

무인기용 하이브리드 추진시스템의 특성 및 발전전망

박토순*† · 송제호* · 권세진**

The Characteristics and Prospects of Hybrid Propulsion Systems for Unmanned Aerial Vehicle

Tosoon Park*† · Jaeho Song* · Sejin Kwon**

ABSTRACT

Recently, the global attention is focused on the development of the renewal aero-propulsion systems proved in the air pollution, the noise, the great operational cost, safety and risks. Especially, various study are conducting for the development of the advanced high power to weight ratio aircraft through the significant reduction of fuel consumption and upgrade of the propulsion efficiency, using the alternative propulsion system developments such as hydrogen and solar power system. The hybrid propulsion system can be the representative propulsion system which get the power sources by combining the merits of two or more power sources. In this study, the advancement trends, characteristics, design method which can be applied to the renewal future UAV development.

초 록

최근 대기오염 물질의 배출, 소음, 과도한 운용비용, 안전성 및 위험 문제 해결을 위한 신개념 항공 추진시스템 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 기존 항공추진시스템의 효율향상과 연료소모율 감소, 수소나 태양에너지 등 신재생에너지를 이용한 친환경적인 추진시스템 개발, 전기추진과 핵추진 시스템 개발 등을 통한 추력대 중량비가 높은 고효율의 신개념 항공기 개발에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다. 이러한 신개념의 항공기 개발을 위하여 두 개 이상의 동력원을 조합하여 추진력을 얻는 하이브리드 추진시스템의 개발이 하나의 대안이 될 수 있다. 본 연구에서는 미래의 친환경적 첨단 무인 항공기에 적용할 수 있는 하이브리드 추진시스템의 동향, 특징 및 개발방안, 발전방안 등을 고찰하였다.

Key Words: Hybrid Propulsion System(복합추진시스템), Renewal(신개념), UAV(무인항공기), Fuel Consumption(연료소모), Propulsion Efficiency(추진효율)

1. 서 론

최근 대기오염 물질의 배출, 소음, 과도한 운용 비용, 안전성 및 위험 문제 해결을 위한 신개념 항공추진시스템 개발에 대한 관심이 높아지고 있다.[1] 특히, 기존 항공추진시스템의 효율향상과

* 국방과학연구소 제1항공체계단

** KAIST 항공우주공학과

† 교신저자, E-mail: pts127@add.re.kr

연료소모율 감소, 수소나 태양에너지 등 신재생에너지를 이용한 친환경적인 추진시스템 개발, 전기추진과 핵추진 시스템 개발 등을 통한 추력대중량비가 높은 고효율의 신개념 항공기 개발에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다.[2,3]

항공기술은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 기존 형상을 기준으로 다음과 같은 단계로 발전해 나갈 것으로 예상된다. 첫단계는 신소재의 적용 및 내구성 향상, 연료소모율을 대폭감소 및 환경오염 물질의 배출을 최소화 하는 등 기존의 터보추진시스템의 성능을 획기적으로 향상시켜줄 것이다. 두 번째 단계로는 동체와 추진시스템을 일체화시켜 비행시 공기저항을 최소화하는 단계로 발전할 전망이다. 세 번째 단계는 기존의 고풍력 터보엔진을 주엔진으로 발전기를 구동하여 발생하는 전기에너지로 동체 및 날개 표면에 분산된 팬을 구동하는 형태로 발전할 것이다. 네 번째 단계는 날개 전체를 연료전지로 설계하여 전기에너지로만 비행하는 신개념 항공기가 등장하게 될 것이다. 마지막 단계로는 비행체 스스로 외부 공기흐름을 스스로 제어하고 자율비행이 가능한 인공지능 비행체로 발전해 갈 것이다.[2]

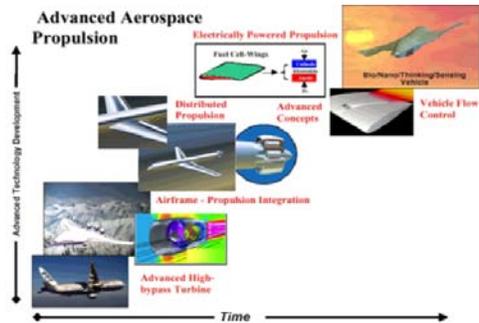


Fig. 1 미래 항공기의 발전방향

이러한 신개념의 항공기 개발을 위하여 두 개 이상의 동력원이나 컨버터의 장점을 조합하여 추진력을 얻고 이중 하나는 전기에너지를 전송하게 하는 하이브리드 추진시스템이 하나의 대안이 될 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 항공추진시스템은 초기단계의 기존 터보엔진이 개발되어 운용 및

