

노후 항공기 개조 시 케이블 개량에 따른 효과 연구

A study on the effect of cable improvement renovating an old aircraft

이 광 석[★], 윤 인 복^{*}, 장 인 동^{*}

Gwang-suk Lee[★], In-bok Yoon^{*}, In-dong Jang^{*}

Abstract

As it takes a lot of time and money to develop an aircraft, an environment for renovating and using existing operating aircraft has been created. As a result, many old aircraft were renovated, and due to the aging of the aircraft, more demanding cable requirements were required for renovation projects, and as the number of equipment inside the aircraft gradually increased, the difficulty of system integration increased. In order to solve the difficulties of system integration through systematization of verification procedures, this paper explains VSWR, I-loss, which are the main indicators of antenna cable modification, and explains DTF, one of the problem detection methods. It also explains the elements required for cable design, the environment to be measured, and procedures, and introduces the overall process and effect of antenna cable improvement through demonstration cases.

요 약

항공기를 개발하는 데는 시간과 비용이 많이 요구됨에 따라, 기존 운용 항공기를 개조하여 사용하는 환경이 조성되었다. 이에 따라 많은 노후 항공기들의 개조사업이 진행되고 항공기의 노후로 인해 개조 사업에는 점차 더 까다로운 케이블 요구사항이 요구되었으며 여러번의 개조사업을 거침에 따라 항공기 내부의 장비 수가 점차 많아져 체계통합의 난이도가 증가하게 되었다. 본 논문에서는 체계통합의 어려움을 검증 절차 체계화를 통해 해결하고자 안테나 케이블 개조를 주된 대상으로 주요 지표인 VSWR, I-loss를 설명하고, 문제 검출 방법 중 하나인 DTF를 설명한다. 그리고 케이블 설계에 필요한 요소, 측정하는 환경, 절차를 설명하고, 설계에 영향을 미치는 측정 결과를 실증 사례를 통해 안테나 케이블 개량의 전반적인 과정과 효과를 소개한다.

Key words : Ragacy Aircraft, Avionics Modification, Antenna Cable Varification, Voltage-Standing-Wave-Ratio(VSWR), Insertion-Line-Loss(I-loss), Distance-To-Fault(DTF)

1. 서론

현대 군용 및 상용에서 운용되는 항공기의 종류는 수 백 종에 이른다. 이러한 항공기를 개발은 고도의 기술 성

숙을 요해 몇몇 국가에 한해 진행되고 있다. 그러나 항공기 체계개발에는 많은 시간과 비용이 필요하기 때문에 매년 신규 항공기를 도입하는 것은 결국 소요비용 문제로 인해 어려운 것이 현실이다. 따라서 대부분의 항공기

* Hanwha Systems.

★ Corresponding author

E-mail : lks920929@hanwha.com, Tel : +82-31+7794

※ Acknowledgment

Manuscript received Nov. 3, 2021; revised Dec. 4, 2021; accepted Jun. 8, 2022.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

보유 국가들은 항공기를 최대한 오래 활용하기 위하여 20년 이상의 노후화된 항공기도 유지보수 및 성능개량을 통해 운용하고 있는 실정이다.

이에 반해 항공전자 장비(이하 항전장비)는 활발히 개발이 진행되고 있으며 기술이 크게 진보하여 항공기 운용개념을 계속하여 바꾸어 나가고 있다. 때문에 기존의 항공기 성능 향상을 위하여 항전장비를 교체 또는 추가 장착하는 개조사업이 활발히 진행되고 있다.

이러한 항전장비를 추가, 교체하는 개조사업의 난이도를 결정하는 것은 항공기가 가지고 있는 항전시스템의 구조이다. 그림 1의 연방형이라 불리는 구조는 항전장비가 대부분 일대일로 연결되어 있으며 일부 장비만 임무 컴퓨터 같은 중앙처리장치를 통해 연결되어 있다. 이에 더해 항전장비 간 하나의 인터페이스로만 연결되는 것이 아니라 다수의 인터페이스로 연결되어 있어 연방형 구조는 매우 높은 복잡성을 가진다.

이러한 문제점을 해소하기 위해 탄생한 것이 Integrated Modular Avionics(IMA) 구조이다. 그림 1에서 보는바와 같이 IMA 구조는 대부분의 항전장비들을 구조적, 기능적으로 통합하여 하나의 캐비닛으로 만든 구조이다. 이를 통해 중량평형, 무게 문제 등을 해소하였으며, 한 캐비닛에 존재함에 따라 직접회로 내에서 동작하므로 배선이 필요 없어 배선 복잡성 문제 또한 해결할 수 있었다. 하지만 이는 새로 개발된 최신 기체에 한해 적용되었으며, 현재 운용되는 많은 노후항공기는 기존 연방형 구조에 머물러 있는 실정이다[1].

