

논문 2016-53-11-18

# 사격통제장치 시스템 시험의 신뢰성 향상을 위한 생산시험장비에 관한 연구

## ( The Study on The Production Testing Equipment for the Improvement of System Test Reliability in FCS )

최 경 진\*

( Kyungjin Choi<sup>Ⓢ</sup> )

### 요 약

본 연구는 한화탈레스에서 2011년부터 K-55A1 개량사업 중 사격통제장치(통신제어기, 전시통제기, 제원표시기, 전원공급기, 축전지)의 양산 생산에서 장비의 신뢰성을 향상하기 위해 제품의 입고 시점부터 유닛시험(회로카드 및 유닛 단위), 번인시험(초기고장배제), 통합 시스템 시험(장비 연동단위)의 각 단계별 생산시험장비개발에 대한 설계 방안을 기술하였다. K-55A1의 사격통제장치는 자주포를 제어하는 '머리'의 역할을 하며, 자주포의 여러 장치들(항법장치, 포구초속측정기 등)과 전기적, 물리적 연결을 한다. K-55A1 사격통제장치가 전력화되어 운용 시 한치의 오차 없이 정상 동작하기 위해서는 입고부터 출고 전까지 각 단계에 맞는 시험장비가 필요하다. 생산시험 장비이기에 시험의 절차를 최대한 자동적으로 운용할 수 있도록 구현하였을 뿐만 아니라 자주포와 연동 가능한 환경으로 구축할 수 있도록 생산시험장비 설계초기부터 초점을 맞추었다. 이러한 생산 시험장비 개발을 통하여 K-55A1 사격통제장치가 전력화되어 운용 시 최상의 성능을 구동하여 대한민국 국방력을 강화하는데 일조 할 것이다.

### Abstract

This study described the design scheme for each step of the production test for the Fire Control System(FCS) of the K-55A1 PIP business of Hanwha Thales since 2011. From the time of receipt of the product It is necessary to improve the FCS's reliability by using the Unit Test, burn-In test, System Test. FCS of K-55A1 acts as a 'head' that control the self-propelled howitzer, and connected with the electrical and physical connection of self-propelled howitzer's multiple unit (Inertial navigation systems(IN), Muzzle Velocity Radar (MVR)) for the normal operation without an inch of error in operating. We designed the production testing equipment automatically as much as possible and designed with the environment similar to the self-propelled howitzer. by using this production testing equipment, It should help for the strengthen national defense of the Republic of Korea.

**Keywords :** 생산시험장비, 유닛 시험장비, 번인 시험장비, 시스템 시험장비, 신뢰성 향상

### I. 서 론

생산시험단계에서 시험은 크게 3가지 형태로 수행된다<sup>[1]</sup>. 우선 시험대상품은 유닛 단위 시험과 회로카드 단위의 시험이 이루어진다. K-55A1 자주포 사격통제장치

의 유닛 단위 시험대상품은 통신제어기, 전시통제기, 제원표시기, 전원공급기이다. 유닛시험장비에서 시험의 항목은 해당 유닛의 국방품질요구서(Quality Assurance Requirement, QAR)에서 도출되며 그 성능을 만족해야 한다.<sup>[2]</sup> 회로카드 단위 시험대상품은 통신제어기의 통신처리부, 주변장치제어부, 전원부로 총3개의 보드를 시험할 수 있으며 연결 커넥터에 시험에 필요한 신호를 입력하고, 출력되는 신호를 확인한다.<sup>[3]</sup> 각 보드의 시험은 가능한 자동으로 수행되며 사용자가 육안 또는 수동으로 값을 입력하여 고장을 판단하도록 되어야한다.<sup>[4]</sup>

\* 정회원, 한화시스템 ILS연구센터 (시험기술파트)  
(Test Solution Group, Hanwha Systems)  
Ⓢ Corresponding Author (E-mail : kj2008.choi@hanwha.com)  
Received ; July 3, 2016      Revised ; November 8, 2016  
Accepted ; November 9, 2016

번인 시험장비는 사격통제장치가 저온, 고온시험 시 사격통제장치 시스템에 전원과 통신, 상태 신호 등을 입력해주고 각 온도 주기마다 시험할 수 있는 환경을 제공한다. 저온 상태에서 동작 시 시스템에 전류가 많이 필요하기 때문에 번인 시험장비에서 사격통제장치로 인가하는 용량(W)이 큰 전원공급기가 필요하다.

시스템 시험장비는 K-55A1 사격통제장치 시스템을 구성하여 QAR 및 시험절차서에 기술되어 있는 장비의 시스템 단위 기능 시험을 수행하며, 실제로 무전기를 시험장비의 구성품으로 구비하여 무선통신의 송/수신 성능을 검사한다. 또한 사격지휘소(Battalion Tactical Command System, BTCS)와 정의된 통신규정 문서(Interface Control Document, ICD)간의 모든 항목에 대한 유/무선 통신의 송수신 기능을 시험함으로써 사격통제 시스템과 BTCS간의 통신시험을 수행한다. BTCS와 사격통제 시스템간은 K-55A1 자주포 자동사격통제장치의 통신제어기와 사격지휘세트, 자주포용의 전술계산기 세트 간에 FM 무전기를 통한 무선 데이터통신 및 포별 분배기 간에 유선 음성/데이터 통신에 필요한 사항을 규정해놓은 문서(ICD)를 통해서 명령을 송수신한다.

