

# 전기안전에 대한 초·중·고등학교 전기시설물의 현장조사 연구

(Research on Investigation on the Spot in Relation to Electrical Safety of Electrical Installation in Elementary·Middle·High School)

길형준\* · 최충석 · 이기연 · 문현욱

(Hyoung-Jun Gil · Chung-Seog Choi · Ki-Yeon Lee · Hyun-Wook Moon)

## 요 약

본 논문에서는 초·중·고등학교 전기시설물을 대상으로 전기안전에 대한 현장조사를 하였다. 현장조사는 수전설비, 교실, 과학실 및 음악실 등을 대상으로 연구원, 경력 15년 이상의 전기기술자 및 기타 관련 전문가에 의해 전국적으로 수행하였다. 41개 학교를 대상으로 현장조사를 실시한 결과, 수전설비의 접지방식은 공통접지방식이 지배적이었다. 위험요소로는 선풍기 조절기함의 부재, 실험대 전원의 인체보호용 누전차단기의 미설치, 비접지 콘센트의 사용 등으로 나타났다.

## Abstract

This paper describes the investigation on the spot in relation to electrical safety of electrical installation in elementary·middle·high school. The investigation was carried out for power receiving system, classroom, chemistry room, music hall and so on. The investigation on the spot was performed by researcher, the related expert, engineer with over fifteen years of industry experience all over the country. As a result of investigation on the spot to 41 schools, common grounding methods at power receiving system were dominant. The risk factors include absence of control box of electric fan, non-installation of earth leakage circuit breaker to power source of experiment stand, use of non-grounding outlet.

Key Words : Elementary·middle·high school, Electrical safety, Investigation, Risk factor

## 1. 서 론

교육시설은 교육의 기능과 목적 수행을 위해 건축·설치된 일체를 의미하며, 일정한 장소에서 지속

적으로 교육활동을 지원하는 물적 환경으로 학교부지, 건물 및 부대설비, 교구 등 하드웨어적 교육인프라를 총칭한다. 이러한 물적 환경은 교육효과, 수월성 확보 등 교육에 미치는 영향에 앞서 무엇보다 안전성을 확실히 강구하여야 함에도 불구하고 초·중·고등학교 전기시설물은 교육의 다양한 변화에 따라 설비 및 장치 등이 발달되어졌고, 학생들은 일반 성인에 비해 주의력, 판단력 등 사고능력이 떨어

\* 주저자 : 전기안전연구원 선임연구원  
Tel : 031-580-3034, Fax : 031-580-3045  
E-mail : fa523@paran.com  
접수일자 : 2007년 1월 23일  
1차심사 : 2007년 1월 29일  
심사완료 : 2007년 2월 12일

지고 신체적으로 미성숙 상태이므로 안전사고의 위험은 더욱 커져가고 있다[1-5].

그러나 국내에서는 초·중·고등학교 전기시설물에 대한 관리 및 설치에 대한 안전관리 규정이나 적용지침 등이 마련되어 있지 않을 뿐만 아니라 관리자의 전기안전에 대한 인식과 기술인력의 부족 등으로 효과적인 전기 안전관리가 어려운 실정이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 위해요인을 파악 및 분석하기 위해 초·중·고등학교에 시설된 수전설비, 교실, 과학실 등에 대해 현장조사를 서울, 경기, 강원, 경상, 전라 등 전국적으로 실시하였으며, 이에 근거하여 학교 시설물에 존재하는 관련 규정의 준수 여부, 수전설비의 접지방식, 콘센트의 설치상태, 과학실의 약품 보관방법 등 위험요인을 조사·분석하여 문제점을 도출시키고 그 문제점에 대해 적합한 안전사고 예방대책을 제시하고자 한다.

## 2. 감전통계 및 조사방법

초·중·고등학교의 전기설비를 정기적으로 검사하여 불량여부를 판단하는 국가안전 전문기관인 한국전기안전공사에서는 전기사업법에 근거하여 점검 및 검사를 실시하고 있다. 그림 1은 2003~2005년 최근 3년간의 학교에서의 감전사고 현황을 나타내고 있다[6].

