

제어실의 인적오류 예방에 적용 가능한 ISO 표준 검토

이 동 하

수원대학교 산업정보공학과

A Review on ISO Standards Applicable for a Human Error Tolerant Control Center Design

Dhong Ha Lee

Department of Industrial Information Engineering, The University of Suwon, Hwaseong, 445-743

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to review the ISO(the International Organization for Standardization) standards recommendations on a human error tolerant control room design. **Background:** ISO TC(Technical Committee) 159 published a variety of international standards on design of mental and physical work, design of displays and controls, and workstation layout design. A proper edition of these standards can be a good resource for a human error tolerant control center design guidelines. **Method:** Recommendations of ISO TC 159 standards were grouped into arrangement of control suite, layout of control room, layout and dimensions of workstations, design of displays and controls, environmental design, alarm, automation, management system design, procedure and training. **Results:** It was found that some standards on the design of supervisory control and data acquisition(SCADA), alarm, automation, layout, workload management, and environment can be used for human error prevention guidelines in the control center design. **Conclusion:** ISO TC 159 standards were not sufficient to cover all the ergonomics area of control center design. **Application:** Designers can have technical aids from these ISO standards to improve ergonomic performance of their control center.

Keywords: ISO TC 159, Standards, Control center, Human Error, SCADA, Alarm, Design

1. Introduction

시스템이 복잡해지면서 이를 감시 조종하는 중앙제어실의 역할이 점차 중요해지고 있다. 대형시스템을 다루는 항공관제, 화학공정, 대량생산공정, 물류제어, 국방감시, 의료시설, 원자력발전, 철도 지하철 등 교통 수송망 시스템, 석유 가스

공급시스템, 대형건물의 감시보안제어 시스템에 이르기까지 사회 여러 분야의 중앙제어실에서 수행되는 시스템 운전원의 행위는 시스템의 자체의 보안 및 안전 뿐만 아니라 사회 전체에 큰 영향을 줄 수 있다. 아무리 잘 설계된 중앙제어실이라 할 지라도 제어실 운전원의 행위는 인적오류로부터 완전히 자유로울 수 없다. 복잡한 시스템에서 발생한 사고의 대부분이 인적오류에 기인한다는 것은 일반적으로 알려

Corresponding Author: Dhong-Ha Lee, Department of Industrial Information Engineering, The University of Suwon, Hwaseong, 445-743.

Mobile:***** E-mail: dhonghal@suwon.ac.kr

Copyright©2011 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

진 사실이다(Nyssen and Blavier, 2006). Embrey(1986)는 핵 재처리 공정에서 발생하는 인적오류의 종류를 행위 오류(action error), 점검오류(check error), 정보검색오류(retrieval error), 커뮤니케이션오류(communication error), 및 선택오류(selection error)로 분류하였다. 이 분류는 인적오류 식별(human error identification) 방법으로 항공, 의료, 원자력발전, 각종 시스템제어 분야에서 일반적으로 사용되고 있다. 중앙제어실의 설계과정에서는 이러한 인적오류를 예방하기 위한 조치로서 커뮤니케이션, 감독, 작업부하, 운전원 훈련, 자동화, 인터페이스 설계, 절차서 설계, 안전 문화, 원격감시제어자료수집시스템(SCADA; supervisory control and data acquisition) 설계, 경보시스템, 임무교대 방식, 및 환경 설계 분야에서 설계원칙, 규정, 지침 등을 참조하여 설계과정에서 활용하고 있다. 제어실 설계의 인간공학에 관한 지침은 IEC나 IEEE에서도 발간하고 있으나 KS에서 가장 많이 부합화하고 있는 표준이 ISO인 현실이다. 따라서 본 연구에서는 ISO TC159(인간공학 기술위원회)에서 최근까지 발표한 국제표준 중에서 인적오류를 예방하기 위하여 제어실 설계에 적용할 수 있는 규정을 분야별로 분류하여 제어실 설계자들이 ISO 표준을 준수하는데 도움이 되도록 하였다.

