

국내 전기안전시스템의 미시적 재해분석을 통한 선진국 전기안전시스템과 비교를 기반으로 한 국내전기안전시스템의 개념적 설계

박동준* 김정훈* 박정욱**
 홍익대학교* 연세대학교**

A Study on the Detail Conception of Korean Electrical Safety System Based on Comparing with Developed Countries by the Microscopic Analysis of Electricity Accidents

Park, Dong-Jun* Kim, Jung-Hoon* Park, Jung-Wook**
 *Hongik University **Yonsei University

Abstract - In this paper conceptual design methodologies of electric safety systems are proposed by micro and macro views. As a pre-study electric accidents of Korea were analyzed microscopically, which could be categorized into 11 types by the occurrence frequency. These types are caused by common problems, which are educations, live works, dealing by the public, and grounding systems. And the korean electric safety system is analyzed macroscopically according to stages of the system comparing with that of developed countries.

1. 서 론

20세기는 부의 축적, 국가안보 및 방법, 국민복지가 주요가치였으나 21세기는 환경, 안전, 보건으로 바뀌고 있다. 우리나라는 20세기 가치를 최고로 하여 선진국의 대열에 발을 디디게 되었으나 21세기의 주요가치로 패러다임이 바뀌고 있는 상황이어서 선진국이라 말할 수 없다. 오히려 안전부문에 있어서는 너무 많은 재해로 인해 후진국이라 해도 과언이 아니다. 그중에서도 전기안전재해의 경우 전기화재 점유율은 2004년의 통계상 27.1%로 미국의 1.65배, 일본의 2.23배인 것으로 나타났고, 전기감전의 경우 인구 백명당 사망자가 우리나라는 1.51명으로 일본의 9.4배, 영국의 12.6배인 것으로 나타났다. 이렇게 전기안전의 심각성으로 인해 [1][2][3][4] 등과 같이 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이들 연구는 대부분 거시적 관점에서 접근한 것이다. 이에 본 논문에서는 실제 현장에서 발생하였던 사례를 상세 분석하였고, 기존 분류 방법들과 다른 새로운 관점에서 시도한 참고문헌 [5],[6]에서 분류하고 유형별로 분석한 결과를 토대로 우리나라와 선진국을 비교하고 이와 함께 거시적 관점에서 전기설비의 단계를 비교하여 우리나라 전기안전시스템의 선진화 방안을 개념적으로 구상한다.

2. 미시적 관점의 전기안전시스템 분석

2.1 전기안전 재해의 미시적 분류와 빈도수 높은 유형 도출

2.1.1 전기안전시스템의 미시적 분류

선행 연구[5]에서는 전기안전재해의 사고 원인을 규명하기 위해 사건, 사고의 조서 작성이나 신문기사에서 가장 일반적이고 권위 있는 방법으로 사용하는 육하원칙에 의거하여 직종, 시기, 장소, 전압, 피해정도, 목적으로 분류하였다. 분류를 통해 재해시 접지를 포함한 회로해석시 중요 정보인 전류 정보를 도출하였고, 전기전문직종의 사람이 전기를 다뤘을 때 사망률은 감전사고 314건 중 사망 42명으로 13.3%가 사망사고로 이어진 반면, 전기비전문직 사람이 전기를 다뤘을 때 사망률은 감전사고 272건 중 사망 70명으로 26.3%가 사망사고로 이어진 것으로 나타나 전기를 다루는 일은 전기전문직종이 해야 한다는 것을 도출하였다.

2.1.2 빈도수 높은 유형 도출

선행 연구[6]에서는 [5]에서 수행한 분류 결과를 같은 형태로 나타나는 유형으로 묶어 총 580개의 사례를 101개의 유형으로 정리했다. 이중 다음과 같이 11개의 빈도수 높은 유형을 도출하였다.

