

인체모델을 이용한 고전압 감전사고 모의

장태준*, 정연하*, 송길목*, 노영수*,곽희로*
 송실대학교*

**Simulation of a High Voltage Electric Shock Accident
 using a Human body Model**

Tae-Jun Jang*, Yeon-Ha Jung*, Kil-Mok Song, Young-Su Roh*, Hee-Ro Kwak*
 Soongsil Univ*

Abstract - 고전압 감전은 순간적인 사고로서 접촉사고와 비접촉 사고로 나뉘어 진다. 이러한 사고를 모의하기 위하여 고전압 임펄스 발생장치를 이용하여 접촉과 비접촉시의 사고를 모의하고자 한다. 본 논문에서는 우리나라의 배전선로인 3상 4선의 수전설비의 감전위험성을 조사 한 후 인체모델을 가지고 직접 및 간접적으로 가해지는 전압, 전류를 실험을 통해 측정하고자 한다.

기 위하여 인체모델을 이용하여 여러 가지 감전 사고를 모의하고자 한다. 특히 3상 다중접시 계통의 22,900[V] 배전 전압을 사고전압으로 하였으며, 접촉과 비접촉에 의한 감전사고시의 인체모형에 흐르는 감전전류를 측정하고자 한다. 향후 3상 비접지 계통의 22,900[V] 배전 전압의 접촉 및 비접촉에 의한 감전사고시의 좋은 방안을 제시할 것으로 판단된다.

1. 서 론

공공의 편익을 위해 제공되는 전기는 정보화 사회가 급속하게 전파됨에 따라 더 많은 기기의 이용과 개발이 이루어지고 있다. 그러나 전기 이용의 증가는 더 큰 전기장애를 일으키는 요인이 된다. 특히, 최초 전기의 사용에서부터 지금까지 전기감전사고는 인명을 좌우하는 요인으로 연구의 관심이 컸으나 전기로부터의 많은 보호 시설과 관리로 인해 최근에는 그 연구와 개발이 소홀하다. 특히, 일반인이 쉽게 접근할 수 있는 곳에 위치한 전기시설물의 관리는 매우 중요하며 정기적인 관리와 개발을 통해 비전문가에 의해 접촉되어도 안전할 수 있도록 전기안전을 확보해야 할 것이다^[1].

2. 고전압 수전설비의 감전위험성 실태조사

고전압 수전설비는 크게 실내용과 실외용으로 나눌 수 있다. 내장형은 대부분 큐비클로 되어있으며, 외장형은 H변대 및 옥상변대로 되어 있다. 실내 수전설비는 비교적 깨끗한 환경에 보관되어 있어 공간 및 환경에 따른 고압 감전위험성이 조사되었다.

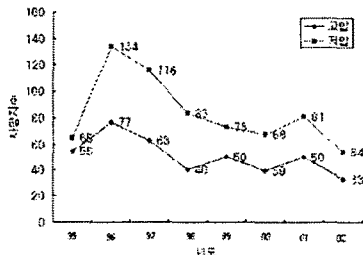


그림 1. 년도별 감전사고 사망자 수

그림 1에서 보는 바와 같이 저압 감전사고자가 매년 감소추세에 있는 것을 알 수 있으나, 고압 감전사고자는 매년 비슷한 것을 알 수 있다. 저압의 경우에는 일반인들이 쉽게 접촉할 수 있어 사망자가 많은 반면, 고압의 경우는 일반인들이 쉽게 접촉 할 수 없어 사망자가 적게 조사 되었다. 또한, 고압 감전사고자의 경우에 직업별 사망자를 보면 전기기술자가 대부분인 것으로 조사되었다^[2].