2. SCADA

SCADA는 제어실의 핵심 설비로서 현장의 공정에서 발생하는 각종 이벤트에 대해 이를 센서를 감지하여 중앙제어실에 전달하고 중앙제어실 운전원의 의사결정을 각종 조종장치를 통해 현장에 전달하며 수집된 정보를 분석하여 정상운전, 비정상 상황 진단, 운전 최적화, 각종 유지보수 등을 수행하는 도구이다. 과거에는 현장에서 오는 아날로그 신호를 직접 제어하는 hardwired 콘솔 방식을 사용하였으나 최근에는 대부분의 SCADA가 디지털 신호로 변환되어 처리되는 소프트콘솔 방식으로 바뀌고 있다. 소프트콘솔 방식에 사용되는 인터페이스 요소는 시각표시단말기(visual display terminal), 키보드, 마우스 등의 입력장치, 폼, 메뉴, 커멘드 등의 사용자인터페이스 도구 등이다. Table 1은 SCADA 구성요소에 대한 ISO 표준 중 인적오류 예방에 도움이 되는 규정들을 보여준다.

9241-303에는 SCADA에서 사용되는 전자시각표시장치의 시거리 설계, 보는 방향 설계, 원치 않는 반사광 처리, 원치 않는 깊이 효과 처리, 화면에 표시되는 글자의 자간거리, 줄간거리, 여백 등에 대한 규정, 코드화 방법, 색 사용 방법을 규정하였다.

9241-9는 키보드 이외의 입력도구에 관한 표준이며 인적오류 예방과 관련된 규정으로 입력도구의 확실하게 칠 수 있을 것과 임무수행에 필요한 정밀도(resolution) 규정이 있다.

9241-4는 키보드에 관한 표준이며 인적오류 예방과 관련된 규정으로 키 피드백 규정을 들 수 있다.

9241-12는 정보표현에 관한 표준이며 인적오류 예방과 관련된 규정으로 정보의 구성 및 코딩방법에 관한 규정을 들 수 있다.

9241-13에는 운전원이 어떻게 행동을 실행하는가를 전달하기에 앞서 행동의 결과를 언급하도록 하는 사용자안내를 기술하는 방법을 규정하고 있다. 피드백은 운전원의 제어 행동에 대한 시스템의 피드백을 말하며 시기적절하며 감지할 수 있는 피드백을 주도하도록 권고하고 있다. 상태정보는 시스템의 하드웨어와 소프트웨어의 현 상태를 말하며 작동 중인 응용프로그램, 모드, 공정 등에 대한 정보를 포함한다. 특히 운전원의 현 과업과 관련 정보제공의 시간지연은 시스템 사고의 주요 원인이 될 수 있음을 경고하고 있다. 오류 관리 규정으로서 시스템 오작동, 운전원 입력 오류 등에 대한 예방, 교정 및 오류메시지 작성방법을 규정하고 있다.

메뉴항목의 그룹핑은 운전원의 탐색시간에 큰 영향을 미친다. 9241-14에는 메뉴의 구조와 효과적인 그룹핑 방법을 규정하고 있다. 운전원이 메뉴 구조에 익숙해지도록 특히 네비게이션 중 방향감각을 잃지 않도록 네비게이션 쿼를 주도하도록 규정하고 있다. 특히 빠른 네비게이션이 요구되는 경우 운전원의 임무와의 양립성을 유지할 것을 규정하고 있다.

제어실 운전원들은 정신적 신체적 능력에 있어서 선발된 집단이기는 하지만 이들의 고령화로 인한 운전능력 감소를 피하기는 어렵다. 고령화에 따른 인적오류 가능성의 증가는 쉽게 예측할 수 있다. 정보통신기기의 접근성에 관한 9241-20의 규정은 이 부분에 있어서 유용하다. 9241-20은 접근성을 향상시키기 위해 설계과정에서 추가해야 할 활동을 규정하였다. 운전원의 시각, 청각, 근육제어능력 저하 및 인지능력 감소에 대해 고려할 사항과 이들 능력 손상을 보상하기 위한 권고안을 규정하였다. 또한 실수로부터의 회복을 위한 오류허용, 이전상태복귀(undo), 부적절한 작동 최소화를 규정하였다.

