Technical Paper

Journal of Aerospace System Engineering
Vol.10, No.4, pp.84-89 (2016)

ISSN 1976-6300
http://dx.doi.org/10.20910/JASE.2016.10.4.84

생존성 향상을 위한 RWR/CMDS 시험평가 기술 연구

김찬조[1,†] · 장영배[2] · 김현경[1]

[1]한국항공우주산업(주) 시험평가실
[2]합동참모본부 시험평가부

A Study on Test & Evaluation Technique of RWR/CMDS for Survivability Improvement

Chanjo Kim[1,†], Youngbae Jang[2] and Hyeongkyeong Kim[1]

[1]Korea Aerospace Industries, LTD. Test & Evaluation Department
[2]R.O.K Joint Chief of Staff. Test & Evaluation Department

Abstract

Electronic Warfare (EW) is the mission area responsible to establish and maintain a favorable position in the electromagnetic domain. Testing and Evaluation of EW devices on modern military aircraft to pursue this critical mission area require the use of a wide range of techniques and analytical methods to assure users of the readiness of EW system to meet the challenge of a combat environment. This paper is intended as an introductory text dedicated to EW systems (especially RWR, CMDS) test and evaluation techniques and will serve experienced engineers and program managers, as well as novice engineers, as a concise reference for EW systems' test and evaluation processes and testing resources.

초 록

전자전(EW)은 전자기 영역에서 우위를 차지하고 유지하기 위한 임무분야이다. 이러한 중요 임무를 수행하기 위해 현대 군용기에 적용되는 전자전 장비의 시험평가는 전장 환경의 요구사항을 충족하기 위해 전자전 시스템이 준비되었음을 사용자에게 보여주기 위한 폭넓은 시험 기술과 해석 기법이 요구된다. 본 논문은 전자전 장비, 특히 RWR, CMDS의 시험평가 기술을 소개하고, 초보 엔지니어 뿐 아니라 경험을 보유한 엔지니어 및 사업관리자에게 전자전 장비의 시험평가 절차와 시험 자원에 대한 참조 자료로 사용될 것이다.

Key Words : Electronic Warfare(전자전), RWR(레이더경보수신기), CMDS(전자방해 투발장치), Test & Evaluation(시험평가), Flight Test(비행시험), Survivability(생존성)

1. 서 론

현대 전자전(EW, Electronic Warfare)은 Fig. 1과 같이 전자공격(EA, Electronic Attack), 전자보호(EP, Electronic Protection) 및 전자지원(ES, Electronic Support) 3가지로 세분화할 수 있다[1][2].

Received: Sep 08, 2016 Revised: Dec 06, 2016 Accepted: Dec 09, 2016
† Corresponding Author
Tel: +82-55-851-6214, E-mail: kimcj@koreaaero.com
Ⓒ The Society for Aerospace System Engineering

전자전 장비 중 레이더 경보 수신기(RWR, Radar Warning Receiver)는 ES에 포함되는 체계로 적 전투기에 탑재되어 있는 레이더 및 미사일, 지상 방공 레이더에서 방사되는 RF 신호를 탐지 및 인식하여 위협원의 방향, 거리, 우선순위 및 상태(Search, Track)를 전방 시현기(HUD, Head-up Display)에 시현 및 내부 통화장치(Intercom)를 통해 조종사에게 정보를 제공하여 적의 위협으로부터 회피하거나 전자 방해책 투발장치(CMDS, Countermeasures Dispenser System)에 제공하여 전장에서의 생존성을 향상시키는데 필요한 장비이다.