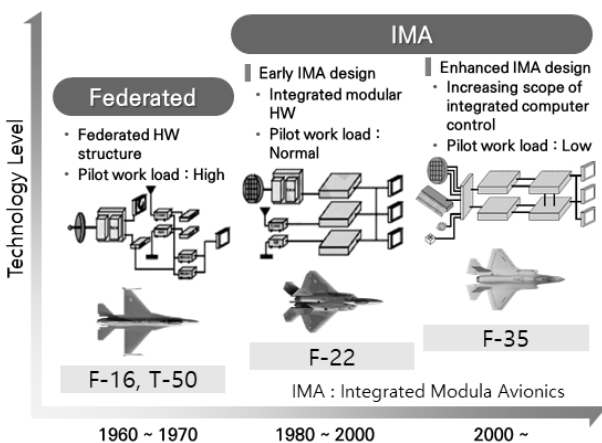


Fig. 1. The process of developing the structure of avionics equipment.

그림 1. 항공전자 장비 구조 발전과정

이에 따라, 노후항공기 개조사업에서 안테나 케이블의 경우 두 가지 특성이 나타나게 되었다. 첫째는 배선 시스템에

요구되는 요구 성능의 증가이다. 노후항공기가 가진 높은 배선 체계 복잡성으로 인해 항공기에 항전장비 체계통합 시 배선의 길이가 증가하게 되어 늘어난 길이만큼 신호의 손실이 발생하게 되었다. 따라서 배선 성능을 높임으로써 신호 손실을 보상하게 되었고 이 때문에 케이블에 요구되는 성능인 Voltage Standing Wave Ratio(VSWR), Insertion line loss(I-loss) 등의 지표를 만족하도록 설계하는 것이 중요해졌다.

둘째는 연방형 구조가 가지고 있는 시스템을 최대한 유지하는 것이다. 기존 시스템을 유지해야 항공기가 가지고 있는 감항성을 유지한다고 판단하기 때문이다. 이러한 경향으로 노후항공기 개조사업에서는 개조사업 대상인 장비를 체계통합 이후에도 성능을 유지하는지 확인하는 검증 절차의 중요성이 강조되었으며 검증 시 요구도를 만족하지 못한 경우 케이블의 어느 위치에서 문제가 발생하는지 확인하는 Distance To Fault(DTF) 방법을 사용하게 되었다.

따라서, 본 논문에서는 연방형 구조를 가진 노후 항공기들을 대상으로한 항전장비 개조사업에서 항전장비 체계 통합 시 성능 저하를 확인하기 위한 안테나 케이블의 설계 및 검증을 위해 앞서 기술한 두 가지 특성의 고려가 필요함을 실증사례를 들어 기술한다. 안테나 케이블로 제한한 이유는 항공기 개조장착 통신용 케이블 중 가장 핵심이 되는 케이블이기 때문이다. 이 안테나 케이블 개조를 실증사례로 케이블 설계 및 검증의 절차를 설명한다.

이를 위해 먼저 관련 연구들을 살펴보고 다음으로 안테나 케이블 요구사항이 되는 주요 지표, 그리고 설계 시 고려해야 할 사항들을 확인한다. 이후 설계 만족을 검증하기 위한 시험환경, 시험절차를 확인하고, 그에 따라 도출된 결과를 확인한다. 마지막 결론에서는 결과를 분석함으로써 앞서 확인한 검증방법이 케이블 요구사항을 만족하였는지 확인한다. 이를 통해 노후항공기 항전장비 개조사업 케이블 개량의 전반적인 과정과 효과를 소개한다.

II. 본론

1. 관련 연구

노후 항공기의 성능개량을 위한 안테나 케이블 설계 및 검증에 관련된 국내 연구사례로 먼저 설계 분야에는 인증 요구조건 만족을 위한 케이블 선정이 수행되었고, 검증 분야에서는 완전분해 점검, 결합상태 분류기법을 통한 신뢰성 분석이 주로 수행되었다[2][3][4][5].

그러나 위에서 논의된 연구들은 앞서 서론에서 기술한 바와 같이 노후 항공기 개조장착에서 케이블에 대한 VSWR, I-loss 및 케이블 문제 발생 시 확인을 위한 DTF 등에 대한 연구를 진행하지는 않았다.