민수용으로 사용되었으나 현재는 기존 터보엔진의 성능개량을 통한 최신 엔진이나 중소형 항공기를 대상으로 개발단계에 있는 기존 터보엔진과 발전기를 연동한 하이브리드 전기추진 항공추진시스템 개발에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 또한, 2020년대 후반부터는 완전한 전기추진 형태의 항공기가 운용될 것으로 예상하고 있다.[7]

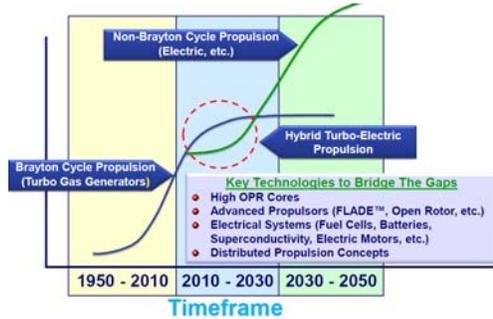


Fig. 2 항공추진시스템의 발전동향

아울러, Fig. 3에 표시한 바와 같이 신개념 추진시스템 연구개발과 병행하여 기존의 항공추진시스템은 연료소모율을 감소시키고 바이패스비를 획기적으로 증가시켜 성능을 개선하여 군용 또는 민수용 항공기에 적용해 갈 것으로 판단된다.[4,7,8]

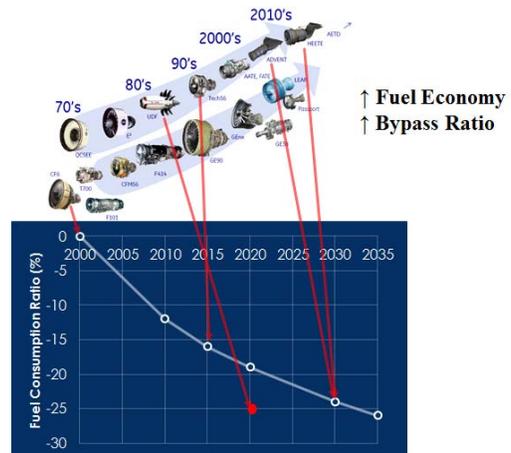


Fig. 3 항공추진시스템의 성능향상 동향

본 연구에서는 미래의 친환경적 첨단 무인항공기에 적용할 수 있는 하이브리드 추진시스템의 개발동향, 특징 및 적용사례, 발전방안 등을 고찰

하였다.

2. 하이브리드 추진시스템의 특성 및 적용사례

2.1 하이브리드 추진시스템의 구성 및 특징

최신 첨단 무인항공기는 설계단계부터 임무반경의 증대, 환경오염 물질 배출을 위한 친환경적인 고효율 추진시스템의 개발, 소음의 획기적인 감소, HTS(High Temperature Superconductor) 등 경량 고효율 첨단 모터의 개발, 자율판단 및 제어가 가능하도록 목표가 설정된다. 이러한 미래 무인기용 추진시스템은 기존의 추진기술을 기반으로 다양한 동력원을 직렬 또는 병렬로 연동하는 하이브리드 조합단계를 거쳐 전기추진 시스템으로 발전해갈 것으로 판단된다.

하이브리드 추진시스템은 크게 주엔진이 직접 모터를 통하여 프로펠러를 구동함으로써 추진동력을 얻는 직렬 하이브리드 추진시스템(Serial Hybrid Propulsion System)과 주엔진의 축동력으로 발전기를 구동하고 공급되는 전기에너지로 모터를 구동하여 추진동력을 얻는 병렬 하이브리드 추진시스템(Parallel Hybrid Propulsion System), 직렬 및 병렬 복합형태의 하이브리드 추진시스템으로 구분할 수 있다.[1]

