

차세대 고속열차 시험평가 프로세스에 관한 연구

이태형^{1*} 김상수¹ 김석원¹ 김기환² 정흥채³

¹한국철도기술연구원 차세대고속철도기술개발사업단, 의왕시

²한국철도기술연구원 고속철도연구본부, 의왕시

³한국철도기술연구원 고속철도인프라시스템연구단, 의왕시

A high-speed railway system represents a typical example of large-scale multi-disciplinary system, consisting of subsystems such as rolling-stock, electrical hardware, electronics, control, information, communication, civil technology etc. The system design and acquisition data of the large-scale system must be the subject under strict configuration control and management. Systems engineering technology development project for Korea next generation High-speed Electric Multiple Unit (HEMU) system in progress is a national large system development project that is not only a large-size and complex but also multi-disciplinary in nature. Therefore, all stakeholders must understand and share the functional and performance requirements of HEMU throughout its life-cycle phases. Also in the test and evaluation phase, all systems requirements must be verified. In 2011, the prototype train manufacturing will be completed. It will do test run on the commercial line and all systems requirements are verified until 2012. For the system verification, the test and evaluation process have to be established before the test trial run. Using a systems engineering tool, the system design database(SDD) with requirements traceability and development process management in the course of the development have to be established. This paper represents the test and evaluation process development based on the SEMP(Systems Engineering Management Plan) developed in the design stage. The test and evaluation process is refined and updated in comparison to the design stage one. The test and evaluation process consists of procedure, test and evaluation method and schedule. So through this process, it is defined that each systems requirements is verified on which test and about what time.

Keywords : High-speed railway, Test and Evaluation, Verification Requirements, Traceability

1. 서 론

정부는 국내외 고속철도 시장의 능동적 대응과 지속 가능한 고속철도 기술 경쟁력을 확보하기 위해 차세대 고속철도 기술개발사업을 2007년부터 착수하였다[2]. 차세대 고속철도 기술개발사업의 목표는 최고시험속도 400km/h이상, 운영속도

370km/h 성능을 갖는 동력분산형 고속열차를 2012년 까지 개발하는 것이다[3]. 고속철도 시스템은 차량, 기계부품, 전기, 전자, 제어, 정보통신, 토목기술 등이 종합적으로 적용되는 대형 복합시스템의 하나로서 체계적인 시스템 엔지니어

* 교신저자 : thlee@krri.re.kr

링이 수행되어야 하는 전형적인 예이다. 사업의 성공을 위해서는 사업에 참여하는 연구진이 통일되고 일관된 개발을 하기 위한 프로세스, 방법, 기술, 환경이 갖추어져야 한다. 이중에서도 시험평가 프로세스는 개발한 시스템이 당초 목표로 한 시스템요구사항을 만족하는 지 여부를 결정하는 중요한 프로세스이다. 차세대 고속철도기술개발사업은 현재 시험평가 프로세스 단계에 있으며 사업초기에 구축한 SE 전산체계에 따라 진행한 상세설계 내용에 따라 부품 및 구성품을 제작하고 시험평가를 진행하고 있다.

본 논문에서는 차세대 고속열차 개발을 위해 수립한 시험평가 프로세스에 대해 기술한다. 시스템요구사항과 검증요구사항을 중심으로 개발한 시험항목 도출, 시험조건, 시험기준에 대한 상세한 내용을 제시하고 현재까지 수행한 시험결과를 정리하였다. 아울러 시험계획 등 종합적인 시험평가 프로세스에 대해 기술한다.

2. 시험평가 프로세스

시험평가 프로세스는 시스템엔지니어링 관리계획에서 제시한 기술개발 프로세스 중 하나이며 아래에서 자세하게 설명한다.

2.1 개요

시험평가 프로세스(3)는 도표 1과 같이 시스템설계 구현(1)을 통해 제작한 하부시스템을 시스템통합 프로세스(2)를 통해 조합한 후에 수행하는 프로세스이다. 이후 시스템 배치 프로세스(4)를 통해 운영환경으로 이전한다[4, 5, 6].

상세하게 살펴보면 시스템설계 구현 프로세스(1) 내부에는 구성품/부품에 대한 시험평가를 포함하고 있고, 시험평가 프로세스(3)는 시스템을 대상으로 하고 있다. 즉, 도표 2와 같이 구성품/부품 설명서에 따라 제작한 구성품/부품은 구성품/부품 시험절차서에 따라 시험평가를 수행하여 기능과 성능의 만족여부를 확인한다. 이후 구성품/부품을 조립하여 차량시스템을 완성하게 되며 공장시험절차서를 토대로 기능과 성능의 만족여부를 확인하는 시험평가를 수행하게 된다. 최종적

으로 본선시운전시험절차서를 기반으로 시스템의 기능과 성능을 확인하는 시험평가를 수행한다.