본 논문은 세 부분으로 구성된다. 우선 생산시험장비의 H/W, SW공통설계 사항을 기술하며, 둘째로 각 단계별의 시험장비의 H/W 설계 및 S/W 설계 구현결과를 제시한다. 마지막으로 장비별 구현 결과 및 각 시험장비 별 사격통제장치의 시험 이력을 분석하여 사격통제장치의 신뢰성 향상에 대해 기술한다.

## II. 본 론

### 1. 생산시험장비 하드웨어 공통 설계

생산시험장비의 형태는 3가지로 나누어져있지만 지속적으로 사용하며 유지보수가 필요한 장비이기에 생산시험장비의 하드웨어 설계를 공통화 하여 설계하였다. 공통화 설계는 크게 4가지이다. 공통화 설계된 하드웨어의 형상은 그림 1과 같다. 첫째, 시험장비의 신호의 경로를 Matrix구조를 이용하여 신호경로를 생성해주는 스위칭 보드. 둘째, 스위칭 보드를 제어하기 위한 제어 보드. 셋째, 스위칭 보드와 제어보드에 전원을 공급하기 위한 전원공급 보드. 마지막으로 시험장비의 구성품인 각종 계측기들을 GPIB(General Purpose Interface Bus) 통신으로 연결해주는 USB-GPIB 어댑터 컨트롤러이다.

### 가. 스위칭 보드

스위칭 보드는 가로 200mm, 세로 140mm크기에 160개의 릴레이를 이용하여 시험대상품의 시험간에 아날로그신호, 디지털 신호, 전원 입출력 시 계측기의 경로를 형성하여 시험을 수행할 수 있도록 한다. 32개의 ON/OFF 및 측정용 채널, 64개의 측정 전용 채널, 5개의 리소스 채널을 이용하여 Matrix를 형성하여 경로를 만들어 측정을 할 수 있도록 한다.<sup>[5]</sup>

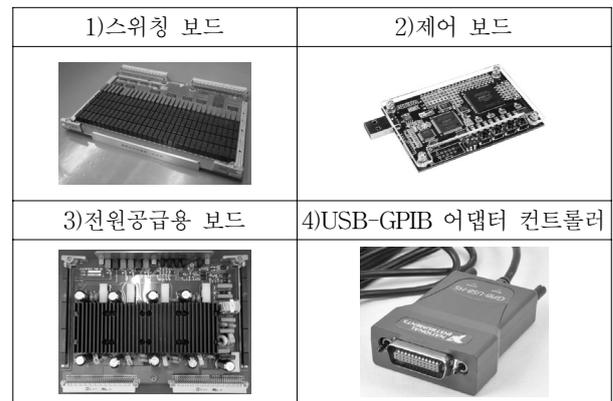


그림 1. 공통설계 하드웨어 형상

Fig. 1. Commonly designed Hardwares.

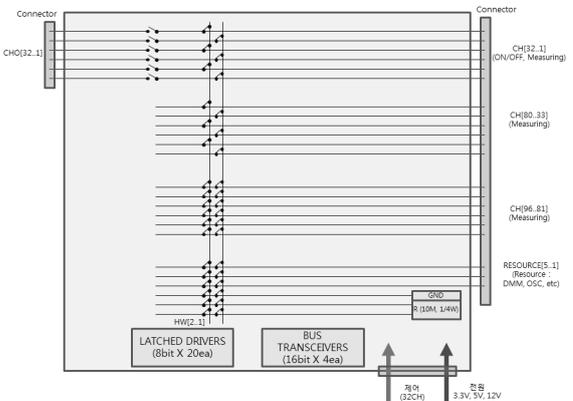


그림 2. 스위칭 보드 블록도

Fig. 2. Block diagram of switching board.

그림 2의 스위칭 보드 블록도에서 Connector 부분은 하위 마더보드와 연동되는 부분이며 시험에 필요한 신호를 연결하는 부분이다. connector는 P1, P2로 나뉘어져있으며 각각 96개의 핀으로 총 192개로 이루어져있다. 134개의 IO핀, 32개의 제어핀, 24개의 전원핀, 2개의 TP로 구성된다. 제어 32CH는 하드웨어 공통 설계인 제어보드와 연결되어있다. 전원24핀은 전원공급용 보드에서 스위칭 보드를 동작시키고 릴레이를 ON/OFF 하기 위한 3.3V, 5V, 12V 및 GND 핀으로 구성된다. BUS

TRANSCEIVER와 LATCHED DRIVERS는 각각 16 BitX4EA, 8BitX20EA로 구성되고 데이터 신호 출력 및 릴레이를 제어 하는 용도이다. 많은 신호를 계측장비와 연결하기 위하여 하이웨이를 2CH로 구성하였다. 하이 웨이는 각각의 릴레이와 연결되어있으며 신호 특성에 따라 원하는 측정 릴레이를 ON 하고, 리소스 신호(멀티 미터, 오실로스코프)등을 연결할 수 있는 공용라인이다. 예를 들어 전원 출력 측정 시 측정용 릴레이 96개 중 2 개를 해당 전원 +와 -에 연결한 뒤 측정용 릴레이 중 멀티미터와 연결된 릴레이를 연결시켜주면 된다. 모든 릴레이는 시험프로그램에서 제어보드를 통하여 자동으로 제어 한다.

