

Research Paper

고압 송전선로에서 극저주파 자기장 영향평가 적용에 관한 연구

정준식* · 최성호** · 전형진*** · 김윤신* · 홍승철****

한양대학교 보건학과*, 충북대학교 정보통신공학과**,
한국환경정책평가연구원***, 인제대학교 보건안전공학과****

Evaluation of Extremely Low Frequency Magnetic Fields emission Level from High Voltage Transmission Lines

Joon Sig Jung* · Sung Ho Choi** · Hyung Jin Jeon*** ·
Yoon Shin Kim* · Seung Cheol Hong****

Department of Public Health, Hanyang University, Korea*

Department of Computer and Communication Engineering, Chungbuk National University, Korea**

Korea Environment Institute, Korea***

Department of Occupational Health & Safety Engineering, Inje University, Korea****

요약 : 본 연구의 목적은 가공송전선 인접 258개 시설과 120개의 고압 가공송전선, 17개의 지중화 송전선에서 자기장 방출량을 조사하였다. 또한 시뮬레이션을 이용하여 이격거리에 따른 ELF-MF 저감률을 파악하였다.

120개 고압 가공송전선의 전압 형태에 따라 자기장 방출량 조사한 결과, 154kV 고압송전선은 최소 60m, 345kV는 최소 80m, 765kV는 최소 100m 이격거리를 설정해야 고압송전선에서 발생하는 자기장 노출의 위해요인을 사전에 예방할 수 있을 것으로 나타났다. 극저주파 자기장의 방출량 시뮬레이션을 실시한 결과, 154kV의 경우 최대 부하가 걸린 시점에서 40m 이상, 345kV의 경우 60m 이격된 거리에서 4mG 이하로 나타났다. 환경영향평가학적 측면을 감안한 최악의 조건과 앞으로 증가될 전력 부하량을 감안하여 본 연구에서는 고압송전선로 최소 적정 이격거리는 70m 이상이 타당할 것이라 판단된다. 70m 내에 녹지대나 완충구역을 설정하여 수용체가 노출되지 않는 환경을 조성해야 차후 발생할 수 있는 극저주파 자기장 인체 위해성 관련 불안 요인을 제거할 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 극저주파, 자기장, 고압송전선, 지중화 송전선, 방출수준

Abstract : The purpose of this study was to investigate the ELF-MF emission level of various environments such as 258 facilities near located to high voltage transmission lines and 120 high voltage transmission lines, 17 underground cable lines. In addition, ELF-MF reduction rate according to separation distance was calculated by using simulations.

An appropriate separation distance showing below 4mG was at least 70m. In the case of the appropriate separation distance for 120 high voltage transmission lines, 154kV required 20m of separation distance and 345kV required 60m of separation distance. The simulation results showed that the appropriate separation distance showing below 4mG was 40m and 60m for overhead 154kV and 345kV respectively.

To adjust the worst conditions considering the aspects of environmental impact assessment study and the electric power currents that will increase in the future, the appropriate minimum separation distance for HVTL is judged to be above 70m in this study. Thus, there is a need to establish the greenbelt or buffer zone within 70m so as to create an environment in which the receptors are not exposed and thereby eliminate the risk factors of ELF-MF against humans.

Keywords : ELF, MF, High Voltage Transmission Line, Underground Cable Lines, Emission Level

I. 서론

최근 전기·전자제품의 이용 증가는 필수적으로 전력 부하량 증가를 야기하고 있으며, 이에 따라 고압송전선로 건설과 관련하여 사회적 이슈가 점점 증가되고 있는 실정이다. 전력의 안정적인 공급을 위해서는 고압송전선로 건설이 필수적이라는 입장과 고압송전선로에서 발생하는 60Hz 극저주파(ELF: Extremely Low Frequency) 자기장(MF: Magnetic Field) 노출에 따른 건강영향과 재산권 피해라는 입장이 서로 상반되어 논쟁거리의 핵심으로 부각되고 있다. 고압 송전선로 건설과 관련하여 한국전력은 국제비전리방사선보호협회(ICNIRP: International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)의 833mG 기준으로 하여야 한다고 주장하고 있으나, 송전선로 주변에 거주하고 있는 주민은 극저주파 자기장으로 인한 건강상의 위해성을 고려하여 3~4mG의 자기장 노출수준을 주장하기도 하였다(Korea Legislation Research Institute, 2012). 국민권익위원회 자료에 따르면, 고압 송전선로와 관련하여 2005년~2010년까지 제기된 민원의 1,154건 중 16.1%가 극저주파 자기장 피해를 원인으로 지목하고 있는 것으로 나타났다(Anti-Corruption & Civil Rights Commission, 2010). 고압송전선로와 관련한 연구를 살펴본 결과, 고압송전선로 인접에 거주하는 소아들과 백혈병간의 역학연구와 실험실 연구, 세포 및 동물 실험, 임상연구를 통하여 극저주파 대역의 자기장 노출이 인체 위해성(Adverse Health

Effect)이 있을 수 있음을 나타내는 결과가 일부 보고되기도 하였다(Verreault *et al.*, 1990; London *et al.*, 1991; Lovely *et al.*, 1994; Ahlbom *et al.*, 2001; Jung *et al.*, 2012). 2001년 국제암연구소(IARC: International Agency for Research on Cancer)는 주거지에서의 소아 백혈병 연구결과를 바탕으로 수 mG 수준의 극저주파 자기장을 “Group-2b(Possibly carcinogenic to human): 암을 유발할 수 있는 인자”로 분류하였다(International Agency for Research on Cancer, 2001). 2007년에 보고된 세계보건기구(WHO: World Health Organization)의 Environmental Health Criteria에서도 극저주파 자기장에 의한 인체 위해성과 관련하여 확실한 결론을 내리고 있지는 못하고 있으나 “사전주의 원칙(Precautionary Principle)”에 의거하여 노출 감소를 위한 자발적인 노력을 권고하고 있는 실정이다(World Health Organization, 2007).

