

<論文>

50m급 무인비행선 시험비행 안전성 요구사항에 관한 연구

정봉구*, 신대원*

A study on Requirements of the Test Flight Safety for a 350m
Unmanned Airship

B. G. Jeong*, D. W. Shin*

목 차

I.	서	론
II.	제 원 및	구 조
III.	시험비행의 안전성 요구조건	
IV.	결	론

Abstract

In this study, we analyze technical requirements for a 50m unmanned airship order to assure safety in the test flight operation. The 50m class unmanned airship developed by Airship Group in Korea Aerospace Research Institute(KARI). The 50m class unmanned airship was developed as a scale-down model of 200m class stratosphere unmanned airship. This study reviews specifications and characteristics of 50m class unmanned airship and develops Airworthiness Requirements on the basis of current effective Aviation Act, Airworthiness standards, and relevant international documents. The developed requirements can be applied to the safety assessment of the 200m class stratosphere unmanned airship.

Key Words : Unmanned Airship(무인비행선), Airworthiness(감항성),
Safety(안전성), Standards(표준), Test Flight(시험비행),

* 정희원, 한국항공우주연구원 품질인증센터 항공인증그룹
연락처, E-Mail : dwshin@kari.re.kr
대전시 유성구 어은동 45

I. 서 론

우리나라의 무인비행선개발은 1986년 길이 8m급, 1993년 23m급에 이어 2003년 50m급 무인비행선개발에 도달하였다. 이번에 제작된 50m급 무인비행선은 성층권(고도 20km 정도)에 장기간 체류할 수 있는 고공비행선 개발에 앞서 이에 대한 타당성 및 운용기술을 습득하기 위한 실험적인 축소모형의 비행선으로 한국항공우주연구원에서 개념설계에서부터 제작 및 운용에 이르기 까지 전 과정을 주도적으로 수행하였다. 개발된 비행선은 법적으로 “비행선” 및 “무조종사 항공기”로 분류되므로 시험비행에 앞서 비행선의 안전성에 대하여 고려하여야 한다. 따라서 기존의 일반적인 항공기 형식에서 벗어난 50m급 무인비행선은 현행의 항공기 기술기준으로는 안전성 확보를 위한 적합한 기술기준이 부재한 실정이므로 개발한 50m급 무인비행선의 특성에 적합한 기술기준이 요구된다. 이러한 필요에 따라 우리는 50m급 무인비행선 시험비행 안전성에 대하여 항공기 기술기준 및 특성분석을 통하여 50m급 무인비행선의 시험비행에 따른 안전성 확보를 위하여 기본적으로 갖추어야 기술적 요구조건을 도출하기위해 연구를 수행하였다.

II. 제원 및 구조

한국항공우주연구원이 개발한 50m급 무인비행선은 차후에 제작하게 될 성층권 비행선에 대한 운용 및 제작 가능성을 알아보기 위하여 제작된 것(그림 2)으로 대기권에서 운용중인 일반 비행선에 비하여 여러 특징들을 갖고 있으며 일반제원은 다음 표-1과 같다.

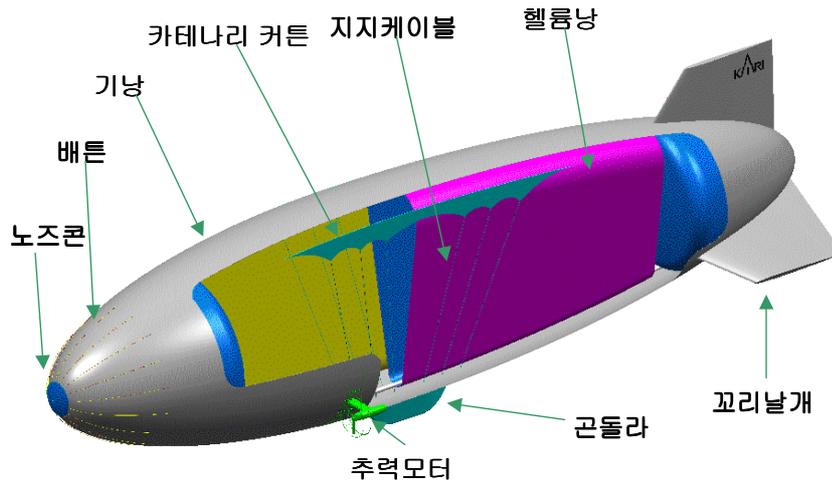
<표-1> 50m급 무인비행선 일반제원

항 목	제 원
항공기 분류	무인비행선
구조	연식(Non-Rigid Body)
크기	전장 50m, 전폭 12.5 m, 전고 17m
최대이륙중량	2.838 Kg
기낭	1개의 He 기낭, 3개의 공기낭
사용기체	He
체공고도	5,000m
추진방식	전기 Motor, Propeller
조종방식	수동 및 자동 무선조종
이착륙 방식	틸팅 모터에 의한 수직이착륙

일반적으로 비행선은 1개의 He 기낭과 2개의 공기낭으로 구성되나 금번에 개발한 50m급 무인비행선은 고고도 체공을 위하여 3개의 공기낭과 추력장치로 전기모터를 사용하였으며 모터는 틸팅 기능을 보유하고 있어 수직이착륙이 가능하며 추력을 위한 전기모터는 곤돌라에 설치된 엔진으로 발전기를 구동하여 전원을 얻게 되어있다. 또한, 연식비행선의 경우, 추력장치를 곤돌라에 부착하나 본 비행선은 연식기낭 좌우측에 직접 장착하였다(그림3).