#### 나. 제어 보드

제어보드는 ALTERA社 MAX® II Micro Kit를 이용하여 스위칭 보드의 릴레이를 자동으로 ON /OFF 제어 한다. Kit의 구성품인 EPM2210F324 FPGA를 이용하여 필요한 신호를 생성하고, 운용프로그램과 제어보드, 스위칭 보드를 통해 시험대상품에 신호를 전달한다.

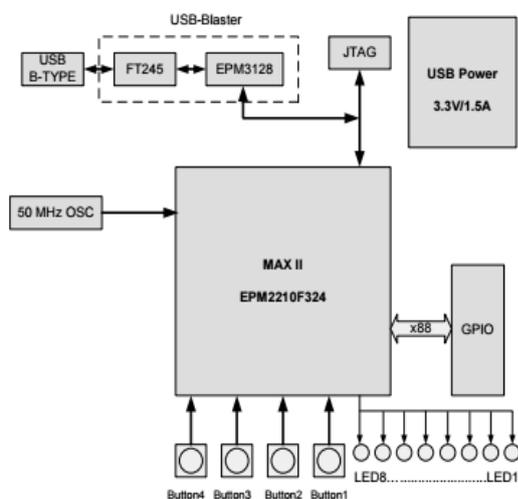


그림 3. 제어보드 블록도<sup>[6]</sup>  
Fig. 3. Block diagram of control board.

그림 3은 제어보드인 MAX® II Micro Kit의 블록도를 나타내며, 50MHz 오실레이터를 이용한다. 8개의 동작 LED와 4개의 Push 버튼, USB Blater 기능이 있다.

#### 다. 전원공급용 보드

전원공급용 보드는 스위칭 보드, 제어보드에 안정적인 전원을 공급하기 위해 각 시험장비의 구성품인 AC-DC 변환기에서 공급되는 28VDC를 입력받아 5VDC,

3.3VDC, ±12VDC로 변환하여 출력한다. 이 전원공급용 보드는 기존 K-55A1 전기전자시험장비 사격통제모듈의 전원공급용 보드를 사용하며, 신규개발 대비하여 개발비용을 절감 하였다.

그림 4의 전원공급용 보드 블록도의 입력 안정화부는 24VDC전원을 DC-DC 컨버터로 입력 전에 안정된 전원을 공급하기 위하여 RLC로 이루어져 있다. DC-DC 컨버터는 3.3V 출력용은 75Watts, 5V 출력용은 100Watts, ±12V 출력용은 50Watts의 출력이 가능하다.

실내에서 운용하기에 저장온도 -40℃~+125℃, 동작 온도 -20℃~100℃인 부품을 선정하였다.

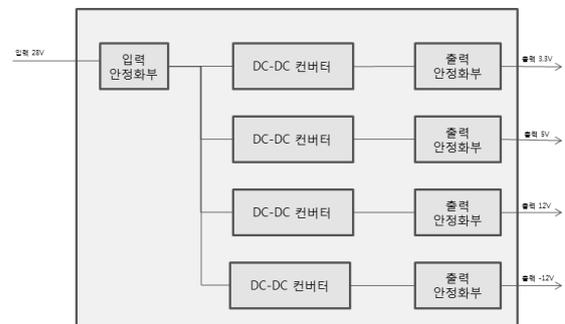


그림 4. 전원공급용 보드 블록도  
Fig. 4. Block diagram of power board.

#### 라. USB-GPIB 어댑터 컨트롤러

각 생산시험장비는 여러 종류의 상용 계측기로 구성되어있는데 그 계측기와 제어장치(컴퓨터)를 연결 하는 방법은 여러 가지가 있겠지만, 안정적으로 계측기간의 통신을 유지하기 위하여 K-55 생산용 시험장비는 NI社의 GPIB-USB-HS 인터페이스 어댑터 컨트롤러를 적용하였다.

#### 2. 생산시험장비 소프트웨어 공통 설계

생산시험장비의 소프트웨어는 크게 2가지로 구분된다. 시험항목을 전시하고 시험결과를 전시하는 사용자 인터 페이스(Graphical User Interface, GUI) 부분, 시험대상 품에 필요한 통신프로토콜과 신호를 생성하고 측정하여 장비의 불량 여부를 판정하는 시험프로그램으로 구성된다. 소프트웨어 유지 및 보수를 위하여 GUI화면은 공통으로 설계를 하여 3종의 시험대상품에 적용하였고, 시험 프로그램은 유닛 시험장비, 시스템 시험장비, 번인시험 장비의 사용 목적에 따라 설계 적용하였다.

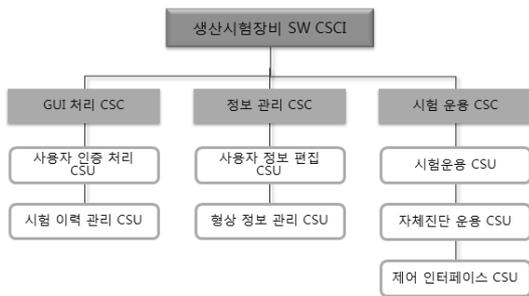


그림 5. 생산시험장비 소프트웨어 CSCI  
Fig. 5. Software CSCI of test equipment.

그림 5의 생산시험장비 소프트웨어 소프트웨어 형상 품목(Computer Software Configuration Item, CSCI)에서 생산 시험장비 GUI 소프트웨어는 크게 GUI처리 소프트웨어 구성품(Computer Software Component, CSC), 정보 관리 CSC, 시험 운용 CSC로 구성된다.

