

산업체 기고문

휴대전화기의 유뢰 특성 실험 분석

이재복 · 명성호 · 장석훈
· 조연규 · 박홍재
한국전기연구원
전기환경송전연구그룹

요 약

본 실험은 휴대전화기 사용중 발생한 낙뢰 사고에 대한 원인으로 논란이 되고 있는 휴대전화기의 전자파와 낙뢰와의 상관관계를 규명하기 위한 것으로, 모의 낙뢰 발생기인 뇌 임펄스 발생기를 사용하여 인체 모델에 뇌 임펄스를 인가시 휴대전화기에 의한 유뢰의 가능 여부를 규명하기 위한 것이다.

I. 서 론

최근 세계적인 기상 이변과 더불어 우리나라에서도 낙뢰 발생일수가 증가하고 있는 추세이다. 이러한 낙뢰는 운전중인 기기의 소손뿐만 아니라 인체에 치명적인 사고를 초래할 수 있으므로 이에 대한 대책 연구가 필요한 실정이다^[1]. 이와 관련하여 최근 국내에서 휴대전화기 사용중 낙뢰에 의한 것으로 추정되는 사고가 발생하여 휴대전화기의 유뢰 영향에 대한 일반인들의 관심이 고조되고 있다. 2004년 7월 23일 중국 베이징 만리장성에 오른 관광객이 휴대폰 사용중 벼락을 맞아 함께 있는 관광객이 집단으로 기절하는 사고가 발생하였다. 한편 지린성 창준 거리에서도 휴대전화 사용중 낙뢰를 맞아 숨지는 사고 발생하였으며, 국내의 경우 2004년 8월 2일 전남 장흥군 '장흥 갯장어 음식축제' 현장에서 관광객 박모

씨(46, 경기도 수원시)가 휴대전화 사용중 낙뢰에 맞아 숨지고 주변에 있던 여성은 낙뢰로 인해 기절하는 사고가 발생했는데, 박모씨의 경우 벼락을 맞은 뒤 사용하던 휴대폰이 검게 그을렸고, 왼쪽 귀 부분도 검게 그을려 있었으며, 양쪽 종아리 부분도 혈관이 터져 빨간 반점이 있었다. 국내인의 낙뢰로 인한 사망의 경우는 휴대폰에 낙뢰를 받은 것이 분명한 만큼 휴대전화기의 사용에 따른 안전사고에 대한 학술적인 분석이 요구된다. 이에 본 연구에서는 이러한 휴대전화기의 유뢰 영향을 분석하기 위해 뇌 임펄스 발생기와 인체 모델을 모의하여 실험적인 방법으로 접근하였다.

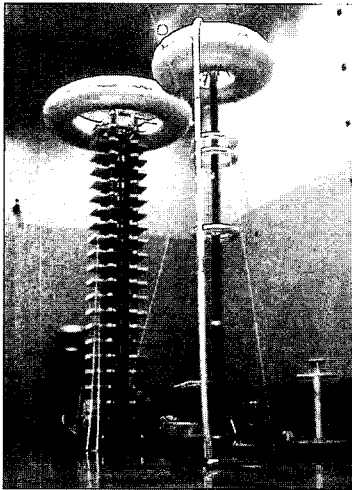
II. 본 론

2.1 실험장치의 구성

자연현상인 낙뢰를 인위적으로 발생할 수 없으므로 뇌 임펄스 발생기를 이용하여 모의 실험을 수행하였다. [그림 1]과 <표 1>에 뇌 임펄스 발생기 및 사양을 나타내었다. 뇌 임펄스 발생기는 다단(총 21단)으로 구성된 캐패시터에 전하를 충전한 후 방전시 임펄스 전압을 발생하는 구조로 되어 있다. 이때 발생하는 방전 전압 파형은 1.2/50 μ s 표준 뇌 임펄스 전압 파형이다.

<표 1> 뇌 임펄스 발생기의 사양

Model	IPL 420/4200 G
Total charge energy	420 kJ
Total charge voltage	4,200 kV
제조사	HIGH VOLT Inc.

