

국내 신형원전의 비상 디젤발전기실 소화설비 적용**임혁순, 김성환, 정대욱, 정대율, 추재호*, 김재홍***

한국전력 전력연구원, *한국전력 기술주식회사

Applicability of Emergency Diesel Generator Room Fire Extinguisher in Korean Advanced Light Water Reactor**Hyuk Soon, Lim, Sung Hwan, Kim, Dae Wook, Jeong, Dae Yul, Jeong, *Chu Jae, Ho, and *Kim Jae, Hong**

Korea Electric Power Corporation, *Korea Electric Power Research Institute Korea Power Engineering Company

1. 서론

신형경수로는 '92. 6월 정부의 G-7 과제로 선정되어 현재까지 표준설계를 개발해 오고 있다. 안전성과 경제성을 향상시켜 대내외적 경쟁력을 확보하고 장기전력수급 계획에 따른 전력수요 충족을 위해 대형원전의 장점을 살리고 해외 개량원전과의 차별화를 위해 원자로 열출력 4000 Mwth, 전기출력 1455Mwe로 설정하여 개량형 원전에 대한 표준설계를 한전 주도로 산·학·연이 합동으로 설계개발을 목표로 설계가 수행중에 있다. 본 논문에서는 현재 국내에서 개발중인 신형원전의 비상디젤발전기 소화설비 설계와 관련하여 국내 소방법과 미국의 관련법규 및 Code를 검토하고 현재 운전중인 원자력발전소에 기 적용된 소화설비인 Preaction Sprinklers(Water System)와 이산화탄소 소화설비(Liquefied Compressed Gases)의 화재진압 방식을 검토하여 국내 신형원전의 비상디젤발전기실에 적합한 소화설비를 선정하고자 한다.

2. 비상발전기실 관련 설계기준**2.1 국내 소방법****1) 소방법시행령 제 28조 제4항 5호(소화설비)**

전기실·발전실·변전실·축전지실·통신기기실 및 전산실로서 바닥면적이 300㎡ 이상인 곳에는 물분무 등 소화설비를 설치하여야 한다.

2) 소방기술기준에 관한 규칙 제46조(이산화탄소 소화설비의 설치기준)

이산화탄소 소화설비는 소방기술기준에 관한 규칙 제 47조의 기준에 따라 이산화탄

소 소화약제 저장용기, 약제 방사기능 및 제어기능, 관련밸브를 설치하여야 한다.

3) 물분무 소화설비의 설치제외 : 소방기술기준에 관한 규칙 제34조 운전시에 표면의 온도가 섭씨 260℃ 이상으로 되는 등 직접 분무를 하는 경우 그 부분에 손상을 입힐 우려가 있는 기계장치 등이 있는 장소

2.2 미국 관련법규

1) Federal Regulations and Guidelines

o SRP - 9.5.1(NUREG-0800) : Fire Protection Program

- 디젤발전기의 소화설비 요건

- 디젤발전기실은 최소 3시간급의 방화벽으로 다른 지역과 분리하여야 한다
- 디젤발전기실 혹은 윤활유의 화재에 대처하기 위하여 자동화재 소화설비를 설치하여야 한다. 또한, 디젤발전기실의 소화설비는 디젤발전기 운전중에 이 소화설비의 작동으로 인하여 디젤발전기가 영향을 받지 않도록 설계되어야 한다
- 자동화재 탐지설비를 설치하여 화재시 주제어실과 현장에 경보장치가 작동되어야 한다
- 소화전 및 휴대형 소화기를 비치하여 즉각 사용토록 한다.
- 사용한 소화수의 배수장치 및 연기를 제거하기 위하여 현장에 수동식 배기 장치를 설치하여야 한다.

