

한국형고속철도 열차제어시스템 하부구성요소 신뢰도입증에 관한 연구

A Study on the Reliability Demonstration for Korea High Speed Train Control System

신덕호[†] · 이재호* · 이강미* · 김용규*

Ducko Shin · Jae-Ho Lee · Kang-Mi Lee · Young-Kyu Kim

Abstract

This research provides a scheme for Highly Accelerated Stress Test that is necessary to demonstrate reliability prediction of Korean Rapid Transit Railway Train Control System sub-equipment, which is calculated by a relevant standard for failure rate prediction of electronic products. Although determining failure information generated in the process of trial running by statistic analysis is widely accepted as a measure of confirmation for reliability prediction, this research suggests the modeling for System Life Test determined by accelerating stress factors as a measure of confirmation for reliability prediction of sub-equipment unit that is generated ahead of a trial running in System Life Cycle. Consequently, the research demonstrates sub-equipment unit reliability test, which is based on the model derived from Accelerated Stress Test, according to accuracy level and the number of samples, and conducts an official experiment by making out a reliability test procedure sheet based on test time as well.

Keywords : TCS(Train Control System), ATC(Automatic Train Control), IXL(Interlocking), HAST(Highly Acceleration Stress Test), Reliability Prediction, Reliability Demonstration

1. 서론

한국형고속철도 열차제어시스템은 1996년부터 2002년까지 건설교통부 G7사업으로 추진되어 열차제어시스템을 구성하는 자동열차제어장치와 전자연동장치에 대한 기술개발이 완료되었으며, 2002년부터 2007년까지 실용화를 위한 각 장치의 안정화가 수행되고 있다[1]. 전자부품으로 구성된 열차제어시스템의 안정화는 하부구성요소단위 신뢰도 목표를 평균 고장시간(MTBF : Mean Time Between Failure) 100,000시간으로 설정하여 매년 보완되는 시스템의 신뢰도를 예측하고 있으며, 시운전을 통해 수집된 고장정보를 분석하여 예측신뢰도를 입증하고 있다[1,2].

개발 및 안정화되는 시스템의 예측신뢰도는 사용되는 전자부품사양 변경 또는 설계의 변경에 따라 변화한다. 따라서, 시스템을 향상 시킨 후 예측신뢰도와 실제 신뢰도의 차이를

최소화 하기 위해서는 충분한 시운전을 통한 고장정보의 수집과 분석이 전제되어야 한다. 가전 및 기타 소규모 시스템의 경우 실제 운영환경에서의 시운전이 용이하지만 철도는 시스템의 시운전을 위해 요구되는 인프라에 대한 투자가 막대하고, 시운전선이 없는 국내 실정에서 운영환경과 동일한 시운전을 통해 충분한 고장정보의 수집을 위해서는 상업운전에 차질을 초래하게 된다. 특히 열차제어분야의 경우 시운전이 시스템 개발에서 차지하는 비용과 시간의 비중이 매우 크므로, 지속적으로 성능이 향상되는 열차제어시스템은 하부구성요소단위라도 예측신뢰도의 입증에 위한 요구가 증가하고 있다.

본 논문에서는 현재 국내 열차제어시스템의 예측신뢰도의 입증에 위한 유일한 방법인 시운전시험을 보조하기 위하여 개발수명주기 동안 하부구성요소단위 신뢰성시험 수행을 위한 방법을 다음과 같이 제안하였다.

전자부품으로 구성된 열차제어시스템의 예측신뢰도를 하부구성요소 단위로 입증하기 위한 방법으로써, 온도 스트레스에 대한 가속스트레스시험을 제안하였으며, 온도 스트레스에 대한 신뢰성시험을 위한 모델링 방법을 개발하여 열차

† 책임저자 : 회원, 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부 공학박사
E-mail : ducko@krii.re.kr
TEL : (031)460-5442 FAX : (031)460-5449

* 회원, 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부

제어시스템을 구성하는 자동열차제어장치와 전자연동장치의 신뢰성시험을 실시하였다.

