PSD의 안전성 및 신뢰성 확보를 위한 요구사항 및 안전관리 프로세스의 적용 방안

Application Method of Requirement and Safety Management Process for Ensure the Safety and Reliability of PSD

송재효†, 박상구, 김영상

Jae-Hyo Song†, Sang-Goo Park, Young-Sang Kim

Abstract PSD is safety door installed on edge of platform to prevent falling into track and collision with vehicles for passengers in station. It made passenger safety improve, and it was operated on most station in urban metro. But, safety accidents happened again during operation due to failure and malfunction of PSD. That is threatened to passengers and/or maintainers, therefore. Thus, safety accidents should be reduced through ensuring safety and reliability of PSD. RAMS management and SIL justification will be needed to ensure for the purposes. So, this paper present application method for PSD safety requirements and safety management process in Korea. That can be achieved to predict failure rate using RBD with major components' failure data and to justify SIL using FTA subjected to critical safety accidents based on IEC 61508.

Keywords **:** Platform Screen Door, Safety, Reliability, Safety Integrity Level, Fault Tree Analysis

초 록 PSD(Platform Screen Door)는 승강장 내에 있는 승객의 선로추락 및 차량접촉을 방지하기 위해 승강장 연단부에 설치된 안전문으로 열차운행과 이용 승객에 대한 안전성을 크게 향상시켰으며, 현재 도시철도 대부분의 역사에서 가동되고 있다. 그러나 PSD 설비의 고장 및 오작동으로 인한 안전사고가 반복적으로 발생되고 있으며, 이는 승객 및 유지보수자의 안전을 위협하고 있다. 때문에 PSD의 안전성 및 신뢰성을 확보하여 안전사고를 줄여야 하며, 이를 위해 RAMS 관리 및 안전 무결성 수준(Safety Integrity Level, SIL) 입증 등의 활동이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 IEC 61508에 기반하여 PSD 주요부품의 고장률 확보와 신뢰성 블록도(Reliability Block Diagram, RBD) 및 고장목 분석(Fault Tree Analysis, FTA)을 이용한 고장률 예측과 주요 안전사고에 대한 SIL 입증을 통해 국제기준에 따른 PSD 요구사항 및 안전관리 프로세스에 대한 국내 적용 방안을 제시하였다.

주요어 : PSD, 안전성, 신뢰성, 안전 무결성 수준, 고장목 분석

1. 서 론

PSD는 승강장 연단부에 가동문 및 비상문을 설치하여 승강장과 선로를 차단함으로써 승강장의 승객이 선로로 추락하는 것을 방지하고, 역으로 진입하는 차량과 승강장 내 승객의 접촉 및 충돌을 방지한다. 또한 역사에 정차된 차량의 출입문과 연동하여 가동문을 개폐함으로써 열차운행과 역사 내 승객의 안전을 향상시키는 설비로써, 현재 대부분의 도시철도 역사에 설치되어 가동되고 있다.

† 교신저자: 티유브이 라인란드 코리아(주) 철도기술팀(Jaehyo.Song@tuv.com)

이러한 PSD의 특성은 열차운행 및 승객의 안전에 큰 영향을 미치며, 고장 및 오작동은 열차운행의 지연 및 중단, 유지보수를 발생시킨다. 최근에는 이로 인한 승객 및 유지보수자의 안전사고가 발생하고 있다. 따라서 RAMS 관리 및 안전 무결성 수준 입증 등을 통해 PSD 설비의 안전성과 신뢰성을 확보하여 고장 및 오작동과 관련된 안전사고의 발생빈도와 심각도를 경감시킬 필요성이 있다. 그러나 국내의 경우 PSD의 발주시 설계단계에서부터 적용되어야할 RAMS 관리 및 안전 무결성 수준 입증, 안전성 평가 등 안전관리 프로세스가 거의 요구되지 않고 있다.

이에 본 논문에서는 IEC 61508에 기반한 PSD 주요부품의 고장률 확보 및 신뢰성 블록도를 이용한 고장률 예측, 고장목 분석을 통한 안전사고의 SIL 입증 등, 해외 PSD 프로젝트의 발주 요구사항과 안전관리 사례를 바탕으로 국내 PSD 발주자 및 공급자들이 국제기준에 따른 요구사항과 안전관리 프로세스를 국내에 적용할 수 있도록 그 방안을 제시하고자 한다.