| 번호 | 유형내용 |
|------|-------------------------------------|
| 유형1 | 기타전기관련자가 전구 위에서 선로작업 중 부상 |
| 유형2 | 기타(일반인 포함)가 작업장에서 전기이외의 작업 중 부상 |
| 유형3 | 기타(일반인 포함)가 공사현장에서 전기이외의 작업 중 부상 |
| 유형4 | 전기전문인력(설치, 공사)이 전구위에서 선로작업 중 부상 |
| 유형5 | 기타(일반인 포함)가 건물내부에서 전기이외의 작업 중 부상 |
| 유형6 | 전기외의 전문인력(기타)이 작업장에서 전기이외의 작업 중 부상 |
| 유형7 | 집중, 검사자가 작업장에서 설비작업 중 부상 |
| 유형8 | 전기전문인력(설치, 공사)이 공사현장에서 설비작업 중 부상 |
| 유형9 | 전기전문인력(설치, 공사)이 작업장에서 설비작업 중 부상 |
| 유형10 | 기타(일반인 포함)가 공사현장에서 전기이외의 작업 중 사망 |
| 유형11 | 전기외의 전문인력(기타)이 공사현장에서 전기이외의 작업 중 부상 |

2.2 전기재해 문제점의 국내외 전기안전시스템 비교

2.2.1 전기재해의 문제점 분석

빈도수 높은 유형을 도출한 이유는 이탈리아의 경제학자 파레토의 20:80법칙을 적용한 것으로 빈도수 높은 유형을 중심으로 하여 문제를 해결하면 전체 전기재해를 줄일 수 있기 때문이다. 유형1의 경우 전기관련자가 전구에서 선로작업 중 부상을 당한 사고로서 교육미흡과 활선작업을 통해 나타난 재해이다. 유형2의 경우 기타(일반인 포함)가 작업장에서 전기이외의 작업 중 발생한 부상의 재해로서 일반인의 전기사용과 누전, 전선의 노출 등에 의해 일어난 재해이다. 이 중 후자는 접지시스템으로 막을 수 있는 재해이다. 다른 유형도 주요 문제점을 정리하면 다음과 같다.

- 유형3 일반인의 전기사용, 접지시스템
- 유형4 활선작업, 교육
- 유형5 접지시스템, 일반인의 전기사용
- 유형6 접지시스템, 일반인의 전기사용
- 유형7 교육, 접지시스템
- 유형8 활선작업, 교육, 접지시스템
- 유형9 활선작업, 교육, 접지시스템
- 유형10 접지시스템, 일반인의 전기사용
- 유형11 일반인의 전기사용, 접지시스템

2.2.2 국내의 전기안전시스템의 비교

상기 언급한 문제점을 국내의 전기안전시스템에 적용하여 그 차이를 비교하고 개선 방향을 정리한다.

가. 교육

우리나라의 전기안전 관련 교육 기관으로는 한국전력공사(전기의 생산 및 판매 교육), 전기공사협회(전기설비 시공 교육), 전기안전공사(전기설비 안전검사 교육), 전력기술인협회(전기설비 설계 및 감리 교육) 등이 있다. 그러나 이들 기관에서 교육

을 받는 사람은 각 기관 소속의 전기기술자와 소수의 지원자 뿐이다. 한편, 각 기관에 속하지 않은 전기기술자가 받을 수 있는 교육은 3년 주기로 1회 21시간 전력기술인협회에서 시행하는 법정 의무교육뿐이다[1]. 일본의 경우 제1종전기공사사의 경우 5년 주기로 직무교육을 실시하고, 미국의 경우 OSHA에서 운영하는 OTI에서 교육을 하며 IAEA에서도 교육을 실시한다. 5년 이상의 경험자가 교육을 하며, 비디오와 책을 이용하여 NEC code의 개정 주기인 3년마다 실시하고 있다. 영국에서는 IEE, IIE 등에서 프로그램에 맞게 자율적으로 실시하고 있다.

나. 활성화업

우리나라에서는 직접 활성화업을 한다. 직접 활성화업은 작업속도가 빠를 뿐더러 작업에 드는 비용도 적게 들고 작업자 또한 보수가 높기 때문에 직접 활성화업이 이루어지고 있다. 그러나 선진국에서는 활성화업은 이루어지지 않고 있으며 하더라도 로봇 등이 대신하는 간접 활성화업을 한다. 호주의 경우를 예로 들면 “전기공사를 수행하는 사람은 전원에서 전기 회로나 전기기기를 분리하고 공사를 해야 한다.”[1]라고 되어 있다.

