

## 극저주파 전자계 저감을 위한 비용산정에 관한 연구

\*윤병돈, \*신명철, \*서종완, \*\*이복구, \*\*\*김정부  
\*성균관대학교 \*\*영지전문대학 \*\*\*중부대학교

### A Study of cost computation for Extremely Low Frequency electromagnetic Decrease

Yoon Byoung Don, Shin Myong Chul, Seo Jong wan, \*\*Lee Bok Goo, \*\*\*Kim Jung Boo  
\*Sungkyunkwan University \*\*Myongji college \*\*\*Joongbu University

**Abstract** - 송전선로를 통해 전력을 전송하는 과정에서 발생하는 전자계가 주변구조물 또는 인체에 미치는 전기·환경적 유해성에 대한 논의가 1970년대 이후 꾸준히 이루어지고 있다. 송전설비가 지속적으로 대용량 고전압화되고 있는 상황과 맞물려 송전선로 전자계를 저감시키기 위한 다양한 기법들이 연구되고 있다[1]. 본 논문에서는 이러한 연구들을 기반으로 송전선로 전자계 저감을 위한 기법들에 대하여 소개하고, 자체 저감에 따른 계량화된 공학적 비용을 산정하였다. 또한 이를 기반으로 어느 환경에서나 쉽게 실행될 수 있는 GUI기반의 Visual C++을 이용한 최적의 공학적 비용산정 프로그램을 제시하였다.

#### 1. 서 론

오늘날 전력은 공기와 마찬가지로 우리의 생활에서 떼어놓을 수 없는 수단이다. 전력수요의 지속적인 증가와 양질의 전력에 대한 욕구가 높아짐에 따라 전력계통은 보다 대형화 되고 단위 전력설비는 점차 대용량화되고 있다. 아울러 전기설비에 발생하는 전자계에 대한 사회적 또는 법적인 규제도 강화되고 있다. 극저주파(ELF : Extremely Low Frequency) 전자계가 인체의 영향으로 일반인 및 관련 직업종사자들의 지대한 관심과 더불어 상당한 논란이 되고 있어 고압 송전선에서 발생하는 전자계를 대상으로 외국의 최신 연구 및 전자계 인체 영향에 대하여 지속적으로 연구되어 지고 있다. 그러나 전자계의 인체영향에 대한 역학적 연구 결과들이 일관성을 보이지 않아 논란의 소지가 있기는 하지만, 역학적 연구결과로서 극저주파 전자계가 인체 영향에 대한 위험요인일 수 있음을 어느 정도 인지할 수 있기에 이르렀다. 그 결과 많은 나라의 입법기관들이 저주파와 고주파뿐만 아니라 극저주파 영역인 송전선로 전자계에 의해 유발될 수 있는 건강장해에 대한 평가를 요구하고 있고, 어느 정도 수준의 전자계가 인체에 안전한가에 대한 판단을 요구하는 단계에 와있었다. 그러므로 해외자료 인용과 같은 단순한 대응으로는 요구 수준을 충족시키기 어렵고, 송·변전 설비 운영 및 신규 건설 사업의 효율적인 추진을 위해서는 송전선로의 전자계 조사, 전자계 저감기술의 도입 및 연구가 절실하다. 극저주파 전자계 저감 기법에 대하여 공학적비용의 계량화가 부족한 실정이며, 이에 따른 공사비 계량화도 미흡한 실정이다 [1][2].

본 논문에서의 공사비용은 전자계 규제가 이루어진다고 가정하고 조건대로 공사시 추가되는 건설비용을 기준으로 하였다. 앞서 제시한 배경으로 극저주파 전자계 저감을 위한 다양한 기법에 대한 최적의 공학적 비용산정에 관한 프로그램을 제시하고자 한다.

#### 2. 극저주파 전자계 저감을 위한 다양한 기법

전력설비로부터 발생하는 전자계의 인체 영향에 대한 논란은 아직까지 어떠한 결론을 유보한 채 연구가 지속되고 있다. 최근에는 일부 유럽 국가를 중심으로 전자계저감을 위한 연구가 확산되고 있는 추세이다. 이러한 경우 전력설비 전체에 대해서 저감하도록 노력하는 것은 어마어마한 예산과 시간을 필요로 한다. 따라서 특정 지역에서 국한하여 건설 예산의 일정비율 이내에서 저감하도록 하는 경우가 대부분이다. 아직까지 자체 영향에 대한 우리나라의 정책은 뚜렷한 방향을 갖고 있지 않은 것으로 판단되지만 향후 현명한 회피 원칙을 도입할 가능성이 크다[3][4]. 이에 송·변전선로 설비에 적용될 수 있는 다양한 전자계 저감 기법 및 기법들에 대한 공학적 비용 산정에 관하여 살펴보기로 한다.

