

345[kV] 송전철탑 주변에서 전장과 자장의 측정과 분석

(Measurement and Analysis of Electric and Magnetic Fields near 345 [kV] Transmission Tower)

이복희* · 이승철** · 안창환** · 김형준*** · 전덕규† · 김경석††
(Bok-Hee Lee · Seung-Chil Lee · Chang-Hwan Ahn · Hyoung-Jun Gil ·
Duk-Kyu Jeon · Kyung-Suk Kil)

요 약

본 논문에서는 평판형 전장센서와 멀티턴 루우프형 자장센서를 이용하여 2회선 345[kV] 송전선로에서 발생하는 극저주파 영역(ELF)의 전장과 자장의 값을 측정하고, 이들의 크기를 3차원 그림으로 나타내었다. 또한, 자장은 부하전류에 비례하므로 부하변동에 따른 자장의 값을 예측할 수 있도록 그 송전선로의 대표적인 일부하 전류 곡선을 나타내었다. 선로 중심점으로부터 횡방향 거리에 대한 측정값을 FIELDS 프로그램에 의해 계산된 이론값과 비교하였다. 전장의 세기는 송전 철탑 내부와 주변에서 낮게 나타났고, 자장의 경우 최대값이 나타난 지점은 중부하 회선쪽으로 이동하였으나, 대체로 철탑의 중심부분에서 최대치가 나타나는 경향을 보였다. 송전철탑 주변에서 최대 전장과 자장의 값은 각각 3.5[kV/m]와 20[μ T]를 초과하지 않았으며, 본 연구에서 측정된 전장과 자장의 값은 관련 여러 국제기관에서 제시한 제한·권고치를 만족시키고 있다.

Abstract

In this paper, the measurements of ELF electric and magnetic fields due to double circuit 345[kV] transmission lines are made using planar-type electric field sensor and multiturn loop-type magnetic field sensor, and the magnitudes of electric and magnetic fields are illustrated by a three-dimensional plot. Also, in order to predict the magnetic field strength with load variation, a typical daily load current curves of the transmission lines are displayed because the magnetic field is changed with load current. Experimental results of ELF electric and magnetic fields along center line versus lateral distance are compared with the theoretical values computed by using the FIELDS program. The electric field intensity in and around a transmission tower is lowered, and the greatest point of the magnetic field is shifted to the heavy load line but generally is given the trend that the peak value appear at the central part of the transssmission tower.

*정회원 : 인하대 공대 전기공학과 부교수
**정회원 : 인하대 대학원 전기공학과 박사과정
***정회원 : 인하대 대학원 전기공학과 석사과정

†정회원 : 서울산업대 자동차공학과 조교수
††정회원 : 한국해양대 이공대 전기공학과 조교수
접수일자 : 1998. 1. 12.

The magnitudes of the maximum electric and magnetic fields in the vicinity of a transmission tower are less than 3.5[kV/m] and 20[μ T], respectively. The measured electric and magnetic fields are satisfied with limits and guidelines recommended by various authorized international institutes.

1. 서 론

최근 정보산업이 발달함에 따라 정보·통신기기 등 전자기기의 이용이 넓어지는 추세이며, 전기에너지의 안정적 공급이 요망되고 있다. 이와 같이 생활 수준의 향상으로 수용가에 양질의 전력을 공급하기 위해 송전전압은 초고압화로 운용하여 전력 전송의 신뢰성과 효율성을 높이고 있으며, 더불어 전기에너지의 공간 전송 과정에서 발생하는 전자기장 환경(EMC)에 대한 연구의 필요성이 더욱 중요시 되고 있다. 한편, 전자기장 환경문제가 갖는 또 다른 중요한 의미는 앞으로 대외무역에 있어서 환경 장벽이 될 수 있다는 점이다. 선진국들은 자유경쟁의 시장경제 원리하에서 자국의 우수한 기술력을 바탕으로 후발국들에 대한 경쟁력을 강화시키는 방법으로 각종 전자 기기에서 발생하는 전자기장의 크기를 더욱 강력히 규제할 것이기 때문이다. 특히, 고주파 영역 뿐만 아니라, 최근에는 극저주파 영역(Extremely Low Frequency(ELF) : 3Hz~3kHz)에서의 문제가 검토되고 있다.[1]~[5]

