



# 原子力發電所 中央制御室(MCR) 照明設備 設計特性

Design for Nuclear Power Plant Main Control Room Lighting System

鄭 南 教\*

Chung, Nam Kyo

## 1. 서언

TMI와 체르노빌 原電事故의 敎訓을 통하여 原子力 安全性 確保가 技術的인 요인 못지않게 人的 요인에 더욱 깊게 관계되어 있음을 認識한 지금, 관련 종사자의 安全 第一主義 思考를 바탕으로 완벽한 安全性 確保를 목표로 한 安全文化 정착이 범 국제적인 當面課題라 할 수 있다.

이러한 측면에서 本文에서는 OA(Office Automation) 시스템이 도입된 사무실이나 VDU(Visual Display Unit)를 갖춘 각종 프랜트 制御室의 照明 設計基準이상으로 設計照度を 갖추고 있는 原子力 發電所의 中央制御室(MAIN CONTROL ROOM) 照明상태가 종사자에 미치는 영향을 效率性 提高 중심으로 검토 분석하였다.

국내 原子力發電所 中央制御室(MAIN CONTROL ROOM) 照明設備 系統의 設計基準은 EPRI NP-3659 (HUMAN FACTORS GUIDE FOR NUCLEAR PLANT CONTROL ROOM DEVELOPMENT)와 NUREG-0700 (HUMAN FACTORS GUIDE FOR CONTROL ROOM DESIGN REVIEW)에 따라 基準照度 1000 LUX 를 충분히 만족하고 있으나 照明의 質이 종사자에게 意識的, 無意識的으로 장기간 또는 긴급 대처시 미치는 영향이 크므로 最適 照明條件을 제공하기 위한 設備管理 측면의 개선점을 導出하여 보면,

1) 中央制御室(MCR) 制御盤에 설치된 計器表面

에서 빛이 反射되는 눈부심 現狀 및 그림자로 인한 視野 阻害

2) 設備의 감시와 조작의 主體가 CRT를 통한 조작 중심으로 되어 있는 점을 고려할 때 CRT 스크린에 反射되는 光源 때문에 CRT로부터 정확한 정보값을 읽기 어려울 뿐만 아니라 視覺的으로 순간 誤動作 및 종사자의 疲勞感 누적.

3) 등기구 設備의 經年變化에 따른 劣化現狀, 효율 저하 및 주위환경에 의한 오염으로 制御室 전반의 均一 照明 유지불가 및 照度 감소현상의 발생 등으로 大別할 수 있다.

이러한 개선점을 보완함으로써 最適 照明設備의 조건인 照度の 均一性 유지를 위한 質 높은 照度の 설정, 施工性, 設備의 미관, 維持補修 등에 대하여 대안을 제시하고 아울러 原子力發電所 照明設備의 구성과 특성을 간략히 기술 하고자 한다.

## 2. 原電 中央制御室(MCR) 照明設備

中央制御室에는 많은 수의 제어 판넬로 구성되어 있으므로 照明 전체의 色彩가 밝고 따뜻한 느낌을 주어 종사자에게 快適한 환경을 우선 제공하여야 한다.

### 1) 照度基準

· DESIGN CRITERIA, LIGHTING SYSTEM: 1000 LUX

\* 發送配電技術士, 韓電原子力研修院教授室長

· NUREG-0700, 6.1(CONTROL ROOM WORK SPACE) 및 FSAR, TABLE 18.1-1(IL-LUMINATION LEVELS)

-SCALE INDICATOR READING: 300 LUX

-SEATED OPERATOR STATIONS READING: 750 LUX

## 2) 設計基準

原電의 照明系統은 지역별, 기기별 특성을 고려하여 3개의 계통 즉, 필수 조명, 상시조명 및 비상조명계통으로 구성되며 中央制御室 照明設備는 필수 조명계통에 속한다.

