



Hidrogéncella Alkalmazási Lehetőségeinek Vizsgálata Hibrid Hajtású Kisrepülőgépekhez

Venczel Márk, Bicsák György

BME

Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék

XIX. Repüléstudományi Napok

Magyarország, Budapest, 2017.11.16.



Tartalom

1) Bevezetés

- Növekvő trendek, véges erőforrások
- Hidrogéncella bemutatása
- Hibrid hajtás

2) Hidrogéncella a repülésben

- Pilóta nélküli repülőgépek, drónok
- Kisméretű és könnyű repülőgépek
- Középkategóriájú repülőgépek
- Nagyméretű repülőgépek [Kitekintés]

3) Összefoglalás



Tartalom

1) Bevezetés

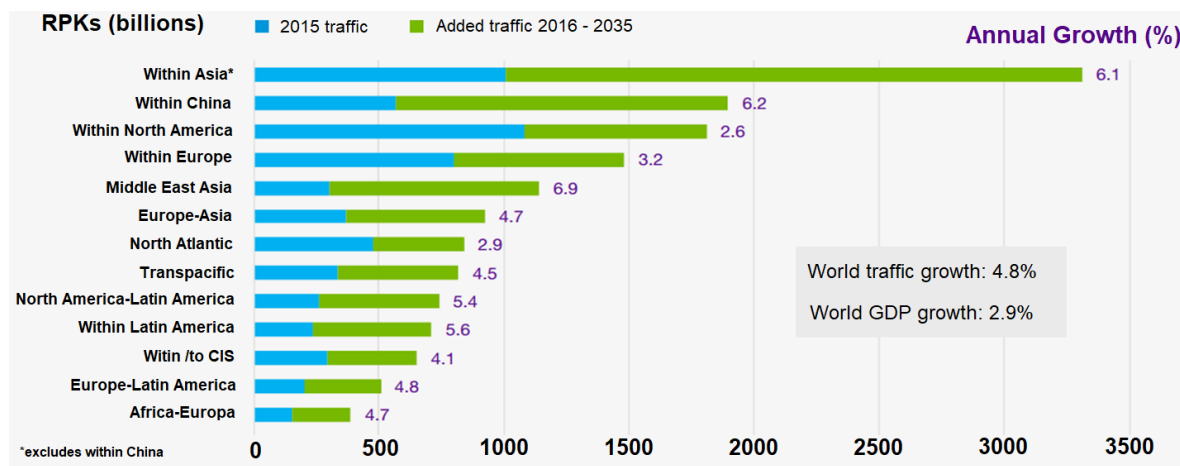
- Növekvő trendek, véges erőforrások
- Hidrogéncella bemutatása
- Hibrid hajtás

2) Hidrogéncella a repülésben

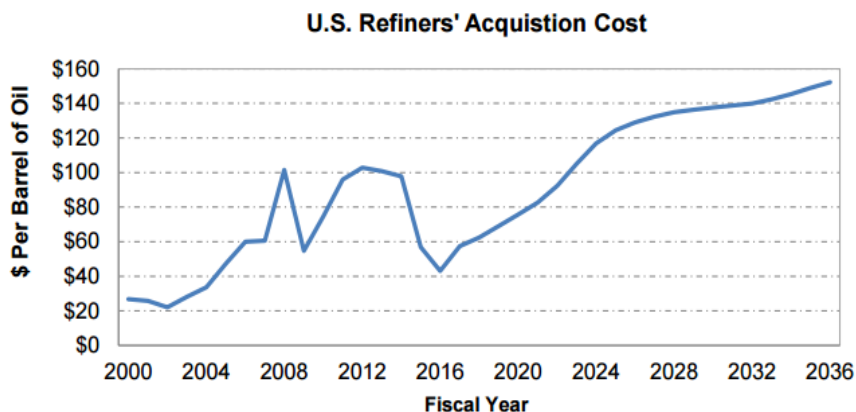
- Pilóta nélküli repülőgépek, drónok
- Kisméretű és könnyű repülőgépek
- Középkategóriájú repülőgépek
- Nagyméretű repülőgépek [Kitekintés]

3) Összefoglalás

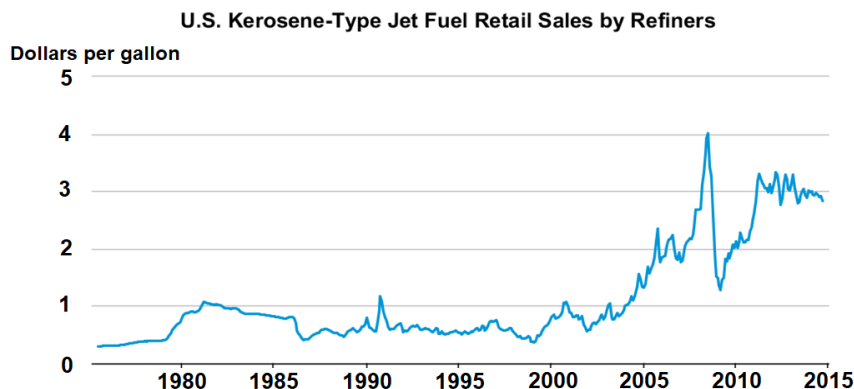
Növekvő trendek, véges erőforrások



1. ábra: A légiforgalom várható növekedési rátája [1]



