

# 학교 컴퓨터실의 전기안전에 대한 리스크요소 평가

(Assessment of Risk Component for Electrical Safety of Computer Room in School)

길형준\* · 김동욱\* · 이기연\* · 김향곤\* · 최중석\*

(Hyoung-Jun Gil · Dong-Ook Kim · Ki-Yeon Lee · Hyang-Kon Kim · Chung-Seog Choi)

(\*전기안전연구원)

## Abstract

This paper deals with assessment of risk component for electrical safety and investigation on the spot of computer room in elementary · middle · high school. The investigation was carried out side by side for floor, outlet, panel board, earth leakage circuit breaker at computer room. In order to assess electrical safety at computer room, grounding simulator and power quality monitor have been used. Potential rise has been measured and analyzed for ground rod and grounding grid by using the simulator. Phase and neutral-line current have been monitored in real time.

As a consequence, it is desirable for us to install conductive tile at floor of computer room. Grounding grid had better than ground rod for electrical safety. Neutral-line current was produced by unbalanced phase current.

## 1. 서론

학교의 교육시설은 교육의 기능과 목적 수행을 위해 건축·설치된 일체를 의미하며, 일정한 장소에서 지속적으로 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 떨어지고 신체적으로 미성숙 상태이므로 안전사고의 위험은 더욱 커져가고 있다[1-4].

초·중·고등학교의 전기설비를 정기적으로 검사하여 불량여부를 판단하는 국가안전 전문기관인 한국전기안전공사의 감전통계자료를 살펴보면, 2003년 사망 1명, 부상 15명으로 총 16명의 재해자가 발생하였고, 2004년도에는 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[5].

따라서 본 논문에서는 학교 시설물중 컴퓨터실의 리스크요소를 평가하기 위해 현장조사, 접지 모델링, 전원 품질 분석 등이 이루어졌으며, 이에 근거하여 학교 컴

퓨터실에 존재하는 관련 규정의 준수 여부, 위험 시설물의 안전대책, 적합한 접지전극의 유형, 컴퓨터실 사용전원의 개선 방법 등을 제안하였다.

## 2. 현장조사에 의한 리스크요소 평가

### 2.1 조사방법

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 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[6]. 조사기간은 2006년 3월~9월이며 주대상은 컴퓨터실의 바닥 구성요소, 전용분전반의 시설유무, 콘센트의 시설상태 등이었다.

그림 1은 현장조사를 통한 리스크요소의 분석과정을 나타낸 것이다. 먼저 실태조사팀을 구성하여 현장조사를 실시하였으며 이를 토대로 초·중·고등학교 컴퓨터실의 리스크요소를 분석한 후 전기안전을 위한 설비개선 방안을 제시하고자 하였다.

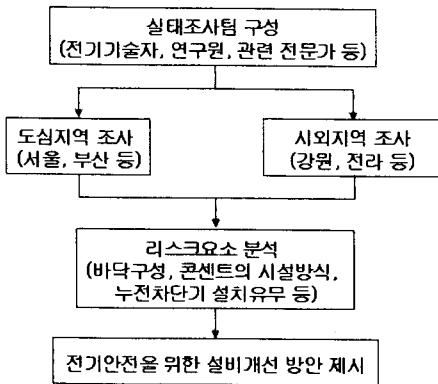
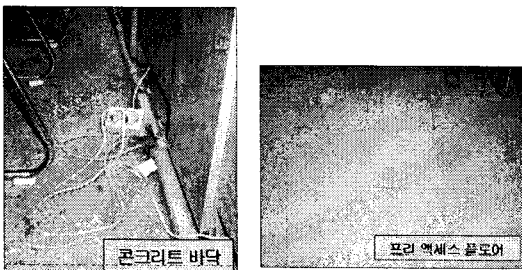


그림 1. 리스크요소의 분석과정  
Fig. 1. Analytical process of risk component

## 2.2 시설상태의 리스크요소 분석

컴퓨터실은 특정교과를 위한 실습교실이라기보다는 전체 교과를 위한 학습 지원시설로서의 성격이 강한 교실이다. 또한 이 교실은 모든 교과 교실에서 접근하기 좋은 중앙부에 위치하는 동시에 인쇄실, 학습 자료실 등의 학습지원센터와 인접하여 교육준비에 충분히 이용될 수 있도록 한다.