이처럼 극저주파 자기장 노출에 관한 문제에 대한 사회적 합의 및 향후 노출환경 기준을 설정하기 위해서는 다양한 공간 및 환경에서 발생하는 자기장 방출량의 체계적인 정리가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 고압송전선로 인접 공간에서 발생하는 자기장의 방출량을 파악하고, 이를 토대로 고압송전선로 관련 환경영향평가 적용 시 예측 방법의 기초 자료로 활용함에 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

1) 고압송전선로 인접 건축물 및 가공 고압송전선로

전국에 산재한 가공 고압송전선로(154kV, 345kV) 주변 건축물(병원, 학교, 유치원/어린이집)에서의 자기장 방출량을 조사하였다. 조사 지역은 서울/경기, 강원도, 충청도, 경상도, 전라도 일부지역으로 고압송전선로가 대상 건축물 직하 및 인접 경과하는 곳으로 지속적인 민원과 관심이 높은 지역에서 실시하였다. 측정방법은 대상 건축물 외부에서 내부 순서로 모든 층에서 실시하였으며, 아파트 단지의 경우는 고압송전선로에서 가장 인접한 건축물에서 조사를 실시하였다.

또한 전국 120개 고압 가공송전선로의 전압 형태(154kV, 345kV, 756kV)에 따라 송전선 높이를 구분하여 이격거리별 자기장 방출량을 조사하였다.

2) 고압송전선로 시뮬레이션

극저주파 자기장은 전력 부하량에 따라 방출량 차이가 발생하므로, 특정시점에서 조사가 이루어진 경우에는 방출량이 과소평가 될 개연성이 존재한다. 또한 현재 건축물이 지속적으로 가동된다는 전제하에 최대 부하시 직하 및 등간격 거리 이격 시 예상되는 자기장의 방출량을 예측하는 것이 타당하다. 따라서 본 연구에서는 최대 부하량이 적용하는 경우(최악조건)를 상정하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 조건은 전압형태, 송전 시스템 방식, 지표면과의 송전선로의 최저고도, 최대 부하량(전류량)을 적용하여 한국전력공사의 EMF Calc 프로그램을 이용하여 묘사하였다. 예측에 사용된 시뮬레이션 프로그램은 표준화된 철탑과 운영조건을 기반으로 제작된 이론 모델로 실제 환경에 적용하기에는 한계가 있고, 2차원 공간해석을 하고 있어 실측값과 차이가 발생할 소지가 있어 최종적으로 보정값을 산출하여 적용하였다. 또한 시뮬레이션에서는 전류값으로 적용 할 수 있기 때문에 전력량(MW)을 아래의 식을 이용하여 변환하여 사용하였다.

$$I(A) = P(MW) / (\sqrt{3} \times 345 \times \text{역율}) \times 100 \quad (1)$$

이때 역율을 이론적으로는 1을 대입하나 실제 한국전력에서는 손실율을 감안하여 0.9를 입력하기도 한다. 최종적으로 변환된 전류값으로 판단할 때 역율을 0.9로 적용하는 경우가 자기장 값 예측에 있어 더욱 큰 값을 나타내므로 역율을 0.9로 적용하였다.

지중화 시뮬레이션은 매설깊이, 상배열 등에 따라 지표면에서의 자기장 방출량의 차이가 발생하므로, 사전에 정확한 설계 및 운전조건 등이 수립되어야 정확한 시뮬레이션을 실시할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 현재까지 지중화 사업의 topology가 수립되어 있지 않은 관계로 지상 1m(인체의 중심위치, IEEE 기준을 지표면 계산지점으로 설정하였다. 또한 일반적인 매립깊이인 1.5m를 적용하였으며, 역상배열방식을 채용한다는 전제로 최대 부하시로 시뮬레이션을 실시하였다.

3) 적정 이격거리 설정

현재 국내의 극저주파 인체보호 기준치는 국제비전리방사선보호협회(ICNIRP)의 1998년 기준인 833mG을 준용하고 있으나(International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 1998), 일부 역학 연구의 결과에 따르면 4mG 이상에 노출되는 경우 소아 백혈병 발병이 높다는 결론을 제시하고 있다(Ahlbom *et al.*, 2001). 또한 고압송전선 인접 100m 이내에서 백혈병(Leukemia)진단을 받은 15세 이하의 소아에 대한 역학 연구에서는 4mG 이상의 극저주파 자기장에 노출되었을 때 급성 림프구성 백혈병(Acute Lymphoblastic Leukemia) 발생 가능성은 4.73배(95% CI : 1.44-19.7) 증가하는 것으로 보고된 바 있다(Kabuto *et al.*, 2006). 이처럼 논란의 소지가 많은 극저주파 자기장 노출과 관련하여 세계보건기구(WHO)에서는 인체 위해 가능성과 관련하여 “사전주의 원칙(Precautionary Principle)”에 의거하여 노출량 저감을 위한 저비용 혹은 비용이 들지 않는 방법에 의한 자발적인 저감 노력을 권고하고 있는 실정이다(World Health Organization, 2007). 따라서 본 연구에서는 환경보건학적으로 아직까지 논란의 소지가 많고 과학적으로 확실히 규명되지 않는

