بسم الله الرحمن الرحیم

مروری بر هواپیماهای الکتریکی به همراه تخمین اولیه برای ساخت یک نمونه ایرانی

محسن بهرامی[1]

چکیده :

پس از تلاش طولانی مهندسان و دوستداران محیط زیست برای حرکت صنعت حمل و نقل زمینی به سمت عاری شدن از آلودگی اینک زمزمه هایی به گوش می‌رسد که صنعت نیز در حال حرکت به سمت این خواسته انسانی است.

تا پیش ا زدهه اخیر دسترسی به باتریهای با قابلیت ذخیره انرژی بالا برای بشر ممکن نبود و این سد بزرگی برای حرکت صنعت حمل و نقل به سمت الکتریکی شدن بود. نمونه ی حرکتهای پیشین اتوبوسهای شهری برقی بود که علاوه بر زیر ساخت پرهزینه علاوه بر محدودیت شهری بودن مشکلات دیگری را نیز به همراه داشت. در کنار ایده ی الکتریکی شدن سمت حمل و نقل به موازات این حرکت ایده ی سلولهای سوختی هم مطرح شد که گل سر سبد این سلولها نوع هیدروژنی آن به شمار می آمد. اکنون نمونه‌های متنوعی از خودروهای سلول سوختی ساخته شده است . البته هر دوی سلولهای سوختی هیدروژنی و باتریهای با ظرفیت بالای جدید درواقع بخش انتقال انرژی و ذخیره آن را حل کرده‌اند اما تولید این انرژی به گونه‌ای که مشکلیبرای محیط زیست نداشته باشد هنوز بزرگترین چالش آینده تکنولوژی است.

نتیجه این شد که در هر حال فعلاً قضیه تولید انرژی را در نظر نگیریم و خودروهای الکتریکی و سلول سوختی را به عنوان وسایل حمل ونقل به مردم معرفی کنیم در هر حال کنترل گازهای گلخانه ای و آلودگی‌ها در نیروگاه ها بسیار ساده‌تر و کم هزینه تر از تصفیه دود تک تک خودروهاست.

البته در سلول سوختی هیدروژن هیچ‌گاه هیدروژن به عنوان منبع اولیه انرژی مطرح نشده است بلکه هیدروژن تنها به عنوان یک حامل انرژی برای وسایل متنوعی از قبیل خودرو و هواپیما طرح گردیده است. یعنی هیدروژن به دلیل داشتن نسبت انرژی آزاد شده به وزن بالا برای حمل در هواپیما مناسب است. در ادامه مقایسه‌ای میان نسبت انرژی به وزن برای هیدروژن و باتریها و سوختهای فسیلی آمده است.

به نحو مشابه از چند سال پیش شرکتهای هوافضایی بزرگی مانند بوینگ نیز در برنامه آینده ی خود هواپیماهای الکتریکی را در نظر گرفته‌اند . با سفت و سخت تر شدن روزانه ی محدودیتهای زیست محیطی دیر یا زود هوانوردی نیز به سمت استفاده از انرژی پاک الکتریکی به جای موتورهای احتراقی خواهد رفت. در صنعت هوایی به دلیل زیاد بودن نسبت انرژی ذخیره شده به وزن هنوزباتریها جوابگو نیستند و بیشتر تأکید بر سلولهای سوختی هیدروژنی است. هر چند نمونه‌هایی از نوع باتری نیز ساخته شده است که در ادامه آمده است.

بر همین اساس برای رقابت با نسلهای آینده ی هواپیمای مسافربری ساخت دنیا ایران نیز از هم‌اکنون باید برای آینده ی این پرنده ها شروع به فعالیت نماید. بدیهی است که شروع ساخت ایرلاینرهای بزرگ نیاز به تجربه ی پرواز نمونه‌های غیر نظامی کوچکتر دارد. طرحی که در ادامه می‌آید به همین منظور خدمتتان ارائه می گردد.

مقدمه :

مقدمه ی این مقاله را ترجیح می‌دهم با آیاتی از قرآن کریم و توضیحاتی در مورد آن‌ها آغاز نمایم.

