

건축물내의 수전설비에 의한 전자파 자계의 계산

강대하 이영식 이재훈 조용호
부경대학교

Calculation of electromagnetic field by electric power facilities in building

Daeha Kang Yuongsik Lee Jaehoon Lee Yongho Jo
Pukyong National University

Abstract - In this study quantifying techniques of ELF magnetic fields arising from currunt carrying indoor-conductor are proposed. These techniques can be applied to line-conductor with finite length and any configuration. Since each component of magnetic field in rectangular axes system is seperated, the resultant magnetic field can be calacated for multi-conductor system through these techniques.

1. 서 론

자계를 발생시키는 전력선에 대한 노출이 주는 건강의 위해는 다소 논란 중에 있는 문제이며 최근에는 사유재산의 가치에 까지 영향을 미치고 있다. 여러 기관에서 그러한 ELF전자계가 건강에 대한 위해를 발생하지 않는다는 증거를 제시하고 있으나 일부에서는 그것을 믿지않거나 기분상의 변화를 유발한다든가 불면을 유발한다든 등의 인간에 대한 영향의 가능성을 지적하고 있다.

고층빌딩에 있어서 저압배선은 대부분 대전류(200 A 이상)가 흐르는 도체를 포함하고 있으며 빌딩 내에 매우 큰 자계를 발생시킬 수 있다. ELF 자계에 관한 문제가 정밀기기 등에 전자 간섭의 형태로 대두되고 있음은 확실하다. 최근에는 공기공조 상업용 고층빌딩이 경제활동의 중요한 자산으로 되어 있다. 이러한 빌딩은 점점 정교하고 민감한 기기들을 수용하고 있으며 많은 전력을 소비하고 있다. 이러한 빌딩에 있어서 항상 증가하는 세입자들의 요구조건을 충족시키기 위하여 빌딩내의 배전계통은 대전류를 흘릴 수 있는 도체를 필요로 한다. 이런 대전류의 도체는 결국 ELF 전자파 간섭문제를 증가시킨다[1~3]. 따라서 전기설계기사는 이러한 문제에 대하여 이해하고 설계 시 고려해야할 것이다.

본 연구에서는 이러한 문제의 원인인 배선으로 부터의 자계를 이론을 통하여 해석하고 그 예를 계산하여 설계 시 참고할 수 있도록 하는 것이 주목적이다.

2. 유한장 직선도체에 의한 자계

2.1 자계의 해석기법

도체에 흐르고 있는 전류로 부터 발생하는, 도체외부의 ELF 자계의 정량화는 마그네틱 엔클로저와 주변의 강철 구조물에 의한 효과를 무시하면 그리 어려운 것은 아니다. 비교적 길게 병렬로 가설되어 있는 케이블이나 부스바 라이저의 경우, 도체에 의해 발생하는 자계에 관한 간단한 식은 암페어의 법칙으로부터 유도할 수 있다. 그러나 실제 경우의 도체는 무한히 길거나 일직선으로 끝은 것은 아니다. 그 합성자계를 결정하기 위하여는 수치계산이 필요하며 Biot-Savart법칙은 ELF자계의 수치계산에 자주 이용된다.

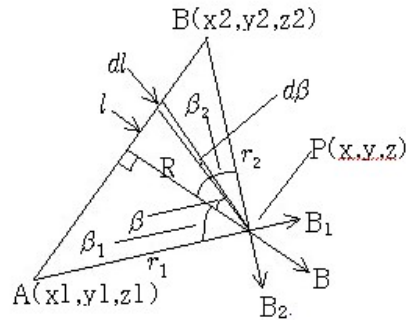


그림 1. 유한장 직선도체 전류에 의한 자계
Fig. 1. Magnetic fields arising by current flowing through finite-length conductor.

본 연구에서는 Biot-Savart법칙에 의하여 유한장 직선도체의 합성자계를 구하고, 직교좌표계에서의 각 성분을 분리하여 유한장 직선 다도체의 경우에 적용하고자 한다. 전류 I [A]가 흐르고 있는 유한장 직선도체에 의한 자계를 구함에 있어서 그림1과 같은 도체선상의 미소 길이 dl에 의한 점 P의 자계 dB를 고려하면 식 (2.1)과 같이 된다.

