

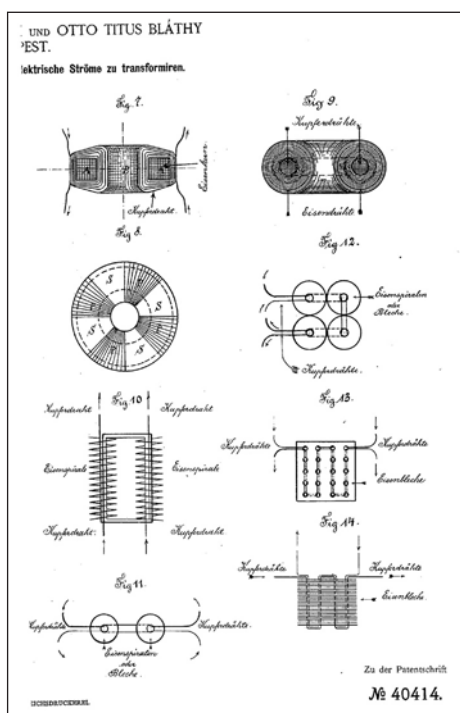
A VASÚT-VILLAMOSÍTÁS KEZDETEI MAGYARORSZÁGON – II. RÉSZ

A NAGYVASÚTI-TÁVOLSÁGI VASÚT-VILLAMOSÍTÁS TÖRTÉNETI FEJLŐDÉSE

A nagyvasúti vasút-villamosítás hazai és nemzetközi fejlődése között nem lehet éles határt vonni, mivel számos magyar szakember itthon és az ország határain túl végzett tevékenysége elengedhetetlen volt a fejlődéshez. Korszakalkotó volt Déry Miksa, Bláthy Ottó és Ziperowsky Károly (mind a hárman a Ganz-gyár mérnökei voltak) találmánya, a transzformátor, amelyet 1885. január 2-án nyújtottak be Ausztriában, a Magyar Királyi Szabadalmi Hivatal megalakulása előtt. Találmányukkal vált lehetővé a villamos energia nagy távolságra történő eljuttatása, így a vasút villamosítása is. Az eredeti bejelentés helyett az 1885. március 6-án bejelentett, német, 40414 lajstromszámú szabadalmi bejelentésük első lapját, és a rajzok egy oldalát mutatjuk be a 20. és a 21. ábrán.



20. ábra



21. ábra

A fejlődés egyes szakaszait a vasút-villamosítás során kialakított áramrendszerekkel lehet a legjobban jellemezni. Ezek az alábbiak voltak:

- egyenáramú;
- háromfázisú, váltakozó áramú;
- egyfázisú, váltakozó áramú, 16 2/3 Hz-es;
- egyfázisú, váltakozó áramú, 50 Hz-es.

Egyenáramú rendszer

Elsőként, az 1800-as évek végén, az egyenáramú villamos vontatást vezették be. A vontatáshoz szükséges 1,5 vagy 3 kV feszültséget az országos villamos hálózatról táplált alállomásokon alakították át nagyfeszültségű, háromfázisú áramból. A rendszer előnye, hogy a járművek villamos motorjai megbízhatóak, tulajdonságaik megfelelnek a vasútüzem követelményeinek. A közúti villamos vasutak mellett megkezdődött a nagyvasúti jelleggel rendelkező helyi-érdekű vasutak villamosítása is. 1906-ban került sor a Budapesti Helyi Érdekű Vasút 1000 V egyenfeszültséggel és az 1000 mm nyomtávolságú Arad-Hegyaljai Helyiérdekű Motoros Vasút Rt. akkor figyelemreméltó, 1650 V feszültséggel történő villamosítására. Az egyenáramú villamosítás hátránya az, hogy a járműveken belüli szigetelési gondok és a motorok kommutálási problémái miatt nem lehet 3 kV-nál nagyobb feszültséget alkalmazni. A vontatási teljesítményszükséglet miatti nagy áramerősségek továbbítási nehézségei következtében az alállomásoknak sűrűn, 20-25 kilométerenként kell lenniük, ami a beruházás költségeit emeli. Az egyenáramú vontatás azonban a városi, helyiérdekű vasutakon napjainkban is megmaradt, mivel ezek a vasutak rövidebb távolságúak, kisebb teljesítményt igényelnek, így az egyenáramú motorok előnyös tulajdonságai jól kihasználhatóak.^{3,4}

Háromfázisú, váltakozó áramú rendszer

A háromfázisú, váltakozó áramú rendszerek elvét az orosz Dolivo Dobrovolszkij (az AEG-gyár mérnöke) és Charles Brown svájci mérnök (a későbbi Brown-Broveri cég megalapítója) dolgozta ki 1889-ben. Egy évre rá elkészült az első háromfázisú indukciós motor. Ennek hasznosítása transzformátor nélkül nem lett volna lehetséges. Ezekben az években Mechwart András gépészmérnök volt a Ganz-gyár igazgatója, aki 1878-ban megalakította a gyár elektromos osztályát. Az osztály első feladatai közé tartozott az indukciós motorok fejlesztése és gyártása, amely területen a Franciaországban dolgozó Kandó Kálmán jelentős eredményeket ért el. Mechwart ezért hazahívta Kandót.

A gyár 800 méteres próbapályáján végzett kísérletek igazolták a várakozásokat, többek közt azt, hogy a lejtőn való haladáskor a szinkron fordulatszám túllépése esetén az aszink-

³ Mezei István: Mozdonyok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986

⁴ <http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/795.html>

ronmotor generátorként működik, fékezőnyomatékokot fejt ki, és energiát táplál vissza a hálózatba. Az első üzemelő hálózat Franciaországban, Évians-lesBains gyógyfürdőhelyen valósult meg, ahol egy hegytetőn lévő szállodát kötött össze a vasút, 300 méteres pályahosszal, a tengerparttal. Ezt követően néhány bányavasutat villamosítottak, majd a gyár és Kandó figyelme a nagyvasutakra irányult.