2. 해외 PSD 프로젝트의 발주 요구사항

현재 PSD는 세계 여러 나라에 설치되어 가동되고 있으며, 해외 PSD 프로젝트들은 공통적으로 RAMS 활동을 발주 요구사항으로 명시하고 있다.

RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety)는 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성을 의미한다. PSD의 RAMS 관리는 운영시 발생 가능한 시스템 장애와 인명사고 및 물적 손실을 초래할 수 있는 부품고장 및 위험요소들을 식별하고 이를 적절한 수준으로 관리하기 위하여 시스템의 계획부터 설계, 제작, 시험 및 운영단계에 걸쳐 적용되는 단계별 활동이다. 해외 'D사' 가 발주한 PSD 설치공사의 요구사항은 다음과 같다.

2.1 RAM 요구사항

2.1.1 신뢰성 요구사항

'D사' 는 시스템 구성부품의 총 작동 주기수를 동일한 시간동안의 시스템 총 고장수로 나눈 값인 평균고장간격주기(Mean Cycles Between Failure, MCBF)로 신뢰성을 정의하고 있다. 관련 분석방법 및 요구사항은 다음과 같다.

$$\mathrm{Re}\,lilability(MCBF) = \frac{\text{Total No. of Doorset Cycles}}{\text{No. of Failures}} \tag{1}$$

여기서 1 Doorset Cycle은 PSD 좌/우 한쌍 출입문의 1번 개폐작동으로 정의하며, 외부에 의한 고장 및 운행에 영향을 주지 않는 고장은 'No. of Failures' 에서 제외한다.

단, MCBF 값은 가용성 도출을 위해 평균고장간격(Mean Time Between Failures, MTBF)으로 변환해야 한다. 'D사' 의 경우 1일 평균 약 18시간을 기준으로 1개 승강장에 평균 350 편성이 운행되며, 이 조건을 기준으로 MCBF를 MTBF로 변환하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\frac{\text{Total No. of Doorset Cycles} \times 18\text{hr}}{350\ \text{Trains (Doorset)}} = MTBF(hr) \quad (2)$$

'D사' 는 1,000,000회의 MCBF로 신뢰성 요구사항을 정의하고 있다. 즉 PSD 좌/우 출입문이 1,000,000회 개폐되는 동안 1회 고장이 발생하는 수준이며, 이를 '식(2)'를 사용하여 MTBF로 변환하면 51428.6 시간이 된다.

2.1.2 가용성 요구사항

가용성은 시스템의 속성 중 장애가 없이 정상적으로 운영되는 능력을 말하며, '식(3)' 을 통해 가용성을 분석할 수 있다.

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF + MDT} \times 100\% \quad (3)$$

여기서,

$$MDT = MTTR + \text{Time taken for the O \& M personnel to arrive at site} \quad (4)$$

단, 'D사' 의 운영계획은 운영 및 유지보수요원이 상주하기 때문에 '식(4)' 에서 'Time taken for the O&M personnel to arrive at site' 값은 사실상 '0' 이 된다. 따라서 MDT는 평균고장수리시간(Mean Time to Restore, MTTR)으로 분석할 수 있다. PSD의 가용성 요구사항은 아래 표와 같다.

Table 1 Availability Requirement

Category	Availability (Better Than)	Definition
Service Affecting Failures	99.99%	a. Service Affecting Failures shall be those causing train service delay of 2 minute or more b. Failure of group of more than two doors c. Unavailability of manual operation when required d. Inability to cut out a door when required
Other Important Failures	99.9%	Failures causing • Inconvenience to passengers; • Loss of local or remote indications/alarms

2.1.3 유지보수성 요구사항

유지보수는 장비나 시스템의 오류 발생을 바로잡기 위해 실시되는 행위를 말하며, 통상적으로 MTTR로 정의한다. MTTR은 물류시간을 제외한 부품의 고장진단, 보수, 교체, 조정 및 시험시간이 포함된다. 'D사' 는 유지보수성 요구사항을 0.5시간, 즉 30분 이내로 정의하고 있다.

