

화력발전소 통합감시제어시스템의 기기검증시험 사례 분석

신만수*, 이주현*, 박두용*, 변승현*, 최인규*, 이세경*
 KEPCO 전력연구원*, 두산중공업 기술연구원**

Anaysis of Equipment Qualification Tests for IMCS(Integrated Monitoring & Control System) in Thermal Power Plants

Man-Su Shin*, Joo-Hyun Lee*, Du-Yong Park*, Seung-Hyun Byun*, In-Kyu Choi*, Se-Gyeong Lee**
 KEPCO Research Institute*, Doosan Heavy Industries & Construction**

Abstract - The equipment qualification test was accomplished before application to power generating stations because troubles in applying to real system could be prevented through the test. That is, if a system was judged to be suitable in the equipment qualification test, the system was expected to be operated stable to the designed life.

기기검증시험 사례를 표 1과 같이 나타내었다.

1. 서 론

기기검증시험은 크게 세 가지 종류의 시험으로 구분할 수 있다. 내환경시험, 전자과 적합성시험과 진동시험(또는 내진시험)으로 구분할 수 있다. 원자력기기와 비원자력기기의 큰 차이점으로는 원자력기기 중 안전등급은 비상상황(지진 등의 악조건) 발생시에도 가동되어야 하는데 반해서 원자력기기 중 비안전등급과 비원자력기기는 비상상황때는 정지되고 열화 내력(기기수명 보장능력)과 운반 중 발생할 수 있는 고장사항에 대해서 사전에 검증하는 측면이 강하다. 여기서는 개발하고 있는 화력발전소용 통합감시제어시스템의 기기검증시험과 기존에 수행되었던 화력발전소용 기기검증시험 사례와 원자력 안전등급에 적용되었던 기기검증시험 사례를 비교 분석한 내용을 기술하고자 한다.

2.1.2 원자력발전소 안전등급 시스템 사례

고리 3호기 비상디젤발전기용 디지털 여자시스템에 대하여 현장 활용시 요구되는 사용조건에서 정해진 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위함이며, 시험대상은 비상디젤발전기 건물에 설치될 비상디젤발전기 여자시스템의 제어기 판넬과 정류기 판넬이다.

2. 본 론

비상 디젤발전기의 여자시스템은 소내 전원 상실 시 비상 디젤발전기가 소내 전원(비상디젤발전기 모선)의 상실 신호를 받아서 자동으로 기동할 수 있도록 하는 시스템으로 정상운전 중에는 기동 대기상태를 유지하여야 한다. 소내 정전 발생 후 규정된 시간 이내에 비상 전원 공급 디젤발전기가 정상 운전될 수 있어야 한다. 특히, 비상 디젤발전기가 원자로의 안전성을 확보할 수 있도록 충분히 기능을 구현할 수 있어야 한다.

평가기준은 A(시험 중에도 시험품의 성능을 유지하여야 함), B(시험 도중에는 정해놓은 성능 범위를 벗어나지만 시험 종료 후에는 정상으로 자동복귀됨), C(시험중에 성능 저하가 발생하고 시험 종료 후 전원 개폐 또는 재기동에 의해서 정상으로 복귀됨), D(시험 중에 시스템에 전원 미인가하고 시험 종료 후 전원 인가하여 성능 확인)로 구분할 수 있는데,

2.1 기존 기기검증시험 사례

실사용에 있어서 기기의 고유한 성능이 사용조건에 따라 크게 영향을 받는 것을 미연에 방지하기 위해 실시하는 것이 환경시험이다. 발전소의 제어시스템은 불시정지시 높은 기동동력비와 기동지연으로 인한 발전정지비용, 인축의 안전성 등을 고려할 때 높은 신뢰성이 요구된다. 환경시험을 실시하기 위해서는 해당 시험조건을 설정해야 하는데, 이 시험은 기기의 요건에 만족하는가를 확인하기 위해서 실시한다. 대표적인 시험규격에는 IEC와 MIL이 있다. 먼저 MIL의 규격은 미군이 사용하는 기기의 모든 것에 적용되는 것이고, IEC 규격은 국제전기표준이며 기기가 어떤 규정의 환경조건에 견디어 낸다는 보증을 어떤 척도로 실증하기 위해 이루어지는 것을 목적으로 한다.

