



KISS CSABA

Okleveles gépészmérnök, okleveles mérnök tanár

MÁV Zrt PMKI GSZ fejlesztőmérnök

BME Vasúti Járművek és Járműrendszeranalízis Tanszék mestertanár

Szemelvények és mérföldkövek az ipari periódusú nagyvasúti villamos vontatás kifejlesztése történetéből II.

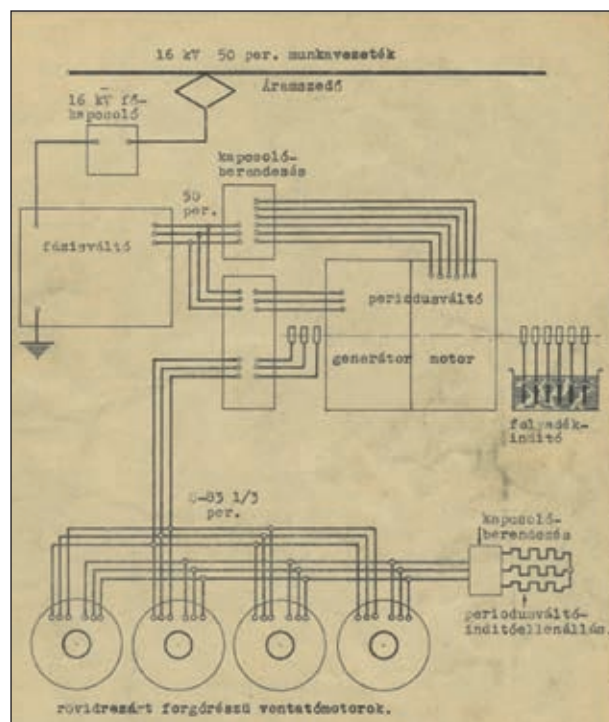
6. Magyarországi fejlesztések a II. világháború alatt és azt követően

A második világháború alatt és utána tovább folytatódta Magyarországon is a nagyvasúti villamos vontatással kapcsolatos fejlesztések. Ennek fő jellemzője az volt, hogy a rudazatos hajtással szerzett viszonylag kedvezőtlen tapasztalatok, valamint a teljesítmény növelés szükségessége miatt az egy főmotoros hajtásról át kellett térni a tengelyenkénti hajtásra. Ez önmagában is új fejezetet nyitott a hazai villamos vontatójármű építésben és fejlesztésben. Az egyedi hajtásra való áttérés viszont nem tette lehetővé a vontatómotoroknál a póluspárok átkapcsolását, ezért a Kandó-féle fázisváltós rendszert tovább kellett fejleszteni a Ganz- Kandó-Ratkovszky fázis- és periódusváltós rendszerré. Az első ilyen rendszerrel, a II. világháború alatt épített mozdony a V44-es volt, melynek főáramköri vázlatát mutatja a 18. ábra.

Az ábrából kitűnik, hogy a járművet rövidrezárt forgórészű vontatómotorokkal látták el, melyek folyamatosan változtatható frekvenciával történő ellátását az ábrán látható periódusváltó gépcsoport látta el. A jármű érdekessége volt, hogy ez volt az első egyedi tengelyhajtású, hazai fejlesztésű villamos mozdonyunk, továbbá a mozdony tengelyeit a vontatómotorok teljesen rugalmas, csőtengelyes tengelyhajtással hajtották. A mozdonyból 2 darabot terveztek, de csak egy készült el, amely viszont a II. világháború alatt gyakorlatilag annyira megsérült, hogy már nem lehetett, illetve nem volt értelme helyreállítani.

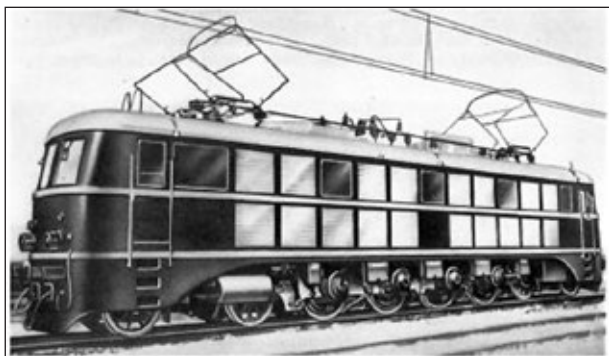
A II. világháború után újra felmerült a villamos vontatás folytatásának gondolata a MÁV-nál. A MÁV még 1945-ben adott megrendelést a hazai iparnak Ward-Leonard rendszerű villamos mozdonyok gyártására. Erre azonban akkor a magyar ipar a megfelelő vontatómotor hiányában nem vállalkozott, helyette ajánlatot adott fázis- és periódusváltós villamos mozdonyok szállítására. Így került sor a V55 sorozatú villamos mozdonyok leszállítására.

Ez a mozdony volt az első hazai fejlesztésű, forgóvázú villamos mozdonyunk. Mint a 20. ábrából látható a fázisváltó látta el a periódusváltó ún. pörgetőmotor feladatát, ezért a jármű vontatómotorjai csúszógyűrűs szerkezeti kialakításúak voltak. Fontos még megjegyezni, hogy a jármű járműszekrénye már önhordó szerkezeti kialakítású volt,

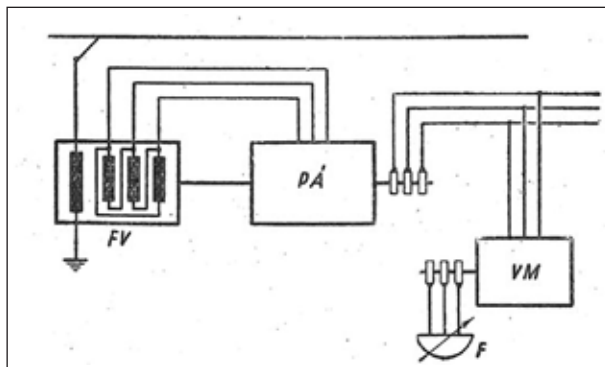


18. ábra: A V44 sorozatú villamos mozdony főáramköri vázlatja

amely azt jelentette, hogy a teljes járműszekrény részt vett a teherviselésben. Sajnálatos módon a V55 sorozatú mozdonyok szállítása elhúzódtott, a leszállított mozdonyokkal gyakori üzemkészségi és megbízhatósági problémák voltak, ezért a mozdonyosorozat sorozatgyártására nem került sor. A mozdonyból mindössze 12 darab készült. Ezzel bizonyos értelemben lezárult egy korszak a hazai villamos vontatójármű fejlesztésben és építésben, mert ezzel gyakorlatilag a forgó áramátalakítós mozdonyokban rejlő technikai és fejlesztési lehetőségek kimerültek. Más szavakkal a forgó áramátalakítós vontatójármű elérkezett műszaki lehetőségeinek a határához. A fentiek miatt a MÁV arra kényszerült, hogy átmeneti megoldásként Ward-Leonard rendszerű mozdonyokat szerezzen be, annak érdekében, hogy amíg a villamos mozdony kérdés megnyugtatóan rendeződik, addig átmeneti megoldásként álljon rendelkezésre megfelelő villamos vonóerő és a villamosítás tovább folytatható legyen. Ilyen előzmények után került sor a V41 majd a V42



19. ábra: A V44 sorozatú fázis- és periódusváltós villamos mozdony



20. ábra: A V55 sorozatú villamos mozdony főáramkörének elvi kapcsolási vázlatja

sorozatú villamos mozdonyok beszerzésére, melyek szolgálatukat először a Budapest-Hatvan vonalon kezdték meg.

