

소형 항공기의 전자식 디스플레이 설계시 고려사항

이백준* · 진영권**

Design Considerations of Electronic Display in Part 23 Airplanes

Baekjun Yi* · Youngkwon Jin**

ABSTRACT

A glass cockpit is an aircraft cockpit that features electronic (digital) instrument displays, typically large LCD screens, rather than the traditional style of analog dials and gauges. While a traditional cockpit relies on numerous mechanical gauges to display information, a glass cockpit uses several displays driven by flight management systems, that can be adjusted to display flight information as needed. This study introduces design considerations of electronic display in KAS Part 23 airplanes.

Key Words: Electronic Display, KAS Part 23 airplanes, Glass Cockpit, Human Factor, Installation

1. 서 론

글라스 콕핏(glass cockpit)은 전자식 계기 시현장치를 갖춘 항공기 조종실을 말한다. 전통 조종실이 정보를 표시하기 위해 다수의 기계적인 게이지에 의존하는 반면에 글라스 콕핏은 비행관리시스템이 구동하는 여러 시현 정보를 활용하여 필요한 정보를 시현한다. 이처럼 전자식 디스플레이가 개발되어 재래식 전자기계식 구성품을 대체하였고, 이후 설계에서는 더 광범위한 정보 통합을 제공하고 있다.

우리나라에서도 항공용 전자식 디스플레이가 개발되는 시점에서 소형항공기에 적용되는 Part 23 항공기의 전자식 디스플레이 설계 고려사항에 대해 살펴보고자 한다.



Fig 1. Glass Cockpit of Small Airplane

†2012년 11월 22일 접수 ~ 2013년 3월 7일 심사완료

* 정회원, 한국항공우주연구원

** 정회원, 한국항공우주연구원

연락처, E-mail: ybj@kari.re.kr

2. 계기 디스플레이 설계 고려사항

2.1 디스플레이: 계기 요구조건

해당 운항 기준과 함께 항공기 기술기준 규정인 KAS Part 23의 23.1303, 23.1305, 23.1311, 23.1321 항목은 소형 항공기에 대한 비행 및 동력장치 계기 요구조건을 제시한다. 항행 정보에 대한 디스플레이 요구조건은 항공기에 장착된 항행 시스템에 종속된다. 인증 기준은 장비가 그 의도된 기능을 수행하여야 하고 위험요소를 제공하지 않아야 한다는 것으로, 상황 인식을 도와주는 계기는 § 23.1301 및 § 23.1309를 포함하여 Part 23 요구조건 하에서 입증되어야 한다.[1]

2.2 자세 시현

운항 기준에 따라 IFR 조건에서의 비행과 야간 VFR 조건에서의 비행에서는 자세 정보가 요구된다. 모든 자세 정보의 손실 또는 오도하는 자세 정보의 제공은 조종사가 항공기의 지속적인 안전 비행과 착륙을 할 수 없는 치명적인 고장조건을 유발할 수 있다.

2.3 방향 시현(진로 또는 항로)

방향 디스플레이는 항공기 기호 및 방향에 대해 분명하고 정확한 디스플레이를 제공하여야 한다. 수평상황표시기(HSI, Horizontal Situation Indicators)는 희망 경로/항로에 대해 항공기의 위치, 방향, 항로(가용한 경우, 선택사양) 등을 분명하고 명확한 정보를 제공하여야 한다.

2.4 고도, 속도, 자기나침반 정보의 시현

항공기의 1차 전력 손실에도 계속적인 작동을 위한 수단이 제공되거나 공기작동 계기가 조종사에게 가용하다면, 전기를 사용하는 1차 고도 또는 예비 디스플레이는 수락 가능하다.

항공전자장비의 특정 정밀도 요구조건은 관련 TSO에서 찾을 수 있고, § 23.1301에 대한 수락 가능한 적합성 입증방법은 FAA AC, 고시, 정책

문건/서신 등에서 찾을 수 있다.