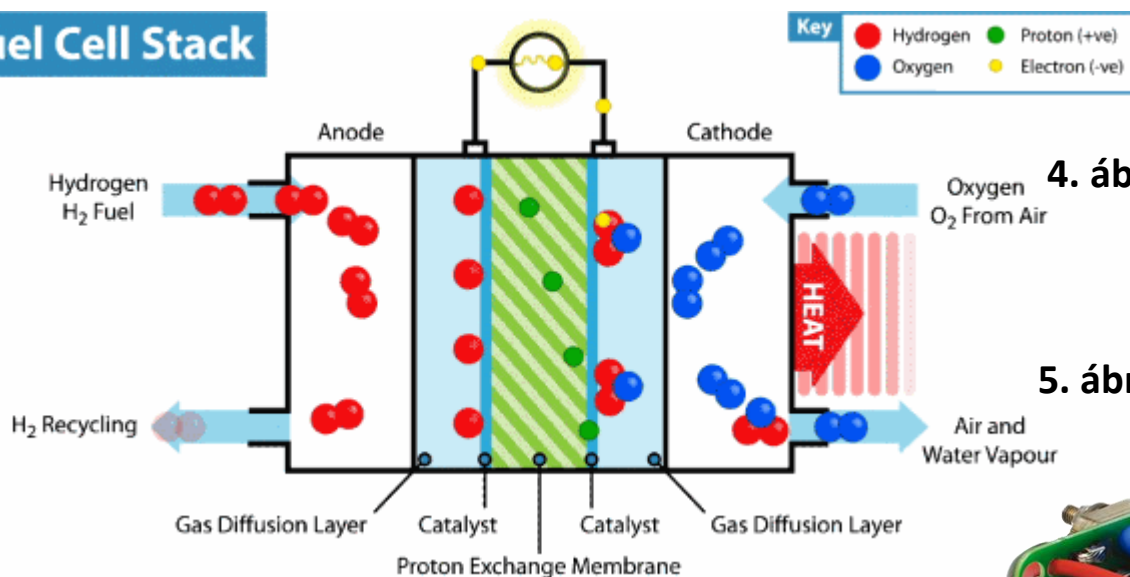
2. ábra: A kőolaj várható árának alakulása [1]



3. ábra: A kerozin árának alakulása [1]

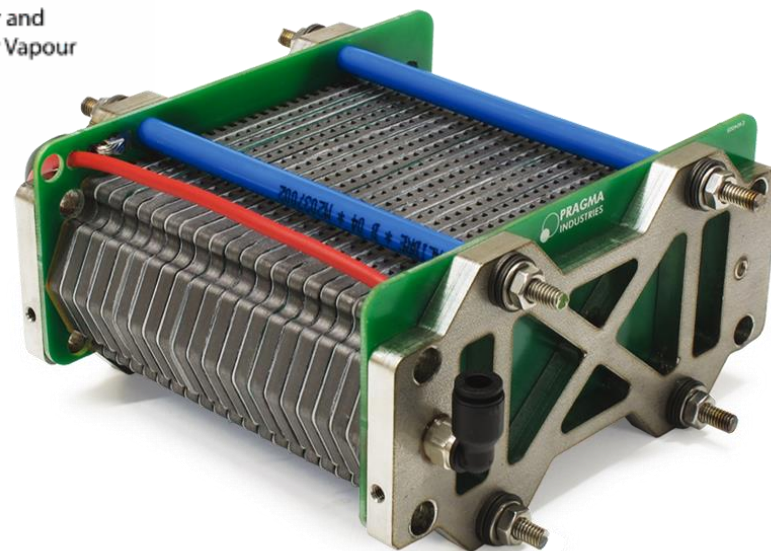
Hidrogéncella bemutatása

Fuel Cell Stack



4. ábra: Hidrogéncella működése [2]

