

교류 아크용접기를 사용하는 작업자의 인체 유도전류밀도 해석

박 준형, 민 석원
 순천향대 전기통신시스템공학과

Analyses on Current Densities Induced Inside a Worker Using AC Arc Welder

Jun Hyeong Park, Suk Won Min
 Department of Electrical and Communication System Engineering, Soonchunhyang University

Abstract - This paper analyses current densities induced inside a worker using AC arc welder. Applying the boundary element method, we calculate current densities induced in organs inside a worker in case he was located at 1[cm], 3[cm], 5[cm], 10[cm], 15[cm], 20[cm] far from a power cable of AC arc welder. As results of study, we find a maximum current density induces at a heart surface and may be higher than 10[mA/m²] of ICNIRP guideline if he works within 15[cm] from a power cable.

1. 서 론

전기기술자의 암 발생과 극저주파 전자계 노출간의 가능한 연관성을 평가하기 위하여 많은 역학조사가 행해졌지만[1]-[3], 연구결과가 일관성이 없기 때문에 전계와 자계 노출로 인한 건강영향에 불안이 있다. 이와 관련하여 국제 비전리 방사선 보호위원회에서는 노출을 제한하기 위한 국제 가이드라인을 1998년에 제정하였으며[4], 극저주파 전자계에 노출된 직업인의 인체내부 유도전류밀도를 10[mA/m²] 이하가 되도록 요구하였다. 또한 이들 가이드라인에 맞추어 유럽연합은 물리매체(전자계) 노출로부터 생기는 작업자 최소년장 안정 요구사항에 관한 지침서(Directive 2004/40/EC of European Parliament and the Council of 29 April 2004)를 2004년에 발표하였으며 2008년 이전까지 유럽연합 국가의 직업인 위험평가를 요청했다.

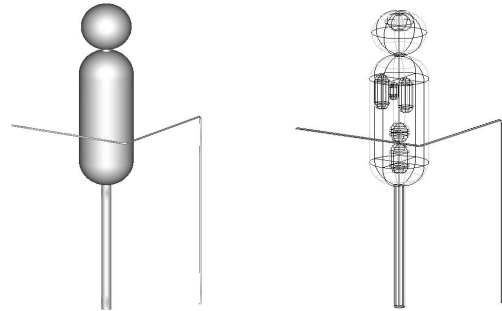
한편 우리나라에서는 아직 직업인의 전자계노출과 관련한 기준은 없으나 가까운 미래에 제정될 것으로 생각되어 본 논문에서는 산업현장에서 이용되는 교류 아크용접기가 발생하는 자계에 의해 작업자에 유도되는 전류밀도를 경계요소법을 이용하여 검토하였다.

2. 인체 유도전류밀도 결과

실제 아크 용접기를 가지고 작업하는 그림 1의 실제상황에서 볼 수 있듯이 보통 용접하는 순간에는 용접기의 전원선이 작업자의 몸통부분을 감쌀 수 있다. 그림 2는 이를 모의한 것으로 작업자가 전원선에 교류 1000[A]가 흐르고 있는 것으로 가정하였고 작업자가 아크용접기의 전원선으로부터 1[cm], 3[cm], 5[cm], 10[cm], 15[cm], 20[cm] 떨어져서 작업하는 경우를 3차원 경계 요소법 프로그램인 캐나다의 IES(Integrated Engineering Software)사의 Faraday 3D프로그램을 이용하여 인체 내부 장치에 유도되는 전류밀도를 계산하였다.