#### 2.1 지중화

전자계 저감 기법 중 지중화 기법은 기존의 송전선로를 땅 속으로 묻는 방식으로 신도시주변에서 많이 적용되는 방식이다. 지중화 기법은 전선이 땅 속에 묻혀 있을 때, 지상에서 전계는 검출되지 않는다. 대지는 아주 훌륭한 양도체로 볼 수 있기 때문이다. 그렇다고 하더라도 지중화

를 위해서는 필수적으로 절연 케이블을 사용하기 때문에 전계는 원천적으로 발생되지 않는다고 할 수 있다. 반면에 자계는 대지에 의해 차폐가 거의 되지 않는다. 그럼에도 불구하고 지중화를 하면 저감 효과를 기대할 수 있는 것은 절연 케이블을 사용하기 때문에 전선간의 간격을 아주 작게 할 수 있어 자체 저감 효과를 크게 기대할 수 있기 때문이다.

#### 2.2 지상고 증가

극저주파 전자계 노출을 줄이기 위한 다양한 기법 중에서 가장 효과적이면서 단순한 방법은 송배전선로의 지상고를 높여 대상과 이격거리를 확보하는 것이다. 그러나 지상고 기법은 극저주파 전자계 노출을 줄이기 위한 가장 간단한 공사를 할 수 있다는 장점이 있으나 전력계통의 특성상 송배전선로는 전압도에 걸쳐 분포하는 대규모 시스템이며 이미 오랜 기간에 걸쳐 대다수에 의해 사용되어온 기간시설이기 때문에 기존의 송배전선로에 적용하기에는 현실적으로 제약이 크다는 단점이 있다.

#### 2.3 수동루프

수동 도체루프(passive conductor loop)를 설치하는 방식이 주목 받고 있는 이유는 도입 비용과 설치 용이성 면에서 가장 현실성이 높은 것으로 판단되기 때문이다. 도체루프 도입의 기본 목적은 자체를 저감시키기 위한 것이므로 송전선로 주변의 자체 수준을 가급적 낮게 만드는 것이 중요한데 그 방안으로서 도체루프에 커패시터를 직렬로 투입하거나 도체루프를 동시에 다수 설치하여 광범위한 송전선로 주변 영역에 대해 저감성능을 개선하려는 등의 연구가 이루어지고 있다. 그런데 실제 적용에 있어서 자체저감이 요구되는 영역이 선로 주변의 일부 공간으로 국한될 수 있으며 설치에 관한 여러 가지 제약 조건들이 부과될 수 있다. 이를 포함하는 전체적인 도체루프 설계에 관한 문제는 그 적용 형태의 다양성과 결합관계의 복잡성으로 인해 상당히 까다롭다.

#### 2.4 차폐재

전자계를 저감하기 위해서는 효과적인 차폐체가 필요하다. 차폐체에서 가장 중요한 물성은 투자율이며, 투자율이 높은 재료일수록 주위의 자기력선을 더 많이 포함함으로써 주변의 전자계를 더욱 낮추게 된다. 이러한 효과 이외에도 높은 투자율은 재료 내부에 더 큰 유도전류를 발생시켜 주변의 전자계를 더욱 더 낮추게 되는데 전기전도도가 높을수록 더 커진다. 투자율이 높고 전기전도도가 좋은 재료가 양호한 차폐체이다. 이러한 가능성을 가진 재료들은 주로 강자성 금속들이다. 차폐 효율은 전기전도도와 투자율의 곱에 반비례한다. [5].

### 3. 공학적 비용산정

#### 3.1 기법에 따른 공학적비용

< 표 1 > 거리에 따른 지중화 공사비

공사비	종류	(억원/C.km)
지중선로 단가	154 kV XLPE 2000 mm	8
	154 kV XLPE 2500 mm	10
토목 공사비	터널식	100
	개착식	60
	관로식	10

표 1에서는 지중화 기법은 거리에 따라 비례적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 전선을 땅 속에 묻기 때문에 토목 공사비가 부가적으로 증가한다.

$$\text{○ 지중화 공사비} = \Delta D \times (C + U_i) \quad (1)$$

$\Delta D$  : 지중화 공사를 위한 거리  
 $C$  : 송전선로 케이블 단가  
 $U_i$  : 송전선로를 위한 토목공사비  
 $i$  : 토목공사의 종류

식(1)은 지중화 공사시 거리에 따라 토목공사비와 송전선로 케이블 단가의 증가량을 나타낸 것이다. 표 2에서는 전선의 지상고 높이에 따라 철탑의 높이가 비례적으로 높아지는 것을 볼 수 있다.

< 표 2 > 철탑 높이에 따른 지상고 공사비

전선 지상고 (m)	철탑 높이 (m)	개략 공사비 (백만원)
15	25	614
19	29	646
21	31	663
28	38	761
31	41	810
38	48	924
44	54	1,021
50	60	1,151
56	66	1,316
62	72	1,514
68	78	1,741
74	84	2,089

$$\text{○ 지상고 공사비} = \Delta H + E(H) \quad (2)$$

$\Delta H$  : 지상고에 따른 철탑 공사비  
 $E(\Delta P)$  : 철탑 높이에 따른 자재 및 추가공사비

식(2)는 지상고 증가에 따라 철탑높이가 높에 따라 추가 공사비가 증가한다는 것을 알 수 있다. 표 3은 수동루프 공사시 거리에 따라 Loop의 길이도 증가하며, 무효전력 보상기 및 Loop 거치대를 위한 추가적인 공사가 필요하다는 것을 나타내었다.