필수조명 계통은 中央制御室, 핵연료 취급지역, 원격 운전정지 조작반 지역, 디젤발전기실 및 1급 안전등급 SW/GR실 등으로 1급 안전등급(CLASS 1E) MCC에서 격리장치(ISOLATION DEVICE)로 사용된 480V/220V 單相 전압조정 변압기를 통하여 전력을 공급하며, 외부전원(OFF SITE POWER)이 상실되면 필수 조명 전원도 상실되나, 1급 안전등급 디젤발전기가 기동하여 전력이 공급되어 4.16KV 모선에서 480V 1급 안전등급 MCC를 통하여 自動으로 回復된다.

상시조명계통은 비안전등급 모선에서 전원을 공급받는다. 즉 발전소의 기동시에는 외부전원(OFF SITE POWER), 정상운전중에는 소내보조변압기의 전원을 사용하는 비안전등급 480V MCC로 부터 380V/220V 3相 전압조정기를 통하여 전력을 공급

받는다.

상시조명은 각등기구와 220V單相 리셉터클에 전력을 공급한다. 380V/220V 조명반에 연결된 리셉터클은 接地型이어야 하며 리셉터클 分岐回路에는 회로차단기 정격의 80%를 초과하는 부하가 가해져서는 안된다.

주모선과 分岐回路의 회로차단기 定格 및 導體 굵기는 125% 연속부하를 기준으로 한다. 모든 지역의 조명등은 가능한한 교차회로로 구성하여 어느 한 회로에 고장이 발생하더라도 해당 조명지역이 완전히 정전되지 않도록 한다. 導體의 굵기는 分岐回路에서 전압강하가 3% 이내로 제한될 수 있도록 하고 간선과 가장 먼거리의 등기구 또는 아웃렛(OUTLET)을 갖는 分岐回路의 총 전압강하는 5% 이내로 제한될 수 있도록 선정해야 한다.

비상조명계통은 정전 또는 비상시 사용되는 지역에 최소한의 照度를 제공한다. 비상조명설비를 설치할 장소는 中央制御室, 원격운전정지조작반 지역, 그리고 中央制御室 외부에서 발전소를 정지시키거나 高溫停止(HOT SHUTDOWN) 상태를 유지하는데 필요한 현장제어반, 1급안전등급 SW/GR실, 축전지실 및 이들지역간을 연결하는 복도 및 계단 등이다. 그밖의 다른 중요한 지역과 화재진압 및 비상대피를 위한 통로에는 소내 인명의 안전을 위해 최소한의 照度를 확보해야 한다.

비상조명계통에 의한 中央制御室의 주제어반 및 보조제어반 지역의 照度基準은 10~15 foot candles을 유지해야하며 전체적으로 均等한 照度를 제공해야 한다.

## 3) 照明設備系統 特性

계통구분	구 성	안전등급	기 능	비 고
일반조명 (NORMAL)	약 50%	NON-1E	평상시 점등	
필수조명 (ESSENTIAL)	약 50%	NON-1E	평상시 및 소외전원상실시 점등	
비상조명 (EMERGENCY)	발전소 조명의 약 2.5% 배분	NON-1E	일반, 필수조명 상실시 자동점등	8Hr 용 축전지 BACKUP

#### 4) 照明設備 現況

발전소	설계기준조도	유지 조도	조명방식	등기구	비 고
고리 3, 4	1000 LUX	약 700 LUX	직접조명 격자루버	40W×2등 용	
영광 1, 2	1000 LUX	·	직접조명 격자루버	40W×2등 용	
영광 3, 4	1000 LUX	·	직접조명 격자루버	40W×1등 용	주제어반 주위 아크릴판 설치
울진 1, 2	700 LUX	·	간접조명	40W×3등 용	

비상조명계통은 再充電이 가능한 8시간 정격의 축전지 內裝型 등기구로 구성된다. 교류전원 상실 시, 즉 소의전원 또는 상시조명설비의 전원이 상실 될 경우 비상조명계통으로 자동절환된다.

### 3. 照明設備 基準

#### 1) 定義

照度は 물체의 표면에 떨어지는 단위표면당 빛의 양을 말하고 輝度란 그 표면으로부터 反射된 빛의 強度를 말한다. 明度는 눈에 도달하는 빛에 대한 주관적인 “像”을 뜻한다.

