

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2022.30.2.055>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

항공기 승객용 화학적 비상산소 공급 및 조명시스템에 대한 연구

김영인*

Research for the Chemical Emergency Oxygen Supply and Lighting System for Aircraft Passengers

Young-In Kim*

ABSTRACT

A PSU (passenger service unit) is mounted on passenger seats in a cabin on an aircraft and consists of a crew call lamp, a reading lights, an information display lamp, an emergency oxygen generator, and an emergency oxygen mask. It is a safety device for providing convenience to passengers and providing oxygen to passengers in an emergency. This paper is a study on emergency oxygen supply systems and light systems of aircraft PSUs and a control device was developed to operate the system by analyzing the B767-300 aircraft's PSU circuit diagram. And the temperature generated by the B777-200ER aircraft's emergency oxygen generator was also measured by operating it directly. Through this, precautions for explaining the operation of an oxygen mask in an emergency were described and improvements were presented. Data acquired in these research processes can be used in the future to develop aircraft PSU (passenger service unit) and emergency oxygen generators.

Key Words : Aircraft(항공기), Passenger Service Unit(승객 서비스 장치), Emergency Oxygen Generator(비상 산소발생기), Emergency Oxygen Mask(비상 산소마스크), Hypoxia(저산소증)

1. 서 론

PSU(passenger service unit) 시스템은 항공기에 서 객실 내의 승객 좌석 위에 장착되어 있으며 승무원 호출등, 독서등, 안내표시, 비상 산소 발생기 및 산소마스크 등으로 구성되어 있으며 승객의 편의와 안전을 위한 장치이다.

독서등(reading light)은 승객이 필요시 빛을 제공 하고 호출등(call light)은 객실 승무원의 호출 및 호출

승객의 위치를 표시한다. 승객 안내 표시(passenger lighted signs)는 안전벨트, 금연 등에 대한 정보를 승객에게 제공한다. 그리고 비상 산소공급 장치는 항공기 객실의 고도가 14,000 ft를 초과하거나 조종사가 작동시키면 자동 또는 수동으로 산소마스크를 아래로 떨어뜨린다. 그리고 승객들이 직접 비상 산소발생기(emergency oxygen generator)의 핀을 뽑아 작동시켜 산소를 공급받음으로써 승객들의 저산소증(hypoxia)을 방지한다(Fig. 1; Boeing, 2021; Dale, 2007). 그러나 떨어진 마스크를 수직 아래로 당겨, 핀이 뽑혀야 작동되는 산소 발생기임에도 불구하고 대부분의 객실 승무원은 비상 산소발생기의 작동과 비상 산소마스크의 사용법에 대하여 올바른 안내를 제공하지 못하고 있다. 이러한 문제점은 좌석의 승객 브리핑 카드(passenger briefing card)도 동일하다.

Received: 28. Apr. 2022, Revised: 09. Jun. 2022,

Accepted: 13. Jun. 2022

* 신라대학교 항공대학 항공정비학과

연락처 E-mail : alad@silla.ac.kr

연락처 주소 : 부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140

(괘법동)



Fig. 1. Aircraft PSU and a dropped oxygen mask

본 논문은 B767-300 항공기에 장착되는 PSU에 대하여 해당 정비 매뉴얼(manual) 및 기술 자료를 조사하여 비상 산소 공급계통과 조명 계통의 구성과 작동 원리에 대하여 분석하였으며 이를 기반으로 PSU 제어장치를 설계 및 제작하였다. 또한 B777-200ER 항공기의 비상 산소발생기를 작동시켜 시간에 따른 온도 분포와 임의의 외부 표면에서의 온도 변화를 측정하였다. 그리고 이를 기반으로 객실 승무원의 비상 시, 산소마스크 사용법에 대한 설명의 개선점을 제시하고 차기 항공기 개발에 활용할 수 있도록 관련 기초자료를 제공하였다(Fig. 2).