2. 신뢰도 입증을 위한 모델링

기존 열차제어시스템 신뢰성활동에서는 개발수명주기에서 장치의 제작이전에 회로도면과 사용부품 정보를 바탕으로 전자부품의 고장률예측 지침인 MIL-HDBK-217FN2, FRISM, Belcodia, Delcodiar 등을 사용하여 고장률을 정량화 하였다.

이러한 시스템의 고장률 또는 평균고장수명(MTTF)은 부품 단위 고장률을 기초자료로 하부구성요소의 고장률을 산출하고, 하부구성요소단위 고장률을 신뢰도 블록다이어그램(RBD)을 사용하여 전체 시스템 고장률 또는 평균고장수명(MTTF: Mean Time To Failure)을 예측하였다.

MTTF는 고장률의 역수이며, MTBF는 고장률과 수리율을 모두 고려한 신뢰도의 정량적 파라미터이다. 하지만 수리율은 고장률에 비하여 그 크기가 무시할 수 있는 수준의 변수이므로, 본 논문에서는 시스템의 MTBF는 MTTF와 동일하다고 가정한다.

예측신뢰도는 과거의 부품에 대한 고장통계를 근거로 관련 지침에서 제시한 수치로써, 인쇄회로기판(PCB)의 품질이나 내장되는 소프트웨어의 고장률은 일반적으로 고려되지 않는다[3]. 따라서, 소프트웨어의 고장률은 시간이나 스트레스 요인에 따라 변화하지 않는다는 가정 하에, 하부구성요소를 구성하는 전자부품의 고장률을 가속하여 확인하기 위한 방법으로 가속수명시험(HALT: Highly Accelerated Life Test)과 가속스트레스시험(HAST: Highly Accelerated Stress Test)이 제시되었다. 두 가지 시험 모두 예측신뢰도를 입증하기 위한 방법으로써 스트레스 요인을 선정하여 피시험체의 예측신뢰도를 입증하기 위한 방법이다. HALT는 피시험체가 파괴될 때까지 주어진 스트레스와 동작시간을 바탕으로 정량적 MTBF를 계산하며, HAST는 스트레스요인의 가속비 만큼 예측신뢰도를 역산하여 시험시간동안 정상동작이 유지되면 예측신뢰도 이상의 신뢰도가 확보되었음을 입증하는 방법이다. HALT와 HAST모두 피시험체의 고장시간 또는 시험시간을 통계학적 접근을 통해 분석하므로, 모집단인 피시험체 수량과 분석 결과의 유효수준이 반드시 함께 제시되어야 한다.

본 논문에서 제안하는 신뢰성시험을 위한 가속스트레스 모델구축의 체계는 그림 1과 같다.

