

항공전자부품의 감항성 인증

한상호 *

항공전자부품은 항공기의 핵심기능 분야를 구성하는 부품으로서 개발 및 제작 단계에서 안전성 및 신뢰성 평가를 수행하여야 하며 개발한 항공전자부품을 항공기에 장착하기 위해서는 감항기준에 의거한 적합성을 검증 받아야 한다. 미국 연방항공청에서 고시하고 있는 기술표준품(TAO) 중 항공전자부품은 약 65%를 차지하고 있으며 TSO로 지정되지 않은 PMA 부품 등을 고려하면 부품의 종류 및량은 상당수에 이르고 있다. 최근의 항공전자부품은 디지털화의 가속화로 비행안전기능이 보강되고 조종사의 업무 강도를 줄이는 방향으로 발전되어 가고 있다. 그리고 이러한 분야에는 소프트웨어가 채용되어 소프트웨어의 인증이라는 인증절차가 개발되고 있다. 이 글은 국산 항공전자부품의 개발에 앞서 항공전자부품의 인증 내역을 제시함으로써 국내 독자적인 인증 수행은 물론 설계 참여자들이 인증에 대한 인식이 될 수 있도록 하였고 내용적으로는 미연방항공청(FAA)과 유럽공동감항기구(JAA)의 절차를 중심으로 작성하였다.

목차

- I. 서론
- II. 항공 제품의 감항성 인증
- III. 항공전자장비의 분류
- IV. 미연방항공규정 1309 절
- V. 항공전자부품 인증의 부가적 요건
- VI. 결론

*한국항공우주연구원 품질인증센터 항공인증그룹선임연구원

I. 서 론

현대 항공기는 최신의 항공 전자 시스템의 장착 및 도입으로 최소의 승무원으로 모든 예상되는 기상 상황에서 경제적이고 효과적인 항공기 운항이 가능하게 되고 있다. 항공전자부품은 기능 통합으로 LRU수를 줄이게 되었고 아울러 항공기 배선수가 감소하게 되었다. 또한 반도체 집적수준의 증대로 부품의 기능은 확장되는 반면 외관의 크기는 상대적으로 감소하는 효과가 있고 있다. 또한 디지털 비행제어시스템의 개발로 Cat IIIb에서 자동 착륙가능하게 되고 있다. 이러한 디지털화의 발달로 소프트웨어의 활용이 급격히 늘기 시작했다. 그러나 이러한 기술적 진보와 더불어 상대적으로 운용환경에 대한 취약성이 드러나고 있으며 이는 바로 환경적합성 인증의 강화로 이어지고 있으며 관련 소프트웨어의 인증을 필요로 하게 되었다.

항공전자부품의 인증 특성은 바로 이러한 점에 있으며 우리나라와 같이 항공 전자부품을 개발한 경험이 없는 상황에서는 설계 개발에 들어가기 전에 관련 기술자들이 이에 대한 인식을 해 둘 필요가 있다.

이 글은 KMH 사업 등과 같은 항공기 개발에 앞서 개발 항공전자부품의 독자적인 인증 수행과 인증에 대한 이해를 돕기 위하여 작성하였으며 관련 절차는 미국연방항공청의 절차를 중심으로 일부 유럽공동감항기구(JAA, European Joint Aviation Authorities)의 요건을 가미하였으며 항공전자부품의 설계 및 인증에 필요한 기술 규격발행 단체를 망라하였다.

II. 항공 제품의 감항성 인증

가. 감항성의 정의

감항(勘航), 감항능력(堪航能力) 또는 감항성(勘航性)이란 영어의 Airworthy 또는 Airworthiness를 번역한 것으로 일본에서는 내공성(耐空性)으로 중국에서는 적합성(適航性)으로 번역하여 각각 사용하고 있다. 감항성의 의미는 사전에서 “항공기가 자체 안전성을 확보하기 위해 갖추어야 할 능력” 또는 감항증명에 대한 정의로서 “민간항공기에 대한 사고방지의 견지에서 그 항공기가 항공하기에 적합한 안전성과 신뢰성을 갖고 있는가에 대한 증명”으로 표현되고 있다. 법적으로는 항공법 제 15 조 (勘航證明) 제 1항에서 “항공기가 안전하게 비행할 수 있는 성능이 있다는 증명”으로 그리고 항공법 시행규칙 제 24 조(감항증명서의 교부)의 별지 3호 서식 감항증명서 5항에 다음과 같이 기술하고 있다.

“이 증명서는 국제민간항공조약(1944. 12. 7) 및 대한민국 항공법에 의하여 교부하며, 위의 항공기는 앞의 국제조약 및 항공법 그리고 이에 관련된 모든 항공규정을 준수하여 정비하고 운항될 때 한하여 감항성이 있음을 증명합니다.

This Certificate of Airworthiness is issued pursuant to The Convention on International Civil Aviation dated 7. Dec, 1944 and Civil Aviation Law of the Republic of Korea in respect of the above mentioned aircraft which is considered to be airworthy when maintained and operated in accordance with the foregoing and the pertinent operating limitations.”

위와 같은 내용으로 미루어 볼 때 우리나라에서는 감항성이란 용어를 대체로 “항공기 및 그 관련 부품이 비행 조건하에서 정상적인 성능과 안전성을 발휘할 수 있는 능력”을 말하는 것으로 이해할 수 있다.

미국의 경우 1994년 개정된 신항공법 Public Law 103-272의 § 44704(c)에서 다음과 같이 정의하고 있다.

§ 44704 Type Certificates, production certificates, and airworthiness certificates

(c) Airworthiness Certificates. - (1) ... The Administrator shall issue an Airworthiness certificate when the Administrator finds that the aircraft conforms to its type certificate and, after inspection, is in condition for safe operation....

즉, 감항성이란 형식 설계와 합치하고 지속적인 안전 운용 상태에 있는 것으로 정의하고 있으며 그 내용이 2중적인 의미를 가지는 것을 알 수 있다. 이 감항성에 대한 정의는 감항증명서(FAA Form 8100-2, Standard Airworthiness Certificate, block 5)라든지 아래와 같은 Advisory Circulars 등의 문서에서도 항공법과 동일한 표현으로 일관되게 정의하고 있는 것을 볼 수 있다.

- AC 20-5G, Plane Sense page 3, question 6
- AC 43.13-1B, Acceptable Methods, Techniques, and Practices-Aircraft Inspection and Repair, Appendix 1, Glossary
- AC 120-77, Maintenance and Alterations, para 5. Definitions
(<http://www.faa.gov/fsdo/ph/airworthiness.htm> 참조)

나. 인증 기준

항공기의 인증은 항공기의 “감항성” 유지를 기반으로 출발하고 있으며 미국의 경우 이 감항성 인증 기준은 감항성의 정의에 따라 형식 설계의 인증 기준인 감항성 기준과 지속적인 안전 운용 상태의 유지를 위한 성능 기준이 있으며 그 내역은 표 1과 같다. 여기서 기술기준은 우리나라에서 미연방감항기준(FAR)을 채택하여 2004. 1. 12. 항공안전본부 고시(제2004-1호)로 공포한 항공기기술기준(KAS : Korean Airworthiness Standards)을 의미한다.