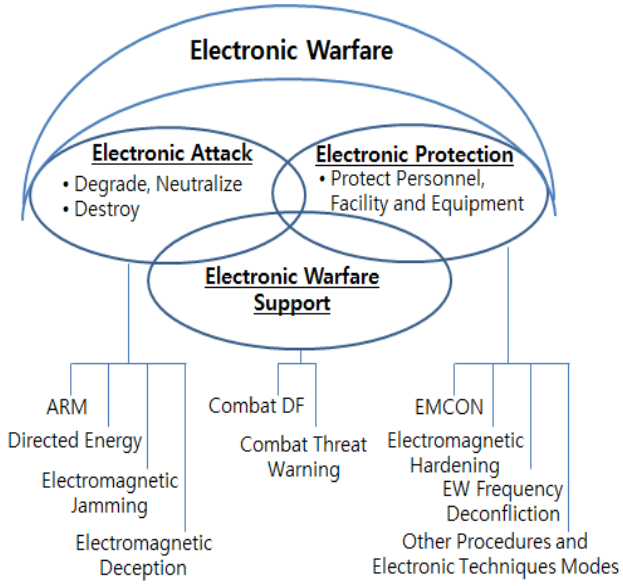

Fig. 1 Electronic Warfare Elements[1]

CMDS는 RWR을 통해 수신된 위협신호를 CMDS 임무파일(MDF, Mission Data File)를 통해 분석하며, 분석된 위협 유형에 따라 최적화된 채프(Chaff)/플레어(Flare) 등의 전자 방해책 투발 프로그램을 제공한다. 전자 방해책은 적기 레이다의 탐지/추적을 방해하기 위한 채프 및 열 추적을 방해하기 위한 플레어로 구성되며, CMDS MDF에 정의된 각 위협 유형별 최적화된 투발 프로그램에 따라 수동(Manual), 반자동(Semi Automatic) 및 자동(Auto) 모드로 전자 방해책을 투발한다. 이를 통해 위협원의 레이다를 기만하여 조종사 및 항공기 생존성 향상에 중요한 부분을 차지하므로, 신뢰성 있는 시험평가를 통해 실제 임무에 적용할 수 있도록 검증하여야 한다. 특히 항공기 개발 시험평가에 있어서 마지막 단계인 비행시험은 고비용 및 특정 시험자원이 요구된다. 또한, 개발 단계에서의 비행시험은 고위험 시험평가이므로 비용, 일정, 성능 및 비행안전을 고려하여 균형 있는 비행시험 계획 및 수행이 요구된다. 아울러 전투기 개발에 있어서 생존성 향상을 위해 구비되는 전자전 장비에 대한 상세한 시험평가 기술은 일반인에게 생소하고, 해외에서도 개념적인 정도의 일반적인 사항에 대해 제시하고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 국내에서 최근 경험한 전자전 장비 중 Fig.2와 같은 아키텍처를 가지는 RWR/CMDS에 대한 시험평가 기술 및 이를 바탕으로 타 전자전 장비의 적용 가능성에 대해 제시하였다.

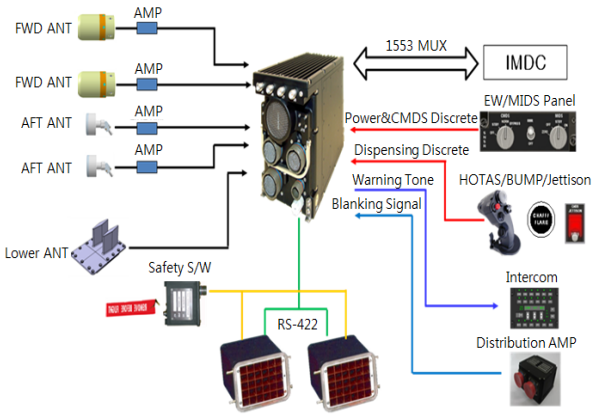

Fig. 2 RWR/CMDS Architecture[1]

2. 시험평가

2.1 개요

개발 요구도에 대한 검증방법(MOC, Means of Compliance)은 개발이 진행됨에 따라 검사(I, Inspection), 분석(A, Analysis), 시연(D, Demonstration) 및 시험(T, Test) 등과 같이 결정되며, 이 과정을 통해 세부적으로 비행(FD(Flight Demonstration, 비행시연) 또는 FT(Flight Test, 비행시험))을 통한 검증 요구도가 선정된다. 시험평가는 요구성능 및 개발목표 등의 충족 여부를 검증하기 위한 개발시험평가와 작전운용성능 충족여부 및 군 운용 적합여부를 확인하기 위한 운용시험평가로 구분되어 수행된다[3]. 하지만 제한된 자원을 최대한 활용하여 효율적으로 수행하기 위해 개발 및 운용시험을 통합시험으로 수행하는 것이 일반적이며, 이를 위해 유관 부서 시험평가 인원들로 구성된 통합시험 조직(예, CTF(Combined Test Force, 통합시험단))을 구성하여 수행한다.