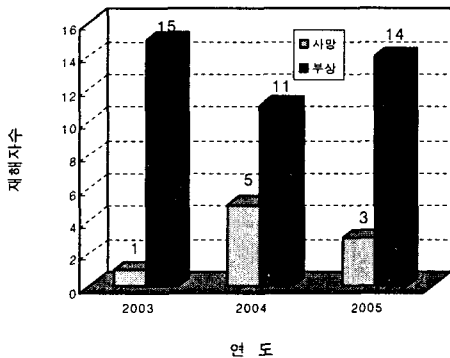


그림 1. 학교에서의 감전재해자수  
Fig. 1. The number of electric shock victims in school

통계조사된 결과를 분석하면, 2003년 사망 1명, 부상 15명으로 총 16명의 재해자가 발생하였고, 2004

년도에는 사망 5명, 부상 11명으로 전년도에 비해 총 재해자수는 동일하지만 사망자가 더 증가한 것을 알 수 있다. 또한 2005년도에는 사망 3명, 부상 14명으로 2004년에 비해 사망자수는 감소하였지만 총 재해자수는 증가하였다. 학교에서의 감전재해는 그림 1에서 알 수 있듯이 매년 비슷한 비율의 감전사고가 발생하는 것을 알 수 있고 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.

초·중·고등학교의 조사방법은 실제 방문조사를 실시하였으며, 실태조사의 대상은 현재 수업이 이루어지고 있는 서울 7개소, 경기 3개소, 강원 7개소, 전라 9개소, 경상 9개소, 충청 6개소 등 총 41개소이며 학교에는 수전설비, 교실, 과학실, 컴퓨터실, 보안등, 체육관 등의 다양한 시설물이 설치되어 있었다. 현장감있는 실증 데이터를 확보하여 초·중·고등학교에서의 안전사고 해소방안을 강구하기 위해 전국 65개의 한국전기안전공사 사업소의 경력 15년 이상의 전문인력, 관련 전문가, 연구원 등으로 실태조사팀을 구성하여 과학적이고 전문적인 실태조사를 전국적으로 실시하였다. 조사기간은 2006년 3월부터 2006년 10월까지이며 주대상은 수전설비의 시설상태, 교실, 과학실, 체육관 등의 위험요소이다.

그림 2는 현장조사를 통한 위험요소의 분석과정을 나타낸 것이다. 먼저 실태조사팀을 구성하여 현장조사를 실시하였으며 이를 토대로 초·중·고등학교의 수전설비, 교실, 과학실 등의 위험요소를 분석한 후 안전사고를 감소시키기 위한 적합한 대책을 제시하였다.

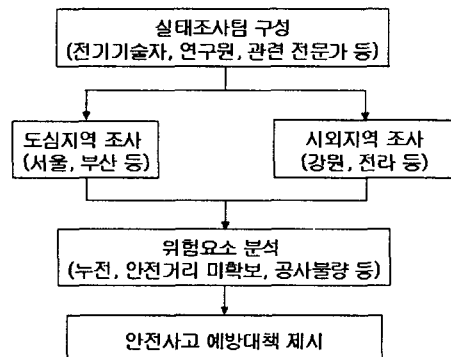


그림 2. 조사대상의 분석과정  
Fig. 2. Analytical process of objects

### 3. 현장조사 및 분석

#### 3.1 수전설비

수전설비란 특고압을 고압 또는 저압으로 변성하여 부하설비에 알맞은 전원을 공급하는 변압기 등의 설비 일체를 말한다. 수전설비의 개략적인 구성요소는 기중부하개폐기(인터럽터 스위치), 피뢰기, 계기용 변성기, 변압기, 울타리 등이 있다[7-8]. 학교 수전설비를 설치위치별로 구분하면 표 1과 같고, 조사 대상 학교 41개소 중 옥외 지상 큐비클 형식이 가장 많이 사용되고 있었다.

