

절연구간 자동통과 열차검지시스템 개발 및 성능시험

The Development on Train Detection System and Performance Testing on Automatic Changeover System in Neutral Section

한 문 섭* · 창 상 훈† · 신 명 철**
(M. S. Han · S. H. Chang · M. C. Shin)

Abstract - A neutral section is installed around feeding substation(SS) and sectioning post(SP) that M phase and T phase are isolated in AC feeding system. Electric Train under "Notch OFF" is operated by inertia within the neutral section. It causes disturbing the operation of electric trains for speed drop and driver's mistakes. A automatic changeover system with thyristor recently have taken under development. In the paper, it is introduced the configuration of train detection system and performance testing on automatic changeover system..

Key Words : Neutral section, Automatic switching, Train detection, Notch off

1. 서 론

일본에서는 속도향상을 목적으로 1964년 동해도 신간선에 진공차단기를 이용한 자동절체장치를 개발 사용하여 왔으나 진공차단기 투입시 돌입전류로 인한 문제점을 갖고 있다. 국내에서는 싸이리스터를 이용하여 절연구간 자동절체장치를 개발중에 있으며 돌입전류에 대한 문제를 해결하고 개발을 진행중에 있다[1-3].

절연구간 자동전원절체 통과시스템은 절연구간내 전원을 절체하는 전원절체 개폐장치와 열차를 검지하여 개폐장치에 절체신호를 보내주는 열차검지장치로 구성되어 있다. 열차검지장치와 전원절체 개폐장치는 Hard Wire로 절체신호를 송수신하고 CAN통신으로 장치간 상태 및 필요한 정보를 인터페이스한다. 자동전원절체 통과시스템의 동작원리는 정방향을 기준으로 봤을때 기본상태는 개폐기A가 ON 상태로 절연구간에 M상이 전원 가압되어 있다가 열차가 ZONE1을 통과하는 순간 개폐기A는 OFF, 개폐기B가 ON이되어 T상으로 전원이 절체되고 열차가 ZONE2에 통과하면 다시 기본상태로 돌아간다. Table 1은 정방향과 역방향에 대하여 열차검지에 따른 개폐기의 동작상태를 보여준다. 개폐기의 초기상태는 개폐기A ON, 개폐기B는 OFF이다. 정방향을 기준으로 봤을 때 ZONE 1은 열차가 절연구간에 들어가는 구간이고 ZONE 2는 열차가 절연구간을 이탈하는 구간이다. 역방향은 이와 반대로 ZONE 2가 열차가 절연구간을 들어가는 구간이고 ZONE 1이 절연구간을 이탈하는 구간이다[4,5].

본 논문에서는 절연구간 자동전원절체 통과시스템 개발을 위하여 개발한 열차검지장치의 시스템을 및 열차검지 방법에 대하여 소개하고 현장시험에 앞서 열차검지장치의 성능

을 확인할 수 있는 시험절차와 실제 열차를 투입하지 않고 열차검지기를 테스트하는 방법을 제안하여 그 성능을 확인하는 것이 목적이다.

표 1 싸이리스터 동작

Table 1 Operation of thyristor switch

구 분	ZONE1		ZONE2	
	개 폐 기 A	개 폐 기 B	개 폐 기 A	개 폐 기 B
열차 정방향	OFF	ON	ON	OFF
열차 역방향	OFF	ON	ON	OFF

2. 열차검지장치

절연구간 자동전원절체 통과시스템 개발에서 가장 중요한 요소 중 하나는 정확하게 열차를 검지하는 것이다. 이러한 열차검지의 신뢰성을 확보하기 위해 본 장치에서는 Fig. 1과 같이 한 레일에 열차검지기를 3중화하였고 시스템의 안정성을 높이기 위해 양쪽 레일에 시스템을 2중화하여 열차를 검지를 수행한다.