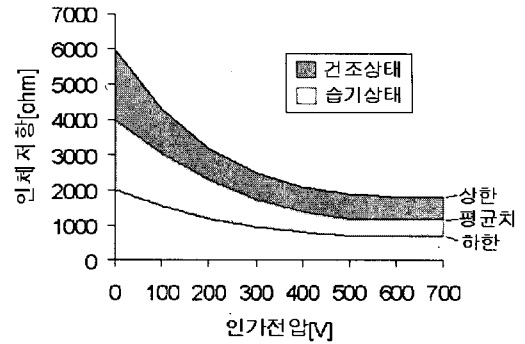


[그림 1] 뇌 임펄스 발생기

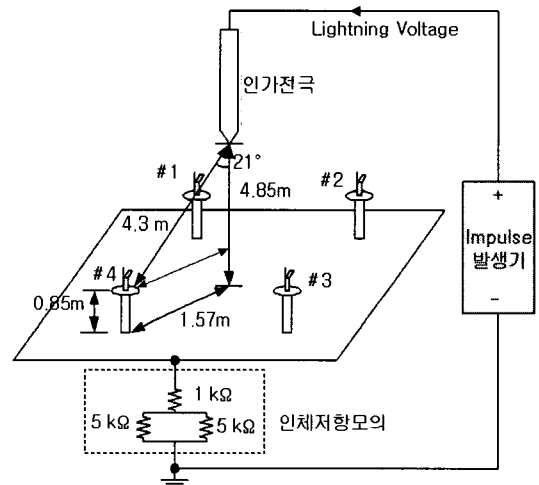
인체에 전압이 인가되면 인체를 통해 통전 전류가 흐르게 되며 이 전류는 통전 경로에 따라 변화하지만 인체의 저항에 의해 주로 제한된다. 인체 조직은 수분의 함량에 따라 비유전율, 도전율, 밀도 등이 달라지므로 인체의 전기 저항을 단정적으로 모의하기는 어렵다^[2]. 인체의 피부 저항은 약 3,000 Ω 정도이며, 피부의 젖은 정도, 인가 전압, 접촉 면적 등에 따라 변화한다. 가장 일반적인 통전 경로인 손에서 발을 대상으로 하여 Freiburger가 추정한 인체 저항을 [그림 2]에 나타내었으며 본 연구에서는 2~3.5 kΩ의 저항을 이용하여 인체의 저항을 모의하였다^[3].

2-2 휴대전화기의 유뢰 영향 실험

[그림 3]에 휴대전화기의 유뢰 영향을 분석하기 위한 실험장치의 구성도를 나타내었다. 4개의 구조



[그림 2] 인체 저항의 범위



[그림 3] 시료의 배치 및 구성

물을 [그림 3]과 같이 뇌 임펄스가 인가되는 전극을 중심으로 기하학적으로 동일한 위치에 배치한 후 각각의 구조물에 방전이 발생하는 확률이 동일하게 조정하였다. 방전 발생 확률이 동일하도록 초기화한 후 각각 상태를 달리한 동일한 휴대전화기를 설치하고 뇌 임펄스를 인가하여 방전되는 시료를 조사하였다. <표 2>에 실험에 사용된 휴대전화기의 상태를 나타내었다.

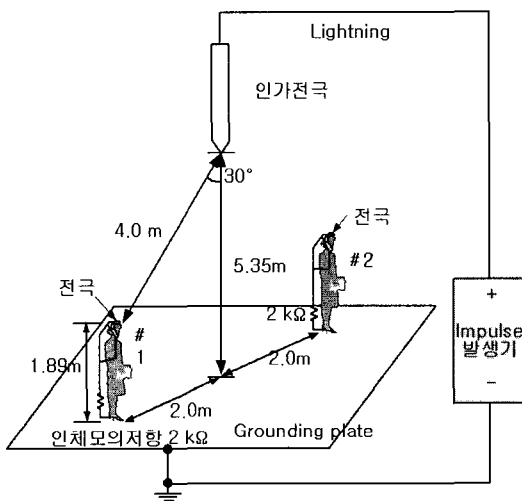
2.4 MV의 뇌 임펄스 전압을 총 17회 인가하여 실험한 결과 각 시료의 방전회수는 시료 #1이 4회, 시

<표 2> 시료의 상태

시료	상태	비고
#1	Dummy	모형
#2	Power off	휴대폰 전원 Off 상태
#3	Tx on	신호 송신 모드
#4	Power on	대기중 모드

료 #2가 5회, 시료 #3가 5회, 시료 #4가 3회로 나타났으며 방전 방향이 한 쪽 시료로 집중되는 양상은 나타나지 않았다.

