

# 가로등 전기안전실태분석 및 개선방안

정선의 <한국토지공사 시설사업처 전기부장>  
 왕병도 <한국토지공사 시설사업처 전기과장>  
 김민준 <한국토지공사 시설사업처 전기과 대리>

## 1 개 요

일반적으로 감전사고는 저압의 경우보다 고압 또는 특고압에서 감전사고의 위험이 높은 것으로 나타나고 있으나, 실제로는 고압보다는 저압에서 사고 빈도가 높고, 사망 사고도 많이 나타나고 있다. 최근 저압 전기 시설물인 가로등에 의한 안전사고도 많이 발생하고 있어 이에 대한 실태분석을 통하여 가로등의 전기안전에 관한 설계기준 개선방안을 수립하고자 한다.

## 2. 전기안전 관련 이론

### 2.1 감전사고의 정의 및 형태

#### 2.1.1 감전사고의 정의

감전이란 인체의 일부 또는 전체에 전류가 흐르는 현상을 말하며, 이에 의해 인체가 받게 되는 충격을 전격 이라고 하는데, 통상 감전은 안전사고의 형태로 보아 그냥 감전사고라고 부르며, 전격은 사고의 결과로 일어나는 현상이기 때문에 전기적인 재해의 일종으로 통칭하는 경우가 많다.

전격은 간단한 충격으로부터 심한 고통을 받는 충

격, 근육의 수축, 호흡의 곤란, 때로는 심실세동에 의한 사망까지도 발생한다. 이러한 전격의 정도는 통전 전류의 크기, 통전경로, 통전시간, 전원의 종류, 주파수 및 파형에 따라 결정되는데, 통전전류가 크거나 또는 전류가 인체의 중요한 부분을 포함하는 경로를 따라 흐르거나, 또 오랫동안 흐를수록 위험도가 높아진다.

인체를 흐르는 통전전류는 접촉전압과 인체의 저항에 의해 영향을 받는데, 피부의 저항이 전압의 크기에 관계없이 일정하다고 하면 인체의 내부저항은 거의 일정하므로 통전전류는 접촉전압에 비례하게 되며, 따라서 접촉전압이 높을수록 전격의 위험도 그만큼 커지게 된다. 그러나 실제의 피부저항은 전압이 높아지면 상대적으로 더욱 낮아지는 경향이 있고, 또 전압이 1,000[V] 이상으로 되면 절연파괴가 일어나서 아크(arc)가 발생할 우려가 있으므로 더욱 위험하게 된다.

600[V] 이하인 저압의 교류에서는 인체가 충전부분에 직접 접촉하여 감전사고가 발생하는 것이 일반적이며 화상을 동반하는 경우가 드물다. 그러나 600[V]가 넘는 고압에서는 인체가 충전부분에 직접 접촉하지 않더라도 어느 한계 이상으로 접근하면 인체와 충전부분 사이에 있는 공기가 절연 파괴되어 섬락(閃絡, flash over)이 일어나는 경우가 있으며, 이 경우에는 섬락에 따른 아크로 인하여 심한 전기화상

을 동반하게 된다[1].

### 2.1.2 감전사고의 형태

감전사고를 일으키는 주된 과정을 종합하여 보면, 대략 다음과 같이 5가지 형태로 나눌 수 있다[1~2].

1) 충전된 전로에 인체가 접촉되는 경우  
일반작업 중에 발생하는 대부분의 감전사고가 여기에 속한다.

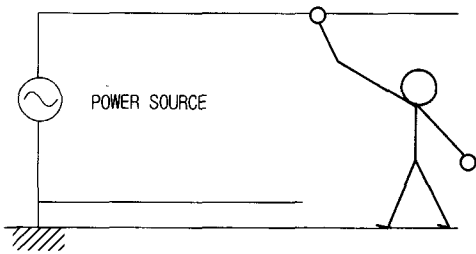


그림 1. 감전사례 1

2) 누전된 전기기기에 인체가 접촉되는 경우  
절연불량의 전기기기 등에 인체가 접촉되어 발생하는 경우가 많고, 또 이러한 불량전기설비가 시설된 철 구조물 등에 인체가 접촉되어 발생하는 경우도 있다.

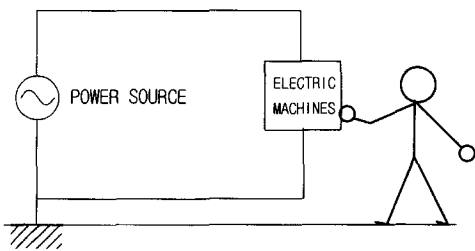


그림 2. 감전사례 2

3) 전기회로에 인체가 단락회로의 일부를 형성하는 경우

전압이 걸려있는 두 전선 사이에 직접이거나 또는 도전성이 있는 물체를 통하여 접촉된 경우로서, 교류아크

용접기에 의한 작업중 발생하는 안전사고 등이 있다.

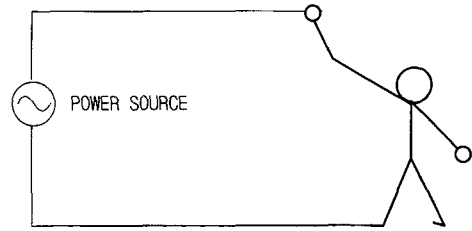


그림 3. 감전사례 3

4) 고전압의 전선로에 인체가 근접하여 섬락이 발생한 경우

공기의 절연파괴현상이 일어나서 아크가 발생하여 화상을 입거나 인체에 전류가 흐르게 되는 경우이다.

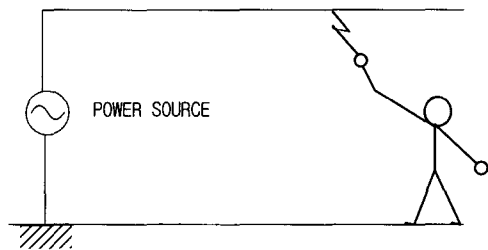


그림 4. 감전사례 4

5) 초고압의 전선로에 인체가 근접하여 정전유도 작용에 의해 대전된 전하가 접지된 금속체를 통해 방전하는 경우

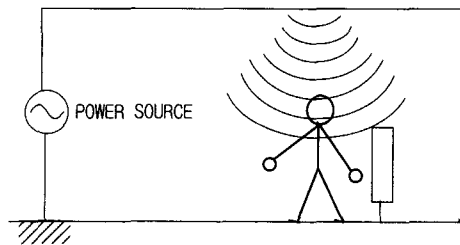


그림 5. 감전사례 5

인체가 초고압의 전선로에 근접하는 경우 인체에

## 기술해설

유도 대전된 전하가 접지된 물체로 흘러서 감전되는 것으로, 주로 정전유도작용에 의해 발생하며 초고압의 전선로 주변에서 흔히 일어나는 현상이다. 이 결과는 적게는 짜릿한 느낌에서 크게는 전격에 의한 사망 재해까지도 발생시킨다.