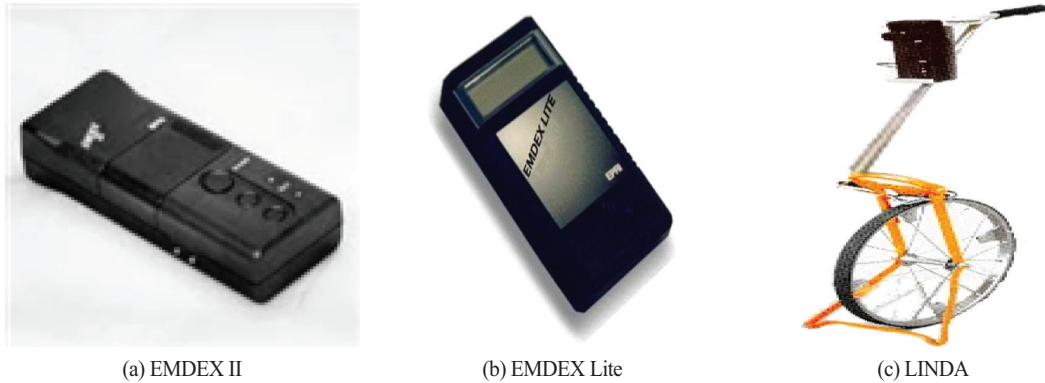


Fig. 1. Photograph of magnetic fields measuring equipments

않았으나, 사전주의 원칙과 선행 연구결과(전인수 등, 2006) 등에 따라서 극저주파 자기장 노출 적정 이격거리의 목표를 4mG 수준으로 설정하였다.

2. 자기장 방출량 측정 및 분석

극저주파(ELF) 대역의 자기장 방출량을 측정하기 위해서 사용한 장비는 EMDEX II(ENERTECH Inc.), EMDEX Lite, EMDEX II-Linear Data Acquisition System이다 (Fig. 1). EMDEX는 미국 EPRI (Electric Power Research Institute)에서 개발한 세 축 방향의 Electric and Magnetic Field Digital Exposure System으로서, 이 기기는 최대의 분석 감도에서 자기장의 경우 0.1mG이고, 최대 분석 가능치는 3,000mG, 측정치의 정확도는 자기장은 $\pm 3\%$ 이다. 측정조건 등의 결정은 Event marker button과 Toggle buttons을 이용하고 측정되는 상황은 LCD 표기창을 통해 볼 수 있다. 측정이 끝나면 주컴퓨터 (main computer)에 전송하고 측정치는 전용 프로그램인 EMCALC 2007에 의해 분석하였다.

3. 통계 분석 및 정도관리

자료의 통계학적 분석은 SPSS version 12.0(SPSS Institute)와 SAS version 8.2(SAS Institute, Cary, NC)을 이용하였다. 고압송전선로에서 발생하는 자기장 방출량 분석은 t-test와 분산분석(ANOVA) 이용하여 차이를 검증하였다. 본 연구에서는 자기장 측정기기 간의 정도관리를 위하여 EMDEX II,

EMDEX LITE를 실험실에서 각 2대를 동일한 조건을 바탕으로 동시에 10회 반복 측정을 하여, 측정기기 극저주파 자기장 값의 일치여부를 확인하였다. 자기장 방출량의 정규성 검정을 실시한 결과 기하분포를 보였으나, 결과 값의 특성을 파악하기 위하여 산술평균(Mean) 및 표준편차(standard deviation, SD), 최소-최대값(Min-Max), 기하평균(geometric mean, GM), 분위수(Percentile, %)로 나타내었다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 고압송전선로 인접 건축물의 자기장 방출량

1) 일반적 특성

건축물 특성에 따라 분류한 결과, 공동주택은 174개, 학교 건축물은 42개, 유치원/어린이집은 31개, 병원은 11개로 나타났다. 송전선로 전압 형태에 따라 분류한 결과, 66kV는 17개, 154kV는 220개, 345kV는 21개로 나타났다. 이격거리별로 분류한 결과, 직하 및 20m 미만 거리에 고압송전선로가 위치한 건축물은 61개, 20~50m는 64개, 50~70m는 118개, 100m 이상인 건축물은 15개로 조사되었다.

2) 자기장 방출량 및 이격거리에 따른 노출 특성

전국 10개 지역의 자기장 방출량을 분석한 결과, 방출량은 $2.9 \pm 3.8\text{mG}$ (GM: 1.6mG)로 나타났다. 도심지인 서울권 20개 건축물의 자기장 방출량은 $6.7 \pm 6.7\text{mG}$ 이며, 비 도심지인 강원권은 $0.8 \pm 0.9\text{mG}$

Table 1. ELF-MF level in accordance with various types of buildings(operating voltage and distance from HVTL)(unit: mG)

| Site | Number of site(%) | 1Range | Mean±2SD | 3GM | P-value | 5th | 25th | 50th | 75th | 95th |
|--------------|-------------------|----------|----------|-----|---------|-----|------|------|------|------|
| Public house | 174(79.1) | 0.1-17.9 | 2.7±3.6 | 1.5 | 0.370 | 0.2 | 0.6 | 1.6 | 3.1 | 11.9 |
| School | 42(19.1) | 0.1-31.1 | 2.6±5.2 | 1.1 | | 0.2 | 0.4 | 1.1 | 1.6 | 9.8 |
| Preschool | 31(14.1) | 0.3-20.8 | 3.5±4.6 | 1.9 | | 0.4 | 1.0 | 1.8 | 3.2 | 16.6 |
| Hospital | 11(11) | 0.5-23.5 | 4.7±6.5 | 2.7 | | 0.5 | 1.3 | 2.4 | 6.3 | - |
| 66kV | 17(6.6) | 0.1-1.8 | 0.7±0.6 | 0.5 | p<0.05 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 1.5 | - |
| 154kV | 220(85.3) | 0.1-31.1 | 3.0±4.3 | 1.5 | | 0.3 | 0.6 | 1.5 | 3.1 | 11.9 |
| 345kV | 21(8.1) | 0.4-16.4 | 3.9±4.2 | 2.5 | | 0.4 | 1.1 | 2.4 | 4.7 | 16.2 |
| D < 20m | 61(23.6) | 0.5-31.1 | 6.7±6.3 | 4.5 | p<0.01 | 0.7 | 2.4 | 4.2 | 9.7 | 20.5 |
| 20 < D < 50m | 64(24.8) | 0.4-16.4 | 3.1±2.7 | 2.3 | | 0.5 | 1.5 | 2.3 | 3.7 | 9.2 |
| 50 < D < 70m | 118(45.7) | 0.1-11.9 | 1.1±1.4 | 0.8 | | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.4 | 2.5 |
| D > 100m | 15(5.8) | 0.1-1.1 | 0.5±0.2 | 0.4 | | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | - |

