

가동중 원자력발전소에 신축된 대체교류 디젤발전기건물 화재위험도분석

김정욱 · 최정섭 · 정재근
한국수력원자력(주)

Fire Hazard Analysis on Alternative AC Diesel Generator Building Newly Built In Nuclear Power Plant Operation

Kim, Jeung Wook · Choi, Jung Sub · Jeong, Jae Geun
KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD

요 약

원자력발전소 화재위험도분석이후 재평가 10년 주기가 도래하기 전에 대체교류 디젤발전기건물이 신축됨에 따라 동 건물에 대한 화재위험도분석이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 국내 'A' 원자력발전소 대체교류 디젤발전기건물에 대한 화재위험도분석을 수행하였다. 분석결과 기술기준에 만족하게 설치되었고 안전정지에 미치는 영향이 없으나 설비운영측면에서 보완할 부분이 도출되었다. 본 논문에 적용된 분석방법, 연구결과 등은 향후 가동중 원자력발전소 신축건물 화재위험도분석시 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

1. 서 론

원자력발전소 화재위험도분석(Fire Hazard Analysis)은 화재발생시 원자로 안전정지 및 방사성물질 누출가능성이 최소화됨을 입증하기 위하여 가상 화재에 대한 위험성 검토, 화재예방 및 화재방호조치 적합성 등을 평가하는 것으로 10년 주기로 시행되고 있다.

FHA 재평가 10년 주기 도래전에 최근 국내 원전 여러 곳에서 대체교류 디젤발전기(Alternative AC Diesel Generator)가 신축됨에 따라 동 건물에 대한 FHA가 필요하게 되었다. 이에 따라 본 논문에서는 국내 'A' 원전 AAC DG 건물에 대한 FHA를 수행하여 향후 원자력발전소 설비 신설에 따른 FHA 방법론을 제시하고자 한다.

2. FHA 절차 및 기술기준

FHA는 그림 1과 같은 절차로 수행되며 분석 초기 단계에서는 화재방호와 관련된 기술기준을 검토하여 FHA에 적용할 기술기준을 선정하는 업무가 수행된다.

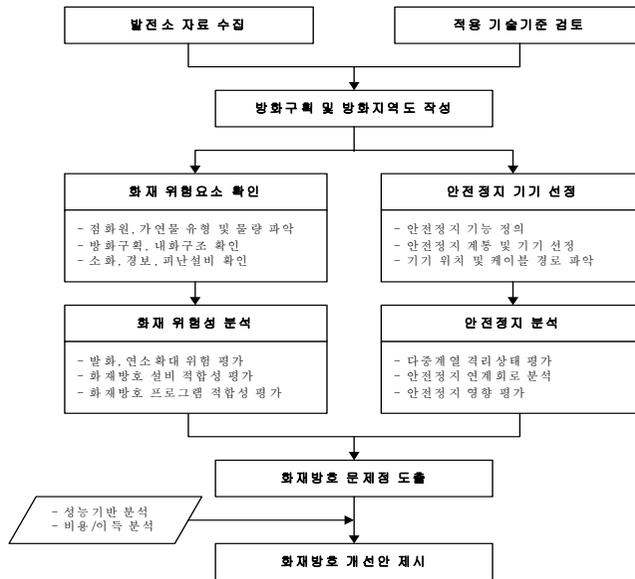


그림 1. 화재위험도분석 수행 절차

원자력발전소 화재방호 기술기준은 발전소 운영허가 시점에 따라 적용되는 기술기준이 다르다. 'A' 원전 AAC DG FHA는 'A' 원전 FHA에 적용된 기술기준을 준용하는 것을 원칙으로 하며 최근 교육과학기술부 고시 및 미국원전 규제기준 등을 적용한다.

3. 화재위험도분석

3.1 방화구획

AAC DG 건축도면을 바탕으로 디젤연료유저장탱크실 등 총 14개의 방화지역으로 구획하였으며 방화지역도는 100' 디젤발전기지역(그림 2) 등 5개로 작성하였다.