50m급 무인비행선의 곤돌라는 2층 구조이며 곤돌라 하부에는 발전기와 이를 구동시켜주기 위한 터보샤프트엔진과 발전기가 장착되어있으며 엔진 및 발전기주변에는 화재방지를 위한 소화시스템이 장착되어있다. 곤돌라 상부와 하부는 방화벽으로 분리되며 상부에는 엔진구동을 위한 연료통이 장착되고 기타 통신 및 제어시스템 장비들이 자리를 잡고 있다.

곤돌라 외부 상층전반부에는 비행선위치 및 영상자료를 위한 카메라가 장착되어 있으며, 하층부 외부바닥 중간에는 1개의 착륙장치가 있는데 이는 바람방향에 따라 지상에서 비행선을 움직이기 쉽게 하기위하여 360° 회전이 가능하게 하였다.



<그림 1> 50m급 무인비행선의 구조



<그림 2> Mooring 장치에 매달린 50m급 무인비행선

50m급 무인비행선은 지상에 위치한 조종장치를 이용하여 내부조종사(지상조종실 내부에서 비행선의 이착륙을 제외한 모든 작동을 제어하는 조종사) 및 외부 조종사(지상조종실 외부에서 비행선의 이착륙을 담당하는 조종사)에 의해 수동 또는 자동방식으로 조종되며, 노콘(No-Con)상황으로 인한 비상사태에 대비하여 비행선의 자동비행모드에는 비행선이 이륙한 위치로 다시 돌아올 수 있는 기능을 부여하였다. 또한 이 비행선의 자동비행시스템에는 지상에서 입력하는 위치 및 기타비행정보에 따라 운항할 수 있는 기능과 정점체공을 위한 시스템도 마련되어있다.

지상조종실은 조종실 외부에 장착된 자체 발전기의 전원으로 작동할 수 있으며, 상황에 따라 조종실이동이 가능하게 설계되었다. 지상조종실에서는 비행선의 상태와 조종에 필요한 계기들이 장착되어있고, 비행선의 위치를 알려주는 위치추적시스템이 있으며, 곤돌라 전방에 설치된 영상장비를 통하여 비행선 전방 및 주변의 모습을 실시간으로 모니터 할 수 있는 화면이 마련되어있다.



<그림 3> 기상에 장착된 추력장치

Ⅲ. 시험비행의 안전성 요구조건

1. 50m급 무인비행선의 법적인 분류

우리나라 항공법 제2조 1항에는 항공기분류에 대한 정의에 따라 비행선은 항공기에 속하지만 비행기와는 구별되어 “비행선”으로 정의하고 있다. 50m급 무인비행선은 체원에서 파악한 것과 같이 무인조종 방식으로서, 지상국의 원격 조종에 의하여 운항되므로 항공법 제2조 25의2항 정의에 따른 “무인비행장치” 적용여부를 검토할 필요가 있다. 항공법 시행규칙 제14조의2 2항에서 무인비행장치의 범위로 비행선은 길이가 20m 미만인 “무인비행선”만

해당되므로, 한국항공우주연구원이 개발한 50m급 무인비행선은 “무인비행장치”에 해당되지 않는다.

위에서 검토한 것과 같이, 50m급 무인비행선은 “무인비행장치”에 해당되지 않으며, 항공법 제62조 1항에 규정된 “무조종사 항공기”가 적용된다. 그러므로 50m급 무인비행선은 법적으로 “비행선” 및 “무조종사 항공기”로 분류되며, 이러한 형식에 적용하는 증명관련 규정과 일반적인 항행에 대하여 감항당국으로부터 허가를 받아야 한다. 따라서 새롭게 제작된 50m급 무인비행선의 비행시험은 감항당국의 허가를 필요로 한다.

2. 50m급 무인비행선의 시험비행을 위한 안전성에 관련되는 요구 조건의 분석

우리나라의 비행선에 대한 기준은 항공기 기술기준 7부에 명시되어있으나 이는 유인비행선에 해당하는 것으로, 50m급 무인비행선의 경우에는 적합하지 않으므로, 개발한 비행선의 특성을 충분히 고려하여 시험비행 안전성에 대하여 평가할 수 있는 새로운 기술기준이 필요하다. 따라서 50m급 무인비행선의 설계 안전성평가를 위하여 항공기 기술기준 7부(비행선에 대한 기술기준), 2부(감항분류가 보통(N), 실용(U), 곡기(A)류인 비행기에 대한 기술기준), 8부(항공기 발동기에 대한 기술기준), 9부(프로펠러에 대한 기술기준), FAA-P-8110-2(Airship Design Criteria) 및 국내·외 관련 자료를 바탕으로 개발한 무인비행선 특성에 적합한 비행시험의 기술상 안전성확보를 위한 요구조건을 분석하여 다음과 같이 도출하였다.