고령화로 인한 운전능력의 감소를 소프트웨어 부분에서 보완할 것을 규정한 표준이 9241-171: 소프트웨어 접근성이다. 이 표준에서는 소프트웨어 접근성 원리, 요소명칭, 라벨 등 사용자인터페이스 요소의 설계지침 및 요구사항을 고령자의 인적오류 예방과 관련하여 제공한다. 접근성을 조절할 수 있는 설계요소에 대해서는 이들을 부적절하게 제어를 했거나 이들이 우발적 불능 상태에 빠진 경우 쉽게 벗어날 수

Table 1. ISO standard recommendations on SCADA design in relation with human error prevention

SCADA elements	ISO standards	Guidelines relating to human error prevention
Visual display	9241-303:2008 Requirements for electronic visual display	Viewing distance Viewing direction Unwanted reflections Unintended depth effects Spacing between characters, words, and lines Information coding Number of presentation colors
Input devices	9241-9:2000 Requirements for non-keyboard input devices	Ankering of input devices Resolution
	9241-4:1998 Keyboard requirements	Keying feedback
User interface	9241-12:1998 Presentation of information	Organization of information Recommendations for graphical objects Coding techniques
	9241-13:1998 User guidance	Phrasing of user guidance Feedback recommendations Status information Error management
	9241-14:1997 Menu dialogs	Grouping of menu Menu navigation
	9241-20:2008 Accessibility guidelines	Recommendations related to user characteristics Error tolerance Undo or confirm Safeguarding feature
	9241-171:2008 Software accessibility	General guidelines and requirements Special considerations for accessibility adjustability
	9241-110:2006 Dialog principles	Conformity with user expectations Error tolerance
	9241-400:2007 Principles for physical input device	Feedback
	9241-410:2008 Design requirements for physical input device	Responsiveness Non-interference Reliability of device access

있어야 한다고 규정하고 있다.

시스템과의 대화과정에서 운전원의 기대에 부합해야 한다는 9241-110의 사용자 기대 적합성 원리는 인적오류를 예방하기 위해 중요하다. 이 표준은 오류제어, 오류교정, 및 오류관리를 통해 시스템과의 대화과정에서의 오류허용 규정을 제시하였다.

9241-400에서는 제어실의 입력장치 설계 원리로서 운전원이 입력장치를 작동시킨 것에 대한 시각, 청각, 촉각 및 운동감각 피드백을 즉각적으로 쉽게 감지하고 이해할 수 있는

형태로 제공할 것을 규정하고 있다. 이러한 피드백 원리는 9241-410의 설계요구사항에서는 반응성(responsiveness) 규정으로 제시되는데 인적오류와 관련하여 피드백을 일관성 있고 충분하게 줄 것, 입력장치의 다른 기능을 간섭하지 않고 작동할 수 있을 것, 의도하지 않은 경우 입력장치를 제어할 수 없는 상황이 발생하지 않을 것을 보장하는 규정이 있다.

3. Workload Management

제어실에서 운전원이 경험하는 작업부하는 정상운전, 비상운전, 이상운전 과정에서 요구되는 업무를 수행하기 위해 치르는 비용이라 할 수 있다. 부적절한 작업부하는 인적오류, 피로, 단조로움, 경계심 완화, 스트레스를 유발할 뿐만 아니라 요통과 같은 근골격계통, 소화기계통 및 순환기계통의 만성질환을 유발한다. 작업부하는 정신적 작업부하와 육체적 작업부하로 구분할 수 있다. 정신적 작업부하는 운전원이 수행하는 과업의 특성, 개인적 성격, 시스템의 설계요소 등의 정신적 요구량의 함수라고 할 수 있다. 과도한 정신부하 또는 지나치게 낮은 수준의 정신부하는 모두 인적오류의 중요한 요인이다.

제어실의 작업부하관리에 사용할 수 있는 ISO TC 159의 표준으로는 6385이 있다(Table 2). 이 표준에서는 균형 잡힌 작업부하를 유지하기 위해 작업과업을 설계할 때 다음 사항을 고려하도록 규정하였다.

1. 작업수행집단의 경험과 능력을 고려한다
2. 각 운전원의 기술, 능력, 활동성의 다양함을 활용할 수 있도록 한다.
3. 각 운전원이 수행한 과업이 전체 작업시스템에 효과적으로 기여하고 있음을 확인할 수 있도록 한다.
4. 작업속도, 우선순위 및 작업절차를 결정하는 과정에서 각 운전원에게 적절한 자율성을 부여한다.
5. 과업수행 결과에 대해 이해할 수 있는 형태로 운전원에게 충분한 피드백을 준다.
6. 과업수행에 관한 기존 기술을 좀 더 숙련하고 새로운 기술을 습득할 수 있는 기회를 제공한다.
7. 각 운전원에게 가급적 과부하 또는 저부하를 피하도록 하여 불필요한 스트레스, 피로, 실수 등을 경험하지 않도록 한다.