2.1 열차제어시스템 스트레스 요인의 선정

스트레스 요인의 선정은 대상시스템의 가속시험을 위해 실제 운영환경에서 받는 스트레스 요인 중 가장 큰 영향을 받는

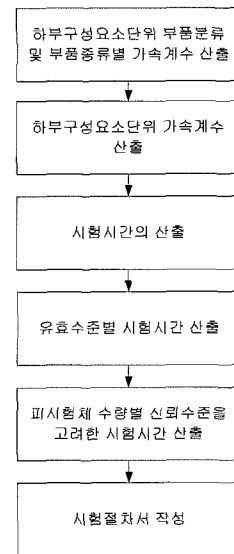


그림 1. 신뢰도입증시험을 위한 가속스트레스 모델구축 체계

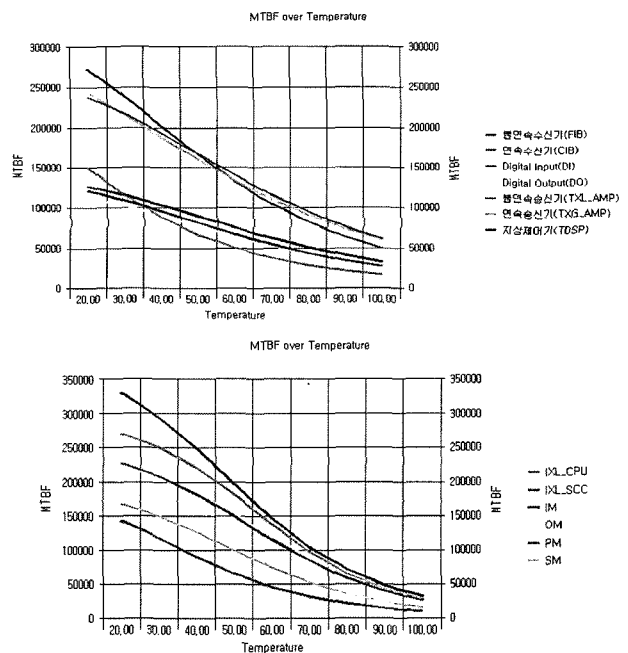


그림 2. 온도에 따른 열차제어시스템 하부구성요소의 MTBF

스트레스를 선별하여 가속시험 모델을 도출하기 위해 수행된다.

전자부품으로 대부분이 구성된 열차제어시스템은 온도, 습도, 진동, 전자기영향 등을 스트레스 요인으로 고려할 수 있으며, 관련 문헌을 통해 온도가 가장 큰 스트레스 요인임을 사전조사하여 그림 2와 같이 열차제어시스템 하부구성요소의 온도에 따른 MTBF를 시뮬레이션 하여 그 영향을 확인하였다.

하부구성요소의 신뢰도 목표인 MTBF 100,000시간의 만족을 입증하기 위해서는 원칙적으로 100,000시간인 약 10년간

시험결과와 신뢰도가 확보될 수 있을 만큼의 시험샘플을 대상으로 시험을 실시해야 하지만, 이러한 방법은 개발과정의 수명주기를 고려할 때 불가능하거나 실시에 따른 결과가 무의미 하므로 시작품의 수명을 가속하여 시험할 수 있는 방법이 제시되어야 한다.

시작품 수명의 입증방법 중 가속시험은 시작품이 동작하는 동안 작용하는 스트레스 요인 중 가장 영향이 큰 요소들을 선택하여 실제운영환경과의 가속계수를 도출하고, 가속계수에 의해 시험시간을 단축시키는 방법이다.

열차제어시스템을 구성하는 전자부품은 온도에 가장 민감하게 수명이 좌우된다는 것이 관련 논문 및 문헌을 통해 정설로 통용되고 있다[4]. 따라서, 온도스트레스를 열차제어시스템 신뢰성시험의 스트레스요인으로 선정하기 이전에 그림 2와 같이 자동열차제어장치와 전자연동장치의 하부구성요소별 온도에 따른 MTBF의 변화 추이를 미국방지침 MIL-HDBK-217F를 근거로 추정하였다. 그림 2에서와 같이 온도에 따라 자동열차제어장치와 전자연동장치를 구성하는 하부구성요소는 고장률의 변화가 크게 나타난다.

따라서, 열차제어시스템 신뢰성시험은 온도스트레스에 대하여 시스템에 사용된 부품의 설계마진인 70°C 이하를 고려하여 신뢰성시험을 수행한다.

2.2 하부구성요소단위 가속계수 산출

하부구성요소단위의 온도스트레스에 대한 가속계수 산출은 하부구성요소의 부품종류에 따른 가속계수 산출이 먼저 수행되어야 한다. 이는 부품의 종류에 따른 열화에너지가 서로 상이하므로 식 (1)의 활성화 에너지 산출식에 따라 가속계수를 산출한다. 활성화 에너지는 부품의 특성에 따라 고장의 추이를 통계적으로 분석하여 상수로 일반화 시킨 결과로써, 직접회로(IC), 저항, 콘덴서 등의 부품종류별로 미국방성의 규격(MIL-HDBK-217F)이나 Telcodia사의 자료를 참고하여 테이블형태로 제시한다[5].

$$AF_{device} = \text{Exp} \left[\left(\frac{eA}{k} \right) \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T_s} \right) \right] \quad (1)$$