## 2.2 통전전류 크기 및 통전시간의 영향

인체가 감전될 경우 통전 전류의 크기와 통전시간에 따른 인체의 영향은 다음과 같다. 감전되어 외부로부터 체내에 전류가 흘러 들어와 통전여부를 인지할 수 있는 정도 범위의 전류를 감지전류라 한다. 하지만 인체통과전류의 값이 커지면 손발의 근육이 수축, 경련을 일으켜 스스로의 힘으로는 이 상태에서 벗어날 수 없게 되는데 이 범위의 전류를 이탈한계전류라고 한다. 더욱 전류가 커지면 심실세동이 일어나는데 이때의 전류를 심실세동전류라 하여 치명적인 상태가 된다. 일정한 전류가 인체에 지속적으로 흐를 때 통전전류의 크기에 따른 인체의 영향은 표 1과 같으며, 감전사고시 인체의 반응현상은 감지→근육수축→의식불명→심실세동→호흡정지→회생 순으로 진행된다(3).

인체 통과전류의 위험도는 그 통전시간과 큰 관계가 있다. 큰 전류가 흐르면 통전시간이 짧더라도 위험하며, 반대로 크기가 작은 전류일지라도 통전시간이 오래 지속되면 위험하다.

미국의 Dalziel은 감전사고 위험도가 에너지에 비례한다는 생각에서 0.03~3초 범위내에서 인체통과 전류와 통전시간의 안전상 허용되는 한계를 다음과 같은 관계식으로 나타냈다.

$$(I_b)^2 \cdot T_s = S(\text{일정})$$

여기서  $I_b$  = 통전전류,  $T_s$  = 통전시간을 말한다.

상기와 같이 인체통과 전류와 통전시간의 안전한계에 대해서는 세계각국에 대해서는 여러 보고가 있으나 국제적으로 적용되는 이론으로는 국제전기기술위원회(IEC, International Electrotechnical Commission)에서 제정한 IEC 497-1이 있다.

IEC기준에 따르면 감지전류의 크기와 통전시간과의 관계를 감전의 위험정도에 따라 3개의 곡선(a, b, c)에 의해 4개 영역으로 나누고 있다.

그림 6에서 Zone ①은 보통 아무런 반응을 느끼지 못하며, 선a에 이르르면 감지한다. Zone ②는 보통 유해한 생리적 영향은 없다. Zone ③은 기관조직의 손상은 초래하지 않지만, 근육수축 및 호흡곤란, 심실세동을 일으키지 않을 정도의 순간적 심박정지 및 심방세동등 장애가 전류치 및 시간에 따라 증가된다. Zone ④는 Zone③의 영향에 추가하여 심실세동의 가능성이 커진다(3).

표 1. 통전전류와 전격의 영향

전격의 영향	직류(mA)		교류(실효치)(mA)			
	남	여	60(Hz)		10,000(Hz)	
			남	여	남	여
느낄 수 있음(최소감지전류)	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
고통이 없는 쇼크, 근육은 자유로움	9	6	1.8	1.2	17	11
고통이 있는 쇼크, 근육은 자유로움(기수전류)	62	41	9	6	55	37
고통이 있는 쇼크, 이탈한계(불수전류)	74	50	16	10.5	75	50
고통이 격렬한 쇼크, 근육경직, 호흡곤란	90	60	23	15	94	63
심실세동의 가능성 통전시간 : 0.03초	1,300	1,300	1,000	1,000	1,100	1,100
심실세동이 확실하게 발생	위 값의 2.75배한 것					

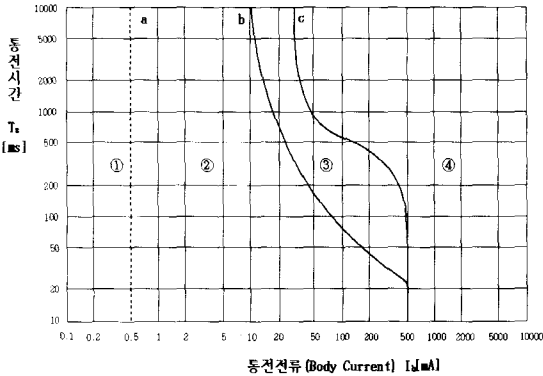


그림 6. 교류(15~100[Hz])에 대한 통전전류-통전시간에 따른감전현상에 따른감전현상

## 2.3 누전차단기 관련이론

### 2.3.1 누전차단기의 개요

ELB(Earth Leakage Circuit Breakers)란 AC 600(V)이하 저전압전로에 있어서 인체의 감전 사고 및 누전에 재해를 방지하기 위한 목적으로 사용되는 차단기로서 누전차단기에는 검출방법에 따라 전류동작형, 전압동작형 및 전압전류동작형으로 분류하지만, 우리나라에서는 전류동작형의 것이 주로 사용되고 있다[4][9].

### 2.3.2 누전차단기의 필요성

누전차단기의 필요성을 설명하면, 예를 들어 그림 7 과 같은 전로에서 모터의 절연이 열화하여 모터 프레임에 전위가 발생하였다면 그 대지전압  $E_g$ 는 다음과 같이 된다[4].

$$E_g = \frac{R_3}{R_2 + R_3 + R_L} \times E$$

여기서,

$R_2$  : 제2종 접지저항[Ω]

$R_3$  : 제3종 접지저항[Ω]

$R_L$  : 전로의 저항[Ω]

$E$  : 전로 전압[V]

$E_g$  : 지락 사고점의 대지 전압을(V)라고 하면

$R_L$ 은 아주 적은 저항으로 무시할 수 있으므로

$$E_g = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times E$$

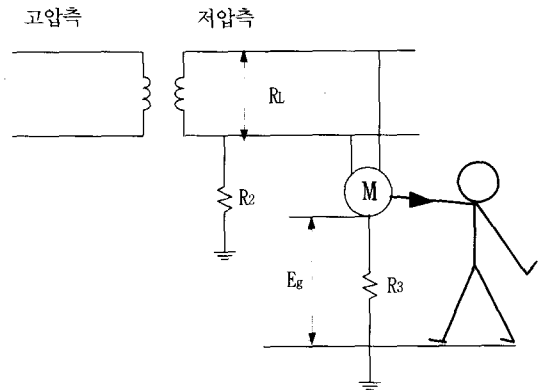


그림 7. 누전에 의한 감전시 회로도

예를 들어 인체저항을 1,000[Ω](접촉전압 300[V]인 점의 인체저항 최저치)으로서 허용 인체통과 전류를 30[mA]라고 한다면,  $E_g$ 로서 허용되는 전압은  $30[mA] \times 1,000[Ω] = 30[V]$ 로 된다.