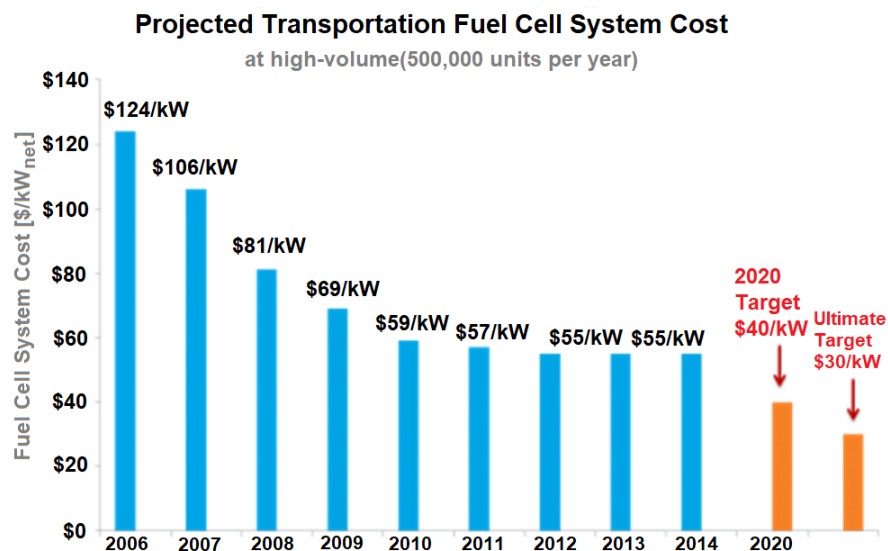
5. ábra: Hidrogéncella köteg [3]



Hidrogéncella bemutatása

Tüzelőanyag-cella típusok	Elektrolit	Tüzelő- anyag	Hatásfok	Teljesítmény
DMFC direkt metanol membrános cella	protonáteresztő membrán	metanol O ₂ levegő	20 – 30%	100 mW – 1 kW
AFC alkáli elektrolitos cella	30-45%-os kálium-hidroxid oldat, gél	tiszta H ₂ O ₂	60 – 70%	10 – 100 kW
PEMFC protonáteresztő membrános cella	protonáteresztő membrán	tiszta H ₂ O ₂ levegő	50 – 70 %	1 W – 500 kW
PAFC foszforsavas cella	tömény folyékony foszforsav	tiszta H ₂ O ₂ levegő	40 – 60%	10 MW
MCFC olvadt karbonátos cella	olvadt lítium-, nátrium-, kálium – karbonát	H ₂ földgáz széngáz	50 – 60%	100 MW
SOFC szilárd oxidos cella	szilárd cirkónium -, ittrium-oxid kerámia	biogáz O ₂ levegő	55 – 60%	100 MW

6. ábra: Különböző tüzelőanyag-cellák adatai



7. ábra: Tüzelőanyag-cellák piaci ára [1]



Hibrid hajtás

Hibrid jármű definíciója:

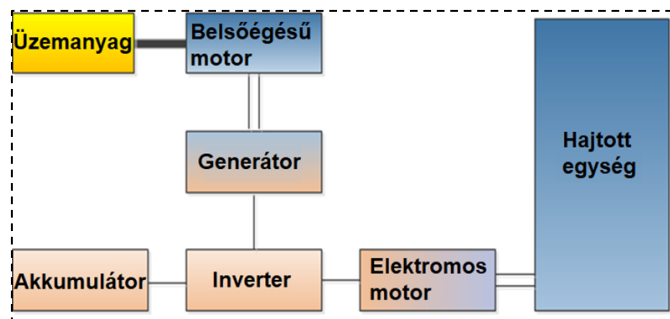
- ✓ Meghajtásához szükséges energiát több, egymástól eltérő elven működő, szelektíven működtethető erőforrásból nyeri
- ✓ Elsődleges energiaforrás valamilyen kémiai tüzelőanyag és hagyományos belsőégésű motor
- ✓ Másodlagos energiaforrás lehet kémiai elem (akkumulátor, tüzelőanyag-cella) és elektromotor
- ✓ Legalább egy energiaforrásnak képesnek kell lennie kétirányú energiaáram megvalósítására (energia leadás és visszatáplálás)



Hibrid hajtás

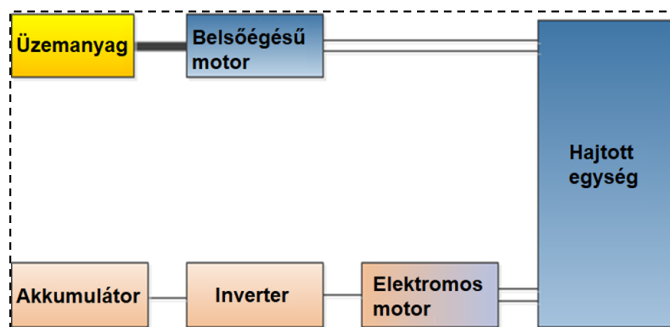
Elérhető üzemmódok:

- Tiszta villamos mód
- Tiszta motorikus mód
- Hibrid mód
- Motorikus és akkumulátortöltő mód
- Visszatápláló fékezési mód