컴퓨터실의 바닥은 정전기로 인한 피해가 발생할 수 있으므로 전도성 타일의 프리 액세스 플로어(free access floor)로 바닥을 구성하도록 한다. 전도성 타일에는 접지를 시설하여 물체에 발생한 정전기를 대지로 누설, 완화시켜 물체에 정전기가 축적되거나 대전되는 것을 방지하도록 한다. 프리 액세스 플로어 아래의 바닥에는 먼지 등이 쌓여 있을 수 있으므로 1년에 한번은 바닥을 올려서 청소할 필요가 있다. 또한, 정전기 방지를 위해 상대습도 30[%] 이하가 되지 않도록 하여야 한다. 현장조사결과 학교 컴퓨터실의 바닥구성은 콘크리트 바닥 30[%], 나무 바닥 3[%], 프리 액세스 플로어 67[%]로 프리 액세스 플로어가 지배적인 것으로 나타났고, 그림 2에 컴퓨터실의 바닥구성의 예를 나타내었다.



(a) 콘크리트 바닥 (b) 프리 액세스 플로어  
그림 2. 컴퓨터실의 바닥구성의 예  
Fig. 2. An example of construction of floor for computer room

그림 3은 프리 액세스 플로어에 사용되는 전도성 타

일의 구조를 나타내며, 전도성 타일, 전도성 접착제, 동판, 접지시설 등으로 구성되어 있다. 이와 같은 구조로 바닥을 구성하면, 컴퓨터실에서 발생될 수 있는 정전기로 인한 전자·통신기기의 오동작, 전자소자의 손상 등을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

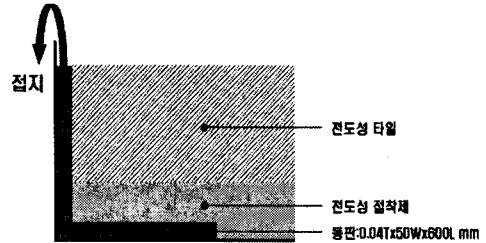
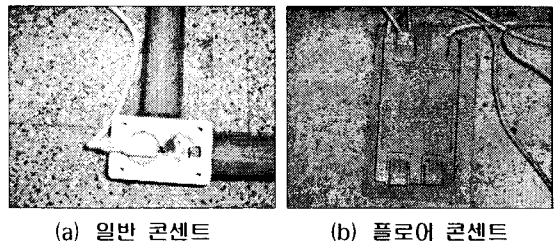


그림 3. 전도성 타일의 구조  
Fig. 3. Structure of conductive tile

컴퓨터실에는 한정된 공간에 전산설비가 집중되어 설치되어 있으므로 이에 대해 전원을 공급하기 위해서는 노출형 콘센트 보다는 플로어 콘센트로 전원을 공급하는 방식이 바람직하다. 콘센트를 바닥에 시설하는 경우에는 방수구조의 플로어 박스에 설치하거나 또는 이들 박스의 표면 플레이트에 들어서 부착할 수 있도록 된 콘센트를 사용하여야 한다. 콘센트는 접지극이 있는 방전형 콘센트를 사용하여 접지하여야 한다[7]. 그림 4에 일반 콘센트와 플로어 콘센트를 나타내었다. 그림 4(a)에 나타난 바와 같이, 컴퓨터실 바닥에 일반 콘센트를 시설하여 사용할 경우 바닥 청소시 습기, 물기 등이 콘센트에 침입하여 누전으로 인한 인체 전격이 발생할 수 있으며 또한 트래킹에 의한 화재도 발생할 수 있다. 그러므로, 그림 4(b)와 같은 방수구조의 접지극이 부착된 플로어 콘센트를 사용하도록 한다. 실태조사 결과 일반 콘센트를 사용한 경우는 48[%], 플로어 콘센트를 사용한 경우는 52[%]로 현재에도 일반 콘센트를 많이 사용하고 있으므로 안전성이 강화된 콘센트로의 교체가 필요하다.



