

# IEC 60479에 의한 인체 감전보호

이종철 (대한전기협회 전기기술팀 팀장)

## ■ 요약

본 논문에서는 인체감전의 영향에 관한 국제표준으로서 전기적 안전요건을 설정하기 위해 사용하는 IEC 60479의 “인체감전의 생리학적인 현상”에 대한 내용 중에서 일상생활에서 감전의 우려가 가장 큰 상용주파 교류에서의 감전보호에 관한 내용을 소개하고자 한다. 감전보호에 대해 IEC 60479와 함께 양대 표준이라 할 수 있는 IEEE 80의 감전보호를 위한 접지설계 개념과의 차이를 살펴 봄으로써 감전보호를 위한 접지설계에 참고가 되도록 하고자 한다.

## 1 서론

무역에 관한 기술장벽 협정(WTO/TBT)에 따라 국제표준이 존재하거나 완성이 임박한 경우 국제표준 또는 관련부분을 자기나라 기술기준의 기초로 사용하도록 요구되고 있어 감전보호의 기본이 되는 인체의 감전에 대한 영향을 제시하는 IEC 60479도 한국산업규격(KS)으로 도입이 검토되고 있다.

한편 저압 전기설비에 관한 표준인 IEC 60364는 이미 KS규격과 부합화 되었고 전기설비 기술기준에도 도입되어 2005.1.10일부터 적용이 가능토록 되었다. IEC 60364의 감전에 대한 보호원칙은 IEC 60479에 기초한 것이므로 IEC 60479의 인체의 감전에 대한 영향의 이해와 이에 따른 보호개념의 친숙

화가 필요하다.

일상에서 인체가 흔히 감전위험에 노출되는 경우는 거의가 상용주파(50/60[Hz]) 교류에 의한 것이므로 본 논문에서는 교류에 대한 감전현상 및 보호대책에 주안하며, 감전보호와 관련 IEC 60479와 함께 기술표준의 양대 주류라 할 수 있는 IEEE 80의 감전보호를 위한 접지설계 방식을 참조함으로써 상호 보완적일 수 있는 두 표준에 대한 이해를 높이고 IEC 표준에 따라 전기시설을 설계할 때 참고가 되는 자료를 제공하고자 한다.

## 2. IEC 60479 구성 및 적용관련 표준

### 2.1 IEC 60479의 구성

IEC 60479 시리즈는 2007년 4월 현재 회원국의 의견수렴 중인 IEC 60479-5를 포함 5개 부로 구성되어 있으며 표제는 “인체에 대한 전류의 영향”이며, 제1부(2005)는 “일반적 양상”으로서 인체의 임피던스와 상용주파 교류와 직류전류에 대한 인체의 병태 생리학적인 영향을 다루고 있다.

제2부(1987)는 “특수 양상”으로서 100[Hz] 초과 주파수의 교류의 영향, 특수 전류파형의 영향 및 단시간 일방향성 단일 충격과전류의 영향을 다루며 현재 개정초안(2005)이 발행되어 있었다. 제3부(1998)

## 특집 : 국제규격(IEC)에 의한 전기안전

는 “가축의 몸체를 통하여 흐르는 전류의 영향”으로서 가축 몸체의 임피던스 특성, 가축 몸체의 총 임피던스, 가축 몸체 초기저항 및 15~100[Hz] 정현파 교류전류의 가축에 대한 영향을 다루고 있다.

제4부(2004)는 “인체와 가축에 대한 낙뢰의 영향”으로서 낙뢰의 물리현상, 인축에 대한 낙뢰의 상호작용 및 인축의 몸에 대한 낙뢰의 영향을 다루고 있다. 현재 회원국 투표용으로 제정된 제5부(2007.3)는 “생리학적 영향별 접촉전압의 한계치”로서 조건들과 한계치, 접촉전압의 한계치 및 전압-시간곡선을 다루고 있으며, 현재까지는 제1부에서 인체를 통해 흐르는 전류의 크기와 통전시간에 대한 생리학적 현상만을 제공하였으나, 제5부에서는 인체의 충전부 접촉조건 별로 생리학적 영향에 대한 전압의 한계치를 제공함으로써 전기시스템의 설계자가 전기설비의 절연파괴나 자락고장 시에 동시접촉 가능한 도전부 간의 전위차를 생리학적 영향 별로 제한하여 설계할 수 있는 방법도 제시하였다.