345[kV] 송전 선로를 건설할 때 변전소 및 첩탑 주변과 선로 경과지에 대한 환경 영향 평가시 전자기장의 세기가 민원의 대상으로 되기도 하며, 전파 장애와 안전성의 측면에서도 송전 설비 주변에서의 전자기장과 자장의 측정과 평가는 매우 중요하다. 전력설비로부터 발생하는 상용주파수를 포함한 극저주파 영역의 전자기장에 대한 평가와 그에 대한 적절한 대책을 세우기 위해서는 무엇보다도 우선 발생원으로부터 유도 또는 방사되는 전자기장과 자장의 정확한 계측과 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 가정용 전자기기로부터 초고압 송전설비까지 광범위하게 적용할 수 있고, 응답감도와 저주파 응답특성이 우수한 평판형 전자기센서와 멀티턴 루우프형 자장센서를 이용하여 345[kV] 송전 설비 주변에서의 전자기장과 자장분포를 측정·분석하였다. 또한, FIELDS(프로그래밍) 프로그램을 이용하여 이론적 계산 결과를 산출하고 평방향 거리에 대한 전자기장과 자장의 측정값과

비교하였으며, 전자기장 환경의 영향평가에 관련된 결과를 국제 제한 규정을 바탕으로 검토하였다.

2. 측정장치 및 실험방법

2.1 측정장치

본 연구에서 사용한 3차원 전자기장과 자장의 계측 장치의 동작 원리와 구성에 대해서는 이미 상세히 보고하였다.[6]~[8] 또한 측정범위가 전장의 경우 1[V/m]~199[kV/m]이고, 자장의 경우 0.01[μ T]~2000[μ T]인 상용의 전자기장 측정장치(HI-3604)를 보조적으로 사용하여 측정의 신뢰도를 확보하였다. 주파수 대역은 저역측 차단주파수가 25[Hz]정도이고, 고역측 차단주파수는 1050[Hz]정도이며, 상용주파수의 전자기장과 자장의 측정을 주 대상으로 한다.

2.2 실험 방법

본 실험에서 측정대상으로 한 송전선로의 첩탑은 각도형으로 전기에너지 전송선의 연결 또는 지지를 위한 현수애자장치, 내장애자장치, 아크혼 등의 금구류가 집중적으로 설치되어 있어 그 주변에서의 전자기장은 구조물의 영향이 크고 제한 높이도 비교적 낮아 본 연구에서 측정된 전자기장과 자장의 값이 다른지역보다 높으므로, 전자기장 환경의 영향을 상대적으로 평가하는데 중요한 자료가 될 수 있다.[9]~[13]

그림 1에 측정을 수행한 345[kV] 송전용 첩탑의 개략도를 나타내었으며, 전선의 배열은 3상 2회선 4도체방식(역상수직 및 육각배열)이고, 송전선로가 첩탑의 중심에서 약 10° 정도 기울어져 있으며, 탑각 사이의 거리는 9[m], 최하단 전선 지상고는 23[m]이다. 가공송전선로는 경과지의 지형에 따라 선로의 배치 특히, 지상고가 크게 다르다. 그러므로, 그림 1에 나타난 상도체 사이의 높이는 본 실험이 수행된 특정 장소에서의 대략적인 값이다. 또한, 측정위치 선정은 그림 2에 나타난 것과 같이 첩탑의 탑각 중심에서 4.5[m] 간격의 격자형으로 측정점을 선정하였으며, 첩탑의 중심에서 좌우로 각각 횡방향은

22.5[m], 종방향은 13.5[m]까지 측정점을 선정하여 실험을 수행하였다.