항목	주요 내용
B767 기술자료 및 WDM 분석	<ul style="list-style-type: none"> · B767-300 기술 자료 분석 · B767-300 WDM(Wire diagram manual) 분석
제어장치 개발 (설계 및 전기 회로 설계)	<ul style="list-style-type: none"> · 제어장치 설계 · 제어장치 전기회로 설계 · 제어장치 개발과 작동시험
Emergency oxygen generator 작동 및 온도 측정	<ul style="list-style-type: none"> · Emergency oxygen Generator 작동시험 · 발생 온도 측정
연구 분석 및 결과	<ul style="list-style-type: none"> · 측정 온도 분석 · 시험 결과 분석

Fig. 2. Research flow chart

II. 본 론

2.1 기술자료 및 항공기 WDM 분석

일반적으로 Airbus사 및 Boeing사의 중대형 여객기의 비상 산소발생기는 주로 화학적 산소발생기를 사용하고 있다. 구조는 내부에 oxidizer core, thermal insulation, filter가 있으며 외부에는 relief valve, manifold, pin, lanyard, spring actuated hammer 등으로 구성되어 있다(Wikipedia, 2022). Fig. 3은 비상 산소발생기의 구성을 나타낸 것이다.

일반적으로 비상 산소발생기는 점화 핀에 의해 작동되며 1차적으로 내부의 철(Fe) 또는 망간(Mn)이 산소(O_2)와 반응하면서 발열반응(ΔH)을 일으킨다. 그리고 이 열은 염소산나트륨($NaClO_3$)을 염화나트륨($NaCl$)과 산소(O_2)로 분해시켜 산소를 발생시킨다. 산소 발생의 화학식은 다음과 같다(Zhang, 1993; Wang, 2018; Harwood, 1971).

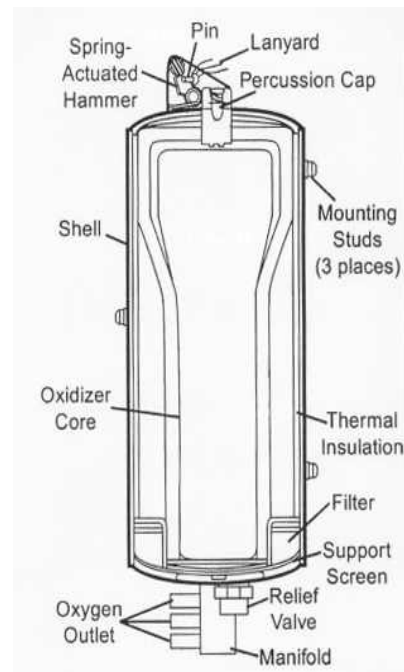
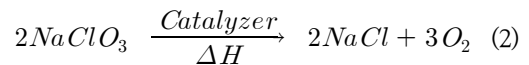
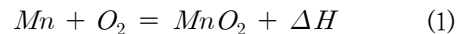


Fig. 3. Emergency oxygen generator configuration

내부에서 발생하는 열은 400~600℃로 고온이나 화재 예방을 위하여 산소발생기의 내부에는 Thermal insulation이 있어 외부 표면으로의 열 이동을 차단한다(Edward, 1975). B767-300 항공기의 PSU는 승무원 호출등, 독서등, 비상 산소마스크, 비상 산소발생기로 구성되어 있으며 한 개의 장치에는 승객 4명이 사용할 수 있는 산소 발생기 1개와 산소마스크 4개가 장착되어 있다. B767-300 WDM(wire diagram manual)의 객실 비상 산소공급 계통을 분석해 보면 Fig. 4와 같다(Boeing, 2021).

항공기에서 비상 산소마스크는 조종사의 판단으로 작동시키는 수동방식과 항공기 객실의 고도가 14,000 ft를 초과하면 자동으로 작동하는 자동방식이 있다(Airbus, 2011; Asiana, 2009). 여기에서 작동은 비상 산소마스크가 아래로 떨어지도록 문(door)만 열린다. 조종사에 의한 전기 신호 또는 아네로이드 장치에 의한 전기 신호는 지연 회로(oxy cont manual time delay)를 통해 산소마스크 도어를 개방하는 Release solenoid valve를 작동시켜 산소마스크를 아래 방향으로 떨어뜨린다. Release solenoid valve의 작동은 28V DC로 작동하며 비상 산소 발생기(emergency oxygen generator)의 작동과는 무관하다. 산소 발생기의 산소 발생은 핀(pin)이 제거되면 스프링에 의해 뇌관이 작동하고 화학적으로 산소가 발생하는 방식이다. Fig. 5는 Hammer 부분을 분해한 것으로 Cap,

