

UAV용 초소형 터보샤프트 엔진을 위한 압축기의 연구 개발

강정식* · 임병준* · 차봉준* · 양수석* · 김승우**

1. 서론

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)란 일반적으로 조종사가 없이 재사용이 가능한 기체에 추진기관이 장착되어, 반자동 또는 자동으로 원격조정이 가능하며, 여러 종류의 임무 탑재체를 장착 가능케 함으로써 지구 대기권 내에서 주어진 임무에 따라 일정기간 동안 임무를 수행할 수 있는 비행체를 의미한다. 최근에는 미국을 비롯한 선진국들을 중심으로 유인 전투기를 대신할 무인 전투기의 기술 개발에 큰 관심을 가지고 있는 것이 사실이고, 터보 제트나 터보 팬 엔진이 장착되는 무인 전투기의 개발에 막대한 비용을 투입하여 첨단 전자, 제어 기술을 결합한 무인 항공기의 개발이 현재 진행 중에 있는 상황이다. UAV는 군수, 민수 및 산업용 등으로의 활용분야가 매우 다양하여 군수용의 경우에는 정찰, 감시, 테러 진압 등에 활용될 수 있으며, 그 밖의 민수/산업용으로는 농약살포, 항공사진 촬영, 산불 및 위험지역(화재, 방사능 및 유해물질) 감시용 무인 헬리콥터 및 VTOL, 레저 그리고 고급완구 등의 목적으로 개조하여 다양한 분야로의 많은 응용이 기대된다. 미국에서는 2010년까지 침투공격기의 1/3을 무인공격기를 포함한 무인기로 대체할 예정이며, 우리나라도 2010년까지 공공목적으로 약 180여대의 수요가 있는 실정이다. 이러한 무인기의 활용 예를 그림 1에 나타내었다. 무인기의 개발에 대한 국제적인 움직임과 함께 국내에서도 수년 전부터 독자적인 무인기의 연구개발을 추진해 왔으며, 현재 항공우주연구원을 중심으로 스마트 무인기의 개발에 박차를 가하고 있다. 그림 2는 미국 보잉사에서 개발한 터보 엔진을 사용하는 무인기의 예이고, 그림 3에는 국내에서 개발 중인 터보샤프트 엔진을 장착한 스마트 무인기의 개념도를 나타내었다⁽¹⁾.

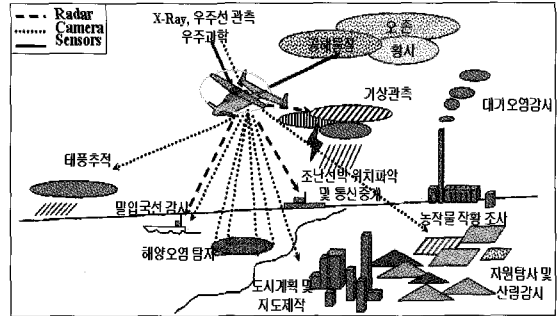


그림 1 무인기의 활용 예

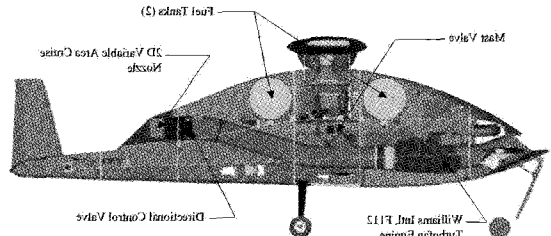


그림 2 미국 보잉사의 무인기 Dragonfly

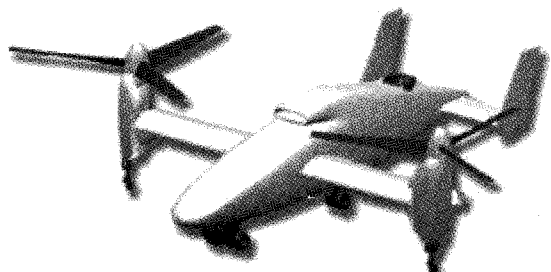


그림 3 항우연에서 개발 중인 터보샤프트 엔진을 장착한 스마트 무인기(UAV)의 개념도

이러한 UAV의 추진기관으로는 왕복동 엔진에서부터 로타리 엔진, 그리고 가스터빈 엔진 등이 사용되고 있는데, 그 중에서 가스터빈 엔진은 중량대 출력비가 우수하고 넓은 고도 및 온도 범위에서 작동할 수 있는 장점이 있어 고성능 비행과 다양한 임무를 소화하기에 가장 적합하다. 그러나 UAV용에 적합한 초소