TSO나 PMA 등으로 대변되는 항공전자부품의 설계 및 인증기준으로서는 FAA

< 표 1> 감항성 인증 기준

FAR Part	제목	내용	기술기준
1. 감항성 기준(Airworthiness Standards)			
Part 21	Certification procedures for products and parts	기본 방침 및 절차	
Part 23	Airworthiness standards: Normal, utility, acrobatic, and commuter category airplanes	고정익소형 항공기	KAS Part 23
Part 25	Airworthiness standards: Transport category airplanes	고정익대형 항공기	KAS Part 25
Part 27	Airworthiness standards: Normal category rotorcraft	회전익소형 항공기	KAS Part 27
Part 29	Airworthiness standards: Transport category rotorcraft	회전익대형 항공기	KAS Part 29
Part 33	Airworthiness standards: Aircraft engines	항공기 엔진	KAS Part 33
Part 35	Airworthiness standards: Propellers	프로펠러	KAS Part 35
2. 성능 기준(Performance Standards)			
Part 39	Airworthiness Directives	감항개선명령	
Part 43	Maintenance, Preventive Maintenance, Rebuilding, and Alteration	정비 및 개조요건	
Part 91	General Operating and Flight Rules	항공기 운항요건 등	
Part 125	Certification and Operations:	필수계기등의 장착, 운용요건 등	
Part 135	Operating Requirements: Commuter and on Demand Operations and Rules Governing Persons on Board Such Aircraft	필수계기등의 장착, 운용요건 등	
Part 145	Repair Stations	정비요건	

의 Advisory Circulars^외에 ARINC(Aeronautical Radio, Inc.)¹⁾ 및 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)²⁾가 있고 그 외 AIAA(American Institute of Aeronautics and Astronautics), ASA(Aviation Suppliers Association), ATA(Air Transport Association of America), EIA(Electronic Industries Association), GAPS(A General Aviation Parts Suppliers Association), IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers), IPC(Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits), MIL(Military

1) ARINC(Aeronautical Radio, Inc.) : 미국항공무선기술회사. ARINC는 순수 민간기관으로서 산하에 민간 항공전자기술위원회(AEEC : Airline Electronics Engineering Committee)를 두어 통신, 항법 시스템을 중심으로 전파 기기의 기술규격을 제정하고 있다.

2) RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics : 미국항공무선기술위원회) : 반관반민의 조직으로 1935년 창설. 업무 기능은 항공통신, 항행항법(Air Navigation)에 관한 기술 문서를 발행하고 있으며 미연방항공국에서 TSO 품목의 승인 기술기준으로 상당수를 채택하고 있다.

< 표 2 > 항공전자부품 및 시스템의 인증

	대상 품목	평가 내용	비고
형식증명 (TC)	신규로 설계/개발되는 항공기, 엔진, 프로펠러에 장착되는 모든 장비품	해당 감항기술기준에 의거한 설계 적합성 평가	항공전자장비에 대한 개별적인 인증서는 발급되지 않음
부가형식증명 (STC)	형식승인을 받은 항공기, 엔진, 프로펠러에 중요(Major) 형식설계 변경이 있을 때	해당 감항기술기준에 의거한 설계 적합성 평가	부가형식증명 신청자에게 인증서가 발급됨
기술표준품 형식 승인 (TSOA)	항공기 등에 장착되는 표준 장비품 및 부품으로 지정된 품목	품목별 최소성능표준(MPS)에 의거한 설계 적합성 평가	FAA: 총 126종 (항공전자 80종)
부품제작자증명 (PMA)	항공기 등에 대체 또는 개조용으로 장착되는 부품(TSO 이외의 항공전자 장비품)	해당 감항기술기준에 의거한 설계 적합성 및 동일성(Identicality) 평가	
표준부품 (Standard Parts)	국가규격 또는 산업규격에 의한 표준 부품 (예: Resistors, Capacitors, Microprocessors 등)	국가규격 또는 산업규격에 의거하여 설계 및 생산함	별도의 인증서가 발급되지 않음

Specifications and Standards), 미국자동차공학회(SAE) 규격서와 유럽의 EUROCAE (Europe Organization for Civil Aviation Electronics : 유럽민간항공전자기구)³⁾ 그리고 국제 규격으로 ISO와 ICAO 문서가 있다.

다. 항공전자부품의 인증

항공전자부품의 인증은 일반 항공기 부품의 인증과 대동소이하며 일반항공기 부품의 인증에 대해서는 참고문헌 항공 산업체의 품질시스템 요건과 AS9100, 항공산업연구(한상호, 2003)에서 제시한 바가 있다. 항공전자부품 및 시스템의 증명 체계별 평가 내역은 <표 2>와 같다.

3) EUROCAE(Europe Organization for Civil Aviation Electronics : 유럽민간항공전자기구) : 미국의 RTCA 와 유사한 기구로서 항공전자부품의 최소성능요건을 정한 기술문서를 발행하고 있으며 일부 기술 분야에 대해서는 RTCA와 공조체제를 유지 단일의 기술문서를 발행하기도 한다.

III. 항공전자장비의 분류

항공전자기술(Avionics)이라 함은 항공기 전자기술(Aviation Electronics)로서 항공기에 장착되어 항공기의 운항에 사용되는 각종 전자부품 및 시스템 활용기술을 말하며 그 기술적 내용은 미국항공운송협회(ATA : Air Transport of America)의 기술문서 ATA-100과 ARINC사의 ARINC 421에서 동일하게 다음과 같이 분류하고 있다.

- 자동조종(22-00-00)
- 항공통신(23-00-00)
- 항공계기(31-00-00)
- 항행항법(34-00-00)
- 기타 항공기 시스템 지원 분야

그리고 ISO에서는 ISO TR10201에서 자동조종을 비행관리 및 지시 시스템에 포함시켜 FAA의 TSO 부품을 중심으로 하여 RTCA와 ARINC 그리고 SAE 기술규격을 망라하여 다음과 같이 크게 3분류하고 있다.

- 항공통신 시스템
- 항법 및 유도 시스템
- 비행조종 시스템, 조종실 표시 및 계기 장치

ISO의 항공전자기술 분류 세부 내역을 부록 I과 같다.

가. 항공통신 시스템

항공통신 시스템은 항공기와 항공기 그리고 지상시설 또는 인공위성과 같은 외부 시설과의 정보전달과 교환 그리고 항공기내 교신 및 서비스를 포함하며 FAA의 TSO 분류에서는 세부적으로는 다음과 같이 2분야로 구분하고 있다.

- 항공통신 장비
- 구난 및 생존 장비

나. 항법 및 유도 시스템

항법이란 항공기가 한 지점에서 다른 지점으로 이동할 때 이동의 진로를 측정하여 측정결과에 따라 진행방향을 정확하게 유지하여 비행하는 수단을 말한다. 초기에는 조종사가 해안선이나 철도노선을 보며 비행하는 지문항법과 이미 알고

있는 지점에서 방위와 거리를 풍향과 풍속을 고려하여 계산한 후 목적지의 도달 시점을 추측하는 추측항법 그리고 전파의 직진성 및 전파의 일정한 전파속도를 이용한 무선항법이 활용되고 있으며 최근에는 위성을 이용한 위성항법 기술이 활용되고 있다. FAA의 TSO 분류에서는 세부적으로는 다음과 같이 2분야로 구분하고 있다.

- 충돌회피 장비
- 항법장비

다. 비행 관리 및 지시 시스템

비행관리 시스템은 항법, 조종, 추력제어를 토달 시스템으로 관리하여 조종사의 조종량을 경감하고 비행의 안전을 향상시키고자 개발된 시스템으로 컴퓨터에 의한 효율적이고 경제적인 운항을 가능하게 하고 있다. 지시 시스템은 이러한 항공기의 운항에 있어 자세, 위치, 진로 등 비행 상태와 항공기 각 부분의 형상과 작동 상태를 지시해 주고 이상 유무를 경고해 주는 시스템을 말한다. TSO 분류에서는 세부적으로는 다음과 같이 4분야로 구분하고 있다.