1Range: minimum and maximum, 2S.D: standard deviation, 3GM: Geometric mean

를 보였다(Table 1). 선행연구에서는 극저주파 자기장으로 인한 건강상의 위해성을 고려하였기 때문에 본 연구에서는 4mG의 자기장 값을 비교하였다. 높은 자기장 수준을 보일 것으로 예상된 고압송전선 인접 지점에서의 측정 결과이기는 하나, 전국적으로 조사 건축물의 75% 이상이 4mG 이상에 노출 되는 것으로 나타났다. 서울권은 50%가 4mG 이상에 노출되었으며, 그 외 강원권과 충남권을 제외한 지역은 조사 건축물의 75% 이상이 4mG 이상에 노출되는 것으로 나타났다.

병원 건축물이 4.7±6.5mG(GM: 2.7mG)로 가장 높은 방출량을 나타내었으나, 유의한 차이는 없으므로 나타났다(p=0.370). 전압 형태에 따라 자기장 방출량을 분석한 결과, 345kV 인접 건축물은 3.9±4.2mG(GM: 2.5mG)로 나타났으며, 각각 66kV, 154kV 인접 건축물 보다 약 5.2배, 약 1.62배 높은 수준을 나타내었다(p<0.05).

이격거리에 따른 자기장 방출량은 거리가 증가할수록 감소율이 각각 51.5%, 33.6%, 50.0%로 나타났다. 20m 이내 건축물의 자기장 방출량은 6.7±6.3mG(GM: 4.5mG), 70m 이격된 거리에서는 1.1±1.4mG(GM: 0.8mG)로 나타났다. 20m 이격된 거리에서 자기장 방출량은 약 50%가 4mG 이상에 노출되는 것으로 나타났다. 50m 이격된 거리에서는 약 75%, 70m 이상 이격된 거리에서는 모두

4mG 이하에 노출되는 것으로 나타내었다. 이격거리에 따른 극저주파 자기장 방출량은 선행연구와 같이 고압송전선로에서 100m 이상 이격된 거리를 유지하면 실내에서 생성되는 결과와 일치하였다(Ministry of Environment, 1997). 미국 국립방사선 방호학회(NRPP: National Council on Radiation and Protection and Measurements)는 앞으로 향후 10년 동안 학교 및 거주지의 극저주파 자기장 노출량을 2mG로 이하로 권고하였으며(Cooper *et al.*, 2002), 미국 California 교육청은 고압송전선로 및 신설 학교는 최소한의 이격거리를 요구하는 가이드라인을 제정 하였다(WHO, 2007). 그러나 본 연구에서는 조사시점이 최대 전기적 부하가 걸리는 시점이 아니므로 자기장 방출량이 과소평가가 될 개연성이 존재한다. 따라서 전기 소모량이 꾸준히 증가하는 현재의 추세를 감안하고 현장에 위치하는 환경민감계층이 이용하는 시설 등의 현장상황을 반영하여 탄력적으로 운용해야 할 필요성도 있다고 판단된다.

Fig. 2는 전체 258개 건축물의 가공송전선로 이격거리와 자기장 방출량의 상관성 분석 결과, R=-0.452로 유의한 차이를 보인 것으로 나타내었다(p<0.01). 154kV, 345kV 고압송전선로는 거리가 증가할수록 통계적으로 유의한 결과를 나타내었으나(p<0.01), 66kV 고압송전선로의 유의한 결과는 나타나지 않았다. 이는 상대적으로 낮은 전압으로 인한