* 한국항공우주연구원
 ** (주) 뉴로스
 E-mail : jskang@kari.re.kr

형, 초고속 가스터빈 엔진 개발은 높은 기술력과 많은 비용 부담을 필요로 하는 관계로 극히 일부의 선진국들에서만 기술 개발이 이루어지고 있다.

UAV용 초소형 터보 샤프트엔진을 개발하기 위해서는 일반 가스터빈 엔진의 경우와 같이 주요 구성품인 압축기/연소기/터빈의 설계기술, 감속비가 큰 초소형 기어박스 설계기술, 구성품 체계종합 기술, 보기 시스템 설계 및 엔진 제어기술, 구조/진동기술, 소재기술, 부품제작 및 조립기술, 엔진 성능 예측기술, 구성품 및 조립체에 대한 시험평가 기술, 환경 시험평가 기술 등 첨단기술이 요구된다. 뿐만 아니라 UAV용 터보샤프트 엔진은 일반적인 엔진에 비해 파워가 매우 작기 때문에 엔진의 초소형화에 따른 고도의 기술이 요구된다. 대표적인 예가 터보압축기의 설계기술로서 엔진이 소형화됨에 따라 가스터빈엔진의 적절한 사이클을 충족시키기 위해서는 엔진의 회전수가 높아져야 하는 문제가 발생한다. 엔진의 초소형화에 따른 기술들은 현재 선진국에서도 미국 등 일부 국가에서만 개발이 진행되고 있는 실정이다. 따라서 용도가 다양하고 엔진의 새로운 응용분야를 개척할 수 있는 UAV용 초소형 터보샤프트 엔진 개발기술을 국내 산/학/연 공동 개발 체계를 통하여 확보하기 위하여 본 연구가 시작되었다.

UAV용 초소형 터보 샤프트엔진은 가스터빈 엔진의 일종으로 고부가가치의 기술집약형 산업으로 그 경제적 효용성 및 파급효과가 크기 때문에 기계 산업구조의 고도화 달성 및 첨단 기술이 집약된 고부가가치 산업의 창출로 국가 경쟁력을 높이는데 꼭 필요한 핵심 기술이다. 가스터빈엔진 관련 기술은 발전설비, 항공기, 선박, 무기체계 등에 사용되는 등 그 활용도는 다양하고, 점점 엄격해지는 환경규제에 신속히 대처할 수 있는 저공해 에너지원을 개발하는데 필요한 기술이다.

현재, 항공우주 분야뿐 아니라 발전 시스템, 로봇 시스템, 마이크로 산업 분야 등에 소요되는 초소형 동력 장치의 개발에 대한 관심과 연구의 중요성이 증가되고 있으며 이러한 분야들은 앞으로 새로운 시장을 창출하고 국가 경쟁력을 확보하는데 필수적인 산업으로 평가되고 있으므로 국가적인 차원에서 투자가 이루어지고 있는 중이다. 개발 대상 엔진인 UAV용 초소형 터보 샤프트엔진은 환경 친화적이고 소형화 추세에 부합하는 첨단기술 분야로써 이 분야에 대한 개발기술은 무인항공기(헬리콥터, VTOL 및 Flying Robot 등)를 활용한 항공촬영 등 다양한 적용 분야가 예상되고, 고급 레저 및 완구 등의 목적에도 적합하여 직접적으로 생

활과 관련된 제품의 개발로 이어질 수 있으므로 보다 안락하고 쾌적한 생활환경을 만들고 생활의 질을 향상시키는데 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

