

송전선로에서 전류와 자계의 상관관계 분석

° 조 성 배
(° 전력연구원)

* 이 은 웅
(* 충남대)

Analysis on the relation between electric current and magnetic field near transmission lines

Cho, Sung Bae
(KEPRI)

Lee, Eun Woong
(Chung-Nam Univ.)

Abstract - The relation between electric current and magnetic field under three overhead transmission lines being operated was studied. It was examined for a difference each other in comparison with calculated value and measured value for current, magnetic field. With magnetic field equations made out, The magnetic field distribution around transmission lines had made to figure out with easy by load electric current value. Additionally, we are going to discribe the distribution curve of magnetic exposure volume for KEPCO's T/L.

올려 측정한 수치와 이론적으로 계산된 전자계의 수치를 비교하여 그차이에 대한 분석도 검토하였다.

2. 자계 계산을 위한 기본 이론

그림 1은 지표면 위 h만큼 떨어진 지점에 지면에 수직 한 방향으로 전류 I가 흐르는 하나의 무한선로가 있을 때 좌표가 (X_p, Y_p) 인 점 P에서의 자계 \vec{B} 를 나타낸 것이다.[3]

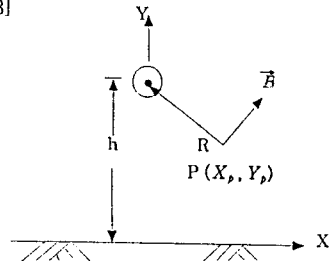


그림 1. 단도체 선로에서 나타나는 자계

1. 서 론

전력설비에서 발생하는 전자계가 인체에 나쁜 영향을 미치지 않을까 하는 우려가 점차 높아지고 있는 가운데 해외의 각국의 연구기관들은 60년대부터 이에 대한 연구를 광범위하게 진행하여 왔다. 그러나 여러 국가의 많은 연구 실적에도 불구하고 전력선의 전자계가 인체에 어떠한 영향을 준다는 뚜렷한 결과는 없었다. [1][2]

그러나 최근 국민보건 위생차원에서 각국에서는 전자계 노출기준에 대한 기준치 혹은 권고치를 마련하고 있으며 국내에서도 단일 전력회사인 한전에서 기준치를 마련중에 있다. 국내의 경우 최근 늘어나는 전력수요에 대처하기 위하여 송전계통의 초고압화 추세에 따라 인근 주민들의 전자계에 관한 관심과 요구가 증가하고 있어 원만한 전력사업과 선로 운전측면에서 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 송전선로에서 발생하는 전자계를 측정하고 예측하는 것은 지역주민들의 민원에 대처하기 위한 객관적 자료 제공이라는 측면에서 매우 필요하다.

이와 관련하여 본 논문에서는 우선 전류변화가 심한 3개 송전선로를 선택하여 단시간의 전류 대 자계의 측정치를 구하고 이를 분석하여 측정치에 의한 전류-자계 관계식을 도출한 후 연간 전류량을 대입함으로써 송전선로 하에서의 연간 자계변화 추이를 알아보려고 하였다. 아

이때 자계의 크기는

$$|B| = \frac{I}{2\pi\mu_0} \cdot \frac{1}{R} \quad \text{-----}(1)$$

여기서 R은 도체와 점 P간의 수직거리로써

$$R = \sqrt{X_p^2 + (h - Y_p)^2} \quad \text{이며,}$$

μ_0 는 진공의 투자율이다. 엄밀히 하면 공기중의 투자율을 사용하여야 하나 큰 차이가 없기 때문에 진공투자율을 사용하여도 무방하다.

\vec{B} 의 X, Y성분은 다음과 같이 주어진다.

$$B_x = \frac{I}{2\pi\mu_0} \cdot \frac{h - Y_p}{R^2} \quad \text{-----}(2)$$

$$B_y = \frac{I}{2\pi\mu_0} \cdot \frac{X_p}{R^2} \quad \text{-----}(3)$$

마찬가지 방법으로 n 개의 도체가 있는 송전선로에서의 전체 자계의 합은

$$B_{x, total} = B_{x1} + B_{x2} + \dots + B_{xn} \quad \text{----}(4)$$

$$B_{y, total} = B_{y1} + B_{y2} + \dots + B_{yn} \quad \text{----}(5) \text{이 되며}$$

$$B_{total} = \sqrt{B_{x, total}^2 + B_{y, total}^2} \quad \text{-----(6) 이 된다.}$$

여러 도체가 있더라도 결국에 나타나는 자계는 식(1)과 유사하게

$$|B| = k \cdot \frac{I}{h} \quad \text{-----(7)}$$

와 같이 직선적인 관계를 따르게 된다. 이때 k 는 비례상수로써 도체들의 위치에 의해 결정되는 상수이다. 여기에서는 우리 전력계통에 맞도록 자체 개발한 전류-자계치 계산 Program인 EMF calc를 사용하여 계산하였다.

