

한국형발사체 발사대시스템 지상장비전원공급계 개발

문경록* · 안재철* · 정일형* · 홍일희* · 강선일*

Development of Technological Equipment Power Supply System in KSLV-II Launch Complex

Kyungrok Moon* · Jaechel An* · Ilhyung Jung* · Ilhee Hong* · Sunil Kang*

ABSTRACT

The launch operation for a space launch vehicle(SLV) is to be conducted by the systematic operation between SLV and the Technological Equipment(TE) such as the mechanical, fuel, and electrical ground support equipment at launch complex(LC). The basic source for the operation of the instruments in LC is the electrical power supply system, Technological Equipment Power Supply System(TEPSS), which is one of the Launch Control System. Thus TEPSS should supply the required electrical power to TE with reliability. In this paper, TEPSS which supplies operational electrical power to TE is introduced.

초 록

우주발사체 발사운용은 발사체와 발사대시스템인 발사관제설비, 추진제공급설비 및 지상기계설비 간의 유기적 작동을 통해 진행된다. 이때 발사대시스템 계기 구동을 위한 주요전원은 발사관제설비 구성요소인 지상장비전원공급계를 통해 공급된다. 따라서 지상장비전원공급계는 발사운용에 필요한 소요 전력을 안정적으로 공급할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 한국형발사체 발사대시스템 구동을 위한 지상장비전원공급계 개발 현황을 소개한다.

Key Words: DCPS(직류전력공급장비), LCC(발사통제센터), LCS(발사관제설비), SPSA(교류전력공급장비), TEPSS(지상장비전원공급계)

1. 서 론

우주발사체의 발사 운용은 발사대에 장착된 발사체와 발사대시스템의 상호 유기적인 작동을

통하여 수행된다. 발사대시스템은 발사체 발사를 위한 지상설비로 발사관제설비(Launch Control System, LCS), 추진제공급설비 및 지상기계설비로 구성되며 각 설비의 구동을 위해서는 기본적으로 전원공급이 필요하다. 즉, 발사대시스템을 구성하는 모터, 펌프와 같은 기기나 통신, 조명, 공조설비에 필요한 교류전력은 발사대 기반시설

* 한국항공우주연구원 발사대팀

† 교신저자, E-mail: mkrok@kari.re.kr

로 구축되는 전원공급설비로부터 공급 받는다. 그러나 발사대 센서, 밸브 등 소형 구동기 작동에 필요한 직류전력은 시스템 제어를 담당하는 발사관제설비가 공급하도록 한다. 따라서 발사관제설비는 장비 운용에 관계되는 전력 공급, 상태 점검 등의 모니터 기능을 갖춰야 한다. 즉, 지상장비전원공급계는 발사대시스템 전원 제어를 담당하도록 하며, 발사관제설비 자체 구동용 교류전력공급장치와 발사대의 계기 구동을 위한 직류전력공급장치의 두 가지로 분류한다.

2. 지상장비전원공급계 개발 절차

2.1 시스템 구성

발사관제설비는 그 기능에 따라 지상장비전원공급계, 지상장비제어계, 지상장비파라미터측정계, 발사관제 기반장비, 시스템 케이블 및 계장 등으로 구성되며 운용 안정성과 고 신뢰도 확보를 위해 다중화 시스템으로 구축한다[1,2]. 지상장비전원공급계(Technological Equipment Power Supply System, TEPSS)는 발사관제설비 첫 번째 구성요소로 발사대시스템 구동에 필요한 전력을 공급한다. 또한 발사관제설비는 효율적 운용을 위하여 Fig. 1과 같이 중앙공용동(Centralized Building, CB), 발사대동(Launch Building, LB) 및 발사통제센터(Launch Control Center, LCC)에 각 구성요소를 분산 설치하여 원격 운용한다. 따라서 TEPSS는 LCC에서 원격으로 시스템의 전력 공급 상태를 감시, 제어할 수 있어야 한다.

