

# AC 110[V]겸용 사용과 220[V]전용 사용문제에 대하여

The Problem of used 110V and 220V



鄭 龍 基\*  
Chung, Young Ki

## 목 차

1. 들어가는 말
2. 기술적인 내용
3. 나가는 말

### 1. 들어가는 말

지난 1991년 가을 .....

당시 본인이 부사장으로 있던 새한설계콘설탄트에서 일본 제일교포가 발주한 일본내 온천에 관련된 종합 Hotel 위락설비의 전기설계를 한 경험이 있었다.

건축계획 평면도를 받아 전기설계를 끝낸후 日本에서 전력을 공급하는 전력회사와 수전계약에 관련된 회의를 하기로 하고 건축사사무소와 같이 일본 회의장소인 현장을 다녀온 느낌을 서

두에서 말하고자 한다.

우리나라로 말한다면 산속 오지의 온천이나 될까싶은 깊은 산중온천이었다. 이미 온천시설이 완벽히 구비되어 영업중이었고, 증설을 위해 설계를 추가로 하는 사업이었다. 회의 당일 회의장에 나가보니, 한국 전기계에서는 도저히 상상할 수 없는 광경이 눈앞에 펼쳐지고 있었다.

日本 전력회사의 담당 부장, 과장, 담당자가 관련 도면서류들을 모두 준비해서 회의 장소에 먼저나와 대기하고 있는것이 아닌가!

즉 전력사용자를 진정한 고객으로 생각하는

\*건축전기설비·전기안전·전기응용·소방설비기술사, 의제전기설비연구원 원장.

세일즈 맨의 모습이었다.

그 자리에서 우리의 요구조건을 모두 들은 후, 즉시 도면검토부터 수전용량 가능여부, 수전예상지점, 수전예상일자까지 즉시 결정하는 태도는 정말 감동적이었다.

한국의 사정에 대해 부끄러운 심정은 그 회의에 참석한 한국인 모두 같은 생각이었을 것이다. 한국실정은 어떠한가! 구체적인 예를 논하지 않겠다. (고객과 판매자가 바뀐 상황?) 왜 AC 110[V]와 220[V]를 다루는 글에서 이 이야기를 하는가 하면 국내 정책의 전반적인 문제점은 공개된 토론을 거쳐 합리적으로 추진되고 있지 않는 부분이 너무나도 많기 때문이다. 현재 한국에서 성공한 AC 220[V] 사용 문제는 주무부서인 한국전력에서 전력효율과 경제적인 면만을 크게 부각하여 적용한 점이 없지 않다.

선진국에서 60[Hz] 주파수 기준으로 220[V] 전용을 사용하는 국가가 본인이 조사한 바로는 없는 것으로 안다. 이는 전력효율과 경제적인 측면을 우선 하기보다는 국민의 안전한 측면을 우선하였기 때문에 미국, 캐나다 등 모두 100[V]級을 고수하고 있는 것이다.

결론적으로 "Safety First"라는 인명 존중, 인권 존중의 단면을 볼 수 있는 것이다.

그러면 전용 220[V] 사용은 "Efficiency First"라고 할 수 있다.

## 2. 기술적인 내용

AC 110[V]級에서 AC 220[V]級으로 전압을 올릴 경우 전력손실을 줄일 수 있으나 감전에 따른 위험은 치명적인 상황이 일어날 수 있는 확률이 크다. 예로 물물은 손이나, 물물은 신

발을 신고 AC 220[V]에 감전되었다면 거의 모두 사망사고로 이어질수 있는 현상은 아주 기본적인 내용이다. 안전한 측면에서 간단한 기술적 내용을 검토하여 보면 감전(Electric Shock)이란 전격(電擊)이라고도 하며, 외부로부터 전압이 걸려서 인체에 전류가 흘렀을 때 일어나는 생리적 현상으로서 단순히 전류를 느끼는 정도의 가벼운 것으로부터 고통을 동반하는 쇼크, 심지어 근육의 마비, 심실세동(心室細動)에 의한 사망 등 여러가지 증상이 나타나는 현상을 말한다. 이 때 전기의 속도는  $3 \times 10^8$ [m/sec]이다.

### 2.1 통전 전류

전기는 직류, 교류, 주파수 및 파상(波狀) 등에 따라서 다르며, 인체에 전류를 흘렸을 때 전류값이나 통전(通電)시간에 따라 감전의 위험도는 사람의 체질이나 건강상태에 따라서 다른데 보통 전압이 45[V]이고 저항이 1500[Ω] 이하 일 때 안전 전류는 30[mA]이다.