2.1 열차검지장치의 구성

열차검지장치는 열차를 검지하는 열차검지기와 전원절체 개폐장치간 통신을 위한 인터페이스 장치로 구성된다. 열차검지장치의 시스템 System1과 System2로 이중화로 구성되어 HOT Standby 방식으로 설계하여 메인 시스템인 System1이 고장 발생시 자동으로 System2로 된다.

2.2 열차 검지기

열차검지기는 열차의 휠을 자기장을 이용하여 검지하며

† Corresponding Author : Korea Railroad Research Institute
E-mail : shchang@krii.re.kr

* Korea Railroad Research Institute

** Dayon System Co. Ltd.

Received : January 31, 2013; Accepted : February 14, 2013

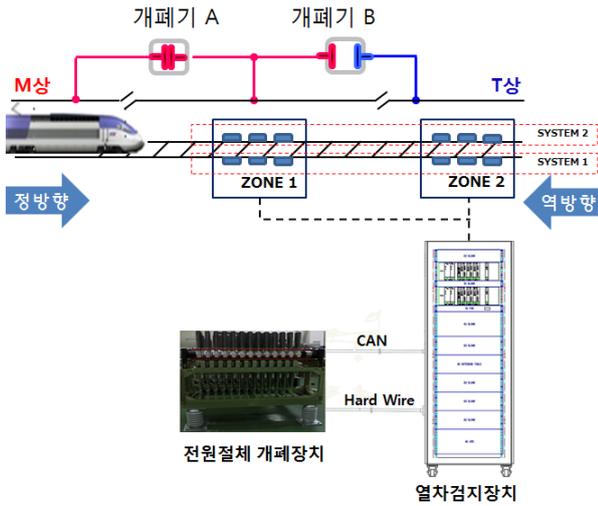


그림 1 자동통과시스템
Fig. 1 Automatic changeover system

Fig. 2와 같이 내부에 2중으로 검지센서가 구성되어 있으며, 절연구간에 진출입하는 열차의 휠을 검지하여 정상적인 신호일 때 인터페이스용 보드에 신호를 전달한다. 열차검지기 와 인터페이스 보드 사이에는 검지신호증폭기(Buffer Amplifier)가 존재하여 검지기로 부터 입력되는 신호를 증폭하여 절연구간에 진출입하는 열차를 실제로 감지하는 역할을 한다. 열차검지의 원리는 Fig. 3과 같이 검지센서가 Wheel Flange를 감지하면 센서 내부의 L과 C 성분이 이루고 있는 공진주파수에 변화를 주어 출력전압인 U_a 값이 작아지는 현상을 이용한다. 하나의 열차검지기로는 열차의 방향과 속도 정보를 획득할 수 있다[6,7].

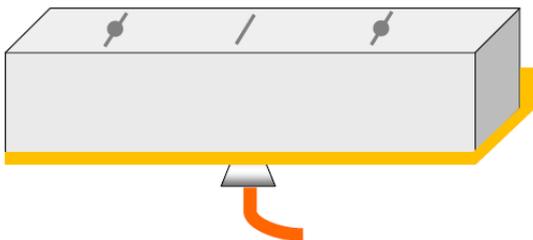


그림 2 이중휠센서
Fig. 2 Double Wheel Sensor

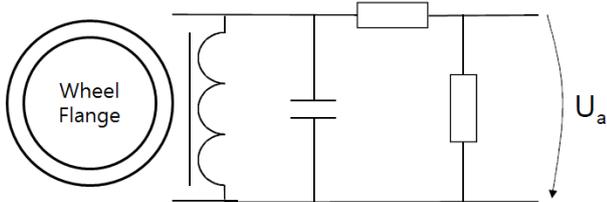


그림 3 휠검지 원리
Fig. 3 Principle of wheel detection

2.3 열차검지 인터페이스 장치

2.3.1 전자랙

전자랙은 열차검지장치의 주요한 역할을 수행하며 큐비클에 2개의 전자랙이 설치되어 있으며 각 전자랙의 구성요소는 아래와 같다.