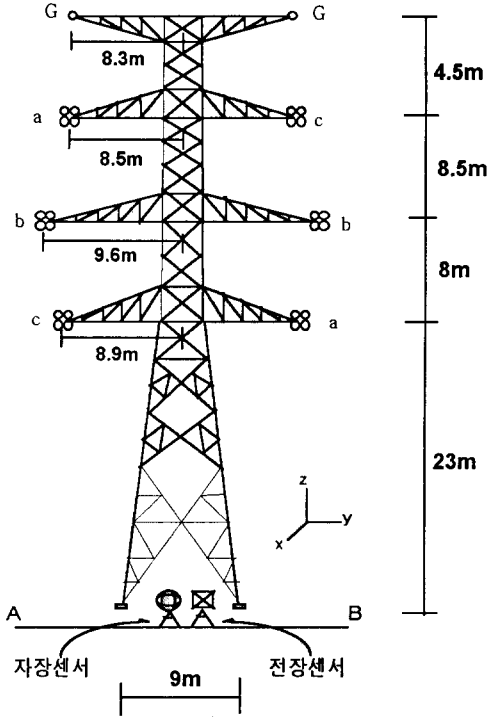


그림 1. 345 [kV] 철탑의 개략도
Fig. 1. Simplified sketch of transmission tower of 345 [kV] lines

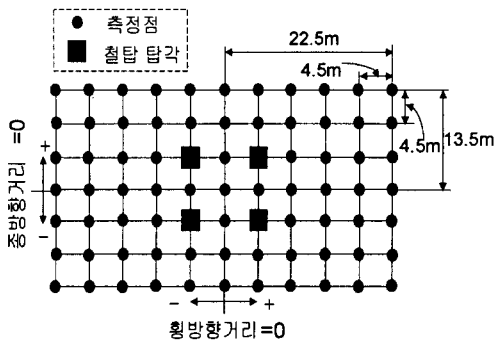


그림 2. 측정위치
Fig. 2. Configuration of measuring position

이때, 종방향 거리를 더 짧게 선정한 이유는 측정 대상 철탑의 주변 지형지물의 제한 때문이며, 또한 종방향보다는 횡방향에 대한 영향의 평가가 각 상도체 사이의 공간적 영향이나 전장과 자장의 분포특성을 파악하는데 적합하기 때문이다.

전장과 자장의 측정을 위한 측정계의 높이는 지표면으로부터 1[m]로 선정 하였으며, 전기설비 기술 기준 제 119조 3항에 명시된 허용 전자장 강도가 지표상 1[m]에서의 값이고, 또한 IEEE에서도 전자장의 측정은 지표상 1[m]에서 수행하도록 권고하고 있으며, 전자장 센서와 측정자 사이의 거리도 2.5[m]이상으로 규정하고 있다.[11] 또한, 자장의 측정시 고려해야 할 사항 즉, 자장의 세기와 분포에 영향을 미치는 요인은 발생원과 측정계 사이의 거리, 발생원의 형상 및 규모, 전류의 세기, 금속체를 비롯한 주변 물체의 근접정도 등이며, 특히 전력 설비나 송전 선로에서는 부하 변동에 따라 전류가 일정하지 않으므로 측정시의 전류를 확인할 필요가 있다.[12]

표 1. 345 (kV) 송전선로의 각 선에 흐르는 전류
Table 1. Each line current of 345 (kV) transmission lines

A	B
609[A]	259[A]

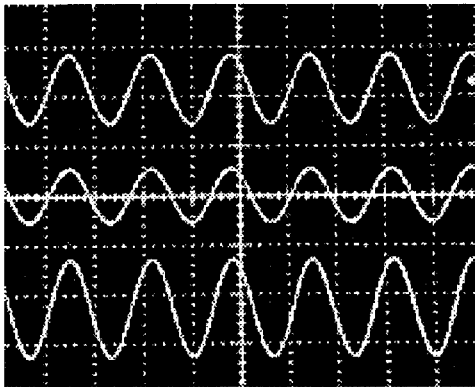
따라서, 측정 당시의 A와 B 회선의 전류를 표 1에 나타내었으며, 측정하는 동안 전류변화는 거의 없었다. 이와 같이, 측정값의 정확도에 영향을 미치는 요인은 대단히 많으며, 또한 이들 요인이 복합적으로 작용하므로 영향의 정도를 정량적으로 평가하기에는 매우 곤란한 문제점을 내포하고 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