2.1 비행성관련 요구조건

□ 하중분포

- 비행 안전성 유지를 위한 무게 및 부력 중심의 한계가 설정되어야한다.
- 제거가능 밸러스트 사용 시 장착위치는 지정, 표시되어야한다.

□ 조종력

- 모든 비행조건에서 추진모터 고장 시 신속히 평형상태로 복귀가 가능하여야한다.
- 이륙, 상승, 수평비행, 정점체공, 강하, 착륙 시 조종계통에 미치는 조종력 실험이 수행되어야한다.

□ 안정성

- 비행 안정성 해석이 수행되어야한다.

2.2 설계 및 구조관련 요구조건

□ 안전율

- 기낭을 제외하고 구조물의 안전율을 1.5이상 사용하여야한다.
- 기낭의 안전율은 4이상을 사용하여야한다.

□ 강도/변형

- 아래의 구조는 안전상 유해한 잔류변형 없이 제한 하중을 견딜 수 있어야한다.
 - 추력모터 마운트 구조물
 - 노즈콘 구조물
 - 미익 구조물

- 콘돌라 구조물

- 패치

- 구조는 적어도 3초간 파손 없이 극한하중을 견딜 수 있어야한다.

□ 비행하중

- 비행하중 해석은 적합하게 수행되어야한다.

□ 재료

- 파손될 경우 안전에 영향을 주는 부품에 사용되는 재료의 적합성과 내구성에 대한 고려사항

- 경험이나 시험에 의하여 입증되어야한다.

- 공인규격에 합당하여야한다.

- 운용 중에 예상되는 온도와 습도 등의 환경조건들의 영향을 고려하여야한다.

□ 제작방법

- 적용된 제작방법은 승인된 공정 규격에 따라 실행되어야한다.

□ 구조의 보호

- 구조의 모든 부분은 풍화, 부식, 마모방지를 위한 방법이 구비되어야한다.

□ 정비성

- 예방정비를 위한 정비지침서가 있어야한다.

- 수리, 부품교환을 위한 지침서가 있어야한다.

□ 조종면 및 조종계통

- 조종면의 제한하중 시험이 수행되어야한다.

- 조종면의 최대 각 운동 시 상호 간섭, 과도한 마찰, 과도한 변형, 재밍 여부가 시험으로 입증되어야한다.

- 조종계통 정지장치가 구비되어 있어야한다.

- 조종계통 정지장치가 설계하중에 안전하여야한다.

- 비행선의 조종면 및 지상 조종장비의 조종장치는 성능을 충분히 발휘할 수 있어야한다.

□ 착륙장치

- 착륙장치의 완충시험이 수행되어야한다.

□ 추력모터 및 엔진 마운트

- 추력모터 마운트와 그 지지 구조는 다음에 대해 적합한 강도를 갖도록 설계되어야한다.

- 이륙 출력과 프로펠러 속도에서의 제한 추력모터토크의 영향

- 비행시 제한하중이 작용하는 최대연속 출력과 프로펠러 속도에서의 제한 추력모터토크의 영향

- 추력모터 틸팅에 의한 토크의 영향

- 엔진 마운트와 그 지지 구조는 적합한 강도를 갖도록 설계되어야한다.

□ 기낭

- 기낭의 외부에는 운용 중 명료하게 식별할 수 있도록 표시하여야한다.

- 부양가스로서 헬륨을 사용하여야한다.

- 기낭 및 공기낭은 내압이 제한치에 도달할 경우 자동적으로 가스나 공기를 배출할 수 있는 안전밸브를 장착하여야한다.

- 안전벨트는 지상조종사가 작동할 수 있어야한다.
- Tearing Strength Test가 수행되어야한다.

□ 비상가스배출

- 비상가스배출장치를 구비하여야한다.
- 비상가스배출장치는 지상조종사가 조종이 가능하여야한다.

□ 피로평가

- 복합재구조에 대한 Damage tolerance 및 fatigue evaluation은 적합하게 수행되어야한다.

□ 화재방지

- 화재감지시스템을 장착하여야한다.
- 엔진주변에 장착된 소화시스템은 시험 또는 분석을 통하여 입증하여야한다.

□ 낙뢰

- 낙뢰 영향을 최소화하도록 부품의 설계가 되어 있어야한다.
- 낙뢰로 발생한 내부전류를 전환시키는 적절한 방법이 구비되어 있어야한다.