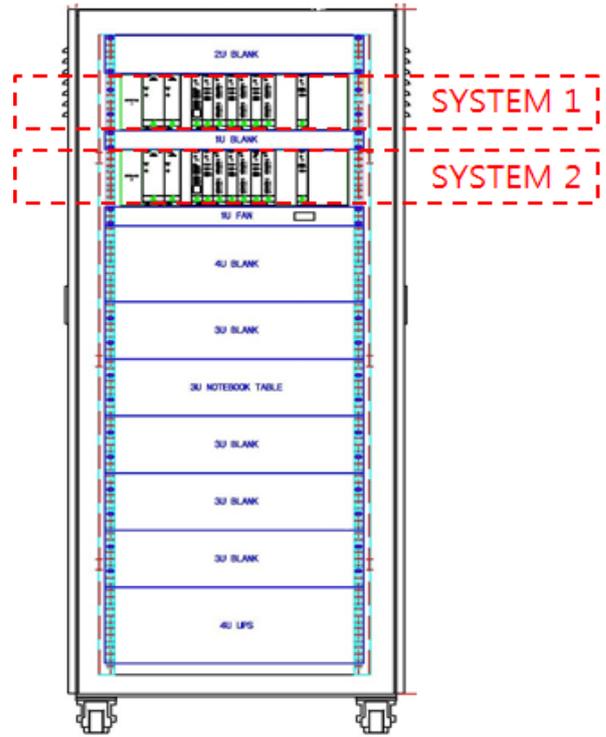


그림 4 열차검지장치
Fig. 4 Train detection equipment

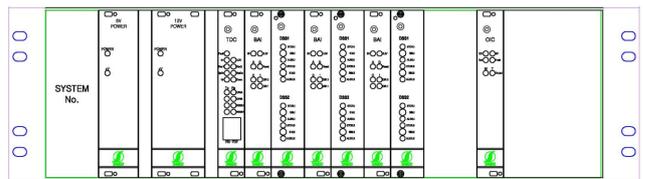


그림 5 열차검지모듈
Fig. 5 Train Detection Module

- TDC(Train Detect Controller) : 열차 검지 컨트롤러 이중 CPU구조로 이루어져 있으며 기능요소의 핵심 카드로 상위 시스템과 연동 하위 장치로부터 데이터를 수집, 연산하는 주요 기능을 수행한다.
- BA(Buffer Amplifier) : 검지 신호 증폭기 검지기로부터 입력되는 신호를 증폭하며, 절연구간에 진출입하는 열차를 실제 감지하는 역할을 수행한다.
- BAI(Buffer Amplifier Interface) : 검지 신호 증폭기 인터페이스 카드
- BA 카드에서 출력되는 신호를 연산하여 TDC로 신호를 전달하는 연결을 수행한다.

- OIC(Output Interface Card) : 출력 인터페이스 카드
TDC로부터 연산된 결과를 받아 상위 시스템에 신호를 전달하는 연결을 수행한다.
OIC보드는 System1에만 설치되어 있어 하나의 OIC보드를 공유한다.
- PSC(Power Supply Card) : 전원 공급 카드
전차량의 구성요소에 필요한 전원을 공급하는 역할을 수행한다.
- Mother Board : 인터페이스 연결 보드
전차량의 구성요소들의 인터페이스 연결하는 역할을 수행한다.

2.4 알고리즘

2.4.1 열차검지 확인 결정

정확한 열차검지를 위하여 하나의 검지기에서 4개 이상의 열차 휠을 카운트하면 열차로 판별한다. 한량의 열차는 대개 두개의 bogie(보기)에 각각 두개의 휠을 갖게되어 한량의 열차의 휠 개수를 성공적으로 검지하면 열차로 인식하게 된다.