Felismerve azt, hogy a dinamókkal ellentétben a transzformátorok a mozdonyok indításakor túlterhelhetőek, az egyenáram helyett a váltakozó áram felé fordultak. Ekkor a magyar mérnökök a vasútépítésben világelsőt alkottak, igaz, nem Magyarországon, hanem Olaszországban. A Valtellina vasutat Kandó Kálmán 15 Hz frekvenciára és 3kV feszültségre tervezte, bebizonyítva azt, hogy a hosszú és nagy teljesítményű vonalak villamosítására a magasfeszültségű váltakozó áram a megfelelő. A Ganz-gyár 1906-tól a villamosítással kapcsolatban fellépő pénzügyi nehézségek miatt azonban hosszú időre leállította részvételét a nagyvasúti villamosításban. Kandó ezt követően családjával Olaszországba költözött. A vasúton több száz, Olaszországban, Kandó vezetésével gyártott mozdony teljesített szolgálatot. Ezzel a módszerrel 1930-ig villamosítottak Olaszországban, és az utolsó háromfázisú mozdony 1976-ig szolgált.

A Valtellina vasúttal kapcsolatban érdemes megemlíteni Kandó munkatársát, Tóth Lászlót, aki a felsővezeték építésében és a jármű szerkezeti kialakításában alkotott maradandót. A mai napig is használt megoldása, hogy a motor üreges forgórészén halad át a kerékpártengely, a nyomaték átvitelére pedig rugalmas hajtás szolgál. Ő oldotta meg a vonali felsővezeték biztonságos felfüggesztését, felismerve azt, hogy csak a rugalmas, hosszirányú felfüggesztés alkalmas erre a célra. Megalkotta a mai napig szinte változatlan formában használt, hosszláncrendszerű, rugalmas felsővezeték-rendszert. Áldozatkészségét és az akkori járműdiagnosztikát szemlélteti, hogy miután az alagútban alkalmazott merev felsővezeték-felfüggesztés következtében törtek az áramszedők, Tóth László hozzákötöztette magát a motorkocsi tetejére vezető hágcsóhoz, és a 60 km/h sebességgel közlekedő jármű tetején figyelte meg a vezeték és az áramszedő kapcsolatát. Olaszországból a felsővezeték-problémák megoldása után, 1904-ben hazajött, és a Városi Villamos Vasút főműhelyének, majd a Ganz Villamossági Gyár műhelyének vezetője lett.

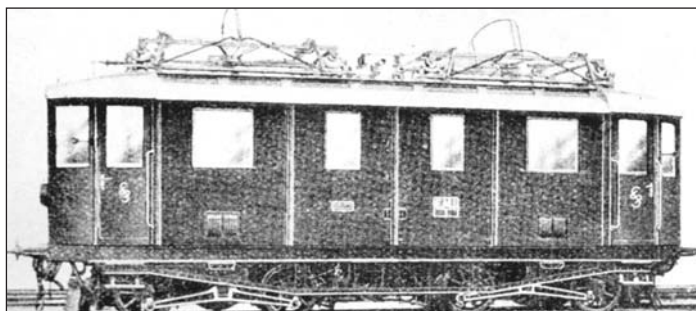
A háromfázisú rendszerhez külön erőművet létesítettek, vagy állomásokon transzformálták a feszültséget 3–3,3 kV-ra, és a periódusszámot 15–16 $\frac{2}{3}$ Hz-re csökkentették. A rendszernek előnye volt a motor jó hatásfoka, egyszerű szerkezete. Nehézséget jelentett az állandó frekvenciával táplált aszinkronmotorokkal hajtott mozdonyoknál az, hogy sebességük nem lehetett tetszőleges, általában kettő vagy négy állandó fokozat volt. Jelentős hátránya volt a háromfázisú táplálásnak a három áramvezető szükséglete, ami közül egyik lehetett a sín, a másik kettőnek azonban felsővezetéknek kellett lennie. A felsővezeték sok nehézséget okozott, főleg a kereszteződésekben, váltóknál. Emiatt ma már nem is használják ezt a rendszert. Magyarországon 1913-ban döntöttek arról, hogy az Őrváralja–Petrozsény közötti 50 km

hosszú szakaszt a Kandó-féle háromfázisú rendszerrel villamosítják, de ez az első világháború miatt nem valósult meg. Így hazánkban ezzel a rendszerrel nem villamosítottak.^{5,6}

Egyfázisú, váltakozó áramú, 16 2/3 Hz-es rendszer

Az egyenáramú motorok üzemeltethetők váltakozó árammal is, de a jó kommutáció elérése érdekében a periódusszámot csökkenteni kell. Az egyfázisú rendszerek ezért az országos hálózat 50 Hz-ének harmadában, 16 2/3 Hz, vagy felében, 25 Hz, meghatározott periódusszámmal üzemelnek. Ezek a rendszerek külön vasúti erőművet vagy állomásokat igényelnek, ahol a 100–120 kV feszültségű, 50 Hz áramot 15–25 kV-ra és 16 2/3 Hz-re, vagy 25 Hz-re alakítják át. Az állomások távolsága az egyenáramú rendszerekhez képest a kétszeresére, 50 km-re növelhető.

Magyarországon a normál nyomtávú nagyvasúti pályák közül először a Rákospalota–Veregyháza–Vác–Gödöllő helyiérdekű vonal (ma mellékvonalként említjük) került villamosításra. A vonalat 1908–1911 között építették, és eredetileg is villamos üzemre tervezték. A felsővezeték 10 kV feszültségű és 15 Hz frekvenciájú volt, amit az 1920-as évek közepétől 12 kV feszültségre és 16 2/3 Hz-es frekvenciára módosítottak. Az áramellátáshoz szükséges berendezéseket és a járművek villamos berendezéseit hazai, valamint a német Siemens-Schucker cégtől szereztek be. Az 1911-ben meginduló vonalat a MÁV üzemeltette, tizenegy villamos motorkocsival és négy V51 sorozatú mozdonnyal (22. ábra). A mozdonyt a Ringhoffer–Smichov és a Magyar Siemens–Schuckert-Művek gyártotta. A két vezetőfülkés tehervonati mozdonyokat forgóvázanként egy-egy 177 kW-os (240 LE) motor hajtotta. A motorok egyfázisú, soros jellegűek voltak, amelyek 220 V feszültségnél 900 A-t vettek fel. A motor kulisszás rendszerű rudazattal hajtotta a kerekeket.^{7,8}



22. ábra⁹

⁵ I. m. (3)

⁶ I. m. (4)

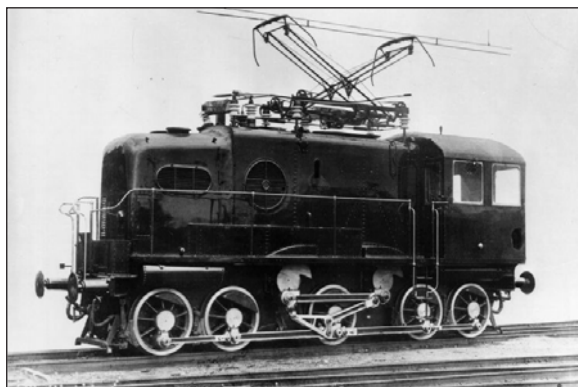
⁷ I. m. (3)