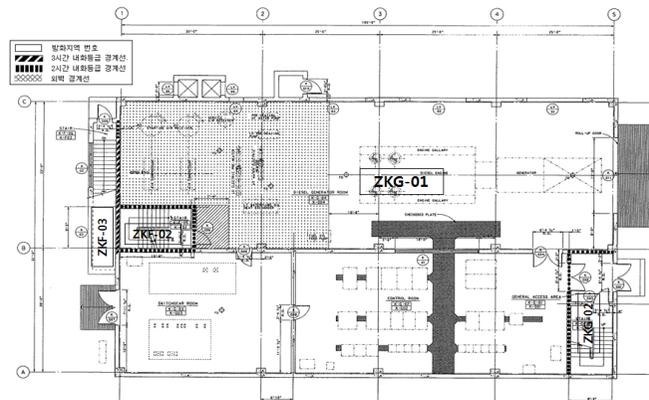


그림 2. 방화지역도(100')

3.2 화재하중, 화재심각도 및 설계내화등급 평가

방화지역별로 파악된 가연성물질의 개별 열하중을 합산하여 총 열하중(Btu)을 산출하고 총 열하중을 방화지역의 바닥면적(ft²)으로 나누어 화재하중(Btu/ft²)을 산출한다. 화재심각도(Fire Severity)는 방화지역 내에서 화재의 강도를 나타내는 개념이다. 각종 재료와 건축물에 대한 화재성능 시험은 ASTM E-119 화재 시험에 의해 개발된 표준시간-온도 곡선(Time-Temperature Curve)에 따라 그 강도를 평가한다. 화재하중 계산내역서의 대표사례로 CO₂ 저장탱크지역을 표 1에 나타내었다.

화재하중 계산 내역서			
<input checked="" type="checkbox"/> 건물명/Room 번호	AAC DG건물 / K-E03		
<input checked="" type="checkbox"/> 방화지역 번호/명	ZKE-03 / CO2 저장탱크실		
<input checked="" type="checkbox"/> 방화지역 바닥높이	82'		
<input checked="" type="checkbox"/> 가연성 물질 및 연소하중			
<input type="checkbox"/> 상존 가연성 물질			
종류	수량	연소열(Btu/Unit)	열하중(Btu)
전기 케이블류	Cable 선택 3 개	75,000	1,125,000
합계	기타 가연물 선택		1,125,000
<input type="checkbox"/> 임시 가연성 물질			
종류	수량	연소열(Btu/Unit)	열하중(Btu)
기타	목재 50 lb	8,040	402,000
합계	무시		402,000
<input checked="" type="checkbox"/> 화재하중			
<input type="checkbox"/> 총열하중	1,527,000	Btu	
<input type="checkbox"/> 바닥면적	495	ft ²	
<input type="checkbox"/> 화재하중	3,085	Btu/ft ²	
<input type="checkbox"/> 화재심각도	2	Min	
<input checked="" type="checkbox"/> 설계내화등급	3	hr	

표 1. CO₂ 저장탱크지역 화재하중 계산내역서

3.3 화재위험성평가

3.3.1 발화 및 연소확대위험

AAC DG 건물은 10" 두께의 콘크리트 구조로 되어 있으며, 6" 두께의 콘크리트는 3시간 이상의 내화도를 가지므로 구조물은 요구내화도를 모두 만족하고 있다. 건물내 안전성 관련케이블은 IEEE 383 인증케이블로 시공되었다. 연료유저장탱크실 등에서 화재하중이 3시간을 초과하지만 3시간 방호벽으로 설계하고 화재시 신속하게 진압하도록 화재감지 및 이산화탄소 진압설비가 마련되어 있다. 내화방벽 관통부 밀봉재와 방화뎀퍼는 관련요건을 만족하고 있다.

3.3.2 화재감시 및 진압설비

자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203) 요건에 따라 감지기가 부착된 높이가 4m 이상 20m 미만은 '바닥면적 75m² 당 1개', 부착된 높이가 4m 미만은 '바닥면적 150m² 당 1개'의 감지기가 적합하게 설치되어 있다. 소화수 공급설비는 발전소내에 공용으로 설치된 소화수펌프 등의 설비들을 사용하므로 관련 요건을 모두 만족하고 있다.

소화기구의 화재안전기준(NFSC 101)에 부합되도록(각 층마다, 20m 이내) 소화기 설치 수량 및 설치위치는 적절하게 배치되어 있다. 옥내·외소화전은 관련규정(NFSC 102 옥내 소화전설비, NFSC 109 옥외소화전설비)에 따라 소화전함의 위치표시등과 가압송수장치(펌프)의 기동표시등이 설치되어 있다. 고정식 소화설비(가스계진압설비)가 설치된 지역에는 개구부 등이 적절히 밀봉되어 있으며, 방화담퍼가 가스방출에 연동되어 제어된다.