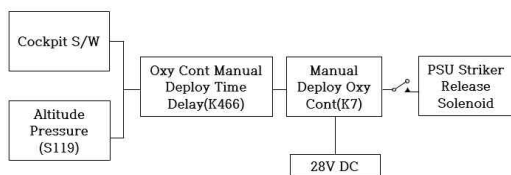


Fig. 4. B767-300 emergency oxygen mask operation diagram

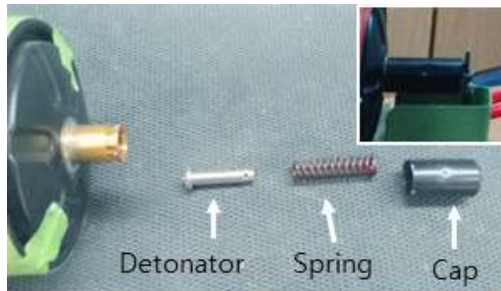


Fig. 5. Hammer disassembly

Spring, 뇌관(detector)으로 구성되어 있다.

그리고 독서등(reading light)의 LT1, LT2, LT3은 모두 28V DC로 작동하며 각각 선택적으로 개별 작동시킬 수 있다. 승무원 호출등(call light)은 별도의 5V DC의 전원으로 작동한다(Boeing, 2021).

2.2 제어장치 개발

B767-300 PSU 시스템은 승무원 호출등, 독서등, 비상 산소마스크, 비상 산소발생기만으로 구성되어 있다. 독서등, 비상 산소마스크 도어는 28V DC로 작동하고 호출등은 5V DC로 작동한다. 제어장치 개발을 위하여 우선, 제어장치 전체를 Inventor 3D 프로그램으로 설계하였으며(Autodesk, 2021) 전기회로도에는 항공기 시스템과 동일하게 위에서 분석한 기술 자료와 B767-300 WDM을 기반으로 설계하였다.

2.2.1 제어장치 설계

Inventor 3D 프로그램을 이용하여 제어장치를 3차원으로 설계하고 배치, 간섭 등을 점검하였다. 전기회로 설계는 Fig. 6과 같이 각 승무원 호출등, 독서등, 비상 산소마스크 도어를 독립적으로 제어할 수 있도록 설계하였다.

전원 28V DC와 5V DC는 독립적으로 고정형 직류 전원 공급장치를 사용하였으며 독서등의 LT1, LT2, LT3을 제어하기 위하여 각 스위치를 별도로 설치하였다. 산소마스크 도어를 개방시키는 솔레노이드 밸브(solenoid valve)도 별도 스위치를 장착하였다. 산소마스크 도어는 조종석에서 제어하는 수동식 제어와 객

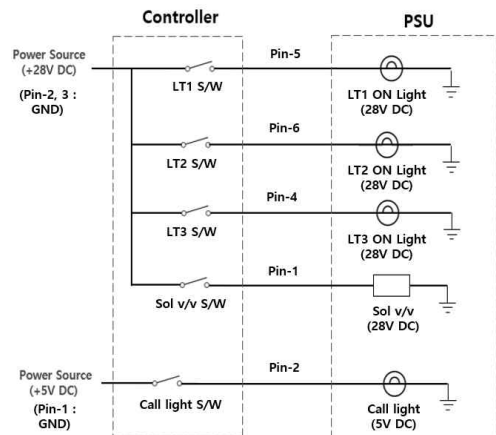


Fig. 6. Controller and PSU electric circuit diagram

실 압력에 의해 제어되는 자동제어 방식으로 나누어 설계하였으며 이는 항공기 시스템과 동일한 시스템이다. 객실 압력센서는 푸시 버튼스위치(push button switch)로 대체하여 수동적으로 모사하였다.