## 2.2 IEC 60479 적용과 관련된 표준

인체의 감전보호에 대하여 IEC 60479와 관련된 IEC 표준은 아래와 같다.

- IEC 60364-4-41 : 2005, 저압전기설비 - 안전을 위한 보호-감전에 대한 보호
  - IEC 60364-4-44 : 2006, 저압전기설비 - 전압 및 전자기 교란에 대한 보호
  - IEC 61140 : 2001, 감전에 대한 보호 - 설치 및 설비에 대한 공통 양상
  - IEC 61200-413 : 1996, 간접접촉에 대한 보호 - 전원의 자동차단
  - IEC 61201 : 1992, 초저전압 - 한계값
- 상기 표준들 중 IEC 61201은 초판 제정 이후 제 : 개정된 다른 표준과의 조화를 위해 개정안(2007.3)이 회원국 투표용으로 배포되어 있으며 표

제는 “규약접촉전압 한계값 사용지침”으로 변경되었다. 따라서 후술하는 현행 IEC 61201의 내용은 폐지될 것으로 보인다.

## 3. 인체감전 관련 주요 정의

인체감전과 관련 IEC 60479(이하 IEC) 또는 IEEE 80(이하 IEEE)에서 사용되는 주요 용어들의 정의를 정리하여 보면 아래와 같으며 동일한 생리현상에 대해 양 표준의 한계전류치에 다소 차이가 있다.

- 감지한계전류 : 인체를 통해 전류가 흐름으로써 사람에게 느낌을 유발하는 최소 접촉전류(IEEE: 1[mA])
- 반응한계전류 : 불수의적(不隨意的) 근육의 수축을 유발하는 최소 접촉전류(IEC: 0.5[mA])
- 가수(可隨)전류 : 근육의 경련이 근육의 수축을 완화시켜 감전자가 감전상태로부터 자의(自意)로 이탈(離脫)할 수 있도록 감쇄하는 전류 값(이탈전류라고도 함, IEC: 5[mA], IEEE: 1~6[mA])
- 가수(可隨)한계전류 : 전극을 잡고 있는 사람이 자의(自意)로 전극을 놓아 감전상태로부터 이탈할 수 있는 최대 접촉전류(이탈한계전류라고도 함, IEEE: 6~9[mA])
- 불수(不隨)전류 : 감전된 사람의 근육수축을 유발하여 자의로 감전상태(전류원)로부터 이탈할 수 없도록 하는 전류(IEEE: 9~25[mA])
- 심실세동(心室細動) : 심장의 심실에 한정된 심장의 세동을 말하며 혈액순환의 무효화와 심부전(心不全)으로 진전된다.
- 예상접촉전압 : 사람이나 동물이 접촉하지 않은 상태에서 동시에 접촉이 가능한 도전성 부분 간의 전압
- (유효)접촉전압 : 사람 또는 동물이 도전성 부분(이격된 두 곳)에 동시에 접촉되었을 때(전류가

- 흐를 때) 두 도전성 부분간의 전위차를 말한다.
- 등전위 : 도전성 부위들이 실질적(substantially)으로 동일한 전위에 있는 상태
  - 취약기 : 심장맥동주기의 작은 한 부분(T파의 후반부)으로 심근섬유가 맥동유발 자극에 대해 불균질한 상태이며 전류로 심근섬유가 자극되면 심실세동이 쉽게 일어나는 기간
  - 심장전류계수 : 왼손에서 양팔로 접촉전류가 흐를 때 심장에서의 전계강도(전류밀도)에 대한 다른 경로로 동일 크기의 전류가 흐를 때의 심장에서의 전계강도의 비
  - 주파수계수 : 특정 주파수에서 특정 생리현상을 나타내는 한계전류의 50/60(Hz)에서의 동일한 생리현상을 나타내는 한계전류에 대한 비