⁸ I. m. (4)

⁹ Lányi Ernő, Lovász István, Mohay László, Szontágh Gáspár, Villányi György: Nagyvasúti vontatójárművek Magyarországon. Közlekedési Múzeum, 1984

Egyfázisú, váltakozó áramú, 50 Hz-es rendszer

Kandó Kálmán az I. világháború kitörését követően ismét hazajött Magyarországra. Felismerte, hogy a vasutak saját erőműveinek nehézséget okoz az ingadozó forgalomból eredő egyenlőtlen terhelés. A megoldást abban látta, hogy az országos villamos hálózat energiáját közvetlenül kell hasznosítani a vasút számára, így lehet az a legolcsóbb, leggazdaságosabb. Mivel az országos elektromos erőművek 50 Hz-es váltakozó áramot állítottak elő, Kandó elkötelezte magát az 50 Hz-es vasút-villamosítás mellett. Ez a felismerés vezetett oda, és természetesen az ezt követő kemény munka, hogy Kandó Kálmán a nagyvasúti villamos vontatás világszerte meghatározó és elismert szakembere lett. Ehhez először meg kellett alkotnia a fázisváltós rendszert, és 1923-ban elkészült az első fázisváltós mozdony, amelyet a 23. ábra az eredeti kivitelében mutat.



23. ábra¹⁰

A mozdony próbaüzemelésére a Budapest-Nyugati pu.–Dunakeszi-Alag vonalszakaszt villamosították 15 kV feszültségű és 50 periódusú egyfázisú váltakozó árammal. A vonal 1923 szeptemberére készült el, és 30-án végighaladt a próbamozdony. Ennek a mozdonynak az újdonsága volt a szinkron fázisváltó, amely egy gépben egyesítette a transzformátort, a szinkrongenerátort és a szinkronmotort. A fázisváltó feladata az volt, hogy a mozdony két hajtómotorja számára az egyfázisú áramot többfázisú váltakozó árammá alakítsa.

A fázisváltó forgórésze közvetett vízűtéssel volt ellátva. A motorok rudazat által hajtották a mozdony középső kerékpárját, amelyről a hajtást a többi kerékpárra rudazat továbbította.

A próbaüzem sikeres volt, ezért a MÁV a Budapest–Hegyeshalom fővonal villamosítása mellett döntött, ahol a forgalom 1932 nyarán Komáromig, majd 1934 október 23-án Hegyeshalomig indult meg, 15 kV helyett 16 kV feszültségű és 50 Hz-es váltakozó árammal. Sajnos a vonal üzembe helyezését Kandó Kálmán nem élte meg, 1931-ben meghalt.

Az új vonalra a MÁV 1931 februárjában a Ganz-gyárnak és a MÁVAG-nak harminckét mozdony gyártására adott megrendelést, amelyek a V40 jelzést kapták (24. ábra). Ebből hu-

¹⁰ I. m. (4)

szonnyolc személyvonati, négy tehervonati kivitel volt. A mozdony aszinkron hajtómotorja számára szükséges 850–1300 V közötti szabályozott feszültségű, három-, négy-, és hatfázisú villamos áramot a fázisváltó alakította át a 16 kV-os, egyfázisú, 50 periódusú váltakozó áramból. A végleges fázisváltó, amely egy transzformátorból, egy egyfázisú szinkronmotorból és egy átkapcsolható fázisszámú szinkrongenerátorból állt, már Bláthy Ottó irányításával jött létre. Az alacsony fordulatszámú (maximum 333,3 1/min), sokpólusú hajtómotor szerkezeti kialakítása miatt nagy átmérőjű volt. A hajtómotor a négy hajtott kerékpárral rudazat által volt összekötve. A hajtómotor fordulatszámát és ezáltal a mozdony sebességét a motor forgórésze primer tekercselésének pólusátkapcsolásával lehetett szabályozni. A 72, 36, 24 és 18 pólusú átkapcsolás négy szinkronsebességet tett lehetővé, 25, 50, 75 és 100 km/h-t. A fázisváltós mozdonyok előnye volt, hogy szerkezetüknél fogva villamos fékezés esetén energia-visszatáplálásra voltak alkalmasak minden átkapcsolás nélkül. A mozdony futóműve a gőzmozdonyokra jellemző merev keretből, csatlórudakkal összekötött négy kerékpárból állt, elől és hátul egy-egy kisebb átmérőjű futókerékkel kiegészítve. A pályáívben való könnyebb beállítás érdekében a kerékpárok tengelyirányban elmozdulhattak. A mozdonyokból összesen 32 készült. A tehervonati kivitel a V60 jelzést kapta, és hat hajtott tengellyel rendelkezett. Az utolsó gép 1967-ig állt szolgálatban. Ezek a mozdonyok voltak a világon az első, a gyakorlatban gazdaságosan használható, 50 periódusú, nagyvasúti, nagy teljesítményű mozdonyok.



24. ábra

Kandó munkatársai mellett említést érdemel Verebély László, akkoriban a MÁV Villamosítási Osztályának vezetője, későbbi műegyetemi professzor, aki felismerve az 50 periódusú villamosítás gazdasági előnyeit, mindvégig támogatta Kandót. A nagyvasutak 50 periódusú villamosításában a Ganz-gyár és a magyar szakemberek 20 évvel előzték meg az egész világot. A nagyvasúti villamosítás terén, a háromfázisú rendszer bevezetése után, másodszor is világszerte lett a magyar mérnöki munka.^{11, 12}

¹¹ I. m. (3)

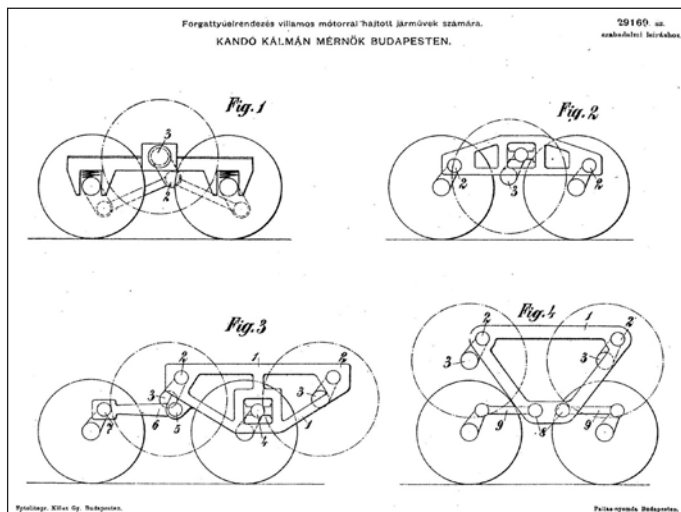
¹² I. m. (4)

