

# 부산도시철도 차량용 검수설비 자체 개발 사례 연구

## The case study on vehicle inspection equipment developed by Busan Urban railroad

김 심 인 †  
Shim-In Kim

---

### ABSTRACT

Urban railroad is the central axis of public transportation which transport the citizens quickly and safely. The idea of the maintenance of urban railroad cars is preventive maintenance aiming at breakdown prevention, and it should be performed conforming to the fixed regulations and maintenance guide. The accuracy of maintenance and the punctuality of rolling stock operation could be secured by reliable inspection equipments. In this study, a scientific maintenance and safe operation of rolling stocks & a method of improving work efficiency will be examined through the case that Busan Urban Railroad has developed its own vehicle inspection equipment and has been making good use of it.

---

### 국문요약

도시철도는 시민을 빠르고 안전하게 수송하는 대중교통의 중심축이다. 도시철도차량의 유지보수는 고장 방지를 위한 예방정비의 개념이며 정해진 규정과 정비지침에 따라 시행되어야 한다. 신뢰성 있는 검수설비는 유지보수의 정확성과 전동차 운행의 정시성을 보장할 수 있다. 부산도시철도 전동차 검수용 검수설비를 자체 기술로 개발하여 활용한 사례 연구를 통해 유지보수 과학화와 전동차 안전운행 및 업무 효율 향상 방법을 고찰하고자 한다.

## 1. 검수설비 제작 배경

전동차 주요장치에 장애가 발생할 경우 직접적으로 승객들에게 불편을 초래하거나 운행에 지장을 주게 된다. 부산 도시철도 3호선의 경우 중수선은 2호선 차량기지인 호포차량사업소에서 시행하고 경수선은 3호선 대저차량사업소에서 시행하고 있다. 대저차량사업소에서는 해당 장치를 시험할 수 있는 시험기가 갖추어져 있지 않아 현차 시험에만 의존하여야 하므로 직접적인 전동차 접촉으로 인한 안전사고 발생과 고장 원인 분석 및 처치에 어려움이 있어 시험기를 자체 기술로 제작하게 되었다.

## 2. 검수설비 자체 제작

### 2.1 출입문 시험기

#### 2.1.1 목 적

부산 도시철도 3호선 전동차용 출입문 시험기를 자체 기술로 제작하여 검수에 활용함으로써 출입문 장치에 장애가 발생할 경우 정확한 고장진단과 신속한 조치로 출입문 정비를 효율적으로 시행하고 예방검수를 통하여 전동차 안전운행 기여하고자 함.

#### 2.1.2 구성 및 기능

---

† 책임저자 : 정희원, 부산교통공사, 대저차량사업소, 대리  
E-mail : blackrain@humetro.busan.kr  
TEL : (051)979-0123 FAX : (051)979-0127