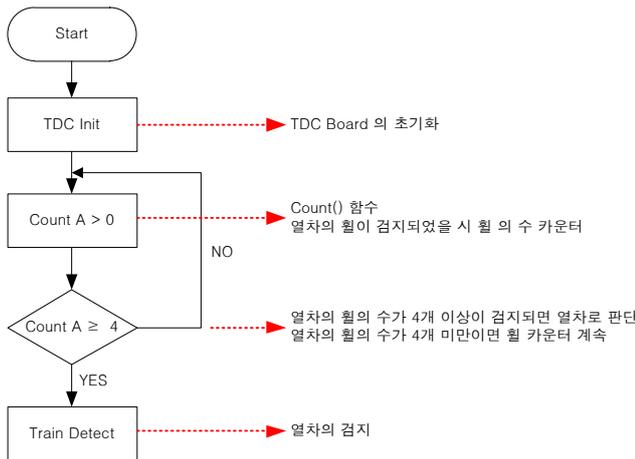


그림 6 열차검지
Fig. 6 Train detect

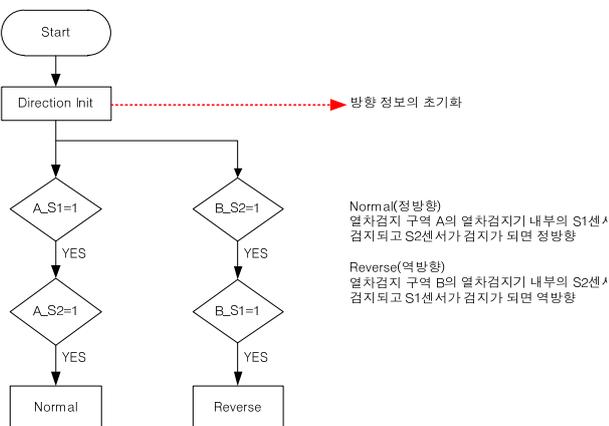


그림 7 열차방향결정
Fig. 7 Direction determination

2.4.2 검지구역 접근 방향의 결정

대체적으로 국내의 열차는 좌측통행을 원칙으로 하나 복선인 경우 한 선로를 사고 등의이유로 열차가 운행하지 못하게 되면 한 선로를 열차가 양방향으로 운행하게 된다. 따라서 자동통과시스템에서는 양방향 열차운행을 고려하여야 하여야 한다. 열차검지기에서 열차의 정방향과 역방향을 정하는 방법은 열차검지기 내부의 센서 중 하나를 S1 다른 하나를 S2라고 설정하고 열차검지 신호가 S1부터 검지되고 S2가 다음에 검지되면 방향 정보를 열차 접근방향을 정방향이라하면 S2부터 검지되고 S1이 다음에 검지되면 역방향으로 인식한다.

2.4.3 정방향/역방향 통과 열차의 확인

열차검지기로부터 열차를 검지 및 방향 정보를 확인하였다면 다음으로는 열차검지 구역(ZONE)에 대한 정보가 필요하다. 열차검지 구역은 ZONE A와 ZONE B가 있다. 정방향을 기준으로 봤을 때 열차가 ZONE A를 통과하면 M상에서 T상으로 절체신호를 전원절체 개폐장치로 보내어 공급전원을 절체하고 열차가 ZONE B를 통과하면 다시 초기상태로