표 1. 수전설비의 설치위치  
Table 1. The installed location of power receiving system

구 분	옥내 지하	옥 외		H 변대
		지상	옥상	
개 소	12	21	4	4

접지방식에 의한 사용실태를 살펴보면, 공통접지 87[9], 독립접지 13[9]로 나타났으며 이를 그림 3에 나타내었다. 공통접지의 경우 1종 접지와 2종 접지를 공통으로 하고 3종 접지를 별도로 사용하고 있으며 이러한 방식으로 사용하는 이유는 접지저항의 저감, 대지전압의 감소 등을 위한 것이었다.

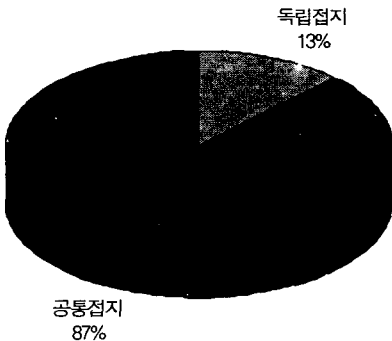


그림 3. 접지방식의 분류  
Fig. 3. Classification of grounding method

또한 최근의 수배전반으로 인터넷 기반의 원방감

시 운전시스템 및 프로그램이 탑재된 지능형 수배전반을 사용하는 학교가 34[9]에 달하는 것으로 나타났다. 이를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에 나타낸 수전설비에서 보호울타리, 위험표지판, 자물쇠장치 등이 양호하게 시설되어 있었으며, 지표면에서 울타리 사이의 높이가 2[m] 이상으로 시설되어 관련 규정에 적합하도록 시설되어 있었다[9-11].

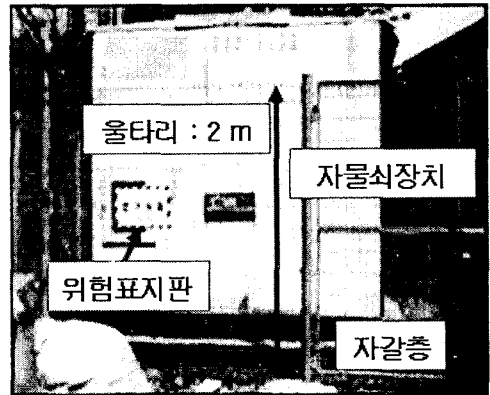


그림 4. 지능형 수전설비  
Fig. 4. Intelligent power receiving system

#### 3.2 교 실

일반교실은 통상적으로 행정학급제로 학교시설을 운영할 경우 학급수 만큼의 일반교실을 확보하게 된다. 일반교실은 실험실습과목을 제외한 모든 과목의 학습이 이루어지며 강의실 내에 TV, 냉난방기, 콘센트, 방송용 스피커 등이 시설되어 있다. 배선기구 중 콘센트와 스위치에 있어서, 일반용 콘센트는 15[A] 정격을 사용하고 30~50[A] 용량 이상 기기에 전력을 공급하는 콘센트는 적합한 용량으로 하고 전용회로로 하여야 하며, 전원이 빠지면 중대한 문제가 발생하는 경우는 걸림형 콘센트를 사용하고 감전방지를 위해 접지형 콘센트와 누전차단기로 회로를 구성하도록 한다. 또한 콘센트 설치의 일반적인 높이는 벽인 경우 바닥에서 콘센트 중심까지 0.3[m]로 하고 스위치의 설치 높이는 바닥에서 스위치 중심까지 1.2[m]로 하여야 한다.

