

원전 디젤발전기 여자시스템 기기검증시험에 관한 연구(I)

The Study on Equipment Qualification of Emergency Diesel Generator Excitation Control System for Nuclear Power Plant (I)

이 주 현
(Joo-Hyun Lee)

Abstract - The development of excitation control system (ECS) for emergency diesel generator in nuclear power plant is the replacement project of existing control system to resolve the maintenance problems caused by aging and obsolescence. The excitation control system is classified as a safety-related system. To guarantee the performance of developing excitation control system is equal to or higher than that of other systems, establishing the quality assurance scheme, doing software verification and validation activities, and planning equipment qualification. In this paper, we'd like to introduce the equipment qualification of excitation control system.

Key Words : Nuclear Power Plant, Emergency Diesel Generator, Digital Excitation Control System, Equipment Qualification, Safety System

1 장 서론

본 논문은 원자력 발전소에 설치, 운전되고 있는 비상전원 공급용 디젤발전기의 계자 권선에 직류전류를 공급하여 발전기 단자 전압을 일정하게 유지 또는 조정하는 기능을 가지고 있는 여자시스템을 삼중화 디지털시스템으로 개발하여 적용하는 과정에서 원전 안전개봉에 적용되는 품질등급(Q) 요건을 만족시키기 위한 기기검증 요건 및 시험방법론에 대해 기술 하였다.

기기검증이란 안전관련 기기(Safety-Related Equipment)가 정상적인 운전상태, 가상사고 조건 중 또는 후에도 설계된 기능을 충분히 수행할 수 있는가를 입증하는 과정으로 내환경 검증과 내진검증으로 나누어진다.

원자력분야에서 적용하고 있는 기기검증에는 IEEE 표준인 Standard 323과 Standard 344가 대표적인 기준서로 323은 전체 기기검증에 대한 기준을 제시하고 있으며, 344는 내진검증에 대한 기준을 제시하고 있다. 따라서 본 논문에서도 상기 기준서를 근간으로 관련되는 적용 기준서들을 검토하고, 적용 원자력발전소의 최종안전성분석보고서를 검토하여 안전등급의 요건을 만족하도록 검증요건을 도출하였고, 이에 따라 기기검증계획 및 시험절차를 개발하였다.

저자 소개

* 이주현 : 전력연구원 수화력발전연구소 시스템제어그룹
선임연구원

2 장 기기검증요건

2.1절 원자력 품질등급

원자력분야의 품질등급은 안전(Q), 안전관련(T), 신뢰성관련(R), 일반(S)로 구분하고 있으며, 본 논문에서 다루고 있는 비상디젤발전기의 경우 원자력발전소 내부 및 외부 전원공급이 불가능한 상황에서 노심의 안전을 유지하는 필수기기에 전원을 공급하는 기능을 수행해야 하므로 안전등급의 기기로 분류하고 있다. 따라서, 삼중화 디지털시스템으로 개발되는 여자시스템을 원전에 적용하기 위해서는 안전등급에 적용하는 기기검증요건을 만족해야 한다.

2.2절 기기검증 요건

비상디젤발전기가 위치한 지역은 특정 사고 이후에도 사고에 따른 온도, 습도, 압력, 방사선 등의 영향이 없는 Mild Zone으로 분류되는 지역으로 비상디젤발전기 여자시스템에서 적용해야 하는 기기검증 항목은 전자기장애, 무선주파수장애, 정전기, 전기서지, 온도, 습도 및 내진으로 적용 대상 원자력발전소의 최종안전성분석보고서의 검증요건을 일차적으로 검토하여 IEEE Std. 323 및 344 등의 기준서에서 권고하는 절차 및 요건에 따라 기기검증요건을 확정하였다. 다음은 온도 및 내진 요건을 요약하여 정리한 것이다.

2.2.1절 온도 시험요건

디젤발전기 여자시스템의 기기검증을 위한 온도 시험

요건은 최대온도 122°F, 상대습도 99%, 방사선에 의한 영향은 없으며, 아래의 [표 1]은 환경시험 요건을 나타낸다.