감전이 되면 전류가 인체의 심부(深部)에까지 흘러 들어가서 심장에 경련을 일으키고 심할 경우 사망하기도 한다.(증상 : 심근 경련으로 인한 사망, 심실세동)

$$\text{치사전류 } I = \frac{165}{\sqrt{T}} [\text{mA}] \text{ 단, } T : 8 \sim 5 [\text{m/s}]$$

인체에 미치는 전류의 효과를 <표 1>에 나타내었다.

또한 감전사고로 인한 상해는 사망하지 않으면 거의 불구가 되며, 감전 사고의 사망률은 전 사고 평균 사망률의 약 10배에 이른다.

감전 사고의 피해정도는 전압과 인체로 흐른 전류의 통전 경로와 전기 저항 및 접촉 시간의

〈표 1〉 전류가 신체에 미치는 효과

항목	직류 [mm A]						비고
	직류		60[Hz]		1000[Hz]		
	男	女	男	女	男	女	
손에 약간의 감각을 느끼게 한다	1	0.6	0.4	0.3	7	5	
지각 감지의 시초	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8	최소감지전류
감전-고통 무, 근육 마비 무	9	6	1.8	1.2	17	11	
감전-고통, 근육 마비 무	62	41	9	6	55	37	운동불능
감전-고통(감전 시초)	76	51	16	10.5	75	50	운동불능
감전-고통, 심한 근육 경련적 수축, 호흡곤란	90	60	23	15	94	63	
감전-심실세동 가능성 (3초간 전격 효과)	500	500	100	100			한 호흡 사이클의 1/4 시간내 감전시 (치사 전류)
T초 전격(단시간)			$\frac{165}{\sqrt{T}}$	$\frac{165}{\sqrt{T}}$			T:8~5 m/s
고전압과	50*	50*	13.6*	13.6*			

\*W·s 또는 주울(Joules)로 표시된 에너지

장단에 따라 위험성이 결정된다.

또한 전압이 동일한 경우에는 교류(50~60[Hz])가 직류보다 더 위험하다. 교류에 감전된 경우는 근육에 경련과 수축이 일어나서 접촉부에서 인체 부위를 자기힘만으로 뗄 수 없으므로 접촉시간이 자연적으로 길어지게 된다.

그러나, 직류에서는 그런 일이 없는 대신 전기 화상을 입을 우려가 교류쪽보다 많다. 인간의 심장은 왼쪽에 있으므로 왼쪽으로 전기기구를 취급하면 전류가 심장을 통해 흐를 우려가 있으므로 반드시 오른손을 사용하여야 한다.

전기가 흐르는 속도는 빛의 속도( $3 \times 10^8$  [m/s])와 같아서 전기 취급시 노출 충전부에 접촉될 때 인간의 반사적인 행동 시간내에는 그 위험 수준에서 벗어날 수 없다. 또한 마비 한계

전류값이 흐르면 신체 각 부의 근육이 수축현상을 일으켜 스스로 헤어날 수 없기 때문에 노출 충전부와 접촉을 피해야 한다. 인체 내에 전류가 흐르고 있는 시간이 길수록 위험하며, 〈표 2〉는 손에서 손으로, 또는 발에서 발로 통전했을 때의 감전 시간과 위험 접촉 전압 및 위험 전류(인체 저항의 최소값을 500[Ω]으로 가정한 경우)와의 관계를 표시한 것이다.

이에 따르면 1초 동안의 아주 짧은 시간의 통전이라 할지라도 90[V] 정도의 전압으로 위험하고 또 인체에 흐르는 전류는 전압의 크기에 관계없이 180[mA] 정도의 전류로 위험함을 표시하고 있다.

교류일 때는 주파수와 파형에 따라서 위험성이 다르며, 50~60[Hz]가 가장 위험하고 주파수

〈표 2〉 전격시간에 대한 접촉 위험 전압과 위험 전류

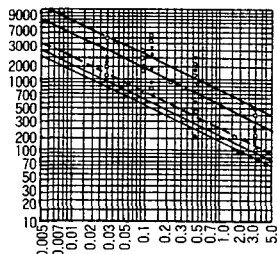
전격시간 [초]	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
위험접촉 전압[V]	90	100	110	125	140	165	200
위험전류 [mA]	160	200	220	250	280	330	400

가 높아지게 되면 전류의 자극은 따끔 따끔한 감각보다는 열로서 느끼는 것에 가깝게 되고 100~200[Hz] 이상이 되면 거의 열적 감각으로 된다.

