

A gépkocsihajtás villamosítása

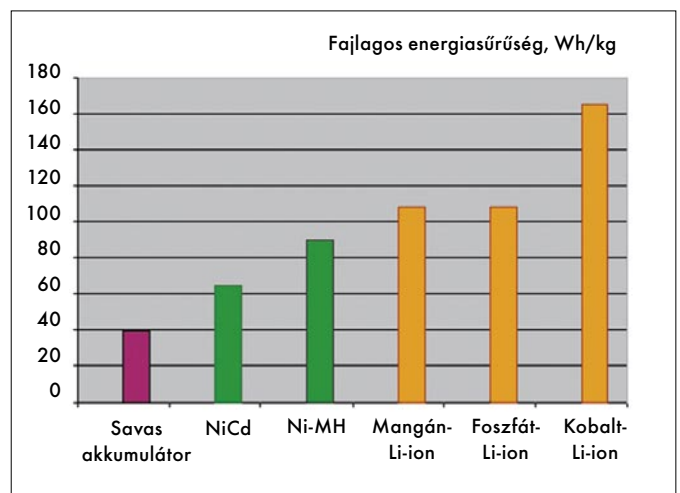
4. rész

A hibrid járműakkumulátorok tárolókapacitásának a napi használati idő határáig végzett növelése minőségileg új lehetőséget kínál. Ekkor ugyanis a közlekedő ember olyan hajtásmódhoz jut, amely helyi károsanyag-kibocsátás nélkül elégíti ki a nagyvárosi mobilitás igényeit. Az ilyen jármű belső égésű motorjának fosszilisenergia-használata csupán a napi átlagos úthosszakat meghaladó távolságokat jelentő helyközi forgalomra szűkül. Úgy, hogy a napi használat energiaigényét az üzemeltetők a közösségi áramellátó hálózat éjszakai áramával fedezik.

A Chevrolet Volt példája

A gépkocsik következő generációinak hajtásfejlesztése a járműhajtás villamosítására épül. E stratégia a hajtóanyag-fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás csökkentését, az energiaellátás biztonságának és sokféleségének a megőrzését tűzi ki célul, amelyek teljesítéséhez átfogó társadalmi érdekek fűződnek világszerte.

A célérés első eredményei a plug-in, illetve a növelt hatótávolságú villamos járművekhez [angol elnevezéssel az E-REV-ekhez (Extended Range Electric Vehicle)] kapcsolódnak. Az E-REV-ek speciálisan növelt hatótávolságú, plug-in járművek, amelyek mintáját a Ford Edge és a Chevrolet Volt változatai példázzák. Terjedelmi okok miatt írásunkban az utóbbi bemutatására szorítókunk. Erőátvitelét tekintve a Volt soros működtetésű hibrid jármű, amelynek belső égésű motorja közvetlenül nem a járművet, hanem



Különböző villamos hajtású gépkocsi-akkumulátorok fajlagos energiasűrűsége

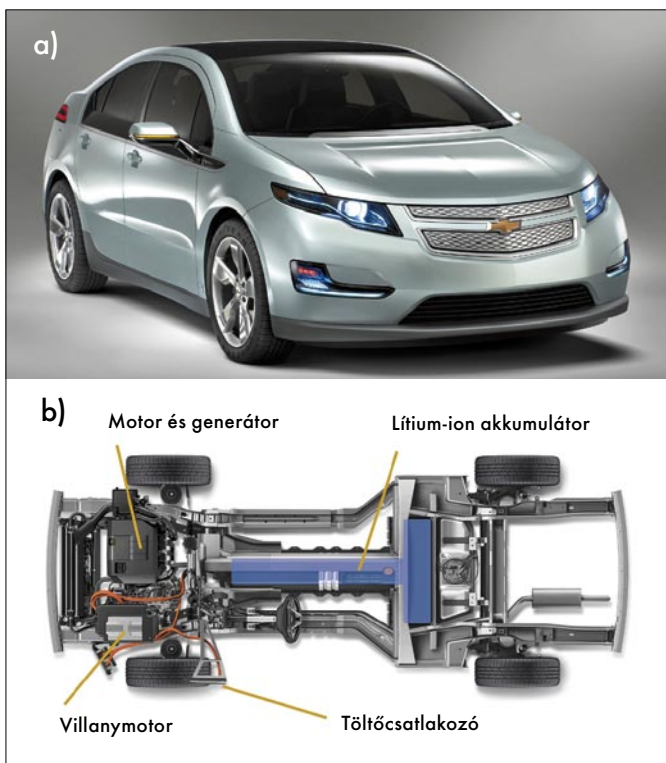
a jármű generátorát hajtja, és a fedélzeti akkumulátort az így fejlesztett árammal tölti. A gépkocsi hajtását az akkumulátor 30–80%-os kisütési tartományában villanymotor végzi. Az akkumulátor 30%-nál kisebb kisütési tartományában a működésvezérlő elektronika a töltési szint növelésére beindítja a jármű belső égésű motorját.