□ 지상취급

- 지상취급장비(취급 Line은 비전도성 물질로 만들어져야 하고 지상취급 Line의 모든 패치 및 피팅은 부착된 케이블 또는 라인 조립체의 규정된 파괴강도 보다 최소 15% 큰 파괴 강도를 가지도록 설계)가 구비되어 있어야한다.
- 지상에서 비행선이 수평위치에 있음을 확인할 수 있는 장치가 있어야한다.

2.3 동력장치관련 요구조건

□ 추진모터

- 적합한 성능의 추진모터를 사용하고 있어야한다.
- 추진모터는 다음에서 열거된 사항에 맞게 배치 및 장착되어야한다.
 - 검사 및 정비에 필요한 접근성을 갖고 있어야한다.
 - 비행 전 점검이 용이하도록 배치되어야한다.
- 연식비행선의 경우 추력장치로 인하여 기낭을 보호 할 수 있는 안전장치가 있어야한다.
- 추진모터는 추력편향각내에서 정확한 작동이 이루어져야한다.
- 추력편향장치는 조종사가 원하는 추력편향각을 얻을 수 있는 성능을 갖고 있으며 또한 그렇게 장착되어야한다.

□ 발전기

- 적합한 성능의 발전기를 사용하고 있어야한다.
- 발전기는 다음에서 열거된 사항에 맞게 배치 및 장착되어야한다.
 - 검사 및 정비에 필요한 접근성을 갖고 있어야한다.
 - 비행 전 점검이 용이하도록 배치되어야한다.
- 발전기 기능불량으로 인하여 화재발생가능성이 최소로 될 수 있도록 장착하여야한다.
- 비행 중 엔진 또는 발전기 고장으로 인한 전원 차단 시 비상전원이 공급되어야한다.

□ 엔진

- 형식증명된 엔진을 사용하고 있어야한다.

- 엔진 시동에 대한 제한사항이나 기술이 수립되고 승인된 교범에 포함되어 있어야한다.
- 엔진은 다음에서 열거된 사항에 맞게 제작되고 배치 및 장착되어야한다.
 - 검사 및 정비에 필요한 접근성을 갖고 있어야한다.
 - 비행 전 점검이 용이하도록 배치되어야한다.
- 터어빈 엔진을 장착하는 경우 엔진제어장치, 제어계통 그리고 계기장치에 관련된 동력계통들은 운항 중에 터어빈 로우터 구조강도에 악영향을 미칠 엔진의 운용한계를 넘지 않도록 설계되어야한다.
- 엔진의 연소 및 회전을 정지 시킬 수 있는 방법이 있어야한다.
- 방화벽 엔진쪽 면의 구성 부품은 내열성이 있어야한다.

□ 프로펠러

- 형식증명된 프로펠러를 사용하여야한다.
- 모터 출력과 프로펠러 축 회전속도는 프로펠러가 승인 한계를 초과하지 않아야한다.
- 정상 운용조건에서 프로펠러의 진동응력은 한계치 이내 이어야한다.
- 프로펠러와 shroud 사이의 여유간격은 충분하여야한다.
- 프로펠러로부터 떨어져 나온 파편이나 얼음조각으로 인한 기낭의 손상이 최소화되도록 프로펠러와 기낭사이에는 충분한 여유간격(Shrouds 또는 동등한 보호장치가 없을 경우 적어도 2 피트 간격을 유지해야 함)이 있어야한다.
- 프로펠러 이외의 회전부분 또는 스피너와 기체 고정 부분사이에 충분한 여유간격이 있어야한다.
- 프로펠러는 결빙으로부터 보호되어야한다.

□ 연료계통

- Minor Crash Landing시 프로펠러와 Shroud 충돌로 인한 위험이 설계에 고려되어야한다.
- 연료 계통은 설정된 유량과 압력으로 흐르도록 제작, 배치되어야한다.
- 연료 계통 내로 공기가 유입되는 것을 차단하는 장치가 있어야한다.
- 낙뢰 시에 계통 내부의 연료 증기가 점화되지 않도록 설계, 배치되어야한다.
- 연료 공급 및 사용에서 가장 불리한 자세에서도 설정된 유량과 압력으로 연료 공급이 가능해야한다.
- 각 탱크의 사용불능 연료량은 가장 불리한 연료공급 자세에서 적합하게 설정되어야한다.
- 연료 탱크는 운용 중의 구조적 하중에 대해 파손 없이 견딜 수 있어야한다.
- 연료 유량계는 사용불능 연료량을 고려하여 수정되어야한다.
- 연료 탱크는 탱크하중이 한 곳으로 집중되지 않도록 지지되어야한다.
- 각 탱크 및 탱크실은 충분히 환기되고 배출되어야한다.
- 연료탱크는 방화벽과 0.5 인치 이상의 공간을 가지고 있어야한다.
- 연료탱크는 탱크용적의 2% 이상의 팽창공간을 가지고 있어야한다.
- 연료 탱크는 정상 지상 및 비행 자세에서 탱크 용적의 0.25% 또는 1/16 갤런 중 더 큰 용량의 배출 가능한 섬프를 가지고 있어야한다.
- 연료탱크는 항공기가 정상 지상 자세일 때 탱크의 모든 부위에 위치해 있는 수분을 섬프로 배출할 수 있어야한다.

