

가공송전선로에 의한 자계환경영향 검토 및 수동루프에 의한 자계저감효과 검토

정승용\*, 임운석\*, 이상화\*, 구자운\*, 이동일\*\*  
 한양대학교\*, 한국전력공사 전력연구원\*\*

An Investigation on the Environmental Effect of the Magnetic Field due to Overhead Transmission Line

Seungyong Jeong\*, Yunsok Lim\*, Sangwha Lee\*, Jayoon Koo\*, Dongil Lee\*\*  
 Hanyang University\*, Korea Electric Power Research Institute\*\*

**Abstract** - 송전선로 주변의 전자계 노출은 소아들의 암 발생/사망과 성인의 암 등 여러 가지 질병 발생 가능성이 항상 있으므로 전자계 노출을 장기간 계속적으로 받고 있는 환경을 관찰하는 것이 가장 중요하다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 연구기반을 형성하기 위해 송전 선로의 모델과 현장 실측을 통해 송전선로 자계치를 계산하여 시뮬레이션 하고자한다. 시뮬레이션을 통해 산출된 자계치를 이용하여 최근 효과적인 자계 저감책으로 보고되고 있는 수동루프에 의한 자계저감효과를 검토하고자 한다. 입력된 데이터는 765kV 실 송전선로를 모델로 사용하였으며, 자계의 계산 및 수동 루프에 의한 자계 저감 효과를 알아보기 위해서 미국 EPRI에서 개발한 자계 계산 전용 프로그램인 EMF Modeler를 이용하였다. 먼저 송전선로에 의해 발생하는 자계의 원리를 서술하였으며, 수동 루프를 통한 자계 감소 정도를 수식으로 유도하였고, EMF Modeler를 통하여 송전선 주변의 자계 분포 및 수동루프에 의한 자계 저감 효과를 각각 확인하였다.

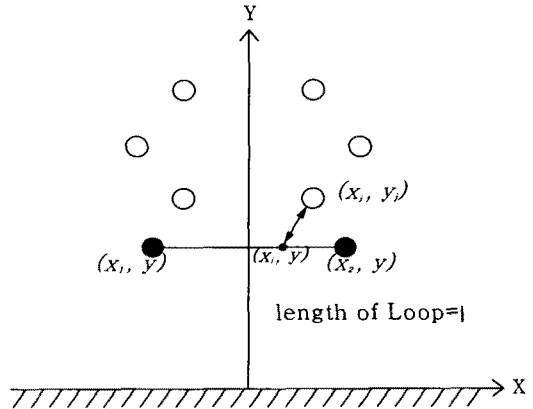


그림 1 수동 루프를 채용한 송전선로 단면도

1. 서 론

전력수요의 증가에 따라 전력설비 또한 꾸준히 대용량화 되고 있으며, 또한 최근 환경 및 건강에 대한 문제가 사회적으로 크게 부각됨에 따라 전력설비로부터 발생하는 전자계에 대한 유해성 논란과 전기환경에 대한 규제가 강화되고 있다. 특히 전자계로부터의 노출은 적으면 적응수준 좋다는 "현명한 회피(Prudent Avoidance) 정책" - 스위스의 경우 10mG까지의 전자계 규제 - 이 도입되면 전력산업 또한 큰 어려움에 직면하게 될 것이다. 본 논문에서는 전자계 저감을 위한 효과적이고 다양한 기법들 중 가공 송전선로에서 발생하는 자계를 저감시키는 방법으로 제시되고 있는 수동루프에 대해 연구해 보고자 한다. 수동루프에 의한 자계저감 방법은 소요비용이 적고, 설치가 용이할 뿐 아니라 적절한 저감효과도 제공할 수 있다고 판단되고 있다. 따라서, 수동루프를 적용함으로써 얻을 수 있는 자계 저감 효과를 체계적이고 정량적으로 확인해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 수동루프에 의한 자계저감

수동 루프를 사용한 자계저감 원리를 다음 그림 1의 송전선로 모델에서 설명한다. 그림 1은 6개의 상도체 아래에 상도체에 의한 자계 자속을 상쇄시키기 위한 2개의 보조도체를 페루프 형태로 적용한 구조의 단면도이다.

기본 원리는 상도체의 자속에 의하여 페루프에 전압이 유기되면 유도전류가 흐르게 되는데 이 유도전류에 의한 자속이 원래 상도체의 자속을 상쇄시켜 지표면 근처의 자계를 저감시키게 된다. 먼저, 송전선로 전류  $I_j$ 에 의한 자속이 수동 루프에 쇄교하는 자속은 다음 식(1)과 같이 주어진다.

$$\Phi = \oint_s \vec{B}_s \cdot d\vec{s} \tag{1}$$

실제 송전선로는 다상 시스템이므로 각 상의 크기와 위상을 고려하면 전체 자속  $\Phi_{total}$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$\Phi_{total} = \sum_{i=1}^n \Phi_i e^{j\theta_i} \tag{2}$$