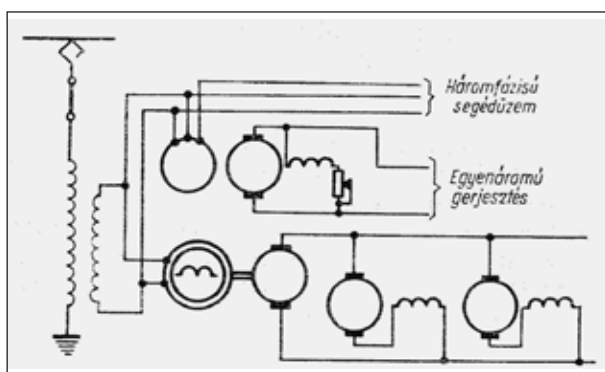
A 21. ábra szemlélteti a Ward-Leonard rendszerű villamos mozdony fő- és segédüzemi berendezéseinek elvi kapcsolási vázlatát. A V41 és a V42 sorozatú mozdonyok között a legnagyobb különbség abban áll, hogy a V41 sorozatú mozdonynál a szinkronmotor 2, míg a V42 sorozatú mozdonynál egy egyenáramú főgenerátort hajt.

A 21. ábra alapvetően a V42 sorozatú mozdony erősáramú berendezéseinek kapcsolását szemlélteti, ugyanakkor jól látható a segédüzemi rendszerben az Arno-motor alkalmazása a háromfázisú segédüzemi gépek villamos energiával történő ellátására.

A már gyártásakor is átmeneti megoldásnak tekintett V41 és V42 sorozatú mozdonyok megépítésével hazánkban ténylegesen is véget ért a nagyvasúti villamos vontatás ún. „villamos forgógépes” időszaka.

Ezen a ponton az eddigiek összegzéséként indokoltnak látjuk a Kandó Kálmán által elgondolt és megvalósított villamos vontatási rendszerrel szemben támasztott követelmények, elvárások és tulajdonságok összefoglalását, melyek

- nagy felsővezeték feszültség: a lehető legnagyobb felsővezeték feszültség mellett, adott vontatójármű teljesítményt figyelembe véve a legkisebb keresztmetszetű felsővezeték adódik (a lehető legkönnyebb felsővezeték, anyagtakarékosság)
- ipari frekvenciájú táplálás: ezzel a lehető legegyszerűbb villamos alállomások építhetők ki, továbbá az előző pontot is figyelembe véve a villamosítás, mint beruházás költsége a lehető legkisebb értéken tartható, azaz a többi villamos vontatási rendszerrel összevetve ennél a rendszernél adódik a legkisebb forgalom sűrűségénél a villamos vontatás gazdaságossági megtérülési határa,
- kedvező energiaátalakítási hatásfok: a lehető legszélesebb vonóerő- és járműsebesség tartományban az elérhető legnagyobb hatásfokú energiaátalakítás megvalósítása,
- kedvező tápláló hálózat és vontatójármű együttműködés: a lehető legkedvezőbb meddőteljesítmény viszonyok mind vontatás, mind visszatápláló fékezés üzemi állapotban,

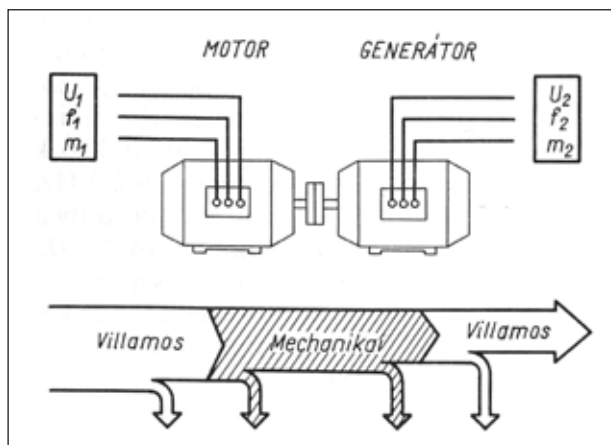


21. ábra: A Ward-Leonard rendszerű villamos vontatójármű erősáramú berendezéseinek elvi kapcsolási vázlatja

- kétirányú energiaáramlás: a vontatás üzemi állapot mellett a visszatápláló fékezés üzemi állapot megvalósítása, mely szintén alapvető üzemi állapot és a jármű továbbá a járművel továbbított vonat elsődleges fékberendezése, ha alkalmazását vontatási- mechanikai szempontok nem korlátozzák,
- aszinkron vontatómotor: a lehető legegyszerűbb szerkezetű, kommutátor nélküli villamos forgógép alkalmazása vontatómotorként,
- építőszekrény elv alapján történő járműépítés: valamennyi különböző feladatra épített vagy építendő vontatójármű minimális számú különböző szerkezeti elemről, alrendszerből történő megépítése.

