4 MW, dízel-villamos  
üzemben 2x2,7 MW (a vonatot  
villamos energiával történő ellátását  
biztosító gyűjtősin 1100 kVA, háromfázisú,  
látszólagos teljesítménye kivételével),  
ennek megfelelően a vonat maximális  
villamos energiafelvétele mellett a  
vontatási teljesítmény dízel-villamos  
üzemben 2x2,2 MW. Részterhelésnél az  
egy dízelmotorral történő üzem  
lehetséges. A transzformátor névleges  
látszólagos teljesítménye 5 MVA, így a  
vontatási teljesítményt a vonatnak még  
maximális villamos energiafelvétele  
esetén sem kell csökkenteni. Továbbá  
mintegy 2x650 kW teljesítményű, dinamikus  
fék részére rendelkezésre állnak

féküzemi szaggtatók. A jármű teljes  
tömege 130,6 t, a legnagyobb sebesség  
201 km/h.

**3.Hibrid járművek**

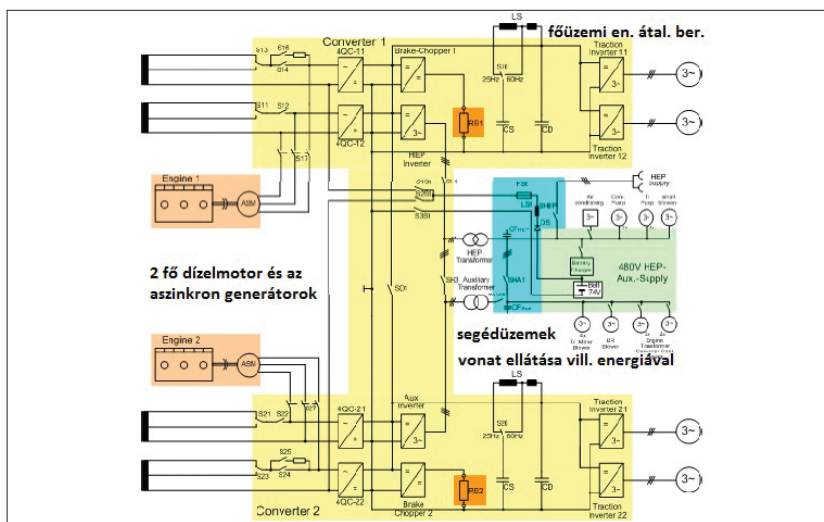
A korábban már többször említett  
villamos hajtású vontatójárművek  
energiaátalakító berendezéseinek  
nagy mértékű egységesülése lehetővé  
tette az energiaátaloló rendszerek és  
más korábban nem alkalmazott vagy  
még nem sorozat érett technológiák  
rendszerbe történő illesztését,  
felhasználását a vontatási képesség  
és az energiamegtakarítás fokozása  
érdekében. Ezt egy ábrán az utolsó  
mérőöld mozdonyal kapcsolatban még  
külön szemléltetjük a jármű alapvető  
rendszereinek kapcsolatát.

**4. Állandó mágnesű szinkronmotoros hajtások**

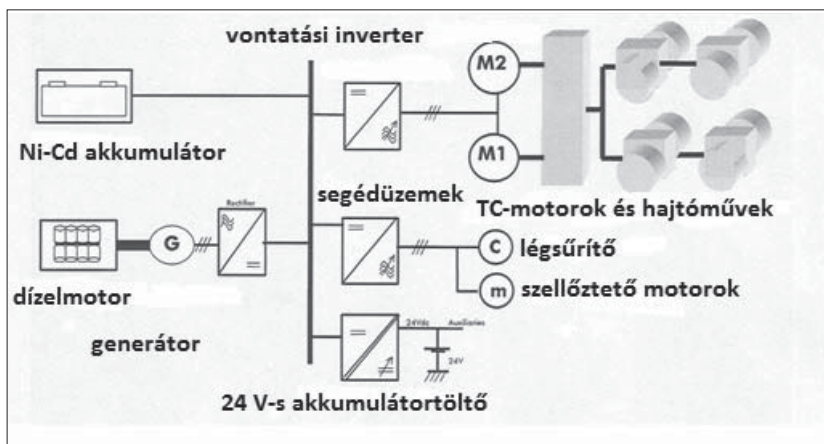
A vasúti vontatásban a szinkronmotor  
megjelenése az 1970-es évekre tehető.  
Kezdetben gerjesztett forgórészű gépek  
ként alkalmazta őket a francia jármű-  
gyártó ipar (áramirányító motor) tirisztoros  
áramirányítóval. Ugyanakkor már az  
egyenáramú gépekből ismert volt,  
hogy az egyenáramú gerjesztést állandó  
mágnesekkel is elő lehet állítani (ritka  
földfém tartalmú szerkezeti anyagokkal,  
például: szamárium-kobalt, neodímium-  
vas-bór). Az állandó mágnesű szinkron-  
gépek a MW-tartományban jelentősen  
nagyobb forgatónyomaték sűrűséggel  
rendelkeznek (kNm/m3), mint az aszinkron  
gépek. Mivel elmaradnak a forgórész-  
veszteségek, ezeknek a gépeknek a  
hatásfoka mintegy 2-3%-kal jobb,  
mint az aszinkron gépeké.