2. 연구개발 현황

2.1 연구개발의 필요성

국내에서는 수 년 전에 보조동력장치(APU)의 성공적인 개발을 통하여 소형 가스터빈 엔진의 개발기술을 높인 바 있다⁽²⁾. 이보다 작은 용량인 UAV용 초소형 터보 샤프트엔진의 개발은 고속 소형 선박용 엔진 및 지능형 무인 헬리콥터의 동력원, 농약 살포용 무인 헬리콥터 등의 용도로 활용할 수 있다. 또한, 기존의 전자, 전기, 통신 산업과의 결합을 통하여 새로운 상품이나, 인간, 자연 친화적인 차세대 시장을 개척하고 시장을 선점하는데 큰 기여를 할 것으로 판단된다. UAV용 초소형 터보 샤프트엔진은 국가 방위력 및 국제 사회 영향력 증대를 위해 전략적으로 지원, 육성되어야 하는 가스터빈 엔진의 한 분야이다. 21세기 국가간의 치열한 기술 전쟁에서 생존하고 선진국의 첨단 무기 관련 기술 이전 금지 및 신무기의 판매 중단에 대비하는 국가적인 자구책을 마련하는데 있어, 그 효용성 및 필요성은 필수적이라 하겠다. 또한 군수시장의 국산화를 증대, 군 무기체계의 현대화 및 차후 독자적인 무기체계 개발에 있어서도 꼭 필요한 핵심 기술이다.

초소형 터보샤프트 엔진은 소형 자가발전, 무인항공기, 농업용 항공기(농약 살포), 산림 및 화재 감시용 항공기, 교통 통제용 항공기, 군 정찰 항공기 등에 사용되는 등 그 활용도가 매우 다양하고, 최첨단의 전기, 전자 기술과의 접목을 통하여 신규 시장을 개척할 수 있는 차세대 기술이다. 따라서, 이와 관련된 동력 시스템의 개발은 필수 불가결하다고 판단된다. 농약 살포용 무인 헬리콥터와 같은 경우, 일본에서는 왕복동 엔진을 이용한 제품이 상용화되어 2000 여대 이상 판매되고 있으며, 미국 등에서는 무인 헬리콥터를 이용하여 재난 구조, 안전 진단, 군사용 정찰 등에 활용하고자 연구 개발 중에 있다.

UAV용 엔진을 응용할 수 있는 다른 분야는 초소형 UAV용 터보샤프트 엔진을 분산형 열병합 발전 시스템으로 응용하는 것이다. 이미 여러 선진국에서 가스 터빈엔진과 연료전지 등을 활용한 시스템을 연구 중에 있으며, 이 분야에서 앞으로 거대한 신규 시장이 형성

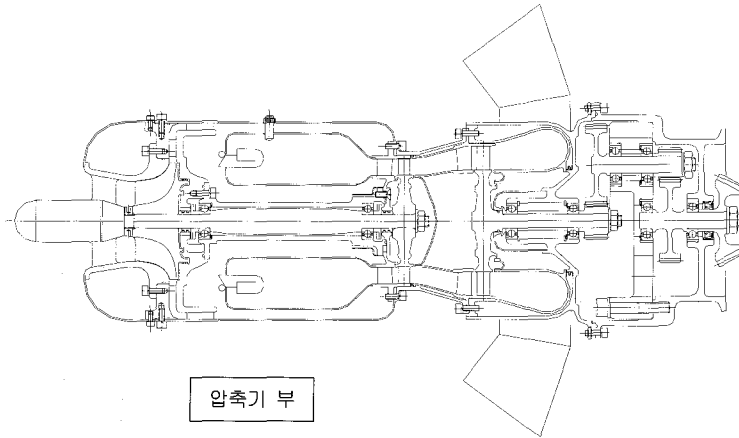


그림 4 국내에서 개발 중인 UAV용 초소형 터보샤프트 엔진의 Layout

될 것으로 예측하고 있다. 본 연구를 통하여 발전용 초소형 가스터빈 연구 개발 능력과 인프라 역시 확보 될 것이다.