A Volt belső égésű motorja állandó fordulatszámra optimalizált, szerkezetiileg leegyszerűsített (változtatható szelepvezérlés nélkül működtetett) benzin- és E85-ös tüzelőanyagú motor, amit napi 64, évi 23 360 kilométer megtételére terveztek.

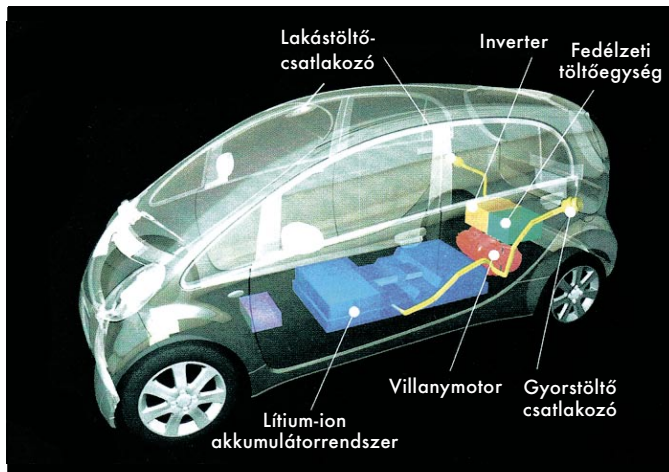
A Volt belső égésű erőforrása és hajtott kerekei között nincs mechanikus kapcsolat. Így a Chevrolet Volt zömében villamos hajtása az akkumulátorral is ellátott, villamos vontatású mozdonyokéhoz hasonlítható.

A villamos hajtású Volt belső égésű motorja lényegében a villamos erőművek emissziószintjén működik. Ma is, és az erőműfejlesztések eredményeként a jövőben is, hiszen a csak megújuló energiával bővülő erőműhálózatból egyre tisztább áram kapható. Ennek következtében a Voltok, a tulajdonosok aktivitásától függetlenül is, egyre környezetkímélőbbben üzemelnek.

Az E-REV új minőségét, a jármű élettartama során, az erőműhálózat-korszerűsítések arányában javuló, csökkenő károsanyag-kibocsátása, és minimális fosszilisenergia-felhasználása adja. Az autópári paradigmaváltás ugyanis a villamos energia háló-



Növelt hatótávolságú (E-REV), villamos hajtású Chevrolet Volt (a), és erőátviteli főegységei (b)



Az elektromos részegységek a jármű padlózata alá kerülnek (i-Mi EV). Úgy, hogy a járműpadlózat vastagságát a lítium-ion cellák magassága határozza meg

zati előállítására és fedélzeti tárolására épül. Ezek magas szintű lehetőségeinek jobb kihasználását a megújuló energiaforrások villamos hasznosítása teheti teljessé, az akkumulátorok tárolóképességének és a villamos erőművek levegőtisztaság-javító fejlesztésének függvényében.