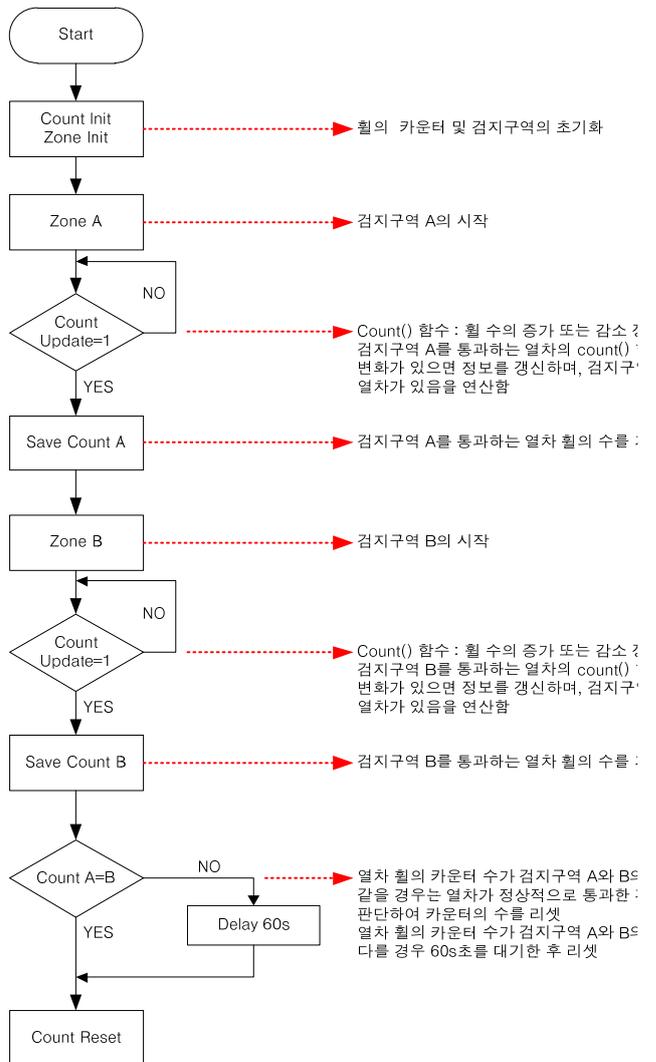


그림 8 정방향 운전
Fig. 8 Forward pass

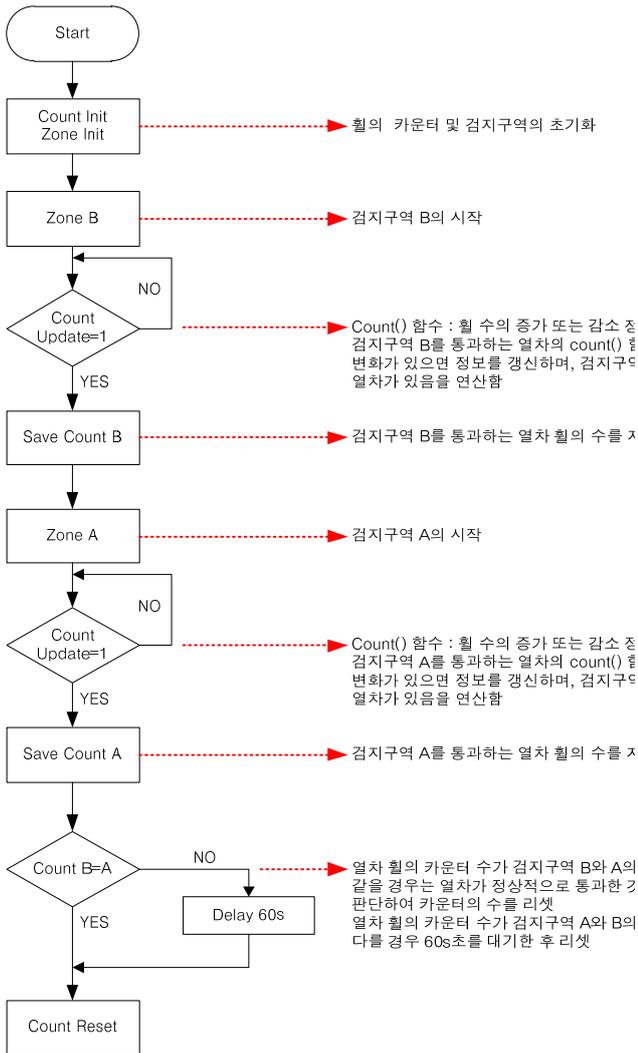


그림 9 역방향 운전
Fig. 9 Reverse pass

돌아간다. 하지만 열차가 ZONE A를 통과하고 ZONE B를 통과하는 신호가 없다면 열차는 아직 절연구간 안에 열차가 존재한다고 판단하여 전원을 절체하면 안된다. 그래서 정방향을 기본으로 봤을 때 열차가 확실하게 ZONE A와 ZONE B 두 곳을 통과하였는지 확인하기 위해 ZONE A에서 검지된 열차 휠의 카운트수와 ZONE B에서 카운트된 열차 휠의 수가 같아야지만 정상적으로 열차가 절연구간을 통과하였다고 판별한다.