GUI 처리 CSC는 사용자 인증처리 소프트웨어 단위(Computer Software Unit, CSU), 시험 이력관리 CSU로 나뉘며, GUI 화면을 처리하고 사용자 인증 절차에 의한 소프트웨어 사용접근승인/불허기능, 시험 이력 관리하는 기능이다.

정보관리 CSC는 사용자 관리에 필요한 ID, 비밀번호, 권한설정 기능을 DB저장/관리하며, 시험대상품의 형상 정보를 관리하는 기능이다.

시험 운용 CSC는 시험대상품의 시험을 진행하고 시험내용을 화면에 전시한다. 생산시험장비가 가지고 있는 각종 계측기와 스위칭 보드에 관한 자체점검을 운영하고 계측기 및 인터페이스를 제어하는 기능이다.



그림 6. 생산시험장비 GUI 운용 흐름도  
Fig. 6. GUI Flow diagram for test equipment.

그림 6의 생산시험장비 GUI 운용 흐름도와 같이 생산시험장비는 처음 사용자가 프로그램을 실행한 후 사용자의 ID와 비밀번호를 입력하여 로그인하면 시험의 메인화면으로 접근하게 된다. 메인화면에서는 시험대상품 및 기능에 따라 시험을 수행할 수 있고 자체점검을

수행하는 시험수행 기능과, 운용자 관리, 시험이력 관리 및 프로그램 종료와 같은 GUI운용 기능이 있다.

생산시험장비 SW의 시험절차는 그림 7과 같다. 생산 시험장비의 시험 절차는 사용자 ID 및 비밀번호를 입력하여 사용자를 확인한 뒤 시험대상품(조립체, 회로카드 단위) 및 기능에 따라 시험을 선택 한 후 GUI 화면에 전시되는 시험절차대로 시험을 수행하고 그 결과를 저장 및 시험 종료하게 된다. 모든 시험의 프로세스는 시험프로그램에 의해 수행되며 운용 GUI 화면에서는 사용자 판단, 시험진행 버튼이 있어 사용자가 운용하기에 편리하다.

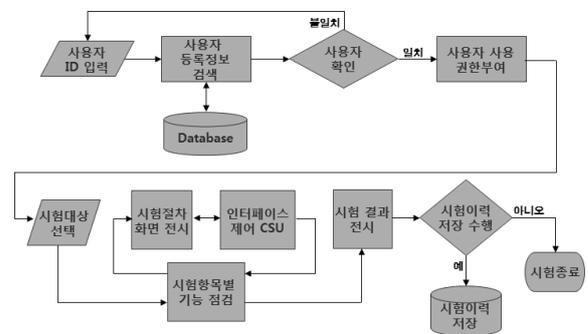


그림 7. 생산시험장비 시험 절차  
Fig. 7. Flow of Examination.

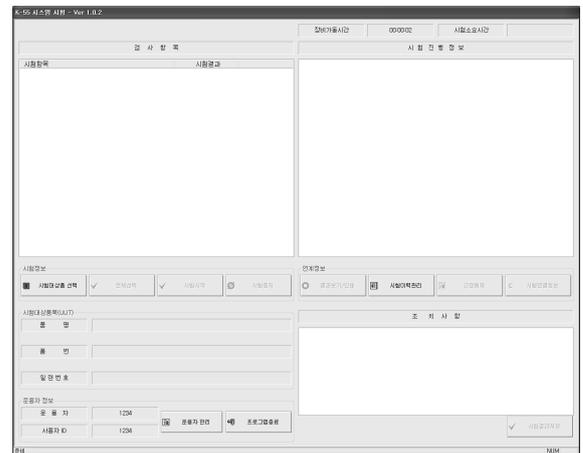


그림 8. 생산시험장비 GUI 메인화면  
Fig. 8. Main GUI of test equipment.

생산시험장비의 GUI 메인화면은 위 그림 8과 같다. 화면의 좌측 중앙에 시험대상품 선택 버튼을 이용하여 기능별, 장치별 시험대상품을 선택할 수 있다. 필요한 시험항목에 따라 시험을 선택하여 시험을 할 수 있으며, 전체선택을 하여 시험도 가능하도록 구현하였다. 또한 시험중지 버튼이 있어 위급 시 시험을 중지 할 수 있다. 시험대상품을 선택하게 되면 그림 8의 하단에 있

는 시험대상품목에 품명, 품번, 일련번호와 운전자 정보가 나타난다. 화면의 우측에는 시험진행정보가 나타나며 시험항목에 따라 대항목, 소항목 시험의 측정치, 정상/불량, 시험항목수, 오류 항목수 등을 쉽게 확인할 수 있어 사용자가 시험 중의 측정치를 확인 할 수 있다.

### III. 구현 및 실험

#### 1. 유닛시험장비 구현

유닛 시험장비는 유닛단위 3종과 통신제어기의 회로 카드단위 기능시험이 가능하도록 설계되었다. 제조 현장에서 시험을 할 시험대상품을 데스크 상판에 올려두고 시험 할 수 있는 형태로 구현하였다.

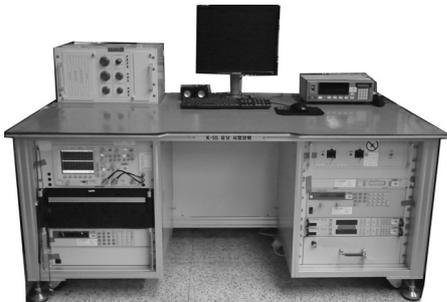


그림 9. 유닛 시험장비 형상  
Fig. 9. Shape of unit test equipment.

