

생활속의 전기안전

황현수 (한국방재엔지니어링, 이사)

1. 전기에너지 및 감전에 대하여

전기를 영어로 일렉트릭시티(Electricity)라고 하는데 이것은 그리스어 일렉트론(Electron)에서 유래한 말로, 본래는 호박을 의미한다. 기록에 의하면 기원전 600년경 그리스 사람들은 호박을 마찰하면 물체가 흡인되는 것을 알고 있었고, 이것이 전기현상을 발견한 최초라고 전해 내려오고 있다. 즉, 장식품으로 사용하던 호박을 형질로 문지르면 먼지나 실오라기 따위를 끌어당기는 이른바 마찰전기 현상이 일찍부터 알려져 있었다고 한다. 에디슨이 백열전구를 발명(1879년)하고 20년쯤 지나서 영국의 물리학자 톰슨이 전기의 정체를 맨 처음 밝혀냈다. 톰슨은 여러 가지 실험 끝에 전기라는 것이 아주 미세한 입자라는 것을 알아냈다. 그는 이 작은 입자가 빛도 만들고, 열도 나게 한다는 것을 알고, 전자(일렉트론)라고 이름을 붙였다. 이러한 전기는 오늘날 국민생활, 경제, 산업활동 및 국방에 이르기까지 우리의 생활속에서 한시라도 없어서는 안될 중요한 에너지원이 되었다. 그러나 전기는 우리생활에 없어서는 안될 중요한 에너지원임과 동시에 일상에서 사용되는 220V 그 자체로 사람을 사망에 이르게 하는 위험원이며, 화재에 있어서는 불행하게도 중요 점화원의 역할을 하기도 하는 양면성을 가지고 있다.

일반적으로 감전은 다른 재해에 비하여 발생률은

낮다고 볼 수 있으나, 일단 재해가 발생하면 치명적인 경우가 많으며, 또한 다행히 생명을 건졌다하더라도 일생동안 불구가 되는 예가 적지 않다. 이것은 감전되었을 때의 호흡정지, 심장마비, 근육이 수축되는 등의 장애와 감전사고에 의한 추락, 전도 등으로 인한 2차 재해 때문에 일어난다. 감전에 의한 인체 영향은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 첫째는 전기신호가 신경과 근육을 자극해서 정상적인 기능을 저해하며, 호흡정지 또는 심실세동을 일으키는 현상이며, 둘째는 전기에너지가 인체의 생존조직을 파괴, 손상 등 구조적 손상을 일으키는 것이다.

한국전기안전공사의 전기재해통계분석에 따르면 2000년도에 병원의 감전사고 치료기록과 경찰서의 변사사고 처리기록부에 의하여 조사된 감전 사망자수는 총 107명 이었으며 이는 전년도와 비교하여 14.4%인 18명이 감소한 것으로 나타났다. 또한 감전으로 인한 부상자는 총 714명으로 전년도와 비교하여 28명이 증가하였다. <표 1>의 연령별 감전사고 발생현황을 보면 산업활동이 가장 왕성한 26세 이상 45세 이하의 사고발생률을 제외하고는 5세 이하의 유아의 감전사고 발생건수가 가장 많은 것으로 나타났다. 이는 생활속에서 전기의 위험성을 나타내는 척도이며, 그만큼 전기안전의 생활화 및 감전사고 예방대책이 절실하다는 것을 반증하고 있는 것이다.

표 1. 연령별 감전사고 발생분포

연령구분	0~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50	51~55	56~60	60~	계
사망	-	1	1	3	7	18	20	9	21	11	8	4	4	107
부상	92	16	6	15	66	105	133	106	90	38	22	12	13	622
계	92	17	7	18	73	123	153	115	111	49	30	16	17	729

2. 인체의 감전메카니즘 및 위험성

가. 인체의 전기적 위험

인체에 대한 감전 즉 전기적 쇼크인 전격(electric shock)을 주제로 하여 많은 연구가 이루어져 왔다. 인체는 상용주파수의 교류와 단기간 동안의 전류 충격파에 의해서도 감전의 위험이 있는 것으로 밝혀져 있으나 전격의 정도에 의한 인체의 생리학적 반응은 실험 대상이 인간이라는 특성으로 인하여 충분히 분석되지 않은 상태여서 예견하기가 매우 어렵다. 전류의 크기에 의해 변화하는 전격의 정도가 분류된 연구가 있는데 다음의 <표 2>와 같다. 직류와 교류 상용 주파수에서 인체는 단순한 저항으로 표현될 수 있다. 인체의 실효저항은 수백(Ω)에서 1(MΩ)에 이르기까지 다양하게 변화할 수 있다. 이를 표현하기 위해서 전형적으로 1000(Ω)을 기준하는 경우가 많다. 치명적인 전격은 보통 심장마비로 규정하며, 100(mA)의 전류가 인체의 한쪽손에서 다른쪽 말단을 통해 3초동안 통전경로를 형성하여 흐르게 되면 심장마비가 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다. 우리가 일상에서 사용하는 교류전

