



KISS CSABA

Okleveles gépészmérnök, okleveles mérnök tanár MÁV Zrt PMKI GSZ fejlesztőmérnök
BME Vasúti Járművek és Járműrendszeranalízis Tanszék mestertanár

Üzembe álltak a Henschel-BBC gyártmányú dízel-villamos mozdonyok első példányai a MÁV Zrt. vonalain

A sikeres hatósági vizsgákat követően 2025. tavaszán üzembe álltak a MÁV Zrt. vonalain az első Henschel-BBC gyártmányú, egykor a Dán Államvasutak által megrendelt háromfázisú, aszinkron vontatómotorokkal felszerelt dízel-villamos mozdonyok.

Történeti és műszaki előzmények

A II. világháború után, közelítőleg az 1950-es évek végére sikerült a nyugat-európai járműiparnak annyira megerősödni és lendületbe jönni, hogy már megszülethettek az első, új fejlesztésű járművek. Emellett a közvetlenül a II. világháborút követő időszak igen jelentős technikai vívmányai (1948 tranzistor, 1957 tirisztor) egészen új utakat nyitottak meg a járműfejlesztésben, elsősorban a villamos hajtású vontatójárművek vonatkozásában.

Az 1960-as évek közepére már gyakorlatilag minden tekintetben sorozatértétté váltak a különböző egyenirányítós vontatójárművek. Ezzel párhuzamosan már 1963.-tól alapos vizsgálatokat kezdtek a mannheimi BBC-nél a háromfázisú aszinkron motorok vasúti vontatásban történő alkalmazásának megvalósíthatóságáról, gazdaságossági sajátosságairól és piaci alkalmasságáról. Ehhez az alapot a tirisztorok megjelenése, továbbfejlesztése, a statikus áramirányító technológia jelentős továbbfejlődése, különös tekintettel az ún. kényszerkommutációs inverterekre, továbbá a megfelelő irányítási és

szabályozási rendszerek kialakítása és továbbfejlesztése szolgáltatta.

Ezen kutatások és fejlesztések eredményeit a német BBC mannheimi székhelyén -együttműködve a Rheinstahl-Henschellel, később Thyssen-Henschellel- a BBC Központi Fejlesztési Osztály laboratóriumában 1969. június 18-án bemutatták a Német Szövetségi Vasutak vezetésének fontos döntéshozói előtt. Egy évvel később 1970. június 30-án, a Henschel-BBC DE 2500-as járműve teljesítette a Német Szövetségi Vasutak vonalain az első hivatalos futását. Ezt követően a Német Szövetségi Vasutak mérnökeivel szoros együttműködésben alapos próbáknak vetették alá a járművet. A mozdonyt kiállították az 1971. évi hannoveri vásáron is. 1971. őszén a villamos vasutak nemzetközi konferencia résztvevőit Augsburg és München között egy bemutató menet keretében szintén ez a mozdony továbbította.

Az alapos és szerteágazó vizsgálatok egyértelműen az új hajtásrendszer előnyét mutatták az akkor Nyugat-Németországban gyakorlatilag egyeduralgó hidraulikus erőátvitellel szemben.

Ezekkel párhuzamosan megkezdődtek a villamos vontatójárművek fejlesztési munkái is. Ennek ismertetésére azonban itt most nem térhetünk ki.

1973.-ban az első DE 2500-ast két további jármű, egy Co'Co' és a Bo'Bo' tengelyelrendezésű változat követte. A jármű energiaátalakító rendszerrel kapcsolatban kezdettől fogva alapvető elvárás volt a mo-

duláris szerkezeti felépítés, mely az eltérő vontatási feladatú járművek azonos elemekből történő kialakítását tűzte ki célul.

Az új hajtásrendszer kifejlesztésekor alapvető célként fogalmazták meg, hogy az új hajtásrendszerű járművek, vagy szabatosabban az új energiaátalakító berendezésű járművek:

- univerzálisan felhasználhatóak legyenek (egységmozdony igénye), azaz nehéz tehervonati üzemben korlátozott legnagyobb sebességnél tartósan nagy vonóerők kifejtésére, nagysebességű személyszállító vonatok továbbítása



1. ábra: Az első bemutató 1969. június 18-án az új vontatójármű energiaátalakító rendszeréről a BBC Központi Fejlesztési Osztály laboratóriumában

esetében pedig mérsékelt vonóerő kifejtés mellett nagy sebességekkel történő vonattovábbításra legyenek alkalmasak;