그림 9 유닛 시험장비 형상과 같이 데스크 형태로 데스크 왼쪽부분에는 오실로스코프, 제어 컴퓨터, 전자로드가 구성되어있으며, 데스크 오른쪽 부분에는 멀티미터, DC전원공급기 3EA, 전원분배상자가 구성되어있다.

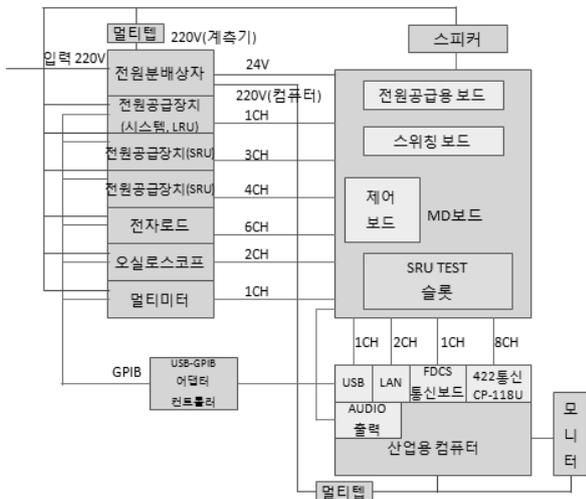


그림 10. 유닛 시험장비 구성도  
Fig. 10. Configuration of unit test equipment.

그림 10 유닛 시험장비 구성도는 유닛 시험장비의 내부 계측기, 공용 하드웨어 설계부의 물리적, 전기적 연결을 나타내며, 모든 신호는 그림 10 구성도의 마더보드와 산업용 컴퓨터로 연결되어 시험을 수행 할 수 있도록 구성하였다.

유닛 시험장비는 아래 표1과 같은 사격통제장치 시스템 기능사항을 충족할 수 있도록 구현하였다.

공용설계H/W를 사용하고 데스크 형태로 제작하면서, 위 기능사항을 충족하고 신뢰성을 높이기 위해 상용의 측정 및 공급용 계측기를 사용하였다. 표 1 유닛 시험장비 기능 및 구현방안에서 통신 연동 기능은 상용 시리얼 통신카드를 이용하여 신뢰성을 높였다. 무전기 시물레이션 보드를 이용하여 무전기와 유선 시험을 할 수 있도록 하였으며, Discrete 신호는 스위칭 보드를 이용하여 5V, 28V 입출력을 제어하여 시험 할 수 있도록 구성하였다.

표 1. 유닛 시험장비 기능 및 구현방안

Table1. functions and methods for Implementation.

기 능		계측기
전시/통제기 연동	RS422 1CH	시리얼 통신카드
항법장치 연동	RS422 2CH	
포구초속측정기 연동	RS422 1CH	
무전기 연동	무선통신 1CH	무전기
유선 연동	유선통신 1CH	시물레이션보드
인터컴 연동	Analog 1CH	스피커
장전제어기 연동	Discrete 3CH	스위칭보드
포신잠금장치 연동	Discrete 1CH	
온도경보센서 연동	Analog 1CH	가변저항기
전원공급기 연동	Discrete 3CH	스위칭보드
포구초속측정기 전원제어	28VDC	전원공급기
LCD 밝기 측정 측정	-	휘도계

전원공급기는 시험대상품에 안정적인 전원공급을 위하여 상용 DC전원공급기 7채널을 선택하였다. 통신제어기의 전원공급용 회로카드의 전원 부하시험을 위해 장비 요구사항에 맞게 60A까지 공급할 수 있도록 여유롭게 장비 옵션을 선택하였다. 또한 전원 리플시험 및 아날로그 신호 측정을 위해서 2채널 오실로스코프도 시험장비의 구성품으로 선정하였다.

전시통제기와, 제원표시기는 운용자가 직접 눈으로 확인하는 LCD화면이 있기에 밝기의 측정 또한 중요하다. 휘도계를 사용하여 전시기의 LCD의 밝기가 장비 성능에 만족하는지 확인이 필요하다. 전시통제기, 제원표시기, 통신제어기에는 정비모드가 있어 시험시 유용하게 사용할 수 있다. 생산시험장비를 개발하기 전 야

전 시험장비를 개발하면서 정비모드도 함께 개발이 되었고, 생산시험장비를 개발하면서 이 정비모드를 활용하여 시험을 하였다. 유닛 시험장비 GUI를 이용하여 전시기 정비모드로 진입하면 휘도를 측정하기 위한 메뉴가 나오게 된다. 이 정비모드는 시험 시험장비 연동 시에만 전시가 되어 실제 작전 운용중에는 영향이 없도록 설계하였다. 또한 전시통제기의 경우에는 화면을 터치하여 정보를 장입하거나 확인을 하는데 정비모드를 활용하여 화면의 5군대를 터치하여 정확하게 터치가 되었는지 결과값을 정비장비로 전송하여 정상유무를 판별할 수 있도록 설계 반영하였다.

유닛 시험장비에서는 통신제어기의 회로카드 단위 시험도 가능하도록 단위시험 슬롯도 구성되어 있다. 회로카드 단위별 기능시험을 하여 회로카드의 정상유무를 판정한다.

