



Teljes erővel fellángolt az akkumulátor és az üzemanyagcella közötti technológiai versengés

A hidrogéntechnológián alapuló, fenntartható villamosáram-szolgáltatás

A nemzeti és nemzetközi klímavédelmi célokat nem lehet a klímasemlegetesen előállított hidrogén nélkül megvalósítani. A hidrogén a szükséges építőelem a globális antropogén üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez. Bár a megújuló energián alapuló villamosáram-termelés és a hidrogéntechnológia első látásra két, egymástól független szakterület, összekapcsolódásuk mégis a jövő áramszolgáltatásának ígéretes koncepciója. A sikeres áttérés feltétele a rendszer képének megalkotása, a jövő hidrogéntechnológián alapuló fejlesztési potenciáljának stratégiai szintű felismerése.



Prof. Dr.-Ing.
Anisits Ferenc

A villamosáram-hálózat Achilles-sarka

...elenlegi, szükséglet szerinti termelést időjárás szerinti termelés váltja fel, és az állás a működő rendszerek átalakítását igényli, mert ezek kevés áramtermelőből

állnak, és központi frekvenciaszabályozással gondoskodnak a hálózati stabilitásról. Ilyen rendszerben minden pillanatban pontosan ugyanannyi áramot kell termelni, mint amennyit a fogyasztó elhasznál. Ha a termelés nem pontosan követi a fogyasztást, az eltérés azonnal kihat a frekvenciára. Alultermelésnél csökken, túltermelésnél pedig növekszik a frekvencia. Már kisebb frekvenciaeltérésnél károsodást szenvednek a fogyasztók készülékei, míg nagyobbak a hálózat teljes ösz-

szeomlásához is vezethetnek. Decentrált megújuló áramtermelés esetében a rendszer frekvenciaszabályozás nélkül működésképtelen. A hálózati frekvencia 50 Hz. Hosszú ideig tartó áramkiesésnél (blackout) a károsodás katasztrófális következménnyel járhat, mert nemcsak a felvonók akadnak el vagy a közlekedési lámpák működése áll le, hanem az egész gazdasági élet megbénulhat, hiszen minden leállhat - számítógépek, üzletek pénztárai, telefonok, pénzautomaták, tankolóállomások, a

közműszolgáltatás gépészeti egységei stb. Az áramhálózati stabilitás ezért a rendszer működésképeségének legfőbb kritériuma.

A megoldás a digitális, integrált áramhálózat (smart grid), amelyben megvalósítható az áramtermelők és fogyasztók adatainak azonos idejű feldolgozása (információcsere) útján. A rendszer működésének alapfeltétele az időben és mennyiségben is szabályozható árambetáplálás lehetősége, ami szükségessé teszi a termelt villamos áram időleges tárolását. Így nyílik lehetőség a betáplálás és a fogyasztás dinamikus összehangolására, ún. hálózatos menedzsmentjére. A rendszer „agya” a szabályozási központ, ahová az összes információ befut. Széles adatbázis áll rendelkezésre a precíz szabályozás céljára az aktuális fogyasztásról és a rendszerben történő áramtermelésről. A rendszer képes a fölöslegesen termelt áramot szeles és nap-sütéses napokon tárolni, és akkor a vezetékekbe táplálni, amikor a fogyasztás túllépi a termelést. Digitális hálózat nélkül a szél- és naperőművek nagy része kihasználatlan marad. Kivételt képeznek az autonóm, önálló háztartások vagy lakóparkok (10-100 lakóegységre). Lokális, decentralizált áramellátásnál meg kell valósítani az egész energiahálózatot: szél- vagy naperőmű, vízbontó készülék, hidrogéntárolás, üzemanyagcella, villamos áram. Ebben a rendszerben szükségtelenné válik a vezetékes, veszteséges áramhálózat.

A hagyományos erőművek leállításával csökken a frekvencia automatikus stabilizáló hatása is, amely növeli az öngerjesztő hullámhegyek keletkezésének valószínűségét.