저압의 최대 대지전압을  $E = 300[V]$ 라고 한다면

$$\frac{R_2}{R_3} = 9$$

예를 들어  $R_2 = 10[Ω]$ 의 경우  $R_3 = \frac{10}{9} \approx 1.1[Ω]$  이하로 하여야 한다. 이 접지저항치는 통상의 접지공사에서는 얻기 어려운 낮은 접지저항치이다.

그러나 누전차단기는 감전사고로부터의 보호는 물론 누전에 따른 화재의 보호가 가능하다는 이점을 가지고 있다.

## 기술해설

지락전류는 일반적으로 전로의 부하전류에 의하여 지극히 작은 것으로서 과전류 차단기(MCCB 또는 FUSE)로는 지락사고의 보호가 불가능 하기 때문에 미소한 지락전류를 검출하는 누전차단기가 필요하게 되었다[4].

### 2.3.3 누전차단기의 동작원리

누전차단기의 기본 구성은 전자접촉기에 누전 검출기를 적용한 구조로 되어 있으며, 누전이나 감전사고의 방지를 목적으로 사용한다. 최근에는 자동차단기에 영상변류기와 누전검출기부가 추가되어 누전, 감전사고의 방지, 과전류와 단락사고를 동시에 보호할 수 있는 누전차단기가 개발되어 보급되고 있다[4].

그림 8은 누전차단기의 기본동작에 대한 구성도를 나타낸 것이며, 누전 검출기로는 영상변류기(ZCT)가 사용되고, 누전회로의 검출과 증폭을 위한 신호처리 및 판별부에는 주로 반도체 소자가 이용된다.

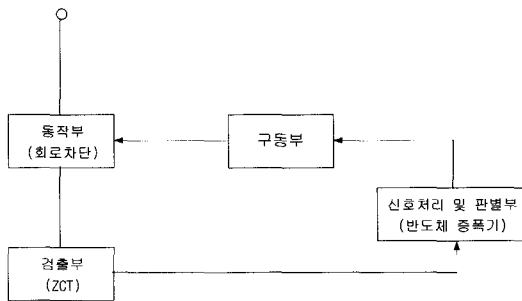


그림 8. 누전차단기의 동작 개요도

누전의 검출과 판별이 완료된 신호는 구동부로 전송되며 트립코일은 차단기를 개방시키게 되어 누전이 발생하면 전원측과 부하회로를 분리시키게 된다.

누전 검출기에 사용되는 영상변류기의 동작은 그림 9(a)에 나타낸 바와 같이 정상상태에서 영상변류기

를 관통하여 흘러 들어가는 전류 ( $I_L(IN)$ )와 흘러나오는 전류 ( $I_L(OUT)$ )에 의해서 발생하는 자속이 같기 때문에 영상변류기의 2차측에는 출력전압이 나타나지 않는다. 그러나 지락 또는 누전상태에서는 그림 9(b)에 나타낸 바와 같이 지락전류 또는 누전전류 ( $I_g$ )에 의해서 영상변류기를 관통하여 흘러 들어가는 전류와 흘러나오는 전류는 다르며, 이들 전류의 차에 의한 자속 때문에 영상변류기의 2차측에는 출력전압이 발생하게 된다. 이 출력에 의하여 차단기구가 동작하여 주접점을 개로시킨다[4].

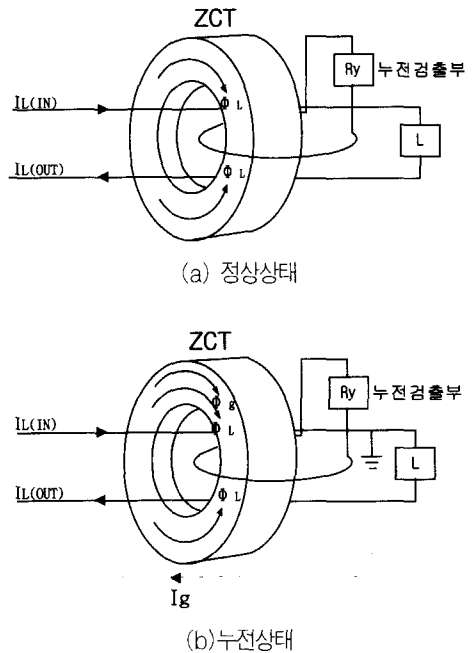


그림 9. 영상변류기에 의한 누전검출

### 2.3.4 누전차단기의 감도전류와 동작시간

전격재해의 정도는 통전시간의 길이에도 영향이 있다. 상당히 큰 전류가 흘러도 통전시간이 짧을 때에는 생명에는 이상이 없는 일도 있으며, 반대로 적은 전류에도 통전시간이 길었기 때문에 사망한 예도 있다. 감전의 한계에 대해서는 인체실험을 할 수 없기 때문에

많은 동물실험 결과에 의거하여 인체에 위험한 전류와 시간의 한계를 결정짓는데, 보통은 Dalziel이 주장한  $I = \frac{165}{\sqrt{T}}$  [mA]를 사용하나 경우에 따라서는 다음 식을 적용하는 경우도 있다[1].

$$I = \frac{116}{\sqrt{T}} \text{ [mA]}$$

여기서  $I$ =심실세동전류[mA],  $T$ =통전시간[sec]

위와 같이 계산하여 표를 만들어 보면 표 2 와 같으며 52[mA]가 통전되었을 때는 5초 이상, 518[mA]때는 0.05초 이상이 될 때 심실세동에 의해 사망하게 되므로 안전 상으로는 심실세동전류 이전에 회로를 차단해야 한다[1].

