

## 침수된 전기설비가 Andrew 모델에 미치는 전기적 특성 분석

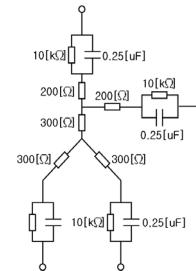
우정현<sup>1\*</sup>, 박하용<sup>1</sup>, 송우창<sup>1</sup>, 김남석<sup>1</sup>, 정종욱<sup>2</sup>, 정진수<sup>2</sup>  
 1.강원대학교 전기공학과, 2.한국전기안전연구원

### Electrical characteristics of Electrical Installation in water with Andrews model

J. H. Woo<sup>1\*</sup>, H. Y. Park<sup>1</sup>, W. C. Song<sup>1</sup>, N. S. Kim<sup>1</sup>, J. W. Jung<sup>2</sup>, J. S. Jung<sup>2</sup>

1.Kangwon Univ. Major of Electrical Engineering, 2.Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - 본 논문은 침수된 전기설비에 인체가 접촉하였을 때 인체 각 부위에 미치는 전기적 특성을 연구하였다. 인체 저항은 C. J. Andrews 가 제시한 모델을 기초로 하였으며, 침수액의 저항은 100[Ω], 1[kΩ], 10[kΩ]로 변화시켰다. 침수액의 저항을 변화시켜 ATP draw로 시뮬레이션 하여 인체 각 부위에 흐르는 전압, 전류를 측정하여 비교 분석한 결과 충전부 축수 전의 가슴 - 허리 사이에는 침수액 저항값이 증가할수록 전류값이 감소하였으나, 충전부 축수 후에는 오히려 증가하는 경향이 나타났다. 인체 각 부위별 전압값은 침수액 저항이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.



<그림 1> Andrews 모델의 인체 저항값[4]

## 1. 서 론

도로 전기 시설물과 지하구내 전력 설비 등은 집중 호우로 인한 침수 시, 전기설비의 열화 및 전기 배선의 손상 등으로 인해 재해의 위험성이 상존하고 있다.

이러한 위험성이 있음에도 불구하고 전기 설비 및 제품 개발에 있어 전기 재해에 대한 안전성 확보 차원의 연구는 미진한 실정이다.

특히, 인체의 감전에 대한 예방과 체계적인 연구가 절실히 요구되고 있다.

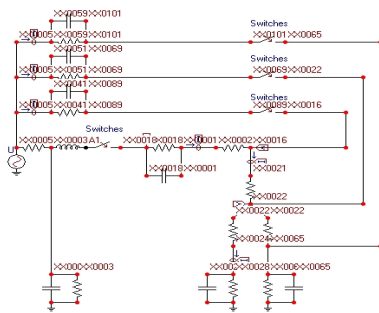
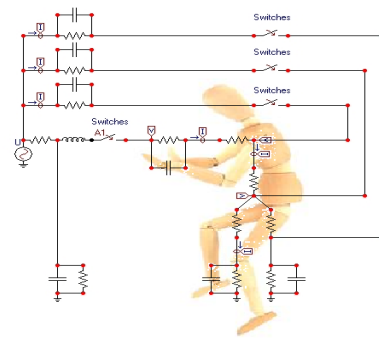
인체의 전기저항은 전압의 크기, 심신 상태, 주위 환경 등의 영향을 받는다. 인체는 통전전류 크기와 시간과의 곱이 어느 정도 이상이 되면 전류의 열작용으로 전류의 유입구와 유출구는 화상을 입게 되고, 인체 내의 조직 세포는 파괴되거나 혈구가 변질된다. 특히 문제가 되는 것은 감전전류로 인해 호흡작용의 정지, 질식 또는 심장경련으로 심실세동을 일으켜 사망에 이르거나, 쇼크로 인한 2차 재해가 발생할 수 있다.

국제전기기술위원회에서 확립된 통전경로별 위험도는 왼손-가슴이 1.5로 가장 높고, 오른손-가슴이 1.3 정도의 위험도를 갖는다.[1]

충전부의 절연과피 시에도 인체에 위험을 주지 않는 안전전압은 국가별로 차이는 있지만 대략 30[V] 정도(20~50V)의 값을 가지며, 우리나라의 산업 안전 보건법에도 30[V]로 규정하고 있다.[1]

인체 각 부위의 저항값은 심신상태 뿐 아니라, 주위 환경에도 영향을 받는다. 연구자들의 보고에 의하면 일반적으로 주위가 습한 경우가 건조한 경우에 비해 약 1/5~1/20정도 저항값이 감소한다.[2,3] 특히, 인체 저항은 젖어있는 경우에는 약 1/25정도로 감소한다.