7. megszületik az egyenirányítós mozdony

A villamos vontatójárművek szerkezeti felépítése tekintetében az ún. forgógépes villamos energiaátalakító berendezésű járműveknél az alapvető problémát az elektromechanikai átalakítási elvből kifolyólag az okozta, hogy az ilyen jármű energiaátalakítási hatásfoka kedvezőtlen volt és részterhelésnél meglehetősen gyorsan romlott, továbbá az energiaátalakító gépek többnyire nagy karbantartás igényűek, illetve nagyon rossz teljesítménytömegűek voltak. Ez az ilyen rendszereknek emiatt inherens (benn



22. ábra: A forgó áramátalakító berendezés energia diagramja

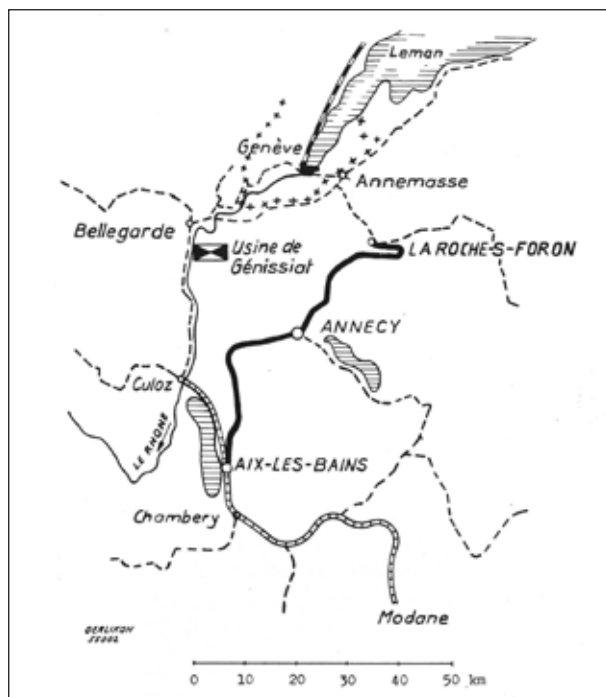
rejlt) tulajdonsága volt. Ezért a villamos vontatójármű fejlesztésben egy nagyon fontos felismerés volt, hogy a járműben történő energiaátalakítás vonatkozásában új működési elveket kellett keresni, amelyek nem tartalmaz(hat)nak mozgó szerkezeti elemeket.

A II. világháború során a harci cselekmények miatt az európai kontinensen szinte a teljes villamos vontatási infrastruktúra megsemmisült. Ennek következtében lényegében újra kellett kezdeni a vasútvillamosítást, de akkor már célszerűen a nagyvasúti villamos vontatással az addig megszerzett tapasztalatok és eredmények tükrében.

A II. világháborút követő években Franciaországban a szénhiány miatt az SNCF elhatározta a vasútvillamosítás jelentős mértékű kiterjesztését. Akkoriban az SNCF gőzmozdonyai fogyasztották el Franciaország összes szénfogyasztásának mintegy 20%-át. Az egyenáramú nagyvasúti villamos vontatás addigi tapasztalatai alapján a széntüzelésű hőerőművekben előállított villamos energiával táplált villamos vontatás összességében véve jelentős szénmegtakarítást eredményezett a kifejtett vonóerőmunkára számított jobb eredő energiaátalakítási hatásfok miatt. Az elvégzett számítások azt mutatták, hogy 0,4 kg gyengébb minőségű szén hőerőműben történő elégetésével eredőben ugyanannyi vonóerő munka fejthető ki, mint a gőzmozdony tüzszekrényében 1 kg jó minőségű szén elégetése során. Más szóval nem azonos szénminőség esetén is a villamos vontatás eredő energiahatékonysága 2,5-szerese volt a gőzüzemének.

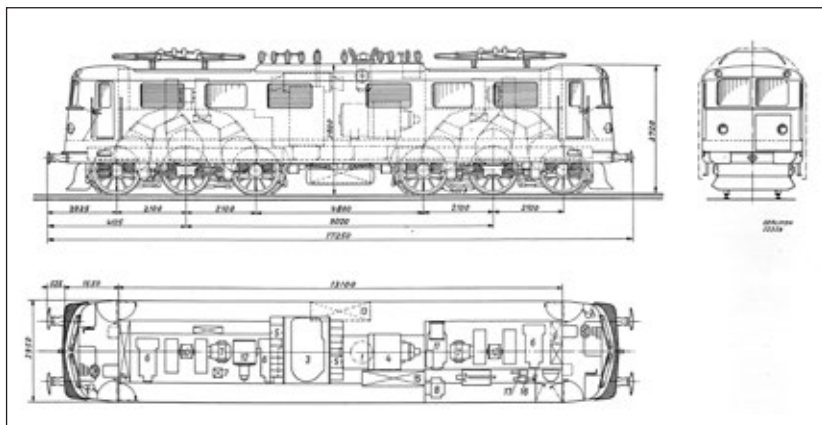
Itt jegyezzük meg, hogy a vasútvillamosítás mellett szólt az is, hogy Franciaország bővelkedett a vízi energiában, amely viszonylag olcsó villamos energia előállítását tett lehetővé.

A villamos vontatás folytatása ugyanakkor igen jelentős infrastruktúra költségekkel is járt. A vontatójárművek ára kevésbé függött a villamos vontatási rendszertől, ha figyelembe vesszük, hogy egy azonos teljesítményű villamos mozdony közelítőleg kétszer akkora árú volt, mint egy gőzmozdony, de közelítőleg 3 hasonló vontatási feladatot gőzmozdonyt tudott helyettesíteni.



23. ábra: Az SNCF Aix-les-Bains-Anancy-La Roche-sur-Foron egyfázisú, ipari periódusú rendszerrel villamosított vasútvonal elhelyezkedése – Aix-les-Bains állomáson a vasútvonal csatlakozott az 1500 V egyenfeszültséggel villamosított Mont-Cenis vasútvonal Culoz-Modane szakaszához vastag, folytonos vonal: SNCF egyfázisú 20 kV, 50 Hz rendszerrel villamosított vasútvonal szaggatott, vastag vonal: SNCF 1,5 kV egyenfeszültségű rendszerrel villamosított vasútvonal szaggatott, vékony vonal: gőzüzemű vasútvonal vastag, szaggatott vonal: SBB, egyfázisú 15 kV, 16 2/3 Hz rendszerrel villamosított vasútvonal, Genève-től É-ÉK-i irányú vasútvonal. A felsővezeték feszültség névleges értéke 20 kV volt, amelyet 16 és 23 kV között lehetett változtatni.