3. 측정 방법

측정에 사용된 계측기는 최근 미국의 EPRI와 Enertech Consultant사에서 공동으로 개발한 모델명 EMDEX II를 사용하였으며 본 계측기는 전계도 측정할 수 있도록 되어 있고 계측기의 사양은 표 1과 같다.

송전선로에서 전자계는 전력선로부터 보통 선로의 직하 중앙에서부터 횡방향으로 측정을 하게 되는데 본 측정에서는 전류 변화에 따른 자계의 크기변화를 중점적으로 관찰해야 하기 때문에 국내 송전선로중 전류변동이 심한 지역중 154kV 환영철강 T/L의 2개소를 선정하고 선로 직하 중앙의 일정 장소에서 자계변화량을 측정하였다. 1개 T/L에서 대략 1시간동안 200개 내외의 전류와 자계치를 측정, 수집하였는데 일반 선로에서는 부하변동이 거의 일정하기 때문에 많은 측정Data를 얻기위하여는 장기간의 관찰이 필요하다.

표 1. 계측기의 사양

Specification	EMDEX II	
	Magnetic Field	Electric Field
Frequency Bandwidth	40 ~ 800 Hz	
Measurement Method	True RMS	
Field Range	0.1 ~ 3,000 mG	0 ~ 19.66 μ A
Accuracy	± 1.1 %	± 4 %
Max. Sampling Rate	1.5 sec	3.0 sec

4. 계산치와 측정치와의 비교분석

그림 3은 식(7)에 의해서 실제 운전되고 있는 154 kV 환영철강 T/L의 전류와 자계 데이터를 plot한 것이다. 약 200개의 점들을 가장 잘 나타내 주는 최적 직선을 실선으로 표시한 실측치이며 그림2의 B 도체까지의 저장고는 11.7 m, 하단 arm(A1, C2)은 없는 첩탑형태이다. 실측치에 대한 최적 직선식은 (8)식으로 나타났다.

$$B_{mea} = 1.0238 \left(\frac{I}{h}\right) + 0.4024 \quad \text{-----(8)}$$

그림 3의 점선은 그림 2의 표준 첩탑형태를 모의하고 계산식에 의해 산출된 직선식으로 그 값은

$$B_{cal} = 0.8927 \left(\frac{I}{h}\right) \quad \text{-----(9) 이다.}$$

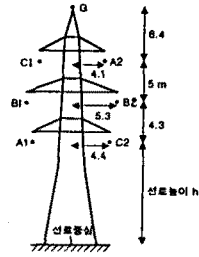


그림 2. 첩탑 형태 (환영철강 T/L)

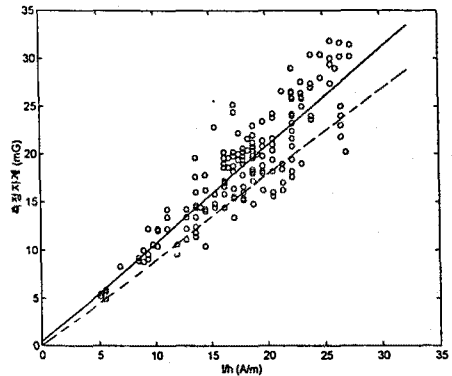


그림 3. 전류크기에 따른 자계의 변화(환영철강T/L)

그림 3에서 알수 있듯이 실측치와 계산치와의 차이는 대략 10%의 오차를 보이고 있는데 그 원인은 여러 가지가 있겠으나 실제 첩탑의 형태와 전선의 배열상태가 현장어건에 따라 표준첩탑 형태와 약간 다를 수 있고 계산시에 무한 직선도체를 가정하였으나 실제로는 유한의 굵기가 생기는 형태의 선로에서 기인된다고 생각되며 그림 5, 그림7의 결과에서도 10% 내외의 오차가 발생됨으로 향후 더 많은 선로를 측정, 그결과를 종합 분석하여 계산치 Program에 대한 보정, 보완의 필요성을 검토할 예정이다.

두 번째로 그림 4와 5는 154kV 신송 T/L의 첩탑형태 및 실측치를 도시한 것으로 선로높이 h 는 14.9 m이다. 이 선로 형태에서는 실측치에 대한 기울기 값은 식(10)으로 표시된다.

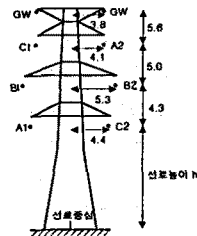


그림 4. 첩탑 형태(신송 T/L)

$$B_{mea} = 0.7579 \left(\frac{I}{h}\right) + 0.0745 \quad \text{-----(10)}$$

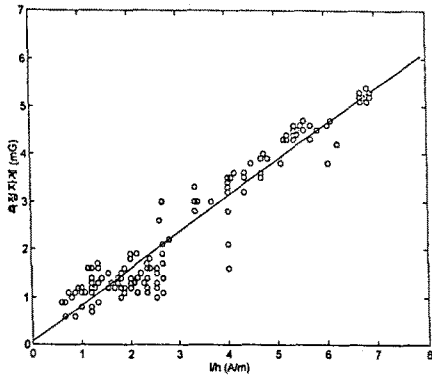


그림 5. 전류크기에 따른 자기크기의 변화(신송T/L)

이에 대한 계산치 결과도 그림 2와 비슷한 유형의 값을 얻었다.