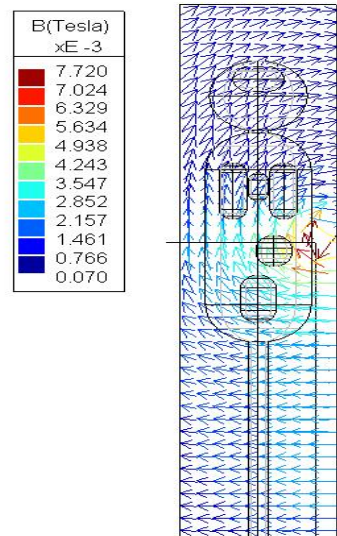
<그림 1> 실제 아크 용접기를 가지고 사용하는 실제상황



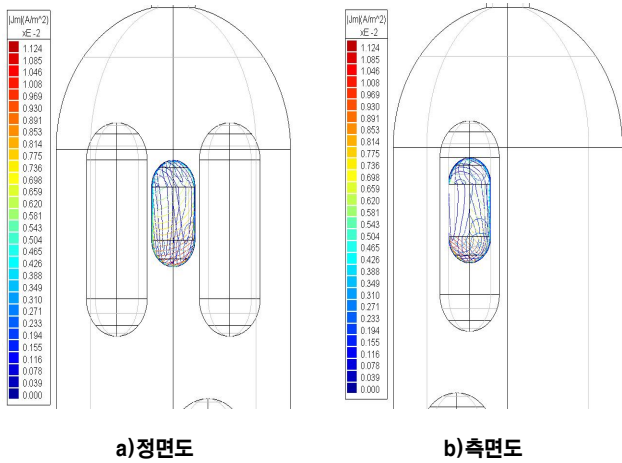
<그림 2> 아크용접기를 가지고 작업하는 조건의 모델

2.1 인체로부터 전원선이 1[cm] 떨어진 지점에서 작업하는 경우

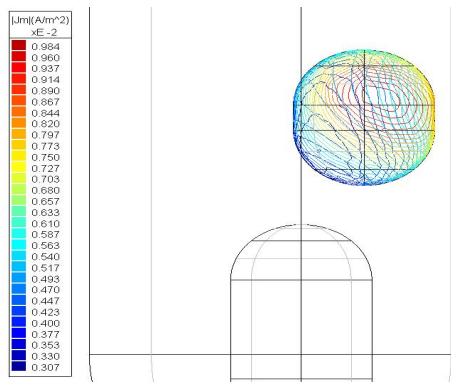
그림 3은 전원선으로부터 1[cm] 떨어진 지점에 작업자가 위치하였을 경우, 인체정면에서 바라본 자속밀도를 벡터표시로 나타낸 것으로 뇌에는 약 0.126[mT], 심장은 약 0.655[mT]의 불균일한 자계분포를 보이며 전원선으로부터 가장 가까운 간 부분은 약 2.508[mT]의 가장 높은 값을 보였고 창자부분은 약 1.492[mT]정도로 여러 장기들 중 두 번째로 높았다. 그림 4와 5는 심장과 간 표면에 유도되는 전류밀도를 나타낸 것으로 심장에서는 약 11.2[mA/m²]로 노출자계 값은 간에 비해 낮더라도 심장의 도전율이 높아서 최대값을 보였으며, 간에서는 약 9.8[mA/m²]로 도전율이 낮아 두 번째로 높은 값을 보였다. 그 외의 기관에서는 창자가 높은 노출자계로 인해 약 6.9[mA/m²]를, 뇌가 도전율이 가장 높더라도 노출자계가 가장 낮아 약 5.9[mA/m²]를 보였다.



<그림 3> 전원선이 1[cm]떨어진 경우의 인체 정면에서 본 자속밀도 분포



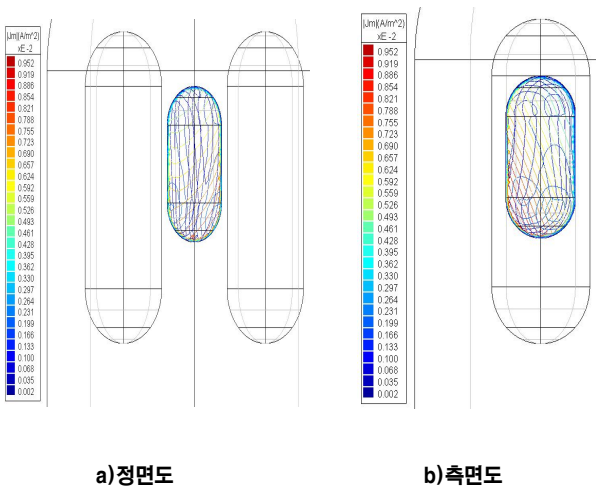
〈그림 4〉 전원선이 1[cm]떨어진 경우의 심장 표면 유도전류밀도 분포