2.5 기타 계기

기타 계기로는 선회율 계기, 슬립-스키드 계기, 수직 속도 지시기 등이 있다.

선회율 표시기를 진로 표시기 근처에 배치하고, 슬립-스키드 디스플레이는 선회율 계기 바로 아래 또는 근처에 설치되는 경우 1차 자세 디스플레이 밑 또는 그 사이에 배치하도록 제안하며, 제공되는 경우 항공기의 성능에 적절한 척도와 함께 자세 지시기의 오른쪽 또는 바로 아래에 수직 속도 지시기를 배치한다.

2.6 동력장치 디스플레이

필요할 때 1차 동력장치 파라미터를 계속적으로 시현하여야 한다. 엔진 작동 동안 계속적으로 다른 엔진 작동에 대해 중요한 파라미터 모두를 시현한다. 필요한 디스플레이 파라미터가 내내 시현되지 않을 때는 적절한 모니터링을 제공하여야 한다. 전자식 디스플레이에서 동력장치 파라미터의 표시는 § 23.1549를 따른다.

2.7 항행 정보에 대한 전자식 디스플레이

조종사가 조향 명령과 항행 경로에서의 차이를 모니터링하기 위해 사용하는 항행 정보는 조종사의 1차 시야(Field-Of-View, FOV)에 있어야 한다. 경고, 주의 등과 같은 기타 데이터도 1차 시야에 있어야 한다.

3. 전자식 디스플레이 설계에서 인적 요소 고려사항

전자식 디스플레이는 인적 요소(human factor)에 대한 것을 고려하는 적절한 프로세스와 설계 기준을 사용하면 디스플레이 설계와 통합에서 조종사의 성능을 향상시키고 상황인식을 개선할 수 있다.[2][3]

3.1 인적 요소 적합성 고려사항

개발자는 인증 받고자 하는 디스플레이 시스템 또는 구성품의 설치 및 작동에 적용되는 모

든 인적 요소 관련 규정을 식별하고, 시스템 또는 구성품이 이러한 규정 각각에 대한 적합성을 어떻게 할 것인지를 문서화 하여야 한다. 관련 규정의 일부 목록은 FAA 정책 문서 PS-ACE100-2001-004에 포함되어 있다. 일반적인 인적요소 보증 고려사항은 다음과 같은 것들이 있다.[5]

(1) 시스템에 적용된 설계는 조종사에게 예외적인 기술을 요구하거나 비합리적인 작업부하를 유발시키지 않아야 한다.

(2) 디스플레이 시스템은 다른 조종실 제어기와 통합되어 조화롭거나 호환가능하고, 새로운 디스플레이 시스템 또는 다른 시스템의 작동에 대해 조종사에게 부담을 주지 않아야 한다.

(3) 고장이 발생하면, 조종사의 안전한 항공기 운항을 방해해서는 안 된다.

3.2 의도한 기능

디스플레이에 해당하는 규정 중 하나는 § 23.1301이다. § 23.1301과의 적합성을 보이는 것의 일부로, 대표적인 일반 항공 조종사가 사용할 때 디스플레이 시스템은 그 의도된 기능에 적합한 형식과 설계이어야 한다. 비행교범(Aircraft Flight Manual, AFM), 조종사 지침 등이 의도한 기능을 설명하는데 사용될 수 있다. § 23.1301과의 적합성을 입증하기 위해, 개발자는 설계가 그 의도한 기능에 적합하다는 것을 보여야 한다.

3.3 디스플레이의 위치와 구성

디스플레이는 조종사가 머리 및 눈을 최소한으로 움직여 디스플레이를 볼 수 있도록 배치하여야 한다. 비행 정보는 읽기 쉽고, 정확하며, 쉽게 해독되고, 조종사가 비행정보를 올바르게 해독하는데 시야 장애(시야각), 시차, 왜곡 등이 없어야 한다. § 23.1321에 따라 승인된 항공기는 기본 T형 구성을 사용한다.