- 배출을 위해 접근이 용이하고 연료 탱크 20 갤런 용량 당 1온스의 용적을 가지고 있는 침전물용 용기 또는 공간을 가지고 있어야한다.
- 각 연료 탱크의 배출구는 정상 비행자세에서 연료탱크의 모든 부위로부터 침전물용 용기로 수분이 배출되도록 위치되어 있어야한다.
- 연료 마개는 주연료 주입구를 완전히 밀봉할 수 있어야한다.
- 연료 탱크는 팽창공간의 상단에서 통기가 가능해야한다.
- 배출구는 결빙이나 외부 물질에 의해 막히지 않도록 배치 및 제작되어야한다.
- 배출구는 정상운용 중 연료의 사이펀 현상을 방지하도록 조립되어야 한다.
- 통기 능력은 탱크 내외의 과도한 압력을 신속히 해소하기에 충분하여야한다.
- 연료 탱크 출구 및 부스터 펌프에 인치당 8에서 16 메쉬의 여과기가 장치되어야한다.
- 연료탱크 여과기의 유효면적은 적어도 출구라인 면적의 5배 이상 이어야한다.
- 각 여과기 직경은 연료탱크 배출구 직경만큼 되어야한다.
- 여과기는 검사 및 청소를 위해 접근이 용이하여야한다.
- 비상용 연료펌프를 장착하고 있어야한다.
- 비상용 연료펌프의 동력공급은 주 펌프의 동력공급과 독립적 이어야한다.
- 주 펌프와 비상용 펌프의 연속적인 사용 시 기능불량에 대한 경고장치가 있어야한다.
- 각 연료배관은 과도한 진동을 방지하고 연료 압력과 연료 압력을 견딜 수 있도록 지지, 장착되어 있어야한다.
- 비행 중 지상조종사가 연료를 차단할 수 있는 장치가 있어야한다.
- 연료차단밸브는 부주의한 오작동에 대해 보호되고 있고 신속한 재개방이 가능해야한다.
- 연료탱크 배출구와 이와 가까운 연료 계량장치의 입구 또는 엔진 구동펌프의 입구 사이에 연료 여과기가 설치되어야한다.
- 침전물 트랩이나 배출구를 가지고 있어야한다.
- 임계운용조건에서 110°F(43.3°C) 온도에서 연료 사용 시 연료계통에 Vapor Lock이 발생하지 않아야한다.

□ 오일계통

- 오일 배출구는 접근이 용이하고 확실한 고정장치를 구비하며 부주의한 조작으로부터 보호될 수 있어야한다.
- 오일 냉각기 및 그 구성품은 운용 시의 진동, 관성, 오일압력 하중에 견딜 수 있어야한다.

□ 냉각계통

- 냉각계통은 동력장치 구성품 및 유체의 온도를 설정된 온도한계 내에서 유지할 수 있어야한다.
- 냉각 시험은 적합하게 이루어져야한다.

□ 흡입계통

- 공기 흡입장치는 결빙을 방지하고 소거할 수 있는 수단을 장착하여야한다.

□ 배기계통

- 배기계통은 화재나 일산화탄소가 곤돌라 내로 유입되지 않도록 장치되어야한다.

- 배기계통은 엔진 외부의 가연성 부분으로부터 방화벽에 의해 격리되어야한다.
- 배기가스가 오일이나 연료계통 배출구 가까이로 배출되지는 않아야한다.
- 배기계통의 구성품은 충분히 환기되어야한다.
- 배기계통은 내화성 및 내 부식성, 운용 온도에 의한 손상을 방지하는 수단이 있어야한다.
- 배기계통은 운용중의 진동 및 관성하중을 견딜 수 있도록 지지되어야한다.
- 비행선에 부딪히는 엔진배기가스가 비행선의 재료나 구성품의 온도를 안전치 이상으로 과열시키지는 않아야한다.

□ 보기계통

- 엔진 장착 보기류(승인 부품, 토크, 실링, safety-wiring 등)는 적합해야한다.
- 아크나 스파크를 일으키기 쉬운 전기장비는 가연성 유체나 증기와 멀리 설치되어 있어야 한다.
- 배터리 및 발전기 용량은 충분하여야한다.
- 엔진 점화계통 설계 시 발전기 부작동, 배터리 고갈 상태 등을 고려하여야한다.
- 전기계통의 고장으로 엔진 점화에 사용되는 배터리가 방전되고 있는 경우 경고장치가 있어야한다.
- 엔진실 내에 위치한 각 구성품과 배관, 피팅은 적합한 내화성과 거리를 유지해야 한다.
- 엔진 화재 시 노출되는 지역에 위치한 각 구성품, 배관, 피팅은 내구성이 있어야한다.