- 화재 탐지 장치
- 엔진 및 비행계기
- 기록장치
- 자동조종장치

IV. 미연방항공규정 1309 절

가. 개요

미연방 감항기준인 Part 23, 25, 27, 29에 공히 동일한 제목(Equipment, Systems, and Installation) 하에 1309절이 있는 데 이것은 제품 개발 및 증명에 있어 항공전자부품의 인증 및 안전 평가의 기초가 되는 구절이다. 이 절의 목적은 시스템이 임의의 예측 가능한 운용조건에서 그 기능을 발휘하는 것을 보증하도록 하며 나아가 항공기의 지속적인 안전비행과 착륙을 막는 임의의 고장 상태가 아주 없도록(extremely improbable) 규정하고 있다. 여기서 예측 가능한 운용조건이란 엔진 손실, 발전기 손실, 통신 또는 항법기능의 손실, 수직 자이로의 손실 등을 들 수 있다. 지속적인 안전비행과 착륙이란 AC 25.1309-1A에서 가능한 비행절차를 활용하여 조종사의 과도한 기량이나 강도를 요하지 않으며 비행을 제어하여 적절

한 공항에 항공기를 착륙시키는 능력으로 정의하고 있다. 이러한 구절의 제정은 항공기의 운영을 통한 여러 가지 경험으로부터 얻어진 것으로 항공기의 고장으로 인한 사고를 최소화하고자 하는 노력의 일환이다.

< 표 3 > 고장형태와 치명도 분류

항공기, 승객 및 항공무원에 대한 고장상태의 영향	FAR - AC 25.1309-1A 정의	- 항공기에는 중요한 성능 저하가 없음 - 승무원이 능력범위에서 활동이 가능함	- 항공기의 성능 감소 또는 승무원이 극심한 운용 상태에 대응하는 능력 감소		- 항공기의 지속적인 안전비행과 착륙 불가
	AMJ ⁴⁾ of JAR 25.1309의 정의 (필줄: AC 25.1309-1B Draft)	- 안전 여유의 근소한 감소 - 승객의 불편함 부상은 없음 - 승무원 부하의 경미한 증가	- 안전 여유의 현저한 감소 - 승객 부상 - 운항 승무원이 극심한 운용 상태에 대응하는 능력 감소	- 안전 여유의 상당한 감소 - 승객 일부 심각한 부상 - 물리적 곤란 또는 작업량 증가로 운항 승무원이 행동을 정확하게 취하는 것을 기대할 수 없음	- 항공기 손실 - 승객 다수 사망 - 사망 또는 능력 상실
Development Assurance Level SAE ARP 4754	Level D		Level C	Level B	Level A
FAR effect category AC 25.1309-1A	Minor		Major		Catastrophic
Criticality category DO-178B for system function	Minor		Major	Hazardous/ Severe-Major	Catastrophic
DO-178B Software	Levels	Level D	Level C	Level B	Level A
FAR 정량적 확률 용어	Probable		Improbable		Extremely Improbable
JAR 정량적 확률 용어	Frequent	Reasonably Probable	Remote	Extremely remote	Extremely Improbable
FAR 및 JAR 정량적 확률 범위	1	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-7}	비행시간당 고장상태 발생확률

4) AMJ : Advisory Material Joint, JAA가 발행하며 AC와 비슷한 인증 지침서로서 개발 주로 단계에서 필요한 주제에 대한 일반적인 안내, 권고 사항 및 정보에 대한 지침을 다루고 있다.

AC25.1309-1A 부록 A에 의하면, “아주 없어야 하는 고장 상태(Extremely improbable failure conditions)”란 정량적으로 고장의 발생이 비행시간당 1.0×10^{-9} 이하인 것을 말한다. 확률 1.0×10^{-9} 의 의미는 한 시간 동안의 비행운동 동안에 시스템이 실패 또는 고장 발생 확률이 0.000000001인 것을 의미하며 따라서 MTBF는 $1/1.0 \times 10^{-9} = 1,000,000,000$ 시간이 된다. 또한 이 아주 없어야 하는 고장 상태는 “Catastrophic”으로 분류하며 우리말로 “파괴상태”로 표현하고 있다. 이에 대하여 “improbable”로 표현하는 있을 수 없는 고장 상태는 항공기의 능력 또는 승무원이 극심한 운용조건(adverse operating condition)에 대처하는 능력을 떨어뜨리게 하는 고장상태로서 이것은 수치적으로 $1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ 의 확률로 정의하며 “Major” 즉 “주요한” 사건으로 분류한다. 미연방항공청(FAA)과 유럽공동감항기구(JAA) 그리고 미국자동차공학회(SAE)에서 인증 대상별 고장형태와 치명도를 분류한 것을 정리하면 <표 3>과 같다.

나. Advisory Circulars

AC 즉 Advisory Circulars란 항공기 및 부품을 제작자들이 감항기준을 충족시키는 방안을 제시한 지침서로서 말 그대로 권고 회람(勸告 回覽)적 성격이나 증명의 실무에 있어서는 실질적으로 법적 강제력을 가지고 있다. 따라서 감항기준에 대한 적합성 증명을 입증하는 또 다른 방법을 가지고 있지 않는 한 이 AC에서 제시하고 있는 절차를 따라야 한다. 1309절에 대한 적합성 증명과 관련하여 항공기 형태별로 발행된 AC를 보면 다음과 같다.⁵⁾

- 고정익 대형항공기 : AC25.1309-1A, “System Design and Analysis”는 25.1309(b), (c) 및 (d)에 대한 안내 자료임.
- 고정익 소형항공기 : AC23.1309-1C, “Equipments, Systems, and Installations in Part 23 Airplanes”. 23.1309(a) 및 (b)에 대해 주로 설명하고 있음.
- 회전익 대형항공기: AC29-2C, “Certification of Transport Category Rotorcraft”.
- 회전익 소형항공기 : AC 27-1B, “Certification of Normal Category Rotorcraft”.

다. FAR 25.1309 세부내역

여기서 여러 1309절중에서 FAR 25.1309절이 비교적 잘 대표해 주고 있으므로 이를 소개하기로 한다.

5) http://www.faa.gov/regulations/Guidance_ACindex.cfm

1. 치명도의 결정 : 25.1309(a) & (b)

치명도의 분류는 <표 4>와 같이 3분류 또는 4분류되고 있으며 무결함 상태까지 포함하면 각각 4분류 또는 5분류가 된다. 치명도의 결정은 AC25-11(Transport Category Airplane Electronic Display Systems) para 4에 잘 예시되어 있는데 그 첫 번째는 치명 기능 부품과 필수 기능 부품을 분류하여 이에 대한 고장으로 치명도를 분류하는 것인데 여기서 AC 23.1309-1C에 의하면 치명기능(Critical Function)”과 “필수 기능(Essential Function)”의 정의는 다음과 같다.

- 치명기능(Critical Function) : 그 고장이 항공기의 지속적인 안전 비행과 착륙을 방해하는 고장인 것.
- 필수 기능(Essential Function) : 그 기능의 고장이 항공기의 성능을 떨어뜨리거나 조종사가 극심한 운항조건을 대처하는 능력을 떨어뜨리는 고장인 것.