다음 사항을 고려하여 인적 요소 평가 및 디스플레이 장착 평가를 통해 개별 비행계에 대해 승인하도록 한다.

(1) 디스플레이 배치와 조종사 시야의 정상선

과의 정렬

(2) 조종실 시야

(3) 디스플레이의 다른 기능 통합

(4) 디스플레이에 제공되는 데이터, 형식, 기호, 기타

(5) 디스플레이와 관련된 조작 제어의 용이성

3.4 조종사 시야 고려사항

조종실에 시현되는 정보의 수락성을 결정할 때 많은 다른 인자들을 고려할 필요가 있다. 이러한 인자에는 다음 사항들이 포함된다.

(1) 가독성

(2) 클러터(clutter)

(3) 조종사의 스캔 패턴

(4) 조종사의 작업부하

(5) 시차(parallax)

(6) 사용빈도 및 치명도

1차 최적 시야는 눈의 회전만으로 확인할 수 있는 설계 시야 기준점(design eye point)으로부터의 수직 및 수평 시야에 기초한다. 이 영역은 보통 1차 비행정보 및 높은 우선권 갖는 정보에 할당된다. 대부분의 어플리케이션에서, 안정 비행에 중요하다고 생각되는 중요정보는 조종사의 즉각적인 조치 또는 인지가 요구되는 경고 또는 주의 정보와 함께 1차 시야에 배치하여야 한다.[4]

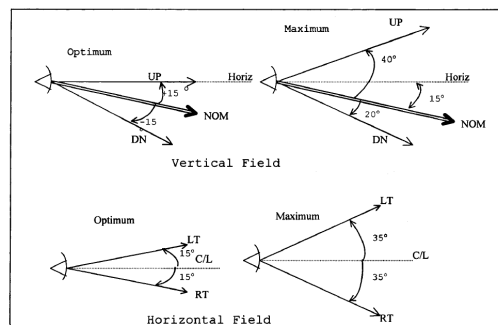


Fig 2. Primary Field-of-View

1차 최대 시야는 눈 회전과 최소 머리 회전만으로 확인할 수 있는 설계 시야 기준점으로부터

의 수직 및 수평 시야에 기초한다. 이러한 값은 Fig 2에서와 같이 수평으로 $\pm 35^\circ$, 수직 상향으로 $+40^\circ$, 하향으로 -20° 이다. 이러한 영역은 보통 중요하고 자주 사용되는 정보에 이용된다. 이 영역에 정보가 있을 때 조종사의 시야 스캔 및 머리 회전은 최소가 된다. 또한, 이 영역에 정보를 배치하는 것은 공간 방향 감각상실의 잠재성을 줄인다. Table 1에서는 이 시야에 포함되는 권장 정보의 예를 제공한다.

또한 Table 1에는 통합 전자식 디스플레이가 장착된 패널에 대한 디스플레이 정보의 권장 위치를 제공하고 있다. 시야각은 설계 시야 기준점을 기준으로 한다. 설계 시야 기준점이 정의되지 않은 경우, Table 1의 중심에서 직선 패널 거리를 사용하도록 한다.

3.5 시각적 성능

기호, 그래프, 수문자 등과 같은 모든 시현 정보는 서로 분명하게 구분할 수 있어야 하고 모든 주변 조명조건에서 읽기 쉬워야 한다. SAE AS8034, ARP1068B, ARP4067, ARP4256 등이 보기, 사진 색도, 광휘도 특성 등에 대한 전자식 디스플레이의 시각적 성능을 평가하는 지침으로 사용할 수 있다. 이러한 조건은 디스플레이의 수명 마지막 단계에서 예상되는 광휘도의 밝기로 임의 창문을 통한 야간 환경에서 직사태양광까지의 범위를 갖는다.

