

원자력 발전시설에서의 조기경보용 연기감지

원전에서의 화재사고는 사람은 물론 주변 환경에도 막대한 영향과 피해를 가져오는 파괴적 재난이 될 수 있다. 오늘날 원자력 발전소를 위한 화재안전 프로그램들은 화재 발생 확률과 피해를 최소화하는 것을 우선 과제로 삼고 있는 실정이다. 따라서 어떠한 화재라도 안전 작동 차단 기능을 방해하지 않으며, 원전 주위에 방사능 유포 위험을 늘리지 않는다는 것을 목표로 화재안전 프로그램이 운영되고 작동 중인 원자로의 넓은 적용 범위에서 초기 탐지 능력을 강화하는 것이 중요하다고 할 수 있다.



화재 사고는 가정에서나 큰 빌딩에서나 매우 파괴적이다. 특히 원전에서의 화재사고는 주변 거주자들과 작업자들의 건강과 복지에 영향을 미치고, 주변 환경에 오랜 기간 동안 축적될 수 있으며, 수백만 소비자들의 생활의 중심인 전기의 공급을 중단시킬 수 있다.

1975년 3월 22일에 Browns Ferry 원전에서 발생한 화재는 미국의 화재 예방과 안전 수칙에 근본적인 변화를 가져온 사건이었다. 화재 사고는 발전소 운영요원들이 케이블 방에서 원자로로 통하는 가연소성(폴리우레탄으로 구성) 침투 밀봉관에 공기가 새는 것을 확인하기 위해서 양초를 사용했을 때 발생했다. 밀봉관의 외피와 전기 케이블에 붙은 불은 완전히 타버리기까지 7시간이 걸렸다. 1,600개 이상의 케이블이 영향을 받았고, 그 중 628개는 원전 안전을 위한 매우 중요한 케이블이었다.

피해를 입은 전기 파워와 원전 관리 시스템, 케이블들은 원자로 쿨링 시스템의 정상 및 대기동작에 피해를 입혔으며 운영자들의 원전 관리 능력에도 영향을 끼쳤다. 원전 안전 시스템의 많은 부분이 손상되어서, 원전 운영자들은 원자로를 안전하게 차단할 수 있게 해주는 원전 시스템들을 복구하기 위해서 비상 수리작업을 시행했다.

Browns Ferry의 화재사고 조사 결과 원자력 발전소의 화재안전 설계와 화재사고에 대한 대처방안의 절차에 있어서 중요한 결점들을 발견했다. 조사자들은 화재보험회사들이 주변 거주자들의 안전과 자산에 대해서 원자력 안전문제, 특히 화재피해로 인해서 원자로의 안전 운행 정지를 위해서 넓게 분포된 시스템과 구성물들이 고장을 일으킬 있는 수 있는 안전 문제들을 충분히 포함하지 않았다고 결론을 내렸다.

오늘날 원자력 발전소를 위한 화재안전 프로그램들은 화재발생의 확률과 그 피해를 최소화하는 것을 최우선 목표로 삼고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서 화재안전 시스템은 어떠한 화재라도 안전작동 차단기능을 방해하지 않으며, 원전 주위에 방사능이 유포될 수 있는 위험을 크게 늘리지 않는다는 논리적인 보장을 제공해야만 한다. 작동중인 원자로에 대한 화재안전 프로그램의 주요 목

표들은 다음과 같다.

- 화재가 발생하는 것을 막는다.
- 탐지하고, 빠르게 제어하며, 신속하게 발생한 화재를 제거한다.
- 안전작동 차단을 위해서 필요로 하는 구조들과 시스템, 구성물들이 화재에 의해 빨리 소실되지 않게 보호되어야 한다.

건물을 짓는데 들어가는 비용은 줄이면서 안전을 높이려는 요구에 대응하여 맞추기 위하여, 많은 나라에서 수행을 기반으로 한 건물 규약이 개발되고 있다. 전문적인 위험관리 기술은 비용 효과가 가장 높고 신뢰할 수 있는 솔루션으로서 널리 채택되고 있다.