- jó tapadáskihasználás, azaz adott tapadási tömeg mellett a lehető legnagyobb vonóerő tartós kifejtése, illetve kerékperdülés esetén a kifejthető vonóerő minimális csökkenése;
- nagy tartós vonóerő, melynek akár álló helyzetben vagy kis sebességű vontatásnál történő tartós kifejtése esetén sem okozhat az energiaátalakító rendszerben termikus problémákat;
- hatásos villamos fékezés megvalósítása, melynél az állandó értékű fékezőerőnek lehetőleg a jármű álló helyzetéig kifejthetőnek kell lenni;
- a járművek energiaátalakító berendezése energetikai jellemzőinek javítása, különösen részterhelésnél;
- a vasúti pálya kímélése és az utazási komfort fokozása céljából a tengelyhajtási rendszer és a vontatójármű futóműve rugózatlan tömegeinek lehető legkisebb értékben tartása;
- a vontatójármű villamos berendezése által kiváltott meddő és zavaráramokat és azok káros hatásait minimalizálni kell, illetve ezt villamos vontatójármű esetén a megfelelő hálózat oldali, bemeneti kapcsolással, áramköri topológiával kell biztosítani;
- a járművek fenntartási költségeinek csökkentése, amellyel a fenntartási ciklusrend szerinti tervszerű vagy tervezhető fenntartási eseményei közötti futásteljesítmény vagy más, az elvégzett vontatási feladatokat mérő, például a szállítási munkával arányos mennyiségeknek (pl. 100 etkm áruszállításnál) az egyes fenntartási eseményeket megszabó számértékei növelhetőek és ezzel a járművek produktivitása (a jármű hasznos, vontatással töltött idejének és a jármű teljes időalapjának hányadosa) számottevően növelhető legyen;

- mérsékelt fenntartási ráfordítás megvalósítása, ez mind személyi, mind anyagi (pénzügyi, tartalékkalkatrész stb.), mind a munkaóra tekintetében elvárásként;
- a járműveknek egyszerűen kiszolgálhatóaknak és egyszerűen üzembehelyezhetőeknek kell lenniük, még kevésbé képzett munkaerő esetén is.

A fentebb vázolt követelményeknek megfelelő energiaátalakító berendezés kifejlesztése végül is a következő szempontok alapján valósult meg:

- a háromfázisú aszinkronmotoros vontatójárművek széles üzemi tartományokban alkalmazhatóak, mert nem állnak fenn a kommutátoros vontatómotoroknál meglévő mechanikai és villamos terhelhetőségi határok (alapvetően a maximális kerületi sebesség, a kommutátor szeletfeszültség);
- a kommutátoros vontatómotoros járműveknél a bizonyos üzemállapotokban érvényre jutó természetes jelleggörbe a háromfázisú aszinkron vontatómotoros járműveknél nem lép fel, mert a mindenkor szükséges kifejtendő a vontatómotorra kapcsolt feszültség szabályozásával, az elérendő vontatómotor fordulatszámot, járműsebességet pedig a vontatómotorokra kapcsolt feszültség frekvenciájával szabályozzuk. Tehát a vontatómotor által kifejtett forgatónyomaték és fordulatszámának szabályozása szétválasztható;
- A tapadási erőkapcsolati tényező kihasználása a fentiek miatt kedvezőbb és az elérhető maximális érték környezetében tartható;
- A maximális vonóerők tartósan kifejthetők, szabatosan méretezett vontatógépeknél termikus problémák gyakorlatilag nem lépnek fel és a legnagyobb üzemi terhelésektől a vontatógép (ti. a háromfázisú aszinkronmotor) még meglévő terhelhetőségi határai távol tarthatók;