2.2 Safety 요구사항

2.2.1 안전성 요구사항

안전성 요구사항은 IEC 61508; 2002에 기반하며, 위험원의 발생빈도와 심각도를 조합하여 다음과 같은 위험도 매트릭스에 의해 정량적으로 평가된다.

Table 2 Hazard Risk Assessment Matrix

Hazard	Severity			
Frequency	Catastrophic (Ⅰ)	Critical (Ⅱ)	Marginal (Ⅲ)	Negligible (Ⅳ)
Frequent (1)	R	R	R	Y
Probable (2)	R	R	Y	G
Occasional (3)	Y	Y	Y	G
Remote (4)	Y	Y	G	B
Improbable (5)	G	G	B	B

Table 3 Hazard Risk Index

Hazard Risk Index	Description
R	Not acceptable
Y	Undesirable-Redesign must be attempted and detailed analysis performed-may be approved if no practical alternative
G	Acceptable with approval - Redesign may be required
B	Acceptable, no approval required

2.2.2 안전무결성 수준 요구사항

안전 무결성 수준(Safety Integrity Level, SIL)은 해당 제품에 안전관련 결함이 발생하는 수준이다. 이에 높은 수준의 안전 무결성 수준을 달성하려면 고장시 사고를 일으킬 수 있는 특정 기능들이 일정 수준 이하의 고장 발생빈도를 갖도록 설계, 제작 및 설치되어야 한다. 안전 무결성 수준은 SIL1 부터 SIL4 등급까지 4단계로 구분되며, 아래 표와 같다.

Table 4 Safety Integrity Level

Level	Tolerable Hazard Rate (hr)
SIL1	$10^{-6} \leq$ THR $\leq 10^{-5}$
SIL2	$10^{-7} \leq$ THR $\leq 10^{-6}$
SIL3	$10^{-8} \leq$ THR $\leq 10^{-7}$
SIL4	$10^{-9} \leq$ THR $\leq 10^{-8}$

‘D사’ 에서는 아래와 같이 PSD 설비의 주요 위험원에 대해 SIL4를 요구사항으로 제시하고 있으며, 이를 고장목 분석을 사용하여 입증하도록 요구하고 있다.

(1) Spurious opening of all doors without train correctly stopped and docked.

(2) Spurious opening of one door without train correctly stopped and docked.

(3) Safety loop closed status or interlock override status sent to ground side of interface system with at least one open door.

3. 해외 PSD 프로젝트의 요구사항 입증 사례

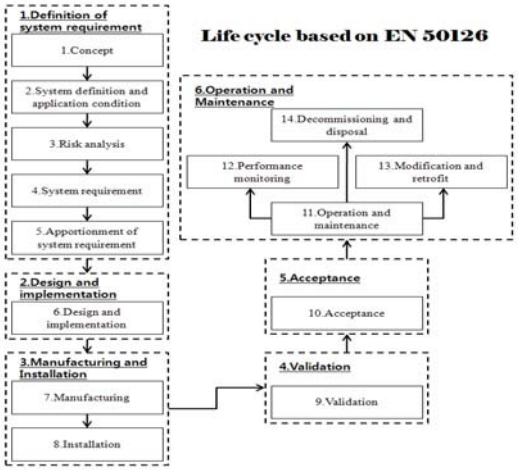

Fig. 1 Life Cycle Based on EN 50126

3.1 RAM 요구사항의 입증을 위한 활동

RAM 요구사항의 입증을 위한 활동은 시스템의 수명주기별로 구분되며 EN 50126을 기반으로 한 PSD의 수명주기는 다음과 같다.

다음은 시스템 수명 주기에 따른 공급사의 RAM 관리의 주요 활동을 요약하였다.