또한 현재 국내에서 개발 대상 엔진인 UAV용 초소형 터보 샤프트엔진은 터보 제트나 터보프롭 엔진으로의 개조가 용이하고 소형 무인 발사체, 유도무기, 군사용 무인 정찰기, 군용 선박 추진기관 등으로 활용할 수 있는 장점이 있어 그 효용성도 매우 높다.

2.2 국외 기술 현황

현재 초소형 엔진 개발에는 미국의 Williams International사와 Sundstrand사, 프랑스의 Microturbo사 등 상대적으로 소규모 기업에서 기만용 무인기/무인 표적기, 레저용 R/C 항공기 등에 사용되는 소형 터보제트 엔진을 중심으로 개발하고 있다. 미국에서는 50 lb급의 초소형 가스터빈 엔진을 개발 완료하여 비행 시험 중이며, 러시아는 130 lb급의 엔진을 개발하여 보유하고 있는 상태이다. 특히, 미국에서는 50 및 20 lb급의 초소형 터보제트엔진은 물론 마이크로 터보제트엔진도 거의 개발을 완료한 상태이고, 미국 이외의 나라에서는 초소형 이하의 가스터빈엔진 개발은 활발하지 않은 것으로 파악되고 있다.

그리고, 미국의 M-Dot Aerospace에서는 미 정부의 지원(DARPA, Army, Navy and Air Force)하에 TRP80 이라는 94 kW급 twin spool turboprop을 개발하였고, 이에 적용된 기술을 기반으로 하여 MAV (Micro air vehicles)에 적용할 엔진을 개발하고 있는 중이다. Schreckling/Artes, AMT, JPX 그리고 Sophia Precision 등

의 회사에서 고급 레저용, 개발되는 민간항공기의 전 시용, 무인 표적기용의 용도로 초소형 터보 제트 엔진을 개발하여 판매하고 있다. 또한, CL-327 Guardian은 1964년에 개발되어 실전 배치되어 사용하고 있으며, 1996년 이후부터는 UAV 시스템으로 개조하는 연구를 수행하고 있다.

2.3 연구개발 대상의 압축기

개발대상 터보샤프트 엔진의 Layout을 그림 4에 나타내었다. 압축기는 1단의 원심압축기를 사용하며, 본 기사는 압축기의 개발을 중심으로 기록하였다. 압축기의 입구에는 고속 발전기가 있어서 엔진의 작동을 통하여 전기를 생산한다. 앞에서 서술하였듯이 개발 대상의 엔진이 초소형 터보샤프트 엔진이어서 엔진 출력이 일반적인 엔진보다 아주 작으며 이에 따라 압축기의 유량도 작아지는 반면 압력비는 엔진 사이클에 따라 정해지므로 압축기는 고속으로 회전하도록 설계되었다. 사이클 해석 결과 본 엔진의 회전수는 105,000 rpm으로 선정되었다. 표 1에는 개발 대상 압축기의 설계사양을 나타내었다. 그림 5에는 제작된 임펠러의 사진을 나타내었고, 그림 6에는 베인디퓨저의 형상을 나타내었다. 항우연에서는 현재 보유/운용 중인 압축기 성능시험 장치를 이용하여 압축기의 정상상태와 비정상 상태의 성능을 확인하고 성능특성에 관한 연구를 진행 중이다. 또한 고고도 엔진성능시험기를 이용하여 핵심 구성품인 압축기의 성능 평가를 단계적으로 수행할 예정이다. 그림 7에는 압축기 성능시험장치에 장착된 UAV 용 압축기(임펠러 및 디퓨저)의 사진을 나타내었다.

표 1 UAV 엔진용 원심압축기 개발 사양

항목	단위	사양
D2	mm	87.36
회전수	rpm	105,000
유량	kg/s	0.432
압력비	-	3.8
단열효율	%	78.0
디퓨저	-	베인디퓨저
베인 수	개	23