< 표 3 > 수동루프 공사비

자재	종류	개략 공사비 (천원)
Loop	CN/CV	10
	CN/CV-W	12
무효전력보상기	500KV	250
	250KV	175
Loop 거치대	10M	287
	12M	241
	14M	161
	16M	117

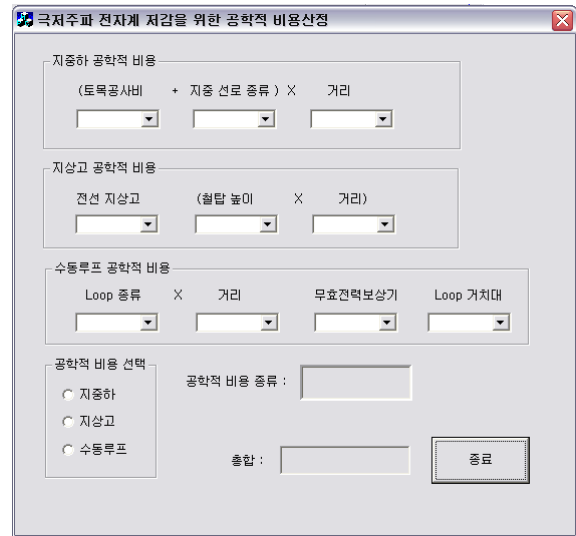
$$\text{○ 수동루프 공사비} = (L_i \times \Delta D) + C_j + \Delta T \quad (3)$$

$L_i$  : Loop 종류에 따른 공사비  
 $\Delta D$  : 길이  
 $\Delta T$  : 길이에 따른 Loop 거치대 공사비  
 $C_j$  : 보상기 종류에 따른 공사비

### 3.2 공학적 비용 산정에 관한 프로그램

앞서 제시한 극저주파 전자계 저감을 위한 다양한 기법에 대해 제시가 되고 있지만 이에 대한 공학적비용의 계량화된 연구가 부족한 실정이다. 기존에 극저주파 전자계 저감을 위한 시뮬레이션은 MatLab을 사용하였으나, 어느 환경에서나 실행 할 수 있는 하나의 실행 프로그램으로

극저주파 전자계 저감을 위한 계량화된 공학적 비용산정에 관한 프로그램을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 공학적 비용산정 프로그램을 이용하여 지역에 맞는 극저주파 전자계 저감을 위한 공사를 결정 후 최적의 공학적 비용을 도출해 낼 수 있다.



<그림 1> 극저주파 전자계 저감을 위한 공사비산정 프로그램

그림 1에서 보는 바와 같이 각 Tap은 기법에 따라 분류해 최적의 공학적 비용을 알기 쉽게 하였다. 각각의 기법들의 공학적 비용을 한 눈에 비교할 수 있도록 표현하였다. 각각의 입력 값은 데이터베이스를 이용하여 저장하도록 하여 연속적인 비교분석을 할 수 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 극저주파 전자계 저감을 위한 기법에 관하여 해외자료 인용과 같은 단순한 대응으로는 요구 수준을 충족시키기 어렵고, 송·변전 설비 운영 및 신규 건설 사업의 효율적인 추진을 위해서는 송전선로의 전자계 조사, 전자계 저감기술의 도입 및 연구가 절실하다. 아직까지 극저주파 전자계의 인체 영향으로 인하여 극저주파 전자계 저감을 위한 각종의 연구가 행해지고 있으며 특히 송전선로에서 발생하는 극저주파 전자계 저감을 위한 다양한 기법들이 제시되고 있다. 그러나 극저주파 전자계 저감 기법에 대하여 공학적비용의 계량화가 부족한 실정이며, 이에 따른 공학적비용의 계량화도 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 공학적비용 산정에 관하여 어느 환경에서나 실행될 수 있는 GUI 프로그램을 개발하였다. 앞서 제시한 GUI 기반의 공학적비용 산정 프로그램을 통하여 송전선로에 해당하는 극저주파 전자계 저감을 위한 공학적 비용 산정을 쉽게 계산 할 수 있게 되었다.

## Acknowledgement

This work was supported by Korea Electrical Engineering & Science Research Institute.

## [참 고 문 헌]

- [1] "송전선로 전자계 영향연구(1)", 최종보고서, 1999
- [2] M.L. Hiles, R.G. Olsen, K.C. Holte, D.R. Jensen, K.L. Griffing, "Power Frequency Magnetic Field Management using a Combination of Active and Passive Shielding Technology", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13, No. 1, pp.171-179, January 1998.
- [3] R.A. Walling, J.J. Paserba, C.W. Burns, "Series-Capacitor Compensated Shield Scheme for Enhanced Mitigation of Transmission Line Magnetic Fields", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 1, pp. 461-469, January 1993.
- [4] 장상진, "송전선 자체저감 대책 및 전자파 정책 방향에 관한 연구", 단국대학교 석사학위 논문, 2001
- [5] 김중형, "송전선로의 전자계 저감을 위한 다중 도체루프의 최적 위치에 관한 연구", 성균관대학교 박사학위 논문, 2003.10