2.2.2 제어장치 제작

Fig. 7의 좌측 PSU 제어장치(controller)는 3D 설계와 전기회로 설계를 기반으로 제작한 제어장치이다. 제어장치는 전원부, 비상 산소마스크 도어 제어부, 독서 등 제어부, 승무원 호출 제어부로 구성되어 있다. 비상 산소마스크의 Oxy 스위치는 항공기에서 조종석(cockpit) 부분이며 Cabin pressure sensor 스위치는 객실 자동 압력 감지장치에 해당되는 부분이다. 제어장치와 PSU의 연결은 항공기 시스템과 동일하게 2개의 커넥터로 연결하였다.

작동결과, PSU의 등(light)은 항공기 좌석에서 작동하는 것과 같이 정상 작동하였으며 비상 산소마스크는 스위치를 켜거나 눌렀을 때, 도어가 열리고 4개의 산소마스크가 아래 방향으로 떨어졌다. 핀은 뽑히지 않은 상태로 유지되어 항공기와 동일하게 작동되었다. 비상 산소발생기의 작동은 산소마스크의 Lanyard를 당기면 Ignition pin이 뽑히게 되며 이때 내부 스프링에 의해 Spring actuated hammer가 Oxygen candle을 때리면서 화학적으로 산소가 발생하게 된다. 그리고 발생된 산소는 내부 필터를 거쳐 4개의 각 호스를 통해 각 산소마스크로 전달되어 승객에게 산소가 공급된다. Fig. 7의 비상 산소발생기는 내부 구조를 볼 수 있도록 절단한 상태를 나타내고 있다.

2.3 Emergency Oxygen Generator 작동 및 온도 측정

실험은 B777-200ER 항공기에 장착되는 비상 산소발

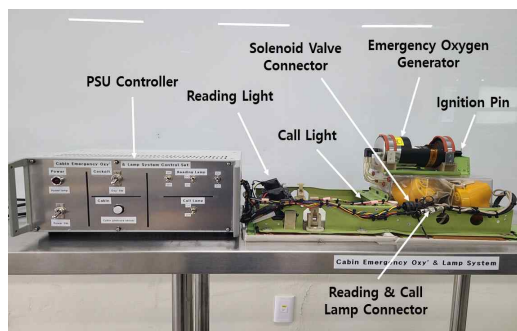


Fig. 7. PSU test equipment configuration

생기를 이용하였다. 이 비상 산소발생기는 DAE Systems 업체에서 제작되었으며 1개의 산소발생기는 22분 동안 3명의 승객이 사용할 수 있는 산소를 발생하는 화학적 방식의 산소발생기이다. Fig. 8은 실험에 사용한 비상 산소발생기이다. 그림에서 발생기 좌측에 표면에 붙어 있는 테이프 형태의 표시기는 산소의 작동 여부를 확인할 수 있는 표시기로 작동 후에는 색깔이 진하게 변한다.

그리고 고정용 클램프가 좌측과 우측에 2개 있다. 실험에 사용된 온도측정 장비는 FLIR사 T200 모델의 적외선 열화상 카메라로, 측정 가능한 온도 범위는 0~350℃이며 허용 오차는 $\pm 2\%$ 이다. Fig. 9는 산소발생기의 작동 온도 측정시험을 나타낸 것으로 실험은 상온의 실내에서 실시하였다.

온도 측정은 산소발생기의 외부 전체의 온도분포 상태를 측정하였으며 주요 관심 지점의 온도 측정은 고무로 감싸져 있는 좌측 클램프 주변으로 Fig. 9에서 실선의 끝 지점이다. Fig. 10은 1분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분에서의 전체적인 온도 분포를 나타낸 것이다. 산소발생기의 온도 분포는 클램프 부분에서 열이 높게 나타났다. 이는 클램프 일부가 고무재질로, 열이 냉각되지 못하고 축적되어 상승한 것으로 나타났다. 실험 초기에는 (a)와 같이 핀과 가까운 부분에서 온도가

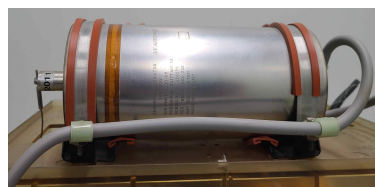


Fig. 8. Emergency oxygen generator (B777-200ER)