개발시험평가 항목 중 무기체계 기능·성능 시험은 지상시험 및 비행시험으로 구분 수행되며, 지상시험은 개발에 따른 위험감소 및 요구성능 만족을 위한 분석자료 확보시험과 항공기 체계검증시험으로 구분된다. RWR/CMDS 지상시험은 분석자료 확보를 위한 기능분야별 지상시험으로 AHB(Avionics Hot Bench)를 활용하여 항공전자 시스템 통합시험을 수행하고 체계검증을 위한 전기체 지상시험으로 항공전자 연동시험 및

무반향실시험(Anechoic Chamber Test)이 수행된다. RWR은 위협신호 수신 장비이므로 무반향실시험에서 전체 주파수 대역에 대해 검증하고, 비행시험에서는 대표 주파수 대역에서 Spot Check을 수행한다.

비행시험은 준비, 수행 및 분석단계로 구분되어 수행되며, 비행시험 준비단계에서는 선정된 비행검증 요구도에 따라 비행검증을 위한 시험목적, 시험절차, 시험조건, 계측 요구사항 및 기타 지원사항을 포함한 상세비행시험계획서(TIS, Test Information Sheet)를 개발한다. RWR/CMDS TIS는 위협신호에 대한 RWR의 위협분석, 식별 및 추적기능, RWR 기능조작 및 EW Page 시현, 위협신호 탐지능력 및 탐지방위 범위, RWR 및 CMDS 연동성 및 CMDS 각 모드에 따른 투발능력 확인을 위해 개발되어야 한다. 개발되는 TIS에는 시험내용을 분석하여 시험 수행시 발생 가능한 위험(Hazard) 요소를 식별하고, 이에 대한 원인(Cause)과 영향성(Effect)을 파악하여 이를 사전에 방지 또는 축소하기 위한 경감절차(Minimization Procedure)를 수립하는 시험위험도분석(THA, Test Hazard Analysis)을 수행하여 비행안전을 확보한다[4][5][6]. RWR/CMDS 시험을 고려한 THA로서 시스템 고장, 부정확한 장착 및 Human Error로 예상치 못한 채프/플레어 발포상황이 발생되어 항공기나 지상구조물에 손상을 줄 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 경감절차가 수립될 필요가 있겠다. 또한 실시간 계측 파라미터, 비행안전(SOF, Safety of Flight) 및 시험안전(SOT, Safety of Test) 계측 파라미터를 TIS에 반영하여 비행시험 수행시 비행효율 향상 및 비행안전 확보에 활용한다. 특히 RWR/CMDS 비행시험은 Table 1과 같이 시험자원 확보 여부에 따라 비행시험 기간, 비용, 검증 범위 등에 많은 영향을 미치므로, 최적화된 비행시험 계획을 수립하여 진행해야 한다.

비행시험 수행단계는 실제 비행시험을 수행하는 단계로서 상세비행시험계획서에 설정된 시험조건을 바탕으로 비행시험 일정 수립, Test Card 작성, 비행시험 항공기(시제기) 준비, 비행 전/후 브리핑 및 시험통제 업무를 수행한다. 비행 시제기는 데이터 획득 시스템(DAS, Data Acquisition System)이 적용되어 장비 또는 각종 센서로부터 데이터를 획득하고 분석이 가능하도록 설계 및 준비된다. 또한 실시간 모니터링을 위한 시스템이 적용되어 획득된 데이터를 지상 통제실(MCR, Mission Control Room)로 전송하여 비행시험 중 RWR/CMDS 및 항공기의 각 계통 건전성을 실시간으로 확인할 수 있도록 한다.

