동축반전 프로펠러의 제자리 비행 성능연구를 위한 시험장치 개발

송연하* · 송재림* · 김덕관**

Developed a test rig for studying the hover performance of a coaxial propeller

Youn-Ha Song* · Jae-Rim Song* · Deog-Kowan Kim*†

ABSTRACT

This paper presents the development and test results of a test rig for confirming the hover performance of the coaxial propeller which is applied to the drone in order to carry out the mission that requires high payload such as the development of the courier drones. the performance of each propeller was measured by varying the thrust and torque according to the H/D ratio. the Thrust sensor and torque sensor were used to measure the thrust and torque generated when the propeller rotated , and a photo sensor was used to measure the rpm . it used the data acquisition system to acquire data from each sensor, and used the Labview softwaer to control data storage, monitoring and BLDC motor control. In the test, each propeller meansured the figure of mefit according to the chansge of the interval at the same rpm

초 록

본 논문에서는 최근 택배 유인드론의 개발 등 높은 유상하중을 요구하는 임무를 수행하기 위해 드론에 적용되고 있는 동축반전 프로펠러의 제자리 비행성능을 확인하기 위한 시험 장치 개발과 시험 결과를 제시하였다. 프로펠러 직경 대비 상/하 프로펠러 간격에 따른 각 추력과 토크의 변화를 측정하여 성능을 비교하였다. 프로펠러가 회전할 때 발생하는 추력, 토크를 측정하기 위해 로드셀과 토크셀을 이용하였고 회전수를 측정하기 위해서 광센서를 이용하였다. 각 센서의 신호획득을 위해 자료획득시스템(Data Acquisition System)을 이용하고 신호 저장, 모니터링과 BLDC 모터를 제어할 수 있도록 LabVIEW소프트웨어를 활용하였다. 시험은 각 프로펠러가 동일 회전수에서 간격 변화에 따른 성능지수(Figure of Merit)를 측정하였다.

Key Words: Coaxial propeller (동축반전 프로펠러), Hover performance(제자리 비행성능), Drone (드론), Propeller test rig (프로펠러 테스트 장비)

* 과학기술연합대학원 항공기 시스템 공학과
* 한국항공우주연구원 회전익기연구팀
** 한국항공우주연구원 회전익기연구팀
† 교신저자, E-mail: shine@kari.re,kr

1. 서 론

최근 드론의 발전은 취미에서 산업용까지 많은 성장을 이루었고 거기에 따른 비행제어, 모

터 ,베터리, 기체의 형상 등 많은 발전을 이루었다. 이제는 산업용을 넘어 유인드론까지 발전하고 있으며 중국의 이항184[1], 독일의 Volocopter 사[2]는 현재 사람을 태우고 비행할 수 있는 드론을 개발하고 있다. 이와 같이 높은 유상하중을 가지는 임무를 수행하기 위해 많은 추력을 요구하고 거기에 따른 프로펠러의 수 또는 직경이 증가하게 된다. 이로 인해 프레임 구조가 복잡하게 되고 하중의 증가와 크기가 커짐으로 인한 넓은 이착륙공간의 문제점이 발생 하게 된다. 문제점에 대한 대안으로 동축반전 프로펠러의 형상의 드론을 이용하여 프로펠러의 직경은 줄이고 추력을 높이는 방법을 생각해 볼 수 있다. 동축반전 프로펠러의 연구는 많이 이루어지지 않았지만 동축반전 로터의 역사는 오래되었으며 Coleman의 리뷰 논문[3]에서 각 나라의 실험을 통한 동축반전 로터의 공력특성을 알아 볼 수 있다.

본 실험은 현재 상용 프로펠러의 직경 대비 상/하 간격에 따른 성능지수를 측정하였고 최적의 값을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 동축반전 프로펠러 시험장비의 구성

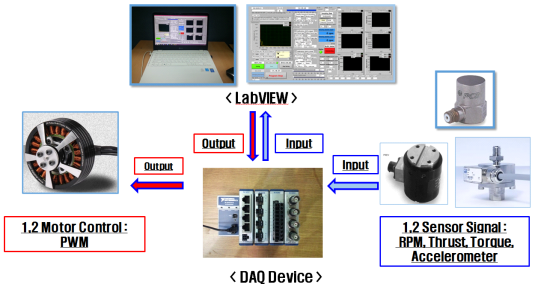

Fig. 1 시험 장치 구성도

Fig. 1은 시험장비의 구성을 나타낸다. 랩뷰 프로그램을 기반으로 자료획득시스템(DAQ)을 이용하여 각 센서에서 신호를 받고 프로펠러를 회전하기위해 모터를 제어한다.