치명도의 결정의 두 번째 방법은 비행시험 요원의 의견을 얻는 것으로서 실제 조종사가 조종 과정에서 고장 발생상태에 대한 대처능력을 통하여 결정하는 것이고 그 이상 애매한 것에 대해서는 FAA의 NRS(National Resource Specialist)⁵⁾와 의논하여 결정하는 방법이 있다.

2. 경고 표시 : 25.1309(c)

경고 정보는 승무원에게 불안정한 운용 상태를 일깨워 시정 조치를 취하게 하는 것으로서 시스템, 제어 및 관련 통제기능 그리고 경고의 수단은 추가적인 위험을 야기하는 승무원의 오류가 없도록 하여야 한다. 이것은 정량적으로 표시되어야 하며 AC 25.1309-1A, para 8g에 잘 설명되어 있다. 이 절은 시스템 재구성, 비행계획의 변경, 스위치의 위치 선정과 위험 노출을 감소시키게 하는 보호 스위치의 사용과 같은 예를 제시하고 있으며 이 절의 요건을 충족시키기 위해서는 인적 요소에 대한 전문가가 초기 단계부터 설계에 관여할 것을 권고하고 있다.

3. 안전 평가의 방법(Methods of Safety Assessment) : 25.1309(d)

항공기 시스템이 기술의 발달로 점점 복잡해짐에 따라 항공전자부품의 안전성과 신뢰성을 평가하는 데 정량적인 방법이 동원되고 있다. 25.1309(d)는 25.1309(a) & (b)에 대한 증명의 방법으로서 분석과 지상시험, 비행시험 또는 모사기(simulator)에 의한 시험을 제시하고 있는데 여기서 분석적 방법이 바로 정량적인 방법이 되고 있다. FAR에서는 고장의 형태(modes of failure)로서 외부 요인으로부터의 고장 및 손상, 다중 및 미탐지 고장들, 항공기 및 탑승자에 대한 영향, 비행 및 운용조건에 대한 단계, 조종사 경고 장치, 요구되는 시정조치 사항, 결함

5) NRS(National Resource Specialist)란 FAA가 1979년 제정된 제도로서 항공 산업에서 명성이 있는 항공기 설계 기술 지도자로서 최신 기술의 증명 업무 수행에서 조언을 할 수 있는 항공기의 설계 및 개발에서 특별한 전문가의 핵심 그룹으로 선발된 요원을 말함.

탐지 능력 등을 제시하고 있으며 이러한 고장 형태를 토대로 다음과 같은 방법들이 활용되고 있다.

- 1) FHA(Functional Hazard Assessment)
- 2) PSSA(Preliminary System Safety Assessment)
- 3) SSA(System Safety Assessment)
- 4) FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)
- 5) FTA(Fault Tree Analysis)
- 6) CCA(Common Cause Analysis) consisting of following:
 - i) ZSA(Zonal Safety Analysis)
 - ii) PRA(Particular Risk Analysis)
 - iii) CMA(Common Mode Analysis)
- 7) DD(Dependence Diagrams)
- 8) MA(Markov Analysis)

4. 전원장치 요건 : 25.1309(e) & (f)

이 감항기준에서 요구하는 전원을 필요로 하는 장비는 “필수 부하”라 하며 전원 및 전원장치는 예상되는 운항 상태의 조합과 예상되는 기간동안에 다음의 부하에 전원을 공급할 수 있어야 한다.

- 1) 정상 작동하고 있는 시스템에 연결되어 있는 부하.
- 2) 시동발전기와 같은 한 조의 동력원, 전원 변환기 또는 배터리와 같은 에너지 저장장치의 고장이후 필수 부하.
- 3) 쌍발기의 경우 한 개 엔진의 부작동 및 3발 이상의 다발기의 경우 두 개 엔진의 부작동의 고장이후 필수 부하.
- 4) 이 감항기준에 의거 대체 전원이 요구되는 경우 임의의 한 전원장치, 분배 장치 또는 이용 시스템의 고장이후 필수 부하.

5. 환경 고려 사항 : 25.1309(g)

1309(a)와 (b)의 입증을 위해서는 치명적인 환경조건(critical environment)을 고려하도록 하고 있다. FAA에서는 예측 가능한 환경조건으로서 22가지를 제시하고 있으며 이에 대한 인증 방안으로서 RTCA DO-160D/EUROCAE ED-14에 의거하도록 하고 있다. 그런데 최근에 이 문서에 포함되지 아니한 새로운 환경요소로 대두되어 특수조건이란 명목하게 인증 시험을 요구하는 것이 있는 데 그것은 HIRF(High Intensity Radiated Fields) Test 이다. 여기서 외부적인 HIRF 위협의 주요인은 지상, 해상 또는 공중의 레이더 또는 TV 중계와 같은 통신용 송신에 기인하며 미연방항공청과 미국자동차공학회간에 다음과 같이 정의된 바 있다.

“항공기의 지속적인 안전 비행과 착륙에 영향을 주는 항공기의 전기 및 전자

시스템에 극심한 영향을 줄 수 있는 항공기 외부의 비이온성 전자기 에너지(Non-ionizing electromagnetic energy external to the aircraft that may cause adverse effects upon the electrical and electronic systems of the aircraft that affect the continued safe flight and landing of that aircraft.)”

V. 항공전자부품 인증의 부가적 요건

가. 환경적합성 평가

항공전자부품에 대한 환경시험의 내역과 관련 인증 기준은 표 5와 같다.

여기서 관련문헌으로 ISO 기술기준이 명시된 환경 조건은 FAA에서는 채택하지 않고 있으며 일부 사항을 부분적으로 활용하고 있다.

나. 소프트웨어의 인증의 고려 사항

소프트웨어의 특성은 하드웨어와 달리 설계 결함이 고장의 주요 원인이 되며 인터페이스 중에서도 발생하는 고장모드가 있다. 항공기 시스템 및 부품에 사용되는 소프트웨어의 인증에는 RTCA DO-178B에 의하도록 하고 있으며 이 지침서는 항공기 시스템 및 부품에 적용된 소프트웨어가 감항기준을 준수하여 신뢰성 있는 안전 수준으로 의도한 기능을 수행하도록 안내하는 것이다. 소프트웨어의 인증의 고려 사항으로서 소프트웨어 수명주기 프로세스(Software Life Cycle Process)에 대한 품질보증활동(SQA : Software Quality Assurance)과 소프트웨어 형상관리 활동 (Software Configuration Management)을 제시하고 있다.

1. 소프트웨어 수명 주기 프로세스

1) 계획 프로세스

증명에 대한 소프트웨어의 입장 계획 수립하고 소프트웨어 개발 프로세스에서 수행해야할 업무를 결정하며 아래와 같은 활동이 이루어진다.