A megújuló energia termelésének hazai korlátai

Az áramszolgáltatás szükségletének megújuló energiával történő lefedése a stratégiai tervezés kiindulópontja. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (2019-es) adatait figyelembe véve a szélkerék- és a naperőműparkok telepítése tervezhető. A hazai összes előállított villamosenergia-termelés 34 154 GWh/év (34,154 TWh). Érdemes a megújuló energia termeléséhez szükséges fajlagos területigényeket megbecsülni: szélparkoknál 64 000, naperőműveknél 22 900, biomassza-erőműveknél 588 000 m²/GWh. A legkedvezőbb esetben, a naperőművek területigényével számolva a zöldáram ter-

meléséhez (34,154 x 22 900) 778,6 km², Magyarország területének (93 030 km²) 0,84%-a lenne szükséges - a gazdasági növekedésből származó jövőbeni energiaigények figyelembevétele nélkül. Ez nagyobb, mint Budapest területe (527,2 km²), amelyet a természettől elvéve energiatermelésre kellene felhasználni.

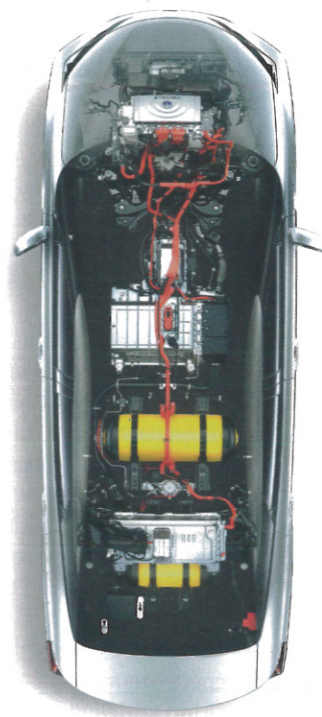
Jelenleg a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia részaránya: szél- (729 GWh/év) és napenergia (1497 GWh/év), biogáz (1769), biomassza (318 GWh/év), víz (219 GWh/év), összesen 4532 GWh/év, azaz 13,27%. A fosszilis energiaforrásokból előállított villamos energia részaránya: szén- és széntermékek (4184), földgáz (8566), kőolajtermékek (70), kommunális hulladék (137), összesítve 12 957 GWh/év képezi a mai energiaremélés karbontartalmát. A teljes dekarbonizálás területigénye naperőművekkel mintegy 296,7 km².

Az atomenergia nagymértékben rendelkezésre álló, gazdaságilag kedvező és CO₂-mentes energiaforma. Kockázata döntően attól függ, hogyan építik és üzemeltetik a létesítményeket. A műszaki haladás következtében azonban a kockázatok folyamatosan csökkentek. Az atomenergia nagy energiasűrűsége, viszonylag kis telepítési területigénye (25-50 m²/GWh), könnyű ellenőrizhetősége és szabályozhatósága következtében számos országban felerősödött az atomenergia kiépítésének követelése. A hatékony CO₂-korlátozás miatt atomáram használata nélkül alig ha lehetséges a jövő energiaigényének kiszolgálása. Az atomerőművek növekvő részesedésével az áramtermelésben egyben csökken az áramkiesés veszélye is.

Új hidrogéntermelési eljárás

Az Energy Global SGH2 a Solena Group vállalkozása (Lancaster, Kalifornia), amely tevékenységét a hidrogéntartalmú hulladékok elgázosítására zöldhidrogén előállítására céljával fókuszálta. A SPEG (Solena Plasma Enchanged Gasification) eljárás a plazmatechnológián alapul. Magas hőmérsékleten, 3500-4000 °C között minden hulladék anyag molekuláris részecskéire bomlik szét, és a folyamat végén nagy tisztaságú hidrogénben gazdag gáz keletkezik. A vállalkozás 2023-ig a világ legnagyobb, plazmafáklyás eljárást alkalmazó berendezését építi fel, amely hulladékból évi 3,8 tonna hidrogént állít elő.

A vizsgálat hatókörének bővítése az akkumulátoros autó környezetvédelmi hasznosságát alapjaiban megingatná.”



A hidrogéngazdaság fő területei

A hidrogén használata két fő területre fókuszálódik: elektromosáram-szolgáltatásra és a mobilitás biztosítására.

