2008년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2008. 7. 16 - 18

수중에서의 인체에 가해지는 전기적 현상에 관한 연구

우정현, 박하용, 송우창, 김남석
강원대학교 전기공학과

A Study on the Human body Model shocked Electric installation in Underwater

J. H. Woo, H. Y. Park, W. C. Song, N. S. Kim
Department of Electrical Engineering, Kangwon National University

Abstract - In this paper, charging part by basic from Andrew's body model research to second a danger have affect on remaining and rehabilitation humans in space under water.

The construction of a circuit make to Andrew's body model. It compare that voltages measure a hand, a breast, a groin and electric currents measure an arm, a breast, a leg with safety a limit of body through an electric current.

Out of result, it research that magnitude and wave of body passing an electric current give the effect to the heart control a signal and it have affect on direct the ventricle of the heart in detail motion.

A thing of this sort get through to the simulation by the ATP-Draw program. The results from above, it is publish one's research work with safety a limit electric angle take measurement of resistance a body in under water and to the voltage and electric current passing each parts.

1. 서 론

최근 기후 이상으로 국지적인 집중호우가 많이 발생하고 있으며, 해변에는 높은 너울로 인해 피해를 보는 경우가 종종 있다. 이로 인해 지하상가, 지하철, 건물 등이 침수되어 많은 어려움을 겪고 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

충전부의 절연파괴 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]

본 연구에서는 실제 침수된 현장과 최대한 유사한 조건의 파라미터(침수액 저항, 통전 경로 등)를 virtual human body model에 손의 임피던스 값을 기준으로하여, IEC 60479의 인체 임피던스 저항비를 적용하여, 수중에서 인체 각 부위에 흐르는 전류와 전위에 대해 simulation tool (ATP-Draw)을 이용하여 조사하였다.

2. 본 론

▶ 실험방법

ATP-Draw는 MS-DOS platform 상에서 ATP를 구현하기 위한 마우스 구동식 그래픽 전처리 장치로서, 볼랜드 파스칼 7.0으로 만든 프로그램이다.[3]

이 프로그램은 사용자로 하여금 ATP-Draw 운용상의 메뉴로부터 전기소자를 사용하여 구현하고자 하는 전기회로를 그래픽 화면으로 처리할 수 있도록 한 프로그램으로서 기존의 EMTP와 기능상으로 매우 유사한 프로그램이라고 할 수 있다.

ATP[Alternative Transient Program]는 전력계통의 전자기 과도현상을 디지털로 표현하는 프로그램으로 전세계적으로 많이 사용되는 프로그램이며 ATP-Draw는 Graphical Preprocessor, Mouse-driven Preprocessor의 특성을 가지고 있다.

인체의 여러 가지 임피던스 모델중 C. J Andrews 모델을 선정하여 침수 시 인체에 미치는 전기적 현상에 관하여 고찰하였다.

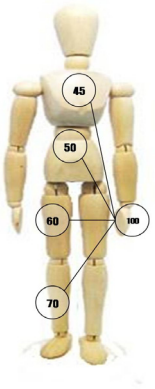
표1 은 C. J. Andrews 모델과 각 부위의 저항 값을 나타내었으며, IEC 60479의 인체 임피던스 저항비를 적용하여 그림1와 같이 손의 저항을 기준으로 인체 모델의 각 부위의 저항값을 비율로 배분하였따. 인가 전압은 220[V]로 하였으며, 손이 충전부에 닿는 순간의 과도 전류를 해석하기 위해 시뮬레이션 시작 후 40[ms]에 스위치를 On하였다. 침수액의 저항은 1[kΩ]으로 하여 인체각 부위에 흐르는 통전 전류와 전압값을 ATP-Draw로 시뮬레이션 하였다.