2. 번인시험장비 구현

번인 시험장비는 초기고장배제 시험 시 시험대상품에 전원과 외부 통신을 연결시켜주는 역할을 한다. 초기고장배제란 제품이 생산된 후 저온, 고온 2주기 시험을 통해서 부품의 불량으로 인한 고장을 미리 걸러내어 유닛 및 시스템 단위의 품질을 확보하기 위한 시험이다. K-55A1 사격통제장치도 초기고장배제 시험으로 -33도~63도 사이를 18시간 30분, 2주기 동안 변화시키면서 시험을 수행한다. 번인 시험장비는 사격통제장치가 2주기 동안 운용되는 중 장비에 28V입력과, 통신제어기의 항법장치 RS422통신 연동, 포구초속측정 RS-422통신연동, 디지털 신호인 장전제어기, 포신잠금장치 연동 기능 등을 모사하여 공급하여 준다.



그림 11. 유닛 시험장비 형상  
Fig. 11. Shape of unit test equipment.

그림 11 유닛 시험장비 형상과 같이 초기고장배제 시험을 수행하기 위해서 온도 챔버로 이동하여 시험을 하기에 이동이 용이하도록 48.26cm 랙 형태로 제작하였다. 전원공급을 할 수 있도록 전원공급기와 공용설계부인 스위칭 보드, 산업용 컴퓨터, 시험용 케이블 등을 보관 가능한 보관 서랍도 시험장비의 하단에 위치하여 시험에 필요한 물품을 보관할 수 있도록 하였다. 아래와 같은 기능사항을 충족하도록 설계하였다.

그림 12 번인 시험장비 구성도에서는 공용 하드웨어 설계부분과 전원공급장치, 산업용 컴퓨터와의 전기적,

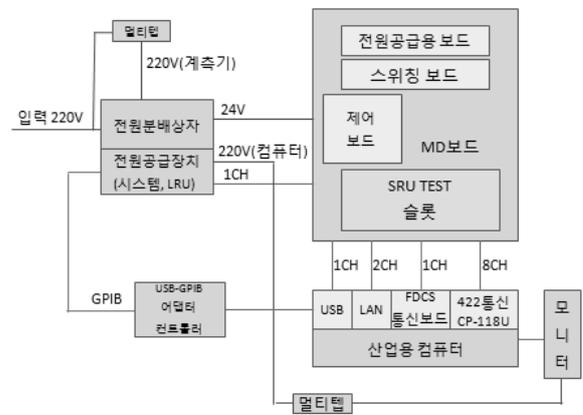


그림 12. 시험장비 구성도  
Fig. 12. Configuration of burn-in test equipment.

물리적 연결 구성도를 나타내었다.

K-55A1 사격통제장치뿐만 아니라 전자 장비들은 저온에서 전류를 많이 소비한다. 그래서 저온에서 안정적으로 전원을 공급해 주기 위해서 최대 35V 60A, 2100W DC전원을 공급 할 수 있는 DC전원공급기를 선정하였다. 또한 항법장치, 포구초속측정기RS422 통신을 모사하여 사격통제장치로 공급해 줄 수 있는 시리얼 통신카드(MOXA社 CP118EL)를 선정하였다.

표 2. 시험장비 기능 및 구현방안  
Table2. Functions and methods for Implementation.

기능		계측기
항법장치 연동	RS422 2CH	시리얼 통신카드
포구초속측정기 연동	RS422 1CH	
무전기 연동 모사	무선통신 1CH	무전기 시뮬레이션 보드
유선 연동	유선통신 1CH	스위칭 보드
장전제어기 연동	Discrete 3CH	
포신잠금장치 연동	Discrete 1CH	가변 저항기
온도경보센서 연동	Analog 1CH	

표 2 번인시험장비 기능 및 구현 방안은 유닛 시험장비와 유사하게 통신기능은 상용 시리얼 통신카드를 선정하여 신뢰성을 높였다. 디지털 신호는 스위칭 보드, 무선기 연동 유무선 통신 기능은 무선기 시뮬레이션 보드를 이용하여 구현하였다.

### 3. 시스템시험장비 구현

시스템 시험장비는 실제 자주포 안에서 포의 발사, 사격 지휘소, 포신, 항법장치 등과 통신하면서 연동문서에 정의된 유, 무선 통신 전문을 시험하는 장비이다.



그림 13. 시스템 시험장비 형상  
Fig. 13. Shape of system test equipment.

그림 13 시스템 시험장비 형상과 같이 상판 우측에 실제 무선기 통신은 VRC-946K 2대를 이용하여 데이터 송, 수신 할 수 있도록 구성하고 좌측에 구성된 산업용 컴퓨터에는 시스템 시험 시 운용되는 GUI와 계측기 연동 프로그램이 내장되어있고, 우측에 있는 산업용 컴퓨터에는 무선기와 연동하기 위한 무선기 모의 시뮬레이터를 내장하였다. 모든 사격통제장치를 연결하고 시스템 시험을 수행하기 위해서 견고한 데스크 형태로 설계하여 시험 시 편의성까지 고려하였다. 공통설계 하드웨어 부분을 데스크 좌측 상단에 위치하여 시스템 시험 시 사격통제장치와 연동되는 케이블의 연결을 용이하게 하였고, 시험시 출력되는 인터컴과 유무선 통신시 출력음을 확인 할 수 있도록 외장스피커도 함께 구성하였다.