류와 같이 비연속적인 전류는 충격시간동안에 인체에 흡수되는 에너지에 따라 심장마비의 여부가 결정된다. 어느 값 이하의 에너지(W·s)에 대해서는 심장마비가 일어나기 쉽지 않다. 그러나 전류 충격파의 지속시간이 길고, 심장박동 주기와의 위상적인 관계에 의해 심장마비가 일어날 수도 있다. 그러므로 인체에 치명적인 마비에 대한 위험성을 알기 위해서는 전압이나 전류의 크기 및 감전지속시간 등이 함께 고려되어야 한다.

나. 위험전압

인체감전에 있어 가장 고려해야 할 사항은 인체 감전전류로 이는 인체에 걸리는 전압에 의해 결정되며 이를 위험전압으로 볼 수 있다. 이 위험전압의 형태 즉 통전경로를 형성하는 형태는 크게 두가지로 대별되며 접촉전압과 보폭전압이 그것이다. 접촉전압은 저압전로 즉 일상에서 사용되는 220(V)에서 TV, 세탁기 등 전기기구나 배선 등의 절연열화 또는 불량으로 인해 누전사고가 일어나게 되면, 지락전류가 전기기기 또는 배선과 대지간에 흐르게 되어 지표면의 전위가 상승하

표 2. 인체에 흐르는 전류의 양에 따른 생리학적 영향

인 체 영 향	직 류(mA)		교 류(mA)	
	남 자	여 자	남 자	여 자
손으로 못느낌	1	0.6	0.4	0.3
가볍게 따끔거림, 지각 입계치	5.2	3.5	1.1	0.7
충격, 고통스럽지 않을 정도, 근육의 제어가능	9	6	1.8	1.2
고통스러운 충격, 고통스럽지만 근육제어 가능	62	41	9	6
고통스러운 충격, 입계치	76	51	16	10.5
고통스럽고 가혹한 충격, 근육마비, 호흡곤란	90	60	23	15
단시간내에 심장마비	충격지속시간 0.03초	1300	1300	1000
	충격지속시간 3.0초	500	500	100

게 되는데 이를 고장전압이라 한다. 이와 같은 상태에서 사람이 기기와 접촉하게 되면 고장전압 중 일부가 <그림 1>과 같이 인체 즉 손과 발 사이에 인가되는데 이를 접촉전압이라 한다.

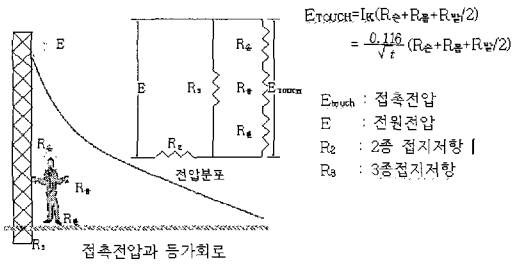


그림 1

보폭전압은 전로가 어떠한 원인으로 지락사고가 나게 되면 접지극을 통하여 대지를 귀로하여 지락전류가 흐르게 되어 접지극 주위의 지표면이 전위분포를 가지게 된다. 즉 대지에 전기가 흐르는 상태가 되는 것이다. 이 경우 주위에 사람이 있게되면 인체의 양발사이에 전위차가 발생하여 <그림 2>와 같이 양발사이에 전압이 인가되는데 이 전압을 보폭전압이라 한다.

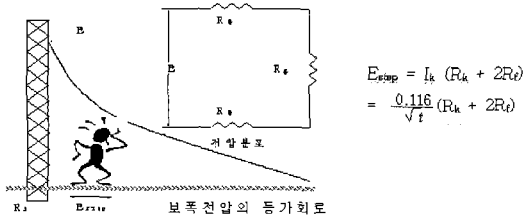


그림 2

위험전압의 결정요인은 인체의 고유저항, 접촉저항, 인가전압에 의해 결정되며 인체의 고유저항 및 인가전압은 가변요소가 적으나 접촉저항은 위험전압 결정에 많은 변수를 제공하게 된다. 즉 건조한 거실에서 습기가 많은 욕실이나 베란다 또는 손이 건조거나 땀이 많이 나는 상태인지에 따라 위험전압은 크게 변화된다. 따라서 이러한 조건 등은 위험전압과 안전전압을 결정하는 중요한 Factor가 된다.

