

## 송변전 설비주변에서의 자기장에 의한 인체에의 유도 전류 계산

·한인수\*, 박종근\*, 명 성호\*\*, 이 병윤\*\*, 김 응식\*\*\*, 민 석원\*\*\*\*  
\*서울대학교 \*\*한국전기연구소 \*\*\*호서대학교 \*\*\*\*순천향대학교

### The Calculation of Induced Current at the Human Body due to Magnetic Field around Power System Equipment

In-su Han\*Jong-Keun Park\*Sung-Ho Myung\*\*Byeong-Yoon Lee\*\*  
Eung-Sik Kim\*\*\*Suk-Won Min\*\*\*\*

\*Seoul National University \*\*KERI \*\*\*Hoseo University \*\*\*\*SoonChunHyang University

**Abstract** - In this paper, a current calculation method based on Kirchhof's Current Law(KCL) and Kirchhof's Voltage Law(KVL) which is necessary to calculate magnetic fields and induced current around the human body is proposed in this paper.

Using this method, we can solve the current values of the finite lines comprising the power system equipment.

In the assumption that the current values induced in the human body are same, we calculate the induced current values.

열작용과 비열작용은 특히, 초고주파(수 MHz 대역)의 전자파에 의해서 영향을 받고, 자극작용은 극저주파대역(ELF)(3-3000Hz)에 의한 유도 전류 발생으로 근육 등의 조직에 이상을 일으키는 작용을 말한다. 우리나라에서는 이런, 특히 고압송전선에 의한 극저주파에 의한 생물학적 영향에 관한 연구가 아직은 초기 단계에 머물고 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 송변전설비 주변에서의 자기장을 구하는 알고리즘을 이용하여, 자계를 구하고, 그 자계에 의한 유도전류를 구하였으며, 특히, 전력소 주변에서의 유도전류계산을 하였으며, 전력소의 각 유한장 선로의 전류를 계산하는 방법도 소개하고자 한다.

### 2. 전력소내의 유한장 선로 전류 계산

### 1. 서 론

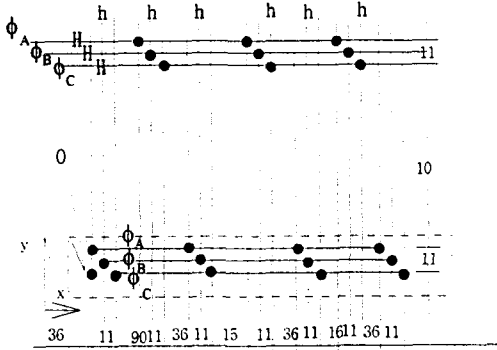
아래의 그림 1은 본 연구에서 사례를 든 신마산 전력소 구조의 3상 평면도이다. 전력소 주변에서의 인체내에 유기되는 유도전류를 계산하기 위해서는 각각의 유한 도체에 의해 형성되는 자기장을 계산하여야 하며, 그에 의한 자기장을 계산하기 위해서는 각 유한 도체에 흐르는 전류값을 구해야 한다. 따라서, 본 연구에서는 전력소내의 전류값을 구하는 방법을 제시하고자 한다.

오늘날의 문명사회에서 우리들이 전기 없는 생활을 한다는 것은 상상조차 할 수 없을 정도로 극심한 전기에너지 다소비형의 생활을 하고 있다. 전기 제품도 다종다양해서 전화나 목욕실, 식기세척기, 식기건조기 등 지금까지 전기를 사용하리라고는 전혀 상상도 못했던 장소나 제품에 이르기 까지 전기를 사용하게 되어 점점 더 전기의존형 생활에 빠져 들고 있는 상황이다. 더구나 가전메이커의 캠페인과 소득, 생활수준의 향상에 의해서 소비 전력량이 큰 제품에 대한 대체구매 수요의 촉진의 더욱 활발해지고 있는 실정이다. 이런 지나친 전기의존으로 인해 전자파 공해라는 말이 나올 정도로 전자파에 대한 연구가 진행되고 있는 것이 현실이다. 이에 관해 연구하는 전문학자들은 전자파 중 전계는 특별한 경우를 제외하고는 생체에 이상을 일으키지 않는 것 같으나 자계는 큰 영향을 미친다는 사실을 밝혀내고 있다.