○ 구성

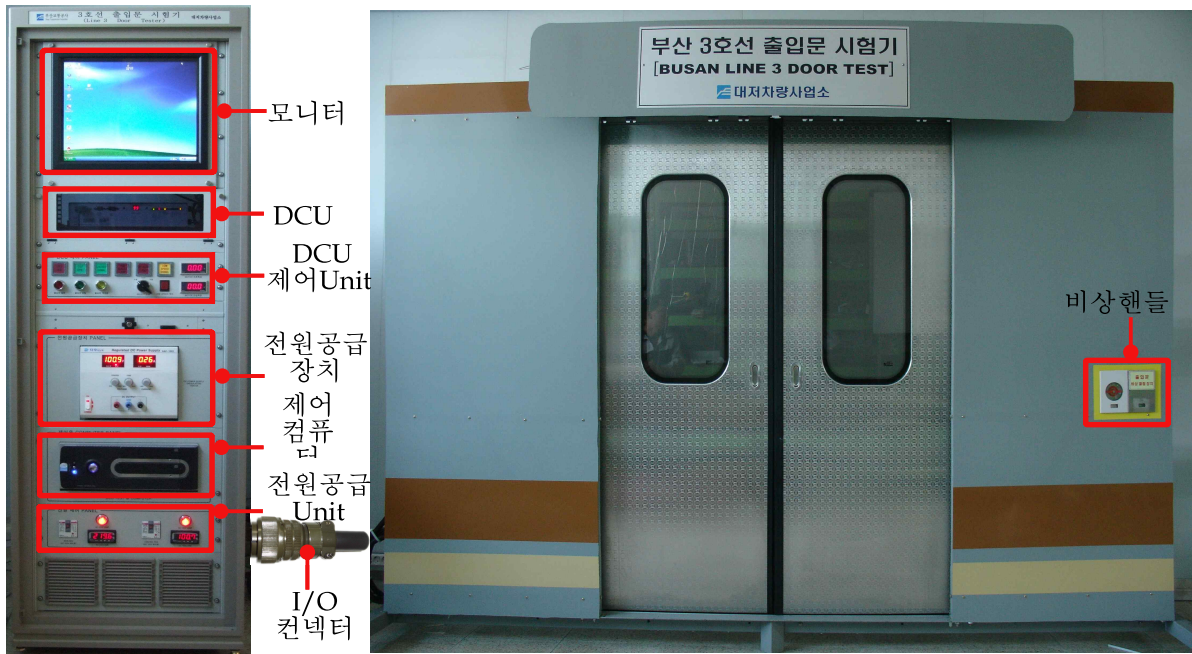


그림 1 출입문시험기 구성도

○ 기능

- 모니터/제어컴퓨터 : 제어부는 컴퓨터시스템으로 구성하였으며 각 시험 항목별 시험 진행을 프로그램에 의하여 RS-232통신으로 Data의 전송 및 시험을 순차적으로 실행하고, 시험결과를 화면에 현시 및 저장하며, 그 결과를 리포트로 출력
- DCU 제어 Unit : 출입문을 제어하는 것으로 출입문 닫힘, 열림 상태를 현시



그림 2 DCU 제어 Unit

- ① 출입문 개·폐 조작 및 개·폐 상태 램프 확인
  - ② 비상핸들 조작스위치 작동상태 램프 확인
  - ③ LOCKED SIGNAL : 각각의 출입문 닫힘 신호
  - ④ SELECT S/W : 시험 선택 스위치(자동/TEST/수동)
  - ⑤ 출입문 모터 동작 전압·전류 상태 확인
- 전원공급장치 : AC220V를 입력받아 70V~DC100V 제어전원으로 변환하여 시험장치에 공급
  - 전원공급 판넬 : 시험기에 전원을 공급하고 장비보호 목적으로 설치되어 있고 하부에 설치되어 있는 빈틸레이터 PANEL은 랙 내부에서 발생하는 열을 환기
  - I/O 컨넥터 : 랙과 구동장치 및 비상핸들간의 전원 및 통신 연결을 위한 장치
  - 출입문 취부대 : 철판과 형강의 용접구조로 설계, 제작하였으며 특성시험을 위하여 실제 3호선 전동차에 사용 중인 출입문 및 비상핸들을 장착하여 시험할 수 있도록 제작
  - DCU취부 PANEL : 출입문을 제어하는 장치로서 출입문의 동작 상태를 현시하고 고장이

발생할 경우 고장정보를 LED 세그먼트에 현시하고 통신을 통하여 출입문 상태를 사용자가 알기 쉽도록 하여 준다.