또한, 기호는 산업 표준(예: 전자식 디스플레이에는 SAE ARP4102/7 및 ARP5289)에 기초하여

야 하고, 디스플레이에서 정보의 밀도는 필수 정보를 인지하고 오역을 최소화 하는 조종사의 능력에 적합하여야 한다.

Part 23급 항공기 전자식 디스플레이의 해당 요구조건에 대한 수락 가능한 적합성 입증 방법으로 GAMA No.12를 인정한다.

3.6 색상 표준

색상은 디스플레이 정보의 이해를 높이는 차원에서 고려되는데, 디스플레이 해석 오류를 최소화하도록 선정하여야 한다. 특정 디스플레이에 대한 색상 표준을 정의하기 전에, 디스플레이 전체에서 일관된 색상 철학을 수립하여야 한다. 기본적으로 아래 제시된 색상이 사용되지만, 인증당국은 전자식 디스플레이를 그 색상으로 제한하지 않는다. 다만, 경고와 주의 이외에 적색과 호박색의 사용은 권장하지 않는다. 주요 시현물에 대한 색상 코드는 다음과 같다.

Table 2. Color Code

경고	적색
비행 영역곡선 및 시스템 한계	적색
주의, 비정상 정보원	호박색/황색
지구	황갈색/갈색
눈금 및 관련 모양	백색
연동 모드, 비행 안내	녹색
하늘	청록색/청색
ILS 편차 지침	자홍색
비행 관리 막대	자홍색/녹색
조종사 선택가능 기준(고장)	자홍색

Table 1. Field-of-View

데이터	권장 시계	
	FOV, 조종사 시선 중심선에서의 각도(도)	기준 중심선에서의 대략적인 거리(인치)
PFI(기본 T형, 전자식 또는 기계식)	4	2
항행 경로 오류 데이터(HSI, CDI, FD)	15	8
자동조종 및 비행관리 모드	15	8
항행 정보원 통지	15	8
고장 알람을 포함한 시스템 경고 및 주의	15	8
필요한 동력장치	35	21
권고 알람	35	21
예비 계기	35	21

경고와 주의에 대해, § 23.1322에서 적색과 호박색을 할당하는 조항이 있다. 비행승무원의 인지 그리고 가능하면 조치가 필요한 운용 조건의 권고에 대해서는 백색 또는 기타 고유한 색상을 사용한다. 안전 운용 조건의 지시는 녹색을 사용한다.

4. 일반적인 장착 요구조건

TC/STC/ATC/ASTC 신청자는 장착된 전자식 디스플레이 시스템 형상(하드웨어와 소프트웨어 포함)이 적절한 항공기 인증기준을 만족함을 입증하여야 한다.

4.1 항공기 전원

개별 전자식 디스플레이 시스템은 필요 전력을 제공하는 버스에 연결한다. 이때, 버스에 연결된 다른 필수/치명 전기 부하에 위험이 없어야 하고 § 23.1309의 안전성 평가에 따른 신뢰성을 제공하는 버시이어야 한다. 개발자는 시스템의 작동에 적당한 전력을 표시하는 수단을 제공하여야 한다.

4.2 안전성 평가

전자식 디스플레이는 이전 전기기계식 계기보다 더 높은 통합성을 제공한다. 이렇게 통합된 시스템에서 고장 상태 및 디스플레이 기능에 대한 평가는 복잡해 질 수 있다. 따라서 안전성 평가는 디스플레이 기능을 참조하여야 하고, 디스플레이 장비뿐만 아니라 그 기능의 시현에 영향을 줄 수 있는 모든 원인을 포함하여야 한다. FAA AC 23.1309-1E에서는 각각의 고장조건을 식별하고 분류하며 안전성 평가 방법을 선정하는 것을 설명한다.