아래의 그림 2는 단상 평면도인데, 총 13개의 node를 가지고 있다. 그러나, 구해야 하는 전류값들은 모두 16개가 되어, 미지수는 많으나, 식이 모자란 형태가 된다. 여기서는 간단한 Kirchhof's Current Law(KCL)와 Kirchhof's Voltage Law(KVL)를 이용할 텐데, node의 갯수가 13개이므로 Kirchhof's Current Law(KCL)식 (1)은 13개가 나오지만, 한 식이 redundant한 항이 되므로, 12개의 식이 구해지게 된다. 나머지 필요한 4개의 식은 impedance가 길이에 비례한다는 가정하에 구한 Kirchhof's Voltage Law(KVL)식 (2)에 의해서, loop를 구성하여 식을 구함으로써, 결국은 16개의 식에서 16개의 변수를 푸는 방정식이나 다름없었

전문학자들은 전자파가 생체에 미치는 영향을 크게 열작용, 자극작용, 비열작용으로 구분하고 있다.

고, 이 식들에서 구한 전류값을 이용하여, 자기장을 구하고, 그로 인한 인체에의 유도전류도 계산하였다. 전류값을 구하기 위한 식은 아래와 같다.



(각 수치의 단위: meter, H=11.5, h=7.0)  
그림 1. 신마산 전력소의 3상 평면도

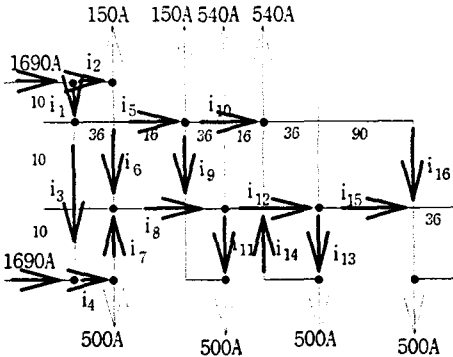


그림 2. 신마산 전력소의 단상 평면도

By Kirchof's Current Law 식 (1)

$$\begin{aligned}
 i_1 + i_2 &= 1690 \\
 i_1 - i_3 - i_5 &= 0 \\
 i_3 - i_4 &= -1690 \\
 i_4 - i_7 &= 500 \\
 i_5 - i_9 - i_{10} &= 150 \\
 i_2 - i_6 &= 150 \\
 i_6 + i_7 - i_8 &= 0 \\
 i_8 - i_{11} - i_{12} &= 540 \\
 i_9 + i_{11} &= 500 \\
 i_{10} + i_{14} - i_{16} &= 540 \\
 i_{12} - i_{13} - i_{15} &= 0 \\
 i_{13} - i_{14} &= 500 \\
 i_{15} + i_{16} &= 500
 \end{aligned}$$

By Kirchof's Voltage Law 식 (2)

$$\begin{aligned}
 -10 i_1 + 36 i_2 - 20 i_3 - 36 i_4 + 20 i_6 - 10 i_7 &= 0 \\
 -20 i_3 - 36 i_4 + 52 i_5 - 10 i_7 - 52 i_8 + 56 i_9 & \\
 -10 i_{11} &= 0 \\
 10 i_{13} + 56 i_{14} + 136 i_{15} - 146 i_{16} &= 0 \\
 -56 i_9 + 56 i_{10} + 10 i_{11} - 52 i_{12} - 10 i_{13} - 56 i_{14} &= 0
 \end{aligned}$$

### 3. 유도 전류 계산

본 연구에서는, 인체에의 각 부위마다 유도전류값이 균일하다고 보고, 유도 전류를 계산하였다. 자기장을 구할 시에 전류가 3상 phasor이므로 자기장의 실수부분  $|H_r|^2 = (H_{rx}^2 + H_{ry}^2 + H_{rz}^2)$  과 허수부분  $|H_i|^2 = (H_{ix}^2 + H_{iy}^2 + H_{iz}^2)$ 으로 나누어서, 최종적으로  $|H| = \sqrt{|H_r|^2 + |H_i|^2}$ 을 구한 다음, 그림 1의 점선으로 표시된 지역에서의 유도전류 분포를 계산하였다. 그림 3에는 유도전류의 3차원 분포를, 그림 4에는 등유도전류값을 계산하였다. 계산결과 유도전류의 최대값은 52.42μA/cm<sup>2</sup>, 최소값은 0.78μA/cm<sup>2</sup>이었다.