Hajtóművek



25. ábra

hogy „a motorikus erőnek a kerekek forgattyúira való átvitelére, a hol is ez az erőátvitelre szolgáló pont a kocsi-alváz ingadozásainak kiegyenlítésére függélyes irányban lehet ágyazva azon célból, hogy a motortengelynek a keréktengelyek által meghatározott síkon kívül eső elrendezése mellett a motorikus erőnek a keréktengelyre való átvitelénél függélyesen ható erőkomponensek ne keletkezzenek.”



26. ábra

Kandó Kálmán 1903. április 21-én bejelentett, 29169 lajstromszámú (25., 26. ábra), „Forgattyúelrendezés villamos motorral hajtott járművek számára” című szabadalma azt a problémát küszöböli ki, hogy az alvázon mereven rögzített motor és a rugózottan felüggesztett tengelyek közötti hajtórudas kapcsolatot esetében a jármű berugózása esetén a hajtórudazatot káros erők terhelik.

Az addigi megoldásokat a szabadalom 1. ábrája, míg az új, szabadalmaztatott megoldásokat a 3. és a 4. ábra (Fig. 3., Fig. 4.) mutatja. Érdekes összevetni az 1. ábrát a 22. ábrán látható V51 jelű mozdonnyal. A megoldás lényege,

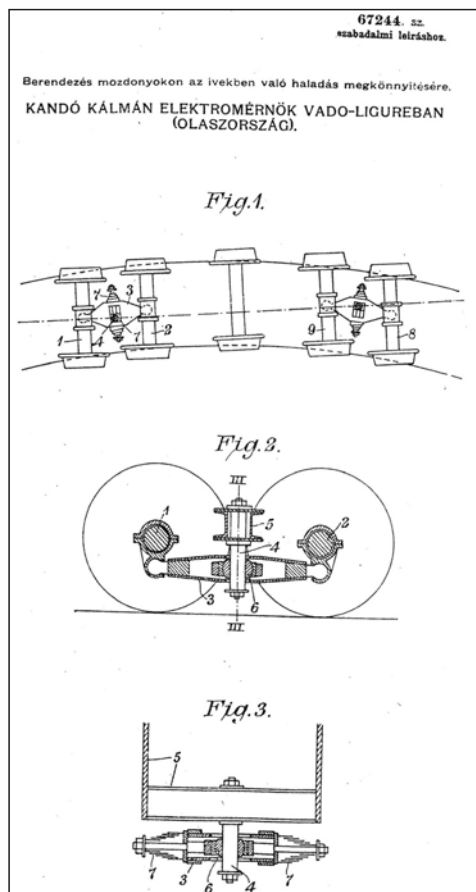
Az 1913. december 9-én ugyancsak Kandó Kálmán által benyújtott, 67244 lajstromszámú (27., 28. ábra) szabadalom „célja az, hogy háromnál több kapcsolt tengellyel bíró mozdonyoknak az ívekben való haladása megkönnyítessék.”



27. ábra

A találmány lényege, hogy a mozdonyok nemcsak az első, hanem a második tengelye is úgy van kialakítva, hogy oldalirányba el tudjon mozdulni. A két tengely elmozdulását az őket összefogó himba befolyásolja. Okkal feltételezhetjük, mivel a szabadalom ábráján látható tengelyelrendezés megfelel a Budapest-Nyugati pu.–Dunakeszi-Alag vonalszakaszon közlekedő próbamozdonyoknak (23. ábra), hogy futóműve ezen az elven működött. A későbbi szériában készített V40-es (24., 31a, 31b ábra), a tengely elrendezésénél szintén megfigyelhető a két-két tengely páros elrendezése, csakúgy, mint a szabadalomnál, azzal a különbséggel, hogy a középső szóló tengely hiányzik. Erről a típusról is tudjuk, hogy tengelyei oldalirányban el tudtak mozdulni.

A fent említett mozdonyok rudazatos hajtására vonatkozik Kandó 1906. augusztus 30-án bejelentett, 83842 lajstromszámú szabadalma (29., 30. ábra).



28. ábra



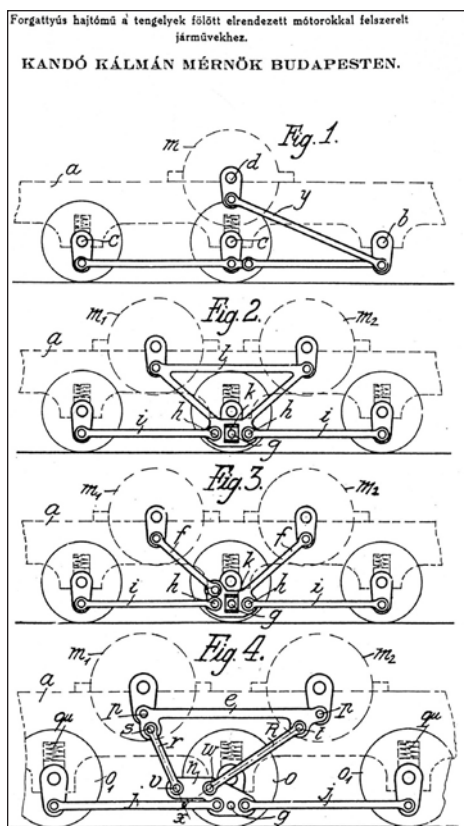
29. ábra

A technika addigi állását a szabadalom 1–3. ábrája mutatja. Ezeknek a megoldásoknak a hátrányai „abban állottak, hogy a csúsztömb csúsztöfelületeit a centrifugális erő hatása folytán nem lehetett kellőleg kenni és szerkezeti okokból nem lehetett külső szenny ellen megfelelően védeni. A találmány tárgya ezen hátrányok elkerülését célozza amennyiben a hajtókapcsolás úgy a segédforgattyútengely, mint a csúsztömbök elkerülésével kizárólag csuklós rudak és zárt csuklók alkalmazásával válik lehetővé.” A találmány szerinti rudazatot