Az állandó mágnesű szinkronmotoros  
gépek alkalmazása arra mutatott a nagy  
forgatónyomatéksűrűség miatt, hogy az  
ún. „hajtómű nélküli motor”, azaz a  
tengelymotoros hajtás megvalósíthatóvá  
válhat. Az alábbi, 12. ábrán az ICE 3  
aszinkron motoros hajtását tengely-  
hajtóművel, valamint a szinkronmotoros  
tengelymotoros változatát látjuk.

A tengelymotoros hajtás számottevően  
csökkenti a vontatójármű forgó  
tömeg tényezőjét, mivel az a tengely-  
hajtás áttételének négyzetével arányos.  
A hajtómű elmaradásával az ezzel járó



10. ábra: Az ALP-45 (New Jersey Transit) energiaátalakító berendezéseinek elrendezése



11. ábra: Egy hibrid jármű elvi vázlatja (Forrás: Alstom)

összes technikai részlet is elmarad.

A jelenleg zajló állandó mágnesű szinkronmotorral hajtott járműveknél azonban még tengelyhajtóművekkel építik, ezzel igyekeznek a minimális beépítési térfogatot, minimális tömeget és maximális térfogatot elérni. Ez továbbá nem teszi szükségessé a költséges vízűtés alkalmazását.

**5. Korszerű dízelmotoros vasúti jármű**

E cikk korábbi részében már utaltunk a dízel-villamos vontatójárművek területén a technológiai fejlődés révén létrejött fejlesztésekre. Az elmúlt évek egyik újdonsága ezen a területen a több erőforrású mozdonyok (újboldi) megjelenése. Az egyre szigorodó környezetterhelési előírások miatt a Bombardier Transportation kidolgozott egy olyan járművet, amelyet négy darab ipari alkalmazásra gyártott dízelmotor hajt, ennek elrendezését mutatja a 13. ábra.

Az ábra bal oldalán láthatjuk az energiaellátást biztosító dízelmotorokat és generátorokat. Ezek diódás egyenirányítón keresztül táplálják az egyenáramú közbenső kört. Ebből forgóvázanként egy impulzusáramirányító látja el egy forgóváz két vontatómotorját. Külön egyenáramú szaggató látja el a féküzemi szaggatót. Külön áramirányító látja el továbbá a vonatot villamos energiával.

**6. Középfrekvenciájú transzformátoros jármű**

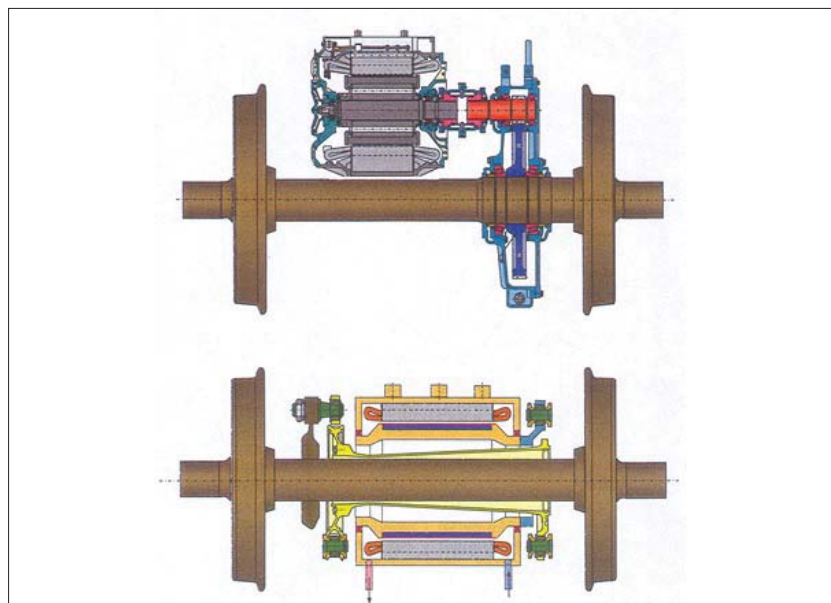
A csökkentett frekvenciájú nagyvasúti villamos vontatójárműveknél a legnehezebb szerkezeti elem a főtranszformátor. Már az 1970-es években történ kísérletek teljesítmény félvezető eszközök segítségével az ún. „elektronikus transzformátor” megvalósítására. A nagy feszültségre is alkalmas teljesítmény félvezetők (IGBT-k) rendelkezésre állásával vált megvalósíthatóvá ez az elgondolás. A félvezetőknek nem közvetlen soros kapcsolásával, hanem a négynegyedes szaggatók soros kapcsolása formájában valósították ezt meg, amint az alábbi, 14. ábra mutatja. A közelmúltban helyezték üzembe az első ilyen járműveket.