3. 성능 확인 시험

성능 확인 시험은 개발된 열차검지장치의 성능을 확인하고 현장설치의 적합성을 확인함을 목적으로 하고 있으며, 시험 항목은 동작시험, 검지기시험, Hot Standby 시험, System 고장 시험으로 구성되었다.

시험은 현장이 아닌 실내에서 이루어지기 때문에 열차 대신 열차검지기가 열차로 인식할 수 있도록 코일을 감아 검지기 위에 올려 임의적인 Train Signal를 주는 방법으로 시

험을 하였으며, 결과를 육안으로 확인하기 위해 전자랙에 설치된 LED로 표시하는 방법을 사용했다. Fig. 10은 시험 구성도 이다.

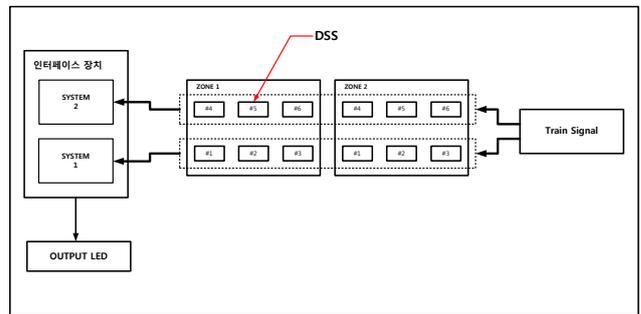


그림 10 열차검지장치시험구성
Fig. 10 Train detection equipment test configuration

3.1 동작 시험

동작 시험은 열차의 검지구역과 방향정보, Hard Wire 출력 값을 확인하는 시험이다. 정방향은 초기전원 M상이 투입되어 있고 ZONE1에서 열차가 검지가 되면 전원은 M상에서 T상으로 전환되고, ZONE2에서 열차가 검지되면 전원은 T상에서 M상으로 전환된다. 역방향은 초기전원 M상이 투입되어 있고 ZONE2에서 열차가 검지가 되면 전원은 M상에서 T상으로 전환되고, ZONE1에서 열차가 검지가 되면 전원은 T상에서 M상으로 전환된다.

표 2 동작 시험

Table 2 Operation test

종 류	설명	기준치	비고	
검지구역	정방향	ZONE 1	T상으로 전환	출력신호 Level에 준함
		ZONE 2	M상으로 전환	
	역방향	ZONE 2	T상으로 전환	
		ZONE 1	M상으로 전환	
	정방향→	→ZONE 1	T상으로 전환	
		ZONE 1→	M상으로 전환	
역방향→	ZONE2	T상으로 전환		
	ZONE2	M상으로 전환		
방향 정보	정방향	10(2)		
	역방향	01(2)		
출력	M상	OIC M상 ON	유지	
	T상	OIC T상 ON	유지	

3.2 검지기 시험

열차의 휠을 검지 모의하기 위해 Fig. 11, 12와 같이 검지기 위에 코일을 감아 코일에 전류를 흘려 검지기 내부에서 이루고 이는 공진을 파괴하는 현상을 이용하여 검지기 시험을 실시하였다. 열차검지기는 ZONE 1에 6개, ZONE 2에 6개 총12개의 검지기가 열차를 검지한다. 각 ZONE의 검지기 3개씩 System에 연결되어 있으며 3개의 검지기중 2개이상의 검지기에서 검지신호가 발생하면 열차로 인식하여 신호

를 보낸다. 검지기가 정상 연결되면 BRKDN LED는 모두 OFF되어야 하고 각각 검지기에 대하여 동작이 되는지 동작 여부를 체크하면 OUT LED에 점등되어야 한다. 하나의 ZONE에서 3개의 검지기중 2개이상의 검지기에서 검지신호가 발생하면 열차로 인식하고 1개 이하의 신호가 검지되면 열차로 판별하지 않고 fault 신호를 보낸다. Table 3은 검지기 시험을 테스트 항목이다.