Fig. 4는 직렬 하이브리드 추진시스템의 개념도를 나타낸다. 직렬 하이브리드 추진시스템은 시스템 구성이 단순한 장점이 있지만 회전속도에 제한이 있고 높은 축하중이 걸리며 모터가 커야하기 때문에 중량이 크게 증가하는 단점이 있다. 그러나 최근 Phantomeye, Global Observer 등 고고도 장기체공 무인항공기 개발을 위한 시범사업에서도 내연기관을 수소 연소용으로 개조하여 발전기를 구동하고 프로펠러를 구동하는 방법으로 비행시험을 수행한 바가 있다. 또한 이 런 방식의 추진시스템은 소형 경량 고효율 모터의 기술개발이 선행될 경우 기존의 터보엔진과 발전기가 연동되어 소형 분산 팬 엔진을 구동하는 미래형 터보-전기 추진시스템 개발에도 광범위하게 적용될 것으로 예상된다.

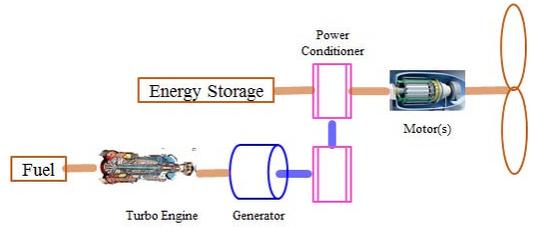


Fig. 4 직렬 하이브리드 추진시스템의 개념도
Fig. 5는 병렬 하이브리드 추진시스템의 개념도를 나타낸다. 병렬 하이브리드 추진시스템은 다양한 동력원이 독립적으로 연동되기 때문에 어느 한쪽의 동력원이 기능을 상실할 경우에도 안정적으로 동력을 제공할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 구성방식에는 발전기가 추가되기 때문에 중량추가 불가피하고 매우 정교한 에너지 제어가 필요하기 때문에 향후에도 기술적인 연구개발이 지속되어야 한다. 이러한 방식으로 구성 가능한 추진시스템은 주로 함정용 하이브리드 추진시스템에 적용되고 있다.

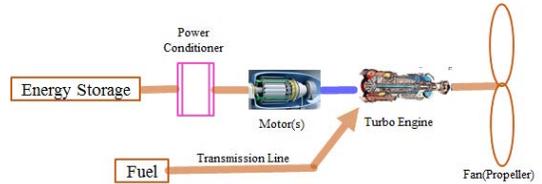


Fig. 5 병렬 하이브리드 추진시스템의 개념도
Fig.6은 직렬-병렬 복합방식의 하이브리드 추진시스템의 개념도를 나타낸다.

태양광 추진시스템으로 배터리 또는 연료전지 등과 독립적으로 연동하여 비행체의 추진동력을 제공하게 되므로 동력공급 신뢰성이 매우 높다.

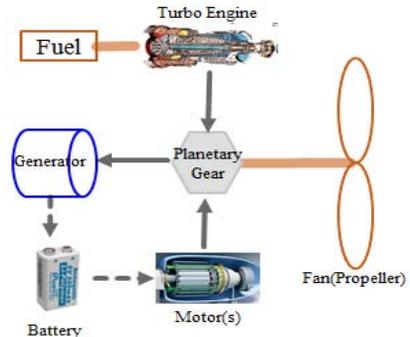


Fig. 6 직렬-병렬 하이브리드 추진시스템의 개념도

2.2 적용 사례

2.2.1 엔진-전기 하이브리드 추진시스템

Fig. 6은 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 고고도 장기체공 무인항공기 개발을 위한 시범 사업에서, 기존의 자동차용 왕복엔진을 개조하여 수소를 연료로 연소에너지를 얻어 발전기를 구동, 프로펠러를 통하여 추진력을 얻는 하이브리드 추진시스템의 적용사례이다. 이러한 시도를 통하여 기존 자동차 산업에서 이미 검증단계에 있는 기술들을 발전시켜 유무인 항공기 개발에 적용 가능성을 확인하게 된 계기가 되고 있다.[6]