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \cdot \sin \alpha}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 I dl \cdot \cos \beta}{4\pi r^2} \quad (2.1)$$

그림에서 l 및 r은 식 (2.2) 및 (2.3)으로 주어진다.

$$l = R \cdot \tan \beta \quad (2.2)$$

$$r = R \cdot \sec \beta \quad (2.3)$$

또 dl은 식 (2.4)와 같다.

$$dl = R \cdot \sec^2 \beta \cdot d\beta \quad (2.4)$$

따라서 식 (2.1)은 식 (2.5)로 된다.

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \cdot \cos \beta \cdot d\beta \quad (2.5)$$

그러므로 자계 B는 식 (2.6)과 같이 구해진다.

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \int_{-\beta_1}^{\beta_2} \cos \beta \cdot d\beta = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\sin \beta_1 + \sin \beta_2) \quad (2.6)$$

다도체의 경우에 대한 합성자계를 구하기 위해서는 식 (2.6)의 합성자계 B를 각 성분으로 분리하지 않으면 안된다.

먼저 그림 1에서 합성자계 B를 B1 및 B2 성분으로 분리하면 식 (2.7) 및 (2.8)로 된다.

$$B_1 = B \cdot [\cos \beta_1 - \frac{\cos \beta_2 - \cos \beta_1 \cdot \cos (\beta_1 + \beta_2)}{1 - \cos^2 (\beta_1 + \beta_2)} \cdot \cos (\beta_1 + \beta_2)] \quad (2.7)$$

$$B_2 = B \cdot \left[\frac{\cos \beta_2 - \cos \beta_1 \cdot \cos (\beta_1 + \beta_2)}{1 - \cos^2 (\beta_1 + \beta_2)} \right] \quad (2.8)$$

또 그림2를 참조하여 B₁ 및 B₂의 직교좌표계 성분을 구하면 각각 식(2.9)~(2.14)로 주어진다.

$$B_{x1} = B_1 \cos \theta_{z1} \cdot \sin \theta_{x1y1} \quad (2.9)$$

$$B_{y1} = B_1 \cdot \cos \theta_{z1} \cdot \cos \theta_{x1y1} \quad (2.10)$$

$$B_{z1} = B_1 \cdot \sin \theta_{z1} \quad (2.11)$$

$$B_{x2} = B_2 \cdot \cos \theta_{z2} \cdot \sin \theta_{x2y2} \quad (2.12)$$

$$B_{y2} = B_2 \cdot \cos \theta_{z2} \cdot \cos \theta_{x2y2} \quad (2.13)$$

$$B_{z2} = B_2 \cdot \sin \theta_{z2} \quad (2.14)$$

$$\text{단, } r_{x1y1} = [(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$r_{x2y2} = [(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$r_1 = [(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$r_2 = [(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2]^{\frac{1}{2}}$$

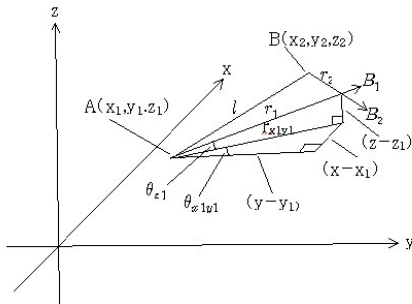


그림 2. 직교 좌표계
Fig. 2. Rectangular system

따라서 합성자계 B의 직교좌표계 성분은 각각 식(2.15)~(2.17)로 주어진다.

$$B_x = B_{x1} + B_{x2} \quad (2.15)$$

$$B_y = B_{y1} + B_{y2} \quad (2.16)$$

$$B_z = B_{z1} + B_{z2} \quad (2.17)$$

이상과 같이 합성자계 B를 성분 분리함으로써 임의 방향으로 배열된 다도체계의 합성자계를 쉽게 구할 수 있다. 한편 다도체계의 경우로서 3상 선로와 같이 각 도체에 흐르는 전류가 서로 다른 위상각을 갖는 경우가 있다. 이 경우 각 자계성분의 위상각은 그 도체에 흐르는 전류의 위상각에 의존한다. 예로서 3도체의 경우, 각 도체전류의 위상각을 ϕ_a, ϕ_b 및 ϕ_c 라 하면 각 자계성분은 식(2.18)~(2.20)과 같은 형식으로 표현할 수 있다.