[그림 4]에 인체 모형을 이용한 실험장치의 구성도를 나타내었다. 인가 전극을 중심으로 [그림 4]와 같이 동일한 위치에 각각 인체 모형을 배치하고 모형의 상단에 전극을 설치하였다. 또 인체 저항을 모의하기 위해 2 kΩ의 저항을 연결하였으며 모형의 두부에 휴대전화기를 연결하였다. 먼저 방전 확률이 각각 50%가 유지되도록 하기 위해 30여 회 인가 실험을 통해 시료의 배치 상태를 미세 조정하였다. 시료를 동일한 조건으로 초기화한 후 이를 검증하기 위해 10회의 방전 시험을 수행하였으며 그 결과를 <표



[그림 4] 인체 모형을 이용한 실험장치의 구성

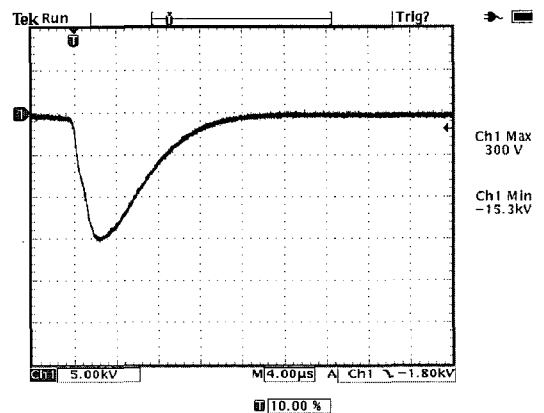
<표 3> 50 % 방전확률 검증 시험

인가회수	방전방향	인가전압	방전전류
1	#1	2.6 MV	15.5 kA
2	#2	2.6 MV	15.7 kA
3	#1	2.6 MV	15.5 kA
4	#1	2.6 MV	15.3 kA
5	#2	2.6 MV	15.7 kA
6	#2	2.6 MV	15.5 kA
7	#1	2.6 MV	15.5 kA
8	#1	2.6 MV	15.6 kA
9	#2	2.6 MV	15.2 kA
10	#2	2.6 MV	15.2 kA

3>에 나타내었다.

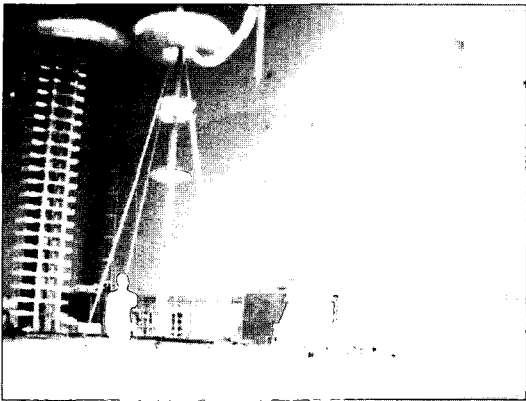
<표 3>을 통해 알 수 있듯이 각 시료의 조건이 동일하게 설치되어 있음을 확인하였다. [그림 5]는 방전시 흐르는 뇌격 전류를 CT를 통하여 직접 검출한 파형의 예이다. [그림 6]에 실험 장치의 사진을 나타내었다.

다음 단계로 휴대전화기의 유뢰 영향을 명확히 조사하기 위해 시료 #1은 인체 모형만 설치하고 시료 #2에는 인체 모형에 휴대전화기를 부착한 후 뇌 임펄



최대 방전 전류 15.3 kA

[그림 5] 방전 전류 파형의 예 [5 kA/div]



[그림 6] 실험장치의 구성

<표 4> 휴대전화기의 유뢰실험

인가회수	방전 방향	
	시료 #1	시료 #2
총 35 회 (동시방전 3회)	21 회	17 회
방전확률	55 %	45 %

스 전압을 인가하였다. 이때 휴대전화기의 상태는 항상 신호 송수신 중인 상태로 전파가 안테나를 통해 방출되도록 하였다. 만일 시료 #2 쪽으로 방전이 지배적으로 발생한다면 이는 휴대전화기가 유뢰에 영향을 미치는 요인으로 작용한다고 볼 수 있다.