(a) 일반 콘센트 (b) 플로어 콘센트  
그림 4. 콘센트의 시설 예  
Fig. 4. An example of construction of floor for computer room

컴퓨터실은 기기의 적정 용량 산정, 노이즈의 침입, 이상전압으로 인한 정보통신기기의 손상 등을 고려하여

전용의 분전반을 시설하는 것이 바람직하다. 그림 5에 전용분전반의 시설상태를 나타내었고, 전용분전반이 없는 경우는 35[%], 전용분전반이 있는 경우는 65[%]로 나타났으며 전용분전반이 있는 경우에 누전차단기가 설치된 분전반은 45[%], 미설치 분전반은 20[%]로 각각 조사되었다. 또한 전기전자기기는 과전압 내량이 매우 작기 때문에 뇌과전압 등으로부터 전자기기를 보호하기 위해서는 서지보호기(SPD : surge protective device)를 컴퓨터실의 분전반에 적용할 필요가 있다. 이 때 서지보호기의 설치위치는 누전차단기 1차측에 시설하는 것이 좋다. 그 이유는 누전차단기 2차측에 설치하였을 경우 뇌서지가 발생하면 서지보호기가 동작하여 서지전류가 방류하게 되며 이를 누전차단기가 감지하여 오동작할 수 있기 때문이다.

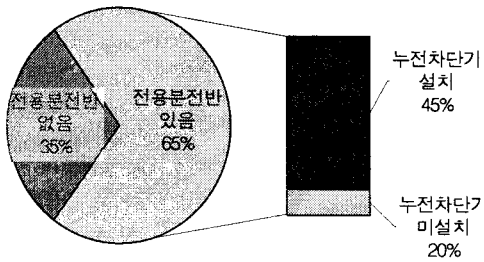


그림 5. 전용분전반의 시설상태  
Fig. 5. Installed condition of exclusive use panel board

### 3. 모델링 및 모니터링 기법을 이용한 리스크요소 평가

#### 3.1 접지설비의 모델링

컴퓨터실의 정보통신설비 또는 기기는 상호 접속된 기기간 또는 기기에 유기된 전압/전류에 기인하여 장애를 받을 가능성이 있다. 장애 원인으로는 낙뢰 또는 부하 폐쇄, 정전하 방전, 고장전류에 의한 대지전위차, 전자계에 의한 장애 등이 포함된다. 전기계통과 민감한 전자계통이 상호 접속되어 있을 때 이들 계통 사이에 등전위를 유지하여 장애를 최소화하기 위한 접지를 기능용 접지라고 부른다. 본 절에서는 컴퓨터실의 설비 안정화를 위한 적합한 접지설비의 선택에 있어 중요한 요소인 전위상승을 분석하기 위해 봉형 접지전극 및 망상 접지전극을 축소모델로 제작하고 이를 접지 시뮬레이터에 장착하여 전위상승 양상을 분석하였다. 그림 2는 접지 시뮬레이터의 측정회로를 나타내며, 반구형 수조의 재질은 스테인리스이고 직경은 2[m]이다.

접지전극에 지락전류 발생시 전위상승을 측정하기 위

한 프로브는 물의 표면 혹은 내부의 전위를 측정하기 위한 것으로 콘베이어를 통해 이송된다[8].

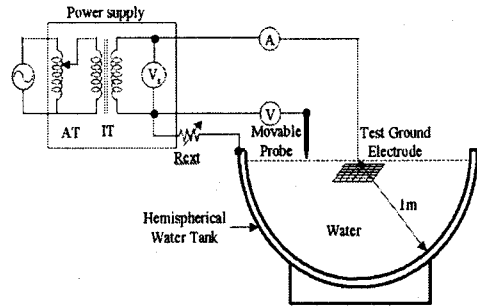
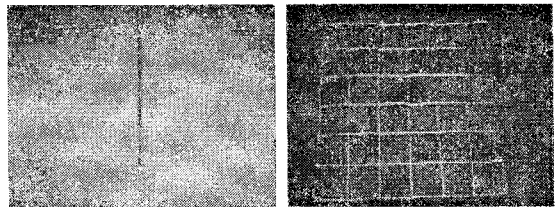


그림 6. 접지 시뮬레이터의 측정회로  
Fig. 6. Measuring circuit of grounding simulator

시험접지전극으로는 봉형 접지전극과 망상 접지전극을 모델로 하였으며 토양의 특성을 모의하기 위해 측정이 용이한 지하수를 수조내에 채웠다. 전기설비기술기준에서 접지전극은 지표면에서 0.75[m] 이하에 시설하도록 규정하고 있어 이를 80:1로 축소하여 수면 아래 9.5[mm]에 시험접지전극을 설치하고 모델링을 실시하였다. 봉형 접지전극의 길이는 0.1[m], 망상 접지전극의 크기는 0.3[m]×0.3[m] 이고, 직경은 두 가지 유형 모두 1[mm]로 설정하였다. 그림 7에 시험접지전극의 사진을 나타내었다.