교실에 대한 실태조사 결과, 일반형 콘센트를 사용하는 학교는 29[9]로 나타났고, 접지형 콘센트를

사용하는 학교는 71[%]로 나타나 아직도 비접지형 콘센트를 사용하는 학교가 1/3 정도 차지함을 알 수 있었다. 표 2는 콘센트와 스위치의 설치 높이에 대한 실태조사 결과를 나타낸다. 콘센트와 스위치의 설치 높이에 있어 80[%] 이상이 관련 규정을 준수하여 시설되었지만 아직도 규정에 근거하여 설계 및 시공이 이루어지지 않은 학교도 있는 것으로 나타났다[12].

표 2. 콘센트와 스위치의 설치 높이  
Table 2. The installed height of outlet and switch

구 분	콘센트		스위치	
	0.3[m] 이상	0.3[m] 이하	1.2[m] 이상	1.2[m] 이하
비율 [%]	92	8	82	18

그림 5는 학교에 시설된 콘센트의 일례를 나타낸다. 그림 5 (a)에 나타난 바와 같이, 접지형 콘센트로 양호하게 시설되어 있는 곳도 있으나, 그림 5 (b)와 같이 콘센트가 시설된 벽면에 크랙이 발생하여 우기에는 빗물의 유입으로 누전이 발생할 수 있다. 따라서, 학교 시설물의 설계 및 시공시 부실공사가 이루어지지 않도록 관리 및 감독이 철저히 이루어져야 한다. 학교에 시설된 냉방 시설로는 천장형 에어컨, 스탠드형 에어컨, 선풍기 등이 시설되어 있으며, 선풍기의 경우 그림 6 (a)와 같이 선풍기 조절기함내에 스위치가 있는 경우와 그림 6 (b)와 같이 스위치가 노출되어 있는 경우가 있다.

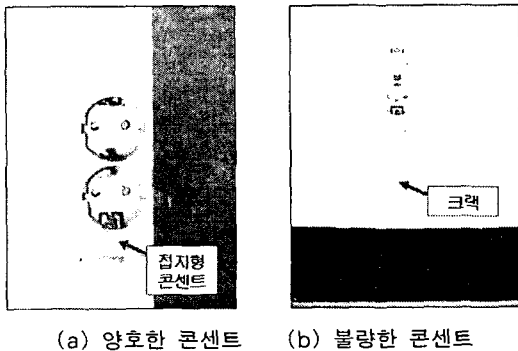
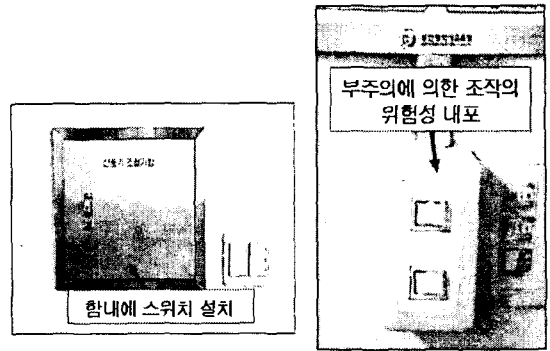


그림 5. 양호 및 불량한 콘센트  
Fig. 5. Example of good and Bad outlets

동절기에는 선풍기를 사용하지 않으므로 선풍기를 짙은 색상의 비닐덮개로 씌워 놓는 경우가 많다. 선풍기 전원스위치가 노출형으로 되어 있을 때 학생들의 부주의로 선풍기 스위치를 조작하여 선풍기가 동작되고 이를 통해 선풍기가 과열로 소손될 위험이 있으므로, 선풍기 조절기함을 설치하여 후속되는 재해를 방지할 필요가 있다.



(a) 선풍기 조절기함 (b) 노출된 스위치

그림 6. 선풍기 조절기함 및 노출된 스위치  
Fig. 6. A control box of electric fan and an exposed switch

### 3.3 과학실

과학실은 실험 및 준비실과 전시공간을 포함하고, 실험기자재가 많이 비치되어 있으므로 관리상 과학 교사연구실을 인접하여 배치하는 것이 바람직하다. 모형이나 비디오, 컴퓨터 CD, 시청각 매체를 수업에 활용할 수 있도록 과학실에도 컴퓨터 활용과 시청각 자료 활용을 위한 공간 배려가 필요하다. 과학교실의 바닥재료는 화공약품을 많이 이용하는 실이므로 염화비닐타일 등의 재료를 사용하도록 하며, 환기에 유의할 필요가 있다.