3.1.1 RAM 분석표

RAM 분석표(RAM Table)는 제품계층구조(Product Breakdown Structure, PBS) 분석을 통해 도

Subject Reliability of PG							Subject ID:				
Item PBS ID						Item Qty	Item Description	Item Failure Rate ($ev/10^6h$)	MTBF (hour)	MTTR (hr)	Remark
2	1	1	0	0		1	DCU(Rev 1.0)	0.323	3,095,976	0.08	LRU
2	1	2	0	0		1	Motor(Rev 1.0)	0.1	10,000,000	0.17	LRU
2	1	3	0	0		2	Locking Device(Rev 1.0)	1.17	854,701	0.08	LRU
2	1	4	0	0		1	Mode Switch(Rev 1.0)	0.12	8,333,334	0.08	LRU
2	1	5	0	0		2	DOI(Rev 1.0)	0.32	3,125,000	0.08	LRU
2	1	6	0	0		1	Speaker(Rev 1.0)	0.9	1,111,112	0.05	LRU
2	1	7	0	0		1	Power Box(Rev 1.0)	1.03	970,874	0.08	LRU
2	1	8	0	0		1	Junction Box(Rev 1.0)	0.716	1,396,649	0.17	LRU
2	1	9	0	0		2	Opened Sensor(Rev 1.0)	0.68	1,470,589	0.17	LRU
2	1	A	0	0		2	Closed Sensor(Rev 1.0)	0.68	1,470,589	0.17	LRU
2	1	B	0	0		2	Timing Belt(Rev 1.0)	0.147	6,802,722	0.25	LRU
2	1	C	0	0		2	Idle Pulley(Rev 1.0)	0.127	7,874,016	0.25	LRU
2	1	D	0	0		2	Guide Rail(Rev 1.0)	0.117	8,547,009	0.50	LRU
2	2	0	0	0		2	Automatic Sliding Door(Rev 1.0)	0.12	8,333,334	0.33	LRU
2	2	1	0	0		2	Unlock Device Assembly(Rev 1.0)	0.15	6,666,667	0.08	LRU

Fig. 2 PSD RAM Table

출된 PSD 설비에 대해 현장에서 교체가 가능한 단위의 부품, 즉 LRU(Line-Replaceable Unit)의 수량, 고장률 및 평균수리시간을 기재하여 각 장치의 정보를 표로 작성한 것으로, 가용성 및 신뢰성, 유지보수성을 분석하는 자료로 사용된다.

3.1.2 고장모드 영향 및 치명도 분석

Item Description						Failure Effects		Criticality Analysis			Failure Management				Notes		
Ref. No.	Item	Control ID No.	Function Description	Failure Mode	Failure Cause	Subsystem	System	Severity	Frequency	Risk	Failure Detection Methods	Compensation Provisions / Mitigation	Responsibility	Comments	Related Item	Failure Rates (ea/10^6hr)	Data Source (U.S.C.G.)
21800	Timing Belt	FMECA-26	Transmit the torque energy generated by the motor of	The ASD do not operate	• The belt is cut, stretched, or damaged) by deterioration	• The ASD doesn't open and close	• Passengers cannot transfer through the relevant passenger entry/exit door but can transfer through an adjacent door. • If the doors are not closed, they cannot block the track from the platform. • Thus, an accident such as passengers fall or collision with the RS can occur	4	5	G	• Visual inspection	• Use a semi-permanent product which is not cut or stretched • Carry out a regular inspection	Maintenance staff / MRT			0.147	D
21000	Idle Pulley	FMECA-27	Support and spin the belt	Breakage Abrasion	• Abrasion • Deterioration	• The ASD doesn't open and close • The ASD doesn't open and close because too large backlash	• Passengers cannot transfer through the relevant passenger entry/exit door but can transfer through an adjacent door. • If the doors are not closed, they cannot block the track from the platform. • Thus, an accident such as passengers fall or collision with the RS can occur	4	5	G	• Visual inspection	• Carry out a regular inspection • Carry out a replacement according to a life cycle of the bearing	Maintenance staff			0.127	D
21000	Guide Rail	FMECA-28	Offer the roller moving way with the opening/closing operation of the ASD	Breakage	• External shock • Abrasion of bearing	• The ASD doesn't open and close • Motor overload	• Passengers cannot transfer through the relevant passenger entry/exit door but can transfer through an adjacent door. • If the doors are not closed, they cannot block the track from the platform. Thus, an accident such as passengers fall or collision with the RS can occur	4	5	G	• Visual inspection	• Carry out a regular inspection	Maintenance staff			0.117	D
22000	Automatic Sliding Door	FMECA-29	The automatic door to ensure spare space for passengers can transfer passengers in the station and the vehicle	Breakage	• External shock	• The ASD doesn't open and close	• Passengers cannot transfer through the relevant passenger entry/exit door but can transfer through an adjacent door. • If the doors are not closed, they cannot block the track from the platform. Thus, an accident such as passengers fall or collision with the RS can occur	4	5	G	• Visual inspection	• Carry out a regular inspection	Maintenance staff			0.12	D