다. 일반인의 전기 취급

우리나라에서는 형광등 교체, 콘센트 수리 등의 간단한 전기 공사의 경우는 집안의 남자들이 주로 한다. 그러나 실제로 공사업자가 아닌 자는 전기공사를 할 수 없게 되어 있다[전기공사사업법]. 그럼에도 형광등 교체, 콘센트 수리 등을 전기공사사 인식하지 않는 것과 전기기술자를 부르면 비용이 든다는 생각 때문에 일반인의 전기 취급이 이뤄지고 있다. 선진국의 경우, 전기공사는 전기기술자만 하게 되어 있다. 특히, 뉴욕시의 경우 콘센트 10개 초과는 BEC(뉴욕시 건축부 전기관리국)에 보고해야 하며, 그 이하는 자체보고서를 작성해야 하며 일반인은 작업하지 못한다.

라. 접지시스템

전기작업은 우선 교육을 통해 신체 감진을 예방해야 하며 신체접촉이 일어나더라도 체해로 이어지지 않도록 접지시스템을 만들어야 한다. 미국의 경우 동전위분당이라는 시스템을 통해 전기감전이 잘 발생하지 않는다.

3. 거시적 관점의 전기안전시스템 분석

3.1 전기안전시스템의 각 단계별 비교

3.1.1 전기안전시스템의 단계 구성

앞에서 분석한 문제점에는 접지시스템을 제외하고는 거의 작업하는 사람에 관련된 것이 주요 문제점이었다. 이어서 거시적 관점에서 설비의 안전을 고려한다. 전기용품의 설비는 설계, 시공, 검사, 유지관리 및 폐지의 단계로 구성되는데, 이러한 구성은 전 세계 공통하므로, 본 논문에서는 이들 각 단계에 있어서 국내의 비교를 통해 우리나라 전기안전시스템의 개선 방향을 정리한다.

3.1.2 국내의 비교

가. 우리나라

전기설비를 소유하기 위해서는 처음에 기술사, 설계사 등 설계 전문가에게 설계를 맡기게 된다. 설계 후 설계가 잘 되었는지 설계감리를 통해 확인한다. 설계감리는 종합설계업 등록자, 특급기술자 3인 이상을 보유한 설계업자, 특급감리원 3인 이상을 보유한 감리업자가 할 수 있다. 설계감리 종료 후 전기공사업자에게 공사를 발주할 수 있다. 원칙적으로 분리발주를 해야 하나, 긴급한 경우나 기술적 분리가 안 되는 경우는 공사업자에게 발주할 수 있다. 전기공사는 자격 취득자, 임정 학력자, 경력 인정자 등의 기술자가 실시하게 된다. 공사 진행에 있어 소유자는 공사감리자에게 감리발주를 하여 공사가 잘 진행 되는지를 관찰할 수 있다. 공사 종료 후 소유주는 전원을 공급받아 설비를 사용하기 위해 안전공사 또는 한전에 사용전 점검

[검사]신청을 한다. 이들 기관에서는 설비 점검하고 합격 여부에 따라 점검필증 부여, 부적합 내용 및 사유 통지, 적합하도록 하기 위한 조치와 미조치시 발생할 수 있는 결과를 통지한다. 부적합 판정을 받으면 2개월 이내에 재점검을 받는다. 전원이 공급되고 설비를 사용하면 정기적으로 점검을 받아 설비 상태를 점검해야 한다. 정기점검 신청은 안전공사에만 하고 절차는 사용전 점검과 같다. 정기점검의 경우 부적합판정을 내리고 필요 조치를 통지했음에도 불구하고 이를 조치하지 않으면 이를 시군구청장에게 통보한다. 시군구청장은 소유자에게 전기설비의 개선명령을 한다. 이 개선명령마저 지키지 않을 경우 한전에 전기공급 정지를 요청하고, 불이행 내용을 즉시 안전공사에게 통보한다.