2. 주요 설계 고려 사항

가. Voltage Standing Wave Ratio

안테나의 주요 특성 중 입력 임피던스는 안테나의 중요한 제한 요소이다. 이 입력 임피던스 차에 의해 발생하는 반사량의 비를 나타내어, 정합상태의 정도를 알려주는 것이 바로 Voltage Standing Wave Ratio(VSWR) 이고 식 (1)과 같다.

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} \quad 1 \leq VSWR \leq \infty \quad (1)$$

안테나와 항전장비 간 케이블이 임피던스 정합 상태이면 VSWR = 1로 계산되지만 실제 외부 사용 환경에서는 여러 가지 영향으로 임피던스 부정합 상태가 되어 VSWR > 1 인 경우가 많다. 이런 경우 그림 2와 같이 입력신호의 전압 P_i 가 부정합된 부분에서 반사신호가 발생하여 P_r 이 나타나게 된다.

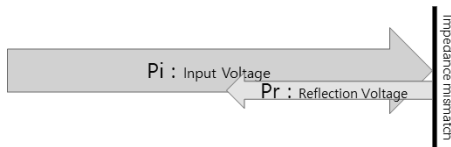


Fig. 2. Impedance mismatch concept.
그림 2. 임피던스 미스매치 개념도

위 식 (2)를 이용해 P_i 와 P_r 을 표현하면 VSWR을 다음과 같은 식 (2)로 나타낼 수 있다[6].

$$VSWR = \frac{P_i + P_r}{P_i - P_r} \times 100 \quad (2)$$

결국 VSWR은 최대 및 최소 진폭 전압의 비로 나타낼 수 있고, 그 값은 낮을수록 좋다. 일반적으로 안테나 케이블 VSWR 값은 안테나에 영향을 주지 않기 위해 안테나보다 더 낮은 값으로 적용된다. 본 논문에서는 최대 2:1 미만으로 안테나 케이블의 요구성능을 제한한다. 그 이유는 아래 표 1과 같이 시장에 공개된 항공기용 안테나의 VSWR의 일반적 수치가 2:1로 분석되었기 때문이다.

Table 1. VSWR performance of commercial antenna.

표 1. 상용 안테나의 VSWR 성능

Company	Antenna Part Number	Freq (MHz)	VSWR
L3 HARRIS	CNI22-1	225~400	2:1
		960~1220	2:1
	CNI22-4,-5	960~1220	2:1
		1000~1100	2:1
RF Globalnet	15OM1	480~2400	2:1
Anritu	2000-1473-R	870~960	2:1
	2000-1030-R	1710~1880	2:1

나. Insertion Line Loss

Insertion line loss(I-loss)는 안테나 케이블에서 발생하는 열 등으로 인해 신호의 에너지 손실이 발생하는 것을 말한다. 이러한 케이블 손실은 특히 케이블의 길이에 민감하게 반응하며, 주파수마다 손실의 정도가 달라 I-loss의 측정은 측정대상 주파수 대역을 설정하여 측정한다.

신호가 케이블에 삽입되기 전 전력을 P_t , 신호가 케이블에 삽입되어 케이블의 부하가 걸린 후 신호의 전력을 P_r 이라 하면 I-loss는 다음 식 (3)과 같다.

$$I-loss (dB) = 10 \log_{10} \frac{P_T}{P_R} \quad (3)$$

I-loss의 성능 기준은 상용 여객기의 안테나와 항전장비 간 배선 길이로 파악한 결과 약 28m로 확인하였다. 이 수치는 안테나가 동체 꼬리날개 앞 단에 존재해 그 위치부터 조종석까지의 배선경로를 기준으로 하였다. 아래 표 2에서는 1GHz 대역에서 상용 안테나 케이블의 길이당 감쇄 성능이며 여기에 28m를 계산하여 3dB를 적정 기준으로 보아 본 수치로 요구성능을 제한하였다.

Table 2. I-loss performance of commercial antenna cable.

표 2. 상용 안테나 케이블의 I-loss 성능

Company	Part Number	Freq (GHz)	Attenuation (dB/m)
IW	4806	1	0.10
TIMES MICROWAVE SYSTEM	LMR-600		0.11
CARLISLE	CCR022		0.11

다. Distance To Fault

Distance To Fault(DTF)는 VSWR, I-loss 측정 후 측정 값이 요구도를 충족하지 못하는 경우 케이블의 어느 부분에서 문제가 있는지 확인하는 방법이다. 일반적으로 안테나와 케이블 커넥터 간 장시간 진동으로 인해 느슨해진 연결, 케이블 간의 쓸림현상(Rubbing), 또는 케이블의 피복이 벗겨지는 경우 발생하는 등의 문제를 DTF를 통해 위치를 찾아 문제를 식별한다.

