

전자계 기준 설정에 따른 사회적 비용 고찰

이형한, 유연표, 이희찬
한국전력공사 송변전 건설처*

Consideration for social expenses according to Electromagnetic field exposure standards

Lee hyung-han, Yoo yeon-pyo, Lee heui-chan

Korea electric power corporation Transmission and substation Construction Department

Abstract - 본 논문에서는 향후 우리나라에 전자계 규제가 이루어질 경우 국민이 부담해야하는 사회 경제적 비용을 추정하였다. 여기에서 사회 경제적 비용의 추정은 전자계 규제치를 만족하기 위해 선로 지상고만을 조정하였을때 추가되는 건설비용을 기준으로 한 기초적 검토 결과로써 송전선로 표준 모델을 사용하여 예측한 결과 20 μ T로 기준설정시 부터 사회 경제적 비용이 발생함을 알 수 있었으며, 1.0 μ T로 기준 설정 시에는 약 20조의 추가 비용이 발생할 것으로 예상된다.

- T/L 해석 모형 : 수직 2회선 역상 배열
- 최저 지상고(이도 포함) : 28m(일반 평지 기준)
- 부하 전류
 - 설비 사용률 60% 기준시 : 3,308A/회선
 - 설비 사용률 100% 기준시 : 5,514A/회선

2.1.3. 기본 모델에서의 최대 자기장 해석 결과

- 설비사용률 60% 기준시(3,308A/회선):14.4 μ T
- 설비사용률 100% 기준시(5,514A/회선):24.0 μ T

2.1.4. 자기장 기준 설정에 따른 경제적 비용 산출

- 설비 사용률 60% 기준(3,308A/회선) : 최대자기장 14.4 μ T

(단위: 백만원)

자기장 기준 조건	요구 최저 지상고	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계
83.3 μ T	28m	-	-	-
25.0 μ T	28m	-	-	-
20.0 μ T	28m	-	-	-
15.0 μ T	28m	-	-	-
10.0 μ T	35m	1,766,051	34,979	1,801,030
3.0 μ T	60m	2,001,888	159,904	2,161,792
1.0 μ T	95m	2,332,061	334,799	2,666,860
0.4 μ T	136m	2,718,834	539,676	3,258,510

- 설비 사용률 100% 기준(5,514A/회선) : 최대자기장 24.0 μ T

(단위: 백만원)

자기장 기준 조건	요구 최저 지상고	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계
83.3 μ T	28m	-	-	-
25.0 μ T	28m	-	-	-
20.0 μ T	31m	1,728,317	14,991	1,743,308
15.0 μ T	36m	1,775,484	39,976	1,815,460
10.0 μ T	44m	1,850,952	79,952	1,930,904
3.0 μ T	75m	2,143,391	234,859	2,378,250
1.0 μ T	116m	2,530,164	439,736	2,969,900
0.4 μ T	164m	2,982,972	679,592	3,662,564

신설선로의 경우 (설비 사용률 100% 적용) 1.0 μ T로 기준 설정시 요구 최저 지상고 116m이상을 유지하기 위해서는 첩탑 높이가 183m이상에 달하므로 현실적으로 기술적 및 경관장해 측면에서 첩탑 건설이 곤란하며 지중화도 세계적으로 적용 한 사례가 없고 건설비가 20배 이상 상승하는 점을 감안하면 저감대책으로 적합지 않다. 경과지가 대부분 산악지인 점을 고려하면 별도의 완화된 기준을 적용하는 것이 보다 합리적일 것이며 기설선로의 경우 구조물이 대형이고 높아서 기준 첩탑을 계합하여 지상고를 높일 수 없으므로 기준첩탑을 철거후 신설하여야 하나 신규 송전선로를 건설하는 것보다도 더욱 방대한 규모의 공사가 될 것이다.