본 연구에서는 C. J. Andrews의 인체 모델을 바탕으로 충전부가 침수되어 있는 상황에서 인체가 침수 지역에서 활동할 때를 가상하여 침수액의 저항을 변화하며 인체 각 부위에 흐르는 전압, 전류를 측정하여 비교 분석하였다.



<그림 2> Andrews 모델을 이용한 시뮬레이션 회로도

## 2. 실험방법

본 연구는 인체의 여러 전기 저항 모델 중 C. J. Andrews 모델을 선정하여 침수 시 인체에 미치는 전기적인 특성을 고찰하였다. 그림 1에 Andrews 모델과 인체 각 부위의 저항값을 나타내었다.

인가 전압은 220V로 하였으며 손이 충전부에 닿는 순간의 과도 전류를 해석하기 위해 시뮬레이션 시작 후 40[ms]에 스위치를 On하였다. 침수액의 저항은 100[Ω], 1[kΩ], 10[kΩ]으로 하여 인체 각 부위에 흐르는 통전 전류와 전압값을 ATP draw로 시뮬레이션 하였다.

<표 1> 시뮬레이션에 이용한 침수액의 L, C값 및 시간요소

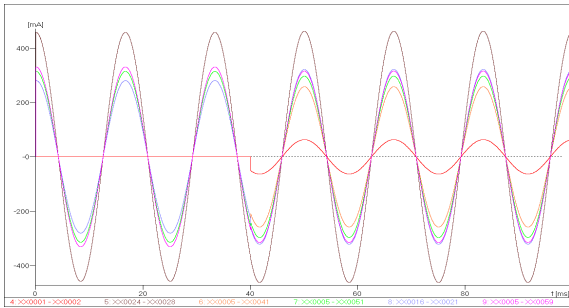
전원 (전압 점지)	침수액의 전기적 파라미터		시뮬레이션의 시간요소			
	침수액의 C 수중	침수액 L 상-대지	ΔT	T <sub>max</sub>	SW <sub>clo</sub>	
220V	1pF	5pF	2μH	0.5μs	100ms	40ms

그림2는 Andrews 모델을 이용한 시뮬레이션 회로도이다. 또한 본 연구는 침수된 전기설비에 의한 인체감전 특성에 관한 연구이므로, 시뮬레이션 시 앤드류 모델의 인체 각 저항값을 1/25로 하였다.

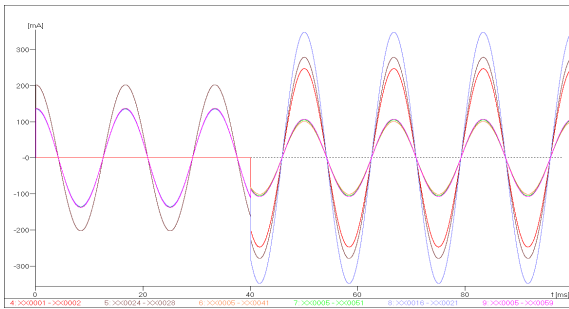
표 1에 시뮬레이션에 이용한 침수액의 L, C값 및 시간요소를 나타내었다.

### 3. 결과 및 고찰

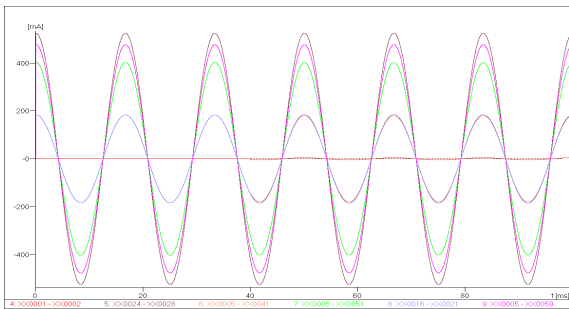
가슴까지 침수되었을 경우 침수액 저항 변화별 신체 각 부위에 흐르는 전류파형과 전류값, 전압파형은 그림3과 그림4, 표2에 나타내었다.



(a)100[Ω]



(b)1[kΩ]



(c)10[kΩ]

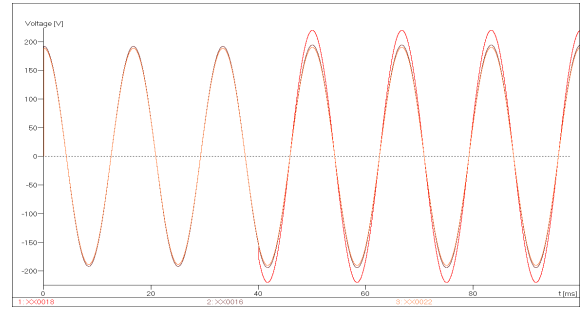
<그림 3> 침수액 저항 변화별 신체 각 부위에 흐르는 전류파형

<표2> 침수액 저항변화에 의한 통전경로별 전류값 (단위 : [mA])