- eA : 활성화 에너지(부품종류별로 상이)
- k : 볼츠만 상수(고정상수 $8.623 \times 10^{-5} \text{eV} \cdot \text{K}^{-1}$)
- T_n : 정상온도+절대온도
- T_s : 가속온도+절대온도

부품종류별 활성화 에너지를 고려한 가속계수와 부품종류별 고장률의 합을 통해 식 (2)와 같이 하부구성요소의 부품단위 가속계수가 산출된다.

$$AF_{LRU60} = \frac{(IC_n \times \lambda_{IC25} \times AF_{IC60})}{A} + \frac{(CAP_n \times \lambda_{CA25} \times AF_{CAP60})}{A} + \frac{(RES_n \times \lambda_{RES25} \times AF_{RES60})}{A} + \frac{(CON_n \times \lambda_{CON25} \times AF_{CON60})}{A} + \frac{(SEM_n \times \lambda_{SEM25} \times AF_{SEM60})}{A} \quad (2)$$

$$A = (IC_n \times \lambda_{IC25}) + (CAP_n \times \lambda_{CA25}) + (RES_n \times \lambda_{RES25}) + (CON_n \times \lambda_{CON25}) + (SEM_n \times \lambda_{SEM25})$$

- AF_{LRU60} : 보드의 가속계수(60°C)
- $device_n$: 부품의 수
- $\lambda_{device25}$: 온도별 부품별 고장률의 합계(25°C)
- $AF_{device60}$: 정상온도에서 부품별의 가속계수(60°C)

2.3 하부구성요소단위 가속계수의 유효수준 산출

신뢰성시험은 피 시험체인 하부구성요소의 가속계수에 의해 선정된 시험시간동안 고장이 발생하지 않으면, 실제 시험시간에 가속계수를 곱한 만큼의 MTBF를 보장하는 시험이다.

하부구성요소단위 가속계수가 산출됨에 따라 LRU단위 예측된 MTBF를 가속계수로 나누어 시험시간을 산출할 수 있다. 산출된 시험시간은 확률에 의존한 만큼 결과치의 유효수준에 따라 시험시간이 변경된다[6].

따라서, 표본(피 시험체)이 하나이고 무고장을 전제로 하므로 자유도가 2이고 신뢰수준이 $1-\alpha$ 인 통계표의 수치를 표 1과 같이 참조하여 식 (3)과 같이 신뢰수준별 시험시간을 고려해야한다.

$$t = m_e \frac{\chi^2_{1-\alpha,2}}{2} \quad (3)$$

- t = 신뢰수준을 고려한 시험시간
- m_e = 온도에 따른 LRU단위의 MTBF
- $\chi^2_{1-\alpha,2}$ = 자유도가 2이고 신뢰수준이 $1-\alpha$ 인 통계표의 수치
- α = 시험시간의 추정치가 틀릴 확률

표 1. 자유도가 2이고, 신뢰수준이 $1-\alpha$ 인 통계량(α 는 추정치가 틀릴 확률)

신뢰수준(%)	통계량($\chi^2_{1-\alpha,2}$)
60	1.83258
70	2.4
80	3.21
90	4.6

2.4 하부구성요소단위 피시험체와 시험시간

마지막으로 신뢰수준을 고려한 시험시간은 피시험체의 수량에 따라 식 (4)와 같은 선형관계가 성립된다.

$$\text{시험시간} = \frac{\text{단일 시험체의 시험시간}}{\text{시험체의 수량}} \quad (4)$$

위와 같은 과정에 의해 신뢰성시험시간과 시험결과의 유효 수준 그리고 피시험체의 수량을 계산하였다. 다음은 열차제어시스템을 구성하는 자동열차제어장치와 전자연동장치에 각각의 시험시간 산출절차를 적용한 결과이다.