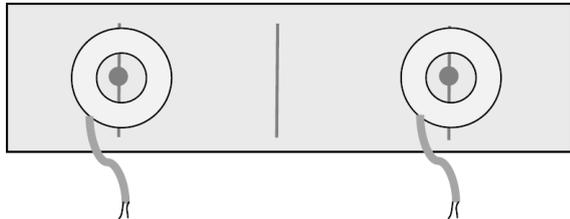


그림 11 이중휠센서의 시험방법
Fig. 11 Test method of double wheel sensor



그림 12 시험 모의코일
Fig. 12 Simulator coil for testing

표 3 이중휠센서시험
Table 3 Double wheel sensor test

종류	설명	기준치	비고
검지기 동작 시험	ZONE 1. DSS1	SYSTEM 1	BRKDN I OFF 정상시
		BA 1. DSS1	OUT I ON 검지시
	ZONE 1. DSS2	SYSTEM 1	BRKDN I OFF 정상시
		BA 2. DSS1	OUT I ON 검지시
	ZONE 1. DSS3	SYSTEM 1	BRKDN I OFF 정상시
		BA 3. DSS1	OUT I ON 검지시
	ZONE 1. DSS4	SYSTEM 2	BRKDN II OFF 정상시
		BA 1. DSS2	OUT II ON 검지시
	ZONE 1. DSS5	SYSTEM 2	BRKDN II OFF 정상시
		BA 2. DSS2	OUT II ON 검지시
	ZONE 1. DSS6	SYSTEM 2	BRKDN II OFF 정상시
		BA 3. DSS2	OUT II ON 검지시
	ZONE 2. DSS1	SYSTEM 1	BRKDN I OFF 정상시
		BA 1. DSS1	OUT I ON 검지시
	ZONE 2. DSS2	SYSTEM 1	BRKDN I OFF 정상시
		BA 2. DSS1	OUT I ON 검지시
	ZONE 2. DSS3	SYSTEM 1	BRKDN I OFF 정상시
		BA 3. DSS1	OUT I ON 검지시
ZONE 2. DSS4	SYSTEM 2	BRKDN II OFF 정상시	
	BA 1. DSS2	OUT II ON 검지시	
ZONE 2. DSS5	SYSTEM 2	BRKDN II OFF 정상시	
	BA 2. DSS2	OUT II ON 검지시	
ZONE 2. DSS6	SYSTEM 2	BRKDN II OFF 정상시	
	BA 3. DSS2	OUT II ON 검지시	

3.3 HOT Standby 시험

열차검지장치의 시스템은 2중으로 설계되어 있으며 정상 상태에서는 System1이 동작상태, System2는 대기모드로 있다. System1에서 고장이 발생하면 HOT Standby 모드로 System2로 전환되어 시스템이 동작한다.

표 4 핫스텐바이시험

Table 4 Hot standby test

종류	설명	기준치	비고
전환 동작 시험	정상상태	SYSTEM1	동작
		SYSTEM2	대기
	System 1 고장 시	SYSTEM1	제외
		SYSTEM2	동작
	System 2 고장 시	SYSTEM1	동작
		SYSTEM2	제외

3.4 System 고장 시험

System 고장 시험은 정상상태의 동작상태를 확인하고 고의적으로 시스템과 검지기에 고장신호를 발생하였을 때 고장을 감지하여 고장 출력을 보내가 확인하는 시험이다. 기준치의 정상 값은 시스템이 정상적으로 동작하는데 이상이