**7. Utolsó mérföld” (Last Mile) mozdony**

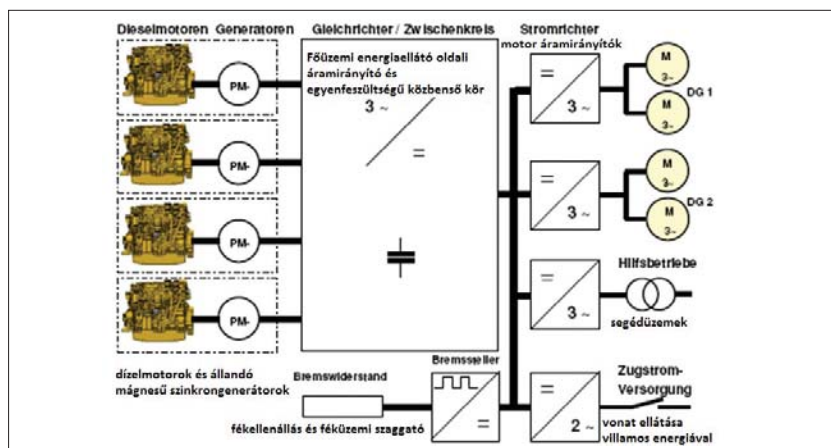
Az utolsó mérföld villamos mozdony egy alapvetően villamos mozdony, amelyet kiegészítettek egy körülbelül 250 kW névleges teljesítményű dízelmotoros energiaellátó berendezéssel. Ez azért vált szükségessé, mert vannak olyan áruszállítási végpontok, amelyek nem villamosítottak vagy nem villamosíthatók és ezeket nem lehet kiszolgálni villamos vontatójárművel. Azért, hogy e feladat ellátására ne legyen szükséges külön vontatójármű és személyzet, beépítettek a villamos mozdonyba egy dízelmotoros energiaellátó egységet. Ezzel a jármű tudja közelítőleg a villamos üzemben kifejthető indító

vonóerőt, így a vonat megosztására nincs szükség. Természetesen ilyen üzemben a jármű kis sebességgel (1500 t-s vonat esetén sík, egyenes pályán kb. 20 km/h) tud csak haladni, ez azonban nem jelent problémát, mivel az elegyozgatás egyébként is viszonylag kis sebességgel történik.

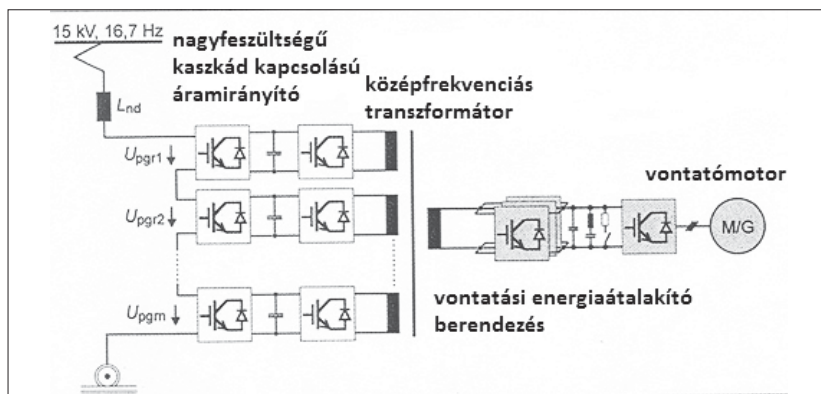
A korszerű villamos hajtású vontatójármű szerkezeti felépítésében egyre növekvő szerep jut a teljesítményelektronikának, valamint a különböző környezetterhelést csökkentő, energiamegtakarítást lehetővé tevő megoldásoknak. Ezeken túlmenően általánosságban megállapíthatjuk, hogy valamennyi korszerű villamos hajtású