3. 열차제어시스템 신뢰성시험

자동열차제어장치는 역과 역 사이를 운행하는 열차의 제한 속도초과를 감시하고 지리적 정보를 수집하여 열차의 안전한 운행을 지원하는 장치이며, 전자연동장치는 역구내에서 궤도 회로를 통해 추적된 열차의 위치를 바탕으로 신호기와 선로 전환기를 제어하여 열차의 진로를 제어하는 장치이다.

3.1 열차제어시스템 예측신뢰도

자동열차제어장치와 전자연동장치의 예측신뢰도는 고속철도기술개발사업 4차년도의 시스템 보완내역을 반영하여 각각 표 2와 표 3과 같이 예측되었다.

표 2. 자동열차제어장치 하부구성요소 고장률예측결과(25℃)

분류	표기	구성요소	고장률(1E-06)	MTBF(Hour)
차상 장치	CIB	연속수신보드	7.5834	131,866
	FIB	불연속수신보드	8.6629	115,435
	DI	디지털입력보드	8.2225	121,617
	DO	디지털출력보드	9.2671	107,908
지상 장치	TDSP	지상제어보드	3.9090	255,814
	TXG_AMP	연속송신보드	4.3629	229,202
	TXL_AMP	불연속송신보드	4.3865	227,972

표 3. 전자연동장치 하부구성요소 고장률예측결과(25℃)

분류	표기	구성요소	고장률(1E-06)	MTBF(Hour)
연동 논리부	IXL_CPU	CPU모듈	4.553	219,623
	IXL_SCC	시리얼IF모듈	3.821	261,730
현장 제어부	IM	입력모듈	3.187	313,762
	OM	출력모듈	4.615	216,677
	PM	선로전환기제어모듈	7.622	131,202
	SM	신호기제어모듈	6.239	160,262

3.2 부품별 온도에 따른 가속계수 산출

신뢰성시험을 위한 가속모델을 위해서는 그림 1과 같이 하부구성요소단위로 부품을 분류하여 각 부품종류별 가속계수를 식 (1)에 따라 산출해야 한다. 부품종류별 활성화 에너지는 Telcodia규격의 부록에서 집적회로(IC), 콘덴서(CAP), 저항(RES), 커패시터(CON), 일반반도체(SEM)별로 제시하고 있다 [5]. 따라서 부품별 활성화 에너지와 부품종류별 수량 및 고장

표 4. 자동열차제어장치 하부구성요소의 부품별 가속계수

분류	하부 구성 요소	부품	부품수	활성화 에너지	온도별 가속계수			
					25℃	60℃	65℃	70℃
차상 장치	FIB	IC	27	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
		CAP	147	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541
		RES	134	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748
		Con	10	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077
		Sem	23	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
	CIB	IC	41	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
		CAP	97	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541
		RES	51	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748
		Con	39	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077
		Sem	28	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
	DI	IC	22	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
		CAP	75	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541
		RES	124	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748
		Con	18	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077
		Sem	71	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
	DO	IC	29	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
		CAP	51	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541
		RES	46	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748
		Con	20	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077
		Sem	57	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
지상 장치	TXL_AMP	IC	7	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
		CAP	55	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541
		RES	85	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748
		Con	11	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077
		Sem	37	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
	TXG_AMP	IC	5	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
		CAP	36	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541
		RES	64	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748
		Con	12	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077
		Sem	31	0.5	1	7.7301	10.001	12.843
TDSP	IC	19	0.5	1	7.7301	10.001	12.843	
	CAP	40	0.44	1	6.0479	7.5866	9.4541	
	RES	17	0.22	1	2.4592	2.7544	3.0748	
	Con	23	0.4	1	5.1351	6.3102	7.7077	
	Sem	9	0.5	1	7.7301	10.001	12.843	