세 번째로 그림 6. 7은 154kV 기아특수강 T/L을 도시한 것으로 선로높이 h는 13.5 m이고 수평1회선 첩탑임.

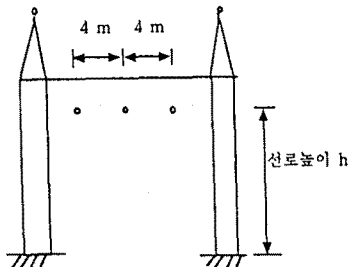


그림 6. 첩탑형태도(기아특수강 T/L)

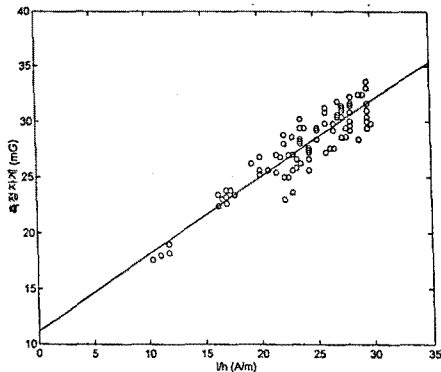


그림7. 전류크기에 따른 자기크기의 변화(기아특수강T/L)

이때의 기울기 값은

$$B_{mea} = 0.6903 \left(\frac{I}{h}\right) + 11.1879 \quad \text{----- (11)}$$

로 나타났으나 여기에서 실측치의 기울기 초기값이 전류 0에서 자계가 약 12 mG로 나타난 것은 선로 우측면에 154kV 변전소의 모선부분이 인접하고 있어 이로 인한 영향으로 생각된다.

본 측정에 선정된 선로는 전류변화율이 심하고 비교적 전류값이 큰 선로를 대상으로 실측하였으며 세계방사능

보호협회(IRPA)에서 권고한 1일 누적 노출량 기준치인 1,000 mG[4]와 비교하여 볼 때 어떠한 선로에서도 그 크기가 수십분의 일 밖에는 나타나지 않는 것은 우리나라 송전선로가 매우 강하게 설계되고 있음을 알 수 있다.

여기에서는 3개 T/L 및 첩탑의 형태를 모델로 검토하였으나 향후에는 국내 선로 형태가 대부분 설계표준화되어 있어 특수지역을 제외하고는 첩탑형태가 수 개의 모델형태로 이루어지고 있음을 감안할 때 나머지 선로에 대한 검토를 추가할 계획이다.

5. 결 론

전국의 송전선로중 3개 T/L에 대한 전류, 자계의 상관관계를 검토하였으며 이것을 계산치와 비교하여 그 차이를 알아본 결과 3개 T/L 모두 계산치 보다 자기크기가 약간 증가된 추세를 보이고 있으며 실제 현장여건에 맞는 실측치의 기울기 값을 도출해 냄으로써 선로에 흐르는 전류값만 알면 주변의 자기분포도를 쉽게 구할 수 있도록 하였다. 측정하였던 154kV 환형첩강T/L의 첩탑조

$$\text{전에서는 } B_{mea} = 1.0238 \left(\frac{I}{h}\right) + 0.4024$$

$$\text{신송T/L의 경우에는 } B_{mea} = 0.7579 \left(\frac{I}{h}\right) + 0.0745$$

$$\text{기아특수강T/L의 경우는 } B_{mea} = 0.6903 \left(\frac{I}{h}\right) + 11.1879$$

로 각각 나타났다.

향후에는 특정선로 또는 민원대상이 되거나 송전선로 주변의 사람들이 일정한 기간을 통하여 얼마나 자계에 노출되고 있는지 그 선로의 부하데이터를 조사하면 확인할 수 있도록 하였고 향후 운전되고 있는 전 선로의 모델별로 추가, 검토하여 송전선로에 대한 자기노출량 분포곡선을 도출할 계획이다.

[참고 문헌]

- [1] D.A.Savitz and J.Chen, " Association of Childhood Cancer with Residential Traffic Density", Scandinavian Journal of work & Environmental Health,15,360-3(1989)
- [2] M.Feychting and A. Ahlborn, "Magnetic Fields and Cancer in People Residing near Swedish High-Voltage Power Lines", Am.J.Epidemiol., 138,467-81(1993)
- [3] Transmission Line Reference Book (345kV and above/2nd Edition);pp 329-379. EPRI,1982
- [4] 한국전력공사, "송전선로의 전자계 영향연구(1)",중간 보고서, (1997)