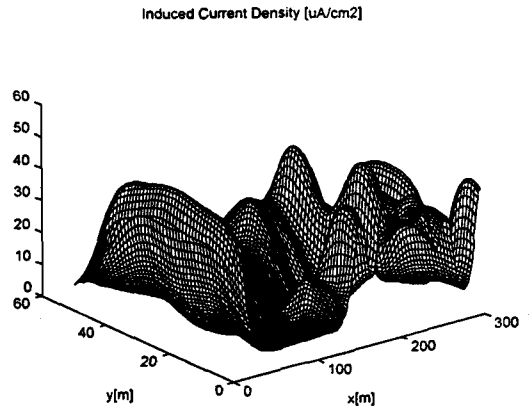


그림 3. 3차원 유도 전류 분포

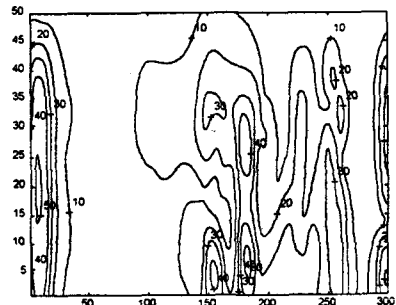


그림 4. 등유도전류분포도

#### 4. 결 론

본 논문에서는 자기장 계산에 앞서, 전력소의 전류 값을 Kirchhof's Current Law(KCL)과 Kirchhof's Voltage Law(KVL)을 이용하여 계산하는 방법을 제시하였다. 전력소를 구성하고 있는 각각의 유한장 도선의 전류값을 구한 다음, 그 전류값을 데이터로 하여, Biot-Savart 법칙에 바탕을 둔 3차원 자계 분포식을 이용하여 자기장을 구하고, 이를 바탕으로 하여, 인체에 유기되는 유도전류값을 계산하였다. 이 때, 인체에 유기되는 유도전류값은 인체조직에 상관없이 일정하다고 가정하였다. 전자계의 생물학적 영향에 관한 연구가 시급해지고 있는 요즘, 제시된 방법들이 효과적으로 적용될 것이라 기대하며, 인체의 각 조직을 어떻게 모델링할 것인가가 앞으로의 숙제로 사려된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] David K. Cheng, "Fundamentals of Engineering Electromagnetics", Addison Wesley, 1993
- [2] N. Hayasi, K.Isaka, Y.Yokoi. "Analysis of 60Hz Magnetic Fields Near Ground Level In 187kV Switchyard Of A 187/66kV Ac Substation". IEEE Transactions on Power Delevery, Vol 7, No 1, pp 237-244, January 1992
- [3] T. Vinh, T. L. Jones, C. H. Shih. "Magnetic Fields Near Overhead Distribution Lines"-Measurements and Estimating Technique", IEEE Transactions on Power Delevery, Vol 6, No 2, pp 912-919, April 1991
- [4] W. T. Kaune, L. E. Zaffanella. "Analysis of Magnetic Fields Produced Far From Electric Power Lines.", IEEE Transactions on Power Delevery, Vol 7, No 4, pp 2082-2091, October 1992
- [5] William E. Feero, James Yontz, John H. Dunlap, "Magnetic Fields Remote From Substations," IEEE Transactions on Power Delevery, Vol 4, No 3, pp 1862-1868
- [6] Weiguo Xi, Maria A. Stuchly, Om P. Gandhi, " Induced Electric Currents in Models of Man and Rodents from 60Hz Magnetic Fields" IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol 41, No 11, November 1994, pp 1013-1023
- [7] F. P. Dawalibi, "Computation of Electromagnetic Fields Produced by Electric Power Lines and Residential Electrical Wiring" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 8, No 3, July 1993