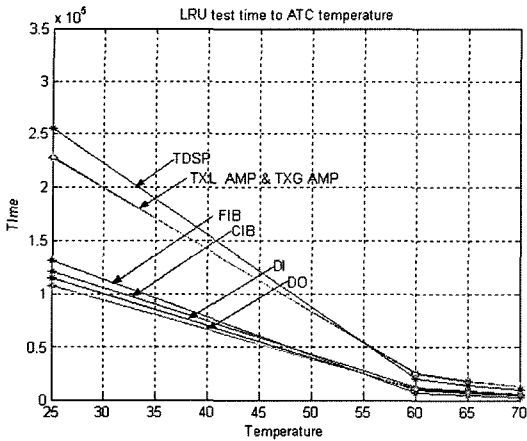


그림 3. 자동열차제어장치 하부구성요소단위 온도별 가속계수

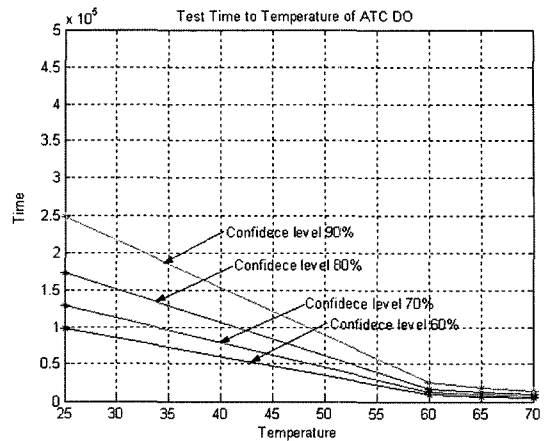


그림 5. 자동열차제어장치 DO모듈의 유효수준에 따른 시험시간

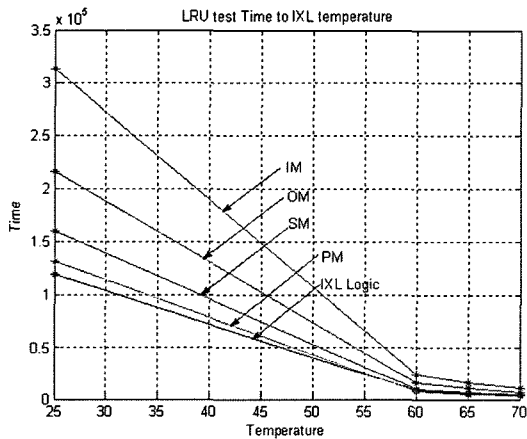


그림 4. 전자연동장치 하부구성요소단위 온도별 가속계수

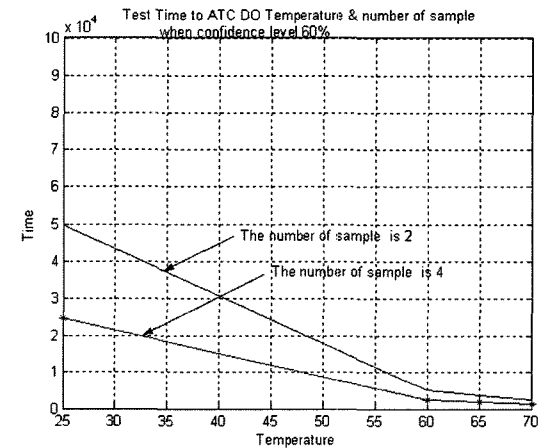


그림 6. 자동열차제어장치 DO모듈의 피시험체 수량에 따른 시험시간

물을 고려하여 온도에 따른 자동열차제어장치와 전자연동장치의 활성화 에너지를 표 4의 자동열차제어장치의 예와 같이 산출한다.

부품단위 활성화 에너지와 고장률 및 수량에 따라 산출된 가속계수는 하부구성요소단위 시험시간의 산출을 위해 식 (2)를 이용하여 하부구성요소단위로 그림 3의 자동열차제어장치 및 그림 4의 전자연동장치별로 산출한다.

3.3 열차제어시스템 온도별 가속시험시간 산출

가속계수는 예측MTBF와 신뢰성시험시간의 비율을 의미한다. 하지만 신뢰성시험시간의 산출이 확률 및 통계적분석을 기반으로 하므로, 신뢰성시험시간 산출결과의 유효수준을 식 (3)을 고려하여 산출해야 하며, 유효수준에 따른 최종 신뢰성시험시간은 식 (4)와 같이 피시험체 수량과 선형의 관계를 가지므로 최종신뢰성시험 시간의 산출은 위 두 가지를 모두 고려해야 한다.