#### 4. 인체의 임피던스

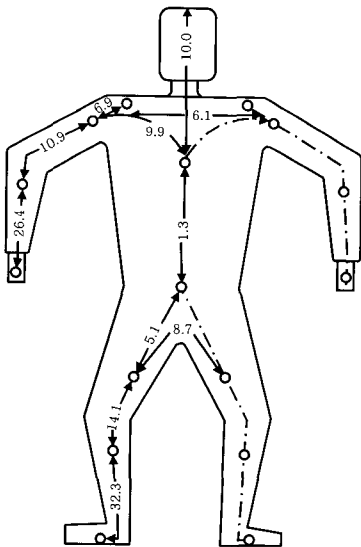


그림1. 인체 내부임피던스의 배분

IEC에서는 다양한 환경조건 별로 인체임피던스를 제시하고 적용환경에 맞게 선택 적용토록 하고 있는 바 주요 환경인자에 대한 것을 살펴본다.

#### 4.1 인체의 임피던스의 영향 인자

인체의 임피던스는 통전경로, 접촉전압, 전류의 지속시간, 주파수, 피부의 습기, 접촉면적, 접촉압력 및 온도에 영향을 받으며 저항(R)과 커패시턴스(C)로 구성되나 통상 저항성분으로 간주한다.

#### 4.2 인체의 내부 임피던스

인체의 내부임피던스는 저항성분이며 크기는 통전 경로 및 접촉면의 조건에 영향을 받는다. 한쪽 손에서 한쪽 발로의 통전경로에 대한 내부임피던스를 100으로 했을 때의 인체 내부임피던스의 부위별 분포는 그림1과 같다.

#### 4.3 피부의 임피던스

인체의 피부임피던스의 전기적 구조는 R, C로 구성된 반절연층(피부)과 도전성인 새공(땀 구멍)의 병렬회로이며 전류가 증가할수록 임피던스는 저하하고 감전 초기(시정수 1[ms] 이하) 인체임피던스는 거의 내부저항이다.

#### 4.4 피부 접촉면의 조건 구분

넓은(Large) 접촉면적은 10,000[mm<sup>2</sup>], 중간(Medium) 접촉면적은 1,000[mm<sup>2</sup>], 좁은(Small) 접촉면적은 100[mm<sup>2</sup>]로 정의하여 접촉면의 면적을 구분한다.

#### 4.5 접촉면의 상태 구분 및 임피던스(그림 2)

건조 조건은 정상적인 옥내 환경에서 사람이 쉬고 있는 상태의 피부 습분이 있는 상태, 젖은 조건은 수돗물(저항률 3.5[Ωm], pH 7~9)에 1분 동안 잠긴 상태, 염수에 젖은 조건은 3[%] 소금물(저항률 0.3[Ωm], pH 7~9)에 1분 동안 잠긴 상태로 정의하여 구분한다.

특징 : 국제규격(IEC)에 의한 전기안전

\* IEEE 80의 경우 접촉면의 상태 및 접촉면적에 대한 기준 없음.

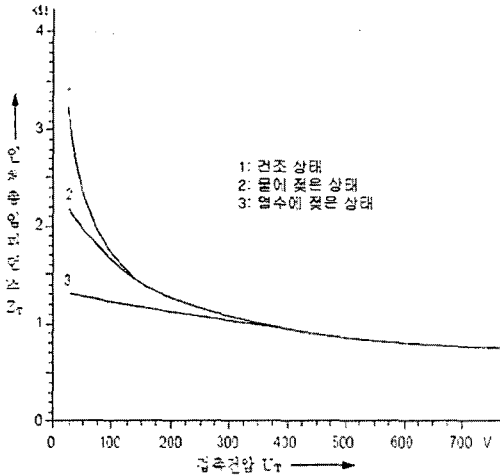


그림 2. 손→손, 넓은 접촉면의 경우 접촉면 상태별 조사대상 하위 50(%)의 임피던스

#### 4.6 전압 및 주파수의 영향

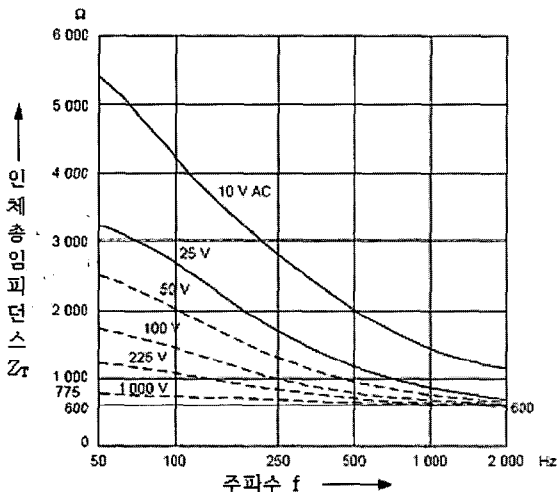


그림 3. 인체임피던스의 주파수와 전압에 대한 영향

인체임피던스는 전압이 높아질수록 낮아지며, 1,000(V) 이상에서는 Spark 의한 피부 구멍(Puncture) 발생으로 피부 임피던스가 내부임피던