다. 심실세동전류(Ventricular Fibrillation Current)

심실세동전류는 통상적으로 심장이 제기능을 상실하여 심장마비를 일으키거나 호흡이 정지되는 전류로 자연적으로 회복이 불가능하므로 1분 이내로 심장마사지(심폐소생법) 등을 실시하여야 소생이 가능한 전류를 말한다. 감전이 발생하면 인체는 전기회로의 일부로서의 역할을 하게 되고 통전경로에 따라 인체의 위험도는 달라지게 된다. 이는 심장에 얼마만큼의 전류가 흐르는 가에 따라 결정되는 Factor로서 <표 3>은 통전경로별 심장전류계수를 나타내고 있다.

표 3. 통전경로별 심장전류계수

통전경로	심장전류계수(Kh)	통전경로	심장전류계수(Kh)
왼손 - 가슴	1.5	왼손 - 등	0.7
오른손 - 가슴	1.3	한손/양손 - 앉아있는 자리	0.7
왼손 - 한발 (양발)	1.0	왼손 - 오른손	0.4
양손 - 양발	1.0	오른손 - 등	0.3
오른손 - 한발 (양발)	0.8		

위의 표에서 숫자가 클수록 위험도가 높아지며, 표에서 심실세동을 일으킬 수 있는 조건 즉 사망의 가능성 조건은 $I \times Kh > 80(\text{mA})$ (교류 50(Hz)인 경우)이다. 단편적으로 보면 통전경로가 양손 즉 왼손과 오른손 사이가 될 때 심장이 가운데에 위치하므로 가장 위험할 것으로 생각되지만 실제로 전류는 저항이 작은 쪽으로 흐르려는 성질이 있어 저항이 적은 표피쪽으로 흐르고 신체내부에 있는 심장은 거리에 따른 저항증가로 표피쪽에 흐르는 전류보다 상대적으로 적은량의 전류만이 흐르게 된다. 따라서 양손 즉 왼손과 오른손 사이의 통전경로보다 왼손과 가슴 또는 오른손과 가슴으로 형성된 통전경로보다 위험도가 낮게 되는 것이다. 통전경로별 심장전류계수를 적용하여 위험도를 수치적으로 표현하면

* 왼손과 오른손간에 200(mA)의 감전전류가 흐를 때의 위험도 $\rightarrow 200(\text{mA}) \times 0.4 = 80(\text{mA})$

* 왼손과 가슴간에 54(mA)의 감전전류가 흐를 때의 위험도 $\rightarrow 54(\text{mA}) \times 1.5 = 81(\text{mA})$

즉 왼손과 오른손간에 200(mA)의 감전전류가 흐르는 것보다 왼손과 가슴간에 54(mA)의 감전전류가 흐르는 것이 더 위험하다는 것이다.

라. 통전시간에 따른 심실세동 한계전류 값
심실세동 한계전류 값은 Dalziel이 주장한 것으로 감전자 1,000명중 5명 이상이 심실세동을 일으키는 값으로 "감전 시간과 위험전류" 관계인 심실세동 한계치로서 다음식으로 표현된다.

$$I = 165/\sqrt{t}$$

이때 I = 심실세동한계전류치, t = 통전시간(초)

Dalziel의 위식이 실제 응용시에는 $I = 116/\sqrt{t}$ 으로 적용되고 있다. 이식을 이용하여 0.1초 동안의 인체 통과 때 심실세동 한계전류 값을 구하면 $I = 116/\sqrt{0.1}$ 로 약 367(mA)가 된다. 즉 0.1초 이상 367(mA)가 흐르거나 367(mA)이상의 전류가 0.1초 동안 흐르게 되면 심실세동을 일으키게 된다는 의미이다. <표 4>는 통전시간에 따른 한계전류 값을 나타내고 있다.

표 4. 통전시간에 따른 한계전류 값

통전시간 초, sec)	한계전류 (mA)	통전시간 (초, sec)	한계전류 (mA)
0.05	518	1.50	95
0.10	367	2.00	82
0.15	300	2.25	73
0.20	260	3.00	67
0.80	130	4.00	58
1.00	116	5.00	52

3. 생활속의 전기안전 및 감전예방대책

생활속의 전기안전 및 감전예방대책에 가장 중요한 것은 의식의 전환이다. 최근 우리나라에서는 몇 년에서 몇 십년을 더 살기위해 금연과 마라톤 열풍이 불고 있다. 그러나 일상에서 사용되는 220V의 감전사고는 즉시 사망으로 연결될 수 있음에도 불구하고 위험성을 가볍게 여긴다. 물론 전기에 대한 위험성에 대하여는 모르는 사람은 없겠으나 실질적인 전기의 위험성에 비추어 일반적인 의식은 대체적으로 관대하다. 따라서 전기안전 및 감전예방대책에 있어 가장 중요한 것은 그동안의 전기의 위험성에 대한 의식을 "소중한 자녀, 가족, 더 나아가 우리나라 국민의 생명을 위협하고 있다는 것을 직시하는 것"과 그동안 정부, 전기관련단체 등에서 만들어 놓은 "감전예방대책을 막연히 해야지, 그래야겠지"라고 생각했던 것을 바로 실천에 옮기는 것"이라고 생각한다. 따라서 그동안 정부나 한국전기안전공사, 한국전력공사, 한국전기공사협회 등에서 만들어 놓은 감전예방대책중 생활속에서 바로 적용가능한 부분에 대하여 다시 한번 살펴보고자 한다.