표 2. 통전시간과 전류의 한계

통전시간	전 류	통전시간	전 류
0.05[sec]	518[mA]	1.5[sec]	95[mA]
0.10[sec]	367[mA]	2.0[sec]	82[mA]
0.15[sec]	300[mA]	2.5[sec]	73[mA]
0.2[sec]	260[mA]	3.0[sec]	67[mA]
0.8[sec]	130[mA]	4.0[sec]	58[mA]
1.0[sec]	116[mA]	5.0[sec]	52[mA]

유럽 여러 나라의 동물실험에서 얻은 심실세동 한계치는 50[mA·sec]를 감전방지의 목표치로 삼고 있다. 그러나 인간에게는 더욱 안전도를 요구하기 때문에 1.67이라는 안전율을 부여하여 50[mA·sec]보다 더 적은 30[mA·sec]를 안전전류로 정하고 있다. 즉  $50[mA \cdot sec] \div 1.67 = 30[mA \cdot sec]$  이다.

$$\text{따라서 } \cdot 20[mA] \times 1.5[sec] = 30[mA \cdot sec]$$

$$\cdot 60[mA] \times 0.5[sec] = 30[mA \cdot sec]$$

즉 20[mA] 1.5초 동안이나 60[mA] 0.5초 이하 동안 인체를 흐르는 정도는 안전하다는 것이다. 또 30[mA·sec]는 누전차단기의 감도전류(感度電流), 동작시간(動作時間) 등을 정하는 기본기준으로 되어 있다[1].

### 2.3.5 누전차단기의 선정

누전차단기는 감전에 대하여 인명보호 기능을 갖고 있기 때문에 사고시에는 정확히 동작하여 감전사고로 되지 않도록 확실한 보호를 수행하는 것이 중요하다. 그러나 사고시에 동작하는 것은 당연하지만 사고와 비슷한 현상이 정상상태에서 불필요한 동작을 하여서는 곤란하다. 예를 들면 번개가 칠 때 누전차단기가 불필요한 동작을 하여 공장생산이 정지되어 버린다고 하는 일이 발생하면 큰일인 것이다.

표 3. 부하의 종류에 의한 정격감도전류의 선정

정격 감도 전류	전동기 부하	전동기 이외
30[mA]	50[A]까지	100[A]까지
200[mA]	200[A]까지	600[A]까지
500[mA]	200[A]초과	600[A]까지

표 4. 정격감도전류와 보호접지의 관계

정격감도전류	접 지 저 항 치	
	제2종 접촉상태 (허용접촉전압 25[V])	제3종 접촉상태 (허용접촉전압 50[V])
30[mA]	500[Ω]	500[Ω]
100[mA]	250[Ω]	550[Ω]
200[mA]	125[Ω]	250[Ω]
500[mA]	50[Ω]	100[Ω]

그리고 감전방지를 위하여 부하 기기의 보호접지를 실시하고 그 접지저항은 표 4에 나타낸 값으로 관리하도록 한다[1][9].

이와 같은 불필요 동작에 오동작이 없도록 하기 위해서는 보호목적(감전보호인가, 전로·설비의 보호 및 누전화재방지인가)과 전로와 부하의 상황에 따른 적절한 감도전류의 선정을 하는 것이 중요하다. 감전방지가 목적이라면 부하가 전동기인가, 전동기 이외의 것인가에 따라 부하전류에 맞추어서 표 3에 나타낸 것처럼 감도전류를 구분하여 사용함으로써 불필요한 동작을 방지한다[1].

### 3. 감전깨에 현황

#### 3.1 전압별 감전사고 발생현황

저압에서의 감전사고는 563건(사망 68건, 부상 495건), 고압 및 특고압에서의 사고는 258건(사망 39건, 부상 219건) 발생하였으며, 특히 사망사고의 경우 특고압 보다 저압에서 74.4[%]나 더 많이 발생하였다[5].

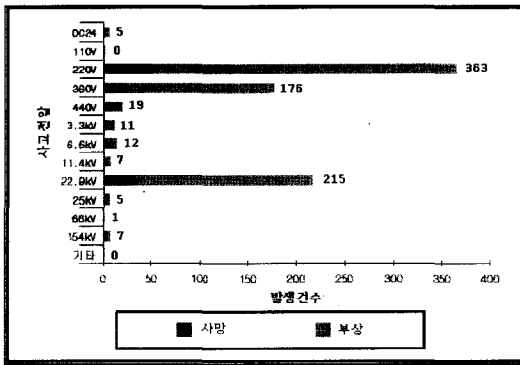


그림 10. 전압별 감전사고 현황(2000년도)

#### 3.2 전기설비별 감전사고 발생현황

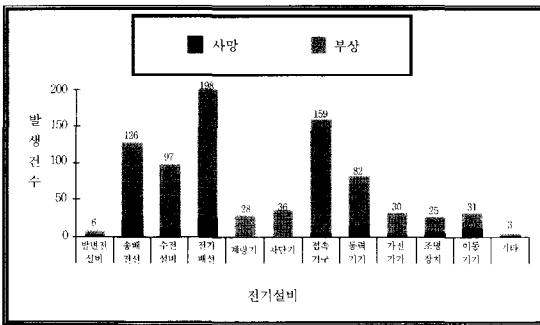


그림 11. 전기설비별 감전사고 현황(2000년도)

전기배선에서 전체 감전사고의 24.1[%]인 198명(사망 26명, 부상 172명)의 사고자가 발생하였으며, 접속기구에서도 159명(사망 6명, 부상 153명, 전체 감전사고의 19.4[%])의 사고자가 발생하였다. 이는 전기배선이나 접속기구에서 사고가 많은 이유는 우리가 일상생활에서 가장 흔하게 접하는 전기설비이기 때문인 것으로 분석되었다. 이동용 전기 기기에서는 31명의 감전사고자 중 13명이 사망하여 사망률이 가장 높은 41.9[%]에 달한다[5].

#### 3.3 사고장소별 감전사고 발생현황

전력을 생산하는 발전소에서는 감전사고의 빈도가 매우 낮고, 대부분의 감전사고는 전력의 수송경로인 송, 배전선과 전력을 수신하여 분해하는 변전소와 수, 변전실, 그리고 전기 사용장소인 공장과 주택 등에서 발생하였다. 사망률이 가장 높은 장소로는 낚시터와 논, 밭 등 야외에서의 사고와 발변전소로서 사망률이 각각 63.6[%]와 57.1[%]에 달한다. 특히 야외에서의 사고는 대부분 전기에 상식이 없는 사람들에게 의한 사고로 낚시터 주위의 전선로에는 감전위험 표지판 설치 등의 대책이 필요한 것으로 나타났다[5].