□ 추력조작장치

- 엔진 및 추진모터에 대하여 각각의 출력 또는 추력 조작장치가 있어야하며 제어를 필요로 하는 장치에 대하여 각각의 조작장치가 있어야한다.
- 추진모터 킬팅 조정장치는 동시작동이 가능하여야한다.

□ 프로펠러 회전속도

- 프로펠러 회전속도 조작장치를 장비한 경우는 이들의 조작장치를 한곳에 모아 다음 조건을 만족하도록 배치하여야한다.
 - 각 추진모터의 단독조작이 가능/모든 추진모터의 동시작동이 가능하도록
- 장착된 모든 프로펠러의 신속한 동조가 가능한 조작장치를 장비하여야한다.
- 프로펠러 회전속도는 제한되어 있어야한다.

□ 방화벽

- 비행 중 운용되는 엔진 및 연소장비품들은 방화벽, 격막 또는 그 외의 동등한 방법으로 격리되어야한다.
- 방화벽이나 격막은 엔진실로부터 비행선의 다른 부분에 위험량의 유체, 가스 또는 화염이 통하지 않도록 제작되어야한다.
- 방화벽은 내화성재료로 제작되어 부식되지 않도록 하여야한다.
- 방화벽의 구멍은 내화성 재료로 밀봉되어 있어야한다.

2.4 비행선장비관련 요구조건

□ 비행 및 동력장치계기

- 다음의 최소필요비행 및 항법계기가 장착되어 있고 지상조종사가 확인할 수 있어야한다.

- 대기 속도계
- 고도계
- 자기방향 지시계
- 자세계
- 기낭 및 공기낭의 내압표시장치
- 다음의 필요한 동력장치 계기가 장착되어 있고 지상조종사가 확인할 수 있어야한다.
 - 연료 유량계
 - 윤활유 압력계
 - 윤활유 유량계(또는 dipstick)
 - 윤활유 온도계
 - 엔진 회전계
 - 추력모터 회전계
 - DC 발전기 계통에 대한 전압계
 - 화재경고장치
- 대기 속도 지시계는 진대기 속도로 교정되어야한다.
- 가열식 피토티 튜브를 사용하고 있어야한다.
- 정압계통은 교정되어야한다.
- 동력 공급원을 사용하는 계기를 사용하고 있을 경우 동력의 상태를 표시하는 장비가 있고 지상조종사가 확인이 가능하여야한다.
- 적어도 두개의 독립적인 동력 공급원을 가지고 있어야한다.
- 연료 유량계통은 연료의 흐름이 방해 받을 경우 연료를 바이패스 시키는 장치를 가지고 있어야한다.
- 전원 공급원은 각 부하회로에 적합한 전압을 공급해 줄 수 있어야한다.

□ 탑재장비

- 다음과 같은 필요한 무인비행선 탑재장비를 장착하여야한다.
 - 트랜스폰더
 - 등불(충돌 방지등, 위치 등)
- 트랜스폰더를 장착하여야한다.
- 무인비행선 조종과 관련된 탑재장비의 전자파적합성을 입증하여야한다.

□ 전기계통

- 전원 공급원은 여러 가지 손상으로부터 보호되어 있고 전기적 위험성은 없어야한다.
- 발전계통은 연속적인 정격출력을 낼 수 있어야한다.
- 발전기 전압 조절장치는 정격한계 내에서 발전기 출력을 조절할 수 있어야한다.
- 역전류에 의한 발전기의 손상을 방지하기 위한 자동 역전류 차단기가 있어야한다.
- 지상조종사에게 발전기 고장을 알려주는 경보장치가 있어야한다.
- 발전기에 과전압제어장치가 있어야한다.
- 안전한 운용에 필요한 전기계통의 용량을 지상조종사에게 알려주는 장치가 있어야한다.
- 어떠한 충전과 방전 상태에서도 안전한 전지 온도와 압력이 유지되어야한다.

- 배터리에서 흘러나온 부식성 액체가 주변 기체나 인접장비에 손상을 미치지 않아야한다.
- 1차 전력공급원의 완전 손상 시 배터리가 30분 동안 필요부하를 공급할 수 있어야한다.
- 회로 차단기나 퓨즈 같은 회로 보호 장치가 장착되어 있어야한다.
- 회로 보호장치가 비행 안전에 필수적인 회로만을 보호하도록 장치되어 있어야한다.
- 전기계통의 각 구성품은 화재 방지 요구사항을 만족하여야한다.
- 전원 배분기로부터 전원 공급원을 차단하기 용이하게 주 스위치가 배치되어 있어야한다.
- 가연성유체계통의 파손시 점화가 발생치 않도록 부하회로가 절연 또는 격리되어야한다.
- 각 전기 연결선은 적당한 용량을 가지고 있어야한다.
- 동체 내의 주 전력선은 유연하고 절연물체로 보호되고 가연성 유체관과 분리되어야한다.
- 전기 케이블은 기계적, 열 및 가연성 유체에 의한 손상이 최소화되도록 설치되어야한다.
- 스위치는 정격 전류를 이송할 수 있고 접근이 용이하고 조작에 필요한 식별 및 위험한 물질로부터 충분히 거리를 두고 설치되어야한다.
- Position light는 승인받은 제품을 사용하여야하며 식별가능(Bow: 백색, Forward: 적색(좌) & 청색(우), Rear: 백색)하여야한다.
- Bow, Forward, Rear Position light는 하나의 회로로 구성되어 있어야한다.
- 하나 이상의 승인된 충돌방지 등이 장착되어 있어야한다.