Fig. 9. Emergency oxygen generator operation test

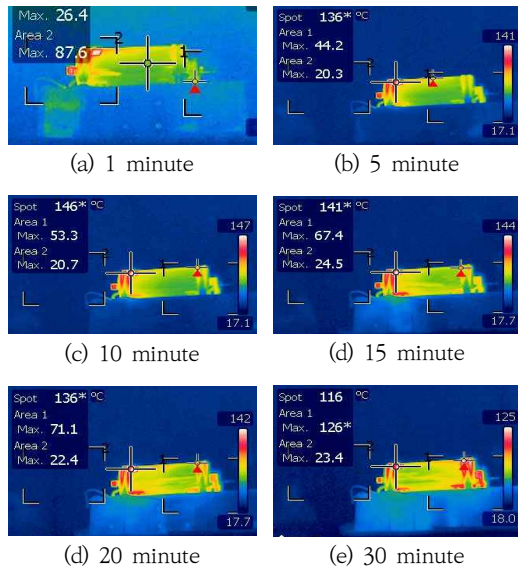


Fig. 10. Temperature distribution of emergency oxygen generator by time

높게 나타나다가 약 20분부터는 우측 부분의 온도가 상대적으로 높게 나타났다. 온도는 가장 높은 곳의 온도가 약 150℃ 정도로 측정되었고 산소 발생기는 약 30분 정도 작동하였다. 또한 좌측 클램프 주변, 관심 지점에 대한 온도 측정 결과, Fig. 11에 나타난 바와 같이 실험시작 3분까지는 온도가 18.5℃에서 136℃까지 급격하게 상승하였고 9분에서는 149℃로 가장 높은 온도가 측정되었다. 온도는 30분 정도에서 산소발생이 중지되었으며 3분에서 30분까지의 온도는 완만한 하강 곡선 형태로 나타났다.

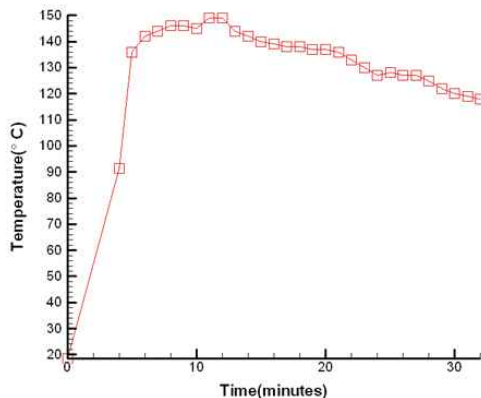


Fig. 11. Temperature change

2.4 결과 및 개선사항

전체 산소발생기의 온도 분포 및 관심 지점의 온도 그래프를 분석해 본 결과, 온도는 약 150℃까지 상승하므로 화재나 온도에 민감한 주변 장치는 설계 시, 별도 분리하거나 차단장치를 설치해야 한다. 그리고 고정을 위하여 사용하는 클램프는 고무재질이 혼합된 부품보다는 금속재질의 열전도율이 높은 재질만 사용할 것을 추천한다.

또한 산소발생기를 작동시키기 위해서는 아래로 떨어진 상태에서 산소마스크를 아래 방향으로 한 번 더 잡아당겨야 점화 핀이 제거되고 산소발생기가 작동하므로 객실 승무원은 승객 안전 브리핑(passenger safety briefing)의 안내 설명 시, 산소마스크를 아래 방향으로 한 번 더 당긴 후, 앞으로 당겨 착용하도록 정확히 설명해야 한다. Table 1은 현재 객실 승무원이 항공기 이륙 전에 승객들에게 설명하는 안전 브리핑의 설명 내용으로 아래 방향으로 당기라는 설명은 없다. 비상 시, 설명대로 행동하면 신장이 큰 승객이나 승객이 당황하여 몸이 앞으로 나가서 산소마스크를 착용할 경우, 핀은 제거되지 않을 수도 있다. 이에 대한 개선점은 Table 2에 제시하였다.