1. 서 론

우리는 현재 산업·정보사회란 말이 전혀 어색하지 않은 사회에 살고 있으며, 오늘날 전력은 공기와 마찬가지로 우리의 생활에서 떼어놓을 수 없는 수단이다. 현재 대부분의 장치는 전력을 이용하고 있고, 계속해서 전력의존도가 증가할 것이 틀림없다. 우리나라에서 전력은 주파수가 60Hz인 교류이다. 전력 공급을 위해 설치된 송전선이나 배전선 주위에는 부수적으로 60Hz의 전자기장이 발생되며 목적과 관계없이 전자기장을 방출하는 다양한 전기·전자제품으로 인해 결과적으로 너무나 인공적인 전자기장 환경 속에 살고 있다. 최근 마스크의 많은 관심과 더불어 전자기장의 유·무해에 대한 연구결과들이 발표되고 있으나 아직도 이렇다 할 결론에 이르지 못하고 있는 실정으로 우리나라 뿐만 아니라 대부분의 선진국과 개발도상국에서는 많은 민원과 관심의 대상이 되고 있으며 우리나라 정부 부처 및 국회에서도 관련 기준을 제정하고자 하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 이와 같은 배경을 바탕으로 우리나라의 전자계 기준 설정시 기본 데이터가 되는 송전선로 주변의 전자계 실태를 예측 평가하고 과학적 근거 없이 전자계 규제가 이루어질 경우 국민이 부담해야하는 사회 경제적 비용을 추정하고자 한다. 본 논문에서의 사회 경제적 비용은 전자계 규제가 이루어진다고 가정하고 임의로 상정된 각각의 규제치를 만족하기 위해 선로 지상고를 기준 조건대로 높일 시 추가되는 건설비용을 기준으로 하였다.

2. 송전선로의 사회 경제적 비용 추정

2.1 765kV 송전선로의 경우

2.1.1. 사회적 비용 산출 조건

- 기설 선로
 - 총 공장 : 331 km
 - 표준 공사비(철거비+신설비) : 5,136백만원/km
- 신설 선로
 - 총 공장(2010년 까지) : 300 km
 - 표준 공사비(신설비) : 3,434백만원/km
- 첩탑 높이 1m 증가시 공사비 증가액 : 19백만원/m

2.1.2. 송전선로 전자계 해석 기본 모델

2.1.5. 자기장 기준에 따른 설비사용률
(100%, 5,514A/회선)

자기장 기준	최대 허용 전류값(A)	설비사용률(%)
25.0μT	5,744	100
20.0μT	4,595	83.3
15.0μT	3,446	62.5
10.0μT	2,298	41.7
3.0μT	689	12.5
1.0μT	230	4.2
0.4μT	92	1.7

2.2 345kV 송전선로의 경우

2.2.1. 사회적 비용 산출 조건

- 기설 선로
 - 총 등장 : 3,629 km
 - 표준 공사비(철거비+신설비) : 1,965백만원/km
- 신설 선로
 - 총 등장(2010년 까지) : 586 km
 - 표준 공사비(신설비) : 1,310백만원/km
- 철탑 높이 1m 증가시 공사비 증가액 : 7백만원/m

2.2.2. 송전선로 전자계 해석 기본 모델

- T/L 해석 모형 : 수직 2회선 역상 배열
- 최저 지상고(이도 포함) : 18m(일반 평지 기준)
- 부하 전류
 - 설비 사용률 60% 기준시 : 2,200A/회선
 - 설비 사용률 100% 기준시 : 3,668A/회선

2.2.3. 기본 모델에서의 최대 자기장 해석 결과

- 설비 사용률 60% 기준시(2,200A/회선) : 12.1 μT
- 설비 사용률 100% 기준시(3,668A/회선) : 20.3 μT

2.2.4. 자기장 기준 설정에 따른 경제적 비용 산출

- 설비 사용률 60% 기준(2,200A/회선) : 최대자기장 12.1 μT
(단위: 백만원)

자기장 기준 조건	요구 최저 지상고	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계
83.3μT	18m	-	-	-
25.0μT	18m	-	-	-
20.0μT	18m	-	-	-
15.0μT	18m	-	-	-
10.0μT	20m	7,207,194	8,204	7,215,398
3.0μT	34m	7,740,657	65,632	7,806,289
1.0μT	53m	8,464,643	143,570	8,608,213
0.4μT	75m	9,604,149	233,814	9,837,963

- 설비 사용률 100% 기준(3,668A/회선) : 최대자기장 20.3 μT
(단위: 백만원)

자기장 기준 조건	요구 최저 지상고	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계
83.3μT	18m	-	-	-
25.0μT	18m	-	-	-
20.0μT	19m	7,169,090	4,102	7,173,192
15.0μT	21m	7,245,299	12,306	7,257,605
10.0μT	26m	7,435,821	32,816	7,468,637
3.0μT	42m	8,045,493	98,448	8,143,941
1.0μT	64m	9,184,999	188,692	9,373,691
0.4μT	91m	10,213,821	299,446	10,513,267

신설선로의 경우 요구 최저 지상고 60m이상은 철탑 최

저 높이가 94m이상에 달하므로 구조물 강도를 고려할때 앵글 철탑 적용은 곤란 하므로 765kV 철탑과 같은 강관 철탑으로 시설하는 것을 가정하여 표준공사비 2,048백만원/km을 적용하였다. 다만 경관장해로 인한 민원의 증가 등에 관한 사항은 고려치 않았다. 기설선로의 경우는 기존 철탑을 계단하여 지상고를 높일 수 없으므로 기존철탑을 철거후 신설하여야 하고 요구 최저 지상고 60m이상인 경우는 강관철탑으로 시설하여야 하므로 표준공사비 2,048백만원/km을 적용하였으나 전국에 분포되어 있는 선로를 기준에 맞게 조치하기 위해서는 그 조치 비용 뿐만 아니라 장기간의 공사기간이 소요될 것으로 예상된다.