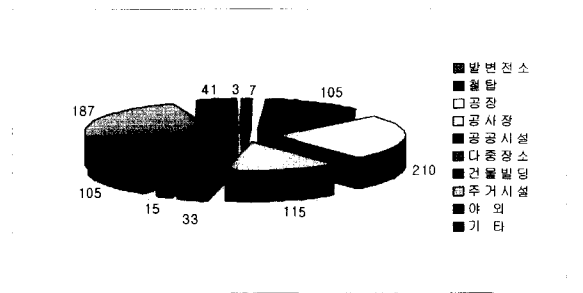


그림 12. 사고장소별 감전사고 현황(2000년도)

표 5. 누전차단기의 종류

구 분		정격감도 전류((mA))	동 작 시 간
고감도형	고속형	5, 10, 15, 30	- 정격감도전류에서 0.1초 이내 - 인체감전보호형은 0.03초 이내
	시연형		- 정격감도전류에서 0.1초 초과하고 2초이내
	반한시형		- 정격감도전류에서 0.2초를 초과하고 1초이내 - 정격감도전류에서 1.4배의 전류에서 0.1초를 초과하고 0.5초 이내 - 정격감도전류 4.4배의 전류에서 0.05초 이내
중감도형	고속형	50, 100, 200	- 정격감도전류에서 0.1초 이내
	시연형	500, 1000	- 정격감도전류에서 0.1초를 초과하고 2초이내

### 3.4 가로등 관련 감전사고 사례

가로등 관련 감전사고는 매년 발생하고 있으며, 그 발생시기는 보통 여름철 집중호우로 인한 수해 때 발생하며, 통상 5건 이내가 발생. 그러나 2001년 7월 15일 새벽, 집중호우로 서울과 수도권 도심의 가로등 주변에서는 21명이 감전사고로 사망한 것으로 나타났다(6).

가로등 관련 감전사고는 상당히 많이 발생할 것으로 추정되나, 최근에 실제 보고된 것은 다음과 같다. 1998년 9월 경북포항시 북구 죽도2동 국민은행 죽도동 지점앞 인도상에서 배모(당시 18세)군이 가로등에 접촉 감전사고가 발생되어 사망하였으며, 1999년 7월 금호동에서 누전된 가로등에 접촉되어 대학생 1명이 감전되어 사망하였다(6~7).

## 4. 가로등에 관한 전기안전 관련법규

### 4.1 누전차단기

#### 4.1.1 전기설비기술기준

가로등으로 시설하는 방전등에 공급하는 전로의 사용전압이 150(V)를 넘는 경우에는 전로에 지기가 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 설치하여야 한다(전기설비기술기준 제245조 4항).

### 4.1.2 내선규정

1) 가로등으로 시설하는 방전등에 공급하는 전로의 사용전압이 150(V)를 넘는 경우에는 전로에 지기가 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 각 분기 회로에 설치하여야 한다(내선규정 151-1조 19항).

2) 누전차단기의 선정(내선규정 151-2조)

가) 누전차단기의 종류 및 정격감도 전류

: 누전차단기는 전류 동작형으로서 표 5에서 표시된 것 중 어느 하나 일 것

나) 누전차단기의 정격감도 전류 및 동작시간의 선정

① 감전방지를 목적으로 시설하는 누전차단기는 고감도 고속형일 것

② 다만 감전사고방지대상 기계기구의 외함 등에 시설하는 접지공사의 접지저항치가 표 6의 값 이하이고, 또한 누전차단기의 동작시간이 0.1초이내(고속형)인 경우는 중감도형 사용가능

표 6. 누전차단기 정격감도전류와 보호접지와의 관계

정격감도 전류 ((mA))	접 지 저 항 치((Ω))	
	제3종 접지공사	특별 제3종 지공사
30	500	500
50	300	300
100	150	150
200	100	75
300	100	50
500	100	30



### 4.1.3 한국산업규격(KS) 기준(KS C 8324 (가로등용 분전함) 8.3.2)

1) 분기개폐기로에 사용하는 누전차단기는 KS C 4613에 적합한 전류동작형 고감도 (정격감도전류 30[mA]), 감전보호용(동작시간 0.03초 이내)의 충격과 부동작형인 것을 사용한다. 2) 다만, 연접 접지 저항값이 10[Ω] 이하로 유지될 경우에는 정격감도전류 50[mA], 동작시간 0.1초 이내로 한다.

## 4.2 접지공사

### 4.2.1 전기설비기술기준

1) 가로등의 금속제등주에는 전기설비기술기준 제 36조 제1항의 규정에 의한 접지공사를 하여야 한다 [전기설비기술기준 제245조 5항].

2) 전로에 시설하는 기계기구의 철대 및 금속제 외함에는 표 7에서 정한 접지공사를 하여야 한다[전기설비기술기준 제36조1항].

표 7. 기계기구의 철대 및 금속제 외함접지

기계기구의 구분	접지공사
400[V] 미만의 저압용의 것	제3종 접지공사
400[V] 이상의 저압용의 것	특별제3종 접지공사
고압용 또는 특별고압용의 것	제1종 접지공사

3) 접지공사별 접지저항치는 표 8에서 정한 값 이하로 유지하여야 한다[전기설비기술기준 제21조 1항].

표 8. 접지공사별 접지저항치

접지공사의 종류	접지 저항치
제1종 접지공사	10 Ω
제2종 접지공사	변압기의 고압측 또는 특별고압측 전로의 1선 지락전류의 암페어수로 150을 나눈값과 같은 [Ω]수
제3종 접지공사	100[Ω]
특별 제3종 접지공사	10[Ω]

4) 저압전로에서 그 전로에 지기가 생겼을 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하는 경우에는 표 8의 규정에 불구하고 제3종 접지공사와 특별 제3종 접지공사의 접지저항치는 자동차 단기의 정격감도전류에 따라 표 9에서 정한 값 이하로 유지하여야 한다[전기설비기술기준 제21조 5항].

표 9. 접지저항 기준완화

정격감도 전류 (mA)	접지 저항치(Ω)	
	제3종 접지공사	특별 제3종 접지공사
30	500	500
50	300	300
100	150	150
200	100	75
300	100	50
500	100	30

### 4.2.2 저압 전로의 지락보호에 관한 기술지침 [한국전기기술기준위원회 KECG 9101-2003]

#### 1) 허용접촉전압

저압전로에 지락이 생겼을 경우의 접촉전압은 사람이 접촉하는 상태에 따라서 표 10의 허용접촉전압 값 이하로 억제하여야 한다.