<표 1> Andrews 모델의 인체 저항값[2]

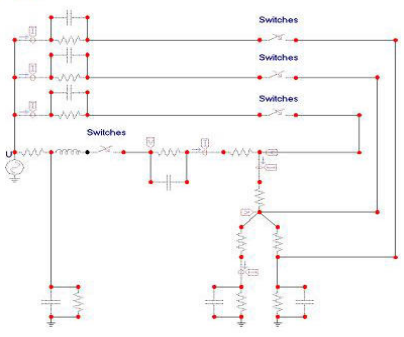
각 부위 / 임피던스	팔	심장	허리	허벅지	다리
R [kΩ]	10	0.2	0.3	0.3	10
C [μF]	0.25				0.25

<표 2> 시뮬레이션에 이용한 침수액의 L, C값 및 시간요소

전원	침수액의 전기적 파라미터			시뮬레이션의 시간요소		
전압 (접지)	침수액의 C		침수액 L	ΔT	T_{max}	SW_{clo}
	수중	상-대지	상-대지			
220V	1pF	5pF	2μH	0.5μs	100ms	40ms



<그림 1> IEC 60479에 의한 인체 저항비[5]

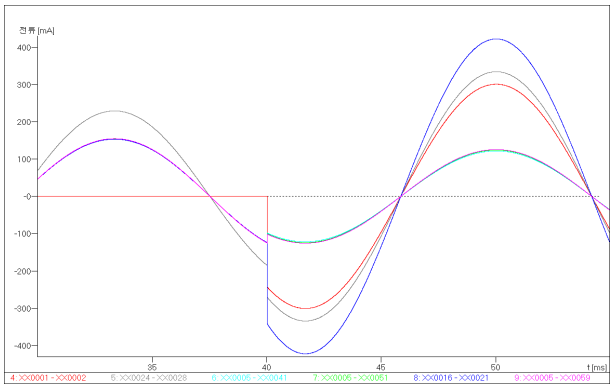


<그림 2> Andrews 모델을 이용한 시뮬레이션 회로도[2]

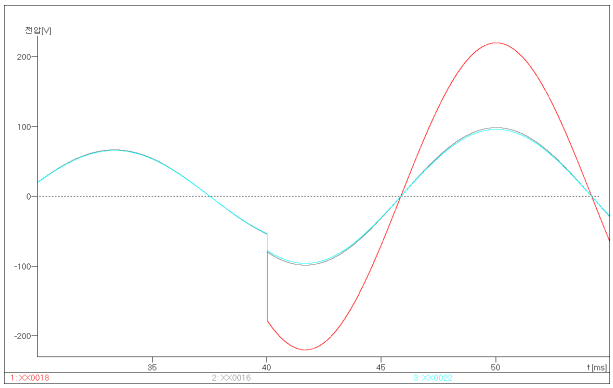
그림2는 Andrews 모델을 이용한 시뮬레이션 회로도이며, 회로의 노드 값을 동일하게 하기위해 침수액의 저항과 인체 사이에 스위치를 연결하여 실험하였다.
또한 본 연구는 침수된 전기설비에 의한 인체감전 특성에 관한 연구이므로, 시뮬레이션 시 앤드류 모델의 인체 각 저항값을 1/25로하였다.
표 2에 시뮬레이션에 이용한 침수액의 L, C값 및 시간요소를 나타내었다.

2. 결과 및 고찰

가슴까지 침수되었을 경우 인체 각 부위에 흐르는 전류 값은 그림3 [XX0016-XX0021]과 같이 촉수(40[ms]) 후의 심장의 흐르는 전류 값이 급격하게 늘어나는 것을 알 수 있으며, 가슴부위에 흐르는 전류의 값이 촉수 전에는 155[mA] 정도지만, 촉수 후에 422[mA]정도로 높아지는 것을 알 수 있다.
그리고, 그림4의 전압 값의 변화도 급격하게 큰 것을 알 수 있으며, 70[V]의 전압이 인가되다가 촉수 후 105[V]의 전압이 되는 것을 알 수 있다.