캐나다의 Bruce Power는 앞에서 언급한 목표들에 맞는 수행-기초 방식의 한 예를 완성시켰다. 1999년에 Bruce Power는 1970년도에 설계되고 세워진 두 개 원전의 화재보호 장치를 새로 설치하는 개량 프로젝트를 실시했다. 이 프로젝트는 원자력 사업에서 단일로서는 가장 큰 화재안전 개량작업이었다.

발전소 화재안전 개량작업들의 큰 규모로 인해, Bruce Power는 NFPA와 함께 그들이 직면한 문제들을 위한 해결책을 개발하였다. 회사의 요청에 의하여 NFPA는 핵시설기술위원회(Technical Committee for Nuclear Facilities)를 개최하였다(NFPA 805, Performance Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants). 이것은 수행-기초 옵션이 개량 작업에서 실용적이고 효과적으로 적용될 수 있는지 고찰할 수 있는 기회를 제공하였다.

1. 전통적인 설계 기술 이상으로

비록 화재안전 시스템의 설계가 근본적이고 전통적으로 규범화된 화재수칙에 기반을 두었다 하더라도, 개개의 환경 요구를 처리하는 수행-기초 수칙에 대한 중요성이 증가하고 있다. 수행-기초 설계는 기능과 위험 요소, 그리고 특정 환경에 대한 내부 구성과 조건들의 평가를 통해서 최고의 화재안전 시스템을 결정한다. 화재진단 시스템을 설계할 때는 다음 사항들을 꼭 고려해야 한다.



- 방 내부에서의 공기 흐름의 특성과 공기 순환비율
- 진단기별 적용 범위와 요구되는 민감도
- 방의 크기 및 특징 - 높은 천장 등
- 진단 시스템에 영향을 미칠 수 있는 환경 요소들
- 비상 응답 시스템의 통고
- 공기 배출기와 억제 시스템과 같은 기계 제어 시스템의 동작

가. 핵시설의 응용

Bruce Power는 VESDA 흡입식 연기 진단 시스템을 모든 제어기기 방들과 케이블들이 모이는 장소와 많은 전기 안전방지 장치 환경에 사용하였다. 이 장소들은 느리고 연기 나는 사건이나 전기기기의 과열사고들을 일으킬 수 있는 화재의 위험성을 내포하고 있다.

나. 설비실 조절

밀폐된 형태로 생산되는 전기기기들은 화재의 주요 위험이자 화재 사고의 근본 원인이다.



(1) 도전과제

- 밀폐된 기기에서 발생한 화재의 낮은 온도 에너지는 화재 초기상태에서 외부 연기 진단에 영향을 줄 수 있다.
- 밀폐된 기기는 알맞은 작동 온도를 유지하기 위하여 높은 수준의 공기 흐름을 필요로 할 것이다.
- 강제 공기환기 장치는 연기를 희석시켜서 재래 시스템에 의한 연기 진단을 방해한다.

(2) 해결책

샘플진단 파이프를 천장, 바닥의 빈 공간, 공기정화기 쪽에 설치하면 초기 단계에서 가장 빠른 진단을 할 수 있다. 추가로, 밀봉된 기기 캐비닛들의 밀도가 높을수록 캐비닛으로부터 직접 샘플링하는 방법이 요구된다.

전기 계전기와 통신기기들은 밀봉된 캐비닛으로 되어있다. 이 캐비닛들은 보통 완전히 밀봉되어 있거나, 혹은 환기 시스템이 갖추어져 있다. 환기시스템은 위쪽에 난 환풍구나 캐비닛 내부에 있는 환풍기에 의해서 이루어진다.

2. 케이블 터널과 실(室)

통신 계량기, 전력과 제어 케이블을 담고 있기 때문에 터널들은 제어실, 스위치실, 그리고 고/저 전압 부가물의 정밀한 동작 지역들 사이에 완전한 연결을 제공한다.