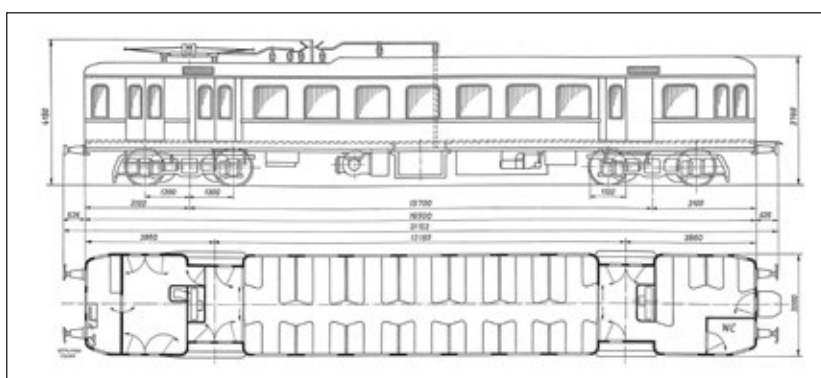
A villamos vontatás helyhez kötött berendezései költségei a vontatási rendszertől függően jelentős különbségeket mutattak és ezek a költségek a tapasztalatok szerint inkább a villamosított vonalhosszal voltak arányosak és jóval kevésbé a forgalomsűrűséggel. Az SNCF addig (a II. világháború végéig) rendelkezésre álló villamosított vonalhálózatát 1500 V egyenfeszültséggel villamosították. 1920 óta a Paris-Bordeaux-Irun, Paris-Toulouse-Narbonne vonalakat, időközben a Pireneusoktól északra futó Paris-Le Mans vonalakat villamosították. Ezt követően az Alpokban a Culoz-Modane vasútvonalat is villamosították. A II. világháború végéig a Paris-Lyon vonalat is beleértve az SNCF hálózatán 4036 km hosszban villamosítottak 1500 V egyenfeszültséggel, ez a hálózat mintegy 10%-át tette ki. Ezek a vonalakon igen jelentős forgalom zajlott. Az egyenáramú villamos vontatás helyhez kötött berendezéseit igen jelentős költségek jellemezték, beleértve a vezetékeket, átalakítókat és egyenirányító állomásokat, melyek viszonylag közel voltak egymáshoz, nagy áramerősségeket vezettek és emiatt nagy rézkeresztmetszetet igényeltek, továbbá erős tartószerkezeteket, oszlopokat és alapozásokat tettek szükségessé.



24. ábra: Az SNCF részére gyártott Oerlikon villamos mozdony szerkezeti felépítése
 1: Egyfázisú főkapcsoló; 6: Irányváltó kapcsoló; 9: Segédüzemi kontaktorok; 14: Relé- és biztosíték tábla; 2: Egyenáramú főkapcsoló; 7: Gerjesztő transzformátor, fék fojtótekeres, induktív sönt a visszatápláló fékezéshez; 10: Ventilátor csoportok a vontatómotorokhoz és transzformátor olajhűtőhöz; 15: Vontatómotorok ohmos segédpólus söntjei; 3: Fokozatkapcsoló transzformátor; 8: Átkapcsoló az egyfázisú és egyenáramú üzemre; 11: Motor-kompresszor csoport 16 Fűtési kontaktor; 4: Átalakító gépcsoport az egyenáramú kiegészítő üzemhez; 12: Arno-átalakító 17 Kontaktor a fő átalakító gépcsoporthoz; 5: Fokozatkapcsoló kontaktor.

Az SNCF ezért költség hatékonyabb villamos vontatási rendszer megvalósítását tűzte ki célul, mely különösen a jelentősen kisebb anyagigény révén a kisebb forgalom sűrűségű vonalak villamosítását is lehetővé, gazdaságossá tette. Először a 3000 V egyenfeszültségű, illetve a 15 kV, 16 2/3 Hz egyfázisú váltakozó feszültségű villamos vontatási rendszer, mely akkor már Franciaországon kívül meglehetősen elterjedt volt, vizsgálatára került sor. Az SNCF arra a következtetésre jutott, hogy a 3000 V egyenfeszültségű villamos vontatási rendszer még mindig nagy áramvezető keresztmetszeteket és drágább vontatójármű berendezéseket jelent és nem mutatható ki jelentős megtakarítás az 1500 V egyenfeszültségű rendszerhez viszonyítva. Az egyfázisú 15 kV, 16 2/3 Hz frekvenciájú villamos vontatási rendszer viszont a kiépítendő saját energiaellátó- és elosztó rendszer -figyelembe véve a már kiépített országos villamos hálózatot, továbbá a régióként viszonylag kis sűrűségű vasúthálózatot- nem bizonyult kellően gazdaságosnak.

Végül az egyfázisú, 20...25 kV névleges felsővezeték feszültségű, 50 Hz frekvenciájú villamos vontatási rendszert vizsgálták meg. Ez a rendszer lehetővé tette az országos hálózatból a közvetlen táplálást és a viszonylag nagy felsővezetékfeszültség alkalmazását. A magyarországi és a németországi villamosítási tapasztalatok ismertek voltak, de az SNCF által elgondolt követelményeit ezek nem tudták maradéktalanul kielégíteni.



25. ábra: Az SNCF számára elővárosi üzemre ajánlott 1560 LE teljesítményű motorkocsi

ni. Az elővárosi közlekedéssel kapcsolatban felmerülő motorkocsi villamos berendezésével kapcsolatosan a probléma pedig még mindig megoldatlan volt.

Az SNCF akkori vezérigazgatójának, Louis Armand mérnöknek a szinte történelmi érdeme az a határozott döntés, hogy minden eszközzel meg kell vizsgálni az 50 Hz frekvenciájú, egyfázisú villamos vontatási rendszer megvalósíthatóságát és a megfelelő műszaki megoldás kialakítását.

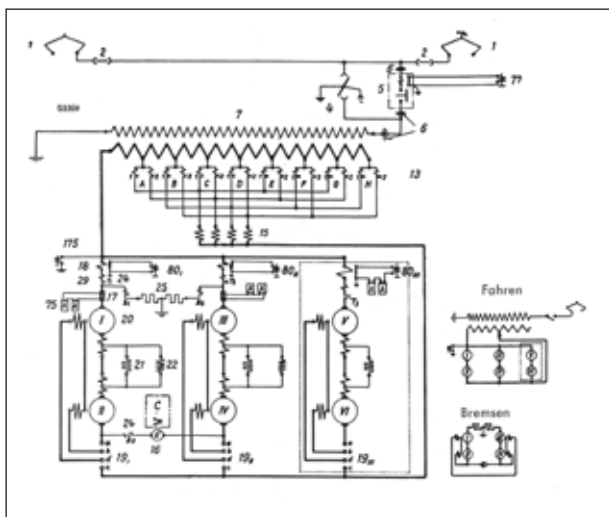
Ennek első lépéseként az SNCF még 1945-ben megrendelést adott az MFO (Maschinenfabrik Oerlikon, Svájc) vállalatnak egy az egyfázisú, ipari periódusú villamos vontatási rendszerről táplált vontatójármű kifejlesztésére. Az Oerlikon vállalat a több, mint 40 éves egyfázisú soros kommutátoros vontatómotorok építésében szerzett tapasztalataira támaszkodva 1948-ban egy Co'Co' tengelyrendezésű 4300 LE teljesítményű