(a) 봉형 접지전극 (b) 망상 접지전극  
그림 7. 시험접지전극의 사진  
Fig. 7. Photographs of test grounding electrode

우선, 봉형 접지전극에 대해 살펴보면, 봉형 접지전극을 수조 중앙에 설치한 후 1[A]의 지락전류를 흘렸을 때 접지전극 주변에서 수표면의 전위상승을 측정하였다. 그림 8은 봉형 접지전극 중심으로 직경방향으로 0~2[m]의 거리에 대해 측정된 전위분포곡선이다. 최대값은 수조의 중앙인 1[m] 지점에서 나타났으며, 그 값은 1[A]당 103[V]이다. 이 때 인가전압은 222[V]이다. 전위경도는 접지전극의 근접부에서 매우 가파른 양상을 나타냈으며, 1[m] 지점을 중심으로 대칭인 분포를 나타내었다.

그림 9에 0.3[m] × 0.3[m] 망상 접지전극에 대한 전

위분포를 나타내었다. 봉형 접지전극과 마찬가지로 1[A]의 지락전류를 인가하였으며, 이 때 인가전압은 42.2[V]이다. 그림 4.5에 나타낸 바와 같이, 접지전극을 중심으로 대칭 분포를 나타내었으며, 최대값은 1[A]당 39.4[V]이다. 접지전극이 시설된 0.85[m]와 1.15[m] 사이에서 거의 전위분포가 일정한 양상을 나타내었다. 이는 망상 접지전극이 시설될 경우 등전위화가 이루어짐을 입증하는 것이다. 따라서 컴퓨터실의 접지는 봉형 접지전극보다는 망상 접지전극을 시설하여 설비의 등전위화를 이루는 것이 정보통신기기 보호의 관점에서 바람직할 것으로 판단된다.

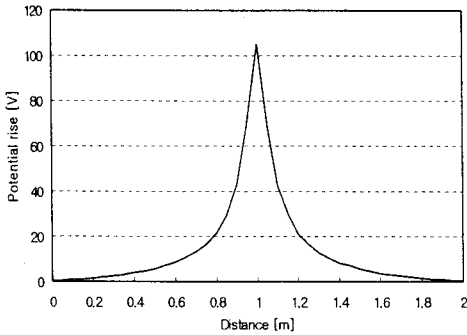


그림 8. 봉형 접지전극의 표면전위분포  
Fig. 8. Profile of surface potential rise for a ground rod

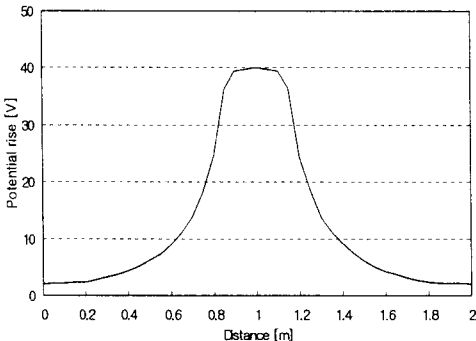


그림 9. 망상 접지전극의 표면전위분포  
Fig. 9. Profile of surface potential rise for a grounding grid

컴퓨터실 정보통신기기의 정상적인 동작을 확보하기 위해 신호용 접지나 라인 필터용 접지 등의 특유한 접지를 시설할 필요가 있으며 정보통신기기를 정상적으로 가동시키기 위해서는 전위의 안정된 기준점이 필요하다. 이 방법으로서 하나의 바닥에 설치되어 있는 모든 컴퓨터 관련기기의 접지를 그 바닥의 기준접지극에 연결하여 전위 기준점을 설치하는 것이다. 이와 같이 컴퓨터실의 바닥에 기준접지를 잡으면 효과적인 접지를 얻을

수 있다. 또한 기준접지를 설치하면 접지임피던스가 저감된다. 여기에서 유의해야 할 것은 컴퓨터 관련기기와 마루의 접지전극을 서로 결부시키는 접지선은 필히 짧게 부설할 필요가 있으며 그림 10에 표시된 컴퓨터 접지점 G와 같이 원 포인트로 해야 한다[9, 10].