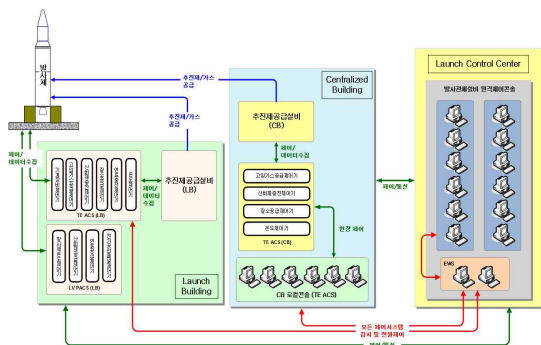


Fig. 1 Configuration of Launch Control System [2]

2.2 개발 프로세스

한국형발사체 발사대시스템 지상장비전원공급계(Technological Equipment Power Supply System, TEPSS) 개발은 나로호 발사대시스템에 적용한 절차를 따른다. 즉, 다음의 Fig. 2와 같이 설계, 제작, 공장시험, 설치, 현장수락시험, 독립 성능시험, 발사체-발사대연계인증시험, 발사운용, 발사후속작업 및 유지보수의 순서로 진행한다. 일단 시스템이 개발된 이후에는 정기적인 점검 활동을 통해 장비의 성능을 유지하고 이후 독립 성능시험을 간략화한 성능확인시험을 통해 지속적으로 발사운용이 가능하도록 한다.

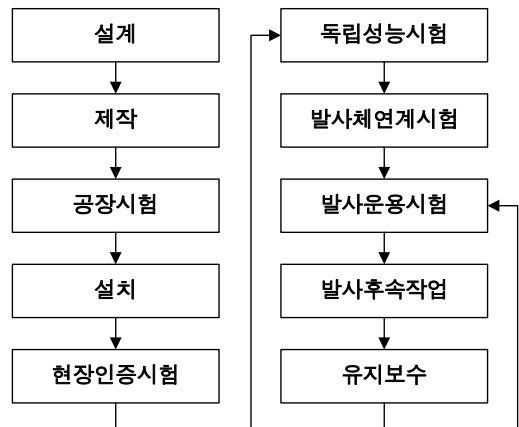


Fig. 2 Development Process of TEPSS

3. 시스템 주요 개발 현황

한국형발사체의 발사대시스템은 기존 발사대시스템을 최대한 재활용하고 요구조건 변경부분과 인터페이스가 변경 부분의 개조를 통해 개발 운용하는 것을 기준으로 한다. 따라서 TEPSS는 기존 발사대 CB 및 LB에 설치된 기존 장비의 대부분을 한국형발사체 운용 요구조건에 맞도록 수정과 추가 공급 요건에 따른 장비의 증설 등을 통해 개발 진행하고 있다.

3.1 시스템 설계 요구조건

TEPSS 개발은 전원공급대상 장비의 전력수요 계산을 시작으로 하며, TEPSS 성능, 운용성 등의

주요 설계 요구조건은 다음과 같다.

3.1.1 성능요구조건

- 전원 이중화 및 공급 대상에 전원 공급 무중단 지원
- 계기 공급용 직류전원은 정격 28.5V 80A
- 공급 전압의 상한 및 하한 값 설정을 통한 보호 차단 기능
- LCC에서 발사대 현장 원격 전원공급/차단 제어 및 모니터

3.1.2 운용요구조건

- 기존 발사대 장비를 한국형발사체 운용에 맞도록 수정
- 발사관제설비 각 구성요소 별 분산된 교류 전력공급장비를 TEPSS로 통합
- 제어대상 추가 또는 변경 요구조건에 맞도록 TEPSS 장비 증설
- 공급 수요에 따른 공급부 패널 배치 수정

3.1.3 직류전력공급 규격

- 정격 전압 : 24/27 Vdc (오차 ± 1 V 이내)
- 전압 측정 오차 : ± 0.2 V 이내
- 출력 전압 리플
 - 정상 상태 : 100 mV 이내
 - 과도 상태 : 200 mV 이내
- 전원 버스 상 전압 조절범위 : 26~33 V
- 정격 전류 : 80 A
- 전류 측정 오차 : ± 0.4 A 이내
- 보호 기능 정확성 : ± 1 V 이내
- 효율 : 85 % 이상
- 부하전류가 정격의 5% ↔ 100% 변동하는 경우 출력
 - 출력전압 변동량 : 2V 이내
 - 출력전압의 변동시간
 - 정상 상태: 100 ms 이내
 - 과도 상태: 300 ms 이내

3.2 시스템 구성

기존 시스템의 한국형 발사대 재활용을 위해 기 설치 구성을 확인 한다.[3-5]

3.2.1 기존 시스템 및 개조

기존 시스템 설치 구조는 Fig. 3와 같다. 1장에서 기술한 바와 같이 TEPSS는 크게 두 가지로 분류한다. 즉, 발사관제설비의 자체 구동을 위한 교류전력공급장비(Switching & Power Supply Arrangement, SPSA) 그리고 추진제공급설비와 지상기계설비에 설치된 계기 구동을 위한 직류 전력공급장비(Direct Current Power Supply, DCPS)로 구성된다.