### 2.1.3 프로그램 구성 및 기능

#### ○ 구성 및 기능

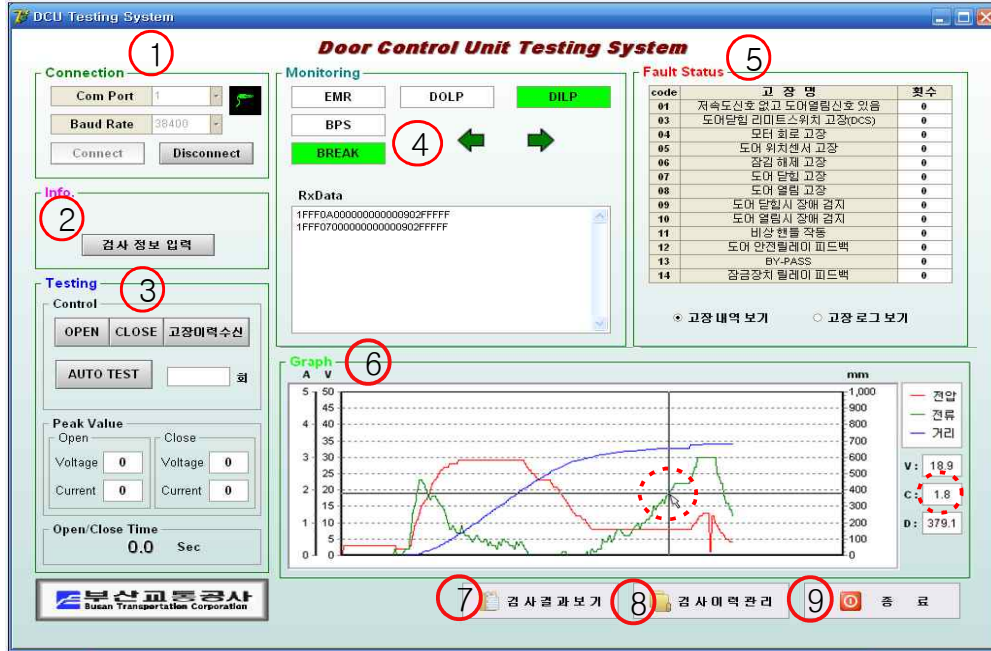


그림 3 출입문시험기 프로그램 화면

- ① Connection : 컴퓨터와 DCU의 통신연결 상태를 표시
- ② Info : 편성번호, 차호, 출입문의 위수 및 DCU정보를 입력하는 부분
- ③ Testing
  - OPEN, CLOSE : 수동/TEST시험시 출입문 개·폐시 사용.
  - 고장이력수신 : 고장내역을 확인하고자 할 경우 사용
  - [ ] 회 : TEST시험시 사용자가 열림/닫힘 횟수를 지정
  - AUTO TEST : 횟수를 지정한 후에 클릭하면 지정한 횟수만큼 동작
- ④ Monitoring : 비상행들조작, 열림/닫힘, 바이패스 및 출입문 정지동작 시 램프가 점등되며, 수동 및 TEST시험시 송수신Data를 확인할 수 있는 부분이다. 출입문의 동작방향을 화살표로 표시
- ⑤ Fault State
  - 고장내역보기 : DCU에 내장된 고장이력 현시
  - 고장로그보기 : Testing란에 고장이력 수신을 클릭한 후에 클릭하면 화면에 고장 상세 내역이 현시
- ⑥ Grape : 출입문 열림/닫힘 시 전압, 전류 및 거리를 그래프로 표시
- ⑦ 검사결과보기 : 저장되어 있는 시험결과를 확인하는 부분
- ⑧ 검사이력관리 : 저장되어 있는 시험성적 확인하는 부분
- ⑨ 종료 : 시험을 끝내기 위한 부분

### 2.1.4 시험내용

- 시험종류 : 수동시험 / 자동시험 / TEST시험
  - 수동시험 기능 : 현차와 동일한 조건으로 시험이 가능
  - 자동시험 기능 : 지정된 횟수만큼 작동하고 시험결과를 자동 저장
  - TEST 기능 : 타이머에 의한 연속적인 개폐시험

### 2.1.5 기대효과

- 3호선 출입문장치 초기검수의 문제점 해결 : 3호선(전기식 도어) 출입문장치는 1·2호선(공기식)과 다른 시스템으로 초기검수에 따른 많은 문제점이 있었으나, 출입문 시험기를 자체 기술로 제작하여 활용함으로써 검수의 문제점이 해소되었음
- 검수의 기술능력 및 신뢰성과 작업 능률 향상 : 출입문장치 시험기 제작을 통한 검수의 기술 능력 향상과 작업능률 향상
- 안전운행 확보 : 출입문 시험기를 출입문 관련 고장과 예방 정비에 활용함으로써 고장원인의 신속하고 정확한 진단으로 출입문 고장을 미연에 방지하고 전동차 안전운행에 만전을 기할 수 있음.