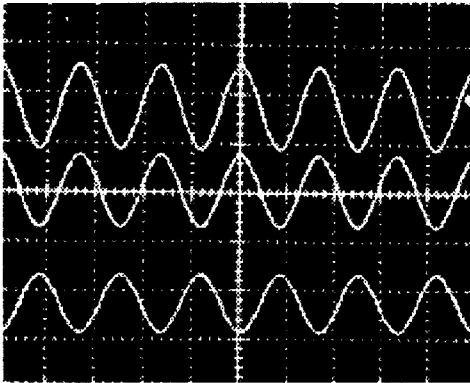
3.1 345 [kV] 철탑주변에서 전장과 자장의 특성

전력계통의 정상운전중에 측정된 철탑 주변에서 전장과 자장의 특성은 그림 3과 같이 주로 60[Hz] 정현파 성분만이 검출되었으며, 고조파 성분은 거의 나타나지 않았다. 전장의 세기는 송전선의 아래 방향인 z축 성분이 가장 크게 나타났으며, 자장의 값은

횡방향 성분 즉 y축 성분이 가장 크게 나타났다.



x(상):3.16[kV/m/div]
y(중):2.92[kV/m/div]
z(하):2.55[kV/m/div]
(a) 전장



x(상):1.45[μT/div]
y(중):4.05[μT/div]
z(하):1.91[μT/div]
(b) 자장

그림 3 철탑 주변에서 측정된 전장과 자장의 파형
Fig. 3 Measured waveforms of electric and magnetic fields near a transmission tower

그림 4에는 345[kV] 철탑 주변에서 전장을 측정된 결과로써 x, y, z축의 세 방향에 대해 3차원으로 측정하고, 식 (1)과 같이 세 방향의 성분을 이용하여 벡터적 합성값의 크기로 나타내었다.

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad (1)$$

여기서 E_x, E_y, E_z 는 각각 x, y, z축 방향의 전장의 세기이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 횡방향에 대한 전장의 분포는 송전선의 배치에 따라 지배적으로 영향을 받으며, 철탑의 중심을 통과하는 횡방향으로 M자 모양의 형상을 보이고 있다. 또한, 철탑 부근에서의 측정치는 커다란 우물 모양으로 전장의 세기가 매우 낮게 나타났으며, 철탑 부근보다는 송전선로 아래에서의 전장강도가 더 강하게 나타남을 알 수 있다.

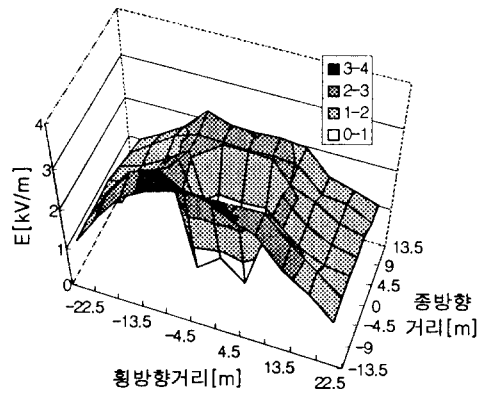


그림 4 345 (kV) 철탑 주변에서의 전장분포의 예
Fig. 4. Examples of electric field distribution near a transmission tower of 345 (kV) lines

따라서, 전장의 세기는 철탑보다는 송전선로 아래에서의 영향을 더 크게 받음을 확인 하였고, 철탑은 그다지 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었으며, 철탑의 내측에서는 오히려 낮은 결과를 나타내었다. 이는 철탑의 양호한 타각접지 등에 의한 정전차폐의 영향으로 판단된다. 송전선로의 횡방향으로 철탑의 중심을 가로지르는 전장분포만을 고려하면, 철탑 중심점에서 횡방향으로 거리가 증가함에 따라 전장의 세기는 증가하다가 송전선로를 기점으로 다시 감소하는 분포를 보이고 있다. 또한, 철탑 중심에서의 전장이 가장 낮은 분포를 보이고 있으며, 타각을 벗어나 중심점에서 종방향의 거리로 멀어질수록 전장의 세기가 높아지다가 더 이상 증가하지 않는 양상

을 보이고 있는데, 이것은 선로를 따라 나타나는 전장의 세기는 전압의 크기에 영향을 받으며, 또한 송전전압은 거의 일정하다고 할 수 있기 때문인 것으로 사료된다.