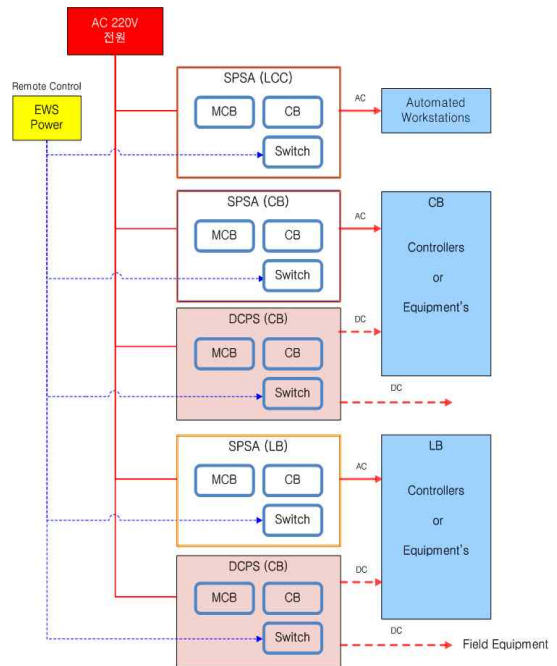


Fig. 3 Configuration of TEPSS

기존 발사대 TEPSS의 SPSA는 LCC에 캐비닛 4대, CB에 2대, LB에 2대로 구성되어 있다. 또한 DCPS는 CB에 캐비닛 6대와 추진제공급설비에 직접 연결용 패널 1대가 있으며, LB에는 캐비닛 12대, 그리고 추진제공급설비 및 지상기계설비 직접 연결용 패널 3대가 설치되어 있다. 특히 기존 발사대는 발사준비제어시스템 하위 교류전력 공급장비가 별도로 4대가 설치되어 있다. 또한 기존 SPSA 자체도 TEPSS의 구성요소가 아니라 독립적으로 각 장비별 공급 받도록 되어 있었다. 따라서 분산되어 있는 전원공급설비에 대하여

한국형발사체 발사대 TEPSS로 통합이 필요하다. 이때 한국형발사체 발사대 전력 수요 공급 요구 조건에 맞도록 TEPSS 장비를 개조 하도록 한다.

3.2.2 시스템 구성

한국형발사체 발사대시스템으로 설계된 TEPSS 구성요소 즉, SPSA 및 DCPS 구성장치 및 주요 기능은 Table 3, 4와 같다.

Table 3. The Configuration and Function of SPSA

구성 장치	주요 기능
교류전원 공급부	교류전력 공급 패널로 이중화 전원에 대한 선택 스위칭부와 수요처와 연결되는 공급부로 구성
제어기	발사대 현장 장비와의 통신을 통한 장치 내부 감시 및 원격제어
소프트웨어	제어기에 탑재되어 실행되는 소프트웨어

Table 4. The Configuration and Function of DCPS

구성 장치	주요 기능
정류기	교류 전력을 직류 전력으로 변환
제어기	발사대 현장 장비와의 통신을 통한 장치 내부 감시 및 원격제어
소프트웨어	제어기에 탑재되어 실행되는 소프트웨어

3.2.3 TEPSS 전력 부하 계산

발사대 추진제공급설비 및 지상기계설비의 각 하위 시스템 별 요구 전력을 합산하여 TEPSS에 필요한 전력부하를 산정한다. 본 계산 결과는 TEPSS 설계 Input Data로 활용한다.

- 시험발사체 발사대 [단위 : kW]
 - LCC : 106.1
 - CB : 35.4
 - LB1 (제1 발사대) : 58.8
- 한국형발사체 발사대 [단위 : kW]

- LCC : 110
- CB : 35.4
- LB2 (제2 발사대) : 62.5

3.2.4 네트워크 구성

TEPSS는 발사관제설비 네트워크 설계 원칙인 독립적인 통신 네트워크 구성을 따라서 관리의 효율화 및 보안성 강화를 만족하도록 한다. 즉, 3.2.1절에서 설명한 바와 같이 분산된 TEPSS를 통합 개조하고 통신 네트워크 구성 관리를 일원화하여 효율적인 운용이 가능하도록 한다. 또한 기존 KSLV-I에서 사용된 네트워크의 신뢰도를 높이기 위하여 RING 구조 네트워크를 적용하고 네트워크 통신 소요량 예측에 따른 장비 성능 규격을 선정한다.