스와 단락된 것과 같이 되고 주파수가 높아질수록 임피던스는 낮아진다(그림 3).

#### 4.7 인체의 총 임피던스

인체의 총 임피던스는 인체 내부임피던스와 피부 임피던스의 합으로 되고 직류와 교류의 차이는 약 200(V) 이상에서는 실용상 큰 차이가 없다. 표 1은 건조/넓은 접촉면/손에서 손/50~60(Hz)의 경우 인체의 총 임피던스이며 교류 225(V) 이상에서는 젖은 측면의 상태 즉 물에 젖은/소금물에 젖은 경우에도 하위 5(%) 백분위에서 775(Ω)으로 동일하다. 즉 전압이 높아 지면 접촉면의 상태는 영향이 적고 접촉면의 면적이 영향을 미친다. 표 1의 임피던스는 0.1초 동안의 통전전류에 해당하는 값이며 더 긴 통전 시간에 대한 임피던스는 감소할 수 있으며 (10~20(%)), 피부조직이 파열된 후의 임피던스는 인체 내부임피던스에 근접한다.  $Z_T$  값은 25(Ω)으로 반올림한 것이다.

표 1 . 건조/넓은 접촉면/손→손/50~60(Hz) 교류의 인체 총 임피던스  $Z_T$

| 접촉전압<br>(V)  | 인체 총 임피던스 $Z_T$ (Ω)의 값(최대값) |           |           |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|
|              | 5(%) 백분위                    | 50(%) 백분위 | 95(%) 백분위 |
| 25           | 1,750                       | 3,250     | 6,100     |
| 50           | 1,375                       | 2,500     | 4,600     |
| 75           | 1,125                       | 2,000     | 3,600     |
| 100          | 990                         | 1,725     | 3,125     |
| 125          | 900                         | 1,550     | 2,675     |
| 150          | 850                         | 1,400     | 2,350     |
| 175          | 825                         | 1,325     | 2,175     |
| 200          | 800                         | 1,275     | 2,050     |
| 225          | 775                         | 1,225     | 1,900     |
| 400          | 700                         | 950       | 1,275     |
| 500          | 625                         | 850       | 1,150     |
| 700          | 575                         | 775       | 1,050     |
| 1,000        | 575                         | 775       | 1,050     |
| 점근값 = 내부임피던스 | 575                         | 775       | 1,050     |

### 4.8 심장전류계수

표 2는 IEC에서 감전전류의 경로에 따라 적용토록 제시한 심장경로 계수이다. 예로 발에서 발로 전류가 흐를 경우 인체에 미치는 생리적 영향이 왼손에서 양 발로 흐르는 경우의 2.5[%] 정도인 것이다.

표 2. 심장전류 계수

| 전류 경로               | 심장전류계수 F |
|---------------------|----------|
| 왼손에서 왼발, 오른발 또는 양발  | 1.0      |
| 양손에서 양발             | 1.0      |
| 왼손에서 오른손            | 0.4      |
| 오른손에서 왼발, 오른발 또는 양발 | 0.8      |
| 등에서 오른손             | 0.3      |
| 등에서 왼손              | 0.7      |
| 가슴에서 오른손            | 1.3      |
| 가슴에서 왼손             | 1.5      |
| 엉덩이에서 왼손, 오른손 또는 양손 | 0.7      |
| 왼발에서 오른발            | 0.04     |

### 5. 교류 감전전류에 대한 인체의 반응

그림 4는 교류 15~100[Hz]의 감전전류-시간에 대한 인체의 생리현상이며 IEC 60479-1 2005년 제4판에서는 인체에 영향에 대한 전류/시간 구역의 불수의적 근육의 수축이 일어날 수 있는 한계전류의 하한선인 b선(AC-3 구역의 한계)의 하한치가 10[mA]에서 5[mA]로 확장되었으며 5[mA]에서의 생리학적인 유해 하한 시간은 약 6.5초로 제시하고 있다.