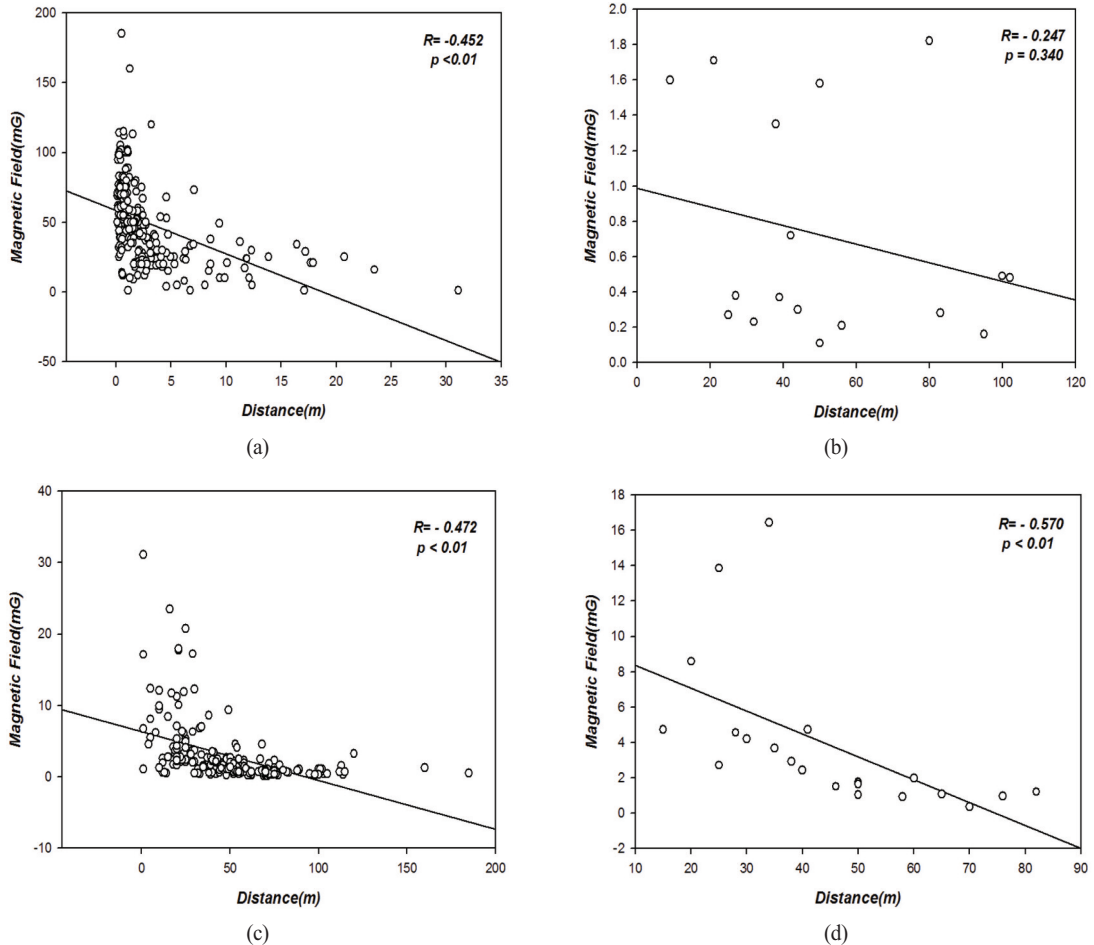


Fig. 2. Correlation of ELF-MF emission level and distance from high voltage transmission line. (a) is total, (b) is 66 kV, (c) is 154 kV, (d) is 345 kV

유효 전류량 값의 제한이 있어 전류량에 비례하는 자기장 방출 특성이 적어지는 결과로 사료된다.

3) 전력 부하량과 자기장 방출량과의 상관성

Fig. 3은 전력 부하량과 자기장 노출과의 상관성을 실시한 결과로 전력 부하량이 높을수록 자기장 방출량이 유의하게 높은 수준으로 나타났다($p < 0.01$). 측정 시 전력 부하량은 $112.06 \pm 128.95A$ 로 조사되었으며, 일일 최대 부하량은 약 1.29배 증가한 $144.2 \pm 173.5A$, 연간 최대 부하량은 약 2배 증가한 $223.17 \pm 283.85A$ 로 나타났다. 자기장 방출량은 전류에 비례하는 특성과 거리의 제곱에 비례하여 감소하는 특성을 보이므로, 대상 건축물 혹은 수용체가

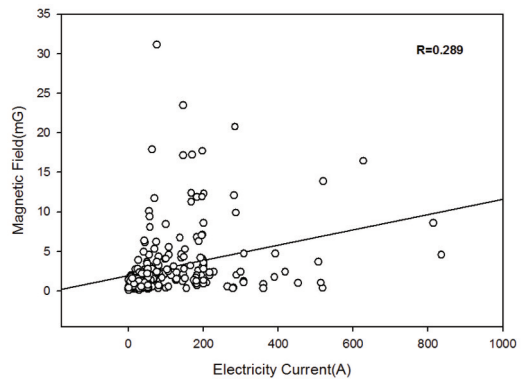
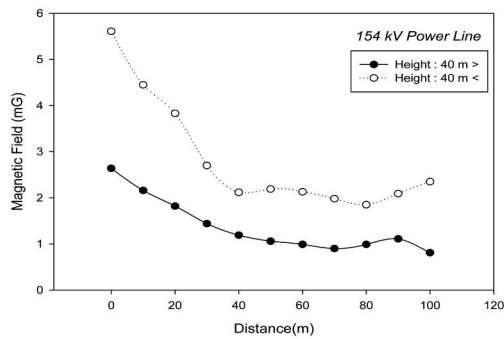


Fig. 3. Correlation of ELF-MF emission level and operating current of high voltage transmission line

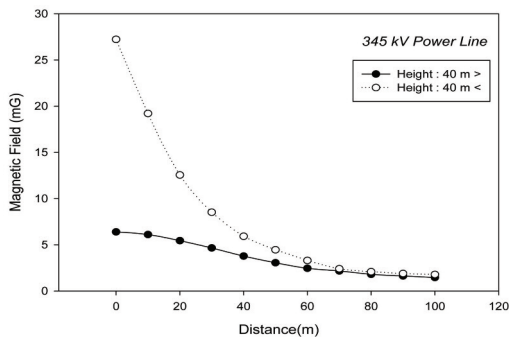
받는 노출량의 결정요인은 전력 부하량과 이격거리가 가장 중요하게 작용함을 알 수 있다.

2. 고압 가공송전선로 자기장 방출량

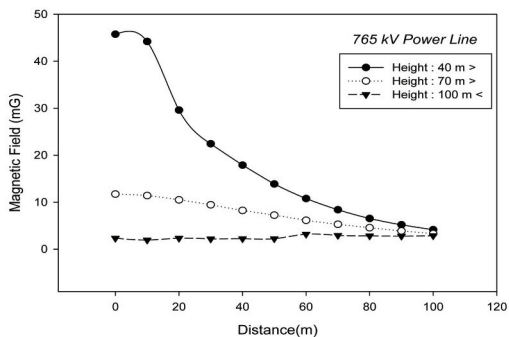
Fig. 4는 전국 120개 고압 가공송전선로의 전압 형태에 따라 이격거리별 자기장 방출량 결과를 나타낸 것이다. 154kV의 직하지점에서 자기장 방출량은 송전선 높이가 40m 이상인 경우는 2.6mG(GM: 1.6mG), 40m 이하인 경우는 5.6mG(GM: 3.4mG)



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. ELF-MF level away from each high voltage transmission line. (a) is ELF-MF level of 154 kV, (b) is ELF-MF level of 345 kV (c) is ELF-MF level of 765 kV

로 나타났다. 345kV의 직하지점에서 자기장 방출량은 송전선 높이가 40m 이상인 경우는 6.4mG(GM: 4.4mG), 40m 이하인 경우는 27.2mG(GM: 18.3mG)로 약 4배 정도의 차이를 보였다. 765kV의 경우는 송전선의 높이가 40m 이하에서는 45.8mG(GM: 36.7mG), 40~100m인 경우는 2.3mG(GM: 1.9mG)로 약 20배 정도의 차이를 나타내었다.