시스템 시험장비는 아래 표3과 같은 사격통제장치 시스템 기능사항을 충족하여 계측기를 선정하여 구현하였다.

표 3. 시스템 시험장비 기능 및 구현방안  
Table3. Functions and methods for Implementation.

기능	구현방안	계측기
항법장치 연동	RS422 2CH	시리얼 통신카드
포구초속측정기 연동	RS422 1CH	

무전기 연동 모사	무선통신 1CH	무전기 물레이션 보드, 무전기
유선 연동	유선통신 1CH	
장전제어기 연동	Discrete 3CH	스위칭 보드
포신잠금장치 연동	Discrete 1CH	
온도경보센서 연동	Analog 1CH	가변 저항기

### 4. 생산시험장비 실험

2011년부터 2016년 5월말까지 3종의 생산시험장비(유닛, 번인, 시스템 시험장비)를 이용하여 사격통제장치를 양산하면서 불량 검출한 이력을 저장하였다. 실험에 사용된 이력 데이터는 실제 사격통제장치를 양산하는 제조현장에서 불량 발생 시 MES (Manufacturing Execution System) 프로그램을 통하여 저장 및 관리하고, TOPS (Total Product Lifecycle Management System) 프로그램을 통해서 기술변경 사항을 관리하기에 수집된 데이터는 신뢰성이 있다고 할 수 있다.

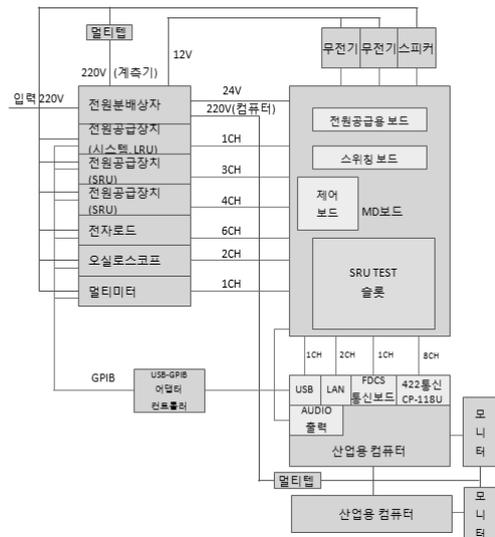


그림 14. 시스템 시험장비 구성도  
Fig. 14. Configuration of system test equipment.



그림 15. 사내 제조관리프로그램(MES)  
Fig. 15. Manufacturing execution system(MES).

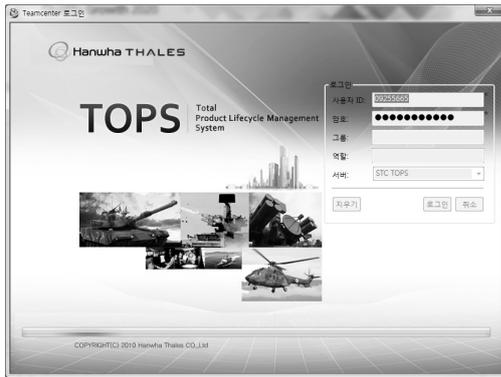


그림 16. 사내 형상관리프로그램(TOPS)  
Fig. 16. Total product lifecycle management system.

아래 그림 17 파레토 차트는 불량에 대한 원인별로 데이터를 취하여 그 영향성이 큰 것 순으로 나타낸 도표이다.

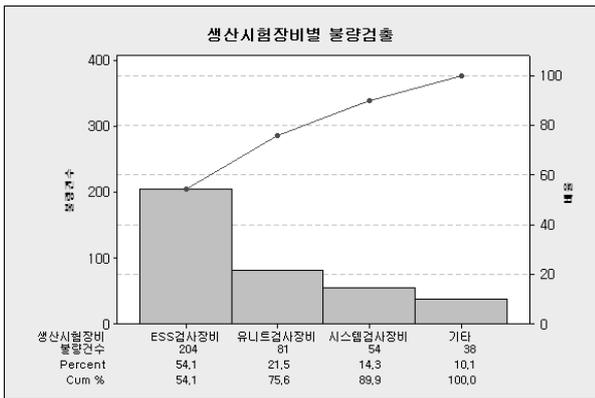


그림 17. 생산시험장비별 불량 검출  
Fig. 17. Performance of each test equipment.

가로축은 생산시험장비별 불량건수를 나타내고 각 불량건수에 대한 누적 건수를 나타낸다. 왼쪽 세로축은 불량건수, 오른쪽 세로축은 불량 비율을 나타낸다. 번인 시험장비를 사용하여 고온 저온 시험시 사격통제장치의 액정이 작동하지 않는다거나, 장비간의 통신이 되지 않는 불량, 장비가 비정상부팅 불량 등의 현상이 발생하여 고장을 검출하였다. 유닛시험장비에서는 휘도측정 불량, 통신불량, 전원불량 등이 검출되었다. 시스템 시험장비에서는 전원인가 시험인 Aging 시험불량, 온도조절불량, 유무선 통신불량 등을 발견하여 조치하였다.

그림 18 년도별 (2011~2016) 기술변경 건수의 결과를 보듯이 생산시험장비를 이용하여 문제점을 도출하고, ECR( Engineering Change Request)을 수행하여 기술자료를 수정 보완하여 사통장비의 신뢰성을 높여 ECR 건수가 줄어드는 것을 볼 수 있다.