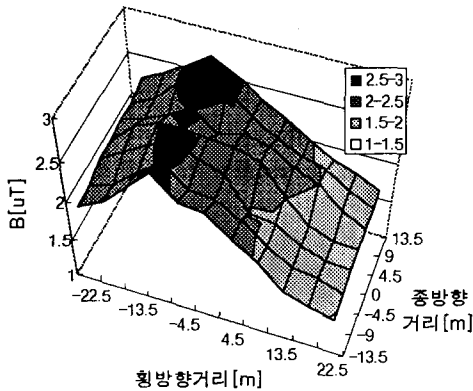


그림 5 345 (kV) 철탑 주변에서의 자장분포의 예
Fig. 5. Examples of magnetic field distribution near a transmission tower of 345 (kV) lines

그림 5는 철탑 주변에서 자장을 측정한 결과로서 전장의 경우와 동일한 위치에서 측정하였으며, 식 (2)와 같이 합성 자속밀도의 크기를 나타내었다.

$$B_{rms} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad (2)$$

여기서 B_x , B_y , B_z 는 각각 x, y, z축 방향의 자장의 값이다.

그림 5의 분포도에서 보듯이 A회선에 더 많은 전류가 흘렀기 때문에 좌측의 A회선 부근에서 더 강한 자장의 값이 나타났으며, 이는 A회선과 B회선의 불평형 전류 및 전력선으로부터의 유도전류에 의한 영상분 전류가 가공지선을 통하여 귀로를 형성하며 흐르기 때문이다. 또한, 횡방향의 자장의 값은 철탑의 중심에서 좌측(-) 횡방향인 A회선쪽에서 최대치를 나타내고, 거리가 증가할수록 감소하는 분포특성을 나타내며, 종방향에 대한 분포는 변화가 미약하고 거의 일정한 양상을 나타내었다. 그리고, 전장의 경우와는 달리 철탑의 중심부에서도 상당한 크기의 자장이 검출되었으며, 최대치를 중심으로 횡방향으로

표 2. 자장의 값에 대한 세계 여러 나라의 규제 현황

Table 2. Magnetic field limits and guidelines of several countries

국명/기관명	자속 밀도 [μT]	비 고	
한 국	.		
미 국	New York	20	125kV ROW 경계
	Florida	20	500kV 1회선 ROW 경계
		25	500kV 2회선 ROW 경계
	15	230kV ROW 경계	
이탈리아	100	ROW 경계	
영 국	2,000	ROW 경계	
구소련	1,750	ROW 경계	
호 주	100	일반인 - 장기	
	1,000	일반인 - 단기	
	500	전문종사자 - 장기	
	5,000	전문종사자-단기(2시간/일)	
스웨덴	0.25	PC 모니터 : 50cm	
IRPA/INIRC	100	일반인 - 24시간/일	
	1,000	일반인 - 수시간/일	
	500	전문종사자 - 장기	
	5,000	전문종사자 - 단기	
	25,000	전문종사자 - 수족	
ACGIH(미) ^a	1,000	60Hz	
NRPB(영) ^b	2,000	60Hz	
VDE(독) ^c	6,000	60Hz	
MIL-Std(미)	2.5	60Hz - 7cm	

a : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

b : National Radiological Protection Board

c : Verband Deutscher Elektrotechniker

나자 형상을 나타내었다. 위의 측정결과로부터 전장과 자장의 크기와 분포에 영향을 미치는 요인으로는 발생원의 형상과 크기, 전압·전류의 크기, 철탑과 금구류와 같은 금속체를 비롯하여 주변물체의 근접 정도 등이며, 특히 전력설비나 송전선로 주변에 철탑, 기기, 금구류와 같은 물체가 근접하여 위치하면 정전 또는 전자유도에 의한 공간 전장이나 자장의 분포가 왜곡됨을 알 수 있었고, 철탑 설계시 이들의 영향을