prototípus mozdonyra továbbá 1949-ben az SNCF megrendelésére egy 1560 LE teljesítményű villamos motorkocsira adott ajánlatot. A villamos mozdonytal szemben támasztott fontos követelmény volt, hogy a tengelyterhelése nem haladhatta meg a 18 t-t és legfeljebb 25 % emelkedőjű vonalszakaszon legfeljebb 600 t tömegű személyvonatokat és legfeljebb 1350 t tömegű tehervonatokat kellett továbbítani. Ezzel párhuzamosan beható tanulmányok és vizsgálatok alapján 1947. őszén az SNCF azt a végleges javaslatot terjesztette elő, hogy a villamos üzemnek a villamos vontatási rendszerrel szemben megfogalmazott követelményeket jól ki kell elégíteni és az egyenáramú vontatási rendszer helyhezkött berendezései költségeihez viszonyítva mintegy 50%-os költség megtakarítást kell eredményeznie. Az SNCF döntést hozott arról is, hogy az Aix-les-Bains- Annecy-La Roche-sur-Foron (Savoyen) vonalon kell az egyfázisú, ipari frekvenciájú

villamos vontatási rendszer próbaüzemét megvalósítani. Ez a bejelentés azért is volt nagy jelentőségű, mert számos kortárs szakértő a nagyvasútra az ipari frekvenciájú villamos vontatási rendszert egész egyszerűen alkalmatlannak tekintette.

A fenti mozdonnyal kapcsolatban még fontos követelmény volt, hogy a vasúttársaság 1,5 kV egyenfeszültséggel villamosított pályaudvarain is csökkentett teljesítménnyel tudjon közlekedni. Ez volt lényegében, még ha korlátozott mértékben is, az első több áramnemű villamos mozdony. A visszatápláló villamos fékezés tekintetében az volt az elvárás, hogy a mozdonyak a saját tömegén túl körülbelül 120 t vontatott tömeg 25 %-os lejtőn 30 és 70 km/h közötti sebességtartó fékezéshez szükséges villamos fékezőerőt kellett kifejteni. A 26. ábra mutatja a fenti villamos mozdony főáramköri kapcsolási vázlatát. A jármű főáramkörre gyakorlatilag hasonló a csökkentett frekvenciájú táplálásra épített járművekével. Az erősáramú készülékeket kellett a nagyobb névleges felsővezeték feszültségre, illetve az eltérő tápláló frekvenciának megfelelően méretezni.

A vontatómotorok feszültség szabályozását ennél a mozdonynál a főtranszformátor kisméretű oldalán elektropneumatikus kontaktorokkal valósították meg a 27. b) ábrán látható módon a fokozatok közötti átkapcsoló fojtó tekercsek közbeiktatásával. Mivel a vontatómotorok összárma kétszerese a csökkentett frekvenciájú hasonló teljesítményű vontatómotoroknak, két vontatómotort állandóan sorba kellett kapcsolni. A nagyobb frekvenciájú táplálás miatt az indukció következtében megnövekedett veszteségek kiala-



26. ábra: A Co-Co tengelyrendezésű villamos mozdony főáramköri kapcsolási vázlat

- 1: Áramszedő; 2: Áramszedő szakaszoló; 4: Földelő kapcsoló;
 5: Főmegszakító; 6: Tető átvezetések; 7: Fokozatkapcsoló transzformátor; 13: Fokozatkapcsoló kontaktor; 15: 4 ág átkapcsoló fojtótekercse; 16: Az ellenállásfék gerjesztőgépe; 17: Vontatómotor ampermérő sönt; 18: Vontatómotor áramváltó; 19: Irányváltó kapcsoló; 20: Vontatómotorok; 21: Ohmos segédpólus sönt; 22: Induktív segédpólus sönt; 24: Fékkontaktor; 25: Fékellenállás; 29: Selejtező kontaktor; 75: Vontatómotor ampermérő; 77: Primer áram relé; 80: Vontatómotor túláram relé; 175: Földzárlat relé

kulását el kellett kerülni illetőleg mérsékelni kellett. Figyelembe kellett venni továbbá, hogy a vontatómotor ohmos segédpólus söntjében fellépő veszteségek megközelítőleg 3-szor akkora, mint a hasonló teljesítményű, csökkentett frekvenciájú vontatómotor esetében. Ugyanakkor a nagyobb frekvenciájú vontatómotor tömegnövekedése és a transzformátor tömegcsökkenése jó közelítéssel kiegyenlítették egymást.

A vontatójármű vonóerő görbéje leginkább egy gyengén telített egyfázisú soros kommutátoros mozdonyéhoz hasonlított, így a szükséges vonóerő szabályozás kevesebb fokozattal volt megvalósítható, mint egy csökkentett frekvenciájú, hasonló teljesítményű mozdony esetén, anélkül, hogy a fokozatok közötti vonóerő ugrás megnőtt volna. Nagyobb sebességen ugyanakkor megnőtt a kerékperdülés veszélye, amit egy külön perdülésvédelmi berendezéssel sikerült a tervezőknek jelentősen csökkenteni.

A vontatómotorok villamos féküzemét ellenállásfék esetén viszonylag egyszerűen a csökkentett frekvenciájú vontatómotoros járművéhez hasonlóan lehetett megvalósítani. A visszatápláló villamos fékezés megvalósítási lehetőségeit mutatja a 28. ábra. Itt a vontatómotorok szabályozható váltakozó feszültségű gerjesztését kellett megoldani kielégítő teljesítménytényező biztosítása mellett.

A jármű segédüzemi berendezésének elvi kapcsolási vázlatát mutatja a 29. ábra. A jármű segédüzemének kialakításakor kitűnt, hogy az egyfázisú, ipari periódusú villamos vontatási rendszer számos előnyt kínál a többi vontatási rendszerű járműhöz viszonyítva. Az 1500 és 3000 V egyenfeszültségű rendszer esetén viszonylag nehéz, drága és érzékeny egyenáramú motorokat kellett alkalmazni. Az egyfázisú, csökkentett periódusú villamos vontatás esetén 220 vagy 110 V egyfázisú tápláló feszültséget választottak. Mégis az esetek jelentős részében az 1000 l/min szinkron fordulatszámú, kétpólusú, egyfázisú aszinkron motor kis fordulatszámúnak bizonyult, emiatt segédüzemben is az egyenáramú motoroknál robusztusabb egyfázisú soros, kommutátoros motorokat kellett alkalmazni. Egyfázisú, ipari periódusú villamos vontatás esetén az 1500 vagy 3000 l/min szinkronfordulatszám választásával a segédüzemek hajtására kedvező fordulatszámok adódtak. Itt jegyezzük meg, hogy a kisebb teljesítményű segédüzemi gépek hajtására a kondenzátoros segédüzemi, egyfázisú aszinkronmotor a későbbiek során kedvező választásnak bizonyult. A szóban forgó járműn a nagyobb teljesítményű segédüzemi gépek energiaellátására az egyfázis-háromfázis ún. Arno-átalakítót (ld. még a V41 és V42 sorozat) alkalmazták, mely egy egyszerű, háromfázisú aszinkronmotorokkal hajtott segédüzemi rendszer kialakítását tette lehetővé.