또한, 수행단계에서 비행안전 확보를 위해 항공기, 기상 등 주요 항목에 대해 Table 2와 같이 Go/No-go Criteria를 설정하여 운영한다.

Table 1 Support Resources for RWR/CMDS Flight Test

Item	Resources
Test Site	. Flight Test Base, Flight Range
Threat	. Surface to Air, Air to Air
Others	. Safety Chaser . Ground Communication System . MDF, Encryption Equipment . Threat Position Information

Table 2 Go/No-go Criteria Major Items

Item	Go/No-go Criteria
Test Aircraft	. Equipment Abnormal . Instrumentation Abnormal . Fixed Part Loose/Leave . Internal/External Abnormal Noise
Weather	. Wind, Rain, Ceiling, Visibility
Telemetry	. SOF/SOT/AEOL Constraint
Test Site	. Air Traffic, Home Sick
Chase A/C	. Chase/Support A/C Abnormal
MCR/Radio	. MCR Preparation Delay . V/UHF Communication Abnormal . HOT MIC Abnormal

2.2 지상시험

RWR/CMDS 비행시험은 고비용, 제한된 시험자원 및 비행안전을 고려하여 Table 3과 같은 지상시험을 통해 비행시험 착수 전 예상되는 위험도 최소화, 요구도 검증 등을 위해 수행한다. 특히, RWR 무반향실 시

험은 타 항전 송신 장비간 상호운용성 확인을 위해 항공기 주전원 및 항전 송신 장비 작동 조건에서 수행되며, Fig. 3과 같이 일정 각도에서 위협신호를 방사하여 RWR의 정상 탐지여부를 확인하도록 한다.

Table 3 Avionics Ground Test for RWR/CMDS

Item	Contents
Integration Lab Test	. Use AHB(Avionics Hot Bench) . Check Function and Linkage
Anechoic Chamber Test	. Check Receive of Threat Signal . Check RFC Between RF Transmitter and RWR Antenna
Ground Test	. Check Function with System Integration Environment(Wire Length, Route, Install Part, etc.) on Aircraft

지상시험 결과 발생된 이상 현상에 대해서는 원인분석 후 심각도(Severity)를 구분하며, 비행시험 임무 영향성이 있다고 판단된 항목(심각도 1, 2 및 3 항목)은 비행착수 전 결함해결 후 관련 시험을 재수행하여 기능을 확인한다. 그 외 항목은 차기 개발 OFP(Operational Flight Program)에 설계반영 또는 AEOL(Aircraft and Engine Operating Limitations)에 반영하여 비행시험 운영시 주의하도록 한다.

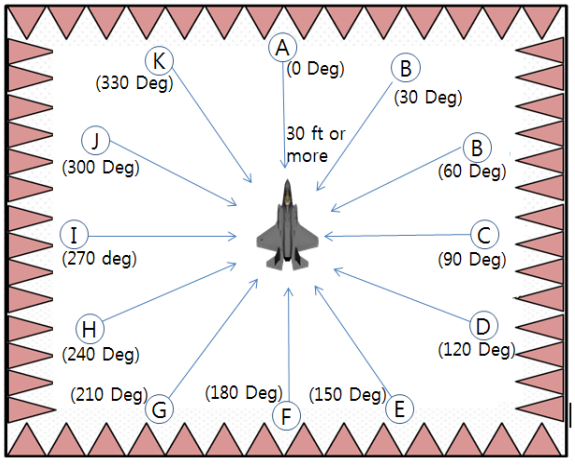

Fig. 3 RWR Anechoic Chamber Test Concept

2.3 비행시험

RWR/CMDS 검증을 위한 비행시험의 주요 목적은 다음과 같다.