8. 과업의 지나친 반복성을 피하도록 하여 작업부하의 균형을 깨뜨리지 말아야 한다. 지나친 반복성은 단조감, 싫증, 지루함, 불만족감 뿐 만 아니라 육체적 질환까지 유발할 수 있다.
9. 운전원으로 하여금 사회적 기능적 협업의 기회를 주어 고립감을 느끼지 않게 한다.
10. 운전원이 수행하는 직무의 만족도를 높이기 위한 공식 비공식 휴가, 과업의 적절한 변화, 직무확대 등을 도입하여야 한다.

10075-1은 정신부하의 개념을 상세하게 제공한다. 정신적 스트레스와 정신적 스트레인을 구분하여 정의하였고 이들이 과업에 미치는 영향(업무 활성화, 피로, 경계심 이완 등)을 규정하였다.

10075-2는 과업, 장비, 작업장, 및 작업조건을 설계하는 과정에서 정신적 과부하와 정신적 저부하를 유발할 수 있는 요인들을 규정하였다. 이 중 제어실에 적용할 수 있는 요인은 다음과 같다.

1. 정신부하크기
2. 과업 목표의 불명확
3. 과업요구사항의 복잡성
4. 과업수행전략
5. 과업수행에 필요한 정보의 적절성/모호성
6. 신호의 식별성
7. 정보의 보완성(redundancy)
8. 정보의 양립성
9. 정보처리의 정확성
10. 정보의 직렬/병렬처리여부
11. 시간지연
12. 시스템의 개념모형
13. 절대식별/상대식별의존도
14. 작업기억요구량

Table 2. ISO standard recommendations on workload management in relation with human error prevention

Workload elements	ISO standards	Guidelines relating to human error prevention
Work design	6385:2004 Design of work system	Design of work task Design of jobs
Mental workload	10075-1:1991 Mental workload definitions	Definitions
	10075-2:1996 Mental workload design principles	Guidelines concerning fatigue Guidelines concerning monotony Guidelines concerning reduced vigilance Guidelines concerning satiation
Static posture	11226:2000 Static working posture	Recommendations

15. 장기기억요구량
16. 기억호출의 요구량
17. 의사결정지원도
18. 제어가능성
19. 추적행위요구량
20. 오류허용도
21. 타운전원에 대한 수행의존도
22. 과업요구사항의 변화
23. 시간압박

10075-2는 정신적 작업부하 과부하 또는 저부하를 유발하는 요인을 피할 수 있는 피할 수 있는 설계지침을 규정하였다.

제어실의 운전원이 수행하는 작업은 기본적으로 자재운반과 같은 중량물을 취급하는 경우는 거의 없으므로 육체적 작업부하가 크지는 않으나 정적인 작업자세를 장시간 취하는 경우는 많다. 정적인 자세를 장시간 취함으로써 발생하는 육체부하에 대한 관리 지침은 11226에 규정되어 있다. 장시간의 정적인 자세가 인적오류에 미치는 영향은 잘 알려져 있지 않으나 근골격계통의 질환을 초래하는 것으로 알려져 있다.

4. Automation

시스템이 복잡해지면서 제어과정의 상당부분이 자동화되어가는 추세이다. 자동화 과정에서 인적오류를 유발할 수 있는 부분은 out of the loop 문제이다. 인간-시스템 인터페이스 중 인간이 상황을 인식할 수 없는 상태에서 자동화로 처리된 후 갑자기 운전원들의 제어 상태로 넘어오는 경우에 운전원들의 반응이 매우 지연되는 경향이 있다. 이 경우 상황인식도가 매우 낮기 때문에 이후의 운전원의 제어과정에서 인적오류가 발생하기 쉽다.