그림 4의 Lc 곡선은 IEC 61200-413에서 건조한 상태에서 인체 감전보호를 위한 전류/시간 한계로 제시한 것이며 현재 인체 감전보호용으로 사용되고 있는 30[mA], 0.03초 정격의 누전차단기(RCD)의 동작범위를 추가하였다.

표 3은 그림 4의 감전전류/시간의 영역별로 생리 반응을 설명하는 것이다.

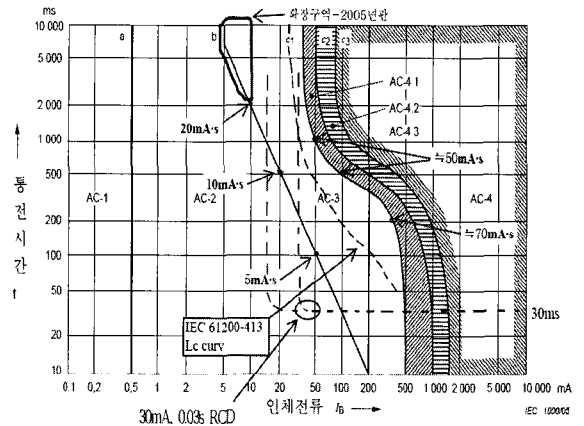


그림 4. 감전전류-시간에 대한 인체의 생리현상

표 3. 교류 15~100[Hz] 범위의 시간/전류의 생리적 영향(왼손→양발)

| 영역                 | 영역 경계                                  | 생리학적인 영향  |
|--------------------|--|---|
| AC-1               | 0.5(mA) 까지, a선 이하                      | 감지는 가능하나 놀라는 반응은 없음.  |
| AC-2               | 0.5(mA)부터 b선 이하                        | 감지 및 불수의적 근육 수축이 있을 수 있으나 통상 유해한 전기생리학적 영향은 없음.   |
| AC-3               | 곡선 b와 c1사이                             | -강한 불수의 근육수축, 호흡곤란<br>-기역성 심장기능의 장애, 국부마비 가능<br>-전류의 증가에 따라 영향은 증가하며 통상 기관의 손상은 없음.   |
| AC-4 <sup>1)</sup> | 곡선 c1-c2 사이<br>곡선 c2-c3 사이<br>곡선 c3 상부 | -심장마비, 호흡정지 및 화상 또는 타 세포의 손상과 같은 병태생리학적 영향이 있을 수 있음. 전류 및 시간 증가에 따라 심실세동의 확률이 증가<br>-AC-4.1 영역 : 심실세동확률 약 5[%]까지 증가<br>-AC-4.2 영역 : 심실세동확률 약 50[%]까지 증가<br>-AC-4.3 영역 : 심실세동확률 50[%] 이상 |

1) 통전시간 200(ms) 이하에서는 전류가 심실세동 한계값을 넘고 취약기 내에서만 심실세동이 시작된다. 심실세동에 대한 전류는 전류가 왼손에서 양 발로 흐르는 경우의 영향이다. 다른 전류 경로의 경우에는 심장전류계수가 고려되어야 한다.

## 6. IEC 표준에 의한 감전보호 방식의 검토

### 6.1 일반사항

사람이 충전부에 접촉되어 감전이 된 경우에 대한 보호로서 쉬운 방법은 누전전류의 크기에 따라 동작하는 누전차단기를 이용, 보호하고자 하는 인체의 생리학적 영향의 한계에 맞는 전류/시간의 한도에 맞도록 회로를 차단하는 것이다. 그러나 이 방법에 있어서 간과하기 쉬운 문제는 누전차단기가 누전전류를 감지, 회로를 차단하기 까지 인체를 통해 흐르는 전류는 누전차단기의 동작전류가 아니라는 것을 알아야 한다.