## 2.2 추진장치 시험기

### 2.2.1 목 적

부산도시철도 3호선 전동차 추진장치 시험기를 자체 기술로 제작하여 전동차 검수에 활용함으로써 추진장치에 장애가 발생할 경우 정확한 고장진단과 신속한 조치로 추진장치 정비를 효율적으로 시행하고 예방검수를 통하여 전동차 안전운행에 만전을 기하기 위함.

### 2.2.2 구성 및 기능

- 구성



그림 4 VVVF 시험기

○ 기 능

- 모니터 Unit : 시험 진행 및 상태를 모니터링 하고 시험결과를 확인
- VVVF 제어기(이하 CCU)/OPTIC Unit : CCU 연결 및 OPTIC 신호선의 이상 유무를 확인하고 CCU가 정상적으로 광 Module을 제어하는지를 확인
- I/O(입, 출력) Connector Unit
  - ① CCU의 상태를 RS-232를 통하여 시험용 컴퓨터로 전송
  - ② DC +5V, +15V, -15V, 24V 전원을 CCU에 연결
  - ③ CCU MON, SEN, DIO Board의 입, 출력을 연결
  - ④ GDU에 DC100V 전원 공급 및 제어, 고장 신호를 입, 출력
- Key Board Unit : 제어용 컴퓨터를 제어하고 모니터 상에서 시험 진행을 할 수 있게 보조하는 기능
- 전원공급제어 Unit : AC 220V 및 DC 100V 전원을 시험 장치에 공급하고 전압계를 통하여 현시하며, 시험기의 전원 이상이 발생할 경우 장비를 보호
- SLC(Sequence Logic Control 이하 SLC) 및 HDLC Unit : 제어용 PC와 LAN 및 HDLC(High Data Level Link Control 이하 SLC)로 연결 되며 CCU MON, SEN, DIO Board를 제어하는 기능
- 제어용 Computer Unit : 시험기의 전반적인 제어 및 시험결과의 저장, 출력을 담당하는 기능.
- 전원공급장치 Unit : AC220V를 입력받아 DC100V 제어전원으로 변환하여 시험장치에 공급

2.2.3 보조전원장치 시스템 개략도



2.2.4 프로그램 구성 및 시험내용

○ 구성 및 시험내용

- 초기화면 : 바탕화면의 VVVF Tester 아이콘을 더블클릭하면 3호선 1단계 VVVF시험기 운용 프로그램의 시험시작, 결과조회, 종료 화면이 표시 되며, 시험시작 버튼을 클릭하면 전체시험을 제어 및 모니터링 할 수 있는 VVVF CCU TEST(시험진행) 화면으로 이동된다.