(۳۰) الروم : ۴۱

ظَهَرَ الْفَسادُ فِی الْبَرِّ وَ الْبَحْرِ بِما کَسَبَتْ أَیْدِی النَّاسِ لِیُذیقَهُمْ بَعْضَ الَّذی عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ یَرْجِعُونَ (۴۱)

(۲) البقرة : ۳۰

وَ إِذْ قالَ رَبُّکَ لِلْمَلائِکَةِ إِنِّی جاعِلٌ فِی الْأَرْضِ خَلیفَةً قالُوا أَ تَجْعَلُ فیها مَنْ یُفْسِدُ فیها وَ یَسْفِکُ الدِّماءَ وَ نَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِکَ وَ نُقَدِّسُ لَکَ قالَ إِنِّی أَعْلَمُ ما لا تَعْلَمُونَ (۳۰)

در آیه اول اشاره شده است به این مطلب که فسادی از جانب مردم در این کره خاکی پیدا می‌شود و نکته قابل توجه این است که با توجه به واژه‌های بر و بحر یعنی دریا و خشکی بدیهی است که این فساد از جنس مادی است و نه معنوی که خونریزیهای بشری در آیه ی بعدی با عبارت سفک دم مورد اشاره قرار گرفته است.

همچنین در سوره مبارکه دخان نیز با تعبیر فارتقب یوم تاتی السماء بدخان مبین به روزی در آخر الزمان اشاره شده است که آسمان را دود فرار خواهد گرفت.

برای اطلاع کامل از جزییات آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از فعالیتهای بشری به گزارش یکی از استادان دانشگاه ام آی تی در مرجع یک مراجعه نمایید.

باتری ، سلول سوختی یا سلول خورشیدی :

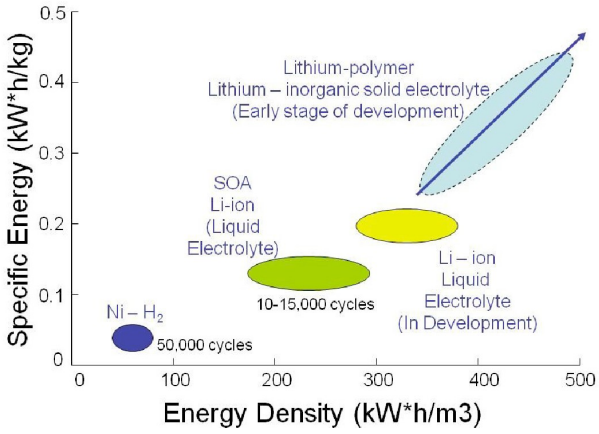
عمده محدودیت طراحان در استفاده از باتری در هواپیماهای سرنشین دار الکتریکی نسبت بالای وزن به انرژی ذخیره شده برای باتریهای کنونی است. همین مطلب موجب شد طراحان به دنبال جایگزینی با نسبت پایین‌تر برای این شاخص بگردند. نتیجه چیزی نبود جز هیدروژن مایع که بیش از ده‌ها برابر این نسبت برایش عدد پایین‌تری بود.

در جدول زیر این نسبت را برای سوخت های مختلف می‌بینید و در ادامه برای باتریها هم می‌توانید این نسبت را به همراه نسبت انرژی ذخیره شده به حجم باتری ببینید.

Fuel	Energy Capacity
Hydrogen (H2)	33.5 kw.hr/kg
Kerosene (C12H26)	14.3 kw.hr/kg
Propane (C3H8)	13.9 kw.hr/kg
Li-ion (2010: Tesla car)	0.12 kW.hr/kg
Li-ion (2015)	0.20 kW.hr/kg
Nano-wire (advanced)	0.75 kW.hr/kg

جدول ۱

۱دانش آموخته ی دانشگاه صنعتی شریف در مقطع کارشناسی رشته مهندسی هوافضا mohsen.bahrami.2006@gmail.com



شکل ۱

مقایسه نسبت توان به وزن موتورهای الکتریکی و درونسوز :

موتورهای الکتریکی با توان بالا که اخیراً به علت کاربرد در خودروهای الکتریکی بهینه سازی شده‌اند به نسبت موتورهای درونسوز از نسبت توان به وزن بالاتری برخوردارند که در جدول زیر می بینید.