고려하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그리고, 첩담 주변에서의 전장과 자장의 값은 첩담의 형상과 금구류의 배치상태에 따라 영향을 받으므로 애자장치의 설계 및 배치시에 전장과 자장의 분포를 고려하여 설계하는 것이 합리적이라고 생각된다. 또한 세계 여러 나라의 가공송전선 아래에서의 전장의 세기의 제한값은 문헌 [7]에 수록되어 있으며, 자장의 값에 대한 제한값을 표 2에 나타내었다.[2],[3]

ELF 자장에 대한 제한값은 국가 또는 국제 단체에 따라 각각 다르며, 아직까지 우리나라에서는 자장에 대한 규제값이 규정되어 있지 않으나 머지 않아 이에 대한 규제가 필요하며 규제값도 정해질 전망이다.

3.2 실측값과 계산값의 비교

345[kV] 송전첩담에서 송전선을 가로지르며 측정하는 방법(Lateral profile)을 사용하여 전장과 자장의 최대치가 나타난 횡방향 거리를 기준으로 하여 측정값과 FIELDS 프로그램을 이용한 시뮬레이션 값을 비교하였다. 본 연구에서 측정대상으로 한 송전선로의 도체 직경은 30.42[mm]이고, 4도체의 등가 직경은 353.06[mm]이다. 또한, 가공 지선의 도체 직경은 17.526[mm]이고 그림 1의 배치 상태를 적용하여 계산하였다.

그림 6의 분포와 같이 전장의 세기는 중심점에서 최대치가 나타나면서 양쪽으로 서서히 감소하는 형상을 보이고 있으며 이론적인 계산값과는 측정치가 전장의 세기면에 있어서 약간 다른 분포를 보이고 있다. 이것은 주변의 지지물 및 도체, 심하게 불규칙적인 지형, 방사된 전장에 의한 정전유도 등에 기인한 것으로 판단된다. 특히, 전장의 분포에 있어서 측정값과 이론적 계산값 사이에 약간의 차이가 있는 것은 계산 과정에서 주변에 존재하는 전장의 세기에 영향을 미칠수 있는 모든 요소들이 고려되지 않았기 때문인 것으로 추정된다. 그러나, 측정값과 계산값은 대체적으로 일치하므로 이론적 계산값을 바탕으로 하여 송전 선로의 설계도 가능하며 합리적이라고 볼 수 있다.

자장의 값은 A회선쪽에 더 많은 전류가 흐른 것에 기인하여 그림 7의 분포에서 나타난 것처럼 중부 회선측인 좌측으로 치우쳐서 최대치가 나타남을 알 수 있다. 이는 두 회선간의 전류 불평형에 기인

하여 가공지선에 흐르는 영상분 전류의 영향으로 분포도의 최대치가 중심점에서 좌측(-)방향으로 다소 치우친 것으로 판단된다.

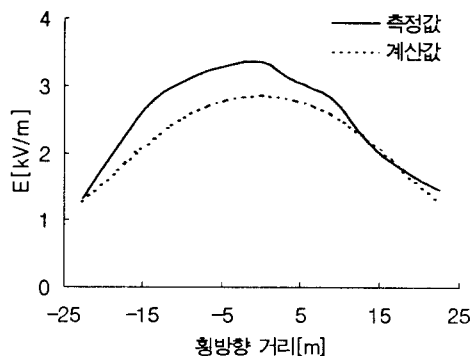


그림 6 전장의 측정값과 계산값의 비교
Fig. 6 Comparison of an experimental value with a calculated value of electric field

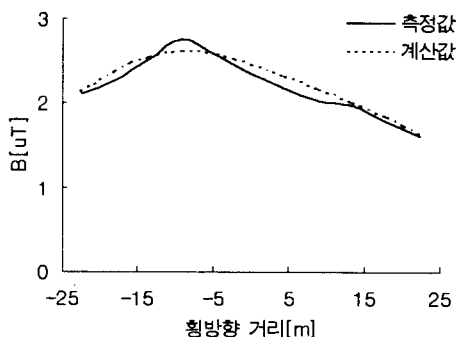


그림 7 자장의 측정값과 계산값의 비교
Fig. 7 Comparison of an experimental value with a calculated value of magnetic field