라. 기타 고려 사항

RF 케이블의 기타 설계 고려사항은 가장 먼저 케이블의 경로 고려하여 케이블의 길이, 크기 그리고 커브를 고려하여 사용할 케이블을 선정해야 한다. 여기서 길이는 신호의 감쇄에 큰 영향을 미치므로 길이에 따라 케이블의 신호 전도 성능을 고려해야 한다. 또한 체계 통합 시 다른 여러 항전장비와 연결을 위해 커넥터를 고려해야 한다. 또한 감항인증 내용 중 케이블의 정격, 재료, 그룹핑과 번들, 슬랙, 클램핑, 스플라이스 등의 배선 선정 기준과 설치 기준들을 만족하여야 한다[2].

3. 케이블 개량을 위한 검증 절차

가. 시험 벤치

시험 벤치에서는 시험 장비 및 시험 환경, 측정 전 확인사항에 대해 기술한다. 측정 장비는 케이블 및 안테나 분석기를 통해 측정한다. 관련 구성품으로는 연장 케이블과 OSL(Open-Short-Load) 어댑터, 연장 케이블 & OSL 연결 어댑터, Calibration 장비가 있다. 모든 측정 장비는 검/교정 유효일 이내의 장비들만 사용한다.

측정 전 확인 사항은 먼저, 항공기 Top, Bottom 안테나 사양 확인하여 Vertically polarized 되어 있는지, 전자기파 방사를 적절한 평균 전력으로 할 수 있는지, 적절한 주파수 대역을 가졌는지를 확인한다. 또한, 측정 정확도를 위해 안테나 커넥터 Type을 확인한다.

안테나를 포함한 항공기 접지가 되어있는지 확인하고 되어있지 않다면 접지한다. 케이블이나 안테나가 정전기를 머금고 있는 경우가 있으므로 ESD에 대해 안전한 테스트를 위해 케이블 끝단을 Open이나 Short 소자로 연결해 방전시킨 후 접속시킨다. 안테나 위치에서 E3 이슈를 발생시킬만한 적정 거리 내에 다른 안테나가 있는지 확인하고 목록화한다.

Calibration은 연장 케이블을 분리하였다가 다시 연결할 경우 또는 주파수 대역이 변경되는 경우 등 측정 조건의 변화가 있으면 반드시 다시 수행하여야 한다.

나. 시험 절차

VSWR 측정은 아래 그림 3의 커넥터 연결 부위 사이에 측정장비를 연결하여 측정한다. 먼저, 안테나와 케이블 통합체의 VSWR을 측정한다. 자세한 시험 절차는 다음과 같다.

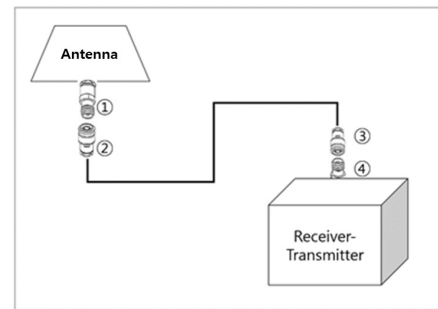


Fig. 3. Cable and connector diagram between antenna and electrostatic equipment.

그림 3. 안테나와 항전장비 간 케이블, 커넥터 구성도

개조 장비가 사용하는 주파수 대역에 맞추어 측정 장비의 측정 주파수 대역을 설정한다. 주파수 Sweep의 해상도를 설정한다. 안테나와 케이블 통합체의 VSWR 값 측정을 위해 그림 3의 3번과 4번 커넥터를 분리하고 3번 커넥터에 측정 장비를 연결하여 VSWR 값을 측정한다. 만약 위 두 절차 수행 중 요구도 미충족 사항이 있는 경우 케이블 자체의 VSWR 값을 측정해야 한다.

Cable Loss 측정은 OSL 장비, 연장 케이블 & OSL 연결 어댑터를 추가 활용한다. 케이블 자체의 손실 측정을 위해 실행하는 것이므로 측정 전 안테나 및 송수신기와 케이블을 반드시 분리시켜야 한다. VSWR 측정과 마찬가지로 Calibration이 되었는지 확인한다. 개조 장비가 사용하는 주파수 대역에 맞추어 측정 장비에 측정 주파수 대역을 설정한다. 주파수 Sweep의 해상도를 설정한다. 그림 3의 모든 커넥터를 분리 후 2번 또는 3번에 측정장비를 연결한다. 측정 장비의 Frequency-Cable Loss 모드를 통해 I-loss를 측정한다.