□ 기압압력

- 헬륨 및 공기압 압력조절기의 적합성을 입증하여야한다.
- 지상조종사가 기압 압력이 설계압력 이내임을 판단하고 조절하는 수단이 있어야한다.

□ 정전기방지

- 착륙, 지상 취급 및 비행선이 지상에 있는 동안 정전기 방전을 위한 장치가 구비되어 있어야한다.

□ 결빙방지

- 결빙방지 장비의 사용에 대한 절차가 비행교범에 수록되어 있어야한다.
- 비행선의 구성품에 대해 결빙방지 계통이 적절한지에 대한 해석이 수행되어야한다.

2.5 운용 한계 표지 및 비행규정관련 요구조건

□ 운용한계

- 무게 및 부력중심 한계는 운용한계로서 설정되어야한다.
- 동력장치 운용한계는 최대회전속도, 출력사용 시간제한, 온도 등에 의해 제한되도록 설정 되어야한다.
- 연료의 최저등급이 적합하게 설정되어야한다.
- 항공기를 안전하게 운용하기에 충분한 최소 지상조종사 수가 설정되어야한다.
- 최대 운용고도는 적합하게 설정되어야한다.
- 기압 및 보조 기압의 최대/최소 운용압력은 설정되어야한다.

□ Marking

- 속도계의 표시는 적합하여야한다.
- 동력장치 및 보조 동력장치 계기의 표시는 적합하여야한다.

- 주 조종장치 및 단순한 버튼식 시동 스위치 이외의 각 조종실 조종장치에 그 기능 및 운용법에 대한 명확한 표시가 되어 있어야한다.
- 연료 주입구에 "Fuel" 단어와 최소 연료 등급, 가압식 연료공급 계통일 경우 최대허용 급유압력 및 최대허용 배유압력이 표시되어 있어야한다.
- 오일 주입구에 "Oil" 단어와 허용되는 오일명 등이 표시되어 있어야한다.
- 운용한계 및 항공기 승인 범주에 대한 표식이 지상조종사 눈에 잘 띄는 곳에 배치되어 있어야한다.

□ 비행교범

- 항공기 비행교범에 속도, 동력장치 운용, 중량, 무게 중심, 기동, 운동하중계수, 최소지상조종자 수 및 운용 제한에 대한 사항이 포함되어 있어야한다.
- 항공기 비행교범에 정상적인 운용, 비상시 운용에 대한 절차가 포함되어 있어야한다.
- 항공기 비행교범에 항공기 성능에 대한 정보가 포함되어 있어야한다.

□ 지상운용교범

- 지상 운용교범에 최소 지상승무원수, 모든 예상 비행선 무게, 부력, 바람 조건을 가정한 지상취급절차가 포함되어 있어야한다.
- 지상 운용교범에 고정 또는 이동식 계류 기둥을 이용하는 계류절차가 포함되어야한다.

2.6 지상조종장치 관련 요구조건

□ 설계적합성

- 운용조건에 적합하게 조종/통제가 이루어지게 설계되어야한다.
- 비행계기들은 계기판에서 그룹화되어 조종사가 쉽게 인지할 수 있는 시계 중앙에 배치되어 있어야한다.
- 조종실에 설치된 경고, 주위 또는 권고 등은 적절한 색(경고: 빨간색, 주의: 황색, 안전: 초록색)으로 구별되어야한다.

□ 조종환경

- 지상조종장비는 조종사가 동력조종장치, 조종면 조종장치, 보조조작장치 등 조종조작중 혼돈이 되지 않게 지상조종장비의 조종장치 위치를 설정하여야한다.
- 지상조종장비에는 내부조종사용 조종기와 외부조종사용 조종기가 각각 구비되어야하며, 내/외부 조종사 조종기는 편리하게 조종할 수 있고 혼돈과 부주의한 조종을 방지하도록 잘 배치되고 또 잘 식별 될 수 있어야한다.
- 지상조종장비가 위치하는 조종실은 내부조종사가 임무를 수행하면서 조종을 방해하는 주의환경이 되지 않게 장비를 배치하여야한다.
- 지상조종실과 장비는 각조종사가 피로없이 임무를 수행할 환경이 되어야한다.
- 내/외부조종사간에는 양방향 음성통신이 가능한 장치 또는 방법이 있어야 한다.

□ 조종기

- 지상조종장비의 조종기는 내부조종사와 외부조종사가 분리하여 사용할 수 있어야한다.
- 내부조종사와 외부조종사의 조종기는 서로 간섭현상이 없어야한다.