$$\dot{B}_x = B_{xa} e^{j\phi_a} + B_{xb} e^{j\phi_b} + B_{xc} e^{j\phi_c} = B_x e^{j\phi_x} \quad (2.18)$$

$$\dot{B}_y = B_{ya} e^{j\phi_a} + B_{yb} e^{j\phi_b} + B_{yc} e^{j\phi_c} = B_y e^{j\phi_y} \quad (2.19)$$

$$\dot{B}_z = B_{za} e^{j\phi_a} + B_{zb} e^{j\phi_b} + B_{zc} e^{j\phi_c} = B_z e^{j\phi_z} \quad (2.20)$$

따라서 이 경우의 합성자계 B는 식(2.21)로 주어진다.

$$B = \left[[B_x^2 \cdot \cos(2\phi_x) + B_y^2 \cdot \cos(2\phi_y) + B_z^2 \cdot \cos(2\phi_z)]^2 + [B_x^2 \cdot \sin(2\phi_x) + B_y^2 \cdot \sin(2\phi_y) + B_z^2 \cdot \sin(2\phi_z)]^2 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2.21)$$

2.2 계산예

그림3은 3상 부스바 경우의 계산예로서 수평 도체배열이며 도체의 방향은 x방향, 도체길이 6 [m], 상 간격은 35 [cm], 좌

표계의 원점은 중간 도체의 중간 지점이다. 전류는 200 [A], 3상평형을 고려한 것이며, 계산점의 높이(z)는 1.5 [m]이다. 그림4는 3상 부스바 경우의 계산예로서 3각 도체배열이며 도체의 방향은 x방향, 도체길이 6 [m], 상 간격은 30 [cm], 좌표계의 원점은 도체길이의 중간 지점으로서 3각형의 중심위치이다. 전류는 200 [A], 3상평형을 고려한 것이며, 계산점의 높이(z)는 1.5 [m]이다.

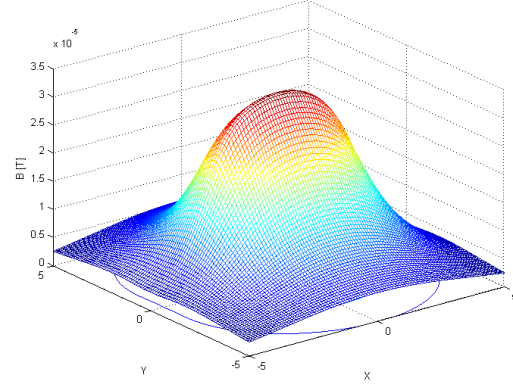


그림 3. 수평전선배열 3상도체 전류에 의한 합성자계
Fig. 3. Resultant magnetic field arising from 3-phase currents through conductors with flat configuration.

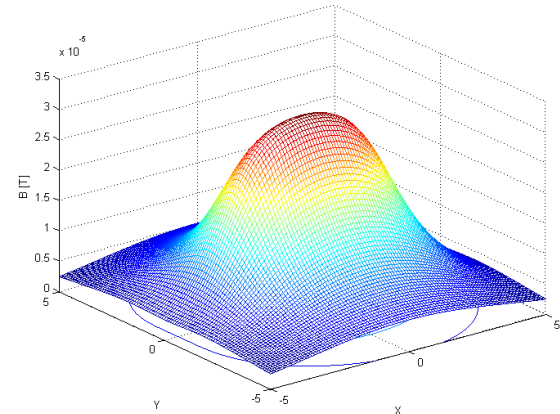


그림 4. 3각 전선배열 3상도체 전류에 의한 합성자계
Fig. 4. Resultant magnetic field arising from 3-phase currents through conductors with trefoil configuration.

3. 결 론

본 연구에서는 옥내 배선의 전류에 의한 ELF전자파 자계의 정량화 기법을 제시하였다. 이 방법은 유한장 직선도체의 어떠한 배치에 대하여도 적용할 수 있으며 직교좌표계의 각 성분도 계산할 수 있으므로 유한 길이의 3상배선과 같은 다도체 경우의 합성자계도 쉽게 구할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Bromley K .Wylds S. "Magnetic fields in buildings", Building services, London: CIBSE, pp.37, December 1994
- [2]Hiles M. "Magnetic field interference:technology,economics, politics." Power Quality Assurance, Vol. 8(4) pp.84-90, 1997
- [3] Austin S. "Electromagnetic interference in buildings Building services, London: CIBSE, pp.55-56, September 1991