Fig. 3 PSD Failure Mode Effects & Criticality Analysis

고장모드 영향 및 치명도 분석(Failure Mode Effects & Criticality Analysis, FMECA)의 주목적은 시스템에서 발생 가능한 기능 고장과 원인 및 영향 등을 분석하여 시스템의 신뢰성이 적합하게 관리되었음을 보증하는 것이다. 특히, 특정 고장모드가 서비스 고장을 초래하는지 여부를 설계적인 측면에서 확인하고, 해당 고장모드의 검지방법이 무엇인지 분석한다.

3.1.3 신뢰성 블록도

신뢰성 블록도(Reliability Block Diagram, RBD)는 PSD 설비의 신뢰성 예측값을 도출하기 위해 작성된다. '식(5)'는 직렬 구성에 따른 고장률 산출 수식이며 '식(6)'은 병렬 구성에 따른 고장률 산출 수식이다.

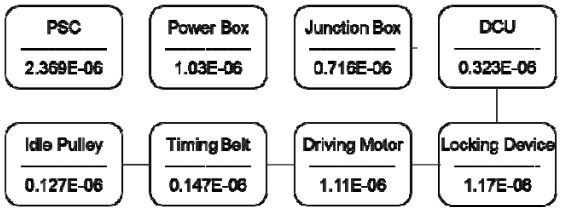

Fig. 4 PSD Reliability Block Diagram

$$\lambda_S = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \cdots + \lambda_N \qquad (5)$$

$$\frac{\lambda_{(n-q)}}{N} = \frac{\lambda}{\sum_{i=N=q}^{N} \frac{1}{i}} \qquad (6)$$

위 수식을 기반으로 작성된 'D사' 의 PSD 주요부품의 신뢰성 블록도는 다음과 같다.