가공 송전선로의 경우는 탐의 높이와 이도, 전력 부하량에 따라 자기장 방출량의 차이가 발생할 수 있지만, 본 연구에서는 송전선의 높이가 40m 이하인 경우 154kV는 약 20m 이격된 거리에서는 4mG 이하의 방출량을 보였으며, 약 60m 이격된 거리에서는 2mG 이하의 방출량을 보인 것으로 나타났다. 345kV 가공 송전선로는 약 60m 이격된 거리에서는 4mG, 약 80m 이격된 거리에서는 2mG 이하의 방출량을 보였다. 765kV 고압송전선로의 경우는 최소 100m 이상 이격된 거리를 유지해야 4mG 이하의 자기장 방출량을 보인 것으로 나타났다. 국외 고압 송전선로와 우리나라의 형태는 상이할 수 있으나, 115kV 및 230kV는 60m 이상 이격거리를 유지해야 4mG 이하로 유지할 수 있으며, 500kV는 90m 이상 유지해야 하는 것으로 본 연구 결과와 일부 일치하는 것으로 나타났다(National Institute of Environmental Health Sciences, 1998).

3. 고압송전선로 시뮬레이션

154kV의 경우 최대 부하가 걸린 시점에서 40m 이상 이격거리에서는 직하지점 자기장 방출량의 약 3.7% 수준인 4mG 이하로 나타났으며, 50m 이격거리에서는 일반 주거건축물에서의 배경수준인 2mG 이하로 나타났다. 최대 70m 이격된 거리에서는 직하에 비교하여 1.0~2.7% 수준을 보인 것으로 나타났다. 345kV의 경우 60m 이격된 거리에서 직하의 6.8% 수준인 4mG 이하로 나타났으며, 약 80m 이격된 거리에서는 2mG 이하로 나타났다(Table 2~3). 최대 80m 이격된 거리에서는 직하에 비교하여 최대 3.4~10.7% 수준을 보인 것으로 나타났다. 2013년 12월 국회에서 통과된 “송·변전설 비 주변지역 보상·

Table 2. Results of ELF-MF level by simulation(154kV power line and underground cable)(unit: mG)

| Distance(m) | 154kV power line | | 154kV Under power line | |
|-------------|------------------|--------------|------------------------|-------------|
| | H:14m | H:10m | Depth 1.5m | |
| | 513A | 409A | 513A | 409 |
| 0 | 51.7 | 35.7 | 42.3 | 29.9 |
| 10 | 28.0 (54.1%) | 15.3 (42.8%) | 2.8 (6.7%) | 1.3 (4.4%) |
| 20 | 9.3 (18.0%) | 7.2 (20.1%) | 0.7 (1.7%) | 0.4 (1.2%) |
| 30 | 3.9 (7.5%) | 4.0 (11.2%) | 0.3 (0.8%) | 0.2 (0.5%) |
| 40 | 2.0 (3.7%) | 2.5 (7.1%) | 0.2 (0.5%) | 0.1 (0.3%) |
| 50 | 1.1 (2.1%) | 1.7 (4.9%) | 0.1 (0.3%) | 0.06 (0.2%) |
| 60 | 0.7 (1.4%) | 1.3 (3.5%) | - | - |
| 70 | 0.5 (1.0%) | 1.0 (2.7%) | - | - |

Table 3. Results of ELF-MF level by simulation(345kV power line and underground cable)(unit: mG)

| Distance(m) | 345 kV power line | | | 345kV Under power line | | |
|-------------|-------------------|-------------|-------------|------------------------|-----------|------------|
| | H:35m | H:25m | H:18m | Depth 1.5m | | |
| | 1,453.4A | 900A | 1,209.9A | 1,453.4A | 900A | 1,209.9A |
| 0 | 16.7 | 22.6 | 62.9 | 141.3 | 85.1 | 227.8 |
| 10 | 15.4(92.3%) | 20.1(89.1%) | 54.6(86.7%) | 9.4(6.8%) | 5.6(6.6%) | 15.7(6.9%) |
| 20 | 12.4(74.1%) | 14.3(63.5%) | 33.3(52.9%) | 2.5(1.7%) | 1.5(1.7%) | 4.1(1.7%) |
| 30 | 9.1(54.5%) | 9.2(40.6%) | 18.4(29.3%) | 1.1(0.8%) | 0.7(0.8%) | 1.8(0.8%) |
| 40 | 6.5(38.7%) | 5.8(25.7%) | 10.6(16.9%) | 0.6(0.4%) | 0.4(0.4%) | 1.0(0.4%) |
| 50 | 4.6(27.4%) | 3.8(16.7%) | 6.6(10.4%) | 0.4(0.3%) | 0.2(0.3%) | 0.7(0.3%) |
| 60 | 3.3(19.6%) | 2.6(11.3%) | 4.3(6.8%) | - | - | - |
| 70 | 2.4(14.3%) | 1.8(7.9%) | 3.0(4.7%) | - | - | - |
| 80 | 1.8(10.7%) | 1.3(5.8%) | 2.2(3.4%) | - | - | - |