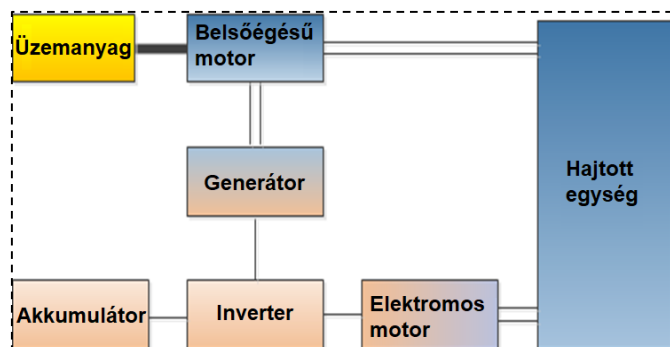


— Mechanikus kapcsolat
— Hidraulikus kapcsolat
— Elektromos kapcsolat

8. ábra: Soros elrendezés [1]



9. ábra: Tisztán párhuzamos elrendezés [1]



10. ábra: Komplex-párhuzamos elrendezés [1]



Tartalom

1) Bevezetés

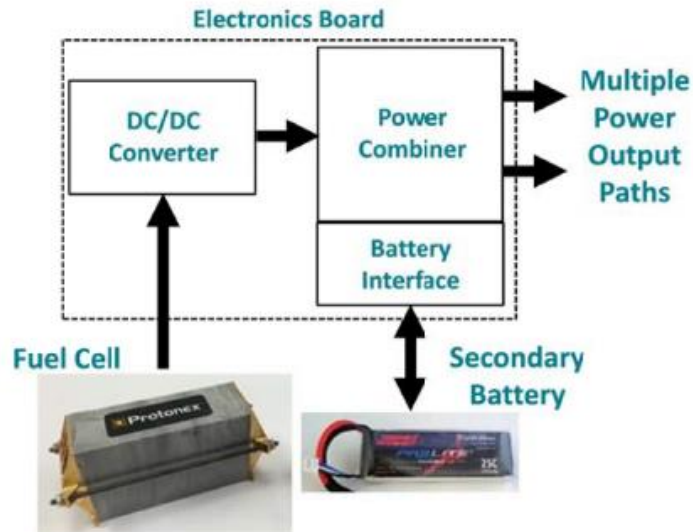
- Növekvő trendek, véges erőforrások
- Hidrogéncella bemutatása
- Hibrid hajtás

2) Hidrogéncella a repülésben

- Pilóta nélküli repülőgépek, drónok
- Kisméretű és könnyű repülőgépek
- Középkategóriájú repülőgépek
- Nagyméretű repülőgépek [Kitekintés]

3) Összefoglalás

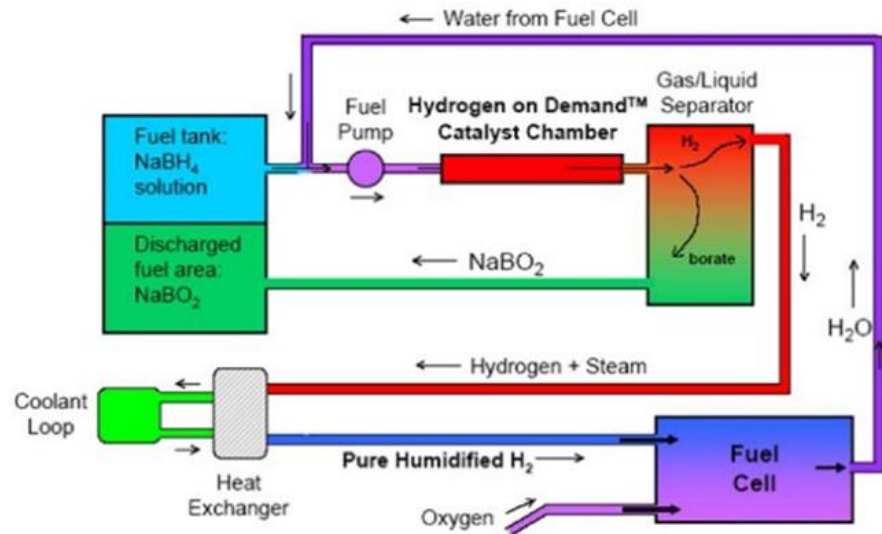
Pilóta nélküli repülőgépek, drónok



11. ábra Hidrogéncella-akkumulátor [4]

Hidrogén a fedélzeten:

- Hidrogén előállítása központi egységben
- Hidrogén előállítása elosztott egységekben
- Hidrogén gáz tárolása (350-700 bar szénszálas tank)
- Folyékony hidrogén tárolása ($\sim -250^\circ\text{C}$)
- Kémiai hidrid patronok (pl.: nátrium-bórhidrid)



12. ábra: Nátrium-bórhidrides energiaforrás [1]