또한, 송전선로 주변의 자장의 분포는 3상 전류 조건, 도체의 3상 배치, 강자성 구조체의 존재 등으로 인하여 매우 복잡한 양상으로 나타난다고 할 수 있다. 각 회선에 흐르는 전류 변화는 자장에 직접적으로 영향을 미칠 수 있으므로 측정일의 하루 동안의 345[kV] 송전 선로에 대한 각 회선의 전류 변동을 시간에 따라 표시한 일부하 곡선을 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 알 수 있듯이 부하측의 전력 수요에 따라 전류의 분포는 시간에 따라 매우 크게

변화하여 나타나고, 전류의 불평형이 심하게 나타날 수록 자장도 급변하는 전류의 양상에 따라 변화한다고 할 수 있다. 따라서, 전력수요가 가장 컸던 A회선의 18시에는 매우 강한 자장이 발생했을 것으로 추측되며, 반대로 B회선에서는 그 시기에 전류값이 가장 작은 것을 보아 만약 이 때에 측정이 이루어 졌다면 불평형 전류에 따른 자장의 분포는 다른 양상을 보였을 것으로 추정된다.

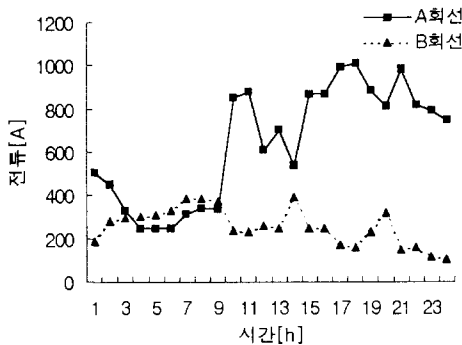


그림 8 345 [kV] 송전 선로의 일부하 전류곡선
Fig. 8 Daily load current curves of the 345 [kV] transmission lines

4. 결 론

본 연구에서는 전장과 자장센서를 이용하여 345[kV] 철탐 주변에서의 전장과 자장의 특성을 측정·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

345[kV] 철탐 주변에서의 전장의 세기는 최대 3.36[kV/m]이었으며, 자장은 전류 100[A]당 최대 0.45[μT]이었다. 전장의 분포 특성은 철탐 내측에서는 우물 모양으로 매우 낮게 나타났으며, 횡방향의 송전 선로측으로 가까워짐에 따라 증가하다가 다시 송전선로에서 멀어지면서 감소하는 특징을 보였다. 종방향에 대한 특성은 철탐 중심과 탑각 부근에서는 낮은 분포를 보이다가 거리가 증가함에 따라 전장의 세기가 커졌으나, 일정거리 이후로는 거의 변동이 없었다. 따라서, 종방향 보다는 횡방향 거리에 대해서 전장의 세기가 더 많은 영향을 받음을 알 수 있다. 그리고, 자장의 분포 특성은 종방향에 대해서는 거의 변화가 없었고, 횡방향에 대하여는 전류값이 더 컸던 회선 부근에서 아주 강하게 나타났으며, 더불어 불평