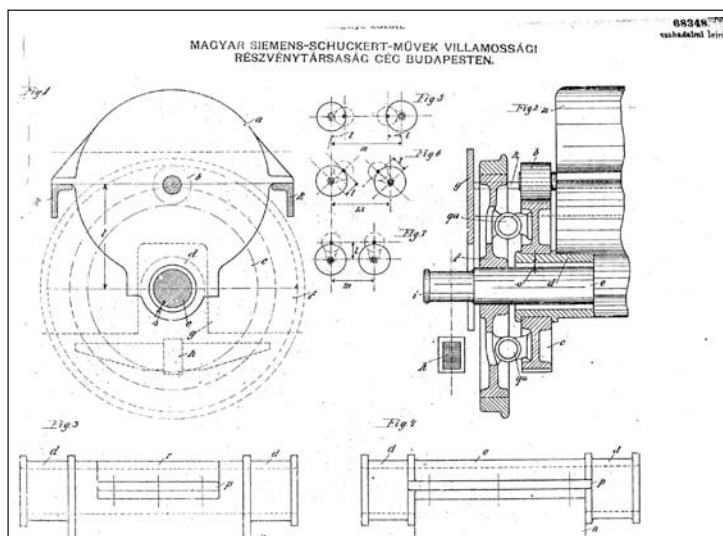
a 4. ábra mutatja be. A megoldás lényege, hogy a ferden lefelé irányuló csuklós rudak elvi metszéspontja azonos magasságban legyen a hajtókerék forgattyútengelyével. A 4. ábrán lévő rudazatos hajtás jól felismerhető a 23., 24., 31a és a 31b ábrán is, azzal a különbséggel, hogy az úgynevezett „Kandó-háromszög” formailag nem azonos a szabadalom 4. ábráján lévővel.

31a ábra¹³

¹³ http://www2.chem.elte.hu/gigant_club/pic/hu/electric/v40/v40bogie.jpg

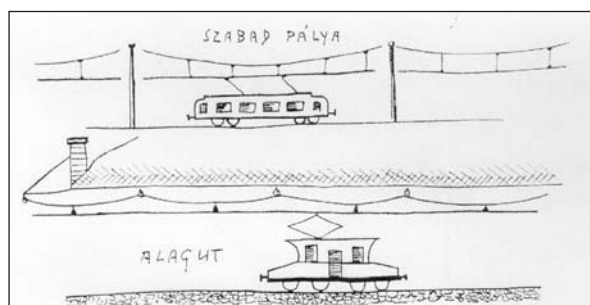


30. ábra



32. ábra

Felsővezeték

33. ábra¹⁴

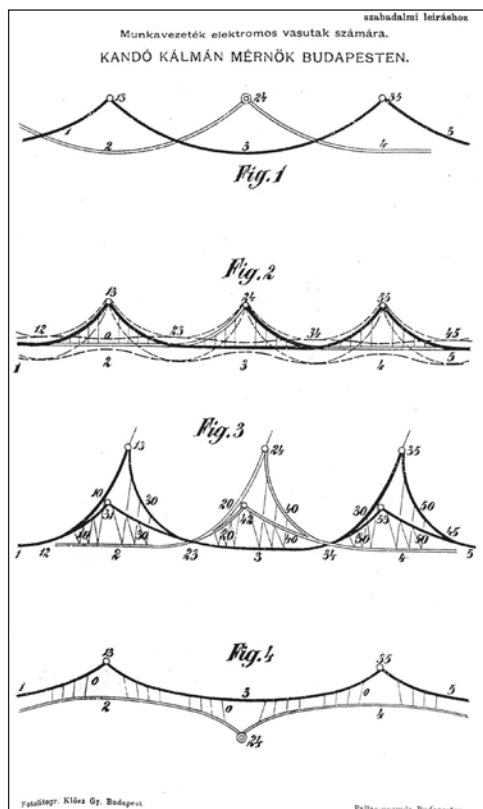
is az alagút, a két fázis számára egy-egy acélkábel feszítendő. Ez úgy készítendő el, hogy az alagút boltozatába függélyes irányú lyukak furandók, amelyekben cementtel megerősített rövid vaspálcák tartják a porcelán szigetelőket, amelyek egymástól való távolsága 4-5 m. Ezen szigetelők tartják a kissé lazán feszített acélkábel. A munkavezeték az acélkábel a 4-5 m távolság felezési pontjában hordja ...” A sikeres üzembehelyezés 1902. július közepén megtörtént. Így alkotta meg Tóth László a napjainkban is használatos rugalmas hosszláncrendszer elődjét, amelyet a saját kezével készített, 33. ábrán látható vázlattal mutatunk be.¹⁵

¹⁴ <http://mek.oszk.hu/01900/01906/html/index1506.html>

¹⁵ Fojtán István: A Valtellina-vasút villamosításának 100. évfordulójára. II. rész, Elektrotechnika, 96. évf. 2. sz., 2003.



34. ábra



35. ábra

Kandó Kálmán 1902. december 16-án bejelentett, 27704 lajstromszámú szabadalma (34., 35. ábra) szintén a felsővezeték és az áramszedő között létrejövő káros lengések megoldására született.

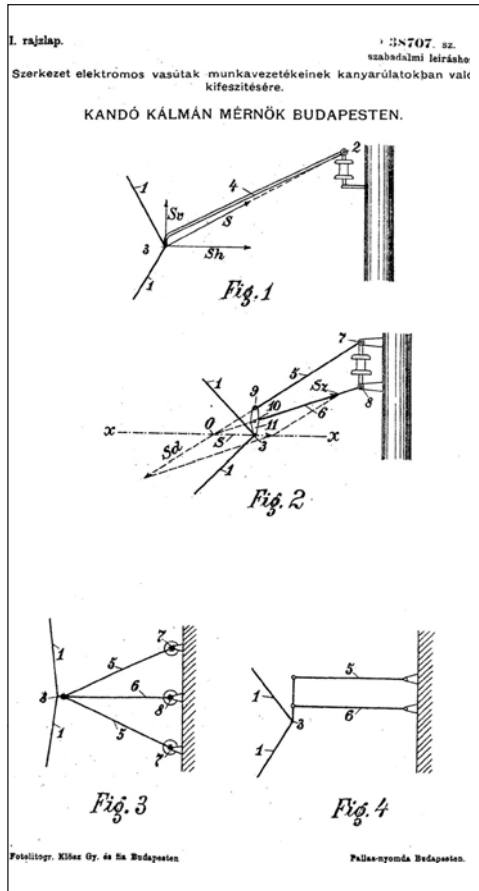
A szabadalom lényege, hogy egymással párhuzamosan két munkavezetéket feszítenek ki oly módon, hogy a tartószerkezetre váltakozva kerülnek a vezetékek felfüggesztésre: az egyik vezeték a páros, a másik a páratlan számú tartókra. Ezzel a megoldással el lehet érni azt, hogy a két vezeték váltakozva, jó közelítéssel, egyenes szakaszokat hoz létre. A szabadalom szerint a vezetékeket keresztirányban egymással is összeköttették a lengések elkerülése érdekében.