본 논문에서는 고압 감전사고자의 메커니즘을 알아보

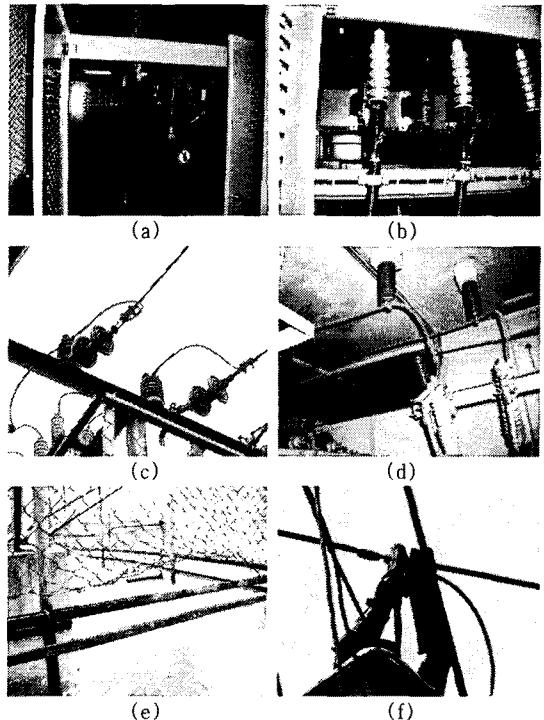


그림 2. 실내용과 실외용의 설치 비교 및 문제점

그림 2에서 보는 바와 같이 (a)(b)와 (d)는 실내 수전설비이며, (c)(e)는 실외 수전설비이다. (f)는 22,900[V]의 활선작업을 보여주고 있다. 큐비클로 되어 있는 수전설비의 문제점은 작은 공간에 많은 설비가 설치되어 있어 교체 및 점검 중에 작업자의 감전위험이 있으며, 실외용은 외부환경요인에 의해 (c)에서 보는 바와 같이 부식이 되어 있어 설비고장에 따른 감전위험을 보여주고 있다. 또한, (d)의 경우 실내용이지만 오랜 운용함에 따라 먼지가 COS에 먼지가 많은 것이 있으며, (e)의 경우 옥상변대의 보호망을 보여주고 있다. 바닥에서 15[cm]의 위에 설치되어야 하며 사람의 손이 들어가지 않도록 시설하여야 하나 오랜 운용에 의해 파손된 것을 볼 수 있다. (f)의 경우는 철주콘크리트주의 교체작업 중의 22,900[V]작업자가 절연장갑을 끼고 활선작업 하는 것을 볼 수 있다. 그러나 활선작업자의 절연장갑을 제외한 기타 안전설비가 없음을 알 수 있다.

이외에도, 실내 수전설비인 큐비클이 2중 감금장치로 되어 있지 않고 하나의 문으로 되어 있는 곳과 항상 문이 열려 있는 곳이 다수 발견되었으며, 파손된 보호망과 먼지 및 환경요인에 의해 소손된 설비를 다수 발견 할 수 있었다. 이러한 곳에서 설비사고 및 감전사고의 위험이 있는 것으로 나타났다.

3. 고전압 감전사고 형태

고압 감전사고의 경우는 Y-Δ 배전방식에 따라 인체에 미치는 영향이 다를 것이다. 본 논문에서는 우리나라 배전 시스템인 3상 4선식에 대하여 논하고자 한다. 3상 4선식인 Y결선의 경우에는 사고전류가 중성선을 통해 흘러 충전부의 접촉과 보폭전압 때문에 발생 한다.

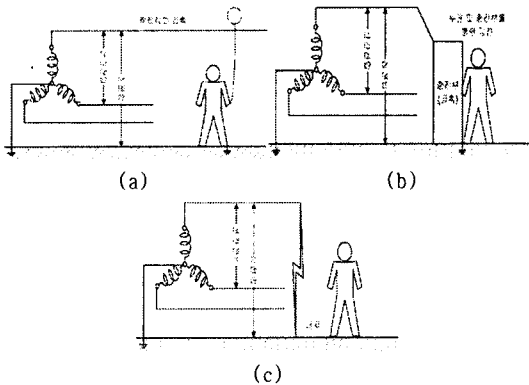


그림 3. Y결선의 고압 감전사고 형태

그림 3에서 보는 바와 같이 사고전류가 대지로 순환하는 것을 볼 수 있으며, (a)의 경우는 풍선 및 철근에 의해 충전부를 통해 인체가 접촉된 것을 형상화 하였으며, (b)의 경우는 변압기 외함 등과 같이 유도 및 누전된 충전부를 통해 인체가 접촉된 것을 형상화 하였으며, (c)의 경우는 단선 및 지락에 의한 사고전류가 대지를 통해 흐를 경우를 형상화 하였다.

4. 회로해석

인체모델은 IEC 60479-1에서 제시한 건조시의 약 4,000[Ω]의 인체저항에 접촉저항 및 피부저항을 포함하여 약 1,000[Ω]과 신발저항을 10[kΩ]으로 가정하여 인체저항을 10[kΩ]의 저항으로 하였다^[3].

그림 3에서 보는 바와 같이 그림 2의 Y결선의 고압 감전사고 형태를 p-spice를 이용하여 회로를 구성하였다. 여기서 (b)의 10[Ω]은 금속부분을 모의하였으며, (c)의 400[Ω]은 대지를 모의하기 위하여 1[m]의 중저항률 지대의 평균 대지저항률이며 120[Ω]은 보폭 30[a]의 평균 대지저항률을 사용하였다^[4].