A villamos hajtású gépkocsik, így a 2010 végére tervezett bevezetésű Volt üzemet is alapvetően a jármű akkumulátora határozza meg, amelynek fejlesztését egymással versengő amerikai (A123), dél-koreai (LG) és japán cégek (Sanyo) végzik:

- az a123Systems piacvezetőnek számít a nanofoszfát-alapú lítium-ion technikában,
- az LG mangánalapú,
- a Sanyo kobaltalapú lítium-ion

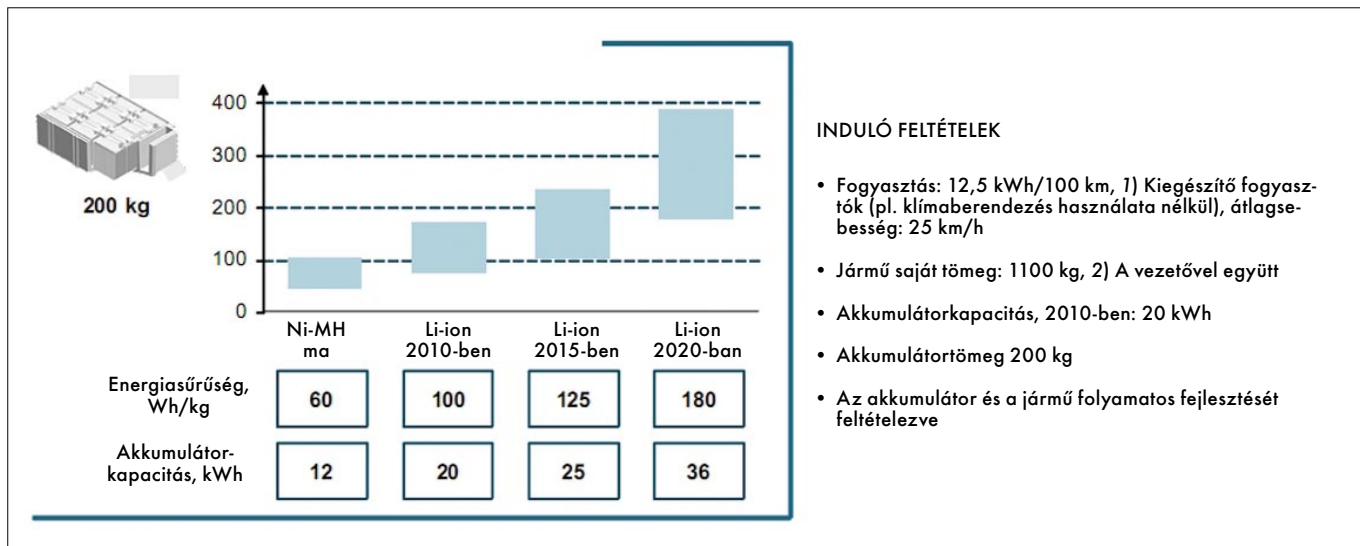
akkumulátorok fejlesztésén dolgozik. Az akkumulátorok a gépkocsi árának egynegyedét teszik ki, és ennek az árnak a csökkenésére csak a tömeggyártás beindulását követő években lehet számítani. A Voltot a GM Európában is értékesíti, ezért a jármű európai emissziós méréseit is elvégezték. Az európai menetciklus során a Volt belső égésű motorja 40 g/km CO₂-emisszió értéket ért el. A felsoroltak alapján belátható, hogy a villamos hajtás többet jelent akkumulátornál és villanymotornál. A villamos hajtású gépkocsik hálózati működtetésére a nap során változó villamos áram felhasználás kapacitástartalékainak kihasználása ad lehetőséget. E lehetőségek a gépkocsik erőátvitelének villamosításával használhatók ki. A lehetőségek magas szintű hasznosítását a nap-, szél- és vízerőművek megújuló energiaforrásai tehetik teljessé.