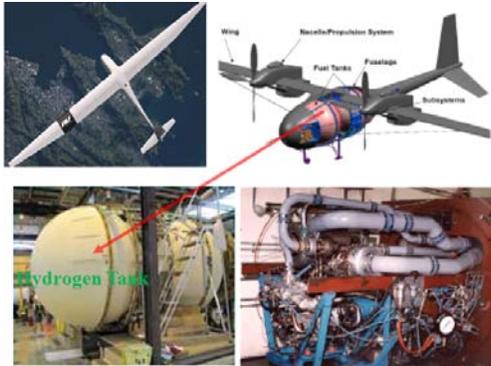


Fig. 6 엔진-전기 하이브리드 추진시스템

2.2.2 에너지 저장장치-전기 하이브리드 추진시스템

Fig. 7은 장기체공 무인항공기 개발을 위하여 NASA 주간으로 추진해오거나 계획중인 ELAST 프로그램을 통하여 체공능력을 획기적으로 높이고 태양광 및 수소 연료전지 등 신재생에너지 공급장치를 연동하여 무인기에 적용한 사례이다.[6]

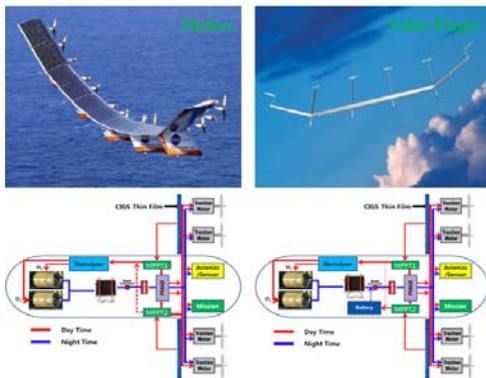


Fig. 7 에너지저장장치-전기 하이브리드 추진시스템

2.2.3 터보-전기 하이브리드 추진시스템

Fig. 8은 NASA 주간으로 N+3 프로젝트[10]를 통하여 개념연구 중인 터보-전기 하이브리드 추진시스템의 개념도를 나타낸다. 이는 기존의 터보엔진으로 발전기를 구동하고 발생하는 전기를 동체후방에 분산 장착된 고바이패스 팬에 공급하여 추진력을 얻는 방법이다. 이를 통하여 항공기의 배기가스 분출을 최소화하고, 이착륙 간극을 줄일 수 있으며, 터보엔진의 노즐이 사라지기 때문에 배출소음을 현저하게 낮출 수 있는 장점이 있다. 아울러, 동체와 일체형으로 비행체를 설계함에 따라 외부 공기흐름 제어가 용이하여 공기저항을 최소화할 수 있는 장점이 있다. 이 추진시스템은 Boeing사에서 연구중인 차세대 여객기(Boeing 787-X)에서 시범 적용할 예정으로 알려져있다.[5,6]

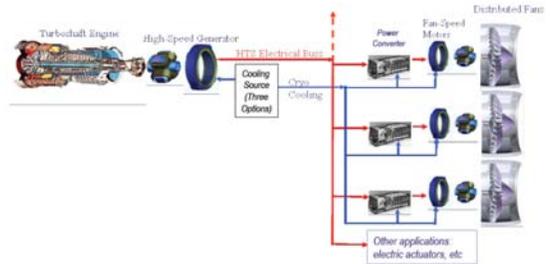


Fig. 8 터보-전기 분산 하이브리드 추진시스템 []

3. 미래 무인항공기용 추진시스템 발전방안

3.1 미래 첨단 무인항공기의 발전방향

미래의 무인항공기는 Fig. 9에 나타낸바와 같이 자율판단과 통제가 가능하고 임무 반경이 획기적으로 증대하도록 설계될 것으로 판단되며 HTS 모터 등이 개발[11,12]되고 초경량 신소재의 개발을 통한 추력대 중량비가 매우 크고 탑재하중이 증가되도록 발전해 나갈 것으로 판단된다. 아울러, 큰 환경오염 물질의 배출을 최소화하고 미래 탈석유의 대안이 될 수 있는 첨단 친환경적인 추진시스템의 장착을 요구하게 될 것이다.