<표 2> 전기안전등급의 기기검증시험 사례

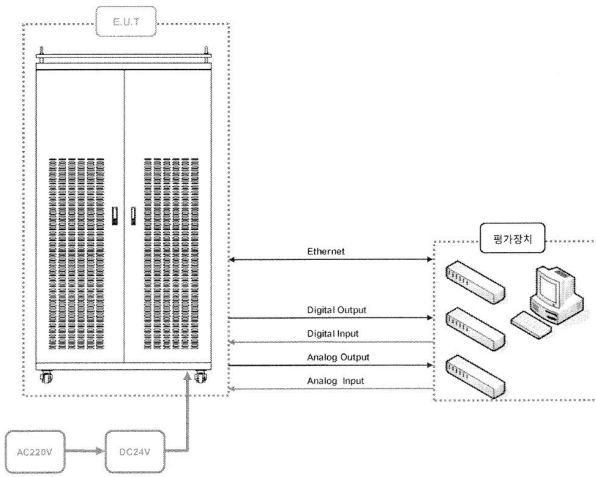
2.1.1 화력발전소 제어시스템 사례

관련 적용규격은 내환경시험과 진동시험 항목 모두 IEC Std. 68-2의 요구조건을 만족하였다. 전자과적합성시험 항목은 CISPR 22와 24의 요구조건을 만족하였다. 10여년 전에 수행했던 화력발전소 제어시스템의

구분	시험 항목(코드)	특기사항	평가 기준	결과
내 환경 시험	노화해석 및 부품노화시험	약성환경조건에서 검증수행	-	통과
	변인시험	상온에서 100시간 운전	A	통과
	온습도시험	60℃ 99%RH 8시간/-10℃ 8시간	A	통과
전자과 장애 시험	전도성방사(CE101)	30Hz~50kHz	A	통과
	전도성방사(CE102)	50~400kHz	A	통과
	자기장방사(RE101)	30Hz~100kHz	A	통과
	전기장방사(RE102)	10kHz~1GHz	A	재검 통과
전자과 내성 시험	저주파 전도성 간섭에 대한 내성시험(CS101)	30Hz~50kHz	A	통과
	정전기 방전에 대한 내성시험(ESD)		A	재검 통과
	고주파 전도성 간섭에 대한 내성시험(CS114)	50kHz~400 MHz	A	재검 통과
	복사 전기장에 대한 내성시험(RS103)	10kHz~1GHz	A	재검 통과
	서지에 대한 내성시험(Surge)		A	통과
	전기적 빠른 과도현상 내성시험(EFT/Burst)		A	통과
내진 시험	공진탐색시험	0.2g 가속도 입력신호 1~50Hz	A	통과
	OBE	0.7g 1~50Hz	A	통과
	공진탐색시험	0.2g 1~50Hz	A	통과
	SSE	1.5g 1~50Hz	A	통과
	공진탐색시험	0.2g 1~50Hz	A	통과

<표 1> 화력발전소 제어시스템 기기검증시험 사례

구분	시험 항목	특기사항	결과
내 환경 시험	염수분무	40℃, 93%RH, 2시간 염수분무- 22시간 항온항습 유지(3회 반복)	통과
	온습도	5/55℃ 93%RH ±1℃/분	통과
전자과 장애 시험	도전접촉 전압	0.15~0.5MHz, 0.5~30MHz 잡음전계강도 10m	통과
	잡음 전계강도	30~230MHz 40[dBuV/m] 230~1000MHz 47[dBuV/m]	통과
전자과 내성 시험	정전기방전(ESD)	기중방전 8kV	통과
	전기적 빠른 과도현상(EFT)	1kV 5kHz	통과
	낙뢰시험(Surge)	0.5kV	통과
진동 시험	진동	1g, 0.75mm 10-13-100Hz	통과



〈그림1〉 통합감시제어시스템 기기검증시험 환경구성

비상디젤발전기의 여자시스템은 비상상황에서도 운전되어야 하는 관계로 전 시험에 대해서 A 기준을 적용하였다.

관련 적용규격은 내환경시험은 IEEE Std. 323의 요구조건을 만족하였고, 전자파 적합성시험 항목은 EPRI TR-102323(1997)의 요구조건을 만족하였으며, 내진시험 항목은 IEEE Std. 344의 진동시험대에 의한 방법을 적용하였다. 전기안전등급 시스템의 기기검증시험 사례는 표 2와 같다.

2.2 개발 통합감시제어시스템 사례

이번에 개발한 시스템의 기기검증시험 범위는 이중화 제어시스템(보일러 제어) 1면, 삼중화 제어시스템(터빈 제어) 1면 등 총 2면이었다. 검증시험 기간은 약 60일이 소요되었다.

시험실 환경은 온도 15~35[°C], 습도 45~75[%]에서 실시되었다. 시험조건 구성은 외부 평가장치에서 시험대상 시스템에 기준신호를 공급하고 다시 그 신호를 케환받아서 시간 오차, 주기오차, 범위 오차 등의 상태를 판정한다. 상호 주고 받는 신호의 종류는 통신선, 기준신호(크기가 일정한 신호), 바이너리 입력력, 아날로그 입력력(사인파와 삼각파)와 LVDT 신호 등이 있다. 시험 환경 구성은 그림 1과 같다.