Pilóta nélküli repülőgépek, drónok

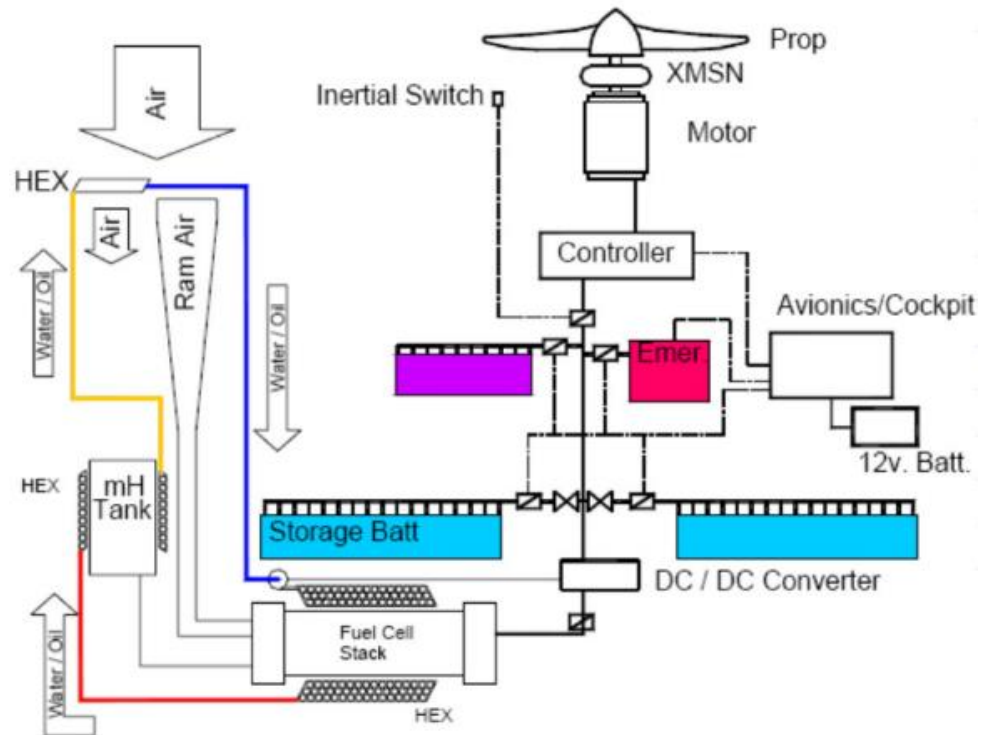
Aeropak Horizon



FUEL CELL SYSTEM SPECS

Continuous Output Power:	200W
Peak Power (hybrid battery):	600W for 2 min.
Continuous Output current:	10A
Output Voltage Range:	20V-32V
FC System Weight:	470g (1.04 lbs)
Dimensions (mm):	126 X 116 X 138
Operating environment:	0C-40C / 0-95% humidity
Max altitude with no change:	2000m (can be adjusted)

13. ábra: Aeropak cellarendszer [5]



14. ábra: Hibridhajtású UAV rotor vázlata [1]



Kisméretű és könnyű repülőgépek



- 2008
- 20 kW
- 100 km/h

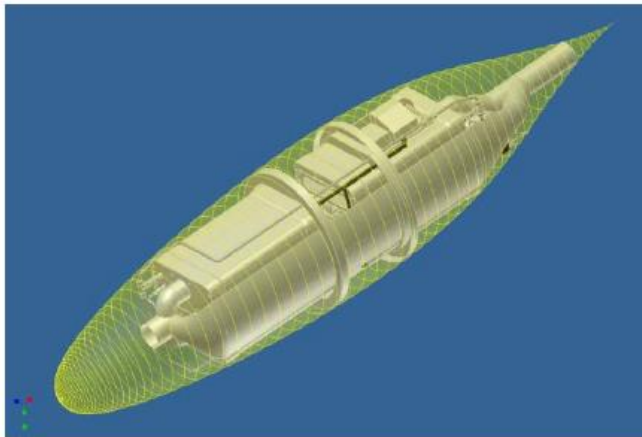
15. ábra: Boeing Fuel Cell Demonstrator modellje [1]



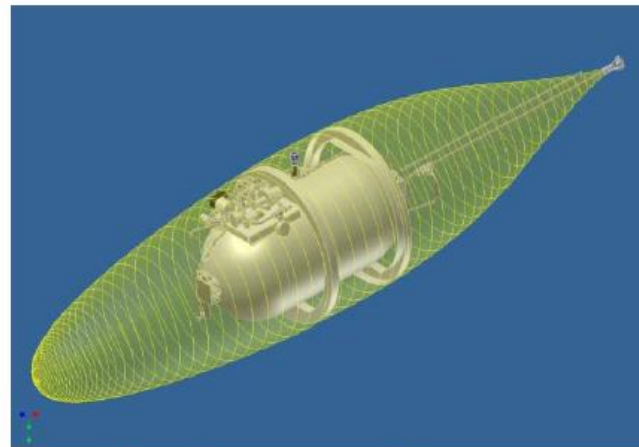
Kisméretű és könnyű repülőgépek



- 2009
- 55 kW
- 176 km/h



Fuel cell system



Hydrogen storage

16. ábra: Antares DLR H2 – Gen 2 modellje [1]