자동화 과정에서의 인적오류를 최소화 할 수 있는 방법으

Table 3. ISO standard recommendations on automation in relation with human error prevention

Automation	ISO standards	Guidelines relating to human error prevention
Functional allocation	11064-1:2000 Principles for the design control centers	Analysis and definition Function analysis and description Allocate functions to humans/machines

로 11064-1 (Table 3)은 제어과정의 자동화 과정에서 수행되는 인간-시스템 사이의 기능할당이 기능분석을 통하여 이루어지도록 규정하였다. 기능분석은 기능 세분화, 플로우 차트, 시뮬레이션, walk-through 방법 등으로 수행된다. 기능분석 결과는 제어시스템에서 발생 가능한 상황과 이를 제어하는 행위에 대한 운용모드를 포함하여야 한다.

5. Control Center Layout

제어실내의 여러 설비 배치는 운전의 효율성에 직접적인 영향을 줄 뿐만 아니라 운전의 피로도와 운전원 상호 간의 커뮤니케이션 효율을 결정하는 중요한 요인이므로 잘못 설계되었을 때 인적오류를 유발할 수 있다. 제어실의 배치 설계 평가 기준 중 인적오류와 관련된 요소는 운전원간의 협업을 잘 지원할 수 있는가, 운전원들의 감독을 수월하게 할 수 있는가, 가구들의 배치 및 설계 제원이 운전원의 신체적 및 운동역학적 특성에 잘 맞는가 등이다.

11064-1 (Table 4)은 제어센터의 인간공학설계 원리를 인간중심 설계, 공학 설계에 대한 인간공학의 통합, 반복을 통한 설계개선, 상황분석수행, 임무분석수행, 인적오류 허용 설계 채택, 설계과정에 대한 운전원 참여, 학제간 설계팀 구성 및 인간공학설계기반에 대한 문서화로 규정하였다. 이 표준은 제어센터에 대한 인간공학설계과정을 다음과 같이 규정하였다.

1. 목표와 배경요구사항 정의
2. 기능분석
3. 인간/기계간 기능할당
4. 임무요구사항 정의
5. 과업 및 업무조직 설계
6. 확인 및 검증
7. 제어센터에 대한 개념 설계
8. 개념설계검토
9. 제어센터에 대한 상세 설계
10. 상세 설계에 대한 확인 및 검증
11. 설계의 현장적용 및 운전 경험 피드백

11064-2는 제어센터의 구성요소를 배열하는 절차를 다음과 같이 규정하였다.

1. 시스템 기능 명시
2. 운전원이 수행하는 업무, 장비가 수행하는 업무, 및 운전원/장비의 상호작용 명시

3. 가시성, 접근성, 비상탈출 용이성 등을 고려한 제어실 입지 결정
4. 업무 구역 요구사항 결정
5. 제어실의 배치 결정
6. 배치에 대한 확인 및 검증
7. 대안의 명시 및 문서화

11064-2는 제어센터의 구성요소 배열을 결정하는 과정에서 고려해야 할 인간공학 요건으로 커뮤니케이션, 이동 및 경로, 환경조건, 청소, 유지보수, 방문객, 지원정보 등을 규정하였다.

11064-3은 제어실의 배치 설계 시 건축물 특성, 업무특성, 제어실, 운전원의 자세변동, 신체크기, 이동의 및 경로, 유지보수활동을 고려해야 하며 다음과 같은 설계절차를 따르도록 규정하였다.

1. 기존 공간고려
2. 제어 및 지원기능을 위한 공간 할당
3. 기능적 배치 다이어그램 작성
4. 주제어반 및 제어반 이외에 장착된 표시장치에 대한 초기 배치 결정
5. 부제어반 및 과업보조도구, 장비에 대한 배치 결정
6. 과업요구사항에 따른 배치 효율성 평가
7. 평가결과의 문서화
8. 설계대안 선정
9. 운전원을 통한 설계 평가
10. 배치 설계 선정
11. 인간공학기준, 타협안 등의 문서화

11064-4는 제어반 설계시 고려사항, 제어반에서의 표시장치, 조종장치 배치, 워크스테이션의 크기를 규정하였다.

11064-4에서 추천하는 제어반 설계 단계는 다음과 같다.