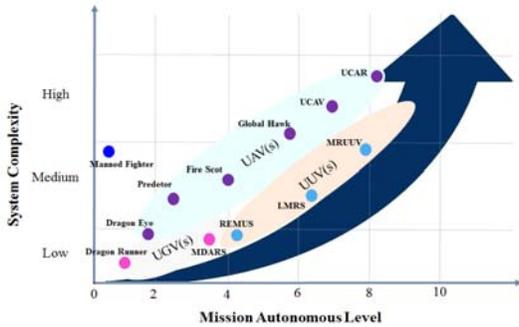


Fig. 9 무인화 수준에 따른 시스템 복잡도

3.2 미래 무인항공기용 추진시스템의 발전방향

Fig. 10에 나타낸 바와 같이 미래 무인기용 추진시스템은 체공능력의 획기적인 증대 및 높은 추력대 중량비의 무인기에 적합한 첨단 추진시스템의 장착을 요구하게 될 것이다. 아울러, 환경오염 물질 배출을 최소화하기 위하여 태양열, 수소, 연료전지, 배터리 등 신재생에너지를 이용한 신개념 하이브리드 추진시스템에 대한 연구개발도 병행하여 추진할 것으로 예상된다.[9]

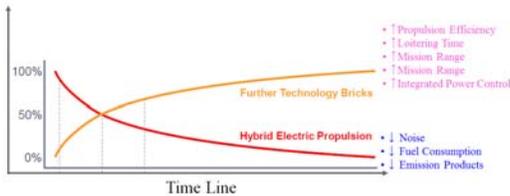


Fig. 10 추진시스템의 발전 전망

4. 결론

본 연구에서는 현재 국내외적으로 많은 관심이 집중되고 있는 미래 첨단 무인항공기 개발을 위한 추진시스템의 동향, 특성 및 개발방안, 발전방안에 대하여 기존의 자료를 기반으로 분석하였다.

결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 미래 무인항공기용 추진시스템은 항공기의 탑재중량 증대, 임무반경 증대, 지능적 통합제어, 광범위한 운용범위, 소음 및 환경오염 물질의 최소화 등의 요구에 적합하도록 첨단 신소재 및

신 동력원을 이용한 다양한 형태의 하이브리드 형태로 개발될 것으로 판단된다.

둘째, 고온 초전도 모터 등 신기술의 개발과 에너지 분배/제어기술의 획기적인 발전으로 추진시스템의 효율을 극대화하고 태양열, 수소연료전지, 고에너지밀도 배터리등을 연동하여 활용함으로써 미래 탈석유 및 친환경 추진시스템이 주를 이룰 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. S. Bagassi, G. Persiani, "Design Analysis for Hybrid Propulsion," 28th International Congress of the Aeronautical Sciences, 2012
2. Cesar A. Luongo, "Next Generation More-Electrically Aircraft : A Potential Application for HTS Superconductors," IEEE/CSC & ESAS European Superconductivity News Forum(ENSF), No.6, October 2008
3. Arne Seitz, Oliver Schmitz, Askin T, "Electrically Powered Propulsion : Comparison and Contrast To Gas Turbine," Deutscher Luft-und Raumfahrtkongress 2012
4. Daniel P. RaymerR, "Aircraft Design : A Conceptual Approach," AIAA Education Series, 1989
5. Liu Chengyuan, "Turboelectric Distributed Propulsion System Modeling," PhD Thesis, Cranfield University, 2013
6. Dr. Ruben Del Rosario, "Propulsion Technologies for Future Aircraft Generations : Clean, Lean, Quiet, and Green," 3rd UTIAS International Workshop, Toronto, 2012
7. John Quinn, "Emerging Trends in Aviation Propulsion," 25th GE Aviation Symposium, October, 2012
8. Dr. Ruben Del Rosario, "A Future with Hybrid Electric Propulsion System : A

- NASA Perspective," Turbine Engine Technology Symposium Strategic Visions Workshop, Dayton, Ohio, September, 2014
9. Joris Van Bogaert, "Assessment of Potential Fuel Saving Benefits of Hybrid-Electric Regional Aircraft," Master Thesis, Delft University of Technology, 2015
 10. S. W. Ashcraft, A. S. Padron, K. A. Pascioni, and G. W. Stout, "Review of propulsion technologies for n+3 subsonic vehicle concepts," NASA Report, 2011
 11. R. Schiferl, A. Flory, W. C. Livoti, and S. D. Umans, "High-temperature superconducting synchronous motors: Economic issues for industrial applications," IEEE Transactions on Industry Applications 44, pp 1376, 2008
 12. K. Rajashekara, "High-temperature superconducting synchronous motors: Economic issues for industrial applications," IEEE Transactions on Industry Applications 44, pp 1376, 2008