그림 6 VVVF시험기 시작 화면

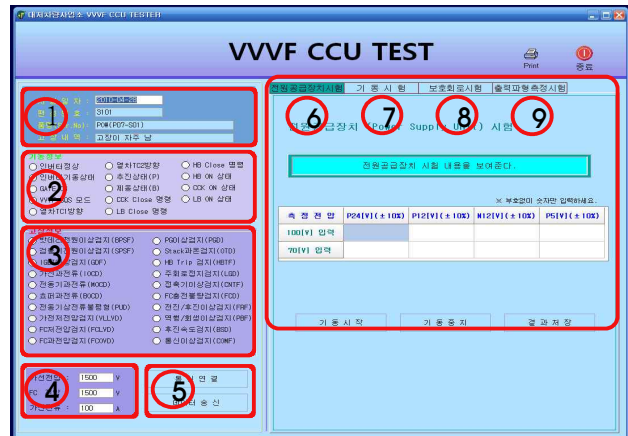


그림 7 VVVF시험기 시험화면

- ① 기본정보 입력화면 : 시험일자는 자동으로 생성되며 편성번호, Ser No, 고장내역을 입력 (시험을 진행하면 입력내용은 자동저장)
- ② 기동정보 화면 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU의 정상적인 기동 및 시험시 기동정보를 모니터링
- ③ 고장정보 화면 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU의 정상적인 기동 및 시험시 고장정보를 모니터링
- ④ 가선상태 화면 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU의 정상적인 기동 및 시험시 가선상태를 모니터링
- ⑤ 통신연결 화면 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU의 정상적인 기동 및 시험시 RS-485 통신을 수동으로 접속(시험이 정상적이라면 자동으로 설정되어 시험을 진행)
- ⑥ 전원공급장치시험 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU를 기동하고, CCU의 전원입력부에 100[V], 70[V]를 입력하여 BS-SPW, BS-PWR Board에서 출력되는 전압을 측정
- ⑦ 기동시험 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU를 기동하고 전동차의 일반운전 모드(Nomal Mode)와 TEST Mode를 시험한다. 외부에서 고장조건을 입력하지 않고 정상 기동상태를 확인(결과는 자동저장)
- ⑧ 보호회로시험 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU를 기동하고 고장 조건을 외부에서 입력하여 기준값을 확인, 보호항목은 크게 시스템 보호동작과 IGBT 보호동작으로 구성(시험항목은 총 22개 항목)
- ⑨ 출력과형측정시험 : VVVF CCU와 HDLC Board간의 RS-485 통신으로 CCU를 기동하고 외부에서 IGBT를 연결, 출력과형을 측정하여 ON / OFF 피크값을 확인

## 2.2.5 결과조회 및 출력하기

바탕화면의 VVVF Tester 아이콘을 더블클릭하면 3호선 1단계 VVVF시험기 운용프로그램의 시험시작, 결과조회, 종료 화면이 표시되며 결과 조회 버튼을 클릭하면 년도별, 월별 시험결과 조회 및 출력이 가능

## 2.2.5 기대효과

- 검수의 신뢰성과 작업 능률 향상 : 다양한 조건에서 특성을 연구·분석하여 고장의 원인을 정확하게 판단할 수 있어 검수의 신뢰성 확보와 작업능률 향상

- 기술 능력 향상 : 주요장치에 대한 특성을 보다 깊이 있게 이해하고 분석할 수 있어 직원들의 검수의 능력 향상
- 안전운행 확보 : 추진장치 시험기를 추진장치 관련 고장과 예방정비에 활용으로서 고장원인의 신속하고 정확한 진단으로 추진장치 고장을 미연에 방지하고 전동차 안전운행에 만전을 기할 수 있음.
- 예산절감

## 2.3 보조전원장치(SIV) 시험기

### 2.3.1 목 적

부산 도시철도 3호선 전동차용 보조전원장치(SIV) 시험기를 자체 기술로 제작하여 전동차 검수에 활용함으로써 보조전원장치 장애발생시 정확한 고장진단과 신속한 조치로 보조전원장치 정비를 효율적으로 시행하고 예방검수를 통하여 전동차 안전운행에 기여하고자 함.