A 25. ábrán mutatott motorkocsi üzemére végül is a rendelkezésünkre álló információk alapján nem került sor.

Itt jegyezzük meg, hogy a fejlesztés és a fejlődés olyan gyors volt, hogy az egyfázisú, ipari periódusú nagyvasúti villamos vontatási rendszer kifejlesztése kapcsán két nemzetközi konferenciát is tartottak Franciaországban – az első

1951-ben Annecy-ben, a másodikat 1955-ben Lille-ben – , melyben döntően az SNCF képviselői számoltak be az elért eredményekről. Ennek kapcsán érdemes itt megemlíteni, hogy az SNCF és a Japán Vasutak (JNR) között ebben az időszakban rendkívül intenzív tapasztalatcsere zajlott és később a Japán Vasutak illetékes képviselői többször is hangsúlyozták, hogy a franciaországi tapasztalatok alapvetően járultak hozzá a világ első, 1964-ben Japánban megnyitott nagysebességű vasútvonalának és járműveinek kifejlesztéséhez.

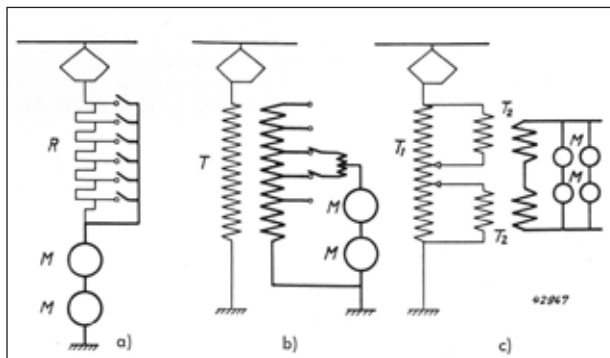
8. Az első, a vasútüzemben, villamos vontatójárműveken alkalmazott egyenirányítók

Az egyfázisú, ipari periódusú villamos vontatási rendszer kifejlesztését és elterjedését a korabeli nemzetközi, döntően Nyugat-európai kortárs szakirodalom alapján három szakaszra szokták bontani úgy, mint

- az első szakasz, megközelítőleg 1950.-ig. Erre az időszakra az jellemző, hogy az egyfázisú, ipari periódusú villamos vontatási rendszer Európa több pontján elszigetelten fejlődött. Ezt az időszakot az jellemzi, hogy e villamos vontatási rendszer alkalmazását jelentős részben az országos villamos energiarendszerhez történő lehető legegyszerűbb csatlakoztatás és a vasútvonalak villamosításának megterülésével járó, elérhető legkedvezőbb feltételek elérése volt a cél. Itt megjegyezzük, hogy összességében tekintve Kandó Kálmán és munkatársai munkássága a teljes rendszer lehetőségeihez mérten optimális megvalósítását tűzték ki célul (ld. a fentebb részletezett 7 összefoglaló pontot). A fentebb röviden ismertetett Oerlikon által gyártott villamos mozdony is még ehhez a szakaszhoz sorolható a 21. ábrán látható térképen szereplő vasútvonallal.
- a második szakaszt már a II. világháború után villamosított, nagy forgalmú Nyugat- Európa erősen iparosodott részén végrehajtott villamosítás jelzi. Ez az Észak-francia Valenciennes-Thionville észak-déli fekvésű vonalszakasz villamosítása egyfázisú, ipari periódusú villamos vontatási rendszerrel, mely Franciaország legerősebben iparosodott vidékén Lotharingia vas- és acélgyártó területén és az Atlanti-Óceán kikötői között valósult meg. Meg kell jegyezni, hogy az SNCF részéről rendkívüli bátorság volt, hogy egy még gyermekcipőben járó villamos vontatási rendszerrel villamosítottak egy nagyon-nagy forgalomsűrűségű vonalat. Ezt tovább fokozta az a tény, hogy a négy megrendelt, különböző típusú mozdonyból lényegében csak egy volt olyan, amit az üzemben kellően kipróbáltak, mégpedig a közvetlen táplálású egyfázisú, soros kommutátoros vontatómotoros mozdony.

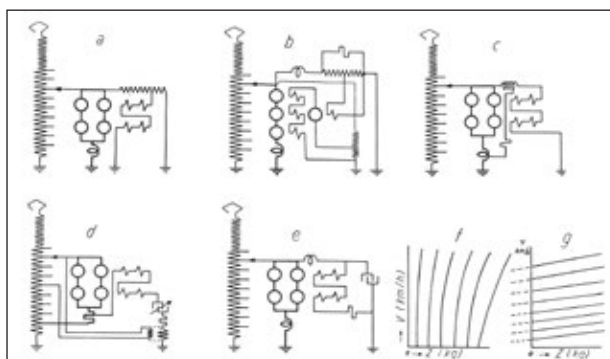
Az előző bekezdésben említett Valenciennes-Thionville vasútvonalra a következő 4 vontatójármű típust rendelték meg:

- 15 Bo'Bo' tengelyelrendezésű, egyfázisú soros kommutátoros vontatómotoros mozdony,



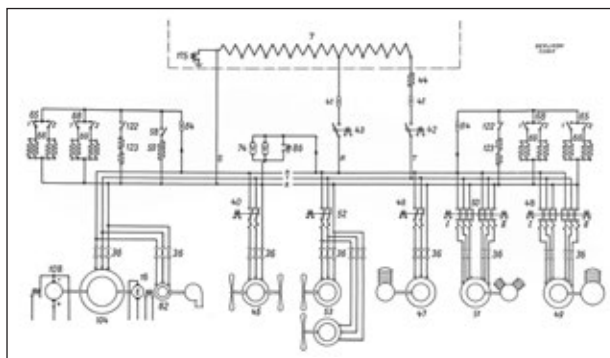
27. ábra: A főáramkör különböző kapcsolásai a járműsebesség szabályozásához

- a) Egyenáramú vontatás előtétellenállásokkal; b) Egyfázisú üzem, kisfeszültségű oldali szabályozás fokozatkapcsolós transzformátorral;
- c) Egyfázisú üzem, nagy feszültségű oldali szabályozás transzformátorral; M vontatómotorok; R ellenállások; T transzformátor