Kisméretű és könnyű repülőgépek

- 2016
- 42 kW
- 145 km/h



17. ábra: HY4 modellje [1]



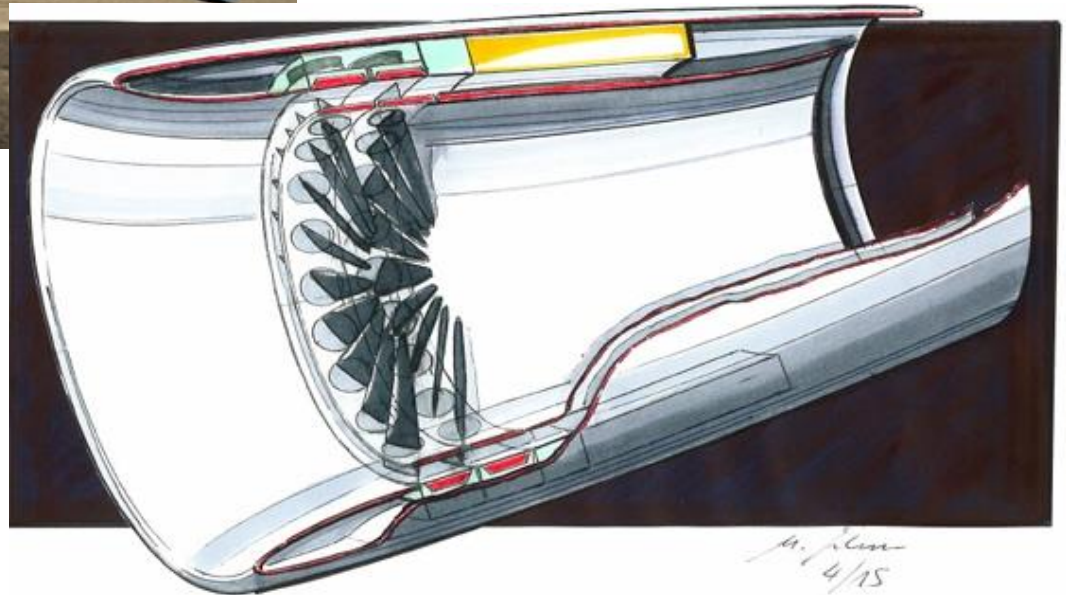
Kisméretű és könnyű repülőgépek



18. ábra: Airbus E-Fan Plus [1]

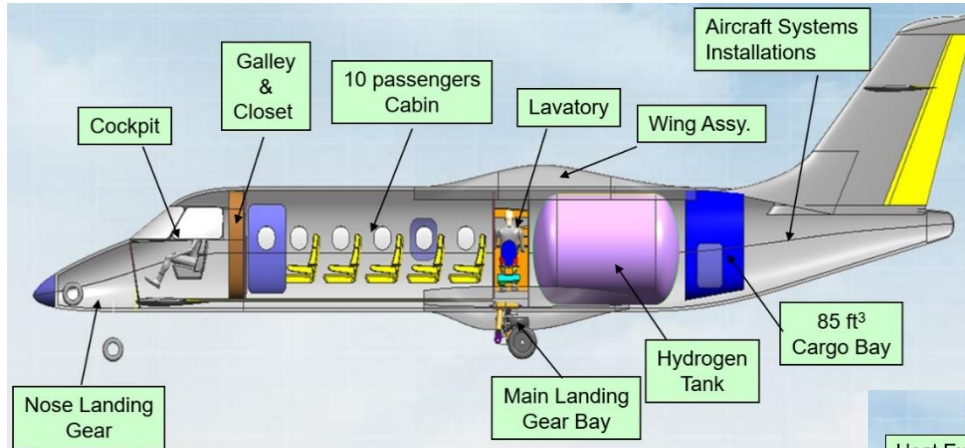
- 2016
- 60 kW
- 160 km/h

19. ábra: E-Fan Plus hajtóművázzlata [1]