<표 4>에 35회의 뇌 임펄스 전압 인가시 결과를 나타내었다. 총 35회의 인가 실험에서 3회는 #1, 2 두 시료 모두 동시에 방전이 발생하였다. 실험 결과 시료 #1의 방전 발생 확률이 55%, 시료 #2의 방전 확률이 45%로 나타났다. 이는 특정 시료에 방전이 지배적으로 발생한다고 보기 어려우며 시료의 상태와 무관하게 거의 대등한 양상으로 방전이 발생함을 알 수 있다. 따라서 휴대전화기의 사용시 발생하는 전자파가 유뢰에 영향을 미친다고 보기는 어렵다. 국내에서 사용되는 휴대전화기의 주파수 대역은 800 MHz~1.8 GHz로써 일반 사용 공간에서 30 cm 정도 이격시 발생하는 전계 강도는 약 130 dB μ V/m

로 조사된 바 있다^[4]. 이는 낙뢰시 발생하는 전계 강도에 비해 매우 적은 값으로 유뢰에 지배적인 영향을 미친다고 보기는 힘들다.

두 시료의 높이를 달리한 경우에는 길이가 긴 모형, 즉 인가 전극과의 간격이 짧은 모형에 방전이 집중되었다. 이는 이격 거리에 의존하여 방전 경로가 형성됨을 의미하며 구조물의 높이의 고저가 핸드폰의 전자파에 의한 영향보다 방전에 매우 크게 영향을 미침을 알 수 있다.

III. 결 론

휴대전화기의 전자파가 유뢰에 미치는 영향을 분석하기 위해 동일하게 설치된 구조물에 대해 비교실험을 수행하였다. 먼저 인가 전극과 이격 거리 및 인체 모형의 높이 등 기하학적인 조건을 동일하게 설치하였을 때 방전의 발생빈도는 각각 50%로 분포됨을 검증한 후 각각 상태가 다른 휴대전화기를 설치하고 뇌 임펄스 전압 인가시 방전 방향이 특정 시료로 집중되는 양상은 발견할 수 없었다. 이는 휴대전화기의 사용시 발생하는 전자파가 유뢰에 영향을 미친다고 판단하기는 어렵다. 높이가 서로 다른 두 시료에 대해서 실험시에는 휴대폰의 상태와 무관하게 높은 구조물에 뇌격이 집중됨을 확인하였다. 따라서 휴대폰에서 발생하는 전자파보다는 주변 구조물의 영향이 방전 경로에 지배적인 영향을 미침을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] William C. Hart, Edgar W. Malone, *Lightning and lightning Protection, Interference Control Technologies, Inc.*, 1988.
- [2] 최형도, 조광윤, 전자파환경평가용 인체, 생체 팬텀에 관한 고찰, 한국전자통신연구원, pp. 4, 1997년.

[3] 이복희, 이승칠, 접지의 핵심 기초기술, pp. 25-36, 도서출판 의제, 1999년.

[4] 무선단말기 전자파 안전기준에 관한 고찰, 한국전파진흥협회지, 1998년 2월.

≡ 필자소개 ≡

이 재 복



1985년: 인하대학교 전기공학과 (공학사)
1987년: 인하대학교 전기공학과 (공학석사)
1999년: 인하대학교 전기공학과 (공학박사)
현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹 책임연구원

구그룹 책임연구원

조 연 규



1982년: 경남대학교 전기공학과 (공학사)
2005년: 창원대학교 전기공학과 (공학석사)
현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹 선임기술원

명 성 호



1981년: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1983년: 서울대학교 전기공학과 (공학석사)
1996년: 서울대학교 전기공학과 (공학박사)
현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹 연구원

구 그룹장

박 흥 재



2002년: 경남대학교 전기공학과 (공학사)
2004년: 경남대학교 전기공학과 (공학석사)
현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹 연구원

장 석 훈



1996년: 인하대학교 전기공학과 (공학사)
1999년: 인하대학교 전기공학과 (공학석사)
현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹 연구원