28. ábra: Egyfázisú visszatápláló fékkapcsolások

- a) Oerlikon/Behn-Eschenburg (kb. 1918); b) Oerlikon kapcsolása gerjesztőmotorral (1938); c) Oerlikon-Kompound-kapcsolás (1940);
- d) A gerjesztő tekercsekkel sorbakapcsolt BBC-kondenzátor; e) A gerjesztő tekercsekkel párhuzamosan kapcsolt Oerlikon-kondenzátor (1937); f) Féküzemi jelleggörbék az a), b), c), e) Oerlikon-kapcsolásokra; g) Féküzemi jelleggörbe a d) BBC-kapcsoláshoz



29. ábra: Az SNCF részére gyártott villamos mozdony segédüzemi berendezése

- 7: Fokozatkapcsolós transzformátor; 47: Motor-kompresszor csoport
- 16: Gerjesztő az ellenállásfékezéshez; 49: Vákuumszivattyú csoport
- 36: Olvadóbiztosítók; 51: Kombinált kompresszor-vákuumszivattyú gépcsoport; 40, 46, 48, 50, 52: Segédüzemi gépek kontaktorai
- 53: Vontatómotor szellőztető ventilátorok; 41: Segédüzemi főbiztosíték
- 62: Transzformátor olajkeringető szivattyú; 42, 43: Arno-átalakító kontaktor
- 108 Párhuzamos gerjesztésű generátor az akkumulátor töltéshez; 44: Indító ellenállás az Arno-átalakítóhoz. További tételek: ablak- és vezetőfülke fűtés; 45: Fékellenállás szellőztető ventilátor

- 5 Bo'Bo' tengelyrendezésű, ignitronos főüzemi egyenirányítóval felszerelt, hullámosáramú vontatómotoros villamos mozdony,
- 20 Co'Co' tengelyrendezésű, egyfázis-háromfázisú forgó átalakítóról táplált folyamatosan változtatható frekvenciájú, rövidrezárt forgórészű aszinkron vontatómotoros villamos mozdony,
- 60 Co'Co' tengelyrendezésű, egyfázisú-egyenáramú forgó átalakítós táplálású, egyenáramú vontatómotoros villamos mozdony (lényegében Ward-Leonard rendszerű villamos mozdony).

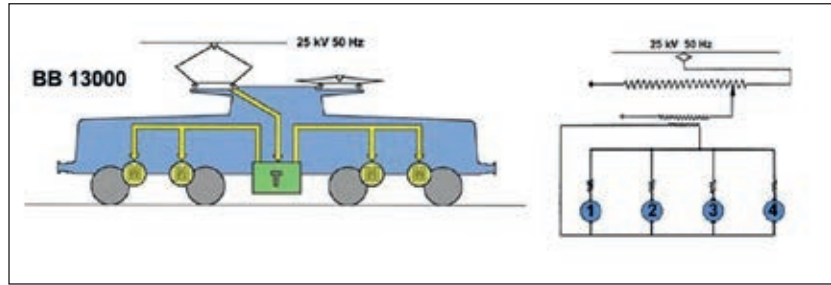
Már az eddigiekből is kitűnik a forgó áramátalakítós mozdonyok kedvezőten fajlagos tömege, hiszen noha valamennyi mozdony közel azonos névleges teljesítményű volt, az előbbi 2 típusnál hattengelyes mozdony alkalmazására volt szükség a tengelyterhelés korlátok betartása érdekében.

A 30. ábrán látható mozdony alapvető felépítésében a korábban fentebb már ismertetett Oerlikon által ajánlott villamos mozdony felépítésével egyezett meg. Az egyfázisú soros kommutátoros vontatómotort természetesen ennél a mozdohnál is 50 Hz-es táplálásúra kellett megtervezni és megszerkeszteni.

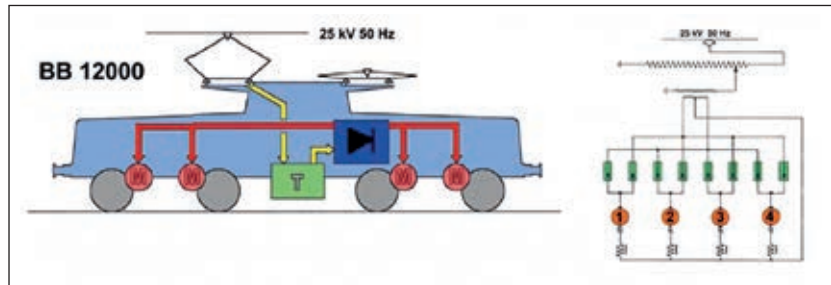
A 31. ábrán látható mozdony Európában az első, főüzemi egyenirányítós villamos mozdony volt (az első ignitronos főüzemi egyenirányítós mozdonyt a világon 1949-ben az Egyesült Államokban, Pennsylvania államban helyezték üzembe). A jármű vontatómotorjai ún. hullámosáramú soros kommutátoros motorok voltak, melyek új vontatógépként lényegében ekkor jelentek meg a vasútüzemben.

A 32. ábrán látható villamos mozdony egy folyamatos frekvenciaszabályozású, háromfázisú, rövidrezárt forgórészű aszinkron vontatómotoros mozdony volt. Az ábra középső részén látható a két, kisebb téglalappal ábrázolt egyenáramú gép (bal oldali az egyenáramú generátor, jobb oldali az egyenáramú motor), melyek a vontatómotorok folyamatosan változó feszültségű és frekvenciájú táplálását lehetővé tették. A hazai gyakorlatban, a végül sorozatgyártásra nem került Cavill villamos motorkocsi villamos berendezése egyezett meg a 32. ábrán látható főáramköri sémával.