2) Industry Standards and Codes

o NFPA 803-93 : Standard for Fire Protection For Light Water Nuclear Plant

- 소화설비의 소화약제(Extinguishing Agent) 선정요건

- 디젤발전기실의 위험물의 등급(Class) 및 형태(Type) 등이 검토되어야 한다.
- 디젤발전기실에 소화약제 (물 혹은 CO₂)가 방출되었을 경우 해당기기에 대한 열충격(Thermal Shock), 연속운전성(Continued Operability), 물로 인한 손상(Water Damage), 과압(Over-Pressurization) 및 세척(Cleanup) 등이 검토되어야 한다.
- 디젤발전기실의 운전원 및 작업자의 인명피해 등이 검토되어야 한다.
- 디젤발전기실의 소화설비

소화설비 지역	Fixed Water Suppression	Gaseous Suppression	Foam Suppression	Dry Chemical Suppression
디젤발전기실	○	○	○	○

*주 : 소화약제의 방출로 인하여 운전중인 디젤발전기의 연속 운전성에 영향을 주어서는 안된다

o NFPA 804-95 : Standard for Fire Protection For Advanced Light Water Nuclear Reactor Electric Generating Plants

- 디젤발전기실의 소화설비 설계요건

• 디젤발전기실의 소화설비

소화설비 지역	Automatic Sprinkler	Water Spray	Foam-Water Sprinkler
디젤발전기실	○	○	○

- 자동화재 탐지설비를 설치하여 화재시 주제어실과 현장에 경보장치가 작동되어야 한다.
- 사용한 소화수의 배수장치 및 연기를 제거하기 위하여 현장에 수동식 배기 장치를 설치하여야 한다.
- 디젤발전기실에 연료유 Day Tank를 설치할 경우, 이탱크 용기 110% 크기의 방어벽(Dike)을 탱크 주위에 설치하거나 혹은 안전한 곳으로 배유되도록 설비를 하여야 한다.

3. 국내원전의 소화설비 설계현황

3.1 비상디젤발전기 기능

원자력 발전소의 소외전원 상실사고(Loss of Offsite Power)시 원자로를 안전하게 정지시키고 원자로냉각재 상실사고 상황하에서도 방사능 소외 방출량이 10 CFR 100 기준치 이하로 유지시키기 위해 안전등급 필수부하에 전원을 공급할 수 있도록 설계된 설비로 2계열로 독립적으로 설치되어 있고, 또한, 비안전등급 부하에도 전원을 공급할 수 있는 설치된 중요한 비상전원 공급설비이다

3.2 설계현황

발전소명 \ 소화설비	Preaction Sprinkler	이산화탄소 소화설비	비고
고리 1발전소	○		
고리 2발전소	○		
영광 1발전소	○		
월성 1,2발전소	○		
영광 3,4발전소		○	
울진 3,4발전소		○	
울진 1발전소		○	

4. 디젤발전기실의 소화설비 적용성

4.1 소화설비 주요특성

국내원전의 비상 디젤발전기실 소화설비의 경우 물계 및 가스계 소화설비를 혼용하고 있으며 주요 소화설비의 특성은 다음과 같다

1) 준비 작동식 소화설비(Preaction Sprinkler)

○ 폐쇄형 스프링클러로서 자동소화설비를 설치할 경우 화재가 발생하면 감지용 스프링클러 헤드나 연기감지기에 의해 (프리액션 밸브)가 개방되어 경보를 울림과 동시에

가압펌프를 가동시켜 밸브와 스프링클러 헤드사이의 배관에 충수 되었다가 화재가 점차 확대되면 스프링클러가 작동되어서 일반습식과 마찬가지로 살수되면서 소화시키는 시스템이다

o 스프링클러설비는 약제가 물이라서 가격이 싸고 일반적으로 초기진화에 유리하며 조작성이 간단한 반면에 가솔린등 인화점이 낮은 화재에는 부적합 하며 큰 배수핏드를 설치 및 물로 인한 피해가 큰 단점을 갖고 있다