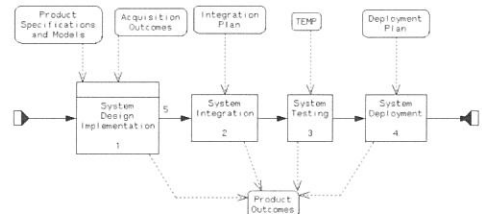


도표 1. 시험평가 프로세스

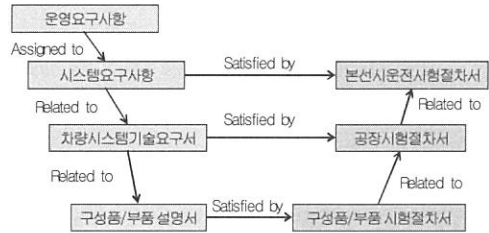


도표 2. 시험평가 체계

도표 3. 구성품/부품설명서 세부 내용

2.2 구성품 /부품 시험평가

구성품/부품 시험평가를 수행하기 위한 기준문서인 구성품/부품 설명서는 도표 3과 같으며, 시스템개발 단계에 따라 상위문서인 차량시스템 기술요구서를 기반으로 개발되었다. 차량시스템 기술요구서는 498개의 요구사항으로 구성되어 있으며, 이와 추적성이 부여된 구성품/부품 설명서는 모두 129개 파일이다[7]. 도표 4는 구성품/부품 설명서 중 동력대차용 차축 부품설명서로서 그 세부내용을 표시한 것이다. 또한 구성품/부품 설명서와 추적성이 부여된 구성품/부품시험절차서는 72개이다. 구성품/부품 설명서보다 시험절차서 숫자가 작은 사유는 구성품/부품설명서 자체가 시험절차서 역할을 하는 것이 있기 때문이다.

현재 구성품/부품 시험평가가 진행되고 있다.

2.3 공장 시험평가

구성품/부품시험을 완료한 후 시험열차를 조립한 상태에서 수행하는 시험이 공장시험이다. 공장시험은 단차 또는 편성 상태로 시험을 수행하는 것이기 때문에 기준문서는 차량시스템기술요구서와 차량제어설명서이다. 현재 공장시험항목은 외관구조검사 등 70개 항목으로 구성되어 있으며 이는 다시 단차와 편성으로 구분되어 있다. 단차상태에서 시험하는 항목은 15개 항목이며 편성상태에서 시험하는 항목은 55개이다.

2.4 본선시운전 시험평가

본선시운전시험은 공장시험을 종료한 후 본선에서 수행하는 시스템 시험평가 항목이다. 대부분류는 도표 5와 같이 차량운용성능시험, 차량시스템 기술개발검증시험, 안전성모니터링시험, 시스템 인터페이스시험, 개발품 성능확인시험, 차량개선효과시험으로 6가지이다.

Key	설명서 제목	설명서 내용	발도급사 승인 상태	
1	2101:1-E-0-0002	열구차기 동력전송기 구성품 설명서	1. 입력 : 3상 열구차기 동력전송기 2. 출력 : 480V, 1.55kW, 142A 3. 용량 : 480V, 1.55kW, 142A	
2	2101:1-E-0-0001	유도전송기 구성품 설명서	1. 입력 : 3상 열구차기 동력전송기 2. 출력 : 480V 3. 용량 : 480V, 1.55kW, 142A	
3	2101:1-E-0-0003	유연입기(M) 구성품 설명서	1. 형식 : Single Phase, Shell Form 2. 냉각방식 : Forced oil, Forced air cooling 3. 용량 : 480V, 1.55kW, 142A	
4	2101:1-E-0-0004	유연입기(MC) 구성품 설명서		
5	2101:1-E-0-0005	MPS IC#1 구성품 설명서	1. 인버터 1.1 용량 : 1.850kW 1.2 용량 : 4상형 전압형 PWM제어	
6	2101:1-E-0-0006	MPS IC#2 구성품 설명서	1. 인버터 1.1 용량 : 1.850kW 1.2 용량 : 4상형 전압형 PWM제어	
7	2101:1-E-0-0009	신호장치 구성품설명서(전대조립)		
8	2101:1-T-0-0019	대차 구성품설명서	1. 동력대차 1.1 용량 : 길이 : 2600mm 1.2 지름 : 길이 : 2970mm	ACCEPTED
9	2101:1-T-0-0004	입구장치 부품 설명서	1. 제동 부품 1.1 입구장치 1.2 귀환장	ACCEPTED
10	2101:1-T-0-0006	도유기 부품설명서	1. 제동 부품 1.1 용량 : 1.850kW 1.2 용량 : 4상형 전압형 PWM제어	ACCEPTED
11	2101:1-T-0-0008	대차내부 부품설명서	1. 제동 부품 1.1 용량 : 1.850kW 1.2 용량 : 4상형 전압형 PWM제어	ACCEPTED
12	2101:1-T-0-0005	동력대차용 차축 부품 설명서	1. 제동 부품 1.1 동력대차용 차축	ACCEPTED
13	2101:1-T-0-0006	부수대차 차축 부품 설명서	1. 제동 부품 1.1 부수대차용 차축	ACCEPTED
14	2101:1-T-0-0007	차분 부품 설명서	1. 제동 부품 1.1 차분 1.2 차분	ACCEPTED
15	2103:1-E-0-0001	입력회로 단속장치 구성품설명서	1. 입력회로 단속장치 1.1 용량 : 480V, 1.55kW, 142A	ACCEPTED