과학실은 실험을 하기 위해 실험대가 대부분 설치되어 있고 실험대에 실험장치를 설치하여 전원을 공급하기 위해 실험대에 콘센트가 설치되어 있으며 용기, 인체 등의 세척을 위해 상·하수도 시설이 되어 있다. 그림 7은 실험대의 일례를 나타내며 실험대에 설치된 콘센트는 비접지형으로 되어 있다. 실험중 물이 실험대를 적실 수 있고 콘센트로 물이 유입될

수 있으므로 실험대의 콘센트는 학생들의 감전방지를 위해 방수형 및 접지형으로 하여야 하고, 실험대 전원에 인체보호용 누전차단기가 설치되도록 하여야 한다.

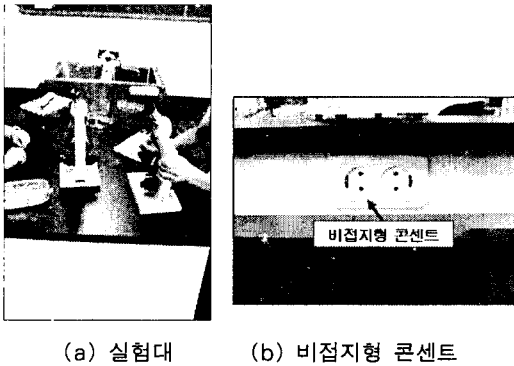


그림 7. 실험대 및 콘센트  
Fig. 7. An experiment stand and an outlet

과학실에서 사용되는 시약 중에는 공기 중에서 자연 발화하는 것이 있는가 하면, 충격·가열 또는 가연성 물질과 혼합하면 폭발하는 것과 인화성이 강한 것 혹은 물과 만나면 발화하고 발열하는 것들도 있다. 따라서 오염된 공기를 배기하여 신선한 공기와 교환되도록 환기설비를 갖추어야 한다. 실태조사 결과 환기설비가 있는 과학실은 62[%]이고, 환기설비가 없는 곳은 38[%]이었다. 그림 8은 환기설비 시설 현황을 나타낸다.

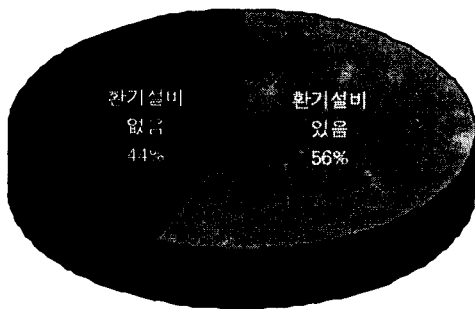


그림 8. 환기설비의 시설현황  
Fig. 8. Condition of ventilation facilities

또한 약품을 보관하는데 있어서는 일반적인 보관함을 사용하는 것보다는 그림 9에 나타난 것과 같은 밀폐형 자동시약장을 과학준비실에 시설하여 보관하는 것이 바람직하다. 밀폐형 자동시약장의 특징으로는 자동후드장치가 시설되어 있어 시약장을 열때 자동으로 시약장 내부의 환기설비가 동작되도록 설정되어 있다.