A villamos hajtás energetikai és magas szintű elszámoló rendszerre integrálása a jövő feladata. A részletek kimunkálását olyan nagymintapróbák segíthetik elő, mint a villamos kisautók londoni, párizsi és berlini flottakísérletei, vagy a BMW 500 villamos hajtású Minivel folytatandó év végi „i” pilotprojektje.

Kérdés, hogy a mindent felülíró hitelválság hogyan módosítja az autógyártók finansziális lehetőségeit, és az, hogy hat a távlati fejlesztési tervekre.

Villamos hajtómotorok

A legtöbb hibrid gépkocsi kerekeit állandó mágnes gerjesztésű szinkronmotor (permanent magnet synchronous motor: PMSM) hajtja. E motorfajta fő előnye a széles fordulatszám-tartományban fennálló, nagy teljesítménysűrűség, a kis beépítési tömeg és térfogat. Továbbá az, hogy az állandó mágnesű gerjesztésük során járulékos gerjesztésienergia-veszteség nem jelentkezik. Mezővezérlésük egyszerűbb felépítésű elektroniká-



A villamos járműhajtások főbb jellemzőinek prognózisa, 2020-ig

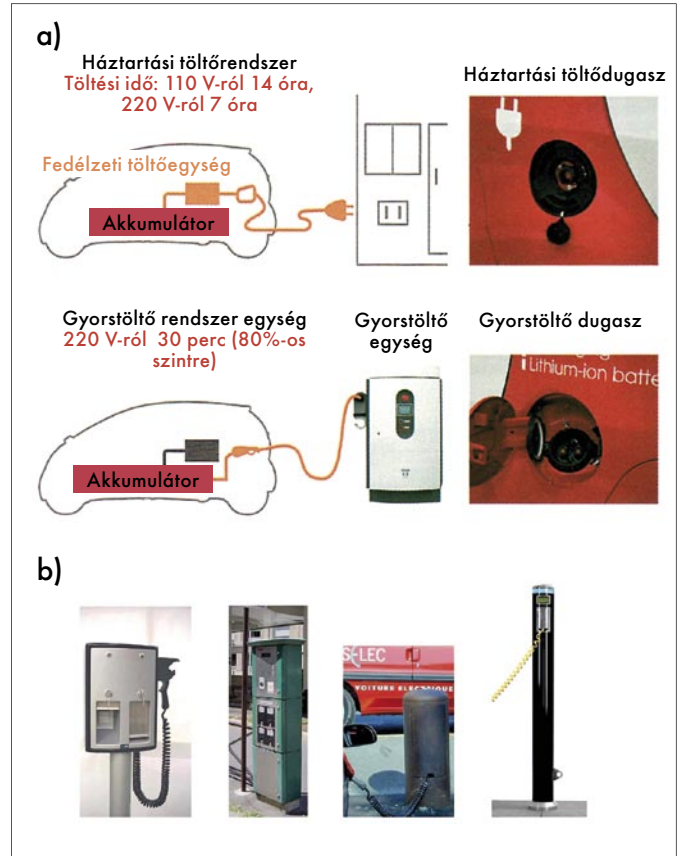
val oldható meg az aszinkron indukciós gépekénél. Már csak azért is, mert a forgórész helyzetet a fluxushelyzetnél könnyebb meghatározni.

Az állandó mágnes gerjesztésű szinkronmotorok azonban a költséges SmCo (szamarium-kobalt), vagy NdFeB (neodimium-vas-bór) különleges mágnesanyagai miatt más motorfajtáknál költségesebbek. A tapasztalatok szerint azonban úgy tűnik, hogy az állandó mágnes gerjesztésű szinkronmotorok nagyobb fajlagos teljesítménysűrűsége kárpótolja e motorfajta hátrányait.

A tisztán villamos hajtású akkumulátoros gépkocsikat aszinkron indukciós gépek (asynchronous induction machine: ASM) hajtják. Az aszinkron indukciós gépeket kalickás vagy csúszógyűrűs forgórészsel gyártják. Kifinomultabbnak az utóbbi változatúakat tartják.