□ 비상대처기능

- 지상조종장치는 주대역의 통신상의 문제발생 시 보조대역으로 자동 또는 수동으로 R/C 노콘(No-Con)방지를 예방할 수 있는 이중장치 기능을 보유하여야한다.
- 지상조종장치는 무인비행선의 기체, 동력장치, 통신장비고장 등으로 인한 위험회피 및 대처할 수 있는 방법에 따른 기능을 보유하여야한다.
- 지상조종장치는 주통신 보조통신과 별도로 비상헬륨방출을 위한 신호 송수신 체계를 가져야 하며, 탑재송신기의 경우에는 별도의 자체전원에 의해 작동되어야한다.
- 비상가스배출장치 작동 시 바람의 영향으로 인하여 지상의 도달지점에 따른 고도별 예상 비행거리를 산출하여야한다.

2.7 프로펠러관련 요구조건

□ 일반

- 프로펠러의 운영 한계가 제시되어야한다.

□ 설계 및 제작

- 프로펠러에 사용되는 재료의 내구성 및 안전성은 실험이나 경험으로 입증되어야한다.
- 사용기간 중 프로펠러에 불안정한 요소가 생기지 않도록 설계 및 제작되어야한다.
- 설계에 따라 일관되게 제작하는 방법 또는 공정이 제시되어야한다.
- Hub의 bolt 체결 torque 값이 설정되어 있어야한다.

□ 시험요건

- Blade Retention test : 프로펠러에 설정된 운영한계 내에서 발생할 수 있는 최대 원심력의 2배의 원심력에서 블레이드 및 허브가 안전해야한다.
- Fatigue limit test : 합리적으로 예상 가능한 진동 하중으로 인한 피로한계가 시험으로 설정되어야한다.
- Endurance test : 관련 규정에 따라 택일하여 실시하여야한다.
- Vibration test : 모터에 장착하여 진동시험 시 프로펠러 및 동력 전달계통이 이상이 없어야한다.

□ 검사

- 시험완료 후 파손이나 손상의 흔적이 없어야한다.
- 시험 전/후 프로펠러의 치수 및 평형의 측정치가 동일하여야한다.
- 시험 완료 후 완전한 연속운전이 가능한 상태 이어야한다.

IV. 결 론

우리는 성층권비행선개발을 위해 제작된 50m급 무인비행선의 새로운 설계특성으로 인하여 현행의 항공기 기술기준으로는 적합성을 판정할 수 없어, 본 연구를 통하여 50m급 무인비행선의 시험비행에 앞서 기본적으로 이루어져야할 비행선의 기술적 안전성에 필요한 요

구조조건들을 도출하였다. 도출된 요구조건들의 일부는 차후로 진행될 200m급 성층권비행선의 기술적 안전성 판단에 활용할 계획이며, 개발될 비행선의 특성에 적합한 요구조건들은 개발에 발맞추어 지속적으로 도출할 계획이다.

현재 유효한 항공법 및 관련규정으로는 50m급 무인비행선 및 성층권비행선에 대한 운용 인가를 위한 지침이 충분하지 않은 상태이므로, 감항당국은 항공법을 보완하거나 “비행선 고고도 운항절차 규정”과 같은 별도의 절차요건을 건설교통부 훈령 등으로 제정할 필요성이 있으며, 이러한 요구는 현재 개발하고 있는 성층권비행선 및 차후로 새롭게 개발하게 될 신개념의 항공기를 위하여 필수적인 요소이므로 개발 및 운용에 적합하게 지속적인 인증체계 및 운항체계에 대한 연구가 수행되어야한다.

참 고 문 헌

- 1) 항공법, “항공관계법규집”, 노해출판사 2003
- 2) 건설교통부 고시 1993-421호, “항공기 항행의 안전을 확보하기 위한 기술상의 기준”, 1998.12.15
- 3) 건설교통부 항공안전본부고시 제2003-18호, “운항기술기준”, 2003.9.19
- 4) 고공비행선 인증 및 운항체계에 대한 연구, 한국항공운항학회지, 제9권제2호, p.77, 2001.12 건설교통부 항공안전본부, “운항기술기준”, 2003.9.19
- 5) FAA-P-8110-2, “Airship Design Criteria”, FAA 1995.2
- 6) CAP 471 Section Q, “British Civil Airworthiness Requirements for Non-Rigid Airship”, CAA 2001
- 7) ICAO Annex 6, “Operation of Aircraft”, 국제민간항공기구 1998
- 8) Luftfahrt-Bundesamt Germany and Rijksluchtvaartdienst Netherlands, Transport Airship Requirements, 2000.3
- 9) FAR. Part 23, "Airworthiness Standards: Normal, Utility, Acrobatic, and Commuter Category Airplanes", 2002.3
- 10) FAR. Part 25, "Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes", 2003.1
- 11) FAR. Part 33, "Airworthiness Standards: Aircraft Engines", 2000.12
- 12) FAR. Part 35, "Airworthiness Standards: Propellers", 1995.12