케이블들을 따라 위치한 전력이 연속적으로 집중된 단계는 케이블들이 서로 뭉쳐지고 덮어지게 됨으로써 화재위험을 더욱 증가시킨다. 높은 화재위험에 따라 분류되어 있기 때문에, 케이블실은 일반적으로 지하층 아래에 위치되거나 공기 흐름의 제한을 가진 공간들에 가둬진다.

가. 도전

주 화재위험은 케이블을 따라서 흐르는 전력의 집중되고 일정한 단계이다. 지하에 위치되고 전형적으로 위험에 따라서 분류되었기

때문에 제한된 공간, 케이블 터널들은 순환하는 오염의 증가된 단계를 보여준다. 터널의 모양과 위치가 일반적인 접근을 방해할 수 있을 뿐만 아니라 화재의 반응과 봉쇄를 방해할 수 있다.

나. 해결책

여러 개의 파이프로 파이프라인이 설치된 천장을 집어넣는 것은 케이블 집적실 안에서 최적의 가장 빠른 경고 연기 탐지를 제공한다. 추출구의 위치는 일반적으로 코드에 기초한 형태로 형성된다. 천장 공간의 존재는 Walking Stick 모세관 파이프라인을 통한 Interbeam Sampling의 설치를 필요로 한다. 빔 아래의 추출구들은 또한 허가될 수 있고 향상된 탐지를 제공한다. 이것은 특히 빔의 깊이가 크거나 바닥 위의 높이가 높을 때 추천된다.

다. 발전기실

발전기실은 일반적으로 10m가 넘는 높이의 지붕을 가진다. 이것은 연기의 낮은 단계나 연기의 순환하는 단계에서의 작은 증가를 탐지하는 연기 탐지기의 전통적인 형태를 어렵게 만든다. 이러한 높이에서 공기의 층화 또는 열 층화는 지붕 높이에 도달하는 연기를 멈추게 한다. 주의깊게 설계된 ASD 시스템은 이것을 고려하여 층화를 보상하기 위하여 여러 높이에 추출 지점이 있도록 한다.

이러한 공간에 위치한 공기 귀환 창살에서 추출하는 것은 공간에서 공기 흐름 패턴에 높은 공기변화율의 뛰어난 영향 때문에 초기 화재 상태 탐지의 속도를 증가시킨다. 초기 화재의 연기는 형태의 거리가 작고 그것의 경로는 방 안의 현재 공기 상태에 주로 영향을 받는다. 연기 안에 여러 개의 추출 지점의 누적 영향을 끌어당기는 것은 공기추출 형태의 탐지 시스템 민감도를 향상시킨다. 높고 낮은 지점뿐만 아니라 같은 탐지기에 의한 귀환 공기창을 감시하는 여러 개의 추출 지점의 표본은 이러한 영향을 극대화시키는 경향이 있다.

3. 맺음말

화재를 막는데 공헌하는 가장 중요한 시스템은, 넓은 적용 범위

에서 화재 초기에 객관적으로 연기를 빨리 탐지할 수 있는 것이다. 그 시스템의 특징은 오늘날의 기능에 기초한 접근법 뿐만 아니라 규정된 코드의 설계요구를 만족시킴으로써 설계자에게 유연성을 제공한다. 이러한 특징들은 다음을 포함한다.

- 공기 추출을 모으는 것은 큰 지역 탐지에서 이익 제공
- 낮은 유지비용
- 환경 상태에 적합한 파이프 망을 설계하기 위한 유연성
- 다음을 위해 쓰일 수 있는 여러 개의 경고 단계를 가진 광역탐지 범위
 - 신뢰성 있는 초기 경고
 - 단계적으로 생기는 배기의 초기화
 - 전력 또는 공기 배출 시스템의 규칙적인 작동 정지의 초기화
 - 자동 억제 초기화