Az aszinkron indukciós gépek termikusan is robusztus eszközök. E tulajdonságuk megfelelő hőszigetelő anyagok használatával az állandó mágnes gerjesztésű gépekénél eredményesebben javítható.

A háromfázisú, négyfázisú váltakozó áramú indukciós motorban forgó mágneses mező épül fel. Az elektromágneses indukció a forgórésztekercsben a forgó mező irányával ellentétes irányú nyomatékot hoz létre. A rézből és nem mágnesezhető acélból készített forgórész nyomatéka fogaskerék-áttételen keresztül hajtja a Tesla Roadster hátsó kerekeit. A percnként 13 500 min⁻¹-os fordulatszámú, 185 kW (250 LE) maximális teljesítményű villanymotor forgórészének fordulatszáma kisebb a forgó mágneses mezőénél. Ez azonban inverterekkel változtatható.



Lítium-ion akkumulátor háztartási és gyorstöltő rendszereinek vázlatja (a) és eddig használatba vett utcai gyorstöltő készülékek (b)

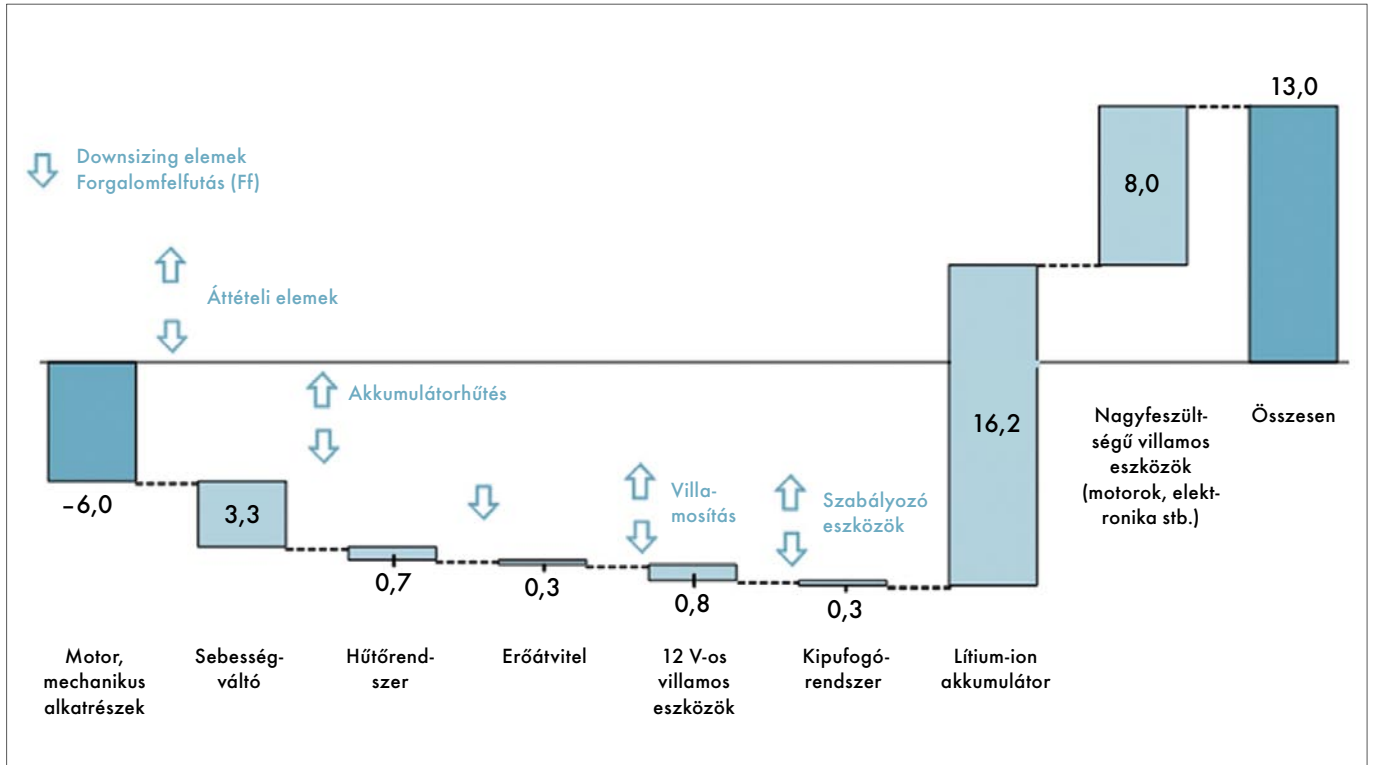
Elektromos autó a XX. század elejéről

Detroit Electric