DTF 측정은 안테나와 케이블 통합체를 측정 시 그림 3의 3번 커넥터에 계측기를 연결하여 측정한다.

다. 시험 결과

(1) 개조장비 장착 이전

시험 결과의 측정은 앞서 말했던 3.1장 시험 벤치와 3.2 측정 절차를 따라 진행되었으며 항공기의 Top 안테나와 Bottom 안테나 각각에 연결된 케이블의 VSWR, I-loss, DTF 결과를 기술한다. 측정은 개조장비 장착 전과

장착 후, 두 단계로 진행하여 개조장비 장착 전 VSWR, I-loss 문제가 있는 케이블을 식별하고, 측정 결과를 설계에 반영하여 장착 후 문제가 해결되도록 하였다.

다음 그림 4와 그림 5는 개조장비 장착 이전 M1~M6 대역폭에서의 Top 안테나와 케이블 통합체, Bottom 안테나와 케이블 통합체의 VSWR을 측정한 결과이다. 해당 VSWR 측정값 역시 기준인 2를 넘지 않아 기준을 충족함을 확인하였다. 측정의 시작이 M1이 아닌 이유는 Damping 현상을 방지하고자 Cut off 주파수 설정에 마진을 두었기 때문이다.

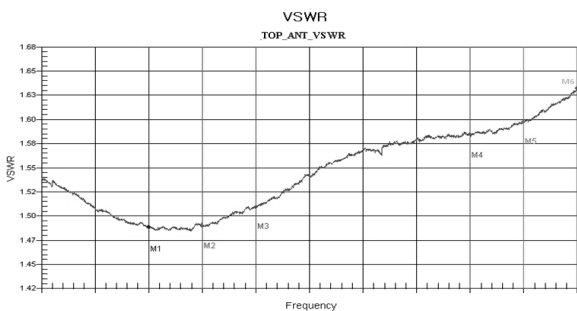


Fig. 4. VSWR measurement graph before installation of renovation equipment (Top).

그림 4. 개조장비 장착 이전 VSWR 측정(Top)

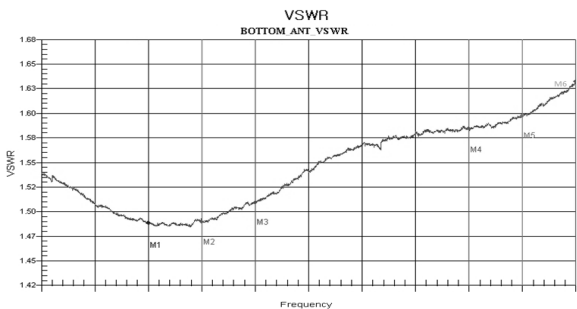


Fig. 5. VSWR measurement graph before installation of renovation equipment (Bottom).

그림 5. 개조장비 장착 이전 VSWR 측정(Bottom)

위 항공기의 개조 장비 장착 이전 VSWR 측정 결과를 정리하면 다음 표 3과 같다. 안테나와 케이블 통합체를 측정한 결과는 Antenna+Cable에 기술하였다. 측정 결과가 요구사항 충족 기준에 만족하는지의 여부는 Results에 기술하였다. 표 3을 통해 항공기의 안테나 및 케이블 통합체 VSWR를 측정한 것이 장비가 사용하는 대역폭 내에서 요구 기준을 만족하는 것을 확인할 수 있다.

다음 그림 6과 그림 7은 개조장비 장착 이전 M1~M2 대역폭에서 Top, Bottom 안테나에 연결된 케이블의 I-loss를 측정한 결과이다. Top 안테나에 연결된 케이블

의 I-loss 측정값은 기준치인 3dB 이내에 있어 기준을 만족하지만 Bottom 안테나에 연결된 케이블의 I-loss 측정값은 기준치인 3dB를 넘는 값이 측정되어 기준을 만족하지 못함을 확인하였다.

Table 3. VSWR measurement results before installation of renovation equipment.