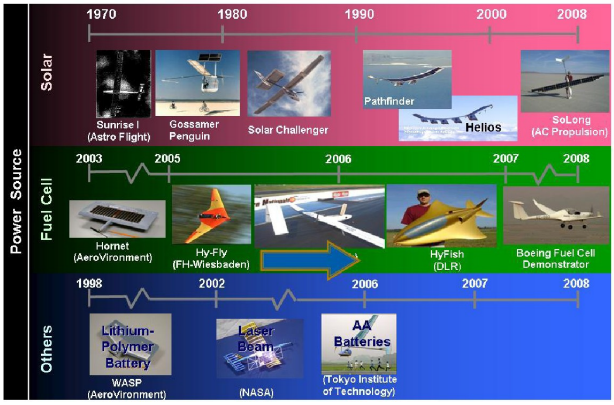
Internal Combustion Engine	
– Continental IO-550 (300 HP) 0.984 kW/kg	Power = 224 kW Weight = 227 kg
– Rotax 912S (100HP) 1.10 kW/kg	Power = 74.6 kW Weight = 68 kg
Electric Motors (efficiency= 97%) 3.4 kW/kg	
– Tesla Automobile (244 HP) 3.49 kW/kg	Power = 182 kW Weight = 52.2 kg
– Honda FCX (134 HP) 2.96 kW/kg	Power = 100 kW Weight = 33.8 kg

مروری بر هواپیمای الکتریکی ساخته شده :

هواپیماهای الکتریکی ساخته شده در بخشهای زیر تقسیم‌بندی می‌شوند :

۱) هواپیماهای خورشیدی
۲) هواپیماهای سلول سوختی
۳) هواپیماهای باتری شارژی

در شکل زیر نمونه‌های ساخته شده از هر سه دسته را در طول زمان می بینید:



شکل ۲

در سالیانی پیش تر بیشتر هواپیماهای الکتریکی از انواع بدون سرنشین بودند ، اما در آینده بسیاری برای ساخت هواپیماهای الکتریکی سرنشین دار اقدام نمودند که تا کنون بسیاری از این پرنده ها با موفقیت آزمایش نیز شده اند. در ادامه مروری بر هواپیماهای الکتریکی سرنشین دار خواهیم نمود. برای اطلاع از هواپیماهای خورشیدی ساخته شده می‌توانید به مرجع ۱ مراجعه نمایید.

مزایای هواپیماهای الکتریکی :

۱) قابلیت اطمینان بالاتر (قطعات متحرک کمتر)
۲) ایمنی بیشتر
۳) صدای کمتر (تنهای صدای ملخ)
٤) بدون آلودگی
۵) هزینه تعمیر و نگهداری پایین
٦) نگهداری و رسیدگی فنی آسانتر
۷) لرزش بسیار پایینتر

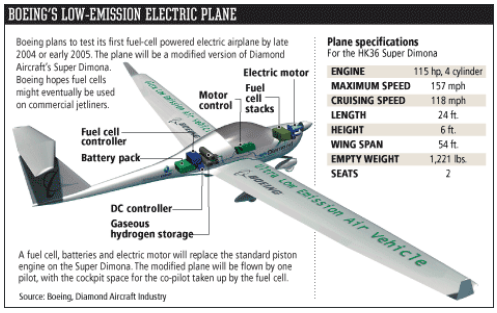
تخمین برای یک نمونه هواپیمای الکتریکی :

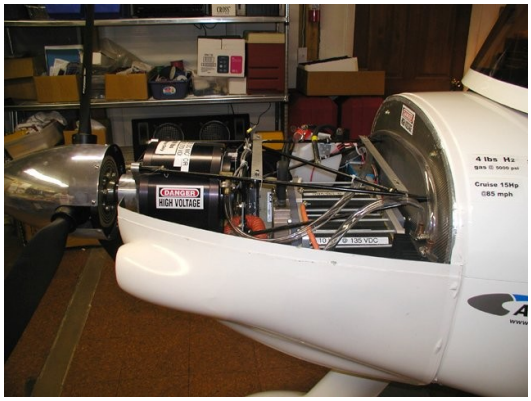
مشخصات فنی	
توان لازم KW power	۲۵
سرعت mph	۱۰۰
زمان پرواز دقیقه	۳۰۰
انرژی لازم KWH	۷۵
وزن باتری لازم برای ذخیره این انرژی :	
Lead Acid Batteries	۳۰۰۰ kg
NiMH Batteries	۱۵۰۰ kg
LiIon Batteries	۶۰۰ kg
Fuel Cell system (+ ۴ kg H۲)	۱۵۰ kg
Gasoline Equivalent	۵۰ kg

توضیحات هواپیماهای الکتریکی ساخته شده:

1) Boeing Fuel cell Demonstartor

Liquid hydrogen has about four times the volume for the same amount of energy of kerosene based jet-fuel.Hydrogen is about one-third of the weight of kerosene jet-fuel for the same amount of energy. In 2008, The Boeing Fuel Cell Demonstrator achieved straight-level flight on a manned mission powered by a hydrogen fuel cell.Boeing Theator airplane only required 45 kW to take off, and 20 kW to stay airborne.