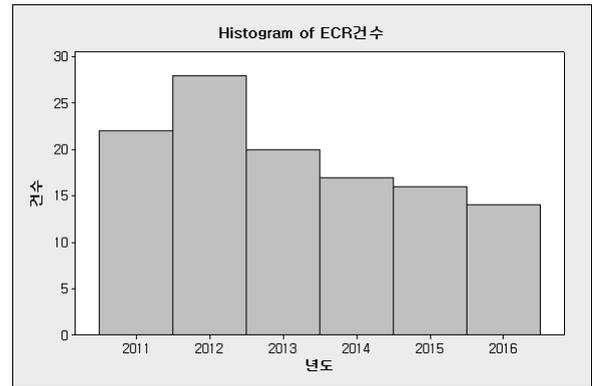


그림 18. 년도별 (2011~2016) 기술변경 건수  
Fig. 18. Technical changes from 2011 to 2016.

MES와 TOPS를 통해서 저장된 시험대상품의 고장 이력을 분석해 본 결과, 초도 양산시에는 개발 및 운용 평가간에 발견하지 못한 문제점 및 개선할 점을 생산시험장비를 통해서 시험 중 발견을 하였다. 이러한 불량을 검출하여 성능 개선이 필요한 부분은 도면의 부품 교체, 회로 안정화, 품질보증요구서 내용 명확화 등 기술자료를 기술변경하여 성능을 향상 시켰고, 장비 양산 중 부품불량은 신뢰 할 수 있는 안정적인 공급원 및 부품 성적서 등을 확보하였다. 납땜불량 등의 일습씨 등은 수리, 교체 및 조립 중에 참조하는 작업지로서 작성을 통해 양산된 사격통제장치의 신뢰성을 확보하였다고 할 수 있다.

기존 K9 생산시험장비 설비와 비교해 보면 K9 생산 시험장비는 아날로그, 디지털 신호 입출력이 자동으로 수행하지 않고 장비 운용자가 직접 수동으로 조작해야 하는 불편함이 있었으나, K-55A1 생산시험장비는 최대한 자동으로 시험을 수행하여 운용할 수 있도록 설계하여 시험 및 검사에 소요되는 시간 또한 줄일 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 K-55A1 사격통제장치를 생산하는 과정에서 각 단계에 맞는 생산시험장비(유닛 시험장비, 번인 시험장비, 시스템 시험장비)의 구현 방안을 살펴보고, 제조현장에서 실제로 생산시험장비를 활용하여 사격통제장치를 양산하면서 문제점을 도출하여 회로보완, 절차 추가 등의 방법을 통해서 사격통제장치의 신뢰성 향상이 되었음을 확인 할 수 있었다. 유닛 시험장비에서는 K-55A1 용 사통시험장비에서 활용한 정비모드SW를 활용하여 손쉽게 유닛, 회로카드 단위 시험을 할 수 있도록 구성하였고, 번인시험장비는 장비 이동성과 오랜 시간 장비를

가동 할 수 있는 계측기 등을 선정하여 구성하였으며, 시스템 시험에서는 실제 무전기를 시험장비의 구성품으로 구성하여 장비 시스템 단위 시험에 대한 신뢰성을 향상 시켰다. 3종의 시험장비 개발 시 모듈의 공통 설계화 하여 개발비용을 절감하였으며, 시험장비 운용 중 고장이 발생 하더라도 손쉽게 수리를 할 수 있도록 설계하여 운용유지비 또한 절감할 수 있도록 하였다. 이렇게 운용이 편리하고, 유지 보수가 용이한 생산시험장비 3종을 통해서 가장 자주포와 비슷한 환경을 모사하여 시험함에 따라 장비를 생산 시 발생할 수 있는 많은 경우의 수를 시험하여 불량품을 선별할 수 있다. 이러한 불량 항목을 검 토 및 선별하여 불량 항목을 제거 후 유닛시험부터 번인 시험, 시스템 시험을 다시 수행하여 더 높은 신뢰성을 가 질 수 있도록 하였다. 이러한 시험 공정을 통하여 K-55A1 사격통제장치의 불량을 사전에 탐지함에 따라 자주포체 계와 장착하여 운용 시 불량 없이 구동하여 장비의 신뢰 성을 높여 국방력 강화에 많은 기여를 할 것으로 예상된다.

— 저 자 소 개 —



최 경 진(정회원)

2009년 영남대학교 전자공학과 학사  
졸업.

<주관심분야: 국방전자제어, 무기체계,  
통신>

REFERENCES

- [1] Young-Ho Yoon, Ki-Young Ku, Jong-Joo Keum, Un-Hee Hwang, and Soon Wo, "The Study on Improvement of ATE Reliability in Production Phase", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 47 pp. 19-26, 2014.
- [2] Dong-Hoon Cho, Dong-Hoon Lee, Sung-Ho Lee, "The Study on Built-In Test for ATE S/W Verification in Production Phase", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 37 pp. 1132-1135, 2014.
- [3] Sang-myung Lee, Young-kil Kim, "The study of PCB Tester for improving productivity", Journal of information and communication convergence engineering, vol. 16 pp. 2808-2814, 2012.
- [4] Jong-woo Kim, "A reliable maintenance method for electronic circuit card", Korea Univ, 2014.
- [5] Won-Ki kim, "Design and Implementation of the multi-function switching system for Automatic Test Equipment(ATE)", Kumoh National Institute of Technology, 2012.
- [6] <http://www.terasic.com.tw/>