[표 1] 환경시험 조건

구분	정상	사고 시
압력	ATM	NA
온도	13~122°F	120°F
상대 습도	7~99%	70%
pH	7	7
방사선량(TID)	Negligible	NA

2.2.2절 내진 시험요건

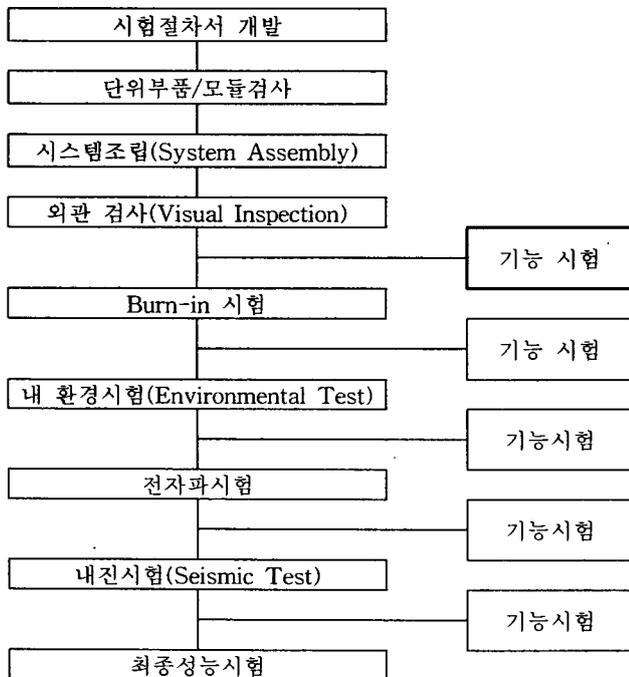
내진 시험 요건은 IEEE Std. 344 및 적용 대상 원자력발전소의 최종안전성분석보고서 3장에 명기되어 있는 검증요건을 검토하였으며, 요건은 아래의 [표 2]와 같다.

[표 2] 안전정지지진 및 운전기준지진에 대한 가속도

Horizontal		Vertical	
SSE	OBE	SSE	OBE
0.2	0.1	0.2	0.1

3 장 기기검증 시험절차

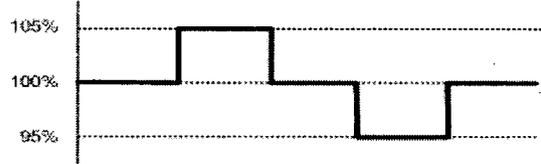
기기검증 시험 방법은 형식시험 (Type Test), 운전 경험 (Operating Experience), 해석(Analysis), 조합된 방법 (Combined Methods)이 있는데, 본 시험에서는 형식시험 및 해석의 조합된 방법을 이용하며, 시험 절차는 다음 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 기기검증 시험절차

3.1절 기능 시험

기능시험은 내 환경시험, 전자파 시험 및 내진시험 등 기기검증 시험의 각 단계별로 전 후에 시행하여 시스템의 설계된 기능들이 정상적으로 동작하는지와 정해진 기준을 만족하는지 여부를 확인하는 시험이다. 시험방법으로는 정류기 입력전압을 [그림 2]와 같이 전압을 변동시키면서 출력이 정해진 기준의 허용오차 범위(±3%)을 만족하는 지를 확인한다.



[그림 2] 기능시험시 전원변동

기능시험 시 확인해야 하는 데이터는 25종, 취득주기는 1sec이며, 설계문서를 검토하여 다음과 같은 변수들을 감시하였다.

- 제어기 기능 확인 항목
 - Main processor Status
 - 신호입력(Input Leg 정상 확인)
 - 신호출력(Output Leg 정상 확인)
 - Tribus Status
 - I/O Bus Status
 - Scan Power Supply 출력 전압
- 정류기 기능 확인 항목
 - 3상 교류 입력 전압
 - 계자 출력 전압 및 파형
 - 동기 신호용 변압기 1, 2차 전압
 - 발전기 전압 및 전류, 입력전압
 - 발전기 주파수, 유효전력 무효전력

3.2절 번인시험 (Burn-in Test)

번인시험은 시험품이 조립되면서 발생할 수 있는 초기 고장을 제거하기 위해서 실시하며, 시험품을 상온에서 100시간 이상을 유지하고, 입력전원을 [그림 2]와 같은 형태로 각 50시간씩 변화시키면서 출력 값이 정상적으로 나오는지 데이터 취득시스템(DAS)을 이용하여 주기적으로 모니터링하고 데이터를 기록한다. 시험을 마친 후에는 기능시험을 통해 시험품의 성능이 허용기준을 만족하는지 확인한다.

3.3절 내 환경시험 (Environmental Test)

내 환경시험은 주어진 온도와 습도 등의 환경조건하에서 시스템의 기능들이 정상적으로 동작하는 지를 입증하기 위해 수행하는 시험으로 시험품을 항온 항습기에 설치한 후 다음의 [그림 3]과 같은 조건과 절차에 따라 시험을 수행한다.