이때 Faraday's law으로부터, 루프 도체의 유도전압은 다음 식(3)과 같이 주어진다.

$$V_{loop} = -\frac{d}{dt} \Phi_{total} \tag{3}$$

수동 루프의 유도전류  $I_{loop}$ 는 유도전압  $V_{loop}$ 와 루프 임피던스  $Z_{loop}$ 에 의해 다음 식(4)와 같이 결정된다.

$$I_{loop} = \frac{V_{loop}}{Z_{loop}} \quad (4)$$

루프 임피던스  $Z_{loop}$ 는 저항  $R_{loop}$  와 자기인덕턴스  $L_{loop}$ 로 표현되며 그 관계식은 다음과 같다.

$$Z_{loop} = \sqrt{R_{loop}^2 + \omega^2 L_{loop}^2}$$

$$\theta_{Z_{loop}} = \tan^{-1}(\omega L_{loop} / R_{loop}) \quad (5)$$

여기서  $\theta_{Z_{loop}}$ 는 위상각을 나타낸다.

원래 상도체 의한 임의의 계산점  $P(x, y)$ 에서 자계를  $H_o(x, y)$ 라 하고, 보조 도체에 의한 자계를  $H_a(x, y)$ 라 하면, 완화된 자계  $H_m(x, y)$ 은 결국 다음 식(6)과 같이 주어진다.

$$\vec{H}_m = \vec{H}_o + \vec{H}_a \quad (6)$$

## 2.2 송전선로 주변의 자기장 해석

가공 송전선에 의한 자기장 분포를 알아보기 위해, 765kV 송전선로 1경간, 부하전류는 2600A, 해석지점의 높이는 지표면 위 1m로 하였다. 상배치 및 지표로부터의 거리는 그림 2와 같다.

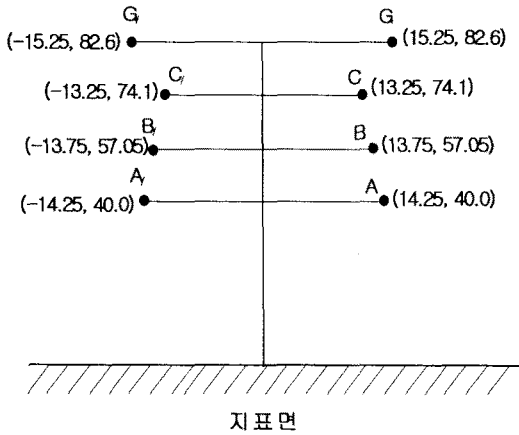


그림 2 송전선로 상배치 및 지표로부터의 거리

## 2.3 수동루프의 적용에 의한 자계 저감

765 kV급 송전선로의 상배열과 부하전류 조건은 그림 3과 같다. 보조 도체는 765 kV 송전선로의 소도체로 사용되는 Cardinal 도체를 사용하였으며 이때 직경은 3.037[cm]이고 저항은 0.062 [ $\Omega/km$ ]이다.

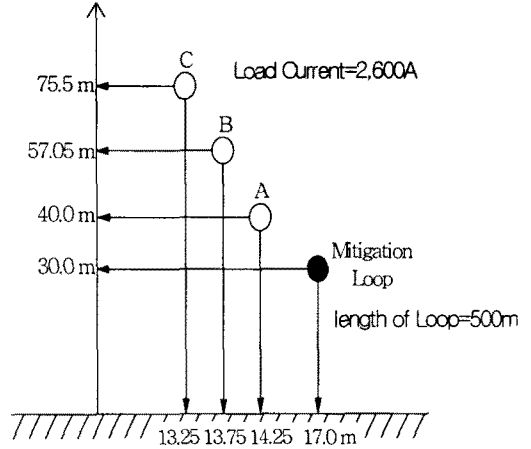


그림 3 765 kV 송전선로의 기하학적 구조

다음은 수동 루프를 설치하기 전후의 자계 저감 효과를 분석하였다. 그림 4는 루프의 높이를 30m로 고정시켰을 때 지표면 위 1m 지점에서 루프의 폭에 따른 자계 저감 효과를 철탑의 중심을 기준으로 -50m부터 50m까지의 측면상에서 분석하여 나타낸 그림이다. 그림 5는 루프의 자계 저감 효과를 X=30m 지점에서의 높이에 따른 저감 효과를 나타낸 그림이다. 그 결과 자계 저감 효과는 철탑의 중심부근에서 효과가 30% 정도로 가장 클 수 있다. 그리고 수직 패턴상에서는 수평 패턴에 비해 효과가 작았으며 위의 모델에서는 80m 이상이 되면 불리하게 작용하였다.