3.3 시스템 제작

3.3.1 하드웨어 형상

TEPSS의 하드웨어는 캐비닛 형태로 제작한다. 따라서 운용 중 조작이 용이하도록 하고, 전후면 모두 유지 관리가 원활하도록 부품을 배치한다. 또한 캐비닛 내부에 덕트를 활용하여 점검 시 파악이 쉽도록 하고, 특히 전면부는 직관적으로 상태를 확인하고 조작할 수 있도록 배치한다.



Fig. 4 Front Panel of DCPS

3.3.2 시스템 운용화면

TEPSS는 LCC EWS(Engineering Workstation)

를 통하여 운용 관리하도록 한다. TEPSS는 일종의 기반 시스템으로 운용이 시작되면 중지되어서는 안 된다. 또한 TEPSS는 발사대에 설치된 각 장비의 전체 운용 상태와 개별 장비의 동작 상태를 확인할 수 있어야 하고 발사운용 상태를 저장하여 발사 후 분석 가능하도록 한다.



Fig. 5 EWS Operational Interface of DCPS

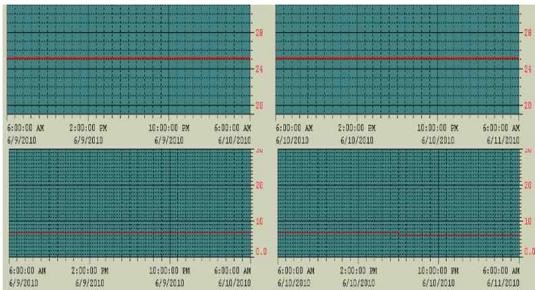


Fig. 6 The Status of Power Supply of DCPS

3.4 시스템 개발 현황

현재 한국형발사체 발사대시스템의 TEPSS는 상세설계, 제작 및 공장시험을 완료하였다. 상세설계 완료료를 통하여 다음과 같은 설계 산출물을 획득하였다.

- 구성품 목록
- 도면 (조립도/설치도/계통도 등)
- 시스템 설계 계산서
- 시험절차서 (공장/현장/독립성능시험)

또한 기존 발사대 현장의 장비를 시험발사체의 운용 요구조건에 맞도록 개조하였으며, 추가

제작된 장비를 현장에 설치하고 현장수락시험을 진행할 예정이다. 특히 운용 소프트웨어 보안을 현장시험 완료시까지 지속하여 이를 시험발사체 발사 운용에 적용할 계획이다.

4. 결 론

본 논문에서는 한국형발사체 발사대시스템 지상장비전원공급계(TEPSS) 개발 관련 기술사항 및 현황을 소개하였다. 먼저 발사대 TEPSS를 개관하고, 시스템 설계요구조건, 개발절차 및 구성, 장비 개조방안, 설계 결과 및 제작 현황을 확인하였다. 한국형발사체 발사대 TEPSS 개발은 기존 장비 재활용을 기본 개념으로 한다. 즉, 시험발사체 발사대용은 KSLV-I 장비를 재활용하되 일부 요구조건에 맞도록 개조 사용하며, 한국형발사체도 마찬가지로 시험발사체 발사대에 사용된 LCC와 CB 장비를 재활용하고 제2 발사대(LB2) 장비는 신규 제작하되 각 장비 Load List 계산을 통한 시스템 규격 및 구성품을 확정하였다. 현재 시험발사체 발사대시스템 운용에 사용될 TEPSS의 개조, 신규장비 제작 및 공장 시험을 완료하였으며 향후 개발 절차에 따라서 현장설치, 독립성능시험 등을 수행하여 장비 신뢰도를 확보할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 시험발사체 발사대시스템 발사관제설비 상세설계문서, 지상장비전원공급계, 2016
2. KSLV-I Critical Design Document, 2006
3. 장종태, 정일형, 안재철, 문경록, “나로호 발사시설의 지상장비 제어시스템 개발,” 한국우주과학회 추계학술대회, 2010
4. 안재철, 문경록, 오일석, “발사관제시스템 시뮬레이터의 설계 및 구현,” 한국항공우주학회 제44권 제8호, 2016, pp.657-665
5. 문경록, 안재철, 정일형, 장종태, 홍일희, “발사관제시스템 인터페이스 점검용 자동 절연저항 측정장비 개발,” 항공우주전자심포지엄, 2014