## 2.2 심실세동전류

### (1) 심실 세동 전류

심장의 맥동에 영향을 주어 심장은 마비 증상을 일으킨다. 이로써 혈액 순환이 곤란하게 되고 끝내는 심장 기능을 잃게 된다. 이런 현상을 일반적으로 심실세동이라 하며, 심실세동을 일으키면 통전 전류가 멎는다 해도 자연 회복은 어려우며, 그대로 방치하면 수분 이내에 사망하게 되므로 즉시 인공호흡을 실시하여야 한다. 달지일(Charles. F. Dalziel) 등의 동물 실험 결과에 의하면 심실세동을 일으킬 수 있는 전기 에너지는 동일 체중의 동물에 있어서 〈그림 1〉과 그 경사가 지수함수적인  $-\frac{1}{2}$ 인 직선이 된다고 발표하고 있다.



〈그림 1〉 심실세동 전류와 전격 시간과의 관계

● 실험값 ○ 계산값

- A : 57.4kg의 半에 대한 99.5% 값
- B : 57.4kg의 半에 대한 50% 값
- C : 人間包含 70kg의 동물 0.5% 값
- D : 57.4kg의 半에 대한 0.5% 값

$$\log I = \frac{1}{2} \log T + K_1$$

$I^2 T = K_2$  (I: 전류, T: 전격시간,  $K_1, K_2$ : 상수)

$W_1 = I^2 T R_b$  [W · s] ( $W_1$ : 고전압파,  $R_b$ : 인체저항)

최소 심실세동(心室細動) 전류값을  $\frac{1}{2}$  [%]로 치면

$$I\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{165 \sim 185}{\sqrt{T}} \text{ [mA]}$$

$$\begin{aligned} \therefore W_1 &= I^2 T R_b = (165 \times 10^{-3} \sim 185 \times 10^{-3})^2 R_b \\ &= (0.027 \sim 0.034) R_b (W \cdot s) \end{aligned}$$

피부가 습한 상태로 가정하여 저항값을 500[Ω]으로 가정할 경우

$$W_1 = 13.5 \sim 17.0 (W \cdot s)$$

이것을 정현파 교류의 이론적 위험 한계라 한다.  $R_b$ 를 건조한 피부로 친다면 안전 한계도 자연 높아지게 된다. 달지일은 직류로 인한 단시간 전격 또는 방전일 때의 위험한계는 정현파 교류의 경우에 비하여 약 2배에 달한다고 지적하고 있다.

$$W_2 = 2W_1 = 2I^2 T R_b = (0.054 \sim 0.068) R_b [W \cdot s]$$

최저한(最低限)의  $R_b = 500[\Omega]$ 로 치고  $W_1$  계산식에 의거하면

$$W_2 = 27.0 \sim 34.0 [W \cdot s]$$

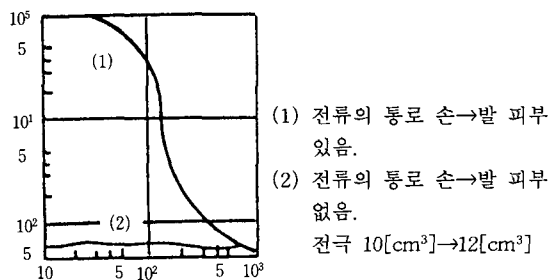
인체에 대한 전류의 안정 한계는 심실세동 현상에 따라서 결정되는데 일반적으로 심실의 세동은 100[mA] 정도에서 일어난다.

## 2.3 통전 경로의 전기 저항도

### (1) 피부의 저항

피부의 전기 저항은 표피 부분(두께 0.05~0.2[mm])이 주이며 이 부분은 비교적 도전성이 좋은 땀샘이 도전성이 나쁜 각질 조직에 분포되어 있다. 따라서 신체의 부위, 성별, 연령에 의해 차이가 있다. 피부에 전압이 인가된 경우 어떤 전압 이상에서는 부분적으로 전기 파괴를 하여 저항값이 급격하게 감소한다. 이 파괴는 열적인 것으로 시간성을 가지고 있으며 인가 시간에 의해 저항값이 변화한다.

<그림 2>는 인체의 손과 발에 전류를 통하게 하여 인가 전압을 변화시킨 경우 피부의 유무에 의한 전기 저항의 변화를 실험한 한 예이며 이 그림에서 1000[V]정도가 되면 피부의 저항은 거의 없어지게 된다. 또한 저항값은 접촉 압력에 의해 얼마쯤 변화하나 0.2~0.3[kg/cm<sup>2</sup>]의 압력을 가하면 일정값에 이른다.



<그림 2> 피부의 유무에 의한 저항의 변화

인체의 전기 저항은 피부 표면의 건조의 차에 의해서도 변화한다. 이 수치는 인가 전압이 낮은 경우에는 그 차가 현저하나, 전압이 높고 피부의 파괴 전압 이상에서는 큰 차이가 없다. 실용적인 눈짐작으로서 저압에는 땀이 난 경우 1/12, 물에 적신 경우 1/25정도로 저항값이 감소한다.