- 소프트웨어 개발 프로세스 업무의 정의
- 프로세스간의 전환 기준 상호관계 및 순서 결정
- 소프트웨어 개발에 사용되는 표준서 결정
- 소프트웨어 품질보증계획(SQA Plan) 및 형상관리계획(SCM Plan) 수립

< 표 4> 항공기 부품의 환경시험조건 및 관련절차서

시험절차 인용번호	환경 조건	RTCA DO-160D 해당 조항/관련문헌
1	대기 및 대기관련 환경(Atmospheric and other environments)	
1.1	온도 및 고도	Section 4
1.2	온도 변화	Section 5
1.3	습도	Section 6
1.4	결빙	Section 24
1.5	방수	Section 10
1.6	유체 감수성	Section 11
1.7	모래 및 먼지	Section 12
1.8	곰팡이 내성	Section 13
1.9	염수 분무	Section 14
2	기계적 환경(Mechanical environment)	
2.1	운용 충격 및 충돌 안전	Section 7
2.2	진동	Section 8
2.3	정적 가속도(Steady-state acceleration)	ISO 2669, Environmental tests for aircraft equipment-Steady-state acceleration
2.4	음향 진동(Acoustic vibration)	ISO, 2671, Environmental tests for aircraft equipment-Part 3 4. Acoustic vibration
3	전자기적 환경(Electromagnetic environment)	
3.1	자기 효과	Section 15
3.2	전원 입력	Section 16
3.3	전압 스파이크	Section 17
3.4	음성 주파 전도 방해 감수성-전원입력(폐회로 시험) 시험	Section 18
3.5	유기 신호 감응성	Section 19
3.6	무선주파 방해 감수성(방사 및 전도)	Section 20
3.7	무선주파 에너지 방사시험	Section 21
3.8	낙뢰 간접영향 시험	Section 22
3.9	절연저항 및 고전압 시험(Insulation resistance and high voltage)	ISO 2678, Environmental tests for aircraft equipment-Insulation resistance and high voltage tests for electrical equipment
3.10	낙뢰 직접영향 시험	Section 23
4	폭발 및 화재 환경(Explosion and fire)	
4.1	방폭 시험	Section 9
4.2	내화성 시험(Fire resistance)	ISO 2685, Aircraft-Environmental conditions and test procedures for airborne equipment-Resistance to fire in designated fire zones

2) 개발 프로세스

개발 프로세스에서 정의한 업무와 소프트웨어 개발 계획을 수행한다.

- 고수준(High-level) 및 저수준 요건을 정의하고 개발한다.
- 소프트웨어 구조(architecture)를 개발한다.
- 소스 코드(source code)를 개발한다.
- 실행 가능한 목적 코드(executable object code)를 생산하여 컴퓨터에 통합한다.

3) 검증 프로세스

소프트웨어는 시험으로 오류가 없다는 것을 밝힐 수 없으므로 검증 프로세스를 통하여 소프트웨어 개발 프로세스 과정 중에 나타난 오류들을 탐지하고 기록하게 된다. 검증 프로세스는 소프트웨어 요건 프로세스의 출력 검증, 소프트웨어 설계 프로세스의 출력 검토와 소프트웨어 코딩, 통합 프로세스의 출력 검토 및 통합 프로세스의 출력물 시험으로 이루어지며 다음과 같은 내용이 수행된다.

- 고수준 및 저수준 요건이 시스템 요건을 충족하고 정확한가를 검토하고
- 소프트웨어 구조 검증
- 소스 코드 검증

4) 증명관리 프로세스(Certification Liaison Process)

- 감항당국과의 대화창구 확립 및 이해 촉진
- 합치성 증명의 방법 작성

2. 소프트웨어의 형상관리

소프트웨어의 형상관리는 하드웨어의 형상관리를 확장한 것으로 초기의 설계 요구사항으로부터 초중 사용에 이르기 까지 소프트웨어를 식별, 관리, 설명 및 감사의 특성을 고려하며 이들 각 관리 요소간의 관계를 확인하고 추적이 가능하도록 하는 것이다.

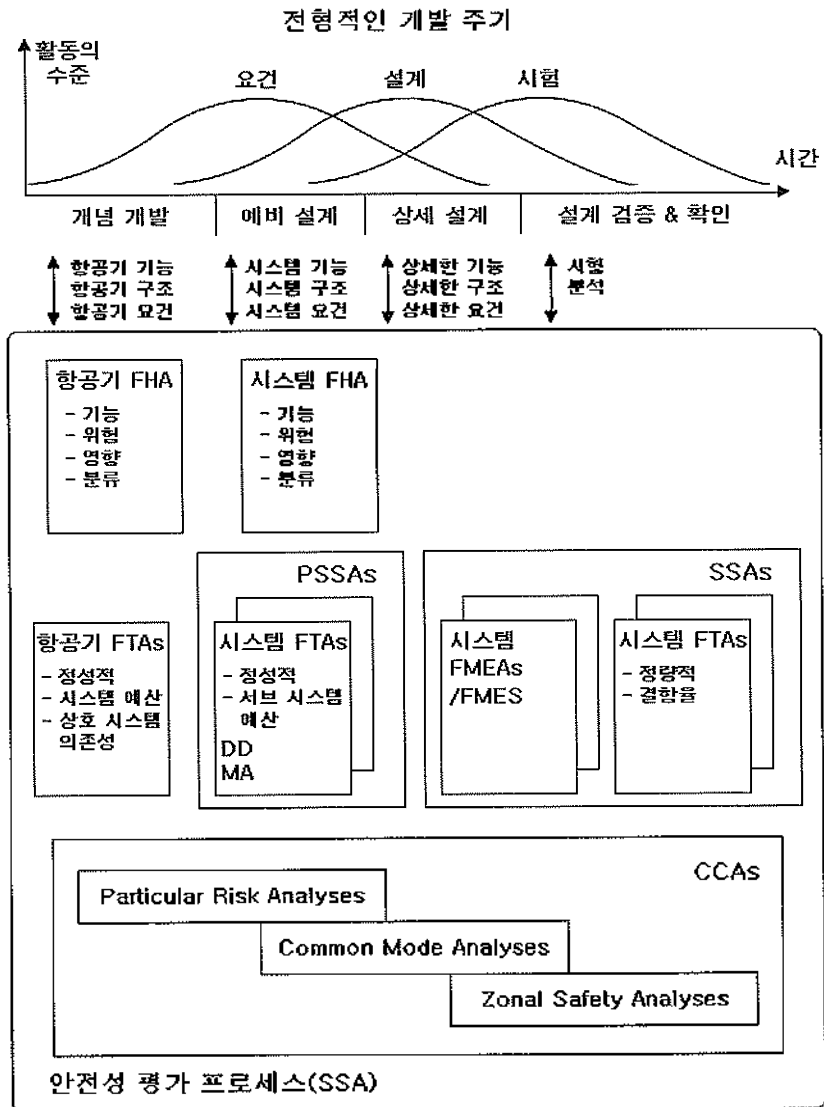
- 문제점 보고, 변경 관리, 변경의 검토 및 형상 상황 보고 설정
- 소프트웨어의 성취, 회수 및 유출 설정
- 소프트웨어 저장관리 설정
- 소프트웨어 수명 주기에 대한 환경 관리 설정

3. 소프트웨어의 품질 보증

소프트웨어의 품질 보증이란 개발한 소프트웨어가 이미 설정된 요구사항과 일치하는가를 확인하는데 필요한 소프트웨어의 수명주기에 걸친 체계적인 활동으로서 모든 활동의 결과는 기록으로 남겨야 한다.

- 전환 기준(transition criteria)에 대한 보증활동
- 소프트웨어 적합성 검토 수행

< 그림 1 > 안전평가 절차 개관



다. 안전성 평가

안전성(Safety)이라 함은 시스템이 위험상태에 이르지 않는 상태 또는 정도를 의미하는 것으로, 항공기 시스템에 대한 안전성평가는 설계, 개발, 그리고 인증이 통합된 업무로서 과거의 경험을 통해 항공기 안전성평가 요건이 세분화되고 있다. 감항기준 등 요구조건에 대한 적합성 입증을 위해서는 체계적인 기법 및 방법에 따라 항공기 시스템은 물론 장비 또는 부품에 대해서도 적용하여야 한다. <그림 1>은 SAE ARP 4761에서 제시한 안전성 평가의 개관을 보여준다. 4.나.(3)에서 제시한 안전성 평가 기법의 내역은 다음과 같다.