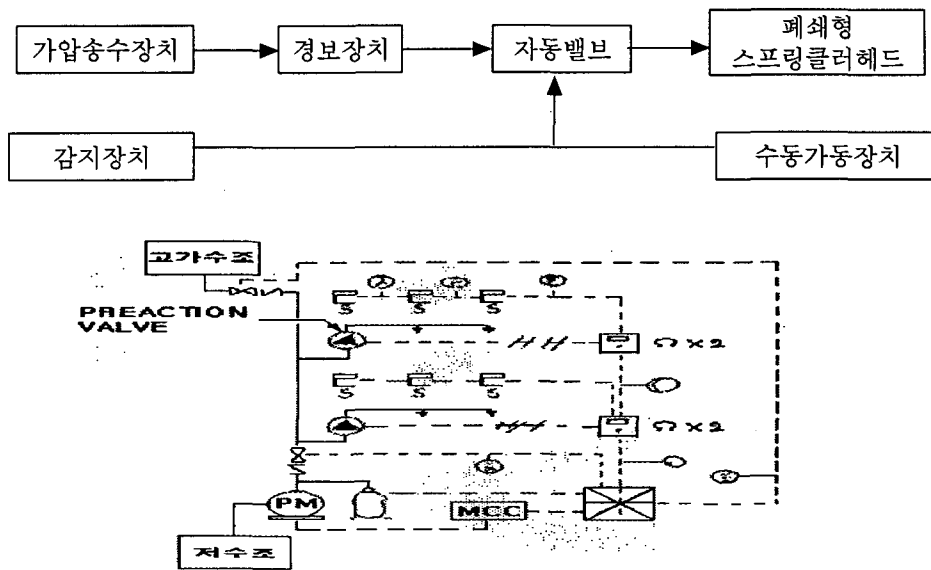


그림 1. Preaction Sprinkler 소화설비 개략도

- o 물이 좋은 소화제가 되는 이유
 - 상온에서 물은 무겁고 비교적 안정된 액체이다
 - 물은 용해잠열은 80 kcal/kg이다
 - 물의 비열 1 kcal/kg.℃
 - 물의 증발잠열은 539.1kcal/kg(100℃, 1기압)
 - 물이 증발하면 그 체적이 1600배로 증가한다. 수증기는 발생한 양만큼 화재시의 공기나 가스의 양을 배제시킨다

2) 이산화탄소 소화설비

o 무색, 무취, 전기 비전도성의 불활성 가스로 소화에 알맞은 매체로 대기중으로 직접 방출될 때 드라이 아이스를 형성하며, 공기보다 1.5배 무겁다. 산소의 농도 및 연료의 증기상을 줄임으로써 연소작용을 정지시키는 소화설비이다. 주로 인화성 액체재료, 전기적 위험, 가솔린과 다른 인화성 액체 연료를 쓰는 엔진 등의 화재진압에 유효하다

o 이산화탄소는 비 부식성이고 비 손상적이며 화재후 청소할 여지가 없으나 저압 저장용기는 이산화탄소 공급을 대략 0°F의 온도에 대응하여 300psi의 정상압력을 유지하기 위해 별도의 냉동설비를 갖고 있으며 이산화탄소 방출로 인해 위험한 분위기(산소의

표 1. 이산화탄소 소화설비 장단점

CO ₂ 소화설비	내 용
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 화재진압후 깨끗하다 · 화재의 심부(深部) 속까지 파고든다 · 증거 보존이 가능하다 · 전기, 유류, 기계화재에 유효하다
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 부속이 고압밸브, 고압배관이다 · 사람이나 가축 등의 질식의 해가 있다

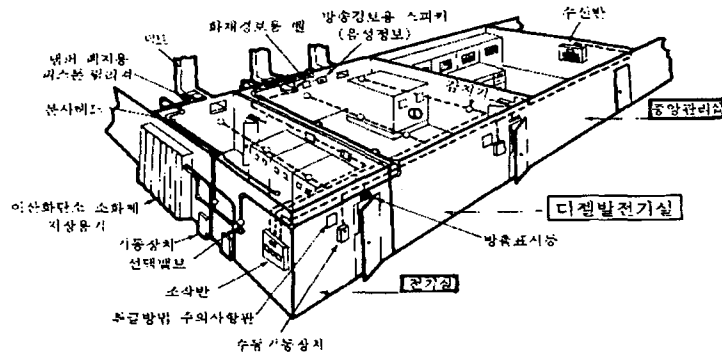


그림 2. 이산화탄소 소화설비의 개략도

감소로 인한 질식, 시력감퇴, 드라이아이스형태의 이산화탄소 분사로 인한 동상)속으로 사람이 들어갈 수 있는 가능성이 고려하여 각종 설비를 설치하여야 하는 단점이 있다

4.2 인허가성

1) 국내소방법(소방법 시행령 제 27조 3,4항)에 발전기실의 소화설비로 물분무 등 (물분무 소화설비, 포 소화설비, 이산화탄소 소화설비, 할로겐 화합물 소화설비) 소화설비를 추천하고 있고, NFPA 804의 Section 8.9에 따르면 자동스프링클러, 물분무 소화설비, 폼-워터소화설비로 진압하여야 한다고 언급하고 있다.