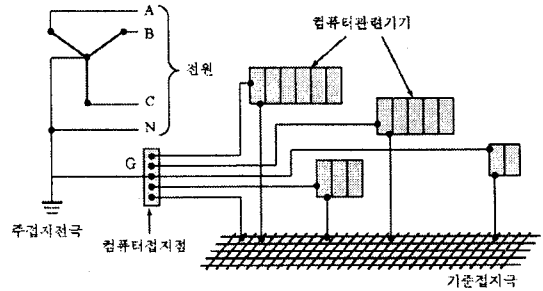


그림 10. 컴퓨터실의 접지시스템  
Fig. 10. Grounding system of computer room

### 3.2 전원품질의 모니터링

컴퓨터를 비롯한 정보통신용 전자기에 손상을 줄 수 있는 전원 전압의 변동 특성을 파악하는 것은 시스템 운용의 신뢰성 확보와 과도전압에 대한 보호대책의 수립에 기본이 된다. 상용 계통의 전원 전압 파형은 이상적인 정현파가 아니며 고조파를 비롯한 일시적으로 변동하는 서지전압을 포함하는 경우가 있다. 전자기기의 전원전압에 발생하는 교란을 정의하기 위해 식 (1)에 주어진 이상적인 정현파 전압을 고려하는 것이 편리하다.

$$f(t) = V_P \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

전압의 최대치  $V_P$ 는 파형의 크기를 나타내고, 각주파수  $\omega$ 는 지속시간을 정의하기 위하여 사용된다.

전원 전압의 순시치  $v(t)$ 가 식 (2)를 만족한다면

$$|v(t) - f(t)| > V_P/4 \quad (2)$$

$v(t) - f(t)$ 를 전압의 교란(disturbance)이라 한다. 이러한 교란의 정의는 과도과전압 또는 서지를 정의하기 위하여 ANSI C62.41에서 제안한 수학적적인 표현이다. 이것은 과전압을 정의하는데 적합한 방법은 아니지만 교란을 나타내는 데는 합리적인 표현방법이다.

전압의 실효치의 작은 변화 예를 들면 공칭전압 120V<sub>rms</sub>의 전원 계통에서 135V<sub>rms</sub> 또는 95V<sub>rms</sub>는 교란의 이런 정의를 만족하지 못한다. 이것은 실효전압의 높은 값이거나 낮은 값이 문제를 야기하지 않는다는 것은 아니다. 그러나 순시전압  $v(t)$ 의 결함을 시간적 평균 또는 실효전압의 결함과 구별하는 것이 편리하다. 다양한 형

태의 교란이 중첩된 전압 파형을 그림 11에 나타내었다 [11].

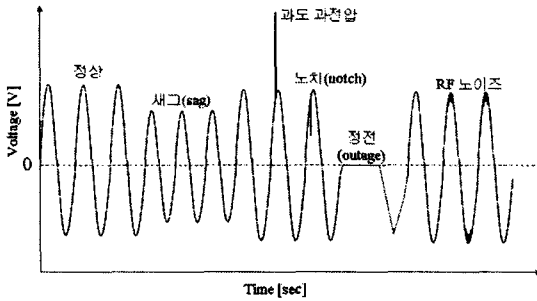


그림 11. 교류 전원에 발생하는 여러 가지 교란  
Fig. 11. Various disturbance produced in AC power source

학교 컴퓨터실의 전원품질을 모니터링하기 위해 전원 품질 분석기(PNA-560)를 사용하였다. 이것은 저압에서 고압까지 다양한 전력 현상의 전력 분석을 위한 장비이고, 전기 품질 규격인 EN 50160의 모니터링 뿐만 아니라 전기 실효값의 저장 및 과도현상을 레코딩할 수 있는 전력분석계기이다. 컴퓨터실의 분전반에 전원품질 분석기를 설치하고 상전압, 상전류, 중성선 전류 등을 측정하였다. 그림 12는 컴퓨터실 분전반에서의 전기에너지를 측정 한 데이터이다.