2.2.5. 자기장 기준에 따른 설비사용률
(100%, 3,668A/회선)

자기장 기준	최대 허용 전류값(A)	설비사용률(%)
25.0μT	4,517	100
20.0μT	3,723	100
15.0μT	2,710	73.9
10.0μT	1,807	49.3
3.0μT	542	14.8
1.0μT	181	4.9
0.4μT	72	2.0

2.3 154kV 송전선로의 경우

2.3.1. 사회적 비용 산출 조건

- 기설 선로
 - 총 등장 : 8,111 km
 - 표준 공사비(철거비+신설비) : 945백만원/km
- 신설 선로
 - 총 등장(2010년 까지) : 1,858 km
 - 표준 공사비(신설비) : 630백만원/km
- 철탑 높이 1m 증가시 공사비 증가액 : 5백만원/m

2.3.2. 송전선로 전자계 해석 기본 모델

- T/L 해석 모형 : 수직 2회선 역상 배열
- 최저 지상고(이도 포함) : 16m(일반 평지 기준)
- 부하 전류
 - 설비 사용률 60% 기준시 : 1,002A/회선
 - 설비 사용률 100% 기준시 : 1,670A/회선

2.3.3. 기본 모델에서의 최대 자기장 해석 결과

- 설비 사용률 60% 기준시(1,002A/회선) : 3.3 μT
- 설비 사용률 100% 기준시(1,670A/회선) : 5.6 μT

2.3.4. 자기장 기준 설정에 따른 경제적 비용 산출

- 설비 사용률 60% 기준(1,002A/회선) : 최대자기장 3.3 μT
(단위: 백만원)

자기장 기준 조건	요구 최저 지상고	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계
83.3μT	16m	-	-	-
25.0μT	16m	-	-	-
20.0μT	16m	-	-	-
15.0μT	16m	-	-	-
10.0μT	16m	-	-	-
3.0μT	17m	7,725,728	9,290	7,735,018
1.0μT	26m	8,273,220	92,900	8,366,120
0.4μT	36m	8,273,220	185,800	8,459,020

- 설비 사용률 100% 기준(1,670A/회선) : 최대자기장 5.6μT
(단위: 백만원)

자기장 기준 조건	요구 최저 지상고	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계
83.3μT	16m	-	-	-
25.0μT	16m	-	-	-
20.0μT	16m	-	-	-
15.0μT	16m	-	-	-
10.0μT	16m	-	-	-
3.0μT	21m	7,969,058	46,450	8,015,508
1.0μT	31m	8,577,383	139,350	8,716,733
0.4μT	44m	8,577,383	260,120	8,837,503

신설선로의 경우 자기장 기준 조건에 따라 철타 높이를 높여 전자계 강도를 저감토록 시공하며, 지중화의 경우는 공사비가 20배 이상 증가하게 되므로 대안으로 고려치 않았으며 기설선로의 경우는 기존 철타를 계탑하여 지상고를 높일 수 없으므로 기존철타를 철거후 신설하여 전자계강도를 저감토록 하여야 하나, 그 조치 비용뿐만 아니라 장기간의 공사기간이 소요될 것으로 예상 된다.

2.3.5. 자기장 기준에 따른 설비사용률 (100%, 1,670A/회선)

자기장 기준	최대 허용 전류값(A)	설비사용률(%)
25.0μT	7,455	100
20.0μT	5,964	100
15.0μT	4,473	100
10.0μT	2,982	100
3.0μT	895	53.6
1.0μT	298	17.8
0.4μT	119	7.1

2.4 자기장기준 설정에 따른 경제적 비용 종합 평가

2.4.1. 설비 사용률 60% 기준시

(단위: 백만원)