나. 일본

설계는 설계자를 시켜서 한다. 설계검토는 없다. 시공 시 전기공사계획의 신고 범위는 변전소 및 송전선로 170,000V 이상, 수용설비 10,000V 이상 또는 1,000kW 이상인데, 이유는 설치된 후에 기술기준에 부적합한 부분이 발견될 때 개선비용이 많이 들기 때문이다. 시공 시 전기기술자가 아닌 자는 전기공사를 할 수 없다. 시공감리는 감리기술자가 하는데 이는 전기공사업자가 배치하며, 시공 종료 후 검사를 한다. 검사는 사업용전기공사물의 경우 법정자주검사에서 사용전 자주검사, 용접 자주검사, 전기자주검사가 있으며 전기주입기술자의 책임 하에서 실시하게 된다. 자주검사는 안전관리심사제도가 있어 자주보안체제를 보완한다. 일반용전기공사물의 검사는 준공검사와 전기검사가 있고 전기공급자가 시행하는 것일 뿐 우리나라의 일반용전기설비 점검과 같다. 다른 나라와 달리 사무라이정신이 특징인 일본은 전기안전시스템도 최소한의 것만 제한을 해 놓고 대부분 그 일을 하는 사람을 믿고 맡긴다.

다. 영국

설계자는 다른 설계자와 협력해서 설계도를 작성한다. 설계검토는 소유자로부터 고용된 관리감독자가 하게 되며 관리감독자는 설계의 적한 여부를 소유주와 전기공사업자에게 알려줄 의무가 있다. 설계를 완성하면 전기공사업자는 공사를 시행한다. 대부분(95%)의 전기공사업체는 등록공사업체이며, 전기공사업자가 모든 과정을 책임지고 공사를 진행한다. 공사에 대한 검사는 전기공사업자에 의해 사용전 시험을 하여 그 결과를 NICEIC에 제출하거나 NICEIC에 등록된 검사업체가 검사하여 NICEIC장에게 제출하는 것이다. 유지관리는 전기안전기술자가 시행하고 큰 설비회사의 경우 설비검사에 경우에 한하여 담당 전기기술자를 고용하기도 한다. 정기검사는 전기공급자에 의해 실질적 검사가 진행되며 큰 설비회사의 경우 전기기술자를 고용하여 시행할 수도 있다. 수용가용 설비의 전기안전시스템에서 국가가 관여하는 것은 거의 없고 NICEIC 같은 비영리기관에 의해 자체 규제를 만들어 지키고 있다. 관여는 사고 발생시 Health and Safety Executive에 의한 사고조사와 그 설비의 유지관리에 책임자가 형사고발되는 것뿐이다.

라. 미국

사업자용 전기설비의 설계는 공사업자가 하며, 1000 kV 이하의 설비는 설계 및 감리의 대상이 아니다. 공사는 반드시 전기기술자가 한다. 전기기술자는 마스터 전기기술자와 특별 전기기술자로 나뉘며 스스로 선택에 의해 4년간 둘 중 하나의 전기기술자가 된다. 검사 기관은 뉴욕시 건축부 소속의 전기관리국(BEC)이다. 검사는 공사 중 수시검사, 온폐검사, 사용전검사 하고, 정기검사는 없다. 유지관리는 특별전기기술자가 한다.

마. 호주

설계는 안전계획서에 포함되어 있다. 시공은 전기기술자가 하며 전기작업은 반드시 해당 자격을 가진 기술자만이 시행할 수 있다. 전기기술자의 종류는 시공기술자, 검사자, 전기접속 자격자, 전기기설치작업자, 전기안전계획서에 의하여 인정된 자가 있다. 전기설비의 검사는 두 가지의 전기설비별로 다른 방식으로 진행된다. 특정 전기설비의 경우 반드시 검사자에게

검사를 받아야 하며, 일반 전기설비는 시공자가 점검을 실시하고 그 내용을 ESV에 제출하면 ESV에서 심사하여 설비의 10%에 대하여만 검사를 실시한다. 유지관리는 안전관리자에 의하여 실시되며 안전관리자는 5년마다 ESV에 전기안전관리계획서를 제출한다. 사용중에는 정기검사는 아니고 전기안전집행관에 의해 조사, 시험, 분리, 압류, 제거 또는 필요한 안전조치를 시행한다.