- 운용성(Operation) : 조작성, 위협분석, 상호운용성, CMDS 투발 프로그램
- 통합성(Integration) : 시현, 경고, 탐지 범위/방향
- 기타 : CMDS 투발능력, RF 적합성(RFC)

비행시험은 실제 군에서 운용중인 지대공 무기체계 레이다 및 항공기 레이다를 지원받아 모의 위협원으로 활용하여 계획된 시나리오에 따라 수행한다. 또한 비행시험은 시스템 성숙도를 고려하여 단계적으로 시험조건(위협원 수, 고도/속도, 시나리오)을 설정하여 진행한다. 초기 단계에서는 RWR 기본기능 및 이상현상 확인을 위해 Fig. 4 및 Fig. 5과 같이 1개의 위협원을 대상으로 단순화된 비행 시나리오로 수행하며, 획득된 데이터를 분석하여 RWR 신뢰성을 확인한 후 차기 비행시험 진행 여부를 결정한다. 차기 비행시험에서 위협원의 수량을 추가하여 Fig. 6 및 Fig. 7과 같이 다중 위협환경 및 실전과 유사한 더욱 복잡화된 시나리오를 적용하여 RWR 성능을 측정한다.

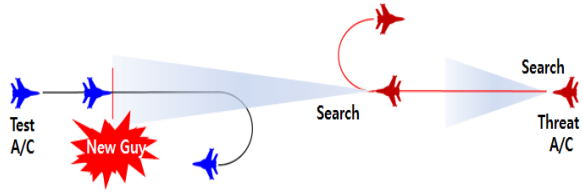

Fig. 4 Air to Air Integration Profile w/ Single Threat and Simple Profile

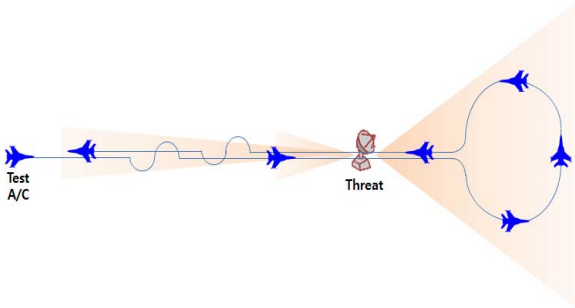

Fig. 5 Air to Ground Integration Profile w/ Single Threat and Simple Profile

시험 시나리오는 해당 시험목적에 따라 시제기 진입 경로, 위협원 레이다의 탐지(Search) 및 추적(Track) 모드 전환 시점/거리, 위협원/시제기 기동방법, CMDS 투발시점 등을 고려하여 수립된다. 또한, 시제기 및 위협 항공기는 DGPS 또는 TSPI Pod를 장착하여 위치정보를 획득하며, 위치정보는 RWR의 위협원 탐지거리 및 방위각 분석시 활용된다. 특히, RWR의 수신 주파수 대역은 항공기 RF 장비(레이다, IFF, TACAN 등)와 중첩됨에 따라 주파수 간섭이 발생될 수 있다. 따라서 비행시험 중 해당 RF 장비를 동시에 운용하여 타 장비 RF로 인한 RWR 오동작 여부를 확인한다.

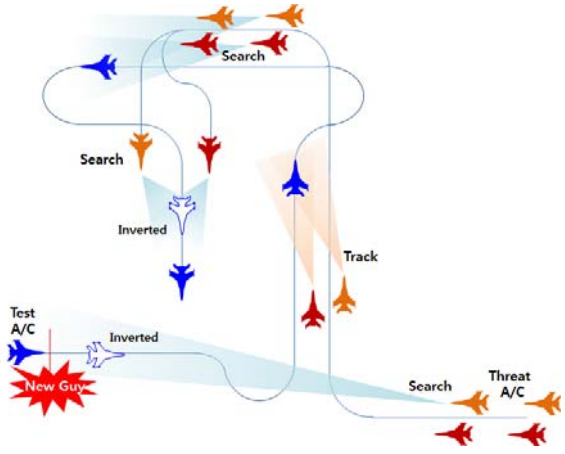

Fig. 6 Air to Air Integration Profile w/ Multiple Threats and Complicated Profile