표 3. 개조장비 장착 이전 VSWR 측정 결과

Antenna	Freq. (MHz)	Antenna + Cable	Results (≤2 : 1)
Top	M1	1.33 : 1	Pass
	M2	1.36 : 1	Pass
	M3	1.47 : 1	Pass
	M4	1.76 : 1	Pass
	M5	1.73 : 1	Pass
	M6	1.84 : 1	Pass
Bottom	M1	1.24 : 1	Pass
	M2	1.09 : 1	Pass
	M3	1.13 : 1	Pass
	M4	1.20 : 1	Pass
	M5	1.08 : 1	Pass
	M6	1.23 : 1	Pass

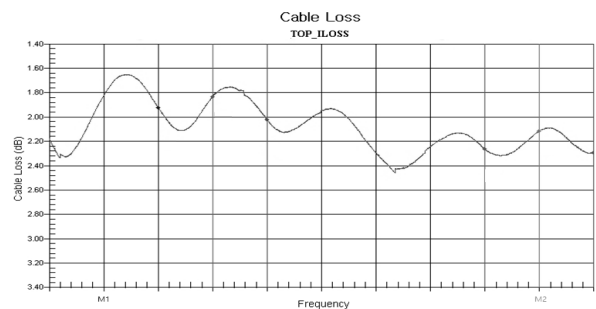


Fig. 6. I-loss measurement graph before installation of renovation equipment (Top).

그림 6. 개조장비 장착 이전 I-loss 측정 그래프(Top)

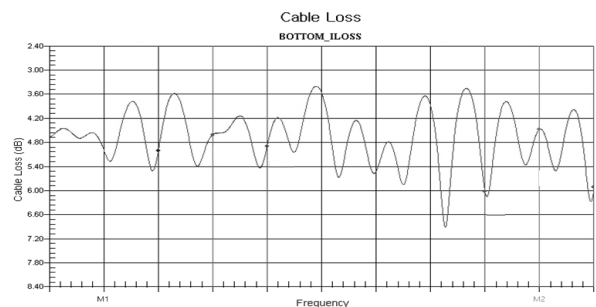


Fig. 7. I-loss measurement graph before installation of renovation equipment (Bottom).

그림 7. 개조장비 장착 이전 I-loss 측정 그래프(Bottom)

위 항공기의 개조 장비 장착 이전 I-loss 측정 결과를 정리하면 다음 표 4와 같다. Bottom 안테나에 연결된 케이블이 기준을 만족하지 못하므로 설계 시 새로운 케이블 또는 커넥터 교체가 필요함을 확인하였다.

Table 4. I-loss measurement results before installation of renovation equipment.

표 4. 개조장비 장착 이전 I-loss 측정 결과

Antenna	Freq. (MHz)	Loss	Results (≤ 3 dB)
Top	M1	1.83	Pass
	M2	2.11	Pass
Bottom	M1	4.61	Fail
	M2	4.47	Fail

위 I-loss 성능 중 Bottom 안테나 및 케이블 통합체가 요구사항을 충족하지 못하므로 DTF를 추가 진행하여 문제가 케이블, 커넥터 중 어느 위치에 문제가 있는지 확인하였다. 아래 그림 8이 그 결과이다. 측정장비로부터 15.51m가 측정되어 해당 지점에 문제가 있음을 확인하였다. 문제가 있는 부분은 케이블로 판명되어 해당 부분의 케이블을 교체할 수 있도록 설계에 반영하였다. 설계에 반영된 내용들은 2장 기타 설계 고려사항 내용을 종합적으로 고려하여 케이블을 선정하였다.

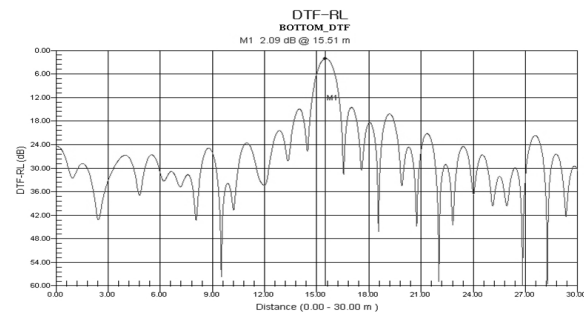


Fig. 8. DTF measurement graph before installation of renovation equipment (Bottom).

그림 8. 개조장비 장착 이전 DTF 측정 그래프(Bottom)

(2) 개조장비 장착 이후

다음 그림 9과 그림 10은 개조장비 장착 후 M1~M6 대역폭에서의 Top, Bottom 안테나 및 케이블 통합체의 VSWR을 측정한 결과이다. 개조장비 장착 이후 측정 조건은 모두 같다. 아래 측정 결과에서 VSWR 측정값이 개조장비 장착 이전과 마찬가지로 2:1의 기준치 이하에 있어 요구사항을 만족함을 확인할 수 있다.