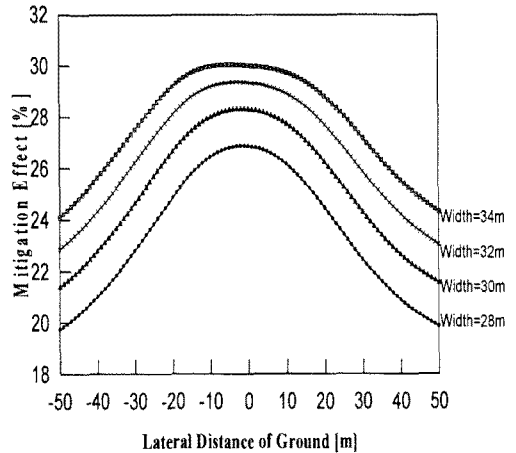


그림 4 지표면 위 1[m]지점에서의 자계 저감 효과 (루프의 높이 고정=30m)

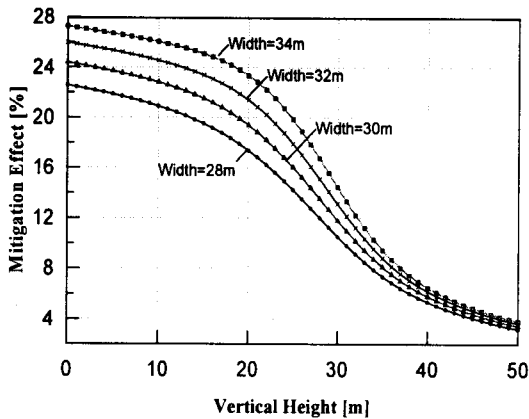


그림 5 높이에 따른 자계 저감 효과  
(루프의 높이 고정=30m, X=30m)

위 결과로부터 수동 루프는 34m 폭을 가진 루프를 30m 높이에 설치하는 것이 효과적임을 알 수 있었으며, 수동 루프를 설치하였을 때와 같은 자계 저감 효과를 얻기 위해서 철탑의 지상고를 7m정도 올려야 하는 것으로 판명되었으며 그 결과를 그림 6에 나타내었다.

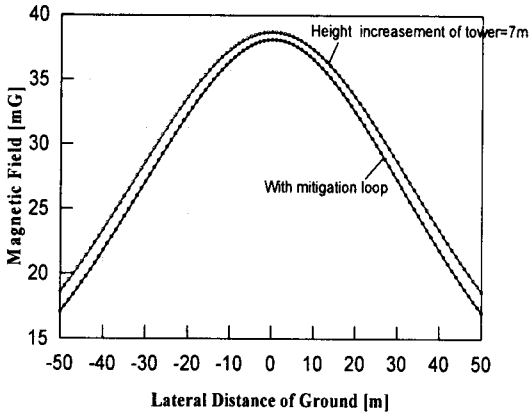


그림 6 자계 저감 대책 기술에 따른 효과 분석

### 3. 결 론

본 논문에서는 최근 선진국에서 활발히 연구중인 EMF 차폐 대책의 일환인 수동 루프에 대한 이론적 분석 방법을 기술하고, 송전선로 자계 저감 효과를 실제 우리나라 765 kV가공송전선로 모델을 모의하여 정량적 효과를 분석하였다.

그 결과 수동 루프를 채용한 경우 자계 저감 효과는 루프의 설치 조건에 따라 상당한 차이가 있었으며 자계 저감 효과는 철탑의 중심부근에서 30% 정도로 가장 큼을 알 수 있었다. 그리고 수직 패턴상에서는 수평 패턴에 비해 효과가 작았으며 80m 이상이 되면 오히려 불리하게 작용하였다. 그러나 생물체는 주로 지표면 부근에서 자계에 노출되므로 수평 패턴에 의한 효과가 주관점

이 되므로 실용적인 면에서는 수동 루프가 전력설비의 유효한 대책임을 확인하였다. 또한, 수동 루프를 설치하였을 때와 같은 자계 저감 효과를 얻기 위해서는 765 kV 송전선로의 경우 철탑의 지상고를 7m정도 올려야 하는 것으로 판명되었다.

이러한 수동루프에 의한 자계저감 방식은 기존 철탑에 약간의 구조적 변경을 가하여 도체 루프를 설치하면 되기 때문에 실현이 용이하고 비용이 저렴하다. 그러나, 이러한 수동루프가 모의할 때와 같이 송전선로 아래쪽에 설치될 경우 대지와와의 이격거리가 감소하고, 철탑의 하중이 증가하여 적용에 제한을 받을 수 있는 문제점이 있다. 따라서 수동루프 도입을 위해서는 자계저감효과 뿐만 아니라 전력손실 등 여러 다항한 문제점을 해결하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 문경찬, "노이즈 종합대책", 성안당, 1996
- [2] 한국전기연구원, "EMI 기초연구", 1987
- [3] 정용기, "전기설비 핵심 기초기술", 1996
- [4] 최홍규, "전력사용시설물 설비 및 설계", 성안당, 1999
- [5] IEEE Recommended Practices and Requirements for harmonic Control in Electric Power System, IEEE Std-519, 1992