A belső égésű hidrogénmotor - a földgázmotor mintájára - minden dugattyús motornál megvalósítható. A hidrogéntároláson kívül az átalakítás elenyészően csekély, nem igényel sem ritkaföldfém nyersanyagokat, sem nehéz elektromotorok beépítését. A hidrogénüzem majdnem teljesen szén-dioxid-mentes (a kőolajból származó CO₂-emisszió kisebb, mint 1 g/km). A nitrogén-oxid-kibocsátás katalitikus úton gyakorlatilag elhanyagolható. Az égéstermék vízgőz. A BMW kis sorozatban legyártott 750L modelljével már évtizedekkel ezelőtt bebizonyította a koncepció alkalmazhatóságát. Mivel az akkumulátoros elektromos meghajtás teher-

gépjárműveknél, távolsági autóbuszoknál és nehéz munkagépeknél alkalmazatlan technológia, ezért a Daimler MAN-fejlesztési programjában a hidrogéneen alapuló belső égésű motor fontos szerepet kap.

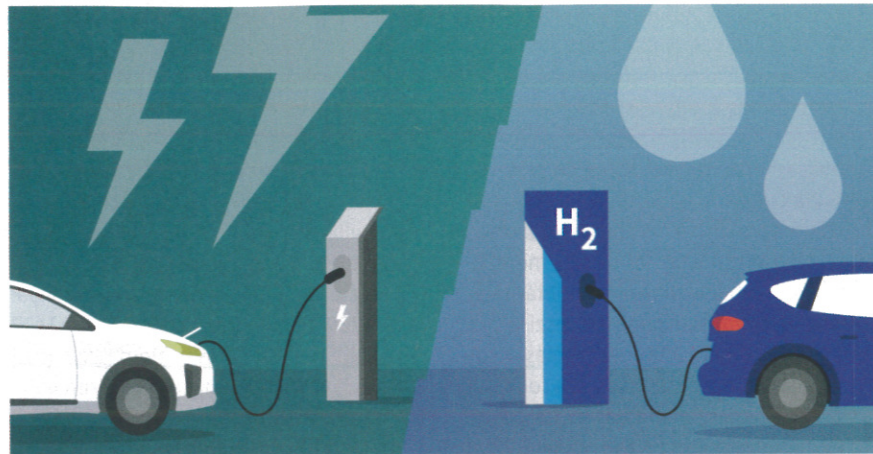
Hidrogénalapú üzemanyagcella

Az üzemanyagcella működési elve megfelel egy energiaátalakítónak, amelyben elektrokémiai folyamat során a hidrogén és a levegőben lévő oxigén reakciójából víz, elektromos áram és hő keletkezik. A folyamat gyakorlatilag káros anyagtól mentes, nagy hatásfokú. Elektrodaanyagként többnyire platinát és grafitot használnak. Az üzemanyagcella összetett berendezés, amely tankból, szivattyúból és csővezetékekből, valamint olyan segédkészülékekből áll, amik az elektrokémiai reakció termékének (vízgőz) eltávolítására és a hűtőkörfolyamat fenntartására szolgál. Alkalmazása repülőgépekben és vonatszerelvényekben az utóbbi évek során számos pilotprojektben megvalósult. A Deutsche Luft- und Raumfahrt (DLR) és a TU Ulm négyüléses repülőgépet („HY4”) fejlesztett ki és tesztelt sikerrel, az Alaka és a BMW pedig együtt dolgozik a 640 km hatótávolságú, ötüléses repülő taxi (Flugtaxi) fejlesztésén. A vasúti közlekedésben is hidrogén-üzemanyagcellás hajtású vonatok tesztelése folyik például Cuxhaven és Bremenhaven között. 2021 végére üzemanyagcellás vonatok (Corodia iLint) közlekednek menetrend szerint Alsó-Szászországban.

A technológiai versengés az akkumulátor és az üzemanyagcella között teljes erővel fellángolt. Ezúttal azonban a gazdaságtól vezérelten, nem pedig EU-s politikai befolyással, zéróemisszió-besorolással premizálva és az adófizetők pénzével szubvencionálva.