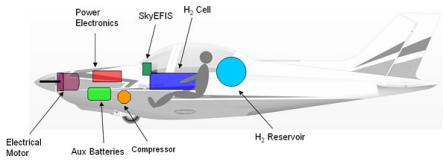
2)Lafayette E-Plane

seat :2
Wing Span: 8.64 m

Wing Area : 7.8 sq.m / 84 sq.ft
Maximum Weight : 480 kg / 1050 lb
Power : 53 kW / 71 hp
Power-to-Weight : 50 W/lb
battery :270V Nickel Metal-Hydride (NiMH) battery with approximately 18 Ah capacity
built by : built by James Dunn and Advanced Technology Products (ATP). Starting with French DynAero Lafayette III from American Ghiles Aviation (AGA)
propeller : 68 inch, in-flight electrically-adjustable variable pitch three-bladed
motor : EV218 brushless motor from UQM Technologies Corp

5) SkySpark (Italian)

System Composition Power/Capacity
Motor : (65kWe)
Electronics (Inverter + DC/DC) (75kWe)
Aux Lithium Battery (7,5kWhe)
Hydrogen fuel cell (60kWe)
Hi Performance PEM Fuel Cells
•60kW Total Power
•More than 1kW/kg Power Density
•Special Pneumatic circuit for Altitude Compensation
•Avionics Integrated Cooling System
record : during 8 min reaching a top speed of 250 km/h, a record for a 100% electrically powered aircraft (June 12th, 2009)
The SkySpark project is a joint enterprise between engineering company DigiSky and Turin Polytechnic University



6) Sonex :

This motor is the most powerful, lightest-weight, and efficient unit of this type ever produced. It is a 3 phase, 270 volt, 200 amp motor that will be over 90 percent efficient. It uses elegantly designed CNC machined anodized aluminum and nickel-plated steel parts in combination with “off the shelf” bearings, races, snap rings, magnets, etc.
The prototype AeroConversions motor is slightly larger than a 35 ounce coffee can and weighs approximately 50 pounds. The motor is a modular, scalable unit. The motor core’s design has modular sections

3) Silent-AE1

Wing Span : 12 m / 39.4 ft
Wing Area : 10.3 sq.m / 111 sq.ft
Maximum Weight : 300 kg / 660 lb
Power : 13 kW / 17.4 hp
Power-to-Weight : 20 W/lb
Maximum Climb :400 ft/min
Minimum Sink : 154 ft/min
battery : Nickel-Cadmium (NiCd) battery consisting of 12 parallel packs of 60 cells each (for a total of 720 cells), producing 72V with a capacity of approximately 20 Ah
motor :The maximum motor power input is 16 kW at 72 V, giving a current of 220 A, or 18 A per 60-cell pack

4)Yuneec E430 (china)

the noise levels inside were low. Takeoff speed was 65 km/h (40 mph) and flight speed was 90 km/h (56 mph)
Yuneec International are proud to introduce the E430 the world’s first commercially produced ‘Electric Aircraft’.
E430 Specifications:
Wing Span: 13.8 m (45.2 ft)
Fuselage Length: 6.68 m (21.9 ft)
Empty Weight: 178 kg (392 lbs) (No Battery)
Maximum Takeoff Weight: 430 kg (946 lbs)
Motor Output: 40 kw (54 hp) @ 2,450rpm
Battery Type: Lithium Polymer
Battery Weight (6 Packs): 72 kg (158.5 lbs)
first flight : July 27, 2009
The E430 is a twin seat, single engine, LSA class aircraft designed to be simple to use, easy to fly and with virtually zero vibration, it's very smooth.
Low noise, no emissions, no fuel, extremely low maintenance and best of all. . . . . it’s environmentally friendly.
Test flew it for 20 minutes, then packed it up and sent it to Camarillo, Calif., where it flew for 22 hours and got an Experimental certificate from the FAA.
The projected price for the production LSA version of the aircraft is $89,000, he said.

8) ALATUS

Saturday 10th and Sunday 11th of January 2009 took place first flights of electrical motorglider Alatus-ME from Sisteron-Vaumeilh airfield (Alpes de Haute Provence – France).