##### • 照度

어떤 視作業을 수행하는데 요구되는 視覺 기능에는 작은 물체를 識別할 수 있는 능력, 대상물과 배경의 밝기 차이를 식별할 수 있는 능력(輝度對比判別力), 물체색 차이를 판별할 수 있는 능력(色差別力) 등이 있다.

이러한 視覺 기능은 양질의 照明하에서는 照度の 증가에 따라 향상되며 知覺에 要하는 시간도 단축된다.

##### • 밝음의 분포

視野內에 밝음의 변화가 크면 운전원이 視線을 움직임에 따라 눈의 順應狀態가 크게 변화하기 때문에 視覺 기능이 저하되고 피로가 증대하게 된다.

##### • 눈부심

視野內에 노출된 光源 특히 輝도가 높은 물체는 그 주위와의 輝度對比가 심한 경우에 視覺 기능을 저하시키거나(DISABILITY GLARE), 운전원에게 不快感(DISCOMFORT GLARE)을 가져다 준다. 이같은 눈부심은 光源의 輝度, 光源의 位置, 光源의 크기 및 수, 그리고 주위의 밝기에 따라 결정되므로 이들 要因을 적절히 제어하여 눈부심을 방지하여야 한다.

#### 2) 光源의 選擇

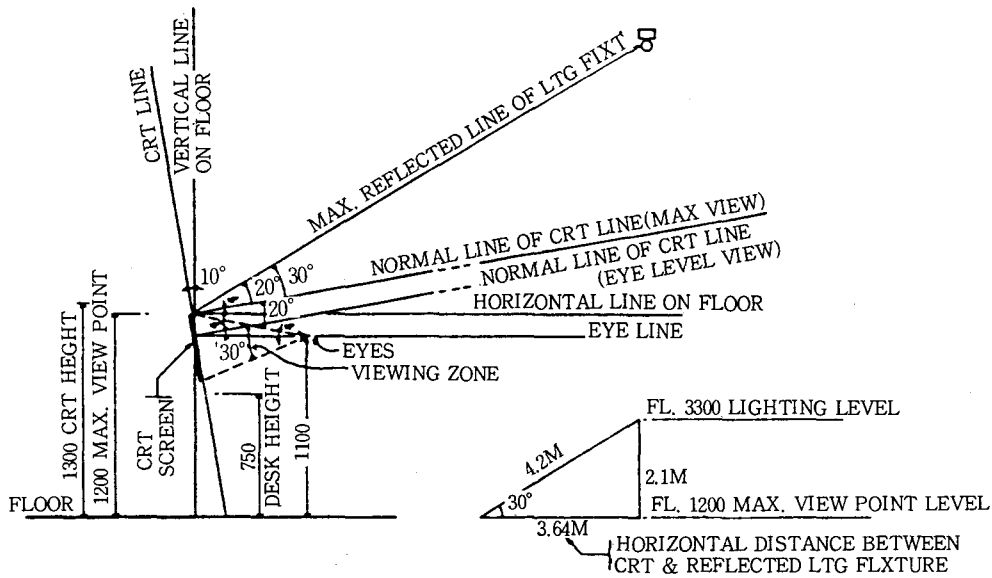
光源으로서 效率과 光色이 우수하고 輝도가 낮으며 壽命이 긴 형광램프를 쓰고 있는 것은 적절한 선택이라 할 수 있는 반면, 發光效率이 불량한 백열 전구를 쓰고 있는것은 再考하여야 할 것이며, 일반적인 제어실 最適照明의 선택기준은 다음과 같다.

- 루우버: 백색 또는 연한 아이보리색
- 벽: 백색 또는 밝은 베이지색
- 바닥: 옅은회색 또는 옅은녹색
- 램프: 형광등(백색)

#### 3) 照明器具의 選擇

照明器具는 光源을 내장하여 이 光源에 전력을 공급하고 光源에서 나오는 빛을 효과적으로 背光하며(光學的 기능) 光源을 보호하는데 그 목적이 있으며 근래에는 인간의 居住環境을 보다 향상시키기





〈그림 2〉

水平距離 3.64m 보다 멀리 설치되어 있는 照明器具는 CRT 스크린에 反射됨을 보여주고 있다.