- 가정에 설치된 일반용 콘센트를 감전방지용 콘센트(콘센트수구를 약 20~30° 회전하여야 삽입되는 형태)로 교체한다. 일반 가정에 감전방지용 콘센트로 바꾼다면 5세이하의 유아 감전사망사고의 상당부분은 해소되리라고 판단된다.

- 개보수공사 또는 인테리어 공사의 경우 전기설비의 공사는 반드시 전기공사업 등록업체에 의뢰하여 시공한다. 아파트 상가 등의 전파사 등은 대부분의 경우 전기공사업 등록업체가 아니므로 등록업체 여부를 한국전기공사협회를 통해 확인하는 것이 바람직하다.

- 한국전기안전공사에서 1~2년 주기로 실시하는 전기설비의 정기검사 결과 부적합 사항이 있을 경우 즉시 보완한다. 2000년 집중호우 시 가로등 감전사고의 주요 원인이 정기검사결과 부적합 통보를 받고도 즉시 보완하지 않았기 때문이다. 한국전기공사협

회 및 한국전기안전공사에서는 개보수센터를 운영하고 있으며 전기공사업체 중 업선된 개보수 시공 전기공사업체와 부적합 통보를 받은 수용가를 연결하여주는 업무를 수행하고 있다.

● 젖은 손으로 전기기구를 만지지 않는다. 전기는 물기가 있을 때에 더욱 잘 통하게 되므로 젖은 손으로 전기기구를 만지지 말아야 한다. 특히 욕실 등에서의 물기가 있는 손으로 기계기구를 만지는 것은 매우 위험하다.

● 전기기구를 문어발식으로 사용하지 않는다. 전기를 공급하는 전선의 경우 사용할 수 있는 한계용량이 있으며 그 한계용량을 초과하게 되면 화재가 발생할 수 있음.

● 불량 전기기구를 사용하지 않는다. 불량전기제품을 사용하면 누전이나 합선 등으로 인해 감전, 화재의 위험성이 높습니다. (“ks”표시품 사용)

● 콘센트에 완전히 접속하고, 뽑을 때에는 플러그 몸통을 잡고 뽑는다. 전선을 잡고 플러그를 뽑게 되면 플러그와 전선의 접속부위가 헐거워 지게 되고 접촉불량 합선 등으로 이어져 화재발생 위험성이 높아진다.

● 세탁기 등 습기가 많은 장소의 전기기구는 반드시 접지하여 사용한다. 세탁기 금속제 외함 등을 대지와 연결된 수도관이나 노출된 철근 등에 연결하는 것만으로도 접지효과를 볼 수 있다. 접지가 곤란할 경우에는 꽃음접속식 누전차단기를 구입·사용하면 된다.

● 월1회 이상 누전차단기의 정상 작동유무를 확인한다. 누전차단기는 인체감전방지를 위한 기본적인 보호장치로서 정상적으로 작동하는 경우 누전이 발생하거나 감전사고가 발생하면 약 0.03초 이내에 회로를 차단하여 감전사고의 최소화 및 화재를 예방할 수 있다.

상기와 같은 전기안전 및 감전예방대책만 실천한다면 전기로 인한 화재나 감전사고의 상당부분은 해소될 것이다. 전기를 사용하는 일반 국민의 전기 위험성에 대한 인식 전환과 정부 및 관련단체의 홍보 및 감전 및 화재예방 사업의 전개, 법령이나 제도의 뒷받침 등이 함께 한다면 가장 이상적인 에너지원인 전기를 보다 안전하고 편리하게 지속적으로 사용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전기안전공사 “전기재해통계분석” 2001
- [2] 한국전기공사협회 “고밀도 건축물에 적용할 접지시공기술 및 법규 개선방안 연구” 2001
- [3] 한국전기공사협회 “전기공사 시공도집” 2000
- [4] 한국전기공사협회 “전기공사기술자 시공기술 향상교육 수변전 교재” 2001
- [5] 한국산업안전공단 “감전재해를 위한 전기안전장치 발표 자료집” 2001
- [6] 한국산업안전공단 “활선작업과 감전재해 예방” 2000
- [7] 한국산업안전공단 “전기작업안전” 2000