Az akkumulátor és az üzemanyagcella összehasonlító értékelése

Az akkumulátor- és a hidrogénalapú üzemanyagcellás autó technológiai értékelésére számos tanulmány született. A kompetens és független Fraunhofer Intézet (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme – ISE) tudósai is készítették az összehasonlító elemzést. A specialisták a hatásfok és a szén-dioxid-kibocsátás mellett megvizsgálták a környezetre gyakorolt más hatásokat is, az infrastruktúra kiépítésének környezeti hatásait azon-



ban figyelmen kívül hagyták. A tanulmány kulcsüzenetei:

- Az üzemanyagcella CO₂-lábnyoma a gyártásban és a hulladékkezelésben mutatkozik. Az akkumulátoros autó „CO₂-háztisztsákkal” születik, amely a gyártásnál keletkezik, azaz még az üzembe helyezés előtt.
- A zöldhidrogén teljes folyamatlánc – az előállításától a szállításon keresztül az áramtermelésig – hatásfok tekintetében hátrányosabb, de szinte teljesen emissziómentes. Az akkumulátoros autózem magasabb hatásfoka azonban nem képes – a gyártásnál és a fosszilis energiával szennyezett üzemeltetésnél keletkező – szén-dioxid-hátrányt kiegyenlíteni.
- Kis teljesítményű, rövid hatótávú akkumulátoros autók a városi forgalomban előnyösebbek, mint az üzemanyagcellás járművek.
- Nagy gépjárműveknél, munkagépeknél, mezőgazdasági gépeknél megfordul a helyzet: az üzemanyagcella messze előnyösebb koncepció.
- Az üzemeltetésben az üzemanyagcella rövid idő alatt feltölthető, hosszabb hatótávolságú és élettartamú. A mindennapi használatban attraktívabb autó.
- A hidrogénállomások száma nagyságrendekkel kisebb, mint az akkumulátoré.

Az üzemanyagcellás autók nem robbanásveszélyesek. Durránógáz csak az oxigén és a hidrogén 18%-os részarányánál jöhet létre. Mivel a hidrogén tizennégyszer könnyebb, mint a levegő, rendkívül illékony. A robbanásveszély elvileg csak felülről zárt és légmentesen szigetelt térben léphet fel.

Az akkumulátoros autók műszaki főlényé kizárólag a hatásfok alapján nem

mondható ki. A fűtéshez télen és a hűtéshez nyáron kiegészítő energia szükséges. Az energiafogyasztást növeli az akkumulátor és az elektromotorok súlya. A 200-500 km hatótávolság megtétele után az elektromos autóknak 30-50 perc töltési időre van szükségük.

A tanulmányból nem lehet az életciklus teljes ökológiai mérlegére következtetni, hiszen a vizsgálat csak gépjárművekre vonatkozik. A valós környezeti mérleg azonban az egész értéktermelő lánc vizsgálatánál lenne teljes. Így a fontos kritikus nyersanyagok (platina, lítium, kobalt) kiaknázásának, feldolgozásának és szállításának energiaigényes és természetkárosító hatása (víz, talaj, levegő, élővilág), valamint a másodlagos újrahasznosítás figyelmen kívül marad. A vizsgálat hatókörének bővítése az akkumulátoros autó környezetvédelmi hasznosságát alapjaiban megingatná.

Összegzés

A stratégiai döntésekhez szükséges alapvető kritériumok a *villamosenergia-hálózat működőképessége* és a megújuló energia termeléséhez szükséges *területigény kielégíthetősége*. Hasonló fontosságú feltételek a termelt „zöld” villamos áram *tárolhatósága*, és a hálózatba táplálás *tervezhetősége* – mennyiségben és időben. A technológiai versenyt befolyásoló további faktorok a *globális üvegházgáz-mentesség*, a *kritikus nyersanyaggal való ellátottság* hosszú távon, és a *piaci elfogadottság, attraktivitás* (ár és mindennapos használhatóság).

A sikeres innovátor olyan, mint a kiváló labdarúgó: mindig oda mozog, ahová a labdát várja, és nem oda, ahol éppen még pattog.