1. 제어반에서 수행되는 모든 과업을 명시한다.
2. 제어실의 형태, 기둥, 출입구 등의 물리적 배치 제약조건을 명시한다.
3. 제어반에 요구되는 정보와 제어기능을 결정한다.
4. 제어반에서 요구되는 장비 및 설비를 명시한다.
5. 제어반 운용 자세(입식, 좌식) 및 운전원의 인체계측자료를 결정한다.
6. 제어반 평면도 및 측면도를 통해 제어 활동을 평가한다.
7. 배치와 크기에 대한 확인 및 검증
8. 설계 및 제약조건에 대한 문서화

11064-5는 제어반에 장착되는 표시장치와 조종장치의 설계원칙 및 명시 과정을 규정하였다. 표시장치와 조종장치의 설계원칙은 확인 및 검증과정의 점검목록으로 사용될 수 있다. 표시장치와 조종장치의 명시과정은 다음과 같다.

1. 운전원과 시스템간의 정보흐름을 분석한다.
2. 인터페이스 설계 방법을 결정한다.
3. 초기 인터페이스 개념설계를 결정한다.
4. 초기 인터페이스 개념설계에 대한 프로토타입을 작성하고 시험한다.
5. 인터페이스 설계지침을 최종 결정한다.
6. 표시장치와 조종장치 인터페이스에 대한 상세설계작성
7. 확인 및 검증

9241-5는 장시간 앉아서 근무하는 운전원에게 추천할 수 있는 작업의자의 설계 체원을 규정하였다.

Table 4. ISO standard recommendations on control center layout in relation with human error prevention

Control room layout design	ISO standards	Guidelines relating to human error prevention
Ergonomic design process	11064-1:2000 Principles for the design of control centers	Principles of ergonomic design Framework for an ergonomic design process
Arrangement	11064-2:2000 Principles for the arrangement of control suites	Design procedure for arrangement of control suites Ergonomic aspect to be considered
Layout process	11064-3:1999 Control room layout	Process for control room layout General considerations for control room layout
Control workstation design	11064-4:2004 Layout and dimensions of workstations	Factors determining control workstation design
Displays and controls	11064-5:2008 Displays and controls	Process for display and control specification
Work chair	9241-5:1998 Workstation layout and postural requirements	Work chair

6. Alarm

경보시스템은 운전원에게 시스템의 상태변화를 가장 빠른 시간 내에 전달하고 운전원의 상황인식도를 최대도로 유지하도록 하는 SCADA 시스템의 일부이다. 비상시에 운전원의 상황인식도가 실제 시스템의 상태변화를 따라가지 못하게 되면 의사결정과정에서 심각한 인적오류를 유발할 수 있다. 비상시에 발생할 수 있는 많은 양의 경보를 적시에 효율적으로 운전원에게 전달하도록 경보시스템을 설계하는 것은 인간공학의 주요 과제이다. ISO TC159에서 개발한 경보 설계와 관련된 표준으로는 11064-5(Table 5)가 있다. 11064-5는 경보를 구성하는 방법으로 우선순위를 부여할 것, 우선순위를 코드화할 것, 경보 억제기능을 부여할 것 등을 규정하고 있다. 경보표시방법으로는 개관(overview) 표시, 주요 경보의 상시 표시, 통합 표시, 새롭게 발생한 경보에 시각적 현시성을 부여할 것, 가독성을 유지할 것 등을 규정하고 있다.

Table 5. ISO standard recommendations on alarm in relation with human error prevention

Alarm	ISO standards	Guidelines relating to human error prevention
Structuring and presentation	11064-5:2008 Displays and controls	Alarm structuring Alarm presentation

7. Control center Environment

운전원이 느끼는 쾌적감과 인적오류에 영향을 줄 수 있는 제어실의 환경요소로는 조명, 공조시스템, 소음, 진동 수준, 인테리어 디자인 등을 들 수 있다. 11064-6(Table 6)은

Table 6. ISO standard recommendations on control center environment in relation with human error prevention

Environment	ISO standards	Guidelines relating to human error prevention
Thermal condition Air quality Lighting Acoustics Vibration Interior design	11064-6:2005 Environmental requirements for control center	General principles for environmental design Requirements and recommendations

제어실의 환경 설계 원칙, 환경 설계 과정, 공조시스템 설계 시 고려사항, 조명 설계 시 고려사항, 진동에 대한 고려 사항, 인테리어 디자인 시 고려사항을 규정하고 부속서에 각각의 인간공학적 권고 수준을 제시하였다.