A Detroit Electric autómárkát az 1900-as évek elején a detroiti Anderson Electric Car Company gyártotta. A savas akkumulátorral szerelt járművek reklámjaiban az szerepelt, hogy egyetlen feltöltéssel 80 mérföldet (130 km) képesek megtenni 20 mérföld/óra (32 km/h) maximális sebesség mellett. A gyár egyik tesztjén 211.3 mérföldet (340 km) tett meg az elektromos autó. A Detroit Electric-et főként hölgyeknek és orvosoknak adták el, akiknek fontos volt az, hogy autójuk fizikai megterhelés nélkül vagy gyorsan és megbízhatóan indulni tudjon. A termelés csúcsát az 1910-es évek jelentették, amikor 1000 és 2000 autót gyártottak évente. Az évtized végén, az első világháború következtében rendkívül megnőtt benzínárak elősegítették az elektromos autó népszerűségének növekedését.

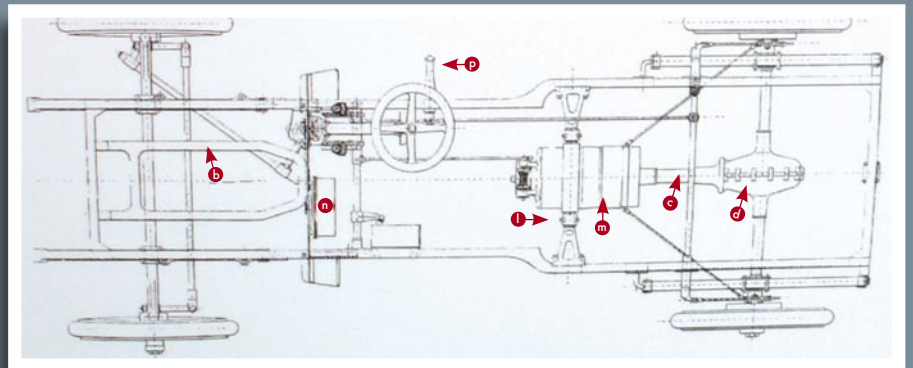
Az Anderson cég nevet változtatott. Az új nevű cég, a „The Detroit Electric Car Company” már kizárólag autógyártással foglalkozott, elválva a felépítménygyártó üzletágtól (később Murray Body), illetve a motor- és vezérlőgyártó üzletágtól (később





Nyugat-európai hajtásláncok piacának várható alakulása (25% EV/PHEV arány esetén) – árcsökkenést is feltételezve