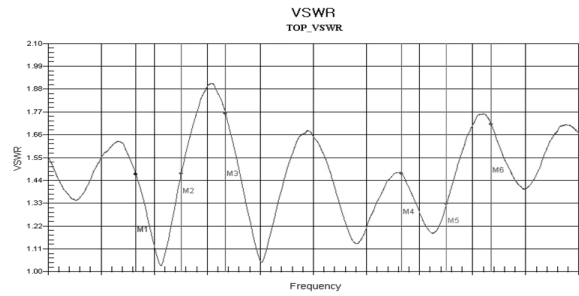


Fig. 9. VSWR measurement graph after installation of renovation equipment (Top).

그림 9. 개조장비 장착 이후 VSWR 측정 그래프(Top)

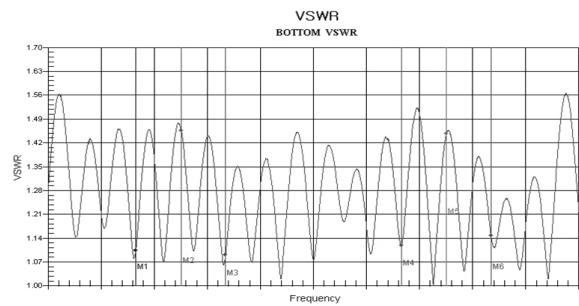


Fig. 10. VSWR measurement graph after installation of renovation equipment (Bottom).

그림 10. 개조장비 장착 이후 VSWR 측정 그래프(Bottom)

위 항공기의 개조장비 장착 이후 VSWR 측정 결과를 정리하면 다음 표 5와 같다. 케이블을 교체한 이후 모두 기준치 이하로 개조장비 장착 이전과 마찬가지로 요구사항을 만족함을 확인할 수 있다.

Table 5. VSWR measurement results after installation of renovation equipment.

표 5. 개조장비 장착 이후 VSWR 측정 결과

Antenna	Freq. (MHz)	Antenna + Cable	Results (≤ 2 : 1)
Top	M1	1.47 : 1	Pass
	M2	1.47 : 1	Pass
	M3	1.76 : 1	Pass
	M4	1.48 : 1	Pass
	M5	1.33 : 1	Pass
	M6	1.71 : 1	Pass
Bottom	M1	1.10 : 1	Pass
	M2	1.46 : 1	Pass
	M3	1.09 : 1	Pass
	M4	1.12 : 1	Pass
	M5	1.45 : 1	Pass
	M6	1.15 : 1	Pass

다음 그림 11과 그림 12는 개조 장비 장착 후 M1~M2 대역폭에서의 Top, Bottom 안테나에 연결된 케이블의 I-Loss를 측정된 결과이다. 개조장비 장착 이전과는 달리 Bottom 안테나에 연결된 케이블의 I-Loss가 3dB 이내에 있어 요구사항을 만족함을 확인할 수 있다.

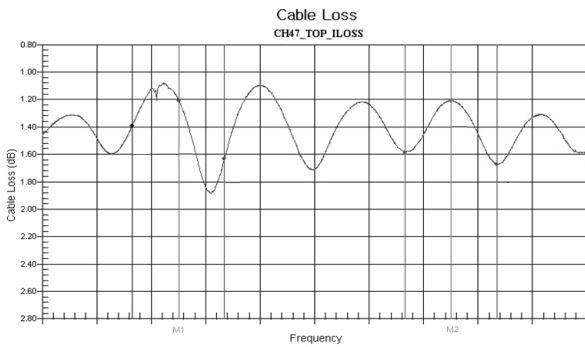


Fig. 11. I-loss measurement graph after installation of renovation equipment (Top).

그림 11. 개조장비 장착 이후 I-loss 측정 그래프(Top)

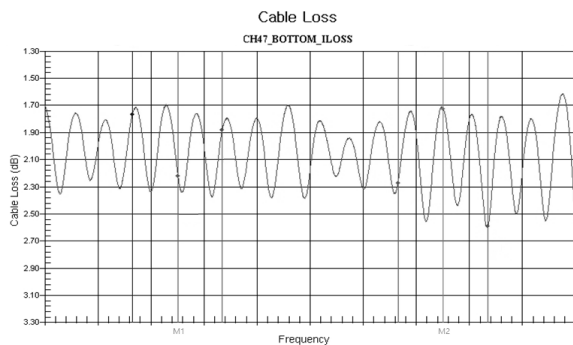


Fig. 12. I-loss measurement graph after installation of renovation equipment (Bottom).

그림 12. 개조장비 장착 이후 I-loss 측정 그래프(Bottom)

위 항공기의 개조장비 장착 이후 I-loss 측정 결과를 정리하면 다음 표 6과 같다. 개조장비 장착 이후 모두 기준치 3dB 이내에 있어 요구사항을 충족함을 확인할 수 있다.

Table 6. I-loss measurement results after installation of renovation equipment.