자기장 기준	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계	비 고
83.3μT	-	-	-	ICNIRP
25.0μT	-	-	-	미국 플로리다
20.0μT	-	-	-	미국 플로리다
15.0μT	-	-	-	미국 플로리다
10.0μT	8,973,245	43,183	9,016,428	독일평균치기준
3.0μT	17,468,273	234,826	17,703,099	국내환경부 (초안)
1.0μT	19,069,924	571,269	19,641,193	스위스
0.4μT	20,596,203	959,290	21,555,493	이태리 (Target Goal)

2.4.1. 설비 사용률 100% 기준시

(단위: 백만원)

자기장 기준	기설 선로 대체 비용	신설 선로 추가 비용	합 계	비 고
83.3μT	-	-	-	ICNIRP
25.0μT	-	-	-	미국 플로리다
20.0μT	8,897,407	19,093	8,916,500	미국 플로리다
15.0μT	9,020,783	52,282	9,073,065	미국 플로리다
10.0μT	9,305,640	122,762	9,428,402	독일평균치기준
3.0μT	18,157,942	379,757	18,537,699	국내환경부 (초안)
1.0μT	19,991,339	767,778	20,759,117	스위스
0.4μT	21,774,176	1,239,158	23,013,334	이태리 (Target Goal)

2.4.3. 자기장 기준에 따른 설비사용률

자기장 기준	765 kV 설비사용률(%)	345 kV 설비사용률(%)	154 kV 설비사용률(%)
25.0μT	100	100	100
20.0μT	83.3	100	100
15.0μT	62.5	73.9	100
10.0μT	41.7	49.3	100
3.0μT	12.5	14.8	53.6
1.0μT	4.2	4.9	17.8
0.4μT	1.7	2.0	7.1

3. 결 론

본 논문에서는 향후 우리나라에 전자계 규제가 이루어질 경우 국민이 부담해야하는 사회 경제적 비용을 추정하였다. 송전선로 표준 모델을 사용하여 예측한 결과 20 μT로 기준 설정시 부터 경제적 비용이 발생함을 알 수 있었으며, 1.0μT로 기준 설정시 예는 약 20조원의 비용이 발생할 것으로 예상되었다.

신설선로의 경우 설비 사용률 100%를 적용하는 경우 1.0μT로 자기장 기준을 설정시 765kV급은 요구 최저 지상고 116m이상을 유지하기 위해서 철타 높이가 183m이상에 달하여야 하므로 현실적으로 기술적 및 경관상해 측면에서 철타의 건설이 곤란한 실정이며, 345kV급은 요구 최저 지상고 60m이상을 유지하기 위해서는 철타 최저 높이가 94m이상이어야 하므로 앵글 철타 적용은 곤란하여 765kV 철타와 같은 강관철타로 시설하여야 한다. 또한 모든 선로에서 지중화는 기술적으로 어려울 뿐만 아니라 약 20배 이상의 막대한 대책공사비가 요구 된다.

기설선로의 경우는 기존 철타를 계탑 하여 지상고를 높일 수 없으므로 기존철타를 철거 후 신설하여야 하므로 비용 측면에서 뿐만 아니라 전력공급 측면을 고려 할 때 상당기간의 공사기간이 소요되는 등 현실적으로 불가능한 실정이다.

그리고 본 논문에서 사회 경제적 비용 추정은 전자계 규제치를 만족하기 위해 선로 지상고만을 조정하여, 이때 추가적인 건설비용을 기준으로 한 기초적 검토 결과 이므로 향후 다양한 공학적 저감 기술이 개발되면 이에 따른 검토가 필요할 것이다. 선로 지상고만을 조정한 저감 대책은 현실적 한계가 있으므로 수동/능동 Loop를 사용한 저감 기술 등의 다양한 연구 검토가 필요하다고 여겨진다.

(참 고 문 헌)

- [1] T. Takuma, 數値電界 計算法, 1980, Corona.
- [2] Electric Power Research Institute, Transmission Line Reference Book 345 kV and Above," 2nd Ed. chap. 8, (1982).
- [3] Charles Polk, Elliot Postow, "Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields", CRC Press
- [4] Matthew, N. O. Sadiku, "Numerical Techniques in Electromagnetics", CRC Press
- [5] Z. Yan, B. L. Qin, X. Lin, R. Y. Weng, G. Gela "Calculation and measurement of field parameters during live-line maintenance," IEEE Trans. on PWRD, vol. 6, no. 3, pp. 1187-1191, July, 1991.
- [6] Sung Ho Myung, "Analysis of magnetic field distribution around electric power facilities", CRIEPI/KEPRI/KERI Joint Workshop on Electric & Magnetic Field Effects, May 26-27 (1999).
- [7] ICNIRP, " Guidelines On limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation", Reference Book, (1999).