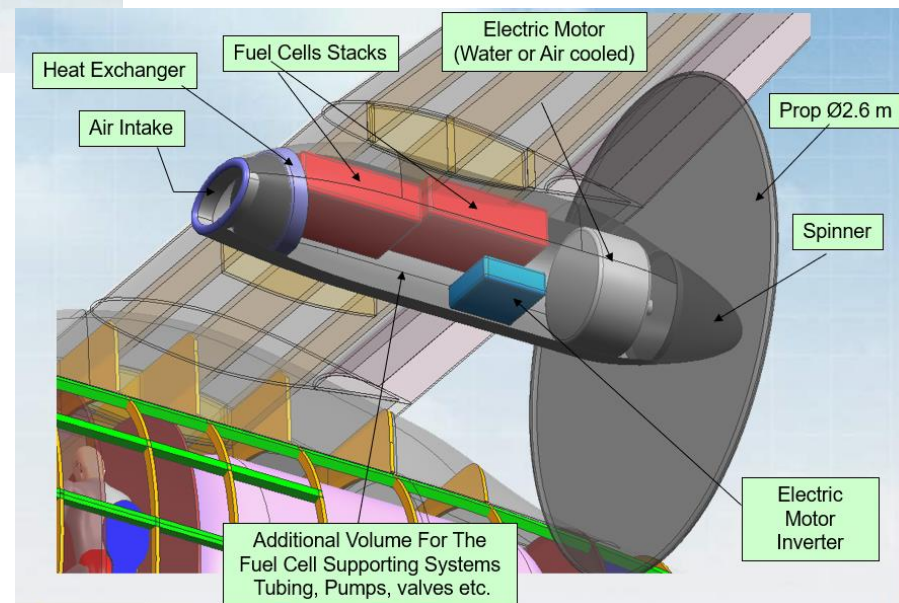
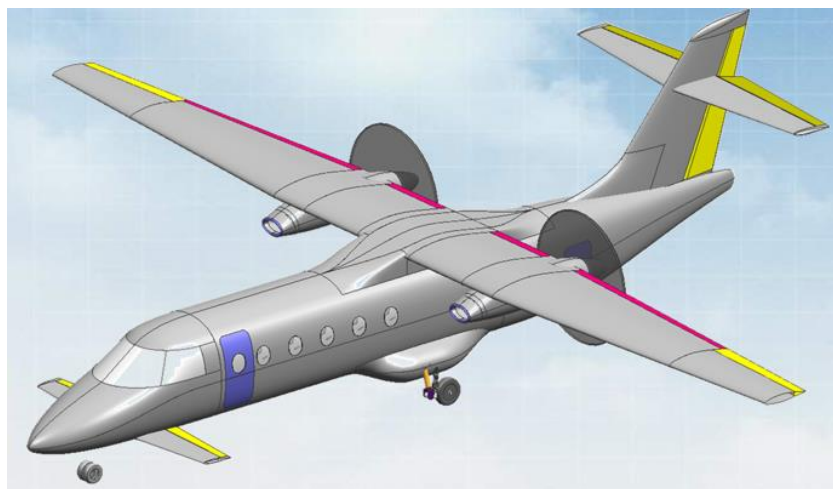




Középkategóriájú repülőgépek



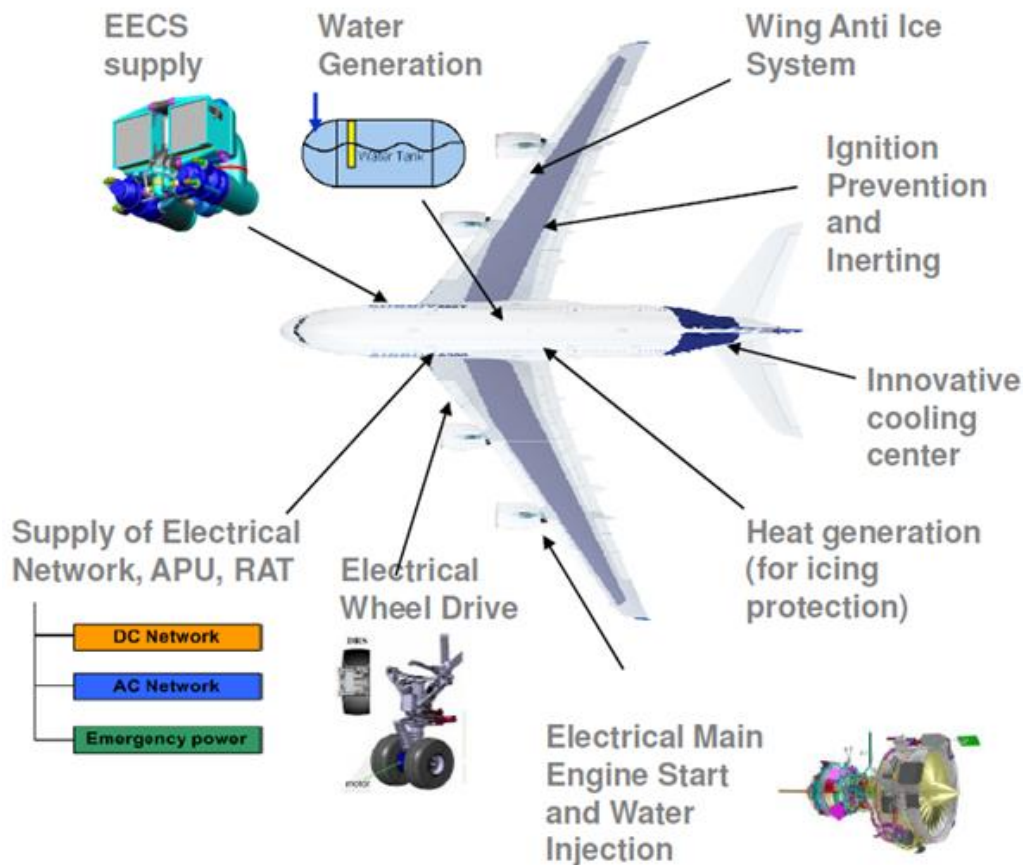
20. ábra: Többlégszaváros hibrid modell [1]