A 33. ábrán látható jármű lényegében egy klasszikusnak tekinthető Ward-Leonard rendszerű villamos mozdony volt. Az ábrán látható, hogy a főtranszformátorról táplált egyfázisú szinkronmotor kettő egyenáramú főgenerátort hajt (ld. V41 sorozat) és fogaskerékátvitellel kapják az ábra bal alsó



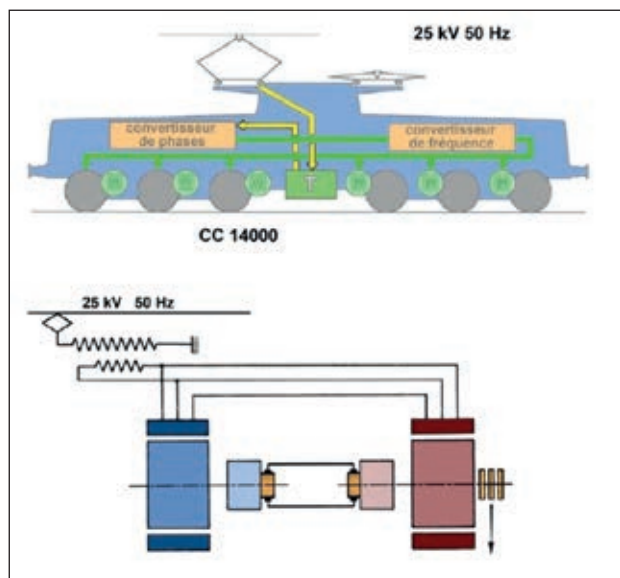
30. ábra: Az egyfázisú soros kommutátoros vontatómotor próbamozdony



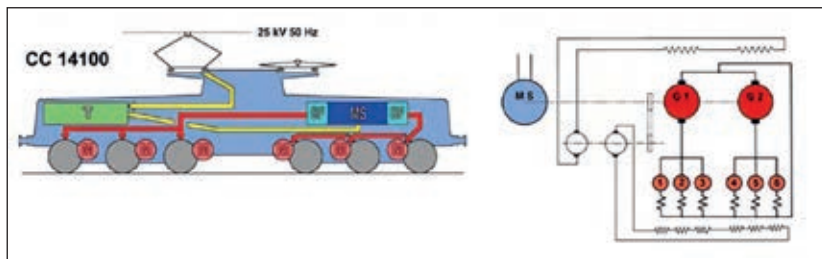
31. ábra: A BB12000 sorozatú ignitronos főüzemi egyenirányító berendezéssel felszerelt villamos mozdony főáramköri berendezései és főáramköri elvi kapcsolási vázlat.

részen látható két egyenáramú villamos gépek a hajtásukat, melyek az egyenáramú főgenerátorok, valamint a vontatómotorok külső gerjesztését biztosították.

A Valenciennes-Thionville vasútvonal villamosítása egyfázisú, ipari periódusú villamosítási rendszerrel teljes siker volt, mely az előzetes várakozásokat minden tekintetben felülmúlta. Tulajdonképpen valamennyi vontatójármű típus valamennyi velük szemben megfogalmazott követelménynek maximálisan megfelelt. Ez a megállapítás különösen a továbbítható vonattömegek vonatkozásában bizonyult helytállóknak. Az előírt követelményeknek való megfelelés



32. ábra: A fázis- és periódusváltós villamos próbamozdony



33. ábra: Ward-Leonard rendszerű villamos próbamozdony



34. ábra: A legsikeresebb BB12000 sorozatú villamos próbamozdony üzemben

legmeggyőzőbben a 12000 sorozatú ignitronos főüzemi egyenirányítóval és hullámsáramú vontatómotorok-

kal felszerelt vontatójárműnél mutatkozott meg. Az volt ugyanis az elvárás, hogy a mozdonyoknak 10 %-es

emelkedően 750 t tömegű vonatot kell tudni továbbítani 500 m sugarú ívekben. A 12000 sorozatú villamos mozdony 1400 t tömegű vonatokat is képes volt megindítani és továbbítani az előbbi feltételek mellett. Sőt a később más tengelyhajtás áttétellel felszerelt mozdony 1650 t tömegű vonatot is képes volt rendes terhelésként a szóban forgó szakaszon továbbítani. Alapvető eredménye volt a vizsgálatoknak, hogy az ignitronos villamos mozdony bizonyult a legsikeresebb típusnak. Ez az alapvető eredmény gyakorlatilag forradalmasította az ipari periódusú villamos vontatást és ezt követően hosszabb ideig ebben a vontatási rendszerben az egyenirányítós mozdony (vontatójármű) egyeduralgó vontatójármű lett.

Az eddigiek alapján rögzíthetjük, hogy a Valenciennes-Thionville vonal villamosításának tapasztalatai nyomán az egyfázisú, ipari periódusú villamosítási rendszer nagyon rövid idő alatt lényegében műszakilag kellően kiérlelt rendszerré vált.

(Folytatjuk a Vasútgépészet 2024. 2. számában)

HÍREK

A Stadler KISS új piacra lép: az első szerződést Bulgáriában ítélték oda

Bussnang, 2024. április 26.

A fenntartható mobilitási célok megvalósítása és a bulgáriai vasúti közlekedés korszerűsítése érdekében a Bolgár Köztársaság Közlekedési és Hírközlési Minisztériuma és a Stadler szerződést írt alá hét nulla kibocsátású KISS emeletes jármű szállítására. A Szófiában aláírt szerződés három további járműre, 15 év flottakarbantartásra és az üzemeltető személyzetének képzésére is tartalmaz opciót. Ez a Stadler első megrendelése Bulgáriában, és egy másik jelentős értékesítési siker a Balkánon. Ezzel a szerződéssel a Stadler járművek 48 országban fognak üzemelni. Eddig összesen mintegy 630 KISS emeletes járművet adtak el világszerte.

A szerződés hét jármű alpmegrendelését és további három járműre vonatkozó opciót tartalmaz. A négykocsis szerelvények 160 km/órás sebességet érnek majd el, és legalább 300 férőhelyesek lesznek. Az első járművet a szerződés aláírását követő 26 hónapon belül kell átadni az üzemeltetőnek.

A modern emeletes vonatokat 1435 mm-es nyomtávra tervezték, és 25 kV/50 Hz-es áramellátó rendszerrel szerelték fel. Minden egységben és minden osztályban az ülések legalább 10%-át mozgáskorlátozottak használhatják. A zero kibocsátású elektromos járművek megfelelnek a hagyományos vonatokra vonatkozó ÁME-követelményeknek, az európai szabványoknak és a vasúti járművek Bolgár Köztársaság területén történő mozgására és üzemeltetésére vonatkozó előírásoknak és szabványoknak, valamint a Vasutak Nemzetközi Szövetsége előírásainak. UIC).

A Bulgáriának szánt KISS járműveket a Stadler Polska Siedlce-i gyárában gyártják, amely a Stadler csoporton belüli közép-európai divízióhoz tartozik. A siedlcei üzem 2006 óta működik, és több mint 1000 embert foglalkoztat. Eddig mintegy 950 járművet gyártottak le 17 európai ország üzemeltetői számára. Ide tartoznak különösen a balkáni országok, például Szlovénia, Szerbia és Bosznia-Hercegovina. A Stadler Polska már sikeresen bevezette a KISS vonatokat Szlovéniában és Szlovákiában.