전력계통의 지락고장 시 도전부의 접촉에 의한 감전보호를 위한 접촉전압의 제한치를 정하기 위한 기초 자료로서 IEC의 경우 감전접촉 시의 환경조건에 대해 감전전류의 경로, 인체임피던스, 접촉면의 상태 및 면적 등 전수한 바와 같이 많은 자료를 제공하고 있으나 설계착수 전 이들 영향 인자들의 적정값이 결정되어야 한다.

### 6.2 감전전류의 제한에 의한 보호

계통의 상시 누설전류가 인체에 유해한 전류한계를 넘지 않는 경우에는 누전차단기를 이용 누전전류(또는 감전전류)에 대한 보호가 가능 하며 IEC에서는 30(mA)의 누전차단기로 보호토록 권장하고 있다. 그러나 동작시간에 대한 제한은 두지 않고 있어 이는 사용자가 그림 4에 따라 동작시간을 설정토록 하고 있다.

### 6.3 접촉가능 도전부의 전압제한에 의한 보호

IEC에서는 기본적으로 시간에 무관한 인체의 안전 전압을 건조한 상태는 50(V), 젖은 상태에서는 25(V) 이하로 규정하고 있으며 50(V) 이상의 경우

에는 상기  $L_c$  곡선을 기초로 한 전압/시간의 한계를 제시하여 보호계통의 설계자가 계통의 고장 시의 접촉 가능한 도전부의 전위상승을 제시된 전압/시간의 한계에 맞도록 전압과 차단시간의 관계를 설정하고 있다.  $L_c$  곡선에 의한 경우의 생리학적 현상은 그림 4의 b 곡선과  $c_1$  곡선의 중간이다.

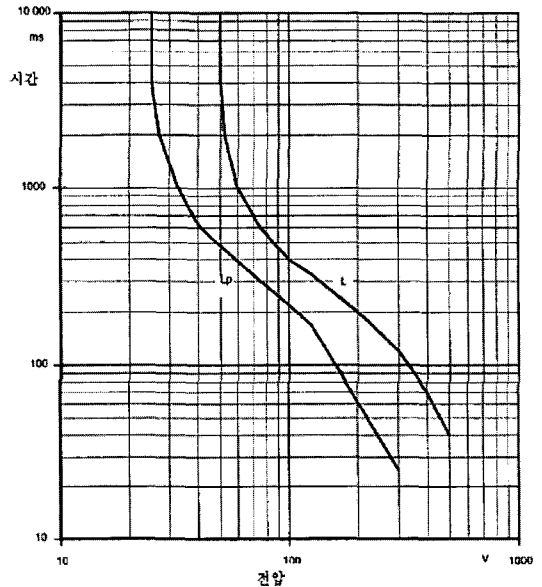


그림 5. 전압/시간 안전 한계곡선

전압/시간 곡선의 설정은 전압 및 환경별 인체임피던스에 따른 감전전류와  $L_c$  곡선으로 제시된 전류/시간 곡선에 따라 고장회로의 차단시간을 결정한 것이다. 그림 5는 IEC 61200-413에 제시된 건조상태(L곡선)와 젖은상태( $L_p$ 곡선)에 대한 전압/시간 곡선이며 이 곡선에 따른 계통 고장시 예상접촉전압에 따른 차단시간은 표 4와 같다. 단 여기서의 인체임피던스는 IEC 60479-1-1994에 기초한 것으로서 최근판(2005)과는 상당한 차이가 있어 주의를 요한다.

한편 IEC 60364-4-44에서는 감전보호에 대한 요건으로서 고압측 지락고장 시의 고장전압(F) 및 접촉전압의 한계치를 제시하고 있는데(그림 6) 이는 각

각 IEC 60479-1의 C1 곡선과 IEC 61200-413의 L곡선에 기초한 것이다.

표 4. 예상접촉전압 별 회로 차단시간

| 예상접촉전압<br>U <sub>t</sub> (V) | 일반상태(건조)(U <sub>L</sub> =50(V)) |       |         | 특수상태(젖은)(U <sub>L</sub> =25(V)) |                     |         |
|------------------------------|---------------------------------|-------|---------|---------------------------------|---------------------|---------|
|                              | Z(Ω)                            | I(mA) | t(Sec.) | Z <sub>p</sub> (Ω)              | I <sub>n</sub> (mA) | t(Sec.) |
| ≤25                          | -                               | -     | -       | 1,075                           | 23                  | ∞       |
| ≤50                          | 1,725                           | 29    | ∞       | 925                             | 54                  | 0.48    |
| 100                          | 1,600                           | 62    | 0.4     | 800                             | 125                 | 0.22    |
| 220                          | 1,500                           | 147   | 0.18    | 700                             | 314                 | 0.05    |
| 300                          | 1,460                           | 205   | 0.12    | 575                             | 521                 | 0.025   |