Kandó 1906. április 17-i, HU88707 lajstromszámú, „Szerkezet elektromos vasútak munkavezetékeinek kanyarulatokban való kifeszítésére” című szabadalma (36., 37. ábra) a megjelölt célt úgy éri el, hogy a vezetékot merev helyett csuklós rudakkal feszíti ki.

A szabadalom szerinti szerkezet azt teszi lehetővé, hogy a munkavezeték közel függőlegesen tudjon elmozdulni.



36. ábra



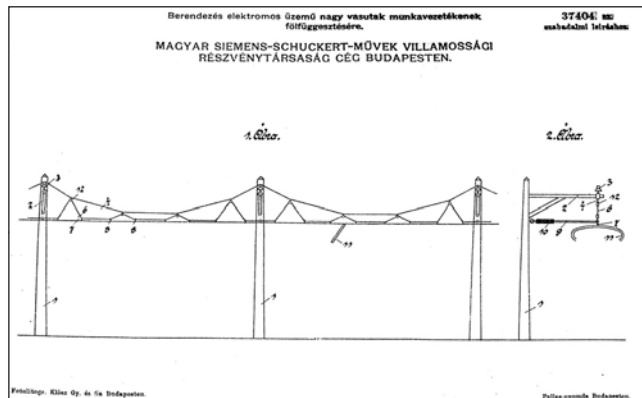
37. ábra

A Magyar Siemens-Schuckert-Művek Villamossági Részvénytársaságnak több felsővezetékkel kapcsolatos szabadalma volt. Az 1906. május 10-én bejelentett, 37404 lajstromszámú (38., 39. ábra) a felsővezetékben a hőmérsékletkülönbségek miatt bekövetkező hosszváltozások kiegyenlítésére törekszik.

A szabadalom már szokásos megoldásként írja le a munkavezeték 33. ábrán látható, külön tartókötélre való kifizetését. A találmány a munkavezeték bizonyos határok közötti elmozdulását oldja meg azáltal, hogy a munkavezeték tartó segéddrótot felfüggesztődrótok nélkül, közvetlenül a tartókötélhez kapcsolja.



38. ábra



39. ábra

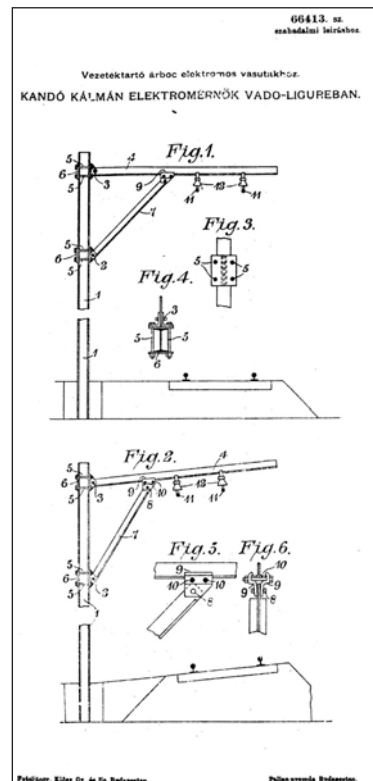
A Magyar Siemens–Schuckert–Művek Villamossági Részvénytársaságnak további szabadalmi születettek a felsővezeték-építés terén 1910 és 1915 között. A HU50742 lajstromszámú, „Kötélpolygon fölfüggesztésű vasúti munkavezeték, melyet súlyok vagy rugók állandóan feszesen tartanak” című (bejelentve 1910. január 15-én) szabadalom ellensúlyokkal feszíti az elforgathatóan ágazott karokra erősített munkavezetékét és a tartókötelet. A HU66479 lajstromszámú, „Láncfölfüggesztésű munkavezeték merevítő tartója a pálya görbületeiben” című (bejelentve 1913. december 31-én) szabadalom a vasúti pálya íveiben való vezeték kifeszítési gondjait oldja meg. Egy további, a HU70696 lajstromszámú „Láncfelfüggesztésű munkavezeték kettős vágányú villamos vasutak számára” című (bejelentve 1915. november 22-én) szabadalom a felsővezeték kifeszítését úgy oldja meg, hogy az egymással szemben elhelyezett tartóoszlopokra rudazatok közbeiktatása nélkül, közvetlenül feszíti ki a tartókötelet, és ezeket egy keresztirányban elhelyezett segédkötéllal összeköti.

Említést érdemel még Kandó Kálmán 1914. január 13-án bejelentett, HU66413 lajstromszámú, „Vezetéktartó árboc elektromos vasutakhoz” című szabadalma (40., 41. ábra), amely kettős vezeték esetén a vasúti pálya túlemeléséből eredő, a vízszintestől való eltérés problémáját oldja meg.



40. ábra

Az árbocon elhelyezett árbockar és árbockar csatlakozási pontjai elmozdíthatóak, így az árbockar és az árbockar szöge változtatható. Ezáltal a túlemelés szöge beállítható, azaz biztosítható a munkavezetéknek a vágány síkjával való párhuzamossága. A felsővezetékekkel kapcsolatos akkori megoldások, ha továbbfejlesztve is, de lényegüket megőrizve ma is használatban vannak.