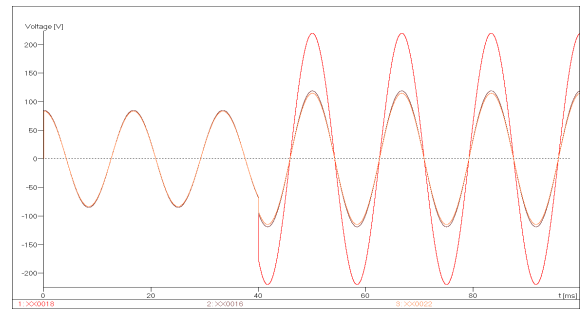
저항값 [Ω]	통전경로	팔					
		팔	무릎	가슴- 침수액	허리- 침수액	가슴- 허리	무릎- 침수액
100	축수 전	0	457	280	313	280	330
	축수 후	63	461	258	296	321	313
1000	축수 전	0	200	135	137	135	138
	축수 후	250	280	101	107	348	107
10000	축수 전	0	30	20	20	20	20
	축수 후	340	190	14	14	350	14

침수액 저항이 100[Ω]일 경우 충전부 축수 여부에 관계없이 무릎에 흐르는 전류는 약 460[mA]로 가장 높게 나타났다.

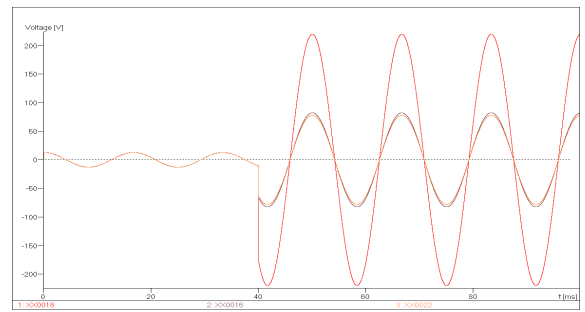
또한, 충전부 축수전 가슴-허리 사이에는 침수액 저항값이 증가 할수록 전류값이 감소하였으나, 충전부 축수 후에는 오히려 증가하는 경향이 나타났다.



(a)100[Ω]



(b)1[kΩ]



(c)10[kΩ]

<그림 4> 침수액 저항 변화별 신체 각 부위에 흐르는 전압파형

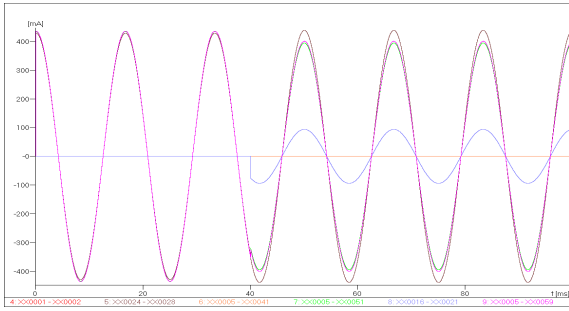
그림 2에서 보는 것처럼 팔, 가슴, 허리 전압값은 충전부 축수 여부와 상관없이 침수액 저항이 증가 할수록 감소하는 경향을 보였다.

그림 3과 그림4, 표3은 허리까지 침수되었을 경우 신체 각 부위에 흐르는 전류파형과 전압파형, 전류값을 나타내었다.

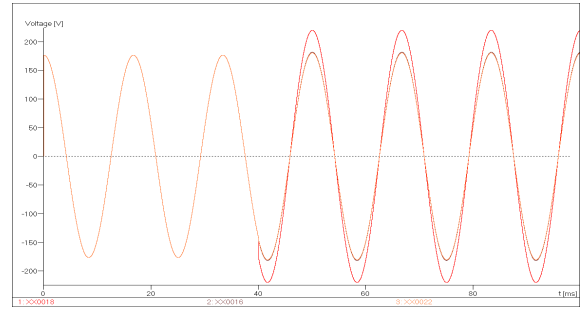
표 3에서 보는 것처럼 침수액 저항 100[Ω] 인 경우, 충전부 축수 여부와 상관없이 무릎에 흐르는 전류는 약 440[mA] 정도이며, 충전부 축수 후 침수액 저항이 증가 할수록 팔에 흐르는 전류는 증가하였다.