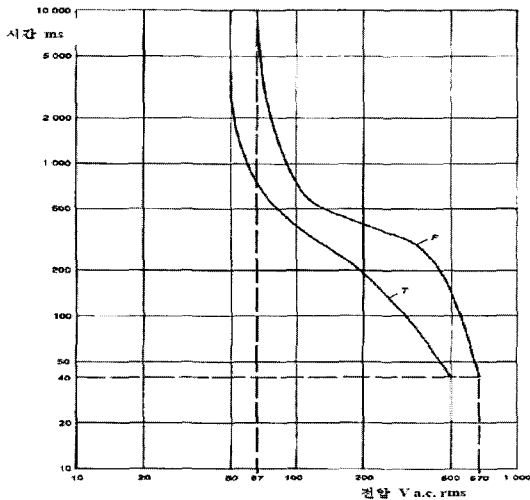


그림 6. 고장전압 및 접촉전압 한계곡선

### 6.4 IEC의 감전보호를 위한 접지요건

전기거나 계통의 접지는 인축의 보호와 기기나 계통의 보호를 목적으로 하고 있으며 우리나라나 일본, 미국의 경우 설비 별로 접지저항을 일정치 이하로 유지하도록 요구 되고 있으나, IEC의 경우 접지저항 보다는 인체가 접촉할 우려가 있는 곳의 전위를 동등하게 즉, 등전위(equipotential)화 하여 보호하는 것을 위주로 하고 있다. 따라서 IEC의 경우 설비의 접지요건으로 일정 접지저항을 규정하지 않고 있으며 등전위

화를 위한 등전위접속(equipotential bonding)에 중요성을 두고 있으나 등전위화의 확인에 대한 명확한 기준이 없으며 실질적(substantially)으로 동일한 전위를 유지하는 것으로만 정의되어 있다. 따라서 보호접지계통의 설계 시 계산상 동시 접촉 가능한 곳들이 등전위가 되도록 설계토록 요구하고 있다. 단, 외부로의 전도전위의 문제나 시설 내 특정한 장소에서의 감전방지를 위해 접지전위의 상승을 제한하는 경우도 있다

### 7. IEEE 80의 보호 원리

IEC의 인체 감전보호 원칙이 이해를 돕기 위해 IEEE 80의 인체 감전보호를 위한 접지계통의 설계 지침의 개요를 살펴 본다. 미국의 경우 감전시의 생리 현상을 주로 Daizel씨의 연구결과에 근거하며 유럽의 경우 주로 Koeppen씨 및 Biegelmeier씨의 연구결과에 근거하고 있는데, Daizel씨의 경우 심실세동이 감전전류의 상승과 시간의 곱(I<sup>2</sup>×t)에, Koeppen씨 및 Biegelmeier씨의 경우 감전전류와 시간의 곱(I×t)에 영향을 받는 것에 기초하고 있다. 감전전류에 대한 보호방법으로서 북미의 경우 거주지 및 감전 위험지역에서는 6[mA] 동작전류의 지락차단장치를 적용토록 하고 있으나 아래에서는 접지설계 시 접촉 전압의 제한을 위한 것에 한한다.

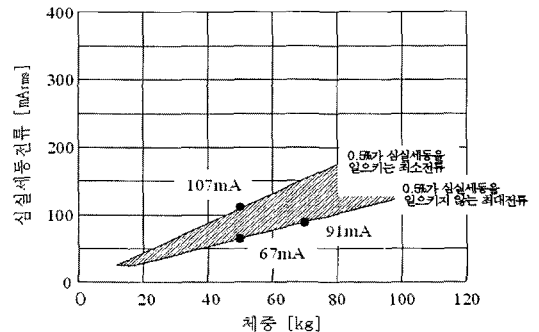


그림 7. 0.03~3초 범위의 체중별 심실세동전류

## 7.1 인체의 임피던스

접촉저항, 신발 및 장갑의 임피던스는 무시하고 인체 총 저항 (RB)를 1,000[Ω]으로 간주하며 접촉면의 상태나 면적은 고려치 않고 계산된 접촉전압이나 보폭전압을 1000[Ω]으로 나눈 전류값과 심실세동이 일어나지 않는 인체 통전전류(IB)를 비교 하는 방식이다.