This single-seater ultralight motorglider is manufactured by the Ukrainian company Aerola and distributed in France by Randkar (Frossay – Loire Atlantique). The electrical motorization E-Motors is developed by Electravia, and is already implemented on the plane "Electra" and on the delta trikes "ElectroTrike". The motor delivers 26 hp and is powered by a Lithium-Polymer battery.

Michel Sérane, Electravia's test pilot, has checked all flight configurations of the motorglider. Altitude gain is 2.100 m. Alatus flight endurance in calm weather is 1h07. This duration is the longest logged one on aircraft equipped with batteries at present.

The Alatus-M offers advantages of different aircraft: comfort and performances of glider, compactness of hangglider and ease of use of an ultralight. Electrical motor is reliable, clean, silent, economic and easy to maintain. Alatus with electrical motor becomes a 100% ecological motorglider for nature lover and environment-friendly's pilots.

Alatus-ME is also the cheapest motorglider on the market. It will be available end of spring, 2009, after complete validation of its test program.

9) Electra F-WMDJ

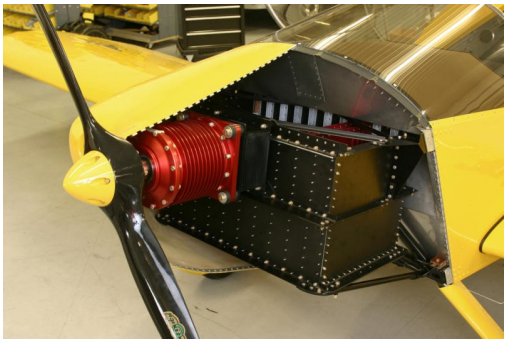
Aircraft "ELECTRA" registreted F-WMDJ :
motor : 25 hp(18 kW) modified golf cart motor made by LCM, a British firm "brush" Industrial 18 kW Anne Lavrand 9
battery : weight 47kg 105lb lithium-polymer
company : APAME
the aircraft ELECTRA conducted on December 23, 2007 flights for 48 minutes, travelling about 50 km from the local airport on Aspres Buëch..

- One-seater
- Homebuilt construction, in wood and fabrics
- Wing span : 9 m
- Length : 7 m
- Weight of the aircraft without batteries: 134 kg
- Maximal weight for take off : 265 kg
- Cruise speed : 90 km/h

Electrical engine :
- Disk brush electrical motor of 18 kW electric engine developed and manufactured by LMC Ltd England
- Lithium - Polymer Batteries (total weight of batteries : 47 kg - quick charge : 45 minutes) manufactured by KOKAM

that can be reduced to a lower-output, smaller motor (shortened in length), or added upon to make a larger motor with a higher power output.
The aviation he is talking about is recreational: “I’m not looking beyond two seats.” His airplane will cost $50 an hour to operate; $30 of that is a reserve for replacing the battery pack after 500 to 1,000 charging cycles.

Sonex
seat:1
battery :200 lb lithium-polymer
price: $26,000.00
motor: 72-hp brushless DC unit with samarium-cobalt rare-earth magnets Pete Buck 270-volt



7) Matsushita – Panasonic

1 seat
160 Panasonic Oxyride AA batteries composed of oxy nickel hydroxide
just under 400 meters on 16 July 2006 in Japan

- Special ground-adjustable propeller ARPLAST
- Power management unit by ACV Aero Service
- Implementation of this electrical motorization by ACV Aero Service

10) ElectraFlyer C

American eletadlo flies silently and without vibration.
Charges normal U.S. 110V outlet on. Full charge is 0.7 dollars.
Price aircraft is 18 $ 385
3 sizes LiOnPolymer batteries
2400 propeller revolutions per minute
Electric motor can rekuperovat!
Batteries are placed in a stainless karamickém box.
Full charge takes 6 hours.

مراجع :

1) http://web.mit.edu/aeroastro/people/waitz/publications.html
2) http://www.stefanv.com/rcstuff/qf200404.html
3) http://www.airventure.org/news/2009/090617_yuneec.html
4) http://www.avweb.com/news/airventure/EAAAirVenture2009_YuneecElectricLSAHopefulDebuts_200833-1.html
5) http://yuneeccouk.site.securepod.com/Aircraft.html
6) http://www.airspacemag.com/flight-today/The-Electric-Airplane.html?c=y&page=1
7) http://www.treehugger.com/files/2008/01/first_conventio.php
8) ***http://www.evworld.com/article.cfm?storyid=1265***