4.3 소프트웨어 및 하드웨어 개발 보증

개발자는 장비의 의도한 기능, 장비가 장착될 항공기 등급을 포함한 장비의 적용에 기초한 적절한 소프트웨어 및 하드웨어 개발 보증 수준으

로 설계하여야 한다.

4.3.1 소프트웨어 지침

전자식 디스플레이 시스템에 사용되는 모든 소프트웨어는 RTCA DO-178B 또는 개발자와 인증당국 사이에 합의한 다른 수락 가능한 적합성 방법의 지침에 따라 개발하여야 한다. 이때, 적절한 안전성 평가와 TSO에 명시된 것과 같은 추가 요구조건을 통해 모든 소프트웨어 레벨을 결정한다.

4.3.2 전자 하드웨어 지침

전자식 디바이스를 포함하고 있다면, 전자식 디바이스는 RTCA DO-254 또는 인증당국과 협의한 수락 가능한 다른 적합성 방법에 적합하여야 한다.

4.4 환경 조건

제작자가 수립한 장비 환경 한계는 항공기의 운용 환경에 적합하여야 한다. 장비 설치의 평가는 항공기의 최대 운용 고도와 같은 요인들과 온도 및 압력이 제어되는 영역에서 장비가 위치하는 곳 등을 고려하여야 한다. 특정 환경 조건에 대한 장비의 성능 특성을 시험하기 위한 수락 가능한 방법은 RTCA DO-160(최신 개정판)에서 제공하고 있다.

4.4.1 전자기 보호

현재 경향은 안전 운항을 위해 전기 및 전자 시스템에 대한 의존이 증가하고 있다. 이 때문에 비행, 추진, 항행, 계기 기능을 수행하는 시스템에 대해, 전자기 효과를 고려하여야 한다. FAA AC 23.1309-1E와 AC 23-17C에서는 낙뢰와 고강도전자장(High Intensity Radiated Fields, HIRF) 보호에 대한 더 자세한 지침을 제공한다.

4.4.2 전자기 간섭

전자식 디스플레이 계기 시스템은 부당한 전도 또는 복사 간섭의 출처가 되어서는 안 된다. 또한, 항공기에 설치된 다른 장비 또는 시스템

의 진도 또는 복사 간섭은 디스플레이에 악영향을 주어서는 안 된다. 따라서 디스플레이 설계에서 EMI/ EMC를 고려하여야 한다.

5. 결 론

글래스 콕핏은 비교적 최근에 등장한 것으로서 인기가 높는데, 조그만 숫자와 바늘로 구성된 수많은 기계식 계기들을 조종사가 일일이 확인해야 하는 과거의 조종석과는 달리, 컴퓨터로 제어되는 단지 몇 개의 화면만을 주시함으로써 비행에 필요한 정보를 조종사가 간단하고도 명료하게 습득할 수 있도록 해주기 때문이다. 이러한 단순화는 조종사로 하여금 가장 중요한 작업에 열중할 수 있도록 한다.

우리나라에서도 전자식 디스플레이가 개발되는 시점에서 Part 23 항공기의 전자식 디스플레이 설계에 대해 계기 디스플레이 설계 고려사항, 인적 요소 고려사항, 일반적인 장착 요구조건에 대해서 살펴보았다.

이러한 사항들을 설계에 고려하면, 일반 항공

기에서 더 나은 전자식 디스플레이를 개발할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] FAA AC 23.1311-1B Installation of Electronic Displays in Part 23 Airplanes
- [2] GAMA No. 10, "Recommended Practices and Guidelines for Part 23 Cockpit/Flight Deck Design"
- [3] GAMA No. 12, "Recommended Practices and Guidelines for an Integrated Cockpit/Flightdeck in a 14 CFR Part 23 Certificated Airplane"
- [4] SAE ARP 4101/2, "Pilot Visibility From The Flight Deck"
- [5] FAA PS-ACE100-2001-004, "Guidance for Reviewing Certification Plans to Address Human Factors for Certification of Part 23 Small Airplanes"