## 7.2 심실세동한계전류의 산정

Dalziel씨의 연구결과에 따라 인체에 전류가 흐르면 심실세동은 인체에 흡수되는 에너지에 관련되며 통전시간( $t_s$ ) 0.03~3.0(sec)의 범위에서 대상인구의 특정(%)가 감내가능(Tolerable)한 전류는 “전류의 상승과 통전시간과의 곱이 경험적으로 일정”하다는 원리를 적용한 것이다.

연구결과 통계적으로 99.5(%)의 사람들이 심실세동을 일으키지 않는 전류  $I_B$ [A]는 통전시간( $t_s$  = [sec]) 0.03~3.0 초의 범위에서 인체가 흡수한 에너지에 관한 선형적 상수  $S_B$ 를 적용,  $S_B = (I_B)^2 \times t_s$ ,  $k = \sqrt{S_B}$ 라 하고,  $I_B = k/\sqrt{t_s}$ 에서 체중별 심실세동전류 연구결과 통계(그림 7)에 따른 k값을 구한 다음 통전(고장차단)시간  $t_s$ 에 대한  $I_B$ 를 정하여 인체 저항 및 발과 대지간의 저항의 합에  $I_B$ 를 곱하여 허용 접촉전압을 구한다. IEC와는 달리 IEEE 80에서는 발 아래 토양이 지표면과 하층부의 저항률이 서로 다른 경우 이를 반영하여 감전회로의 저항을 구한다.

## 8. 결 론

IEC 표준에 따라 감전보호를 위한 접지시스템의 설계 시에는 감전시의 환경조건에 따른 수많은 영향 인자들에 대한 결정이 선행되어야 하므로 이들을 결정하는데 있어 다소 어려운 면이 있다. 따라서 IEC 표준에 기초한 설계의 확대적용을 위해서는 전기시설을

대별하여 적용할 영향 인자들을 정하여 설계 시 마다 겪어야 하는 어려움이 해소되도록 하여야 할 것으로 보인다.

IEEE 80에 의한 방법은 IEC 방법 대비 간편한 면은 있으나, 안전성과 경제성에 대한 상세한 평가가 시도될 필요가 있다. 한편 고압전기시설에 대한 표준인 IEC 61936-1에 대응하는 유럽연합 역내의 조화 표준 HD 637 S1에서는 접지방식에 있어 IEEE 80과 다소 조화한 면이 보이며 표준시장에서는 양보 없는 경쟁이 벌어지고 있으나 인명에 대한 안전을 위해서는 흑백논리 보다는 장단점을 검토, 장점만을 취하는 방법이 최선의 선택으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- (1) IEC 60479-1-TS: 2005, Effects of current on human beings and livestock - General aspects.
- (2) IEC-60479-5-DTS(Draft Tech. Spec.): 2007, Effects of current on human beings & livestock - Touch voltage threshold values for physiological effects.
- (3) IEC-61201-DTS: 2007, Guide for the use of conventional touch voltage limits.
- (4) IEC 60364-4-41: 2005, Low-voltage electrical installations-Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock.
- (5) IEC 60364-4-44: 2003, Electrical installations of buildings-Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltages disturbances and electromagnetic disturbances.
- (6) IEC 61140: 2004, Protection against electric shock-Common aspects for installation and equipment.
- (7) IEC 61200-413: 1996, Electrical installations guide, Part 413: Protection against indirect contact-Automatic disconnection of supply.
- (8) IEEE 80: 2000, Guide for Safety in AC Substation Grounding.

## ◇ 저 자 소 개 ◇



이종철(李鐘哲)

1951년생. 1977년 연세대학교 전기공학과 졸업. 발송배전 기술사. 현대양행(두산중공업), 한국전력기술(주) 근무. 현재 대한전기협회 전기기술 팀장.

담당업무 : 전기설비기술기준.

주 수행업무 : 발전소 설계.