표 10. 허용접촉 전압

구분	접촉 상태	허용접촉전압
1종	· 인체의 대부분이 수중에 있는상태 · 인체가 젖어 있는 상태	2.5[V] 이하
2종	· 금속제의 전기기계장치나 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉하고 있는 상태	25[V] 이하
3종	· 1종, 2종 이외의 경우로서 통상의 인체상태에서 접촉전압이 가해지면 위험성이 높은상태	50[V] 이하
4종	· 1종, 2종 이외의 경우로서 통상의 인체상태에서 접촉전압이 가해지더라도 위험성이 낮은상태 · 접촉전압이 가해져질 경우가 없는 경우	제한없음

\* 2종 허용접촉전압은 IEC 기준(25[V]) 적용, 전기설비기술 기준은 15[V] 적용

표 11. 전류동작형 누전차단기를 설치한 경우의 보호 접지저항표

누전차단기 감도전류	1급 보호접지저항(Ω) [허용접촉전압 25(V)]	2급 보호접지저항(Ω) [허용접촉전압 50(V)]	전기설비기술기준 보호접지저항(Ω) [허용접촉전압 15(V)]
30	500	500	500
50	500	500	300
100	250	500	150
200	125	250	75
300	83	166	50
500	50	100	30

2) 보호접지의 완화

전류동작형 누전차단기를 설치한 전로에서의 보호 접지는 표 11에 의할 수 있다. 다만 최대 값은 500 Ω으로 한다.

- 1급 보호접지 저항치(r1)  
 $r1 \leq \text{허용접촉전압}(25\text{V}) / \text{누전차단기 정격 감도전류}(A)$
- 2급 보호접지 저항치(r2)  
 $r2 \leq \text{허용접촉전압}(50\text{V}) / \text{누전차단기 정격 감도전류}(A)$

4.3 보호접지 완화 규정 검토

4.3.1 관련규정

누전차단기 정격감도전류에 따라 접지저항 값을 표

12의 값 이하로 유지하여야 함

4.3.2 비교검토

1) 전기설비기술기준과 IEC 기준 비교

국제전기표준회의(IEC) 및 한국전기기술기준위원회(KEC)기준에서는 허용접촉전압을 25(V)로 규정하고 있고, 전기설비기술기준에서는 특별 제3종 접지 공사는 허용접촉전압을 15(V)로 규정하고 있으나 제 3종 접지공사에서는 누전차단기 정격감도전류가 30, 50, 100(mA)인 경우는 허용접촉전압을 15(V)를 적용하고 200, 300, 500(mA)인 경우는 접지저항치를 일률적으로 100Ω이하로 규정하여 허용접촉전압 기준이 일정하지 않고 정격감도전류 500(mA), 접지저항치 100Ω인 경우는 허용접촉전압이 50 (mA)×100Ω=50(V)가 된다.

표 12. 보호접지완화 규정

누전차단기 정격감도전류 (mA)	접지저항치 (Ω)			
	전기설비기술기준, 내선규정		국제전기표준회의(IEC) 기준, 한국전기기술기준위원회(KEC)기준 [허용접촉전압 25(V)]	KS 기준
	제3종 접지공사	특별제3종접지공사 [허용접촉전압 15(V)]		
30	500	500	500	-
50	300	300	500	10
100	150	150	250	-
200	100(75)	75	125	-
300	100(50)	50	83	-
500	100(30)	30	50	-

\* '01.12.19 이전에는 제3종접지공사 기준이 ( ) 안의 수치임, 즉 정격감도전류 200(mA)일 때 75Ω으로 제3종, 특별 제3종 구분이 없었음.

2) 접지저항값에 대한 KS 기준 검토

KS기준에서는 분기개폐기로 사용하는 누전차단은 KS C 4613에 적합한 전류동작형 고감도(정격 감도전류 30(mA), 감전보호용(동작시간 0.03초 이내)의 충격과 부동작형인 것을 사용하는 것을 원칙으로 하고 다만, 연접 접지 저항값이 10[Ω] 이하로 유지될 경우에는 정격감도전류 50(mA), 동작시간 0.1초 이내인 누전차단기를 사용할 수 있도록 하였으나, 접지저항값을 10[Ω] 이하로 규정한 것은 전기설비기술기준(300[Ω]이하) 및 IEC 기준(500[Ω]이하)에 비해 상당히 강화된 기준이다.

5. 전기안전 실태 분석

가로등 전기안전실태 분석을 위해 2001년 산업자원부에서 조사한 「가로등 설비 전기안전 점검결과」를 통하여 문제점을 분석하고, 최근 조성된 신도시 및 택지개발사업지구를 대상으로 시공실태 및 유지관리실태 분석 및 가로등 선로의 누설전류를 직접 측정함으로써 설계시의 안전 문제점에 대하여 파악코자 한다.

5.1 가로등 전기안전 점검결과

5.1.1 점검결과 요약

2001년도 산업자원부 및 한국전기안전공사에서 조사한 가로등 전기안전점검 표 13과 같다[8].

5.1.2 점검결과 분석

1) 가로등에 대한 전기안전점검결과 분전반 34,926개소 중 38[%]인 13,285개소만 적합하였으며, 나머지 부적합 수량 38,817개소 중 38.7[%]인 15,022개소가 누전차단기 미설치로 나타났다.

2) 누전차단기 미설치 또는 누전차단기 대신 배선용차단기를 설치할 경우는 가로등 전로에 누전이 되더라도 자동적으로 전로를 차단하지 못하므로 우기시 가로등주 등 금속체에 인체가 접촉할 경우 감전사고가 발생하며, 특히 가로등 감전사고는 옥내 건조한 곳에서의 감전사고와 달리 인체가 젖어 있는 상태에서 감전되므로 사망확률이 매우 높다.

5.1.3 가로등 감전사고의 주요원인

1) 누전차단기 미설치

가로등 분전반 분기회로용 누전차단기를 정격감도 전류 30(mA)인 고감도형을 채택하여 가로등 유지관리를 하다보니 미세한 누전에 의해 전로가 자동 차단되 가로등이 소등되는 경우가 많이 발생한다. 따라서 이러한 원인을 제거 하기 위하여 누전차단기를 설치하지 않고 가로등에 전기를 공급함으로써 우기시 누전이 되더라도 전로를 자동 차단할 수 없어 누전된 가로등에 인체가 접촉하여 감전사고 발생한다.

2) 누전차단기 대신 배선용차단기 설치

배선용차단기는 과부하시 전로를 자동차단하는 기능은 있으나, 누전시에는 자동차단 기능이 없으므로 누전차단기 대신 배선용차단기를 설치할 경우 누전시

표 13. 가로등 전기안전점검 결과

점 검 분전반 수 량	적 합 분전반 수 량	부 적 합 (건수)						
		소 계	누 전 차단기 미설치	절 연 불 량	접 지 불 량	차단기 불 량	누 전 차 단 기 동작불량	분전반 배 선 불 량
34,926 (100[%])	13,285 (38[%])	38,817 (100[%])	15,022 (38.7[%])	13,507 (34.7[%])	6,707 (17.2[%])	1,656 (4.3[%])	1,274 (3.4[%])	651 (1.7[%])

감전사고의 원인이 된다.