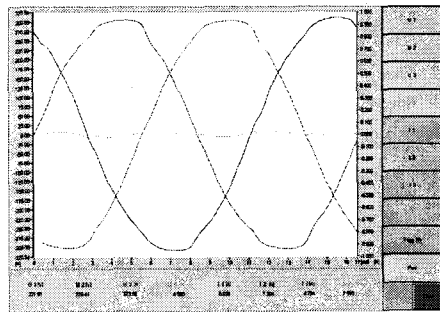
그림 12(a)에서 알 수 있듯이 상전압은 R상 222.41[V], S상 222.49[V], T상 221.36[V]로 거의 220[V]에 근사한 값을 나타내었다. 그러나, 상전류는 R상 0.02[A], S상 6.638[A], T상 4.845[A]로 전류 불평형이 발생하였고 2개의 상은 이용되고 있으나 하나의 상은 거의 이용되지 않음을 확인할 수 있었다. 또한, 중성선에 흐르는 전류는 7.639[A]로 상전류보다도 더 큰 값이 측정되었다. 그림12(b)의 전압 파형에서 알 수 있듯이 일시적 전압저하(sag), 일시적 전압상승(swell) 등은 발생하지 않았으나 약간의 파형의 왜곡이 발생하였고, 그림 12(c)의 전류 파형의 경우, 왜곡이 심하게 발생하였음을 확인하였다. 이는 불평형 상전류의 영향으로 대표되는 금속 중성선을 통한 귀환전류 또는 대지를 통한 귀환전류, 컴퓨터실 정보통신기기의 반도체 소자, 정류 소자 등에 의한 고조파의 영향 등에 기인한 것으로 판단된다.

고조파 전류가 발생하여 발생원측에서 전원측으로 유출하고 있는 경우, 고조파 유출전류를 저감하기 위한 억제대책이 필요하다. 고조파 저감대책의 기본적인 요소는 표 1과 같이 정의할 수 있다. 고조파 유출전류의 억제방법은 기기에서 발생하는 고조파 전류를 저감시키는 방법과 기기에서 발생한 고조파 전류를 수용가 구내의 설비로 분류시켜 외부로 유출하는 양을 저감시키는

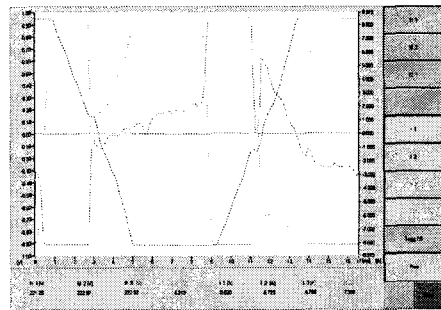
방법이 있다.

	1	2	3	4	5
U <sub>PM</sub>	223.41	222.49	221.36	222.26	4.35
U <sub>LN</sub>	0.520	0.523	0.545	0.744	7.639
P <sub>PM</sub>	0.200	1.461	0.942	2.463	0.013
S <sub>PM</sub>	0.204	1.477	1.072	2.684	0.033
Q <sub>PM</sub>	-0.004	-0.213	-0.517	-0.395	0.458
P <sub>LN</sub>	0.000	1.450	0.948	2.406	0.050
Q <sub>LN</sub>	-0.001	-0.140	-0.039	-0.238	0.001
PF <sub>+</sub>	0.74	1.00	1.00	0.89	0.88
PF	0.06	0.93	0.98	0.84	0.80

(a) 측정표



(b) 전압



(c) 전류

그림 12. 컴퓨터실 분전반에서의 측정데이터  
Fig. 12. Measuring data of panel board at computer room

표 1. 고조파 저감대책 기본 요소  
Table 1. Basic component for reduction measure of harmonic

고조파의 기본요소	대책방법	대책위치
고조파 발생원	발생량을 저감	원인측
대상회로의 임피던스	임피던스 변경	원인, 피해, 전력 공급측
대상기기의 고조파 내량	내량의 강화	피해측

고조파 발생원 측에서의 가장 효과적인 방법은 펄스

수 증대법으로 기기에서 발생하는 고조파 전류를 대폭 저감시킬 수 있는 기술이 있다. 또한 계통측에서는 콘덴서와 리액터를 조합하여 고조파 전류를 흡수 또는 다른 계통으로 고조파 전류를 분류시키는 수동필터와 전력용 반도체 소자를 이용하여 기기에서 유출하는 고조파 전류를 능동적으로 저감시키는 액티브 필터를 사용하는 방법이 있다. 여기에서 제시한 억제기술의 특성을 고려하여 경제적이고 효과적인 기술을 적용하는 것이 바람직하다. 고조파 장애를 방지할 수 있는 대책의 유형은 다음 표 2와 같다[12].