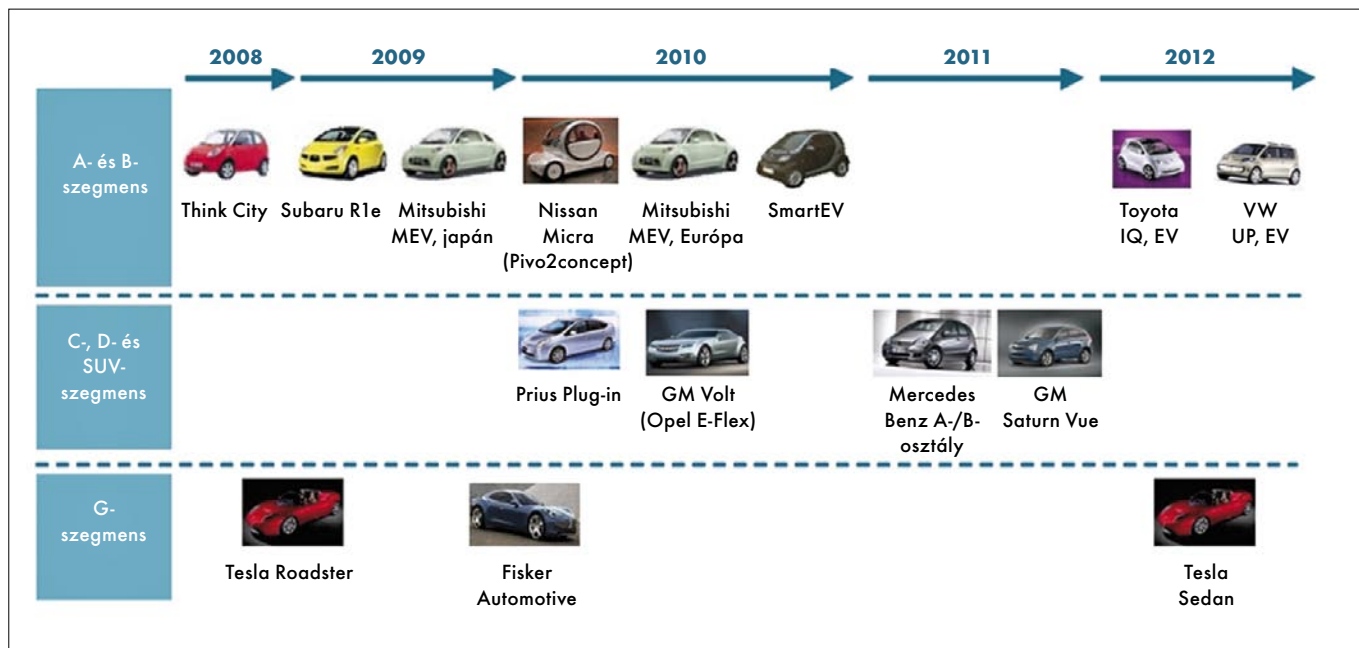
Az 1915-ből származó DE hajtásláncnak a vázlatán is látható, hogy a jármű elülső részén található tartókereten (b) helyezkednek el a savas akkumulátorok. Egy emeltyű (p) segítségével válik aktívá a hajtáslánc és az ún. menetkapcsoló (m) is, melynek segítségével 5 menetfokozat közül választhatja a jármű vezetője. A csuklós ágyazással (l) rögzített villanymotortól (m) a merev hajtótengelyen (c) át a differenciálművön (d) keresztül jut el a hajtónyomaték a kerekre.



Elwell-Parker). A belső égésű motorok fejlődésével és az ilyen erőforrással hajtott járművek olcsóbbá válásával az elektromos autó népszerűsége az 1920-as években jelentősen csökkent, ennek ellenére az 1929-es tőzsdekrach után is életben tudott maradni. Az utolsó autó 1939. február 23-án gördült le a gyártószalagról.

Detroit Electric-tulajdonosok között olyan prominens személyiségek voltak megtalálhatóak, mint Thomas Edison, Charles Proteus Steinmetz, Jr. John D. Rockefeller. Ilyen járművel közlekedett Henry Ford felesége is, Clara Ford, akinek extraként egy speciális gyerekekülés is be volt építve az autójába.





Eddig bejelentett villamos járművek és járműfejlesztések

Hajtásforradalom vagy evolúció?

Veszít-e a belső égésű motor a hajtások versenyében a villamos hajtással szemben? A kérdés ma távolról sem olyan természetesen, mint egy évtized múlva. Az alternatív járműhajtások fejlesztését a CO₂- és az olajkészletek vitáin túl a kőolaj árának hektikus változásai sűrgetik. E versenyben a híd szerepét betöltő hibrid hajtások a villamos hajtásoknak csak az első lépését jelentik, hiszen villanymotorjukon kívül egyelőre a belső égésű motorjuk használatára is rászorulnak.