Hazard ID	Source ID	Hazard Description	Subsystem / Component	Hazard Causes	Consequences	Original Risk			Mitigation Measures	Residual Risk			Hazard Log Traceability			Remarks
						Sever.	Freq.	Risk		Sever.	Freq.	Risk	Evidence	Responsibility	Status	
HL-12	PHA-10	- PED erroneously opened.	- Structure. - PED.	- Inappropriate installation. - Operation and maintenance failure. - PED locking device malfunction.	- Leaned passenger near PED may fall from platform when opening the door. - RS operation may be delayed.	3	3	Y	1) Periodically Maintenance. 2) Provided Operation and Maintenance manual.	3	5	G	NRT, Maintenance staff,	1) Not applicable. 2) Not applicable. Provide in commissioning step.	N/A	
HL-13	PHA-12 SSHA-14	- Closed & Locked Loop detect failed.	- Closed & Locked Signal Relay. - MCU.	- Closed and Locked Detection Loop. - Closed & Locked Signal Relay malfunction.	- RS operation may be delayed.	2	4	G	1) Preventive maintenance. 2) Composed of redundancy System for MCU. 3) Used qualified relays that have the required failure rate.	2	5	B	NRT, Maintenance staff,	1) Not applicable. 2) BSDB-B-AA-00: Rev 2.0, Chapter 3.9.4.2. 3) S7 series Technical Datasheets.	Close	
HL-14	PHA-13 OSHA-01	- Passenger stuck between ASD.	- DCU.	- Unreasonable enter into train when closing the ASD of PG.	- Operation delay of RS. - A few people who try to enter into train when closing be injured due to the closing ASD of the PG.	2	2	Y	1) Detection of obstacles by a motor encoder. 2) Detection of obstacles by a motor current limitation. 3) Installation of door detection pads on ASD to avoid being trapped. 4) Detection of obstacles by PDS. 5) Installation of PG nearby the end of a platform. 6) Control of the closing speed and force of the PG's ASD to minimize the load to passengers when closing the ASD of PG. 7) ASD reopening when detection of obstacles. 8) Prevention of passenger's injuries by limiting the closing speed and force of the PG's ASD.	1	2	G	NRT, Maintenance staff,	1), 2) BSDB-B-AA-00: Rev 2.0, Chapter 3.2.5.; 3) BSDB-B-AA-38: Rev 4.0, Chapter 3.; 4) Not applicable. Provided PDS, in consultation with the DM/RC.; 5) BSDB-B-AA-38: Rev 4.0, Chapter 2.; 6) Closing Force Test Report.; 7) BSDB-B-AA-00: Rev 2.0, Chapter 3.2.5.; 8) Closing Force Test Report.	Close	
HL-15	PHA-14 SSHA-23	- Wrong ESP Loop opening.	- MCU. - PG ESPR. - PG ESP.	- Improper organization and miss of V&V activities. - A failure of PG ESPR.	- RS not approach at enters a platform with the open PG. - Delay Departure of RS.	2	3	Y	1) Preventive maintenance. 2) Detection of the PG ESPR status. 3) Use of reliable parts. 4) Attachment of warning notice only in an emergency, Providing adequate training for proper use of the ESP.	2	5	B	NRT, Maintenance staff,	1) Not applicable. 2) P-S-WD-01-04-00-00. 3) TY083_GRP01-10-8RB931A-QNA1 Datasheet. 4) Not applicable. Provide in commissioning step.	Close	
HL-16	PHA-15 SSHA-24	- Wrong ESP Loop closing.	- MCU. - PG ESPR. - PG ESP.	- Improper organization and miss of V&V activities. - A failure of PG ESPR. - Wrong operation of PG ESP Bypass switch by Staff's misjudge.	- RS approach at platform with the open PG. - In this situation, a passenger may run into the open PG and be bumped into the entering RS.	4	3	Y	1) Preventive maintenance. 2) Detection of PG the ESPR status. 3) Use of reliable parts. 4) Application of Double Cut circuit. 5) Visual and audio alarm when operating the switch of PG ESP Bypass.	4	5	G	NRT, Maintenance staff,	1) Not applicable. 2) P-S-WD-01-04-00-00. 3) TY083_GRP01-10-8RB931A-QNA1 Datasheet. 4) P-S-WD-01-04-00-00. PD-K9-3000-B05-00. 5) BSDB-B-AA-00: Rev 2.0, Chapter 3.1.8.	Close	

Fig. 5 PSD Hazard Log

3.2 Safety 요구사항의 입증을 위한 활동

3.2.1 안전성 평가

PSD의 안전성 평가는 다음과 같은 분석도구를 사용했다.

(1) 예비 위험분석(Preliminary Hazard Analysis, PHA)

(2) 하부시스템 위험분석(Sub-System Hazard Analysis, SSHA)

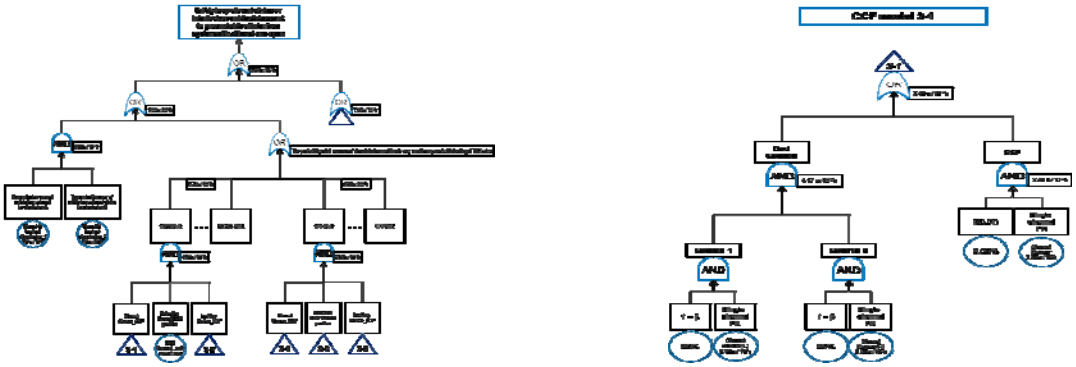

Fig. 6 PSD Fault Tree Analysis

(3) 인터페이스 위험분석(Interface Hazard Analysis, IHA)

(4) 운영 및 지원 위험분석(Operation & Support Hazard Analysis, O&SHA)

위 분석들을 통해 평가된 위험도는 경감대책들을 통해 허용 가능한 수준인 'G' 또는 'B'로 경감되어야 하며, 위험원 관리대장(Hazard Log, HL)으로 취합되어 추적 관리된다.