41. ábra

Hűtés



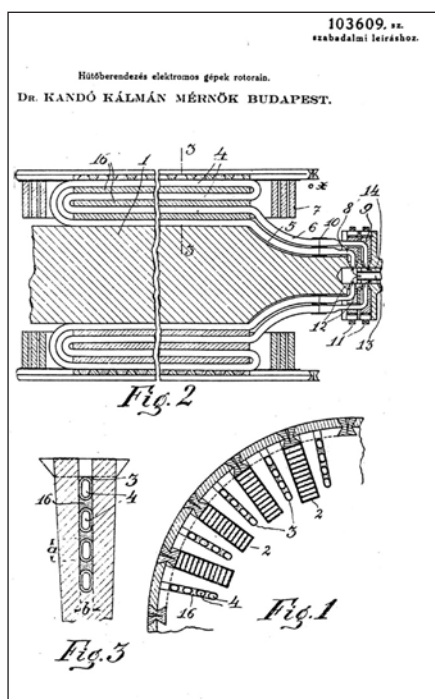
42. ábra

Kandó Kálmán HU103609 lajstromszámú, „Hűtőberendezés elektromos gépek rotorain” című (bejelentve 1929. március 15-én) szabadalmi bejelentése (42., 43. ábra) a rotorok víz-hűtését fejleszti tovább.

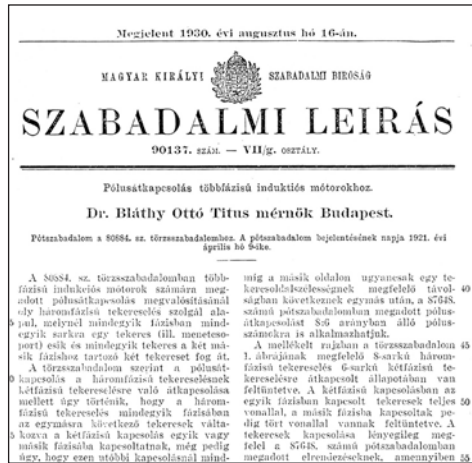
A korábbi, a rotor egyik végén bemenő és a másik végén kijövő csövezés helyett „a hűtőközeget vezető hűtőcsövek a tekercselést felvevő hornyok között fekvő, a rotor kerülete felé nyitott bevágásokban elhelyezett csatornahurkokat alkotnak, amelyek belépő és kilépő végeik a rotor ugyanazon homlokoldalán fekszenek.”

Sebességszabályozás

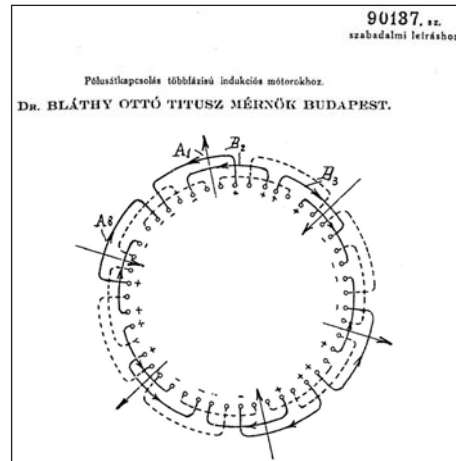
A mozdonyok sebességszabályozását a többfázisú indukciós motorok pólusátkapcsolásával érték el. Jól követhető a szabadalmakon keresztül a sebességfokozatok növelése. Dr. Bláthy Ottó Titusz HU80884 lajstromszámú, 1920. április 19-én bejelentett szabadalma a két sebességfokozatú megoldást tökéletesíti. Erre mint törzsszabadalomra épül a három sebességfokozatú motorra vonatkozó, szintén általa, 1920. június 8-án benyújtott, HU87648 lajstromszámú szabadalom. A három sebességfokozatot követte a négy, így a törzsszabadalomra épülve 1921. április 9-én megszületett Bláthy HU90137 lajstromszámú szabadalma (44., 45. ábra).



43. ábra



44. ábra

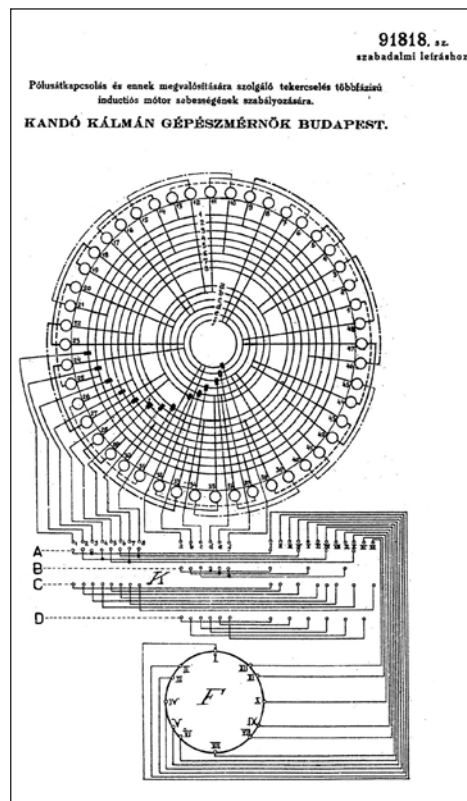


45. ábra

Az ebben elhelyezett táblázatból kivehető, hogy az egymásra épülő szabadalmak alapján hogyan végezhető el az összes pólusátkapcsolás, és ezzel a négy sebességfokozat beállítása. A pólusátkapcsolással Kandó Kálmán is foglalkozott, aki a HU87923 lajstromszámú szabadalomhoz jelentette be 1922. március 1-jén a 91818 lajstromszámú, „Pólusátkapcsolás és ennek megvalósítására szolgáló tekercselés többfázisú indukciós motor sebességének szabályozására” című pátenszabadalmát (46., 47. ábra).



46. ábra



47. ábra

Ez a megoldás szintén négy sebességfokozat létrehozására volt alkalmas.

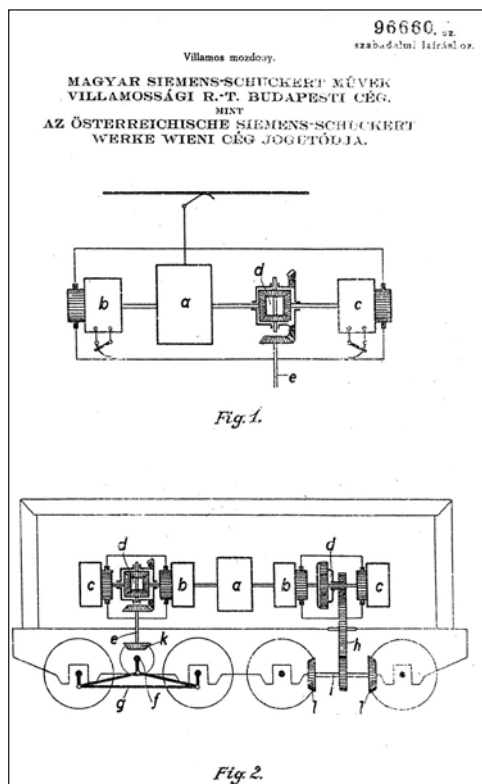
A Magyar Siemens-Schuckert-Művek Villamossági Részvénytársaság HU96660 lajstromszámú, 1926. november 5-i ausztriai elsőbbségű szabadalma a „Villamos mozdony” címet viseli (48., 49. ábra). A szabadalom mozdonyok sebességszabályozását oldja meg differenciálmű közbeiktatásával.