A kétféle hajtáskonceptió megítéléséről az energiaforrások hajtott kerekekig mért teljes átalakítási folyamatának határfok-sz összehasonlítása dönt úgy a benzin, mint a gázolaj vagy a földgáz esetében.

A mai energialehetőségeket figyelembe véve, az akkumulátoros villamos hajtásnak 10–15%-os összehatásfok- és CO₂-emisszió előnye van más hajtásmódokkal szemben. A hidrogén alapú, tüzelőanyag-cellás hajtásmód ugyanis, H₂ tárolását és betöltését tekintve, a kisebb határfokú energiahasznosításán túl ma még infrastruktúra-hátrányban is van a villamos hajtással szemben. Ezek gyakorlati igényeket is kielégítő, versenyképes megoldása még jelentős kutató és fejlesztőmunkát igényel. Valamennyi pozitív tulajdonsága ellenére, a villamos hajtás széles körű elterjesztésének is megvannak a maga nehézségei. A villamos hajtás akkumulátorainak hatósugara, tömege, gyártási költségei és a feltöltési idő-igénye jóval meghaladják a kívánatosat, illetőleg a töltőállomások szokásos tankolási időigényét. Akkor is, ha lítium-ion akkumulátorokkal minden eddiginél kedvezőbb fejlesztési eredményeket értek el.

Az már azonban ma is bizonyos, hogy a villamos hajtású gépkocsi érdekes változásokat hoz a városi közlekedésben. Ha ugyanis a belső égésű motort nem járműhajtásra, hanem a jármű akkumulátorának töltésére használják, a biztonság, a kényelem, a költségek és a környezetvédelem új minősége jöhet létre a jövő városainak jármű- és infrastruktúra-kombiná-

cióiban. Olyan közösségi tulajdonú cars-sharing közlekedési eszköz csoportokat, és azok automatizált villamos töltőrendszereit is ideértve, amelyek a maguk napenergia-átalakító eszközeivel a lakóépületek új rendszerét hozhatják létre. Mindez az autóipar számára globális forradalmi lehetőséget kínál a gépkocsik emissziómentes nagyvárosi közlekedése számára.

A gépkocsihajtás helyi emisszió nélküli működtetése a nagyvárosi levegőtisztaság védelmének mindinkább alapfeltétele. A prognózisok szerint ugyanis 2050-ben a földi népesség fele városokban, harmada pedig tízmilliónál nagyobb lélekszámú megvárosokban lakik majd. Közöttük húsznál is több olyan várossal, amelyek népessége ma még a milliót sem haladja meg.

A környezetvédelem előfutárának számító Kaliforniában 2014 után a városok belterületén csak emissziómentes járművek kaphatnak forgalmi engedélyt.

Az akkumulátoros gépkocsik villamos hajtásának elterjedése szoros összefüggésben áll a lítium-ion akkumulátorok energia-sűrűségének és működési megbízhatóságának javulásával. Bár áruk ma még borsos (400–500 €/kWh), előnyeik miatt a lítium-ion akkumulátorok januártól kerülnek sorozatgyártású villamos gépkocsikba. Így egy 150 kilométeres út villamos-energia-igényét kielégítő jármű költséghányada tíz-tizenkét ezer euró, ami a duplája a 2020-ra tervezett költség szintnek. Ennek az áraknak a csökkenésére csak a tömeggyártás beindulása utáni években lehet számítani.

2020-ig, a széntüzelésű villamos erőművek fűtéstechikájának 25%-ot is elérő, CO₂-emissziót csökkentő korszerűsítése miatt, az áramukkal táplált legkisebb fogyasztású, akkumulátoros járművek képezik a legeredményesebb megoldást. Mivel a hidrogén-üzemanyagú hajtásmód bevezetésére ennél korábban nem lehet számítani, az elkövetkező két évtized a gépkocsi belső égésű motorok lassú háttérbe szorulásának, és a villamos hajtás előretörésének időszaka lesz.

PETRÓK JÁNOS