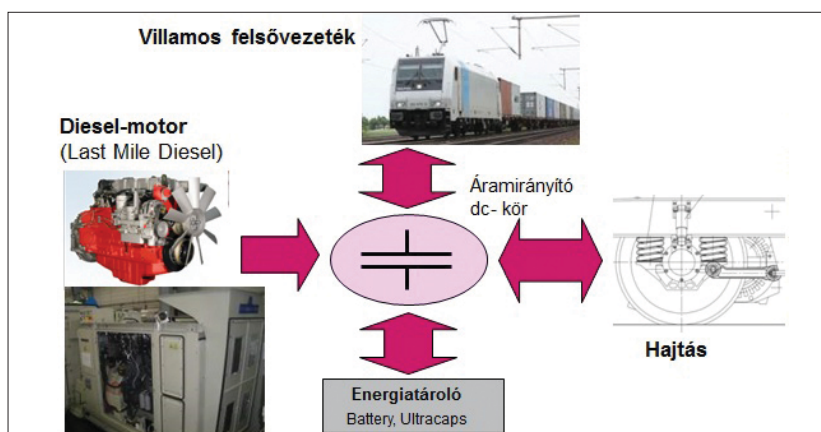
12. ábra: Aszinkronmotoros hajtás és állandó mágnesű szinkron tengelymotoros hajtás az ICE 3 példáján (Forrás: Siemens)



13. ábra: Többmotoros, korszerű dízelmozdony energiaátalakító berendezése



14. ábra: Középfrekvenciás transzformátoros jármű főáramköre



15. ábra: Utolsó mérföld villamos mozdony főüzemi energiaátalakító berendezése

vontatójármű nagyigényű műszaki megoldás, melynek minden üzemmódot és üzemmódotváltozást többszintű digitális irányítástechnikai rendszer irányítja és felügyeli. Ezeknek a rendszereknek az üzemeltetése és fenntartása illetve ezekkel a rendszerekkel megvalósított hatékony gazdálkodás komoly erőfeszítéseket igényel mind az irányító, mind a végrehajtó szolgáltatótól, valamint elengedhetetlenül szükséges az intenzív, jó együttműködés a két terület szakemberei között.

**Irodalomjegyzék:**

1. Andreas Steimel: Elektrische Triebfahrzeuge und ihre Energieversorgung, Grundlagen der Praxis, 3. Auflage 2014, Deutscher Industrieverlag
2. Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins: Power electronics, Converters, Applications and Design, 3rd Edition, John, Wiley&Sons
3. a többi hivatkozás az ábrák aláírásában olvasható.

Budapest, 2017. március 8.

**Magyar találmánnyal zöldül a vasút**

Környezetbarátabbá teszi a vasúti személy- és teherszállítást a Knorr-Bremse Rail Systems Budapest és az anyavállalat közösen fejlesztett vezetőtájékoztató rendszere. Az iCOM Assist névre keresztelt szoftver használatával akár 15 százalékkal is csökkenhet a vasúti szerelvények energiafogyasztása és károsanyag-kibocsátása. Az ezt megvalósító algoritmus kizárólag magyar mérnökök munkájának az eredménye. A vezetőtájékoztatót már több külföldi vasúttársaság is használja.

Az innovatív vezetőtájékoztató rendszer (DAS) használatával nemcsak a vasúti közlekedés környezetterhelése mérséklődik, hanem javul a menetrendi pontosság és csökken az amortizáció is. Már több európai vasúttársaság – így a DB-Cargo, a London Midland & Southern vasúttársaságok, valamint a Vossloh járműgyártó – is használja a rendszert.

A nemzetközi jelentőségű innováció nagyrészt magyar tesztlők, informatikusok, gépészmérnökök, villamosmérnökök, mechatrikai mérnökök és fizikusok közös munkájának az eredménye.

Az iCOM Assist működésének lényege, hogy az út során folyamatosan információkkal látja el a vonat vezetőjét annak érdekében, hogy a szerelvény energiafogyasztása a lehető legalacsonyabb legyen. Az energiafelhasználást a vasúti közlekedésben nagyon sok tényező befolyásolja. Az optimális sebesség megválasztásához a szoftver felhasználja a menetrend adatait, az aktuális vonat tömegét és hosszát, a

gyorsítási és fékezési karakterisztikákat, a gördülési és légellenállást, valamint a pályaeemelkedést. Az iCOM Assist képes megadni azt az optimális „gázkar” és fékkar állást a vonatvezetőnek, amellyel a lehető legkisebb energiabefektetéssel érhet célba. Emellett arra is javaslatot ad, hogy az elektrodinamikus vagy a pneumatikus féket célszerű-e használni a fékezés során.

Az állandó GPS kapcsolat biztosítja, hogy műholdak segítségével nyomon követhessék a vonatok haladását, a GSM adatkapcsolat pedig a forgalomirányítási adatokat teszi elérhetővé. Az iCOM Assist nem igényel drága szenzorokat és költséges telepítést. Üzemeltetéséhez csupán egy, az ablakra rögzíthető GPS antenna és egy tablet méretű kijelző szükséges. A szoftver számos, ezen a területen újdonságnak számító megoldást alkalmaz, ezért a Knorr-Bremse több szabadalmi bejelentést is benyújtott az Európai Szabadalmi Hivatalhoz.