- Az energiaátalakító berendezés alapvető kialakításából kiindulva hatásos villamos fékberendezés kialakítása viszonylag egyszerűen megvalósítható;
- A háromfázisú aszinkron vontatómotor kisebb térfogatú és tömegű, mint a hasonló teljesítményű kommutátoros vontatómotorok (egyfázisú, soros kommutátoros vontatómotor, az egyenáramú soros vontatómotor, az egyenirányító(k) ról táplált hullámos áramú vagy feszültségű soros vontatómotor), ezért a rugózatlan tömegek a jármű tengelyhajtási rendszerében a lehető legkisebb értékre szoríthatók le. Továbbá mivel a háromfázisú aszinkron vontatómotorok átmérője és tömege is kisebb, mint a kommutátoros soros vontatómotorokéi, ezért a jármű forgó tömegei látszólagos tömegnövelő hatását kifejező forgó tömegtegyező is jelentősen kisebb, ami kis mértékű gyorsító vonóerő többletet is biztosít a jármű számára;
- A korábban említett meddő és zavaráramok hatásai elfogadható többletköltséggel a szükséges szintre csökkenthetőek;
- A kommutátor továbbá a különböző elektromechanikus kapcsolóeszközök elmaradása kedvező hatással vannak a jármű tengelyhajtási, illetve vezérlő- és szabályzó rendszere fenntartási és költségigényének csökkentésére. A korszerű energiaátalakító berendezésű és irányítástechnikai rendszerű járművek többletköltségeit gyakorlatilag már a kifejlesztést követő első évtizedben (1970.-1980. között) jelentősen sikerült csökkenteni, ezeket a tendenciákat az alábbi ábrákon lehet követni;
- A korszerű energiaátalakító rendszerű vontatójármű lehetővé teszi a jármű egyszerűbb kiszolgálását és fenntartását. Ezen kívül a jármű egyes berendezései védelmét ellátó rendszerelemek beintegrálhatóak a jármű irányítástechnikai rendszerébe célszerűen egy diag-

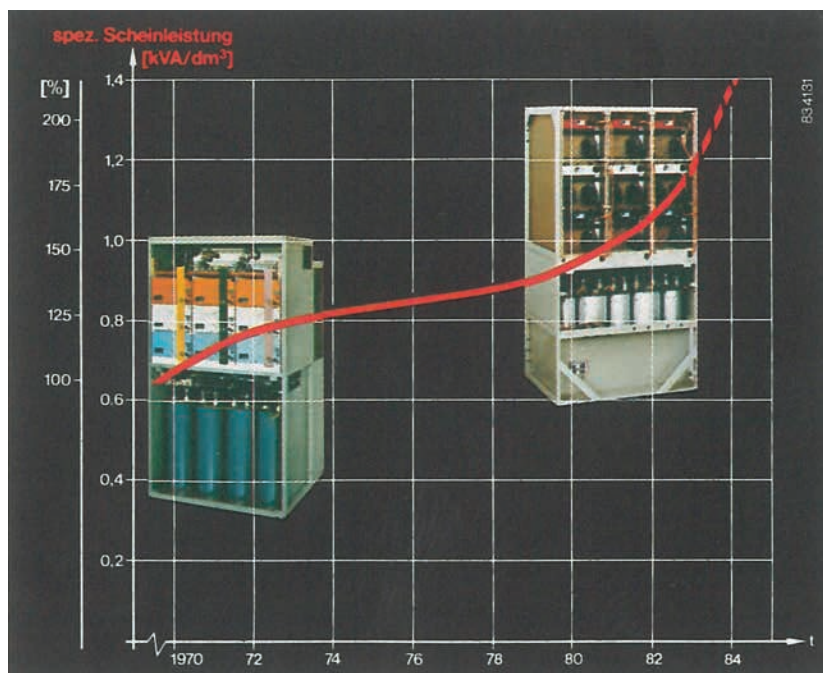
nosztikai modul formájában, mely alkalmassá tehető a jármű üzemgazdasági adatainak gyűjtésére, rögzítésére, valamint a jármű üzemével, fenntartásával kapcsolatos valós idejű és historikus adatok, információk gyűjtésére is;

- A jármű alapellenállása is csökken, mivel kevesebb és kisebb szerkezeti elemmel valósítható meg a jármű tengelyhajtási rendszere. A, főleg az egyfázisú, soros kommutátoros vontatómotorokra jellemző nyomaték lüktetések, főképp indításkor még ún. vaknyomaték is fellép gyakorlatilag megszűnnek, ezzel nagyobb erőkapcsolati tényező kifejtés valósítható meg.