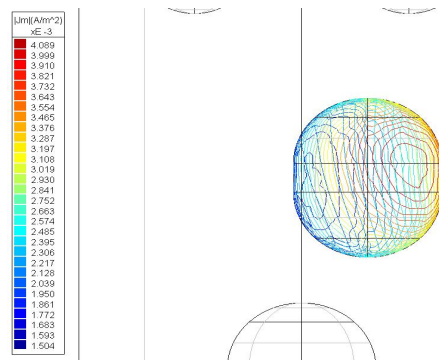
〈그림 5〉 전원선이 1[cm]떨어진 경우의 간 표면 유도전류밀도 분포

2.2 전원선이 15[cm] 떨어진 지점에서 작업하는 경우

전원선으로부터 15[cm] 떨어진 지점에서 작업자가 위치하였을 경우, 인체 정면에서 바라본 자속밀도는 뇌에는 약 0.171[mT]로 1[cm]에 비해 약간 증가하였으나, 심장은 약 0.6084[mT]로 약간 감소하였고 간부분은 약 1.127[mT], 창자부분은 약 0.862[mT] 정도로 뇌나 심장에 비해 많이 감소하였다. 그림 6과 7은 최대값이 나타나는 심장과 간표면의 유도전류밀도 분포로 심장에서 약 9.5[mA/m²], 간에서는 약 4.1[mA/m²] 정도로 1[cm]에 비해 많이 감소하였다.



〈그림 13〉 전원선이 15[cm]떨어진 경우의 심장 표면 유도전류밀도 분포



〈그림 7〉 전원선이 15[cm]떨어진 경우의 간 표면에 유도되는 유도전류밀도 분포

표1 은 본 논문에서 검토한 전원선 으로부터 1[cm], 3[cm], 5[cm], 10[cm], 15[cm], 20[cm] 떨어진 각 경우에 장기 표면에 유도되는 전류밀도의 최대치로 전원선으로부터 3[cm] 떨어진 경우가 가장 가혹한 결과를 보였다.

〈표 1〉 각 계산별 인체내부 장기표면 유도전류밀도 최대치

단위 : [mA/m²]

거리	1cm	3cm	5cm	10cm	15cm	20cm
뇌	5.9	5.6	5.3	4.7	3.6	2.9
심장	11.2	11.6	11.3	10.5	9.5	8.5
폐	4.6	4.5	4.2	3.7	3.1	2.7
간	9.8	8.4	7.0	5.2	4.0	3.3
창	6.5	6.1	5.8	4.8	3.8	3.1

3. 결 론

본 논문에서는 교류 1[kV]가 흐르는 아크용접기의 전원선으로부터 1[cm], 3[cm], 5[cm], 10[cm], 15[cm], 20[cm] 떨어진 곳에서 작업하는 작업자의 인체내부 장기에 유도되는 전류밀도를 일반 3차원 경계요소법을 이용하여 해석하였다.

본 논문의 연구결과, 아크용접기의 전원선으로부터 1[cm]에서 5[cm] 떨어진 지점의 작업자의 인체내부 최대전류 밀도는 심장에서 발생하였으며 약 11[mA/m²] 정도를 보이고 있음을 알았다. 또한 현재까지 가장 많이 적용되고 있는 국제 비전리방사선 보호위원회의 극저주파 전자계 가이드라인의 안전기준치인 10[mA/m²]을 만족하기 위해서는 작업자는 전원선으로부터 15[cm] 이상 떨어져야 함을 알 수 있었다.

〔참 고 문 헌〕

[1] P. A. Demers, D. B. Thomas, A. Sternhagen, W. D. Thompson, M. G. Curnen, W. Satariano, D. F. Austine, P. Issacson, R. S. Greenberg, C. Key, L. K. Kolonel, D. W. West, "Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 132, pp. 775-776, 1991.

[2] G. Theriault, M. Goldberg, A. B. Miller, B. Armstrong, P. Guenel, J. Deadman, E. Imbernon, T. To, A. Chevalier, D. Cyr, C. Wall, "Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France-1970-1989," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 139, pp. 550-572, 1994.

[3] D. A. Savitz, D. P. Loomis, "Magnetic field exposure in relation to leukaemia and brain cancer mortality among electric utility workers," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 141, pp. 123-134, 1995.

[4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)," *Health Phys.*, vol. 74, pp. 494-522, April 1998.