표 5 시스템고장시험

Table 5 System fault test

종류	설명	기준치	비고
SYSTEM 고장 시험	SYSTEM 1	고장 없음	정상
		ZONE1, #1 고장	정상
		ZONE1, #2 고장	정상
		ZONE1, #3 고장	정상
		ZONE2, #1 고장	정상
		ZONE2, #2 고장	정상
		ZONE2, #3 고장	정상
		ZONE1, #1, #2 고장	제외
		ZONE1, #1, #3 고장	제외
		ZONE1, #2, #3 고장	제외
		ZONE2, #1, #2 고장	제외
		ZONE2, #1, #3 고장	제외
	SYSTEM 2	고장 없음	정상
		ZONE1, #1 고장	정상
		ZONE1, #2 고장	정상
		ZONE1, #3 고장	정상
		ZONE2, #1 고장	정상
		ZONE2, #2 고장	정상

없다는 표시고 제외는 시스템을 고장으로 인식하여 고장신호를 출력한다.

4. 결 론

절연구간 자동통과시스템은 이상의 전원이 인접한 구간에 절연구간을 설치하여 무전압으로 전기차가 운행하던 방법을 일반구간에서와 동일하게 운영을 할 수 있도록 하는 시스템이다. 무전압으로 전기차가 운행하게 되면 기관사의 수동조작에 의한 실수와 속도저하를 방지 할 수 있어 차량의 운행 신뢰성을 도모할 수 있다.

본 논문에서는 절연구간 자동전원절체 통과시스템 개발에서 개발된 열차검지장치를 소개하였고 본 장치의 성능을 확인하기 위한 시험 방법을 제시하였다. 시험은 동작시험, 검지기 시험, Hot Standby 시험, System 고장 시험을 실시하여 열차검지장치의 성능 평가를 실시할 예정이다. 현재 대불선 용포리SSP에 전원절체 개폐장치와 열차검지장치가 설치되어 전체 시스템의 시험이 진행될 예정이며, 본 논문에서 제시한 열차검지 방법의 성능을 확인할 수 있을 것으로 보인다. 향후 이에 대한 시험결과 및 신뢰성 분석에 대한 연구가 진행되어야 하겠다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도개발사업으로 수행되었습니다.

References

- [1] Han Moonseob, "Automatic changeover system in neutral section" Railroad Webzine, No 56, Korea Railroad Technology
- [2] Kohji AJIKI, Yoshifumi MOCHINAGA, Tetsuo UZUKA, Eiichi MATSUMIYA and Yuji Fuzita, "Analysis of the Phenomenon Associated with the Short Circuit of ShinKansen Changeover Switch and Development of net Type Protective Relay", Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan. Vol.122 B; NO4, pp.498 505, 2002
- [3] Electric Railway Handbook, Corona, pp. 546 548, 2007
- [4] KORAIL, "Technology development on automatic changeover system in neutral section with energized condition of electric railway catenary system", KORAIL, 2008
- [5] D.U. Jang, "Study on configuration of automatic changeover system for electric railway neutral section", KIEE, pp. 225 257. 2010
- [6] Tiefenbach, Double Wheel Sensor, <http://www.tiefenbach.com>.
- [7] EN50238, "Railway applications compatibility between rolling stock and train detection system", 2008

저 자 소 개



한 문 섭

1964년 12월 26일생. 1987년 인하대학교 전기공학과 졸업. 1989년 인하대학원 전기공학과 기기 및 제어전공 졸업(공학석사). 1989년-1994년 국방과학연구소 근무. 2013년 현재 한국철도기술연구원 책임연구원 근무

Tel : 031-460-5420

E-mail : mshan@krri.re.kr



창 상 훈

1961년 3월 28일생. 1982년 한국철도대학교 철도전기와 졸업. 1992년 연세대 산업대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2002년 홍익대학원 전기정보제어공학과 졸업(공학박사) 2013년 현재 한국철도기술연구원 수석연구원, 한국교통대학교 대학원 겸임교수

Tel : 031-460-5419

E-mail : shchang@krri.re.kr



신 명 철

1968년 9월 20일생. 1996년 한국해양대학교 기관공학과(공학석사). 2000년 한국해양대학원 기관공학과(공학박사) 2013년 현재 대연시스템(주) 부설연구소장

Tel : 031-211-9891

E-mail : mcshinkr@daum.net