3.3.2 고장목 분석

고장목 분석(Fault Tree Analysis, FTA)은 시스템에 발생하는 중대한 고장이 어떤 원인에 의하여 발생하는지 분석하여 하나의 부품의 고장 원인까지 규명해 나가는 Top-Down 방식의 분석방법이다. 'D사' 의 요구사항 중 하나인 'Safety loop closed status or interlock override status sent to ground side of interface system with at least one open door.' 에 대한 FTA는 다음과 같다.

3.3 요구사항 입증 결과

위 활동을 통해 예측된 결과는 다음과 같이 요구사항을 모두 만족한다.

Table 5 Safety Integrity Level

	Target	Predicted	Meet Target?
Reliability	51428.6 hr	89118.6 hr	OK
Availability	99.99 %	99.99 %	OK
Maintainability	0.5 hr	0.1 hr	OK
Safety(SIL4)	SIL4	SIL4	OK

4. 국제기준에 따른 PSD 요구사항 및 안전관리 프로세스 적용 방안

4.1 요구사항 적용방안

본 논문에서 제시한 'D사' 의 요구사항은 IEC 61508에 기반한 RAMS 활동을 나타내고있다. 이는 PSD 발주자가 공급자에게 정량적이고 구체적인 RAMS 목표를 제시할 수 있는 Guide Line의 역할을 할 수 있을것으로 사료되며, SIL 입증 역시 주요 안전사고에 대해 명확한 SIL 수준의 목표를 명시하고 있기에 PSD의 설비의 안전성 및 신뢰성 수준을 높이는데 있어 참고자료로 사용될 수 있다.

4.2 안전관리 프로세스 적용방안

PSD 발주자가 제시한 요구사항에 대해 공급자는 이를 수행하고 입증해야 한다. 3장에서 제시한 입증 사례를 적용하여 PSD의 시스템 수명주기에 따른 RAMS 활동 및 안전관리 프로세스를 수행함으로써, 공급자는 PSD의 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성을 정량적 또는 정성적으로 예측할 수 있다. 또한 예측된 값이 요구사항을 만족할 때까지 부품 변경, 추가, 제거 등의 설계변경 활동을 통해 요구사항의 달성을 입증할 수 있다.

5. 결 론

'D사' 를 포함한 해외 발주자가 IEC 61508을 기반으로 제시한 요구사항 및 공급자의 입증 활동을 바탕으로 PSD 설비의 안전성과 신뢰성의 향상이 예측되었다. 이러한 PSD 발주 요구사항 및 기준이 국내에 적용된다면 PSD 설비의 고장 및 오작동을 줄일 수 있을것으로 예측되며, 이로 인한 안전사고의 발생빈도 및 결과의 심각도를 경감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

단, 발주자가 PSD 설비의 여러 특성들을 고려하지 않고 높은 수준의 요구사항을 제시한다면 공급자의 목표 달성이 어려울 수 있다. 향후 국내 PSD 발주시 요구사항의 국제기준 적용은 PSD의 형태, 수량 및 특성 등을 고려해야 하며, PSD 설비의 구체적인 요구사항의 기준 정의는 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] Patrick D. T. O'Connor, Andre Kleyner (2011) Practical Reliability Engineering – Fifth Edition, WILEY.

[2] IEC 61508-2 (2010) Functional safety of electrical/ electronic/ programmable electronic safety-related systems Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.

[3] Krishna B. Misra (2008) Handbook of Performability Engineering, Springer.

[4] Employer's Requirements Particular Specifications (2013) Design, Manufacture, Supply, Installation, Testing & Commissioning of Platform Gates.

[5] EN 50126 (1999) Railway Applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS).

[6] EN 50129 (2003) Railway Applications - Communications, signaling and processing systems - Safety related electronic systems for signaling.