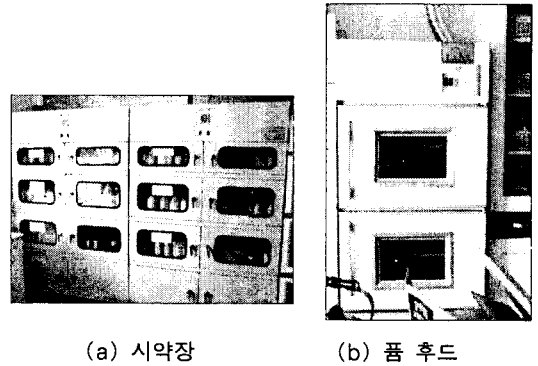


그림 9. 밀폐형 자동시약장 및 폼 후드  
Fig. 9. Automatic airtight container and fume hood

독약 또는 극약의 경우에는 다른 시약과 구별하여 저장 또는 진열하도록 하고 독약을 저장 또는 진열하는 장소에는 잠금장치를 하여야 한다. 그리고 학교장은 독극물 관리 책임자를 임명하여 관리하여 학생, 교사 등에게 피해가 발생되지 않도록 하여야 한다.

### 3.4 음악실

음악실에서는 학생들의 합창, 연주, 음악감상 등의 정규수업과 시청각 학습이 일어나는 곳이므로 피아노와 무대는 물론, VTR과 오디오시스템이 갖추어져 있어야 하며, 바닥과 벽은 흡음재료를 사용하는 것이 바람직하다. 음향기기의 안전사항에 있어서, 음향장치는 1차측 전원개폐기로서 인체감전보호용 누전차단기를 시설하여야 하며 차단기의 설치장소는 관리자가 용이하게 점검할 수 있는 곳이어야 한다. 또한 음향장치의 외함에는 제3종 접지공사를 하여야 한다. 학교에서 사용되는 음향장치는 증폭기, 마이크로폰 등으로 구성되며 현대식 학교 건축물에서는 음

악수업시 알루미늄 재질의 화이트보드를 사용하고 있다.

접지가 시설되지 않을 경우, 교사가 금속으로 된 마이크폰을 잡고 화이트보드에 인체를 접촉할 때 누설전류로 인해 감전의 경험이 있는 경우가 있었다. 또한 누전 등에 의해 전위상승이 발생할 때에는 마이크폰에 접촉된 사람의 입술이나 혀를 통하여 누설전류가 흐르게 된다. 인체의 부위 중 입술이나 혀를 통하여 전류가 흐르게 되면 인체저항은 약 1/10로 감소하기 때문에 미약한 누설전류에도 심각한 결과를 초래할 수 있다.

따라서 음향장치의 1차측에 인체감전보호용 누전 차단기가 설치되어 있더라도 10[mA] 이하의 누설전류가 발생되면 누전차단기의 정격감도전류가 30 [mA]에서 동작하기 때문에 감전보호를 기대할 수 없으므로 음향장치의 외함에는 반드시 접지를 하여야 한다. 그림 10은 음악실에서의 감전 가능성의 일례를 나타낸다.

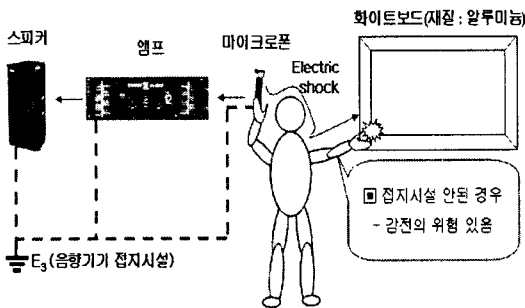


그림 10. 음악실에서의 감전 가능성의 일례  
Fig. 10. Example of electric shock possibility in a music hall

#### 4. 결 론

본 논문에서는 초·중·고등학교 수전설비, 교실, 과학실, 음악실의 전기시설물에 대한 현장조사를 통해 위험요인 및 안전사고 방지대책을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 수전설비에 대한 안전대책으로는 울타리 및 자물쇠장치 설치 등이 있으며 수전설비에 울타리, 담 등을 설치하여 일반인 및 조수로의

접근을 방지하고 울타리 높이는 2[m] 이상이 되도록 한다. 또한 국제 규격에서 제안하는 공통접지방식을 채용하여 접지저항의 저감, 대지전위의 감소, 접지의 신뢰성 확보 등을 이룰 수 있도록 한다.