## 5.2 가로등설비 시공실태

최근에 조성된 ○○지구에 대한 시공실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

### 5.2.1 가로등 배관·배선

전선관의 매설깊이에 대하여는 차량, 기타 압력을 받을 우려가 있는 장소에서는 1.2[m]이상, 기타 장소에서는 0.6[m]이상의 깊이 매설되어 있어 중량물로부터 충분히 보호를 받을 수 있으나, 가로등공사가 완료된 후 이중굴착(초고속 통신망 관로, 상하수도 관로)등의 원인으로 가로등 배관이 손상되는 경우가 발생한다. 배선에 대해서는 설치된 지 10년 경과된 경우에도 절연저항이 1[MΩ]이상으로 양호하다.

### 5.2.2 차단기

가로등 분전반 내부에 분기회로별로 누전차단기가 고감도형(정격감도전류 30[mA])으로 설치된지구는 가로등주 마다 철판 위에 절연판을 부착한 후 단자대 및 배선용 차단기를 설치하였으며, 분전반 내에 설치되는 분기 회로용 누전차단기가 중감도형(정격감도전류 100, 200, 500[mA])으로 설치된 지구는 단자대를 부착하지 않고 가로등주 마다 고감도형(정격감도전류 30[mA]) 방습형 누전차단기를 설치하였다.

### 5.2.3 접지공사

접지저항은 모두 기준치(제3종 접지공사 : 100[Ω] 이하)를 만족하였다.

개별등주접지만 시행한 대부분 사업지구의 가로등주 접지저항치는 40~60[Ω] 정도이고, 고지대에 설치된 공원등주의 경우는 80~200[Ω] 정도이며 100

[Ω] 이상되는 지구는 접지저항 저감제 투입, 접지봉 추가 설치 등 접지공사 보강을 통하여 100[Ω] 이하가 되도록 하였다. 개별등주접지(접지봉  $\Phi 14 \times 1,000$  사용)와 연접접지(접지선 5.5[mm])를 병행 시공한 지역의 가로등주 접지저항은 5~30[Ω] 정도이고, 고지대에 설치된 공원등주의 경우는 30~50[Ω] 정도로 나타났다.

## 5.3 가로등 선로 누설전류 측정

### 5.3.1 배경

가로등 분기회로용 누전차단기 정격감도전류가 30[mA]인 고감도형을 설치하다가 2001. 7 수도권 집중호우시 가로등에 의한 감전사고 이후 원인분석 결과 누전차단기의 민감한 작동에 의한 가로등 소등 등 유지관리의 불편함을 사유로 누전차단기 대신 배선용차단기 사용 또는 누전차단기 미설치 상태로 사용중 감전사고가 발생함을 파악하여 정격감도전류 100, 200, 500[mA]인 중감도형을 설계에 반영하였으나 보다 안전한 가로등 설비를 유지하기 위하여 누설전류를 직접 측정하여 누전차단기의 적정한 정격감도전류를 채택하고자 하였다.

### 5.3.2 측정조건

1) 가로등 선로 누설전류 측정은 가로등 분전반 분기회로용 누전차단기를 중감도형(정격감도전류 100, 200, 500[mA])을 설치하고, 가로등주내 단자대는 설치하지 않고 가로등주 마다 고감도형(정격감도전류 30[mA]) 누전차단기를 설치한 곳을 선정하여 측정

2) 가로등주의 형태 및 기후 조건에 따라 절연상태가 달라질 수 있으므로 가로등주 형태별 및 맑은 날, 흐린 날, 비오는 날로 구분하여 측정

3) 누설전류 측정 지점은 가로등용 분전반 분기회로 별로 측정

### 5.3.3 누설전류 측정 결과

누설전류 측정 결과는 표 14와 같다.

### 5.3.4 측정결과 분석

가로등주내 단자대가 설치된 경우에는 우기철에는 누전이 많이 되었으나, 단자대를 설치하지 않고 케이 블을 직접 접속하여 절연이 양호하므로 누설전류가 미미함. 따라서 습기가 많은 시기(흐린 날, 비오는 날)에도 맑은 날과 비슷한 누설전류가 측정되었다.

## 6. 문제점

### 6.1 전기설비기술기준 보호접지저항치 근거 오류

표 11에서 보는 바와 같이 제3종 접지공사의 경우 누전차단기 정격감도전류 200, 300, 500(mA)인 것 을 설치시 접지저항치를 일률적으로 100(Ω)이하로 규정하여 허용접촉전압 기준이 일정하지 않고 정격감

도전류 500(mA), 접지저항치 100(Ω)인 경우는 허용 접촉전압이  $500(mA) \times 100(\Omega) = 50(V)$ 가 되어 IEC 기준(허용접촉전압 25(V))에도 부적합하였다.

## 6.2 KS기준 접지저항값 적용 지남

KS 기준에서는 접지저항값이 10(Ω) 이하일 때 정 격감도전류 50(mA)인 중감도형 누전차단기를 사용할 수 있도록 규정하고 있으나, 보통 토사 또는 암반지역 등 지반의 형태에 따라 접지저항값이 달라 일부 지역 에서는 연접접지를 하여 접지저항값을 10(Ω) 이하로 유지할 수 있으나 암반지역, 고지대 등의 경우는 연접 접지 공사를 시행하더라도 접지저항값을 10(Ω) 이하 로 유지하기는 어려움 실정이다.

## 7. 개선방안

### 7.1 가로등 분전반내 누전차단기 정격감도전 류 조정

가로등 분전반의 분기회로용 누전차단기는 정격감

표 14. 누설전류 측정 결과표

지구명	구 분		누설전류((mA))					
			맑은 날		흐린 날		비오는 날	
			초 기	정 상	초 기	정 상	초 기	정 상
○○지구	가로등주 (A)	A회로	2.62	1.25	4.96	1.26	1.63	1.30
		B회로	2.11	0.52	3.25	0.67	1.10	0.22
		C회로	1.22	0.24	2.17	0.37	0.39	0.35
		D회로	1.18	1.20	1.17	1.23	2.30	1.84
	가로등주 (B)	A회로	1.25	1.20	1.45	0.99	1.30	1.10
		B회로	1.32	1.41	1.40	1.33	1.75	1.35
		C회로	1.71	1.32	1.91	1.59	1.63	1.27
		D회로	1.65	1.08	1.73	1.20	2.20	1.10
	공원등주 (A)	A회로	3.09	2.52	3.71	2.61	3.10	2.80
		B회로	1.20	0.85	0.85	0.75	1.70	1.20
		C회로	1.28	0.42	1.67	0.82	1.46	1.20
		D회로	1.35	0.52	2.39	1.75	0.75	1.06
	공원등주 (B)	A회로	1.02	0.75	0.97	0.87	2.67	0.80
		B회로	0.82	0.63	0.62	0.41	1.87	0.40
		C회로	0.57	0.45	0.61	0.50	1.80	0.82
		D회로	0.33	0.30	0.55	0.45	1.30	0.30