3.1.3 비교분석 결과

각 단계별로 국내의 전기안전시스템을 분석한 결과는 다음과 같다.

| 단계 | 우리나라 | 일본 | 영국 | 미국 | 호주 |
|--------|-----------------|-------------------|------------------|----------|------------------------------|
| 설계 | 설계자 | 설계자 | 설계자와 다른 설계자의 협력 | 공사업체 | (미확인) |
| 설계 검토 | 설계감리 (사업용 전기설비) | 없음 | 관리감독자 | 없음 | 없음 |
| 시공 | 전기공사기술자 | 전기기술자 | 전기기술자 | 전기기술자 | 전기기술자 |
| 시공 감리 | 감리원 (사업용 전기설비) | 감리기술자 | 없음 | 없음 | 없음 |
| 사용전 검사 | 전기안전공사, 현전 | 전기공급자, 자주검사 (사업용) | 시공사, 검사업체 | BEC | 일반전기설비: 시공자의 점검, 특정전기설비: ESV |
| 유지 관리 | 전기안전공사 | 전기공급자 | 전기안전관리자, 담당전기기술자 | 특별 전기기술자 | 안전관리자 |
| 정기 검사 | 전기안전공사 | 전기공급자, 자주검사 (사업용) | 전기공사업체 | 없음 | 전기안전집행관 |

3.2 선진국의 전기안전시스템 국내 적용

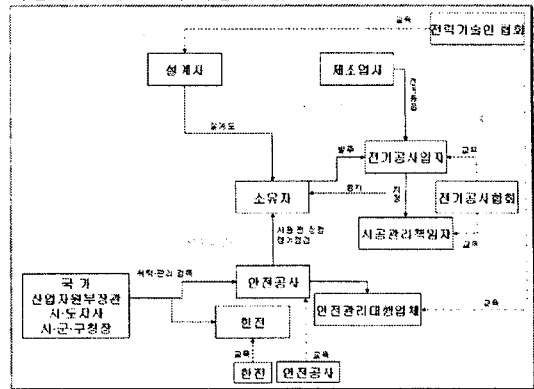
이상의 비교분석 결과를 이용하여 선진국의 전기안전시스템을 우리나라에 적용한다고 가정했을 때 나타나는 장단점을 다음과 같이 정리하였다.

| 적용사유 | 장단점 | 내용 |
|--|-----|---|
| 일본의 감리원 | 장점 | 소유주가 감리원자를 찾는 시간 단축 |
| | 단점 | 공사업체의 저고 감리를 제대로 하지 않을 수 있음 |
| 일본의 거주검사, 영국의 시공자의 사용 전 검사, 호주의 일반전기설비의 검사 | 장점 | 검사를 신청하고 검사자를 기다려야 하는 시간 단축, 공사비용 절감, 검사자에게 지불하는 비용 절감 |
| | 단점 | 검사 시행이 제대로 안 될 수 있어 전기안전에 커다란 위험 초래 가능 |
| 영국의 관리감독자 | 장점 | 설계검토가 가능함, 더 안전한 전기설비가 될 수 있다. |
| | 단점 | 돈이 더 많이 들게 되고 검토에 시간이 들어 공사기간 증가 |
| 영국의 NICEIC(검사 자협회) | 장점 | 검사의 전문화, 검사자들의 정보공유 및 검사자의 교육도 가능하므로 검사를 강화하여 안전에 큰 도움이 될 |
| | 단점 | 국가 소속이 아니므로 협회의 힘이 강해질 지는 미지수임 |
| 미국의 BEC, 호주의 ESV | 장점 | 국가소속으로서 힘을 가질 수 있는 권한 있음 직접 처벌함으로써 안전에 더 강해짐 |
| | 단점 | 우리나라는 전기안전을 위하여 전기안전공사가 존재함 |
| 미국의 공사업체의 설계 | 장점 | 설계자에게 드는 비용의 감소, 설계자와 시공자를 교육하는 시간 단축, |
| | 단점 | 설계전문가가 하는 것 보다 설계의 질이 낮아지므로 위험 발생 가능 |
| 유지관리 단계의 전기안전관리자 | 장점 | 전문적인 유지관리를 통해 전기안전 강화됨, 전기기술자가 전기를 취급하도록 하여 일반인의 전기취급 막는 효과 |
| | 단점 | 전기안전에 드는 비용의 증가, 보수 수리 등에 소요되는 시간 증가 |