### 2.3.2 구성 및 기능

- 구 성

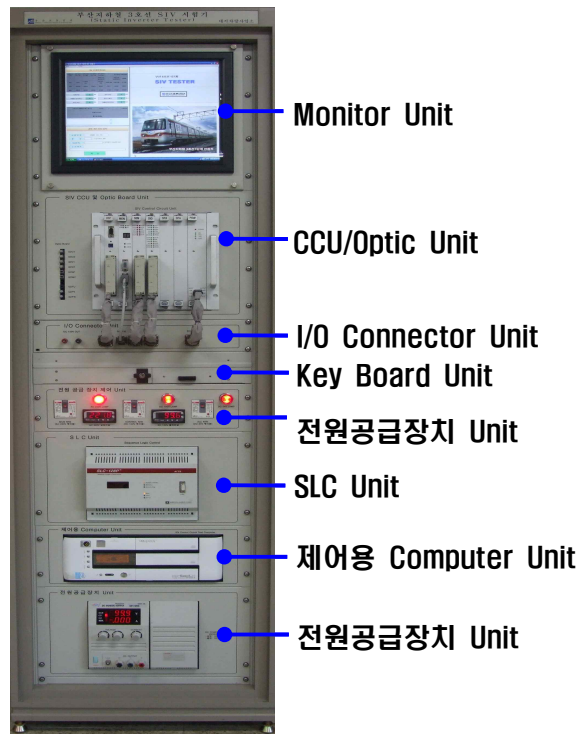


그림 8 보조전원장치 구성

- 기 능
  - 모니터 Unit : 시험 진행 및 상태를 모니터링하고 시험결과를 알 수 있게 하는 기능
  - CCU/OPTIC Unit : CCU(제어기) 연결 및 OPTIC 신호 이상 유무를 확인하고 CCU가 정상적으로 광 Module을 제어하는지를 확인하는 기능
  - CCU 제어카드의 기능 : 주요장치인 SIV CCU는 장치를 제어하는 기능을 하고 5장의 PCB 보드로 구성
  - I/O(입, 출력) Connector Unit
- ① CCU의 상태를 RS-232통신으로 시험용 컴퓨터로 전송

- ② CCU DC +5V, DC+15V, DC-15V, 24V 전원 연결
- ③ CCU MON, SEN, DIO Board의 입·출력을 연결
- ④ IDU에 DC100V 전원 공급 및 제어, 고장 신호를 입·출력
  - Key Board Unit : 제어용 컴퓨터 제어 및 모니터 자료처리를 할 수 있게 보조하는 기능
  - 전원공급제어 Unit
    - ① AC 220V 전원을 시험장치에 공급하고 사용자가 알기 쉽게 전압계를 통하여 현시하며, 시험기의 전원 이상시 장비를 보호하는 기능
    - ② DC100V 전원을 시험장치에 공급하고 사용자가 알기 쉽게 전압계를 통하여 현시하며, 시험기의 전원 이상시 장비를 보호하는 기능
  - SLC(Sequence Logic Control 이하 SLC) Unit : 제어용 PC와 LAN으로 연결 되며 CCU MON, SEN, DIO Board를 제어하는 기능
  - 제어용 Computer Unit : 시험기의 전반적인 제어 및 시험결과의 저장, 출력을 담당하는 기능
  - 전원공급장치 Unit : AC220V를 입력받아 DC 70V~100V 제어전원으로 변환하여 시험장치에 공급

### 2.3.3 보조전원장치 시스템 개략도



그림 9 보조전원장치 시스템 개략도

### 2.3.4 프로그램 구성 및 시험내용

#### ○ 구성 및 시험내용

- 초기화면 : 바탕화면의 SIV Tester 아이콘을 더블클릭하면 3호선 SIV 시험기 운용프로그램의 초기화면이 현시되고, 초기화면은 SIV 모니터링, 검사 기본 정보 입력 화면으로 구성
- ① SIV 모니터링 화면은 SIV의 모든 정보를 확인할 수 있고, 검사 기본 정보 입력 화면은 고장 발생품의 이력을 입력하는 화면으로 편성, 고유번호, 고장내역을 입력하고 확인 버튼을 클릭하면 다음과 같은 시험항목 구성화면이 현시
- ② 시험항목선택 화면은 “전원공급장치 측정시험”, “기동/보호회로 시험”, “재기동/중고장시험”, “출력파형 시험”, “종료 “ 등 4개의 선택버튼으로 구성