III. 결 론

본 연구는 승객에게 편의와 비상 시, 산소를 공급하는 항공기의 PSU(passenger service unit)에 대한 연

Table 1. Problems with the explanation of the current emergency oxygen mask

구분	내용
설명	“비상 시, 머리 위 선반에서 산소마스크가 자동으로 내려오면 산소마스크를 앞으로 잡아당겨 착용하시고 끈을 머리에 맞게 조여 주십시오.” 라고 설명되고 있음.

Table 2. Research results and improvements

구분	내용
설계 측면	- 화재 및 온도에 민감한 장치들은 별도로 분리하거나 단열장치를 설치하여 열전달을 차단
사용 측면	- 객실 승무원의 승객 안전 브리핑 설명 시, 떨어진 상태의 산소마스크를 아래 방향으로 다시 한 번 당긴 후, 앞으로 당겨 착용할 것을 명확히 설명

구로, 이를 위하여 기술자료 분석, 제어장치 설계, 제작, 작동시험을 수행하였다. 그리고 비상 산소발생기를 작동시켜 작동온도 분포 및 온도변화를 관찰하였다. 그리고 결과를 기반으로 객실 승무원의 비상상황 설명시, 산소마스크 사용법에 대한 설명의 개선점과 차기 항공기 PSU 개발 시, 고려해야 할 사항들을 제시하였다. 그 결과, 산소발생기 작동 시, 표면 온도가 약 150℃까지 상승하므로 이를 고려하여 주변의 인화성 물질에 의한 화재와 고온에 민감한 장치를 분리하여 설계해야 하며, 산소발생기를 고정하는 클램프는 기존의 고무재질의 혼합된 클램프보다는 금속재질만을 사용하는 것이 발생한 열의 발산을 위하여 좋은 것으로 나타났다. 그리고 객실 승무원은 비상상황에서 승객의 행동요령을 설명할 때, 핀이 제거될 수 있도록 떨어진 산소마스크를 아래 방향으로 한 번 더 당긴 후, 앞으로 잡아당겨 착용할 것을 명확히 설명해야 한다. 또한 각 항공사는 이러한 사항에 대하여 객실 승무원을 재교육해야 하며 모든 관련 자료를 수정 및 개선해야 승객의 안전을 확보할 수 있다. 향후, 본 연구에서 제기된 문제점을 기반으로 현재 운영되고 있는 국내 객실 승무원의 승객 안전 브리핑(passenger safety briefing)과 기내 안전안내서(safety information)의 문제점을 분석하고 개선방안을 연구하고자 한다.

후 기

본 논문은 한국항공운항학회의 2021년도 추계학술대회에서 발표한 논문(Kim, 2021)을 수정 및 보완하였음을 알려드립니다.

References

1. Boeing, "B767-300 System Schematic Manual", 2021.
2. Dale C., "Airframe Volume 2: System", ASA, Washington, 2007, pp.671-673.
3. Wikipedia, 2022, https://en.wikipedia.org/wiki/Emergency_oxygen_system
4. Zhang, Y. C., Kshiragar, G., and Cannon, J. C., "Functions of barium peroxide in sodium chlorate chemical oxygen generator", Industrial & Engineering Chemistry Research, American Chemical Society, 1993, pp.966-967.
5. Wang, W., Jin, L., Gao, N., and Wang, J., "The oxygen generation performance of hollow-structured oxygen candle for refuge space", Journal of Chemistry, 2018, 2018, pp.1-9.
6. Harwood, V. N., "Chemical oxygen generators for business and utility aircraft", SAE International, 80, 1971, pp.1494-1502.
7. Edward B., and Thompson, Jr., "System evaluation of solid chemical oxygen generators", Air Force Flight Dynamics Laboratory Wright-Patterson Air Force Base, NTIS, 1975, pp.2-20.
8. Boeing, "B767-300 System Schematic Manual", 2021.
9. Airbus, "Single Aisle Technical Training Manual", 2011, pp.110-111.
10. Asiana Airlines, "A320/321 Flight Crew Operation Manual", 2009, p.418.
11. Autodesk, <https://www.autodesk.co.kr/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
12. Kim, H. M., Kim, Y. I., and Kwon, J. S., "Research and analysis for the emergency oxygen supply system and lighting system of Aircraft Cabin", 2021 KSAA Autumn Conference, Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, Online, 2021, pp.229-233.