표 15. 누전차단기 정격감도전류 설계기준 개정전·후 비교

구 분		2001. 7 이전	2001. 8 ~ 2004. 11	2004. 12 이후
분전반 분기회로용 누전차단기	형 식	고감도형	중감도	중감도형
	정격감도전류	30(mA)	100, 200, 500(mA) 절체형	50(mA)
	동 작 시 간	0.03초 이내	0.1초 이내	0.03초 이내
가로등주 개별누전차단기	형 식	배선용차단기 설치	고감도형	고감도형
	정격감도전류		30(mA)	30(mA)
	동 작 시 간		0.03초 이내	0.03초 이내

도전류가 30(mA)인 고감도형을 설치하다가 2001. 7 수도권 집중호우시 가로등에 의한 감전사고 이후 원인분석 결과 누전차단기의 민감한 작동에 의한 가로등 소등 등 유지관리의 불편함을 사유로 누전차단기 대신 배선용차단기 사용 또는 누전차단기 미설치 상태로 사용중 감전사고가 발생함을 파악하여 정격감도전류 100, 200, 500(mA)인 중감도형을 설계에 반영하였으나, 실제 가로등 선로 점검결과 습기가 많은 시기(흐린 날, 비오는 날)의 누설전류치(측정결과 약 5(mA) 이하) 및 향후 전로의 절연저하 및 등기구 방수 성능저하 등을 고려하여 누전차단기의 정격감도전류를 KS 기준에 적합한 50(mA) 로 조정하고자 하였다. 개정 전후 비교표는 표 15와 같다.

## 7.2 접지저항 기준치 변경

표 12에서 보는바와 같이 전기설비기술기준은 가로등 분전반의 분기회로용 누전차단기의 감도전류가 50(mA)인 경우 접지저항을 300(Ω)이하까지 완화할 수 있으나 전기안전을 고려하여 접지저항치 기준을 강화하고자 하며, KS 기준에서는 누전차단기 정격감도전류 50(mA), 동작시간 0.1초 이내의 것을 사용할 경우 접지저항치를 10(Ω)이하로 유지하여야 하나, 본 기준에서는 누전차단기 정격감도전류 50(mA), 동작시간 0.03초 이내 것을 사용하여 KS 기준보다 누전차단기 동작시간을 짧게 하였고, 가로등주에 연결 접지를 시행하더라도 접지저항을 10(Ω)이하로 유지

하기는 어려우므로 접지저항기준치를 50(Ω)이하로 설계기준을 정하고자 하였다. 개정 전·후 비교표는 표 16과 같다.

표 16. 접지저항 기준치 설계기준 개정전·후 비교

구 분	2001. 7 이전	2001. 8 ~ 2004. 11	2004. 12 이후
접지저항기준	100(Ω)이하	'01.8~'01.12.19 : 30(Ω)이하 '01.12.20~'04.12 : 100(Ω)이하	50(Ω)이하

## 8. 법령개정 건의

### 8.1 전기설비기술기준

전기설비기술기준 제21조 5항 접지저항 완화 규정에서 제3종 접지공사의 경우 누전차단기 정격감도전류 200, 300, 500(mA)인 것을 설치시 접지저항치를 일률적으로 100(Ω)이하로 규정하여 허용접촉전압 기준이 일정하지 않고, 특별 제3종 접지공사에서 허용접촉전압을 15(V)로 규정하였으나 IEC 기준에 부합되게 허용접촉전압을 25(V)로 규정 개정 건의하였다.

### 8.2 KS 기준

KS 기준에서는 접지저항값이 10(Ω) 이하일 때 정격감도전류 50(mA)인 중감도형 누전차단기를 사용할 수 있도록 규정하고 있으나, 암반지역, 고지대 등의

경우는 연접접지 공사를 시행하더라도 접지저항값을 10( $\Omega$ )이하로 유지하기는 어려운 실정이고 접지저항값을 10( $\Omega$ )이하로 규정한 것은 전기설비기술기준(300( $\Omega$ )이하) 및 IEC 기준(500( $\Omega$ )이하)에 비해 상당히 강화된 기준이므로 접지저항치 기준을 완화하도록 KS 규정 개정건의하였다.

### 참 고 문 헌

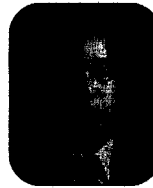
- [1] 김찬오 외 5인, 전기안전공학, 동화기술, 1998년.
- [2] 권오석, "건설현장에서 발생하는 감전재해 예방대책에 관한 연구-중대재해 사례분석을 중심으로," 경희대학교 경영대학원 공학석사 학위논문, 1997년.
- [3] 정재중, "산업현장의 감전재해실태조사," 한양대학교 환경과학대학원 공학석사 학위논문, 1993년.
- [4] 신중섭, "제조업의 누전차단기 사용실태와 개선방안에 관한 연구-이동식 또는 가반식 전기기계기구를 중심으로," 서울산업대학교 산업대학원 공학석사 학위논문, 1997년.
- [5] 한국전기안전공사 홈페이지, <http://www.kesco.or.kr/>.
- [6] 조선일보 홈페이지, [http://www.chosun.com/w21\\_data/](http://www.chosun.com/w21_data/).
- [7] 문화방송 홈페이지, <http://www.imbc.com/>.
- [8] 한국전기안전공사, 가로등설비 전기안전점검 결과, 2001년.
- [9] 대한전기협회, 저압전로의 지락보호에 관한 기술지침, 2004년.

### ◇ 저 자 소 개 ◇



**정선희(鄭善熙)**

1952년 8월 15일생. 1980년 경기공업전문대학 전기과 졸업. 1983년 건국대학교 전기공학과 졸업. 현재 한국토지공사 시설사업처 전기부장 근무.



**황병도(黃炳都)**

1962년 5월 13일생. 1990년 단국대학교 전기공학과 졸업. 현재 한국토지공사 시설사업처 전기과장 근무.



**문정현(文晶鉉)**

1968년 5월 27일생. 1996년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2002년 숭실대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국토지공사 시설사업처 전기부 대리 근무.