단일 하부구성요소의 유효수준에 따른 신뢰성시험시간의 관계는 그림 5의 자동열차제어장치 DO모듈의 예와 같다.

시험시간의 유효수준에 대한 기준은 별도로 지정되지 않으며, 예측MTBF의 예측온도와 마찬가지로 산출된 가속스트레스 시험시간과 함께 표시해야 한다. 따라서, 본 연구에서는 시험시간의 단축을 위해 60%의 유효수준을 선택하였다.

한국형고속철도 열차제어시스템의 예측MTBF는 모두 100,000시간 이상이므로, 단일 피시험체를 사용한 가속스트레스 시험은 많은 시간이 소요된다. 따라서, 식 (4)의 시료수와 시험시간의 선형관계를 적용하여 그림 6의 자동열차제어장치 DO모듈의 예와 같이 신뢰성시험시간을 단축하였다.

3.4 열차제어시스템 신뢰성시험시간 산출

부품종류별 열화에너지와 수량 및 고장률을 고려하여 하부구성요소단위로 가속률을 추정하여 신뢰성시험시간 산출결

표 5. 자동열차제어장치 신뢰성시험시간(피시험체 4개)

분류	하부구성 요소	유효 수준	가속시험시간 Hour(Day)			
			25℃	60℃	65℃	70℃
차상 장치	FIB	60%	26,443 (1,102)	2,265 (94)	1,603 (67)	1,137 (48)
	CIB	60%	30,207 (1,259)	1,512 (63)	1,018 (43)	691 (29)
	DI	60%	27,859 (1,161)	2,713 (113)	1,944 (81)	1,394 (58)
	DO	60%	24,719 (1,030)	2,494 (104)	1,808 (75)	1,313 (55)
지상 장치	TXL_AMP	60%	52,222 (2,176)	5,683 (237)	4,131 (172)	3,006 (125)
	TXG_AMP	60%	52,504 (2,188)	5,423 (226)	3,957 (165)	2,896 (121)
	TDSP	60%	58,600 (2,442)	4,659 (194)	3,265 (136)	2,295 (96)

표 6. 전자연동장치 신뢰성시험시간(피시험체 4개)

분류	하부구성 요소	유효 수준	가속시험시간 Hour(Day)			
			25℃	60℃	65℃	70℃
연동 논리부	IXL	60%	27,356 (1,140)	1,892 (79)	1,249 (52)	819 (34)
현장 제어 모듈	IM	60%	71,874 (2,995)	5,394 (225)	3,588 (150)	2,374 (99)
	OM	60%	49,635 (2,068)	3,641 (152)	2,445 (102)	1,632 (68)
	PM	60%	30,055 (1,252)	1,721 (72)	1,128 (47)	741 (31)
	SM	60%	36,712 (1,530)	2,276 (95)	1,488 (62)	970 (41)

과의 유효수준 60% 및 피시험체 수량 4개를 기준으로 자동열차제어장치와 전자연동장치의 예측MTBF 입증에 위한 신뢰성시험시간을 산출한 결과는 각각 표 5 및 표 6과 같다.

3.5 공인기관 신뢰성시험

표 5와 표 6과 같이 산출된 가속스트레스시험시간을 기준으로 자동열차제어장치 DO모듈과 전자연동장치 OM에 대하여 그림 7 및 그림 8과 같이 각각 공인시험기관에서 시험을 수행하였다.

자동열차제어장치 DO모듈의 신뢰성시험은 4개의 피시험체가 65℃에서 소프트웨어의 검증을 포함하는 테스트 지그에 의해 1,804시간이상 정상동작을 확인하여 예측MTBF 107,908시간을 입증하였으며, 동일 피시험체 수량과 시험환경에 대하여 전자연동장치 OM은 2,445시간 이상 정상동작을 확인하여 예측MTBF 216,677시간을 입증하였다.