1. 기능적 위험성평가(FHA : Functional Hazard Assessment)

설계 시스템의 모든 기능을 고려하여 각 고장상태를 식별하여 결함 상태의 분류하는 항공기 및 시스템 기능에 대한 최상위의 집약적 정성 분석 기법으로서 실시 설계 시작 전에 초기단계에 분석을 수행하며 설계, 시스템 엔지니어링, 증명 엔지니어링, 비행시험 요원, 안전기술요원 참여하여 수행이 된다. 내용적으로는 비행단계(Phase)별 구분하며, 고장 모드를 결정하고, 고장의 치명도를 결정하고, 고장 상태에 따른 영향을 분석하는 데 항공기 수준과 시스템 수준 두 가지 수준으로 나누어 수행한다. 이 때 안전성 목표는 표 3과 같다.

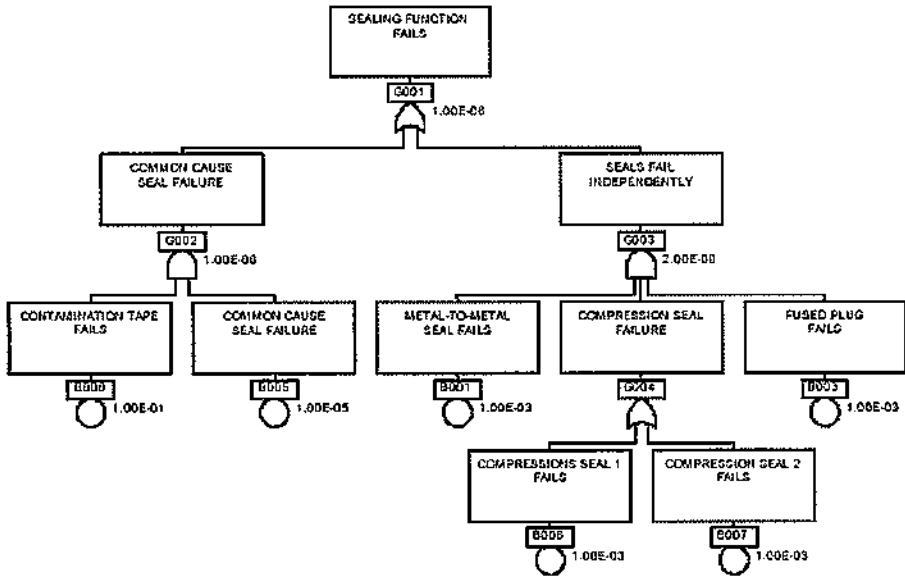
2. 예비 시스템안전성 평가(PSSA : Preliminary System Safety Assessment)

예비시스템 안전성평가(PSSA)는 제안된 시스템 구조에 대하여 고장이 어떻게 FHA에 의해 설정된 기능적 위험성을 야기하는지 판단하기 위한 체계적 평가방법이다. 시스템의 안전성 요구조건을 규정하고 제안된 구조가 FHA에 의해 설정된 안전성 목표에 부합할 수 있는지를 결정하기 위한 것으로 모든 결함 영향을 빠짐없이 도출하여 지속적 반복적 과정을 통하여 안전 요건을 종결하는 기법이다. FTA(Fault Tree Analysis), DD(Dependance Diagram) 등의 기법을 이용하여 주요 고장에 대한 치명도를 도출하고 고장 요인을 식별한다. Common Cause Analysis를 이용 독립 사건을 확정하고 Unsafe System에 대한 설계 변경 및 변경사항에 대한 소급성 유지하며 이 결과물은 시스템 안전성 평가(SSA)의 기초 자료로 활용하게 된다.

3. 시스템 안전성 평가(SSA : System Safety Assessment)

시스템 안전성평가는 FHA로부터 설정된 안전성 목표 및 PSSA로부터 규정된 안전성 요구조건에 해당 시스템이 부합하는지 밝히기 위한 체계적, 포괄적인 평가방법이다. Major급 이상의 고장 상태만을 고려하며 FHA, PSSA, CCA 자료를 토대로 작성한다. SSA는 해당 공통원인분석 결과도 포함하여야 한다. 안전성평가는 정량적 평가뿐만 아니라, HIRF, 낙뢰 등 개발 보증 수준과 같은 정성적 측면도 포함하며, SSA 결과가 시스템 수준 및 항공기 수준 FHA 내용에 적합하면

< 그림 2> FTA 분석 결과의 예



안전성평가를 종료한다.

4. FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)

시스템, 부품 또는 기능에 대한 예상되는 잠재적 고장형태를 찾아내서 차상위 수준에 대한 영향을 결정하는 체계적 상황식 분석 방법으로 부분과 전체의 기능적 관계를 나타내는 블록 다이어그램 작성, 블록별 고장형태 식별등을 통하여 고장원이 되는 부품의 고장 모드, 소프트웨어 에러 등을 식별하게 된다. 수행방법은 시스템의 수준을 분해하고 시작 수준을 결정하여 고장 원인을 분석 한다.

5. FTA(Fault Tree Analysis)

주어진 고장형태가 하부 시스템 또는 부품의 어떤 고장에 의해 발생하는 가를 상위 수준에서 하위 수준으로 Logic Diagram을 이용하여 내려가면서 분석하는 방법으로서 시스템의 고장 확률을 구함으로써 문제가 되는 부분을 찾아내고 신뢰성을 개선하는 계량적 고장해석 및 신뢰성 평가 방법이다. FMEA 기법보다 복잡하나 여러 사건이 모여서 하나의 중요한 사건이 되는 복잡한 시스템 분석에 유용하다.

6. CCA(Common Cause Analysis)

항공기의 외적 교란 요인을 고려한 항공전자부품의 안전성 분석으로 아래와 같은 기법이 있다.

1) 구역별 안전성 분석(ZSA : Zonal Safety Analysis)

항공기를 특정 영역으로 분할하고 분할된 영역내 항공전자장비 장착을 확인하고 주변 시스템과의 고장 기계(Failure Mechanism)를 결정하는 기법으로 이 분석의 목적은 항공기 시스템과 장비의 장착 고장 또는 장착에 의해 악화되거나 부적합한 정비에 의한 고장을 구분하기 위한 것이다.

2) PRA(Particular Risk Analysis)

화재, 결빙, 눈, 우박, 조류 충돌, 낙뢰 및 HIRF 등과 같은 항공전자시스템에 영향을 주는 특정의 외적 요소를 고려한 안전 분석 기법이다.

3) CMA(Common Mode Analysis)

소프트웨어 설계 결함, 공통전원에서 전원을 공급받는 부품, FMEA에서 누락된 결함, 낙뢰 및 HIRF 등 공통적 형태의 결함 원인을 고려한 분석 기법이다.

7. 종속 다이어그램(Dependent Diagram)

종속 다이어그램은 주어진 고장조건에 이르는 고장의 조합을 그림으로 표현하는 것이다. 고장조건 발생 확률을 결정하는데 사용될 수도 있다. 종속 다이어그램은 불신뢰도를 바탕으로 시스템을 분석한다.