8. Conclusion

본 연구에서는 제어실 설계과정에서 인적오류 예방과 관련하여 ISO TC159에서 발표한 표준 중 참조할 수 있는 관련 규정을 검토하고 이를 요약하였다. 제어실의 설계요소를 커뮤니케이션, 감독, 작업부하, 운전원 훈련, 자동화, 인터페이스 설계, 절차서 설계, 안전문화, 원격감시제어자료수집시스템(SCADA; supervisory control and data acquisition) 설계, 경보시스템, 임무교대 방식, 및 환경 설계로 분류하였을 때 이 중 ISO 표준에서 다루는 분야는 SCADA, 작업부하관리, 자동화 문제, 제어실 설비 배치, 경보 및 환경 설계이다. 인적오류와 관련된 ISO 표준의 제어실 설계 항목을 검토한 결과 SCADA와 제어실 설비 배치 분야는 상당히 깊이 있는 설계지침과 규정을 제공하고 있지만 기타 분야에서는 원칙 정도를 제시하는데 그친 경우가 많았다. 그러나 현재 제어실 관련 표준을 개발하고 있는 ISO TC159의 인간-시스템 상호작용 분과위원회(SC4)의 활동이 타 분과위원회에 비해 가장 활발히 이루어지는 점을 감안하면 제어실 설계에 필요한 부족한 표준들이 지속적으로 보완될 수 있을 것으로 기대할 수 있을 것이다.

References

Embrey, D. E., "SHERPA: A Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach", *Proceedings of ICANPP*, Knoxville, TN, 1986.

ISO 6385 Ergonomic principles in the design of work systems, 2004.

ISO 9241-4 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs) -- Part 4: Keyboard requirements, 1998.

ISO 9241-5 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs) -- Part 5: Workstation layout and postural requirements, 1998.

ISO 9241-9 Ergonomic requirements for office work with visual display terminal - Part 9: Requirements for non-keyboard input devices, 2000.

ISO 9241-12 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs) -- Part 12: Presentation of information, 1998.

ISO 9241-13 Ergonomic requirements for office work with visual display

- terminals(VDTs) -- Part 13: User guidance, 1998.
- ISO 9241-14 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs) -- Part 14: Menu dialogues, 1997.
- ISO 9241-20 Ergonomics of human-system interaction -- Part 20: Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services, 2008.
- ISO 9241-110 Ergonomics of human-system interaction -- Part 110: Dialogue principles, 2006.
- ISO 9241-171 Ergonomics of human-system interaction -- Part 171: Guidance on software accessibility, 2008.
- ISO 9241-303 Ergonomics of human-system interaction - Part 303: Requirements for electronic visual displays, 2006.
- ISO 9241-400 Ergonomics of human-system interaction -- Part 400: Principles and requirements for physical input devices, 2007.
- ISO 9241-410 Ergonomics of human-system interaction -- Part 410: Design criteria for physical input devices, 2008.
- ISO 10075-1 Ergonomic principles related to mental work-load -- Part 1: General terms and definitions, 1991.
- ISO 10075-2 Ergonomic principles related to mental workload -- Part 2: Design principles, 1996.
- ISO 11064-1 Ergonomic design of control centres -- Part 1: Principles for the design of control centres, 2000.
- ISO 11064-2 Ergonomic design of control centres -- Part 2: Principles for the arrangement of control suites, 2000.
- ISO 11064-3 Ergonomic design of control centres -- Part 3: Control room layout, 1999.
- ISO 11064-4 Ergonomic design of control centres -- Part 4: Layout and

dimensions of workstations, 2004.

- ISO 11064-5 Ergonomic design of control centres -- Part 5: Displays and controls, 2008.
- ISO 11064-6 Ergonomic design of control centres -- Part 6: Environmental requirements for control centres, 2005.
- ISO 11226 Ergonomics -- Evaluation of static working postures, 2000.
- Nyssen, A. and Blavier, A., Error detection: a study in anaesthesia, *Ergonomics*, 49, 517-525, 2006.

Author listings



Dhong Ha Lee: dhonghal@suwon.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, the University of Suwon

Areas of interest: Human Factors in Nuclear Power Plant, Risk Management

Date Received : 2011-01-28

Date Revised : 2011-02-09

Date Accepted : 2011-02-09