같은 원리로 CRT 스크린에 反射되는 照明器具와 CRT 스크린과의 거리는

$$3.64m \div \cos 30^\circ = 4.2m \text{가 된다.}$$

정리해보면, 루우버 천정(LIGHTING LEVEL)의 높이가 3.3m 이고, 최대 視界의 높이를 1.2m로 보았을 때, CRT 스크린에 反射되는 照明器具와 CRT 콘솔과의 最小水平距離는 3.64m이므로, 水平距離 3.64m보다 멀리 設置되어 있는 照明器具는 CRT 스크린에 反射됨을 알 수 있다.

#### 4. 照明의 效率性 提高 方案

##### 1) 照明의 質 改善

制御盤 상부에 눈부심(GLARE) 현상방지를 위해, 유백색 커버의 등기구를 채택하고 격자루버의 격자크기 및 BLADE 反射 각도를 再設定하고, 계기표면 및 CRT 스크린으로 부터 反射 光源을 차단하고 DIMMING SYSTEM을 채택하여, 主制御盤

주변 照度를 50~100% 범위내에서 조절 가능하도록 하여야 한다.

또한, 發光體를 보유하고 있는 LED TYPE의 INDICATOR와 DIGITAL 記錄計를 설치한 배전반에서는, 계기 자체의 發光에 의한 운전원 視覺의 疲勞度를 경감시킬 수 있는 전반적 均一照明을 위하여 完全 루우버 照明 방법을 채택하는 동시에, 계기 COVER 재질의 선택시에도 注意하여야 한다.

反射現狀 방지 및 均一照明을 필요로 하는 대상 범위는 主制御盤 주위외에 OPERATOR CONSOLE을 포함하여야 하며, 천정에서 反射되는 間接照明 방식을 併用할 수도 있다.

##### 2) 補修率 向上

照明設計상 중요한 要素는 補修率로서 램프, 반사경, 글로우등의 經年劣化, 오물의 부착에 의해 어느 정도 光速이 감쇄하는가를 예상하여 初期値를 크게 잡는 것이 필요하다. 이 初期値에 대한 실제 사용시 값의 比를 補修率이라 하며, 보통 0.5~0.8 정도이다. 물론 램프 자체의 光速도 감소하나, 실제

---

시설에서는 기구 및 램프의 오염에 의한 光速 감소가 더욱 심하다. 또한 램프의 교체 및 補修 便宜性을 고려한 등기구 설비의 채택과 동시에, 照明器具의 청소는 형식적으로 실시하고 있으나 設置 狀態에 따라 定期的으로 먼지 털기, 물로 씻기등을 실시하여 恒時 設計 照度を 확보하도록 하여야 한다.

## 5. 結論

原子力發電所 中央制御室(MCR) 照明設備의 最適 照度 條件은 운전원의 勤務效率 提高 측면에서 快適한 環境과 비교적 安樂한 霧圍氣 유지를 위한 制限조건으로

· 루우버 천정을 채택하여 CRT스크린에 反射되

는 光源을 제거하므로써 安全運轉에 기여하고,

· CRT와 프린터, 計器設備가 설치되어 있는 모든 作業面에서 均一한 照度を 얻어 운전원의 勤務 環境을 개선하며, 필요시 원하는 부분의 照度を 조절할 수 있게 하여 적절한 照光효과를 얻고,

· 制御盤 주위에 유백색 COVER 등기구 및 격자루버 설치등으로 反射(GLARE) 現狀을 방지하는 등, 設計 단계에서 고려되어야 할 制限조건 준수와 設計 照度を 유지하기 위한 效率的 設備管理 技法의 開發이 進行되어야 하며, 특히 稼動中인 原子力發電所에서는 計劃豫防整備의 主要 項目으로 선정하여 철저히 管理하므로써, 原電 安全性 向上에 寄與하여야 할 것이다.