8. Markov Analysis

이 방법은 Markov 체인 이론을 적용하여, 특정 시점이나 기간동안 시스템의 요소들이 특정 상태에 있을 확률이나 사건이 발생할 확률을 수학적 모델을 사용하여 평가한다. 최초의 모든 상태와 상태간의 전이 확률이 정의되어야 하는데, 전이율(Transition rate)은 일정하며 보통 시간이나 이전의 이력과는 독립이라고 가정한다. Markov 분석은 귀납적(Bottom-up) 분석방법으로 기능적으로 복잡한 시스템 구조나 복잡한 수리/정비 정책을 평가하는데 적합하다.

V. 결 론

개발 항공전자부품을 항공기에 장착하기 위해서는 감항기준에 의거한 성능 적합성과 안전성을 검증 받아야 한다. 적합성 검증의 기준이 되는 감항기준은 미국 연방항공청 (FAA)의 감항기준(FAR: Federal Aviation Regulation)을 근간으로 하고 있다. 이 기준에 의하면 항공전자부품을 최하위 등급의 표준부품(Standard Part)과

그 다음 등급의 PMA(Part Manufacturer Approval) 부품 그리고 최상위 등급의 TSO(Technical Standard Order) 및 TC (Type Certification) 부품으로 나누어 인증을 수행하고 있다. 인증의 주요 내용은 설계적합성에 대한 검증으로 이루어진다. 항공전자부품의 설계 검증은 감항기준에 대한 합치성을 확인하는 것으로서 다음 여섯 가지로 요약할 수 있다: 감항기준에의 합치성, 운용성능 등을 확인하는 설계 적합성 확인, 소프트웨어 적용시 이에 대한 검증, 환경적합성 검증 그리고 감항기준에서 요구하고 있는 안전요건에 대한 신뢰성을 검증하는 안전성 평가와 마지막 단계인 비행시험을 통한 최종 검증의 단계. 항공전자부품의 인증은 단순히 설계 결과에 대한 제품의 검사와 성능 평가로 이루어지는 것이 아니고 각각의 제조 단계별로 검증을 수행하여야 하며 이러한 일련의 검증 활동은 감항당국과의 유기적인 협조로 이루어지고 있다.

[참고문헌]

- 한상호(2003), “항공 산업체의 품질시스템 요건과 AS9100”, 『항공산업연구』, 제64집, 세종대학교 항공산업연구소
- AC 20-110M(2001), *Index of Aviation Technical standard Orders*, FAA
- AC 25-11(1987), *Transport Category Airplane Electronic Display Systems*, FAA, p. 5
- AC 25.1309-1A(1988), *System Design and Analysis*, FAA, pp. 9-15.
- AC 23.1309-1C(1993), *Equipment, Systems, and Installations in Part 23 Airplanes*, FAA, pp. 4-10, 16.
- ISO/TR 10201(2001), *Aerospace-Standards for electronic instruments and systems*
- James H. Williams(1997), *Description of the FAA Avionics Certification Process*, FAA
- RTCA DO-160D/EUROCAE ED 14(2002), *Environmental Conditions and Test procedures for Airborne Equipment, Section 22 (Chg 3) Lightning Induced Transient Susceptibility*, RTCA
- RTCA DO-178B(1992), *Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification*, RTCA
- SAE ARP 4761(1996), *Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment*, SAE.
- <http://www.faa.gov/fsdo/phl/airworthiness.htm>(FAA)
- http://www.faa.gov/regulations/Guidance_ACindex.cfm(FAA)

<부록> TSO 부품을 중심으로 구분한 항공전자기술의 분류 내역

Category	Subject	TSO 제목	TSO 번호	인증 규격
1. 통신 시스템 : 15종				
(1) 통신장비 : 12종				
	High Frequency (HF) Radio Communications Transmitting Equipment Operating Within The Radio Frequency Range 1.5-30 Megahertz		TSO-C31d	RTCA DO-163
	High Frequency (HF) Radio Communications Receiving Equipment Operating Within The Radio Frequency Range 1.5-30 Megahertz.		TSO-C32d	RTCA DO-163
	VHF Radio Communications Transmitting Equipment operating Within The Radio Frequency Range 117.975 to 137.000 Megahertz		TSO-C37d	RTCA DO-186
	VHF Radio Communications Receiving Equipment Operating Within The Radio Frequency Range 117.975 to 137.000 Megahertz		TSO-C38d	RTCA DO-186
	Audio Selector Panels and Amplifiers		TSO-C50c	RTCA DO-170
	Headsets and Speakers		TSO-C57a	RTCA DO-170
	Aircraft Microphones (Except Carbon)		TSO-C58a	RTCA DO-170
	Airborne Selective Calling Equipment		TSO-C59	RTCA DO-60
	Aircraft Portable Megaphones		TSO-C137	SAE AS 4950
	Devices That Prevent Blocked Channels Used In Two-Way Radio Communications Due To Simultaneous Transmissions		TSO-C122	RTCA DO-209
	Devices that Prevent Blocked Channels Used in Two-Way Radio Communications Due to Unintentional Transmissions		TSO-C128	RTCA DO-207
	Universal Access Transceiver (UAT) Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Equipment Operating on the Frequency of 978 MHz		TSO-C154	RTCA DO-282
(2) 구난 및 생존 장비 : 3종				
	Emergency Locator Transmitter (ELT) Equipment		TSO-C91a	RTCA DO-183
	Underwater Locating Devices (Acoustic)(Self-Powered)		TSO-C121	SAE AS 8045
	406 MHz Emergency Locator Transmitter (ELT).		TSO-C126	RTCA DO-204
2. 항법 및 유도 시스템 : 33종				
(1) 충돌회피 장비(Collision and Weather Avoidance) : 8종				
	Airborne Weather and Ground Mapping Pulsed Radars.		TSO-C63c	RTCA DO-173
	Airborne Ground Proximity Warning Equipment		TSO-C92c	RTCA DO-161A

Category	Subject	TSO 제목	TSO 번호	인증 규격
	Optional Display Equipment For Weather And Ground Mapping Radar Indicators		TSO-C105	RTCA DO-174
	Airborne Passive Thunderstorm Equipment		TSO-C110a	RTCA DO-191
	Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS) Airborne Equipment, TCAS I		TSO-C118	RTCA DO-197
	Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS) Airborne Equipment, TCAS II		TSO-C119a	RTCA DO-185
	Traffic Advisory System (TAS) Airborne Equipment.		TSO-C147	RTCA DO-197
	Terrain Awareness And Warning System		TSO-C151b	RTCA DO-161/ 200A
	(2) 항법장비 : 25종			
	ILS Glide Slope Receiving Equipment Operating Within The Radio Frequency Range of 328.6-335.4 Megahertz.		TSO-C34e	RTCA DO-132
	Airborne Radio Marker Receiving Equipment.		TSO-C35d	RTCA DO-138/ 143
	Airborne ILS Localizer Receiving Equipment Operating Within The Radio Frequency Range of 108-112 Megahertz		TSO-C36e	RTCA DO-195
	VOR Receiving Equipment Operating Within The Radio Frequency Range Of 108-117.95 Megahertz (MHz).		TSO-C40c	RTCA DO-153A
	Airborne Automatic Direction Finding (ADF) Equipment.		TSO-C41d	RTCA DO-179
	Airborne Area Navigation Equipment Using Loran C Inputs.		TSO-C60b	RTCA DO-194
	Airborne Doppler Radar Ground Speed and/or Drift Angle Measuring Equipment (for Air Carrier Aircraft)		TSO-C65a	RTCA DO-158
	Distance Measuring Equipment (DME) Operating Within the Radio Frequency Range of 960-1215 Megahertz		TSO-C66c	RTCA DO-189
	Airborne Automatic Dead Reckoning Computer Equipment Utilizing Aircraft Heading and Doppler Ground Speed and Drift Angle Data (for Air Carrier Aircraft)		TSO-C68a	RTCA DO-158
	Airborne ATC Transponder Equipment		TSO-C74c	RTCA DO-144
	Airborne Interim Standard Microwave Landing System Converter Equipment		TSO-C93	RTCA DO-138
	Omega Receiving Equipment Operating Within The Radio Frequency Range of 10.2 to 13.6 Kiloherztz		TSO-C94a	RTCA DO-164A
	Airborne Radar Approach And Beacon Systems For Helicopters		TSO-C102	RTCA DO-172
	Microwave Landing System (MLS) Airborne Receiving Equipment		TSO-C104	RTCA DO-177
	Airborne Navigation Data Storage System		TSO-C109	MPS Global