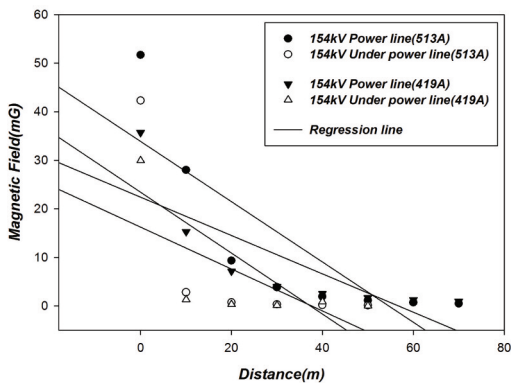


Fig. 5. Comparison of ELF-MF emission levels of high voltage transmission line and underground cable in the same currents(154kV)

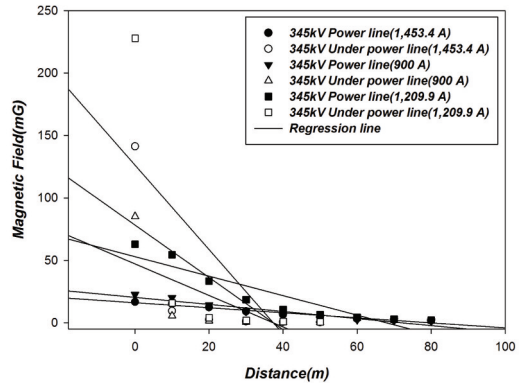


Fig. 6. Comparison of ELF-MF emission levels of high voltage transmission line and underground cable in the same currents(345kV)

지원법에 따르면 신설 345kV의 매수범위는 60m, 신설 765kV는 180m, 기존 345kV의 보상범위는 700m, 신설 765kV는 1,000m로 본 연구결과와 같은 경향을 나타내었다(Electric, Magnetic and

Electromagnetic Field, 2013).

154kV, 345kV 지중송전선로의 시뮬레이션을 실시한 결과, 자기장 방출량은 최대 20m 이상 이격될 경우 우리나라 일일 자기장 노출량 평균 수준인 약

2mG 이하에 도달할 것으로 예측되었다(Jung *et al.*, 2012). 10m 이격된 거리에서 154kV 지중송전선로의 자기장 방출량은 직상지점의 값보다 4.4~6.7%의 수준을 보였으며, 20m 이격된 거리에서는 1.2~1.7%의 수준을 보인 것으로 나타내었다. 10m 이격된 거리에서 345kV 지중송전선로의 자기장 방출량은 직상지점 방출량의 약 6% 수준을 보였으며, 20m 이격된 거리에서는 1.7%의 수준을 보인 것으로 나타내었다. 가공 및 지중 송전선로의 극저주파 자기장의 방출량 시뮬레이션을 실시한 결과, 동일 전력 부하량에서 154kV 가공송전선로는 10m 이격된 거리에서는 최대 약 9배, 345kV 가공송전선로는 10m 이격된 거리에서는 최대 약 13배 정도의 차이를 나타내어 지중 송전선로의 감소 수준이 더 높은 것으로 본 연구에서는 분석되었다(Fig. 5~6). 지중화를 하면 극저주파 자기장 저감 효과가 높은 사유는 매립 시 절연케이블을 사용하기 때문에 전선간의 간격 P(상간거리)를 작게 할 수 있어 자기장 저감률을 높일 수 있기 때문이다.

IV. 결론

258개 건축물 인접 공간에서 극저주파 자기장 방출량을 조사한 결과, 4mG 이하 수준으로 나타난 적정 이격거리는 최소 70m 이상인 것으로 나타났으며, 120개 가공 고압송전선로의 적정 이격거리는 154kV 경우는 20m, 345kV 경우는 60m로 나타났다. 또한 시뮬레이션 결과, 154kV 경우 4mG 이하 수준으로 나타난 적정 이격거리는 40m, 345kV 가공 송전선로의 경우, 적정 이격거리는 60m 로 나타났다. 건축물에서 자기장 방출량이 가공 송전선로의 방출량보다 높은 사유는 측정지점에 영향을 받는 것으로 나타났다. 일반적으로 고압송전선로 인접 건축물에서의 자기장 측정은 건물의 층고(Floor)에 영향을 받기 때문이다. 높은 층으로 올라갈수록 가공 송전선로와 측정지점간의 거리가 짧아지므로 자기장 방출량도 상대적으로 높아지기 때문이다(Hong 등, 2008). 앞서 전술하였듯이 환경영향평가학적 측면을 감안한 최악의 조건과 앞으로 증가될 전력 부하량을 감안하여 본 연구의 결과로 판단할 때 최소 적정 이격거리는 70m

이상이 타당할 것이라 판단된다. 그러나 대규모 택지 조성사업이나 환경적으로 민감한 거주인구가 거주하는 시설의 경우는 일률적인 거리 적용보다는 현상상황이 반영된 보다 정확한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 적정 이격거리를 제시해야 할 것으로 판단된다. 70m 내의 지대는 녹지대나 완충구역을 설정하여 수용체가 노출되지 않는 환경을 조성해야 차후 발생할 수 있는 극저주파 자기장 인체 위해성 관련 불안 요인을 제거할 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