형 전류에 의해 최대치가 철탐의 중심점에서 좌측(-) 방향으로 많이 이동한 것을 볼 수 있다. 이 때, 자장의 경우에는 전장과는 달리 철탐의 중심점 부근에서도 상당히 강한 자장이 검출되었고, 대체적인 전장의 분포는 M 형태, 자장의 분포는 ∩ 형태를 띠고 있다. 또한, 345[kV] 송전선로에 대한 측정값과 이론적 계산값을 비교·검토한 결과 전장과 자장은 3상 도체의 배치 및 강자성 구조체의 존재, 전류의 불평형 등으로 인하여 분포 양상이 변화함을 알 수 있었고, 측정지점의 지형 및 주변 환경 등에 기인되는 약간의 오차는 발생할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 실험에서 나타난 측정결과는 국내외의 제한·권고치를 충분히 만족시키고 있으며, 일부하 전류곡선에 나타난 일일 최대전류에서도 제한치를 넘지않아 본 철탐의 설치여건은 안전한 것으로 판단된다. 전체적으로 송전철탐 주변에서의 전장의 세기는 접지된 철탐의 금속체의 영향으로 낮아지며, 자장의 세기는 보다 높은 분포를 나타내고 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] E. Zeman, S. Fred, et al., "Investigation of Exposition to Low Frequency Electric and magnetic Fields", 9th ISH, 8338-1~4, 1995
- [2] R. P. Corcoran, "Extremely Low Frequency Exposure Limits Relative to Military Electrical/Electronic System Environments", IEEE Int. EMC Symposium, pp. 62~67, 1992
- [3] William F. Horton, Saul Goldberg, "Power Frequency Magnetic Fields and Public Health", CRC Press, pp.5~23, 1995
- [4] W. Kohler, "Measurement and Calculation of Low Frequency Electric and Magnetic Fields", 9th ISH, 8338-1~4, 1995
- [5] AC fields working group of the IEEE, "An Evaluation of Instrumentation Used to Measure AC Power System Magnetic Fields", IEEE Trans. PD, Vol. 6, No. 1, 1991
- [6] 이복희, 이정기, "345/154[kV] 송변전설비 주변에서의 자장 크기의 측정과 분석", 전기학회 논문지, Vol.46, No.3, pp.414~420, 1997
- [7] 이복희 외, "154[kV] 가공송전선 아래에서 전장분포의 측정과 분석", 조명·전기설비학회지, Vol.11, No.1, pp.92~98, 1997
- [8] 이복희 외 4인, "멀티턴 루우프형 센서를 이용한 3차원 ELF 자장측정계", 센서학회지, Vol.5, No.2, pp.29~36, 1996
- [9] Ronald B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages", John Wiley & Sons, pp.209~213, 376~380, 1989
- [10] R. Maruti, K. M. Srinivasa, M. Kanyakumari, et al., "Electric and Magnetic Fields Around AC Transmission

- Lines and Substations", 9th ISH, 8350-1~4, 1995
- [11] A Report of the IEEE Magnetic Fields Task Force, "An Evaluation of Instrumentation Used to Measure AC Power System Magnetic Fields", IEEE Trans. on Power Delivery Vol. 6, No. 1, January 1991
 - [12] "IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines.", ANSI/IEEE Std. 644-1987, pp.17~21, 1992
 - [13] T. Vihn, T. L. Jones, C. H. Shih, "Magnetic Fields near Overhead Distribution Lines - Measurements and Estimating Technique", IEEE Trans. PD, Vol. 6, No. 2, 1991
 - [14] A. A. Al-Arainy, N. H. Malik, L. N. Abdul-Aal, "Electromagnetic Interference from Transmission Lines Located in Central Region of Saudi Arabia", IEEE Trans. PD, Vol. 4, No. 1, 1989



전 덕 규 (全德圭)
 1962년 2월 9일생. 1985년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학교 대학원 졸업(석사). 1993년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 서울산업대 자동차공학과 조교수.



길 경 석 (吉曠碩)
 1962년 6월 30일생. 1984년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국해양대학교 이 공대 전기공학과 조교수.

◇ 著 者 紹 介 ◇



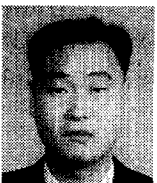
이 복 희 (李福熙)
 1954년 6월 29일생. 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~1989년 일본 동경대학 생산기술 연구소 객원연구원. 1990년~현재 인하대 공대 전기공학과 부교수.



이 승 철 (李承七)
 1943년 4월 1일생. 1971년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 서울산업대 산업대학원 안전공학과 졸업(석사). 1971년~현재 한진건설주식회사 근무. 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.



안 창 환 (安昌煥)
 1959년 11월 4일생. 1983년 원광대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.



김 형 준 (吉亨准)
 1969년 8월 27일생. 1997년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학교 대학원 전기공학과 석사과정.