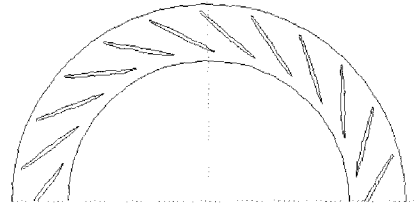


그림 6 베인 디퓨저의 형상

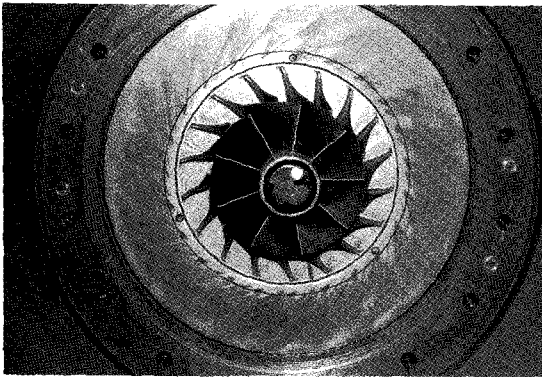


그림 5 임펠러를 장착한 사진

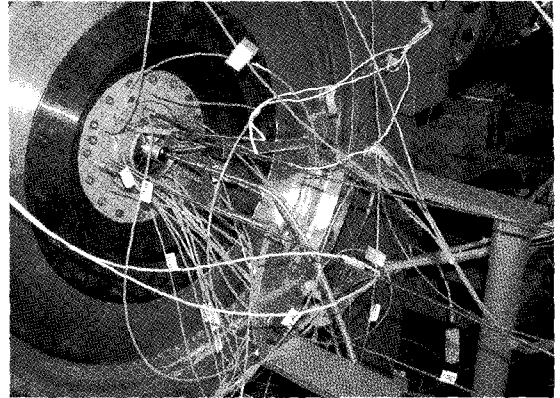


그림 7 개발용 압축기를 시험 리그에 장착한 사진

압축기 성능시험의 1차적인 목표는 성능시험을 통하여 압축기의 설계점 및 탈설계점에서의 압력비, 효율 등을 측정하여 시험을 통한 정확한 성능지도를 확보하는 것이다. 또한 스톨 및 서지 선을 정확하게 측정하고 서지 마진을 측정하여 엔진에서의 압축기의 작동 영역에 대한 충분한 정보를 확보하는 것이다. 이것을 위하여 현재 임펠러 및 디퓨저, 구동장치 등 시험에 필요한 모든 장비들을 완비하였고 초기 시험을 진행 중이다.

압축기의 성능시험이 성공적으로 수행된 후에는 엔진을 조립한 다음 항우연에서 운영중인 고고도 엔진 시험기에서 성능시험을 수행할 예정이다. 고고도 엔진 시스템 성능시험은 제작된 엔진 시제품의 고도변화에 따른 성능을 평가하는 시험으로서, 조립된 엔진에서의 압축기 성능 확인과 저온 환경에서의 엔진 점화 특성을 확인하고 엔진 성능 측면에서의 30,000ft 고고도 엔진 특성을 확인하여, 향후 군용 엔진으로의 적용 범위 확대 가능성을 점검할 예정이다.

3. 결론

UAV에 대한 세계적인 수요가 증가함에 따라 선진국들을 중심으로 UAV의 연구개발을 진행하고 있다.

본 연구에서는 중량대 출력비가 우수하고 높은 고도에 서도 작동이 가능한 장점이 있는 UAV용 초소형 터보샤프트 엔진을 개발하면서, 그 핵심부품인 원심압축기에 대한 연구개발을 중심으로 기술하였다. 엔진이 소형화되면서 고속의 단단 원심압축기가 필요하게 되었다. 압축기의 성공적인 개발을 통해 국내의 엔진 설계 기술과 성능평가 기술을 한 단계 높이를 기대하고 있다.

후 기

본 연구과제는 민군겸용 기술과제인 “UAV용 초소형 터보샤프트 엔진개발”로 수행된 결과입니다. 이에 관계자분들께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 황수정, 오수훈, 구삼욱, 김재무, 임철호, 2002, “스마트 무인기의 활용 및 운용성능요구도,” 한국항공우주학회 추계학술대회 논문집, pp. 817~820.
- (2) 차봉준, 임병준, 양수석, 이대성, 2001, “팁 간극 영향으로 인한 원심압축기 성능특성 연구,” 유체기계저널 제4권 제4호, pp. 30~37.