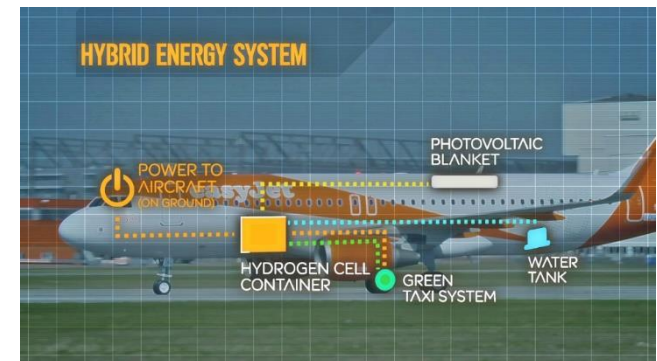


Hidrogéncella a repülésben

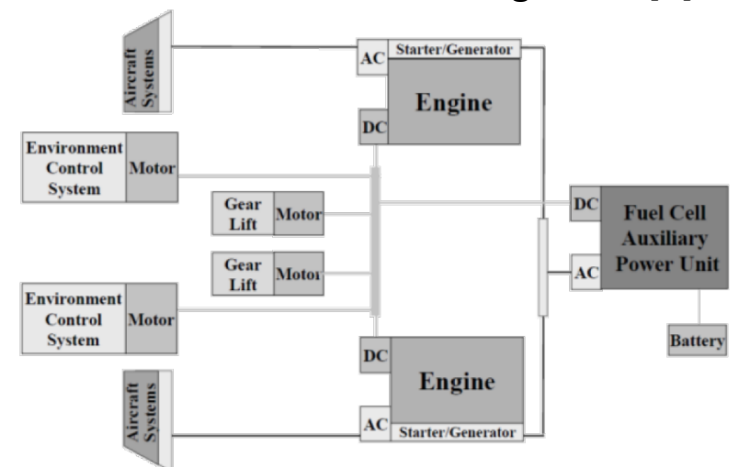
Nagyméretű repülőgépek [Kitekintés]



21. ábra: Sokoldalú hibrid rendszer [6]



22. ábra: Csendes és zöld gurulás [1]



23. ábra: Hibrid energiaellátó rendszer [1]



Tartalom

1) Bevezetés

- Növekvő trendek, véges erőforrások
- Hidrogéncella bemutatása
- Hibrid hajtás

2) Hidrogéncella a repülésben

- Pilóta nélküli repülőgépek, drónok
- Kisméretű és könnyű repülőgépek
- Középkategóriájú repülőgépek
- Nagyméretű repülőgépek [Kitekintés]

3) Összefoglalás



Összefoglalás

- A világ légiforgalma határozott növekedést mutat
- Az egyre **növekvő teljesítmény- és erőforrásigények** a jövőben nem elégíthetők ki a korlátozott kőolajkészletekkel
- Az alternatív tüzelőanyagok közül a **hidrogén** esélyes versenytársává vált a hagyományos tüzelőanyagoknak
- A **hidrogéncellák** már bizonyítottan helytállnak a kisméretű és könnyű repülőgépek hibrid hajtásában
- Nagyméretű repülőgépek alrendszerinek támogatásában is sikeresek lehetnek
- A hidrogén nagymennyiségű tárolásának és kezelésének megoldásával egyre közelebb és közelebb kerülünk a **zéró emisszióra képes repülés** megvalósításához



Köszönöm a figyelmet!

Az előadást támogatja:

Az EFOP-3.6.1-16-2016-00014 projekt: Diszruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe

Felhasznált ábrák forrása:

- [1] Venczel Márk, Bicsák György: Hidrogéncella Alkalmazási Lehetőségeinek Vizsgálata Hibrid Hajtású Kisrepülőgépekhez, konferenciakik tervezet, 2017
- [2] http://www.intelligent-energy.com/static/img/animations/fuel_cell_stack.gif
- [3] https://www.pragma-industries.com/wp-content/themes/default/images/uploads/FC_system2-1-800x600.png
- [4] <http://www.unmannedsystemstechnology.com/wp-content/uploads/2017/02/White-Paper-Fuel-Cell- Energy-Systems-for-UAVs.pdf>
- [5] [https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Technical%20Reports/STO-TR-SET-173-Part-II/\\$\\$TR-SET-173-Part-II-ALL.pdf](https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Technical%20Reports/STO-TR-SET-173-Part-II/$$TR-SET-173-Part-II-ALL.pdf)
- [6] https://www.researchgate.net/publication/225022234_Fuel_Cells_For_Aircraft_Applications