- 국민권익위원회. 2010. (http://info.acrc.go.kr/acrc/board.do?command=searchDetail&menuId=05060201&method=searchDetailViewInc&boardNum=14281&currPageNo=1&confId=29&conConfId=29&conTabId=56&conSearchCol=BOARD_TITLE&conSearchSort=A,BOARD_REG_DATE+DESC%2C+BOARD_NUM+DESC).
- 전인수, 김한나. 2006. 고압송전선로 전자파에 대한 노출범위 설정방안, 한국정책평가연구원.
- 정준식, 김근영, 홍승철, 조용성, 김윤신. 2012. 개인 노출량 조사를 통한 한국인의 극저주파 자기장 노출수준. 한국환경보건학회. 38(1): 18-30.
- 한국법제연구원. 2012. (<http://library.nier.go.kr/search/Detailview.ax?cid=5514267>). 32pp.
- 환경부. 1997. 전자파 인체 권고기준 설정을 위한 조사연구.
- 홍승철, 정준식, 김근영, 박현주, 최성호. 2008. 60Hz 고압송전선로 인접 주거지역의 자기장 노출수준 평가. 한국환경보건학회. 34(1): 27-33.
- Ahlbom, A and M. Feychting. 2001. Current thinking about risks from currents, *Lancet*. 357: 1143-1144.
- Cooper, T.J. 2013. Occupational exposure to

- electric and magnetic fields in the context of the ICNIRP guidelines. Chilton, Didcot, National Radiological Protection Board, NRPB-W24.
- Electric, Magnetic and Electromagnetic Field. 2013. Newsletter. 18: 14-15.
- International Agency for Research on Cancer. 2002. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields(Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80). Lyon, IARC.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. 1998. "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300 GHz)." Health physics. 74: 494-522.
- Kabuto, M., Nitta, H., Yamamoto, S., Yamaguchi, N., Akiba, S., Honda, Y., Hagihara, J., Isaka, K., Saito, T., Ojima, T., Nakamura, Y., Mizoue, T., Ito, S., Eboshida, A., Yamazaki, S., Sokejima, S., Kurokawa, Y., Kubo, O. 2006. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. International Journal of Cancer. 119(3): 643-650.
- London, S.J., Thomas, D.C., Bowman, J.D., Sobel, E., Cheng, T.C., Peters, J.M. 1991. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. American Journal of Epidemiology. 134: 923-937.
- Lovely, R.H., Buschbom, R.L., Slavich, A.L., Anderson, L.E., Hansen, N.H., Wilson, B.W. 1994. Adult Leukemia risk and personal appliances use. : A preliminary study. American Journal of Epidemiology. 140: 510-517.
- National Institute of Environmental Health Sciences. 1998. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. National Institute of Environmental Health Sciences Working Group Report, NIH Publication No 98-3981.
- Verreault, R., Weiss, N.S., Hollenbach, K.A., Strader, C.H., Daling, J.R. 1990. Use of Electric Blankets and Risk of Testicular Cancer. American Journal of Epidemiology. 133(5): 759-762.
- World Health Organization. 2007. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria. 1, 238.

References

- Ministry of Environment. 1997. Research of EMF guidelines for human exposure levels.
- Korea Legislation Research Institute. 2012. (<http://library.nier.go.kr/search/Detailview.ax?cid=5514267>). 32p.
- Anti-Corruption & Civil Rights Commission. 2010. (http://info.acrc.go.kr/acrc/board.do?command=searchDetail&menuId=05060201&method=searchDetailViewInc&boardNum=14281&currPageNo=1&confId=29&conConfId=29&conTabId=56&conSearchCol=BOARD_TITLE&conSearchSort=A.BOARD_REG_DATE+DESC%2C+BOARD_NUM+DESC).
- Ahlbom, A and M. Feychting. 2001. Current thinking about risks from currents,

- Lancet. 357: 1143-1144.
- Cooper, T.J. 2013. Occupational exposure to electric and magnetic fields in the context of the ICNIRP guidelines. Chilton, Didcot, National Radiological Protection Board, NRPB-W24.
- Electric, Magnetic and Electromagnetic Field. 2013. Newsletter. 18: 14-15.
- Hong, Seung Cheol, Joon Sig Jung, Keun Young Kim, Hyun Ju Park, Sung Ho Choi. 2008. Evaluation of the Magnetic Field Exposure Level in 60Hz High Voltage Transmission Lines Nearby Residential Area. Korean Journal of Environmental and Health. 34(1): 27-33.
- International Agency for Research on Cancer. 2002. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields(Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80). Lyon, IARC.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. 1998. "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300 GHz)." Health physics. 74:494-522.
- Jeon, In Soo, Kim, Han Na. 2006. Exposure limits of Magnetic fields in the high-voltage transmission lines, Korea Environmental Institute.
- Jung, Joon Sig, Keun Young Kim, Seung Cheol Hong, Yong Sung Cho, Yoon Shin Kim. 2012. Estimation of ELF-MF Exposure Level of the Korean Population through 24-Hour Personal Exposure, Korean Journal of Environmental and Health. 38(1): 18-30.
- Kabuto, M., Nitta, H., Yamamoto, S., Yamaguchi, N., Akiba, S., Honda, Y., Hagihara, J., Isaka, K., Saito, T., Ojima, T., Nakamura, Y., Mizoue, T., Ito, S., Eboshida, A., Yamazaki, S., Sokejima, S., Kurokawa, Y., Kubo, O. 2006. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. International Journal of Cancer. 119(3):643-650.
- London, S.J., Thomas, D.C., Bowman, J.D., Sobel, E., Cheng, T.C., Peters, J.M. 1991. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. American Journal of Epidemiology. 134: 923-937.
- Lovely, R.H., Buschbom, R.L., Slavich, A.L., Anderson, L.E., Hansen, N.H., Wilson, B.W. 1994. Adult Leukemia risk and personal appliances use. : A preliminary study. American Journal of Epidemiology. 140: 510-517.
- National Institute of Environmental Health Sciences. 1998. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. National Institute of Environmental Health Sciences Working Group Report, NIH Publication No 98-3981.
- Verreault, R., Weiss, N.S., Hollenbach, K.A., Strader, C.H., Daling, J.R. 1990. Use of Electric Blankets and Risk of Testicular Cancer. American Journal of Epidemiology. 133(5): 759-762.
- World Health Organization. 2007. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria. 1, 238.