〈그림 3〉 가슴 침수 시의 신체 각 부위에 흐르는 전류파형

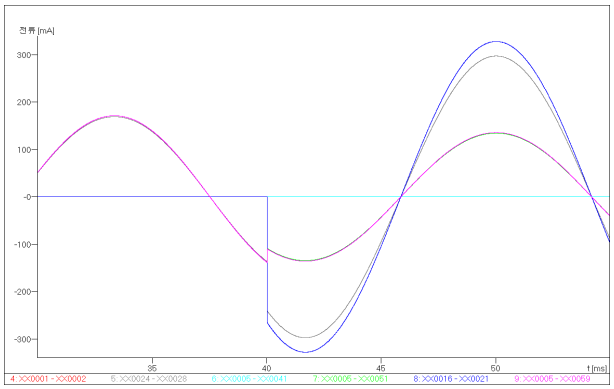


〈그림 4〉 가슴 침수 시의 신체 각 부위에 흐르는 전압파형

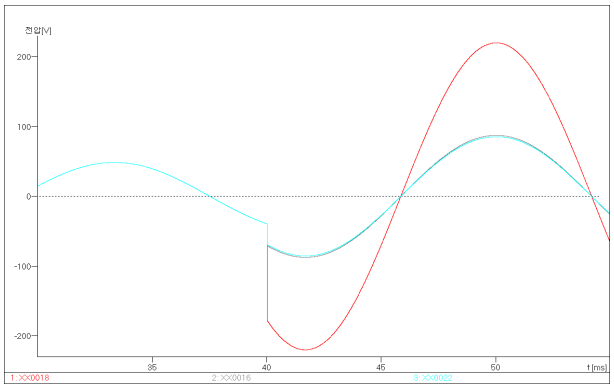
〈표 3〉 통전경로별 전류값 (단위 : [mA])

저항값 [Ω] \ 통전경로		팔	무릎	가슴-침수액	허리-침수액	심장-허리	무릎-침수액
1000	촉수 전	0	225	148	145	155	148
	촉수 후	270	310	112	115	422	112

허리까지 침수되었을 경우 인체 각 부위에 흐르는 전류 값은 가슴까지 침수 하였을 때 전류 값은 보다는 적으나, 가슴에 흐르는 전류 값 또한, 급격히 높아진다는 것을 그림5 [XX0016-XX0021]를 보면서 알 수 있다.
그리고, 전압 값의 변화도 급격하게 큰 것을 알 수 있다.



〈그림 5〉 허리 침수 시의신체 각 부위에 흐르는 전류파형



〈그림 6〉 허리 침수 시의 신체 각 부위에 흐르는 전압파형

〈표 3〉 통전경로별 전류값 (단위 : [mA])

저항값 [Ω] \ 통전경로		팔	무릎	허리-침수액	무릎-침수액
1000	촉수 전	0	185	182	183
	촉수 후	335	290	140	143

3. 결 론

노상의 전기 시설물이나 지하구내의 전기 설비 등의 침수 시, 인체 감전 정도를 알아보기 위해 침수액의 저항을 변화하여 ATP draw를 사용하여 시뮬레시션 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.
1. 가슴까지 침수 시의 인체의 저항 값은 모두 증가하는 경향을 보였으며, 특히 심장에서 허리의 통전경로의 전류 값이 급격히 증가하였다.
2. 허리까지 침수 시에는 침수액을 통한 전류는 흐르지 않았으나, 충전부의 촉수 후에 급격히 증가하였다.
3. 인체 각 부위별 전압은 촉수 전에 침수액을 통해 흐르는 것을 알 수 있으며, 촉수 후에 급격히 증가하였다.
4. 충전부의 전압과 전류는 촉수 전에도 침수액을 통해 인체에 흐르며, 촉수 후에는 인체의 모든 통전경로(부위)로 흐르는 것을 알 수 있으며, 그 값 또한, 급격히 변화한다.

[참 고 문 헌]

[1] 이상석, 박재용, 박하용, 전기안전공학(실무), 도서출판 세화, p.60, 2003.
[2] 정종욱, "접지·등전위 본딩 설계 실무지식" 성안당, pp.9-11, 2004.
[3] 김철환, ATP-Draw를 이용한 회로해석 I , pp1-14, 2004. 8.
[4] H. Freiberger, " Der Elektriche Widerstand des me Schlichen Korpers Gegen Technishen Gleich ur Wechselstrom", Elektrizitatschaft, vol 33, 1933.
[5] 장태준, "인체모형을 이용한 감전 모의", 숭실대 대학원, pp35-38, 2006. 8.