3.3.3 화재진압설비의 작동 또는 고장으로 인한 영향

가스계소화설비가 설치된 지역에는 화재감지기의 오작동으로 인한 방출을 방지하기 위해 화재감지기 회로는 A, B 교차회로 방식으로 설치되어 두 개의 화재감지기가 작동하여야 가스계 밸브가 개방되는 구조로 되어 있으므로 관련 요건을 만족하고 있다.

CO₂ 진압설비가 설치된 지역은 정밀 기기가 설치된 지역이 아니므로 CO₂ 방출로 인한 급격한 온도 충격과 같은 문제는 발생하지 않는다. 또한 감지기 동작 후 대피 경보음이 울리고 30초 후 CO₂ 방출이 시작되므로 대피할 시간적인 여유가 있으며 또한 수동조작함에서 방출지연버튼을 눌러 방출을 지연시킬 수 있다.

4. 화재안전정지분석

4.1 안전정지 계통 및 기기여부 평가

AAC DG 계통은 원자력발전소의 소내·외 교류전원 및 비상디젤발전기가 동시에 상실되는 소내정전사고시 전원을 공급하는 설비로 안전정지 및 안전관련 기능을 수행하지 않는 비안전등급으로 설계되어 있어 AAC DG 계통은 직접적으로 안전정지 기능을 수행하지 않으며 안전정지기기에 해당되는 기기는 없다.

4.2 안전정지 영향 평가

AAC DG 건물내 14개 방화지역에는 화재시 발전소 안전정지 기능을 수행하는 기기가 없다. AAC DG 관련 전원 및 제어 케이블이 기존 발전소 건물내 제어건물 126' 등 25개의 방화지역을 통과하는 것으로 나타났다. AAC DG 관련 회로가 모두 비안전 등급이므로 이들 방화지역에 AAC DG 관련 케이블의 추가 포설로 인하여 안전정지 영향이 바뀌는 경우는 없다.

4.3 안전정지 연계회로 분석

AAC DG 계통은 비안전성 설비로서 이 계통의 추가 설치에 따른 안전정지 영향이 없으므로 안전정지 영향분석을 위한 안전정지기기 케이블 경로분석 및 다중계열 격리요건 평가는 필요하지 않다. 그러나 비안전정지기기 케이블의 화재 손상으로 인한 연계회로 문제 가능성을 분석하여 안전정지 능력에 미치는 영향이 없도록 하여야 한다. 연계회로(Associated Circuit)의 4종류에 대해 분석하였다.

분석결과 AAC DG 계통의 주차단기는 이미 보호협조 회로 설계가 반영되어 있고, 소내 및 소외 교류전원이 동시에 상실되는 소내정전사고시를 제외하면 개방상태를 유지하고 있

으므로 공통전원, 공통 배선함, 오작동, 다중 고임피던스 장애 문제발생이 배제된다.

5. 개선방안

AAC DG 건물 신축에 따른 FHA 및 화재안전정지분석 결과로부터 화재 안전성 향상을 위한 개선방안을 도출하여 표 2와 같이 요약하였다.

표 2. 국내 'A' 원전 AAC DG 건물 화재방호 개선방안

구분	평가결과 및 개선 방안	비고	
소방시설	소화기	전도방지용 벽면 고정걸이 설치	
	방화문	방화문 식별표 세부정보 추가	
	방화벽 관통부	Database 구축 및 관통부 식별표 부착	
화재방호 프로그램	산업안전안내문	가스소화설비 운영 주의사항 표지판 보완	

6. 결 론

원자력발전소 FHA 재평가 10년 주기 도래 이전에 AAC DG 건물이 신축된 사례가 국내원전에 몇 군데 있었고 이 중 'A' 발전소에 대해서 AAC DG 건물 FHA를 수행하였다. 분석결과 방화지역 구획이 적절하고, 소방시설이 관련규정에 따라 설치되었고, 화재위험도 평가 및 화재안전정지분석 등을 수행하여 화재방호 개선방안을 제시하였다. 본 논문의 FHA 방법론은 향후 가동중 원자력발전소 신축건물에 유용하게 적용될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Regulatory Guide 1.189, Fire Protection for Operating Nuclear Power Plants, USNRC, Apr. 2001
2. 교육과학기술부 고시 제2009-37호, 화재위험도분석에 관한 기술기준, 2009.9.23
3. 교육과학기술부 고시 제2010-27호, 화재방호계획의 수립 및 이행에 관한 규정, 2010.6.14
4. 국가화재안전기준(National Fire Safety Code, NFSC)
5. 건축법, 건축법 시행령, 건축법 시행규칙, 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙
6. 한수원(주), 영광1,2호기 화재위험도분석 최종보고서(2007).