Category	Subject	TSO 제목	TSO 번호	인증 규격
	Air Traffic Control Radar Beacon System/Mode Select (ATCRBS/Mode S) Airborne Equipment		TSO-C112	RTCA DO-181
	Airborne Area Navigational Equipment using Multi-Sensor Inputs		TSO-C115b	RTCA DO-187
	Airborne Windshear Warning and Escape Guidance Systems for Transport Airplanes		TSO-C117a	SAE AS 4102/11
	Airborne Area Navigation Equipment Using Omega/VLF Inputs		TSO-C120	RTCA DO-190
	Airborne Supplemental Navigation Equipment Using the Global Positioning System (GPS)		TSO-C129a	RTCA DO-208
	Airborne Global Positioning System Antenna		TSO-C144	RTCA DO-228
	Airborne Navigation Sensors Using the Global Positioning System (GPS) Augmented by the Wide Area Augmentation System (WAAS)		TSO-C145a	RTCA DO-229C
	Stand-Alone Airborne Navigation Equipment Using the Global Positioning System (GPS) Augmented by the Wide Area Augmentation System (WAAS)		TSO-C146a	RTCA DO-229C
	Ground Based Augmentation System Positioning and Navigation Equipment		TSO-C161	RTCA DO-253A
	Ground Based Augmentation System Very High Frequency Data Broadcast Equipment		TSO-C162	RTCA DO-253A
3. 비행 관리 및 지시 시스템 : 33종				
(1) 화재 탐지 장비 : 4종				
	Cargo Compartment Fire Detection Instruments		TSO-C1c	SAE AS 400
	Powerplant Fire Detection Instruments (Thermal And Flame Contact Types)		TSO-C11e	SAE AS 8028
	Carbon Monoxide Detector Instruments		TSO-C48	SAE AS 412A
	Fire Detector (Radiation Sensing Type)		TSO-C79	FAR Part 514
(2) 엔진 및 비행계기 : 25종				
	Airspeed Instruments		TSO-C2d	SAE AS 8019
	Turn And Slip Instrument		TSO-C3d	SAE AS 8004
	Bank And Pitch Instruments		TSO-C4c	SAE AS 396B
	Direction Instrument, Non-Magnetic (Gyroscopically Stabilized)		TSO-C5e	SAE AS 8021
	Direction Instrument, Magnetic (Gyroscopically Stabilized)		TSO-C6d	SAE AS 8013
	Direction Instrument, Magnetic Non-Stabilized Type (Magnetic Compass)		TSO-C7d	SAE AS 398A
	Vertical Velocity Instruments (Rate-Of-Climb).		TSO-C8d	SAE AS 8016

Category	Subject	TSO 제목	TSO 번호	인증 규격
	Altimeter, Pressure Actuated, Sensitive Type		TSO-C10b	FAR Part 514/ SAE AS 392C
	Airspeed Tubes (Electrically Heated) Amendment-1, Airspeed Tubes (Electrically Heated)		TSO-C16 A-1	SAE AS 393
	Temperature Instruments		TSO-C43c	SAE AS 8005
	Manifold Pressure Instruments		TSO-C45a	FAR Part 514
	Maximum Allowable Airspeed Indicator Systems		TSO-C46a	FAA STD/ FAR37.145
	Pressure Instruments-Fuel, Oil, and Hydraulic		TSO-C47	FAR Part 514
	Electric Tachometer: Magnetic Drag (Indicator and Generator)		TSO-C49b	FAR Part 514/ SAE AS 404B
	Flight Director Equipment		TSO-C52b	FAR Part 514/ SAE AS 420A
	Stall Warning Instruments		TSO-C54	FAR Part 514/ SAE AS 403A
	Fuel and Oil Quantity Instruments (Reciprocating Engine Aircraft)		TSO-C55	FAR Part 514/ SAE AS 405B
	Airborne Radar Altimeter Equipment (for Air Carrier Aircraft). Equipment for Graphical Depiction of Aircraft Position		TSO-C67	FAR Part 514/ RTCA DO-103
	Airborne Low-Range Radio Altimeter Equipment		TSO-C87	FAA STD
	Automatic Pressure Altitude Reporting Code Generating Equipment		TSO-C88a	SAE AS 8003
	Mach Meters		TSO-C95	SAE AS 8018
	Over Speed Warning Instruments		TSO-C101	SAE AS 8007
	Air Data Computer		TSO-C106	SAE AS 8002
	Airborne Multipurpose Electronic Displays		TSO-C113	SAE AS 8004
	Electronic Map Display Equipment for Graphical Depiction of Aircraft Position. Electronic Map Display Equipment for Graphical Depiction of Aircraft Position.		TSO-C165	RTCA DO-257A
	(3) 기록 장치 : 2종			
	Cockpit Voice Recorder System		TSO-C123a	EUROCAE ED-56A
	Flight Data Recorder Systems		TSO-C124a	EUROCAE ED-55/56A
	(4) 자동조종장치 : 1종			
	Automatic Pilot		TSO-C9c	FAR Part 514

Category	Subject	TSO 제목	TSO 번호	인증 규격
	(5) 연료 계통 : 1종			
	Fuel Flowmeters		TSO-C44b	SAE AS 8045
4. 기타 : 1종				
	Integrated Modular Avionics Hardware Elements		TSO-C153	SAE ARP 4754
5. 전기 장비 : 10종				
	(1) 전원장치(Electrical Power) : 3종			
	Engine-Driven Direct Current Generators/Starter-Generators		TSO-C56a	SAE AS 8020
	Airborne Static ("DC to DC") Electrical Power Converter (For Air Carrier Aircraft)		TSO-C71	RTCA DO-60
	Static Electrical Power Inverter		TSO-C73	FAA STD/ FAR Part 514
	(2) 구난 및 생존 장비(Evacuation and Survival Equipment) : 1종			
	Survivor Locator Lights		TSO-C85a	SAE AS 4492
	(3) 가열기(Heaters) : 1종			
	Combustion Heaters		TSO-C20A-1	SAE AS 143B
	(4) 항공등(Lights) : 2종			
	Aircraft Position Lights		TSO-C30c	SAE AS 8037
	Anticollision Light Systems		TSO-C96a	SAE AS 8017A
	(5) 보조동력장치(Auxiliary Power) : 1종			
	Gas Turbine Auxiliary Power Units		TSO-C77b	FAA STD
	(6) 배터리 : 2종			
	Lithium Sulfur Dioxide Batteries		TSO-C97	FAA STD
	Lithium Batteries		TSO-C142	RTCA DO-227