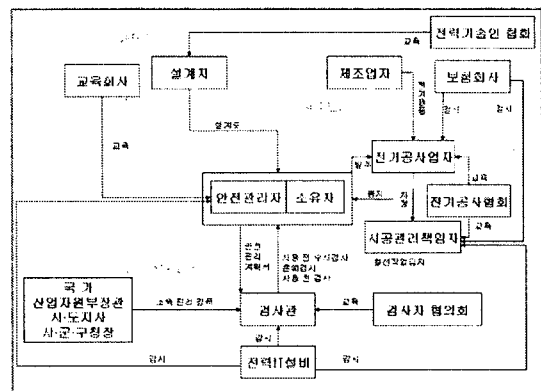
4. 우리나라 전기안전시스템의 개념적 설계

미시적 및 거시적 관점에서 우리나라의 전기안전시스템을 분석한 결과를 바탕으로 개선된 전기안전시스템의 개념적 설계를 보인다. <그림 1>에 현재의 전기안전시스템을 나타내었다. 이러한 현재의 시스템에서 문제가 되고 있는 교육, 활선작업, 일반인의 전기 취급 등을 해결할 수 있는 설계, 제조, 시공 및 검사, 유지관리 단계의 각 부분을 새롭게 설계하였고, 이를 <그림 2>에 보았다. 기존 기관에서 실시한 교육은 대상을 종사자 전원으로 하고 의무화하여야 하며, 활선작업, 일반인의 전기취급은 절대적으로 금지되어야 한다. 이를 위하여 서양의 경우와 같이 무거운 처벌 제도가 필요하다. 처벌 권한이 있는 검사관을 두기 위해서는 안전공사의 검사부문을 국가에서 흡수하는 방법과 안전공사에게 권한을 주는 방법이 있다. 검사자협의회를 만들어 검사자의 교육과 정보교류를 통해 검사기준을 통일한다. 안전관리자를 선임하여 일반인의 전기취급을 예방하고 전기에 지식이 없는 소유자를 대신 전기설비의 유지관리를 할

수 있다. 전력IT를 기반으로 전기공사, 검사, 유지관리를 실시간 및 무인으로 감시할 수 있다.



<그림 1> 현재의 우리나라 전기안전시스템



<그림 2> 새로운 전기안전시스템의 설계

5. 결 론

본 논문에서는 우리나라의 전기안전시스템을 대상으로 미시적 관점에서 전기제해를 분류하여 문제점을 도출하는 한편, 거시적인 관점에서 국내의 전기안전시스템을 비교 분석하여 우리나라의 전기안전시스템을 새롭게 개념적으로 설계하였다. 향후에는 전력IT설비의 개발을 바탕으로 선진국과 같은 3차감시시스템을 실제적으로 구현하기 위한 연구가 요청된다.

감사의 글

본 연구는 한국전기안전공사의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2006-0-216) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 전력산업구조개편에 따른 중장기 전기안전정책 방향연구2, 2004
- [2] 한국전기공사협회 한국산업개발연구원, 전기설비 적합성평가시스템의 국제화 방안 연구, 2005
- [3] 배명석, 전기제해의 효과적 감소를 위한 전기안전 관련시스템 리엔지니어링 방안 연구 [공정회], 2006
- [4] 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 산업안전 분야의 신 선진화사업의 추진방안에 관한 연구, 1999
- [5] 박동준 외, "재해분석을 통한전기안전시스템의 문제점 도출 및 개선방향에 대한 연구" 대한전기학회 송배전설비연구회 및 고전압 방전응용기술연구회 춘계학술대회, 2007
- [6] 박동준 외, "전기제해 분석을 통한 전기안전시스템의 선진화를 위한 개념적 구상", 대한전기학회 하계학술대회, 2007