도표 4. 구성품/부품설명서

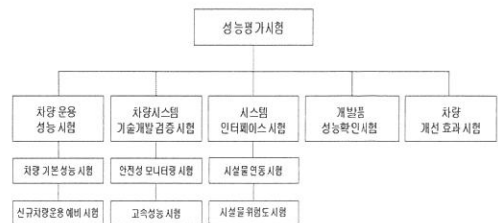


도표 5. 본선시운전 시험평가 분류

시험평가 데이터 관리

시험평가 프로세스 관리와 상위문서와의 만족성, 시험항목 완료여부 등은 시스템엔지니어링 도구를 사용해 관리할 수 있지만 각 시험을 통해 산출되는 시험데이터 관리와 시험신청 및 등록 등 시험진행은 별도의 시스템을 활용해야 한다. 본 절에서는 시험진행과 시험평가 데이터 관리에 대해 상세히 기술한다.

3.1 시험신청 및 등록

구성품/부품 시험평가와 공장시험평가는 그 결과만을 등록하도록 하였으며 본선시운전시험평가는 종합 시험 시나리오 작성 등의 시험진행을 종합적이고 원활히 하기 위해 시험자가 신청하고 그 결과를 공지하도록 하였다.



도표 6. 시험신청/등록 화면

3.2 시험결과 등록

시험결과는 크게 계속일지, 시험결과보고서, 시험데이터로 구분하였다. 계속일지는 시운전시험 종료 후 차상시험책임자가 작성하는 보고서로서 시험항목, 구성품/부품 고장상황, 주행거리, 시험 속도 등을 기술하는 것이다. 시험결과보고서는 수행한 시험에 대해 시험담당자가 시험데이터를 근거로 분석을 수행하여 시험의 결과를 기술한 보고서를 의미한다. 시험데이터는 종합계측시스템을 사용하여 시험수행 중에 저장한 주행속도 등 상세데이터를 의미한다.



도표 7. 시험결과 등록 화면

3.3 시험정보 조회

구성품/부품 시험, 공장시험, 본선 시운전 시험에 대한 정보를 조회할 수 있다. 구성품/부품 시험과 공장시험은 사전에 입력되어 있는 시험항목을 클릭함으로써 시험항목과 그 결과에 대해 조회할 수 있다.

본선 시운전시험에 대한 결과 조회는 계속일지의 경우, 시험수행일과 작성자로, 시험결과보고서의 경우, 시험항목, 시험코드, 시작일자로, 시험데이터의 경우, 시험일과 열차번호, 시험데이터이름으로 검색이 가능하다.

결 론

본 논문에서는 차세대 고속열차의 시험평가를 성공적으로 수행하기 위해 사업초기에 수립한 시험평가 프로세스를 정제화한 내용을 기술하였다. 이를 통해 아래와 같은 결론을 도출하였다.

- 시험평가 프로세스를 구성품/부품시험, 공장시험, 본선시운전시험의 3단계로 구분하였다.
- 각 단계에서의 주요 정의내용은 시스템엔지니어링도구를 사용하여 참여연구진이 공유토록 하였다.
- 시험데이터 등 세부내용은 별도의 관리시스템을 활용하여 관리하였다.

향후, 공장시험과 본선시운전시험을 수행하면서 보완사항을 추가할 예정이다.

답 례

본 연구는 국토해양부 미래철도 기술개발 사업의 연구비지원(과제번호 07차세대고속 철도 A01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 황희수, “한국형 고속전철 시스템엔지니어링 데이터베이스”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2000.
2. 한국철도기술연구원, “차세대고속철도 기술개

- 발사업 기획보고서”, 2006.
3. 건설교통부, “2007년도 건설교통기술 연구개발사업 5차 시행공고 안내서”, 2007.
 4. 이태형, “차세대 고속열차 개발을 위한 시스템 엔지니어링 관리계획 연구”, 시스템엔지니어링 학술지 제3권 2호, 2006.
 5. 한국철도공사, “사용자 운영요구조건”, 2007
 6. 이태형, “차세대 고속열차를 위한 시스템요구 사항 개발”, 한국철도학회 춘계학술대회논문집, 2008.
 7. 이태형, “차세대 고속열차 개발을 위한 시스템 엔지니어링 전산체계 구축에 관한 연구”, 4th APCOSE, Oct. 2010