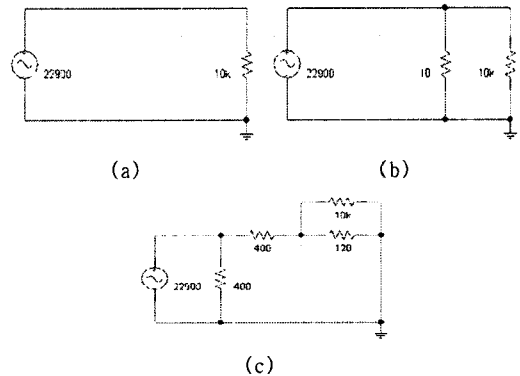


그림 4. p-spice를 이용한 고압 감전사고 회로

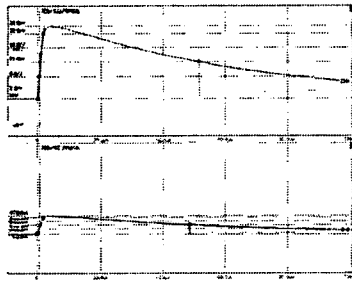
그림 3에서 구성된 회로의 인체모델 10[kΩ]에 인가되는 전압과 전류의 값을 표 1에 나타내었다. 전류의 크기를 보면 결선 방식에 따라 인체에 흐르는 전류의 값이 크게 달라짐을 알 수 있다. Y 결선에서 (a)(b)의 전류의 크기가 2.29[A]로 사망에 이르는 것으로 나타났다. (c)는 1[m]지점에 지락이 발생하면 인체에 흐르는 전류의 크기가 0.523[A]가 되어 사망에 이르는 것으로 나타났다^[5].

표 1. 인체모델 10[kΩ]에 인가되는 전압과 전류

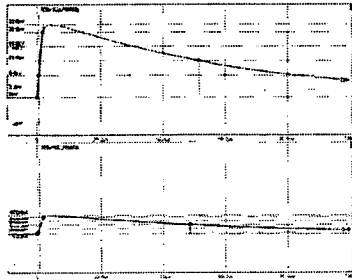
	전압 [V]	전류 [A]
a	22,900	2.29
b	22,900	2.29
c	5,236.28	0.523

5. 실험방법 및 결과

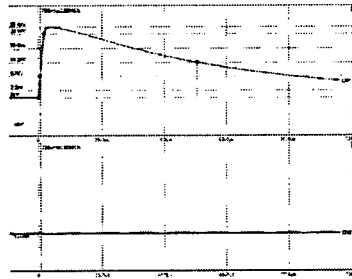
인간이 충전부에 접촉하게 되면 순간 과도전류에 의하여 상당량의 고주파 성분이 포함된다. 이러한 고주파 성분을 고전압 임펄스 발생장치(ICVG)를 이용하여 전압 파형이 1.2*50[μs]인 파형을 인가하였다. 실험회로는 그림 3의 회로에서 전원부만 고전압 임펄스 발생장치로 바꾸어 사용하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 인체모델의 전압과 전류파형

(a)(b)(c)는 24[kV]의 고전압을 인가하여 구 간극 2.1[mm]에서 약 22[kV]에서 방전이 발생하여 1.2*50 [μs]의 전압파형을 인가하였다. (a)(b)의 경우의 전류의 크기가 1[A]이며, (c)는 0[A]이다. 고압임펄스 발생장치를 이용하여 실험한 것과 p-spice를 이용한 것의 결과치가 유사하게 나왔다.

6. 결 론

고전압 감전은 순간적인 사고로서 접촉사고와 비접촉 사고로 나누어 지는 것을 알 수 있었다. 이러한 사고를 모의, 해석하기 위하여 고전압 임펄스 발생장치와 p-spice를 이용하여 접촉과 비접촉시의 사고를 해석하였다. 그 결과 3상 4선식의 Y결선된 배전선로는 고압 감전형태가 달라 사고전류의 크기도 달라짐을 알 수 있었다.

인체가 충전부에 접촉된 경우에는 사망에 이르며, 1[m]이내의 지점에서 지락 발생시에도 보폭전압에 의하여 사망함을 알 수 있었다. 이에 따라 고압 감전사고 예방을 위하여 비접촉시의 안전거리에 대한 연구가 필요하며, 옥외에 설치된 주상변압기 및 지상변압기의 철저한 관리가 요구된다. 향후 3상 비접지 계통의 고압감전 배

커니즘 연구의 자료로 응용이 가능할 것으로 기대되고 있다.

본 연구는 산업자원부(MOCIE) 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- (1) 한운기, 한기봉, 김형준, 최홍석 "도심에 설치된 가로등설비의 현장실태 분석", 한국조명·전기설비학회 추계학술논문집, 2003
- (2) 한국전기안전공사 전기재해 통계, 1996 ~ 2002
- (3) IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock, 1994.
- (4) 이충선 성만달, 일본옴시, 집지기술과 집지시스템, pp16 ~ 33
- (5) 엄상호, 김조윤 태영문화사, 전기안전공학, pp21 ~ 41