48. ábra

A találmány lényegét a legjobb a leírásból idézni: „A munkavezetékéből táplált főmotor egyidejűleg hajt egyrészt mechanikailag, másrészt pedig generátor- és a motorból álló villamos erőátviteli berendezés útján a hajtótengelyekkel összekötött differenciálművet. A közvetlen mechanikai meghajtást nem kell szabályoznunk. A szabályozást főleg a teljesítmény átalakított részére korlátozzuk. Azáltal, hogy p. o. az állandóan átlagos sebességgel járó főmotorral és az erőátvitelből táplált motorral egyező vagy ellentétes értelemben hajtjuk a differenciálművet, a zérustól a maximálisig mindenféle sebességet nehézség nélkül létesíthetünk és völgyemenetnél energiát visszanyerhetünk.”

Az 1930-as években a MÁV újabb mozdonyok beszerzését tervezte. A hajtórudas hajtással kapcsolatban felmerülő problémák miatt az egyedi hajtás mellett döntöttek. A MÁV 1939-ben rendelte meg az új mozdonyt, amelyben az egyedi hajtáshoz nagy mérete miatt nem volt alkalmazható a Kandó-féle pólusátkapcsolós hajtómotor. A Ganz-gyár kidolgozta a Ganz-Kandó-Ratkovszky-féle fázis- és periódusátalakító rendszerét. Az új rendszernél



49. ábra

a pólusszám-átkapcsolás a periódusátalakítóban történt. A kerékpárokat hajtó aszinkron motorok táplálása az így átalakított, váltakozó periódusú, háromfázisú árammal történt. A motorok rugalmas hajtáson keresztül hajtották a tengelyeket.

1943-ban elkészült a V44 jelű, az 50. ábrán látható, 2940 KW teljesítményű mozdony, amely 125 km/h sebességre volt képes. Összesen két mozdony készült el, az egyik egy bombatámadás miatt üzembe helyezése előtt teljesen megsemmisült. A másik gépet a MÁV próbatúrákon futatta, majd ezt a gépet is háborús sérülés érte, és bár állapota nem indokolta volna, 1953-ban leselejtezték. Ezzel véget ért a II. világháború előtti villamosmozdony-fejlesztés.¹⁶



50. ábra

Szabadalmakkal kapcsolatos kutatásaink kizárólag csak a magyar oltalmakra terjedtek ki. Annak, hogy a fenti újdonságokkal teli műszaki fejlesztés kevéssé követhető nyomon szabadalmakkal, két fő oka lehet. Egyik, hogy a Magyar Királyi Szabadalmi Hivatal csak 1895-ben alakult meg, a másik talán arra vezethető vissza, hogy a fejlesztésben részt vevő mérnökök nem csak Magyarországon, magyar cégeknél tevékenykedtek. Elképzelhető, hogy találmányaik külföldön, külföldi gyárak által kerültek védelem alá. Ezt bizonyítja a cikk elején említésre került transzformátor, amely szabadalmaztatva lett, de nem található meg a magyar szabadalmak között.

Megjegyzés: A fenti idézetekben lévő szavaknak a mai helyesírás szabályaival ellenkező írásmódja a műszaki fejlődés mellett a nyelv változását is mutatja.

Összefoglalás

A vasútvillamosítás mintegy 75 esztendejét tekintettük át a fenti példákon keresztül, amely azonban napjainkban is folytatódik. A fejlődés útját jól mutatja, hogy a városi és a helyközi vasúti járművek fejlődése sajátosságaiknál fogva eltérő módon ment végbe, még ha sok ponton találkoztak is.

¹⁶ I. m. (3)

A városi villamos vasúti járművek és a távolsági közlekedés járművei közötti különbség megmaradt, bár olykor ezek közelednek egymáshoz, máskor eltérő módon fejlődnek. A távolsági, különösen az elővárosi forgalom személyszállító járműveinél a könnyűszerkezetes kocsiszekrény, ezáltal az utasforgalom szempontjából mind jobban kihasznált, ugyanakkor az utasok kényelmét is szolgáló kialakítások jellemzőek, míg a városi vasúti járművek esetében az alacsonyabb padló, illetve a nagyobb befogadóképesség elérésére törekszenek, ami jelentősebb műszaki intézkedéseket igényel. A teherszállításban megmaradt a hagyományos vontatási rendszer, amelyben többnyire nagy teljesítményű mozdony végzi az önálló hajtással nem rendelkező kocsik vontatását. Igen figyelemreméltó, hogy egyes vasúttársaságok olyan nagy sebesség elérésére is képesek hibrid járműveket használni, amelyek mind helyi, mind elővárosi vagy éppen felszín alatti forgalomban jól használhatók, ezáltal is növelve az utasok kényelmét azzal, hogy nincs szükség átszállásra.

A vasutak villamos energiával való táplálása többé-kevésbé megőrizte a hőskor alapelveit, akárcsak a járművek villamos motorral történő hajtása, amely bár fejlődött például az azóta megjelent, félvezető-technológia révén, megőrizte az eredeti gondolatot. A hajtóművekben megfigyelhető a változás a lánchajtástól a rudazatos, majd marokcsapágyas hajtástól egészen a kardánhajtásig. A forradalmian új változások elterjedése még előttünk áll, bár számos kísérlet mutat például a mágneses lebegtetésű, lineáris motorral hajtott, kis, kabin-szerű járművek irányába, azonban még számos műszaki kérdés megoldatlansága nem teszi lehetővé ezek széles körű elterjedését.

Végül érdemes figyelmünket környezetvédelmi szempontokra irányítani: a villamosítás az emberiség egésze számára óriási nyereség volt, ráadásul a kötöttpályás járművek alkalmazása szinte önként kínálta azt a felismerést, hogy a pályával azonos nyomvonalon az energiabetáplálás is megoldható. Jelenlegi ismereteink alapján várható, hogy mind a városi, mind a távolsági közlekedésben, áruszállításban nagy jövő vár a vasútra.