또 이들의 저항값은 전압의 인가 시간에 따라서 변화하는데 실험 예에 따르면 완만하게 변화

하여 10분 정도 경과하면 최초의 저항값의 1/6 정도로 된다. 이 저항값이 급격하게 감소하는 부분은 피부의 절연 파괴 특성에 의한 것이며 또 완만하게 감소하는 부분은 온도 상승에 의한 것이다.

감전 사고는 여름에 많이 발생하며 물에 젖은 손으로 전기 기구를 취급하면 그 위험성이 더욱 커지기 때문에 절대적으로 삼가해야 한다. 또한 도전화(導電靴)를 착용한 채 발이 전로(電路) 등에 접촉되었을 때에는 전류가 몸으로 흘러들어가게 된다.

일반적으로 인체의 전기 저항은 2500[Ω] 정도이며, 내부 조직 저항은 약 300[Ω] 정도, 발과 신발 사이의 저항은 약 1500[Ω] 정도, 신발과 대지 사이의 저항은 약 700 [Ω] 정도이다. 따라서 전체 저항은 약 5000[Ω] 정도가 되므로 전원 전압이 200 [V]라면 인체에 흐르는 전류는 40[mA] 정도로 되어 대단히 위험한 전류값이 되며, 또한 신발이나 손이 물에 젖어 있으면 100[V]에서도 단시간 0.3[초] 이내에 사망할 수 있다.

직류 전압과 교류 전압에서는 저항값이 다르다. 저전압에 있어서는 교류의 경우는 리액턴스분이 저항분과 같은 점도 있으며, 직류 전압의 경우는 분극 전압이 나타나기 때문에 눈짐작상의 저항은 직류 전압에 대한 것이 커진다.

### (2) 전격의 안전도

전격이 인체에 미치는 영향은 인체를 통하여 전류의 크기가 중요한 인자로서 전압은 2차적인 의의를 지니고 있으며 안전 한도 내지 위험도를 정하는 데에는 전격의 상황(신체적 및 심리적 조건)에 의해 현저하게 인체의 저항값이 좌우하므로 간결한 안전 한도를 정하는 일은 곤란하다.

또 전격 그 자체는 치명적이 아니어도 수상 기  
타에서 전격을 받아 쇼크(Shock)에 의해 추락  
하는 등의 2차적 재해를 받을 수 있다.

일반적으로 25[mA] 이상의 전류에 대해서는  
화상 때문에 피부의 저항값이 감소하므로 수분  
이상의 통전은 위험하다. 또 신경 장애 내지 마  
비는 수[A]에서도 생긴다. 가장 조건이 나쁜 경  
우 즉, 전선이 물 속에 있는 경우에는 10[v/m]  
의 전위 경도가 위험 한계이다. 절대로 안전한  
한계로서 건조한 손으로 30[V], 젖은 손으로  
20[V], 욕조 중에서 10[V]가 절대로 안전한  
한계 수치이며, 또 각국에 있어서 안전 수칙으로  
서 부여되고 있는 전압의 크기는 <표 3>과 같다.

실용적으로 접촉 조건을 가정하여 위험 한계  
를 구해야 하는데 <표 4>는 Doppler씨 및  
Dalziel씨가 부여한 전격에 대한 위험도의 개념  
을 표시한 것이다.

<표 3> 각국에 있어서 채용되고 있는 안전전압

스	위	스	35V
벨	기	에	35V
독		일	24V
네	덜	란	50V
체		코	20V

<표 4> 상용 주파수의 교류에 단시간 접촉한 경우의 위해

인체 저항 및 접촉 저항[Ω]	회 로 전 압		
	100V	1000V	10000V
500~1000	죽는 일이 있다 경미한 화상	죽는 일이 많다 상당한 화상	구조되는 일도 있다 심한 화상
5000	상당한 전격 피아가 없다	죽는 일이 있다 경미한 화상	죽는 일이 많다 상당한 화상
50000	거의 느끼지 않는다	상당한 전격 상처 없다	죽는 일이 있다 경미한 화상

### 3. 나가는 말

결론적으로 안전한 측면만을 볼 때는 모든  
가전 제품의 AC 220[V]級 사용은 큰 오류를  
범한 것이라고 할 수 있다.

선진국이란 안전을 중시한다는 관점에서 보면  
다시금 재고해 보아야 할 문제가 아닌가 사료된  
다. 특히 선진국에서 안전상의 문제를 안전기준  
이 저전압화 한다는 사실이다.

이러한 점을 관계 부처 및 한전 관계자는 신  
중히 고려하여 앞으로 보완하여야 할 방안에 대  
해서 구체적인 대안을 수립해야 할 것으로 본다.  
(원고접수일 1998. 3. 17)