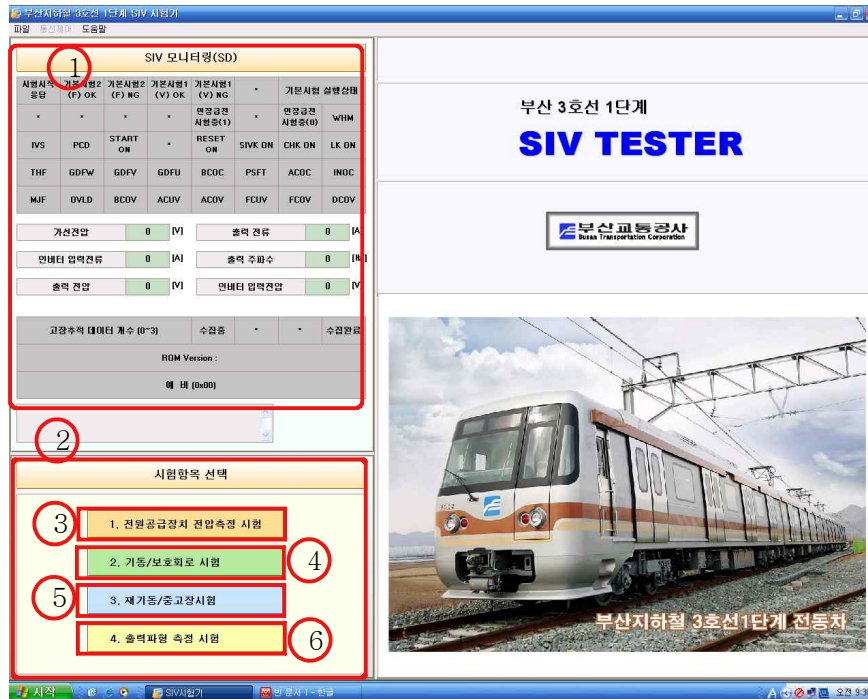


그림 10 보조전원장치시험기 시험화면

- ③ 전원공급장치(Power Supply Unit) 측정값 입력시험 : DC100V와 DC70V를 입력하여 SIV CCU의 Power 보드에 설치된 DC/DC Converter의 출력전압 DC24V, DC15V, DC5V가 정상적으로 출력 되는지 확인하는 시험
- ④ 기동/보호회로 시험 : SIV 기동에 대한 신호를 제어하여 CHK, LK, SIVK의 기동상태 및 SIV의 정상적인 기동상태에서 고장이 발생할 경우 세팅된 전압, 전류 등을 확인하고, 정상적으로 SIV 기동을 중지시켜 장치를 보호 동작 시험(시험항목 15개 항목)
- ⑤ 재기동/중고장 시험 : SIV의 정상적인 기동상태에서 고장발생시 SIV는 기동을 중지하며 모든 접점을 열어 보호 동작을 수행하고 보호동작이 끝난 후 5초 후 SIV가 자동 재기동을 정상적으로 수행하는지를 확인 하고 60초 이내 다시 재고장이 발생할 경우 중고장으로 검출하여 SIV를 중지시켜 보호하는지 확인하는 시험
- ⑥ 출력파형 측정시험 : IGBT와 IDU의 전압 및 파형을 확인하는 시험

### 2.3.5 결과 조회 및 출력

SIV 초기화면의 파일을 클릭하면 리포트 관리, 리포트 출력, 종료 창이 있으며, 리포트 관리, 리포트 출력을 선택하여 편성별, 월별 시험결과 및 출력이 가능

### 2.3.5 기대효과

- 검수의 신뢰성과 작업 능력 향상 : 여러 가지 조건에서 특성을 연구·분석하여 고장의 원인을 정확하게 판단할 수 있어 검수의 신뢰성 확보와 작업능력 향상
- 기술 능력 향상 : 주요장치에 대한 특성을 보다 깊이 있게 이해하고 분석할 수 있어 직원들의 검수의 능력 향상
- 안전운행 확보 : 시험기를 통한 일·월점검수 및 주요장치 관련 고장에 활용함으로써 고장 원인의 신속 정확한 진단으로 주요장치 고장을 미연에 방지하고 전동차 안전운행에 만전을 기함.
- 예산절감

### 3. 검수설비 자체 제작으로 기술력 향상

부산 도시철도 3호선 전동차 주요장치에 대한 검수설비를 자체 기술로 개발함으로써 대저차량사업소에도 해당 장치를 시험할 수 있는 시험기를 보유하게 되었다. 부산 도시철도 초기에는 검수용 치공구부터 출발하여 간단한 시험장치를 제작하였지만 도시철도 유지보수 25년 노하우와 기술력을 축적하면서 전동차 주요장치에 대한 검수설비를 자체 기술로 개발하게 되었다.