- (2) 교실의 배선기구에 있어 콘센트 높이는 0.3[m] 이상, 스위치는 1.2[m] 이상이 되도록 하고 시공시 배선기구 주변에 크랙이 발생되지 않도록 하여 누전을 방지하여야 한다. 또한 선풍기 조절기함을 별도로 설치하여 후속되는 재해를 방지할 필요가 있다.
- (3) 과학실의 실험대에는 방수형 및 접지형 콘센트를 사용하고 환기설비를 갖추어야 하며, 안전한약품 보관을 위해 밀폐형 자동시약장을 구비하도록 한다.
- (4) 음악실의 마이크폰에 인체의 혀나 입술이 접촉되어 감전사고가 발생할 수 있으므로 음향장치에는 반드시 접지를 시설하도록 한다.

초·중·고등학교의 안전에 대한 합리적인 규격과 기술개발이 요구되며 향후 상기한 실태조사 및 위험성 평가를 통해 전기안전시설지침을 제시할 것이며 학교 전기시설물의 안전성에 대한 지속적인 연구를 추진할 예정이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

#### References

- (1) 이화룡, "학교시설기준 개정에 관한 연구", 교육인적자원부, pp.2~25, 2003.
- (2) 이호진, 최충석, "학교시설 설계·안전 매뉴얼 개발 연구", 교육인적자원부, pp.149~193, 2003.
- (3) David G. Kibble, "Safety and Disaster Management in Schools and Colleges", David Fulton Publishers, pp.1~18, 1998.
- (4) Mike Dorn, Greg Thomas, Marleen Wong, Sonayia Shepherd, James Kelly, Ronald Stephens, "School Safety Handbook", Jane's Information Group, pp.3~14, 2004.
- (5) 고영진, "학교와 시설", 학문사, pp.207~225, 1994.
- (6) 한국전기안전공사, "전기재해통계분석", 한국전기안전공사, pp.180~233, 2005.

- [7] 길형준, 이복희, “임시전력 건설현장에 사용되는 전기설비의 감전위험에 관한 현장실태 조사 및 분석”, 한국조명·전기설비학회, Vol. 18, No.6, pp.197~204, 2004.
- [8] 한가봉, 이대중, 한운기, “22.9(kV) 수·변전설비에서의 감전위험성 연구”, 한국전기안전공사, pp.65~81, 2002.
- [9] 길형준, 최충석, 김향근, 한운기, 이복희, “구조체 접지의 전위상승에 대한 반구형 수조에 의한 측정값과 계산값의 비교”, 한국조명·전기설비학회 추계학술대회, pp.111~114, 2005.
- [10] 이복희, “접지의 핵심기초기술”, 의제, pp.179~190, 2000.
- [11] 대한전기협회, “전기관계법령집”, 대한전기협회, pp.292~293, 2006.
- [12] 내선규정전문위원회, “내선규정”, 대한전기협회, pp.176~179, 2006.

◇ 저자소개 ◇

**길형준** (吉亨准)

1969년 8월 27일생. 1997년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2000년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원.  
 Tel : (031) 580-3034  
 Fax : (031) 580-3045  
 E-mail : fa523@paran.com

**최충석** (崔忠錫)

1961년 9월 19일생. 1991년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~95년 구마모토대학 객원연구원. 1997년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 수석연구원.  
 Tel : (031) 580-3030  
 Fax : (031) 580-3045  
 E-mail : enetek@naver.com

**이기연** (李璣燕)

1975년 5월 12일생. 2002년 2월 인천대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원.  
 Tel : (031) 580-3039  
 Fax : (031) 580-3045  
 E-mail : lkycj@kesco.or.kr

**문현옥** (文鉉旭)

1975년 2월 14일생. 2000년 8월 경북대 공대 전자전기공학부 졸업. 2004년 University of Florida, Electrical & Computer Engineering 졸업(석사). 2006년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원.  
 Tel : (031) 580-3038  
 Fax : (031) 580-3045  
 E-mail : hwmooon@kesco.or.kr