2) 규제기관 안전성 심사지침

“디젤발전기 운전중에 이 소화설비의 작동으로 인하여 디젤발전기가 영향을 받지 않도록 설계되어야 한다” 언급하고 있어 소화용수로 인하여 발전기에 영향을 미칠 우려가 있다

따라서 비상디젤발전기실에 스프링클러 소화설비를 적용하였을 경우 상충되는 부분이 있으나 이산화탄소 소화설비를 적용하여 인허가에 큰 문제가 없는 것으로 사료된다.

4.3 검토결과

1) 국내원전의 경우 물계 및 가스계 소화설비를 혼용하고 있다. 지구 온난화 방지를

위해 디젤 발전기실의 적용소화방식을 물계 소화설비를 우선적으로 고려할 수 있으나 디젤발전기의 중요성과 특성을 고려할 때 Preaction Sprinkler 적용시 발전기실의 층고가 33ft로 높아 폐쇄형 스프링클러 헤드의 개방까지 소요되는 응답시간지연(화염에 의한 Thermal Fusible Link의 용융시간)이 우려되고 디젤발전기의 가동중인 상태에서 물계 소화설비가 작동될 경우, 운전중인 디젤발전기 엔진 표면의 온도가 고온으로 표면에 직접 분무를 하는 경우 기계적 장치 열충격, 연속운전성, 물로 인한 손상, 고가 장비가 소방수로 인한 피해가 우려됨으로 이산화탄소 소화설비가 적정한 것으로 판단된다.

2) 또한, 이산화탄소 소화설비가 작동되더라도 디젤발전기가 계속운전 가능하고 화재 증거보존, 전기, 유류, 기계화재에 유효하다. 즉 디젤발전기에 필요한 공기는 별도의 공기 인입을 하여 사용함으로 이산화탄소 소화농도에는 영향을 주지 않고, 디젤발전기실의 층고가 높으므로 드라이아스 형태로 인한 기기의 손상이 적다. 또한 이산화탄소 소화설비의 단점인 인명피해 최소화를 위해 예비경보를 발생할 수 있도록 하고, 후각으로 감지 가능하도록 냄새를 첨가하도록 계통을 구성하고, 경고문구를 적절하게 배치함으로 인명 보호에 대한 요건을 충족하도록 설계 반영이 요구된다.

5. 결론

국내에서 개발중인 신형원전의 비상디젤발전기실의 소화설비 관련설계는 국내소방법, 미국의 관련 법규 및 국내원전의 설계를 고려할 때 디젤발전기실의 주요 위험물 등급인 전기, 유류, 기계 화재시 이산화탄소가(CO₂)가 물보다 화재진압에 보다 유효하고, 비상 전원상실시 이 소화설비가 작동되더라도 디젤발전기가 계속운전 가능, 경제성측면에서 다소 차이는 있으나 미미한 것으로 나타났다. 따라서 상기 적용성 검토에서 언급한 바와 같이 신형원전의 경우 표준설계의 인허가 대처에 유리하고 규제기관의 안전성 심사(SRP - 9.5.1 : NUREG-0800) 디젤발전기실의 소화설비 요건에 적합하고 화재 진압 후 증거보존이 가능하며, 빠른 시간내에 기기들을 원상복귀 할 수 있도록 하기위해 신형원전의 비상디젤발전기실에 이산화탄소 소화방식을 적용할 계획이다.

참고문헌

1. 소방법령집, (1995. 2)
2. 10 CFR Part 50.48 "Fire Protection".
3. SRP-9.5.1(NUREG 0800) :Fire Protection Program
4. Branch Technical Position CMEB 9.5.1 "Guidelines For Fire Protection for Nuclear Power Plants".
5. US NRC. Regulatory Guide 1.120, "Fire Protection Guidelines for Nuclear Plants" Rev.1
6. NFPA, "Standard for Fire Protection for Light Water Nuclear Plants", NFPA 803, (1993)
7. NFPA, "Standard for Fire Protection for Advanced Light Water Reactor Electric Generating Plants", NFPA 804, (1995)