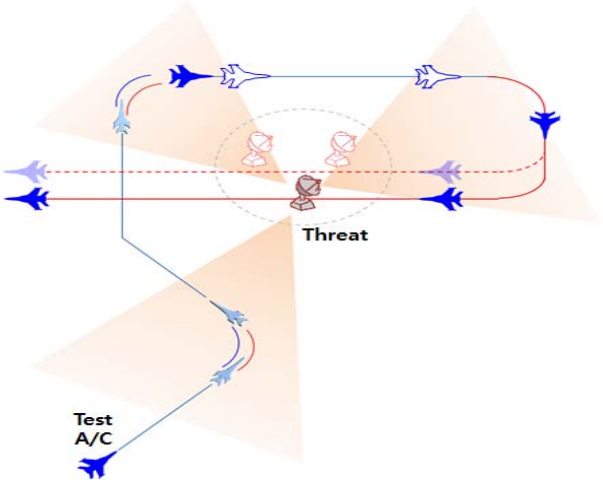

Fig. 7 Air to Ground Integration Profile w/ Multiple Threats and Complicated Profile

CMDS 비행시험은 위협원 레이다의 추적 모드를 활용하여 계획된 비행시험 시나리오에 따라 수행하며, 시나리오는 플레어로 인한 지상 화재 및 민항기 항로를 고려하여 고도 및 비행경로를 설정해야 한다. 비행시험의 주 목적은 위협원 레이다가 추적 모드시 RWR과 CMDS가 상호 연동되어 CMDS MDF에 따라 수동(Manual), 반자동(Semi Automatic) 및 자동(Automatic) 모드로 채프/플레어가 단발, 다발 및 동시에 정상적으로 투발됨을 확인하는 데 있다. 또한, MFD(Multi Function Display)에 위협정보 상시시현, 가동성 및 채프/플레어 투발 후 잔량이 정상임을 확인한다. Fig. 8은 F-35 항공기의 배면비행 상태에서 플레어를 투발하는 장면이다.

Fig. 8 F-35 Flare Release During Flight Test

3. 결 론

본 논문에서 국내외 참고자료 및 사례를 바탕으로 조종사 및 전투기 생존성 향상을 위해 장착된 전자전 장비 중 RWR/CMDS 장비에 대한 운용성(Operation), 통합성(Integration) 및 적합성(Compatibility) 등을 검증하기 위한 시험평가 방법에 대해 기술하였다. 즉, RWR/CMDS의 기능 및 성능 검증의 단계적 수행, 고위험(High Risk) 시험의 비행안전 확보와 고비용(High Cost)의 비행시험 소요를 최적화할 수 있는 방안을 기술하면서, 본 내용을 바탕으로 RWR/CMDS 뿐 아니라 다른 전자전 장비인 RF Jammer, LWR(Laser Warning Receiver), MWR(Missile Warning Receiver) 및 ECCM(Electronic Counter-Counter Measures) 등의

시험평가에도 참조가 될 수 있으리라 판단한다.

References

[1] “Electronic Warfare Test and Evaluation“, RTO-AG-300, vol.17, pp. 6-7, March 2000.

[2] “Electronic Warfare Test And Evaluation Process - Direction And Methodology For EW Testing”, AFM 99-112, Attachment 4, March 1995.

[3] “Order for National Defense Force Development Service”, Department of Korean National Defense’s Order No. 1825, pp. 51~74, 2015.

[4] Chanjo Kim and et al, “Flight Test through T-50 Aircraft Development Experience”, Cheongmungak, pp. 258~263, 2007.

[5] Joowon Choi, “A Study on the Safety Management and Risk Assessment of the Certification Flight Test”, *Journal of the Society for Aerospace System Engineering*, vol 5, no 1, pp. 31~35, 2011.

[6] Chanjo Kim, Jihan Seo, Wonjoong Lee, “Study on Flight Test Practice of the Small Civil Airplane Development for Pitot-Static System Error Identification”, *Journal of the Society for Aerospace System Engineering*, vol 7, no 2, pp. 36~37, 2013.