팔, 가슴, 허리 전압값은 그림 3에 보이는 것처럼 충전부 축수전에는 침수액 저항이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

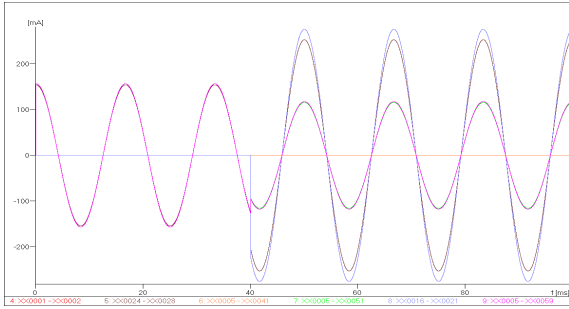
또한, 충전부 축수 후의 전압값은 충전부 축수 전보다 증가하는 경향을 보였다.



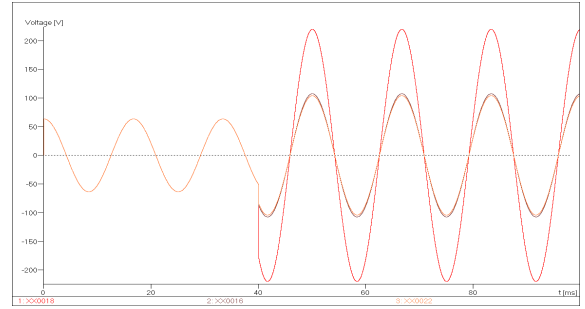
(a)100[Ω]



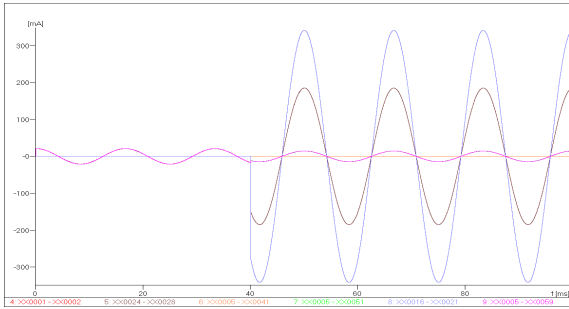
(a)100[Ω]



(b)1[kΩ]

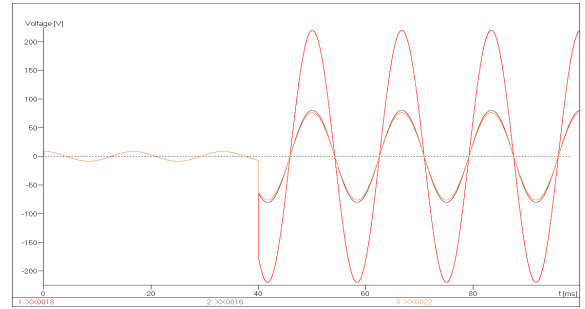


(b)1[kΩ]



(c)10[kΩ]

<그림5> 침수액 저항 변화별 신체 각 부위에 흐르는 전류파형



(c)10[kΩ]

<그림 6> 침수액 저항 변화별 신체 각 부위에 흐르는 전압파형

<표 3> 침수액 저항변화에 의한 통전경로별 전류값 (단위 : [mA])

저항값 [Ω]	통전경로	팔	부릎	허리-침수액	
				부릎-침수액	부릎-침수액
100	촉수 전	0	430	435	435
	촉수 후	93	440	400	400
1000	촉수 전	0	155	155	155
	촉수 후	275	252	115	115
10000	촉수 전	0	21	21	21
	촉수 후	342	185	14	14

### 3. 결 론

노상의 전기 시설물이나 지하구내의 전기 설비 등의 침수 시, 인체 감전 정도를 알아보기 위해 침수액의 저항을 변화하여 ATP draw를 사용하여 시뮬레이션 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 충전부 촉수 전의 가슴 - 허리사이에는 침수액 저항값이 증가할수록 전류값이 감소하였으나, 충전부 촉수 후에는 오히려 증가하는 경향이 나타났다.
2. 충전부 촉수 후 침수액 저항이 증가 할수록 팔에 흐르는 전류는 증가하였다.
3. 인체 각 부위별 전압값을 침수액 저항이 증가 할수록 감소하는 경향을 보였다.

본 연구는 산업자원부의 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이상석, 박재용, 박하용, 전기안전공학(실무), 도서출판 세화, p.60, 2003.
- [2] 정중욱, 집지·등전위 분당 설계 실무지식, 성안당, pp.9-11, 2004. 7.
- [3] H. Freiberger, " Der Elektrische Widerstand des me Schlichen Korpers Gegen Technischen Gleich ur Wechselstrom", Elektrizitschaft, vol 33, 1933
- [4] 김찬오, 김동주, 이규정, "감전사고 방지를 위한 한국인의 인체저항에 관한 연구", 한국산업안전학회 00 춘계학술논문발표회 논문집, p 81, 2000