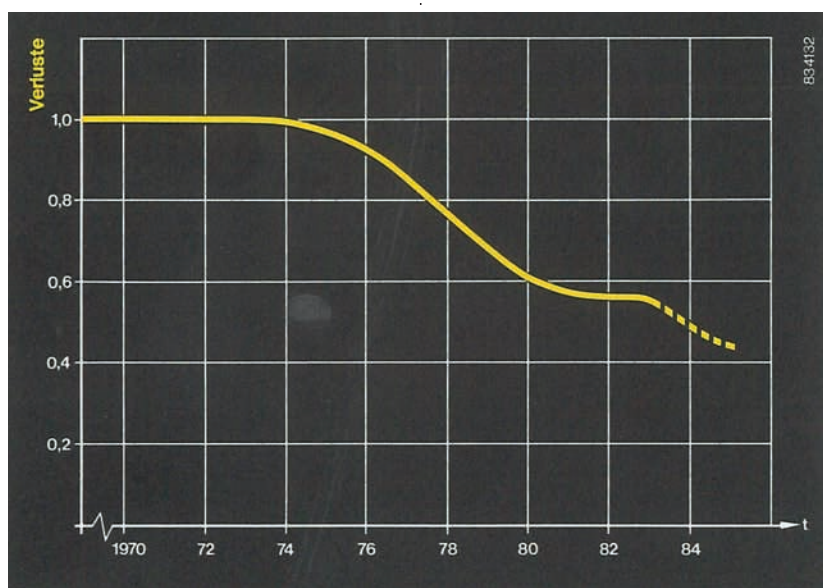
Ilyen előzmények után gyakorlatilag megszületett a ma ismert korszerű villamos hajtású vontatójármű, digitális alapú, algoritmusvezérelt, folyamatirányító rendszerekkel ellátott, meglehetősen összetett és bonyolult felépítésű, korszerű vontatójárműnek az elődje, mely technikai kiérlelttségét és fejlettségét tekintve 1. generációsnak tekinthető volt. Az új vontatójármű energiaátalakító berendezésű, villamos hajtású vontatójármű dízelmotoros változata az 1970-es évek végére már sorozatértéretté vált.

A Dán Államvasutak ME sorozatú dízelmozdonyai

A fenti előzmények után 1980.-ban egy beszerzési eljárás után a Dán Államvasutak (továbbiakban a DSB) 37 darab, háromfázisú, aszinkron vontatómotoros dízel-villamos mozdonyt rendelt meg a Henschel-BBC vállalatoktól. Az első 25 darab vontatójármű leszállítása 1983. májusáig, a további vontatójárművek leszállítása 1986. év végére fejeződött be. A megrendelő, DSB fontos követelménye volt, hogy a járműnek nagy indító vonóerőt kell kifejtenie és egyidejűleg nagy maximális sebességre kell alkalmasnak lennie (140, illetve 160 km/h).



2. ábra: Az inverter térfogati teljesítményének (a látszólagos teljesítmény a beépítési térfogat egységére vetítve, kVA/dm³ mértékegységben) növekedése a kezdeti értékhez viszonyítva



3. ábra: Az inverter veszteségeinek csökkenése a kezdeti értékhez viszonyítva

A járművek üzemeltetése döntően a nagy népsűrűségű, Sjælland szigeten történt Dániában, amelyen Koppenhága is elhelyezkedik. A járműveket regionális személyszállító, Inter-City és tehervonatok továbbítására is felhasználták. A járművek átlagos havi futásteljesítménye tartósan körülbelül 18 000 km volt. Figyelembe véve a kis távolságokat ez egészen kiváló eredmény volt, mely

a rendkívül hatékony járműgazdálkodásnak és a jármű kiváló megbízhatóságának, üzemképességének volt köszönhető.

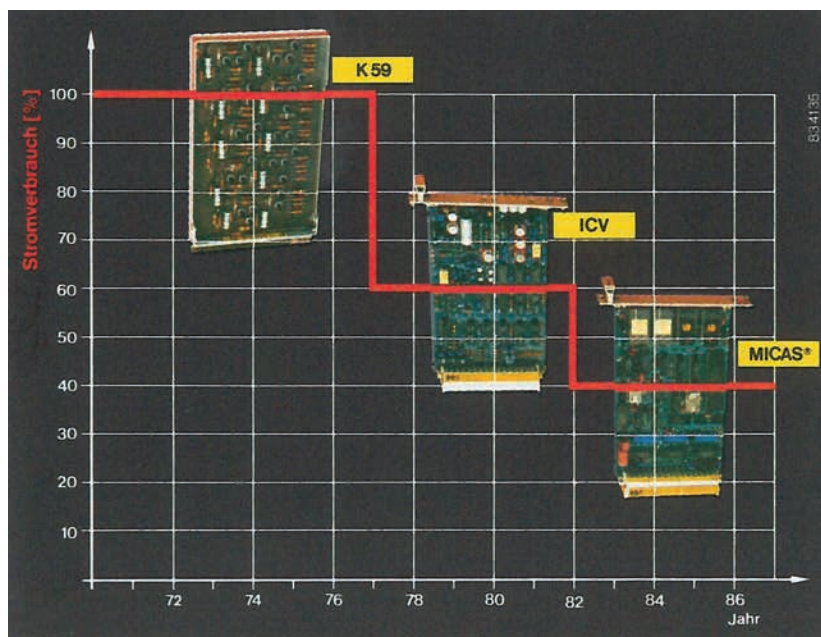
Fentebb említettük, hogy a jármű megépítésekor az energiaátalakító berendezés alapkonceptiója a gyártás időszakában a kor technikai lehetőségeit is figyelembe véve alapjaiban már kiforrottnak volt tekinthető.