〈표 3〉 개발 통합감시제어시스템의 기기검증시험 사례

구분	시험 항목(코드)	특기사항	평가 기준	결과
내 환경 시험	온도 싸이클	55°C/5°C 각 3시간 ±1°C/분 5회(총40시간)	A	재검 통과
	온도(열충격 포함)	70°C/-25°C 각 3시간 5회(총30시간)	D	통과
	습도	40°C 93%RH 10시간	D	통과
전자 파 장애 시험	잡음단자전압 (CE)	0.15~0.5MHz: 66dB μ V 0.5~30MHz: 73dB μ V	A	재검 통과
	잡음전계강도 (RE)	30~230MHz: 40dB μ V/m 230~1000MHz:47dB μ V/m	A	재검 통과
전자 파 내성 시험	정전기 방전에 대한 내성시험 (ESD)	접촉 : ±4kV 금속표면 기중 : ±8kV 절연물	B	재검 통과
	고주파 전도성 간섭에 대한 내성시험(CS)	0.15~80MHz:10V	A	통과
	복사 전기장에 대한 내성시험 (RS)	80~1000MHz : 10V/m	A	통과
	서지에 대한 내성시험 (Surge)	교류전원: 1.0kV, 2.0kV 직류전원: 0.5kV 신호선: 4.0kV, 1.5kV	B	통과
	전기적 과도 현상 내성시험 (EFT)	교류입출력전원:1.0kV 5kHz 그 외 전원:0.5kV 5kHz	B	통과
진동 시험	진동	1g 0.75mm 10~13~100Hz X, Y, Z축 각 30분씩	A	통과

시험 종류는 표 3과 같으며 평가기준은 기존 기기검증시험 사례와 같이 A, B, C, D로 구분하였는데 상황에 맞게 적용하였다.

2.2.1 내환경시험 사례

온도 싸이클 시험시 삼중화 제어시스템(터빈 제어)의 PLU 모듈에서 에러가 발생하였는데 삼중화 제어기 중 T제어기의 PLU 모듈의 아날로그 입력신호 이상을 발견하고 프로그램 디버깅으로 조치하여 재시험서 통과하였다.

2.2.2 전자파 적합성시험

잡음 전계 강도 시험(RE)에서 조치사항은 현장 설치 조건과 동일하게 패널 하부를 호일을 이용하여 차폐하여 재시험시 통과하였고, 잡음 단자 전압 시험(CE)에서 조치사항은 내부배선처리 변경, 노이즈 필터 위치 변경 및 영향분석하여 재시험시 통과하였다.

또한 정전기 방전에 대한 내성시험(ESD)에서는 CPU 보드의 Watchdog Reset 기능을 추가하여 재시험시 통과하였다.

2.2.3 진동시험

차량으로 시스템 이동시 발생할 수 있는 고장을 사전에 제거하기 위한 시험 항목인데 별 이상이 발생하지 않았다.

3. 결 론

이번에 수행된 통합감시제어시스템용 기기검증시험은 상용화 시스템이 제작되기 직전에 수행된 것으로, 기기검증시험에서 도출되었던 문제점 등을 보완한 통합감시제어시스템(보일러-터빈-발전기 제어)이 내년 하반기에 500[MW]급 석탄화력발전소에 적용될 예정이다.

본 연구는 한국에너지기술평가원 전력기반기금의 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 두산중공업, “화력발전용 통합감시제어시스템 기기검증시험 절차서”, 2011
- [2] 이주현, 최진배, 정창기, 류호우, “발전소 전자제어설비 환경시험 및 평가기술 개발(I)(최종보고서)”, 한전 전력연구원, 1997
- [3] 임익현, 이주현, 류호선, 신만수, “원전 비상디젤발전기 여자시스템 개발 최종보고서”, 한국수력원자력(주), 2009
- [4] EPRI, “Guidelines for Electromagnetic Interference Testing in Power Plants”, EPRI TR-102323(Rev.1), 1997
- [5] 함경원, 황경민, 장정범, 김정기, “고리 3호기 비상디젤발전기 여자시스템에 대한 내진시험보고서”, 한전 전력연구원, 2007
- [6] IEEE, “Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations, 1987
- [7] IEEE, “Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations, IEEE Std. 323, 1983
- [8] 이동희, “고리 3호기 비상디젤발전기용 여자시스템에 대한 기기검증 보고서”, G401-265, 2007