표 2. 고조파 방지대책의 유형  
Table 2. Type for preventive measure of harmonic

대책방법	발생기기	배전계통	피해기기
고조파 발생량의 저감	- 펄스수 증가 - 리액턴스 증가 - 제어지연각 저감 - PWM 제어시 반송 주파수의 고주파화 - 능동필터 설치	- 배전선 상 전압의 평형	-
임피던스 분류조건 변경	- 수동필터 설치	- 단락용량 증가 - 공급 배전선의 전용화 - 계통 변경 - 수동필터의 설치	- 진상콘덴서에 리액터 추가 - 수동필터 설치
기기의 내량강화	-	-	- 위상제어회로에 필터 삽입 - 특수 내량품 설치

#### 4. 결론

본 논문에서는 학교 시설물중 컴퓨터실의 리스크요소를 평가하기 위해 현장조사, 접지 모델링, 전원품질 분석 등이 이루어졌으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 컴퓨터실의 바닥은 정전기로 인한 피해가 발생할 수 있으므로 전도성 타일의 프리 액세스 플로어(free access floor)로 바닥을 구성하도록 하고, 콘센트를 바닥에 시설하는 경우에는 방수구조의 플로어 박스에 설치하도록 한다. 또한 콘센트는 접지극이 있는 방적형 콘센트를 사용하여 접지하여야 한다.

(2) 컴퓨터실의 분전반은 기기의 적정 용량 산정, 노

이즈의 침입, 이상전압으로 인한 정보통신기기의 손상 등을 고려하여 전용의 분전반을 시설하는 것이 바람직하다.

(3) 접지설비의 모델링을 통해 컴퓨터실의 접지는 봉형 접지전극보다는 망상 접지전극을 시설하여 설비의 등전위화를 이루는 것이 정보통신기기 보호의 관점에서 적합하다. 컴퓨터 관련기기와 마루의 접지전극을 서로 결부시키는 접지선은 필히 짧게 부설할 필요가 있으며 컴퓨터 접지점은 원 포인트로 해야 한다.

(4) 전원품질의 모니터링 결과, 전류 파형의 경우 왜곡이 심하게 발생하였으며 이는 불평형 상전류의 영향으로 대표되는 급속 중성선을 통한 귀환전류 또는 대지를 통한 귀환전류, 컴퓨터실 정보통신기기의 반도체 소자, 정류 소자 등에 의한 고조파의 영향 등에 기인한 것으로 판단된다.

초·중·고등학교의 안전에 대한 합리적인 규격과 기술개발이 요구되며 향후 학교 시설물의 전기안전에 대한 지속적인 연구를 추진할 예정이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [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, Sonavia Shepherd, James Kelly, Ronald Stephens, "School Safety Handbook", Jane's Information Group, pp.3~14, 2004.
- [5] 한국전기안전공사, "전기재해통계분석", 한국전기안전공사, pp.180~233, 2005.
- [6] 길형준, 문현욱, 김향곤, 최충석, "초·중·고등학교 전기 시설물의 현장조사 및 분석", 한국조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, pp.215~218, 2006.
- [7] 서암설비위원회, "내선규정", 대한전기협회, pp.176~179, 2006.
- [8] Chung-Seog Choi, Hyoung-Jun Gil, Hyang-Kon Kim, Woon-Ki Han, Bok-Hee Lee, "Profiles of Ground Potential for Shapes of Grounding Electrode by Using Scale Model Grounding Simulation System", Progress in Safety Science and Technology, pp.104~112, 2004.
- [9] 이복희 외 4, "접지시스템에 있어서 개별·독립접지방식의 전위간섭 문제해결을 위한 연구", 한국전기공사협회, pp.14~22, 2005.
- [10] 이복희, "접지의 핵심기초기술", 의제, pp.6~20, 2000.
- [11] 이복희, 이승철, "정보통신설비의 뇌보호", 인하대학교 출판부, pp.48~55, 2004.
- [12] 유재근 외 2, "전기설비사고 예방을 위한 고조파 감시시스템 연구", 한국전기안전공사, pp.67~76, 2001.