A jármű gépezeti elrendezése és a főüzemi energiaátalakító berendezése

A korábbi gyártású DSB dízelmozdonyokkal való lehető egységesség észszerű mértékű megőrzése érdekében a jármű erőforrása a General Motors/EMD-gyártmányú, a jármű gyártásának időszakában rendkívül sikeres 16-645E3B típusú kétütemű, vegyes vezérlésű, egyenáramú öblítésű és turbófeltöltésű dízelmotor, továbbá az általa hajtott, szintén GM-EMD gyártmányú AR7 típusú, háromfázisú, váltakozóáramú szinkrongenerátor lett. A jármű főgenerátora egy csapágys kivitelű és a dízelmotor egy egytárcsás tengelykapcsolón keresztül hajtja. Máshogy fogalmazva a főgenerátor tömegének egyik felét a dízelmotor főgenerátor felőli utolsó főcsapágya támasztja alá.

A jármű főgenerátora két, sorba kapcsolt, háromfázisú, hídkapcsolású, vezérelt egyenirányítón keresztül táplálja a dízelmotor-főgenerátor gépcsoport üzemiállapottól függően, változó nagyságú egyenfeszültséggel a jármű főüzemi energiaátalakító berendezésének az egyenáramú közbenső körét. Az egyenáramú közbenső körhöz kapcsolódnak vontatómotoronként az impulzusszélesség modulált, tirisztoros kényszerkommutációs, kétfázisú szaggatókból felépített feszültséginverterek, melyek el látják a vontatómotorokat a jármű üzemiállapotának megfelelő feszültségű és frekvenciájú háromfázisú váltakozó feszültséggel vontatás üzemiállapotban, illetve villamos fékezés üzemiállapotban pedig háromfázisú impulzus egyenirányítóként működve az egyenáramú közbenső kört látják el a megfelelő nagyságú egyenfeszültséggel. A villamos fékezés során fejlesztett villamos energia egy része a jármű egyenáramú közbenső körén keresztül felhasználható a vontatójárműhöz kapcsolt személyszállító vontatójárművek fűtésére, ezzel egy bizonyos mértékű hasznofékezés is megvalósítható. A fűtésre fel nem használ(ha)t(ó) villamos energia a járműbe beépített fékellenálláson keresztül hővé alakítható, ezzel a vontatási mechanikai szempontokat is figyelembe véve, a maximálisan kifejezhető villamos fékezőerővel lehetséges a járművel továbbított vonat fékezése.

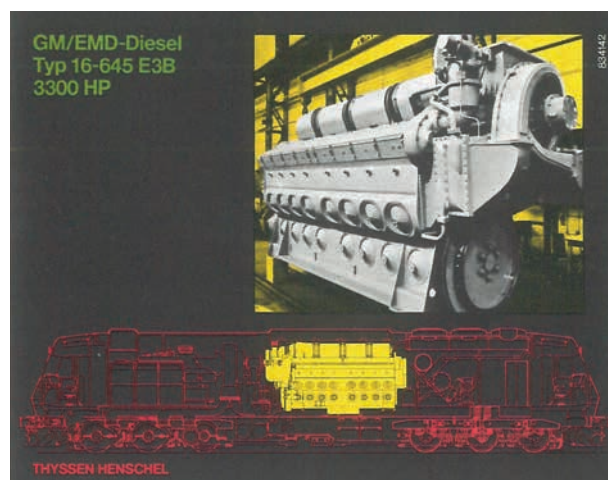
(folytatjuk)



4. ábra: A jármű irányítástechnikai rendszere villamos energiafogyasztásának csökkenése százalékos értékben a kezdeti értékhez viszonyítva



5. ábra: Dániától bérelt mozdony úton a MÁV felé



6. ábra: A jármű fő berendezéseinek elrendezése és erőforrása