표 6. 개조장비 장착 이후 I-loss 측정 결과

Antenna	Freq. (MHz)	I-loss	Results (≤3 dB)
Top	M1	1.21	Pass
	M2	1.21	Pass
Bottom	M1	2.22	Pass
	M2	1.73	Pass

위 결과를 토대로 개조장비 장착 이전 I-loss 성능과 장착 이후 개조장비 장착 이후 I-loss 성능을 비교한 결과는 아래 표 7과 같다. 비교 결과 장착 이전과 비교하여 I-loss 성능이 향상된 수치로 개량됨을 확인하였다.

Table 7. Comparison of I-loss measurement results before and after installation of renovation equipment.

표 7. 개조장착 이전과 이후 I-loss 측정 결과 비교

Antenna	Freq. (MHz)	before I-loss	after I-loss	Improvement rate
Bottom	M1	4.61	2.22	43.9%
	M2	4.47	1.73	61.2%

III. 결론

측정 결과 VSWR은 Top, Bottom 모두 이상 없었으나 Bottom 안테나 및 케이블 통합체의 I-loss는 요구 기준에 못 미치는 결과를 보였다. DTF를 통해 어느 부분에 문제가 생겼는지 확인하였고, 케이블의 교체를 결정하였다.

해당 결과를 설계에 반영하여 케이블 및 커넥터를 선정하였고, 항공기에 배선 성능 개량을 위해 신규 케이블을 장착하였다. 장착 이후에는 VSWR, I-loss 모두 요구도에 만족하고 향상된 성능으로 개량됨을 확인하였다.

서론에서 말한 항공기 개조사업의 두 특성인 요구 난이도 증가와 노후항공기의 기존 시스템 유지 성향 두 가지 모두를 충족시킬 수 있도록 본 논문에서는 실증사례를 들어 검증 절차를 설명하였다. 이를 통해 노후항공기 개조사업에서 갈수록 난이도가 증가하는 요구도를 충족시키고 배선 시스템 검증 절차의 체계화에 기여할 것으로 기대한다.

References

[1] H. J. Park, K. C. Ko, J. H. Kim, "Study on Design Method for Integrated Avionics Computer Architecture," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.39, No.11, pp.1094-1103, 2014.
DOI: 10.7840/kics.2014.39C.11.1094

[2] D. Y. Jeong, H. D. Yang, "A Study on the selection and installation of aircraft electrical

wire," *The Journal of Korea Civil Aviation Association*, Vol.3, pp.107-128, 2009.

DOI: 10.15207/JKCS.2018.9.10.277

[3] H. Y. Lee, "EWIS Reliability Analysis of Aging Fighter Aircraft through Teardown Inspection," *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, Vol.26, No.4, pp.116-121, 2018.

DOI: 10.12985/ksaa.2018.26.4.116

[4] M. S. Jo, H. Y. Lee, U. H. Kang, S. G. Kang, C. G. Seo, S. G. Kim, "EWIS Reliability Analysis of EWIS in Aging Aircraft Based on QCRM," *The Fall Conference of The Korean Society of Mechanical Engineers*, 26-26, 2015.

[5] H. S. Lee, C. S. Yu, C. W. Han, J. S. Jang, "Study on Intermittent Failure occurring in Aged Aircraft Wiring," *The Fall Conference of The Korean Society of Mechanical Engineers*, 141-141, 2017. DOI: 10.12985/ksaa.2018.26.4.116

[6] S. J. Park, S. M. Kang, K. H. Kyung, "Improvement of VSWR Measurement for Various Modulated Signals at 1.8 GHz Band," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol.22, No.9, pp.833-839, 2011.

DOI: 10.5515/KJKIEES.2011.22.9.833

BIOGRAPHY

Gwang-Suk Lee (Member)



2017 : BS degree in Electrical Engineering, Kwangwoon University.
2019 : MS degree in Electronics & Communications Engineering, Kwangwoon University.
2019~2022 : Research Engineer, Hanwha Systems.

InBok Yoon (Member)



2001 : BS degree in Mechanical Engineering, Chung-Ang University.
2003 : MS degree in CG&VR, Chung-Ang University.
2008~Present : System Engineer, Avionics System Team, Hanwha Systems

Indong Jang (Member)



2000 : BS degree in Computer Science and Statistics, Daegu University.
2002 : MS degree in Computer Engineering, Kyungpook National University.

2002~2007 : Research Engineer, ETRI.

2007~2011 : Senior Research Engineer, ADD.

2011~Present : Chief Engineer/Part Leader, Hanwha Systems.