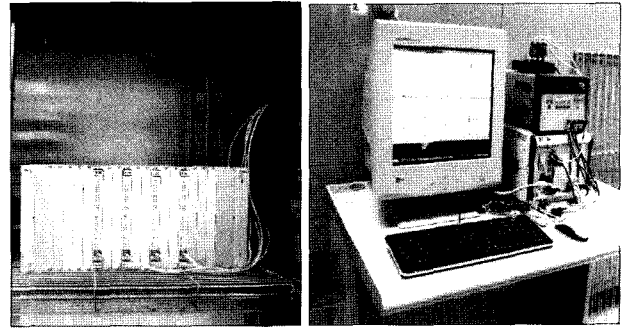


그림 7. 자동열차제어장치 DO모듈의 신뢰성시험

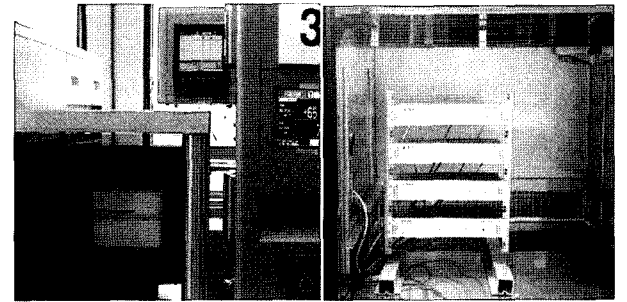


그림 8. 전자연동장치 OM모듈의 신뢰성시험

4. 결론

본 논문은 열차제어시스템 개발과정의 예측MTBF를 입증하기 위한 방안으로써, 온도스트레스에 대한 가속스트레스 방식의 신뢰성시험을 위한 모델을 제시하였다. 동작온도가 장치의 수명에 미치는 영향을 관련규격을 근거로 추정하여 스트레스 요인선정의 당위성을 입증하였으며, 전자부품 종류별 활성화 에너지를 해당 부품종류의 수량 및 고장률과 연계하여 아레니우스 방정식에 의한 가속팩터를 산출하였다. 산출된 가속팩터에 의해 신뢰성시험시간 산출은 확률 및 통계적 유효수준과 피시험체 수량을 고려하여 결정하여 시험을 수행하였다.

이러한 하부구성요소단위 신뢰성시험을 통한 예측MTBF의 입증은 시운전이 용이하지 않은 장치별 신뢰성 입증에 의해 활용이 가능하며, 기존 예측MTBF에 의존하여 시스템을 인수하던 방식의 단점인 예측MTBF와 실제 장치수명과의 차이를 감소시키는데 기여하리라 생각된다.

본 논문에서 신뢰성시험에 의한 예측MTBF의 입증방안이 시험을 통해 증명됨에 따라, 자동열차제어장치와 전자연동장치를 구성하는 나머지 하부구성요소에 대한 시험도 공인시험기관 및 자체시험을 통해 수행될 예정이며, 개발과정에서의 이러한 시제품 신뢰성시험은 보다 신뢰할 수 있는 열차제어시스템 개발을 위해 폭넓게 적용될 것이다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원 (2006), 고속철도기술개발사업 “고속철도 열차제어시스템 안정화기술개발”, 4차년도 연구보고서. pp.21-47.
2. 신덕호 외(2006), “한국형고속철도 열차제어시스템 하부구성요소 신뢰도예측에 관한 연구”, 한국철도학회논문집, 제9권, 제4호, pp.419-424.
3. MIL-HDBK-217FN2, “Reliability Prediction of Electronic Equipment”
4. Eduardo C. Moura,(1992) “A Method to Estimate the Acceleration Factor for Subassemblies”, IEEE Transactions on Reliability, vol.41.
5. 장주수 외 (2004), “신뢰도예측 : 삼성전자의 Bellcore 기준적용”, 교우사, pp.72-102.
6. 정해성 외 (2000), “신뢰성분석과 응용”, 영지문화사, pp.238-239