Table 1. 센서의 모델 및 사양

항목	모델(제조사)	사양	측정값
추력센서	U2B(HBM)	0.5kN	추력
토크센서	2508-02A(PCB)	11.3N-m	토크
가속도 센서	352C03(PCB)	1Axis 4900m/s^2 pk	진동측정

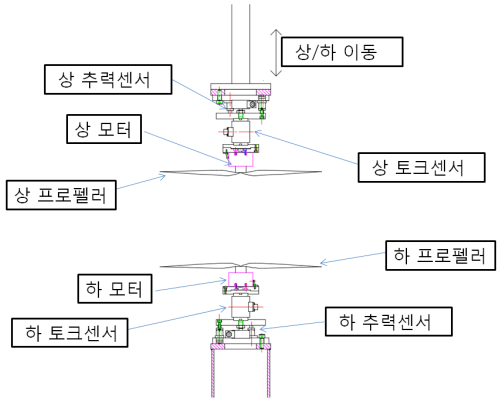

Fig. 2 시험 장치의 센서 및 모터 위치

Fig 2는 센서와 모터의 위치를 나타내었다. 위아래 동일한 모터와 센서를 사용하였고 하부 센서는 고정이 되어있고 상부의 센서부분이 높이(H)가 변경되는 구조이다.

2.2 프로펠러의 높이(H) 변경에 따른 실험

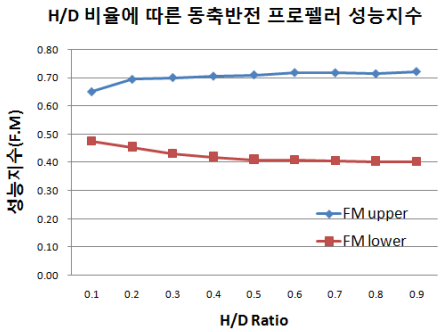

Fig. 3 H/D 비율에 따른 동축반전 프로펠러 성능시험결과

실험은 29인치 프로펠러에 직경(D) 1/10의 간격으로 높이(H)를 조절하며 실험하였고 상/하 프로펠러의 회전수는 3350RPM으로 고정하였다. 상/하 프로펠러의 간격에 따른 성능지수는 아래의 값을 얻었다. Fig. 3에서 상(Upper)성능지수는 높이에 따라 증가하는 추세를 보이는 반면에 하(Lower)의 성능지수는 후류의 영향에 의해 하락하는 추세를 보였다. [4]

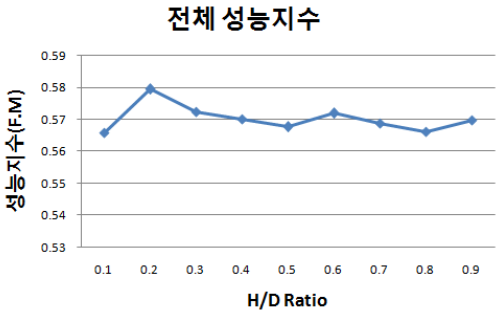

Fig. 4 상/하 전체 성능지수

Fig. 4는 상/하 전체 성능지수를 나타내며 0.1에서 0.2까지 증가하며 0.3부터 다시 낮아지는 현상을 확인할 수 있다.

3. 결론 및 향후 계획

상/하 프로펠러의 간격에 따라 제자리 비행성능의 차이가 나는 것을 확인하였다. 상 프로펠러의 후류의 영향에 의해 하 프로펠러의 효율이 낮아지는 것을 확인했으며 전체 성능지수를 확인했을 때 0.2에서 가장 높은 효율을 가진다는 것을 확인했다. 향후 H/D Ratio의 특성 규명을 정량화 할 목적으로 프로펠러 직경(D)과 H/D Ratio의 상관관계를 파악하는 시험을 수행할 예정이다.

후기

본 연구는 한국항공우주연구원의 주요사업(FR17160:신개면 수직이착륙 무인기 개념연구)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. http://www.ehang.com/ehang184
2. http://www.e-volo.com/
3. Coleman, C. P., "A Survey of Theoretical and Experimental Coaxial Rotor Aerodynamic Research" , NASA Technical Paper 3675, 1993.
4. Leshiman, G. J., *Principles of Helicopter Aerodynamics,* 2nd Edition, Cambridge University Press Cambridge, UK 2006