

송전선로 전자계 저감 Field Reduction Factor 분석

명성호*, 조연규*, 정영호**, 이동일**, 신구용**, 유연표***
 *한국전기연구원, **한국전력연구원, ***한국전력공사

Analysis on Magnetic Field Reduction Factor of Transmission Lines

S.H.Myung*, Y.G.Cho*, Y.H.JUNG**, D.I.Lee**, G.Y.Sin**, Y.P.Yoo***

*Korea Electrotechnology Research Institute, **Korea Electric Power Research Institute, ***Korea Electric Power Company

Abstract - 본 연구에서는 우리나라의 송전선로에 주로 적용하고 있는 역상수직 2회선 배열을 기본 모델로 하여 다양한 저감 설계기술 적용시의 FRF(Field Reduction Factor)를 구하는데 중점을 두었다. 검토한 결과로는 신규선로 저감기술로서는 송전선로의 경우 지상고 증가, Compact Tower개발, Diamond Tower의 채용, 일부 구간의 Transposed 선로배치 등이 우리나라에서 적용 가능한 후보군으로 분석되었다.

1. 서 론

산업의 발달과 국민소득의 증대 및 정보화의 발달은 곧 전력수요의 증가로 이어지고 이에 따라 전기를 생산하는 발전소, 이를 수송하고 배분하는 송변전설비의 건설은 필연적인 수밖에 없다. 그러나 아직까지 송변전 설비에서 발생하는 전자계(EMF)의 인체 유해성에 대해서 많은 논란이 되고 있는데 과학적으로는 규명되지 못하고 있지만, 전자계의 인체에 대한 영향은 간접적인 경험에서 생긴 인식으로 주로 마스크를 포함한 언론 매체를 통해 전자계환경은 해롭다는 인식이 형성되어 전력 설비의 전자계 저감대책의 필요성이 증대되고 있다.

우리나라의 송전선로는 전자계에 유리한 2회선 역상 배열을 채택하고 있으나 현재의 시스템으로는 전자계를 줄일 수 있는 한계가 있다. 송전선로의 기하학적 구조인 철탑형상 및 선로배치의 설계여부에 따라 자기장이 바뀌게 되므로, 본 연구에서는 저감모델 설계의 핵심 파라미터인 자기장 저감효과(Field Reduction Factor)를 정량적으로 분석하였다. 본 연구에서는 우리나라의 송전선로에 주로 적용하고 있는 역상수직 2회선 배열을 기본 모델로 하여 다양한 저감 설계기술 적용시의 FRF(Field Reduction Factor)를 구하는데 중점을 두었다. 그러나 이러한 저감기술의 실제 적용은 경제성 대비 저감효과 분석, 절연 설계, 작업자 유지보수 등 다양한 요소가 존재하므로 실제 적용을 위해서는 이러한 부분에 대한 추가 검토가 필요하다.

2. 본 론

2.1. 송배전선로 3차원 자기장 해석

자기장을 계산하는 방법은 여러 가지가 있으나, 일반적으로 전력선에 의한 자기장을 구하는 데는 Biot-Savart's law에 기반을 둔 적분식을 대수식으로 변환한 해석식(Analytic Equation)을 사용한다. 그림 1에서 임의의 방향으로 놓인 유한 도선에 의한 자기장은 아래 식(1)과 같이 표현된다.

$$H = \frac{I}{4\pi} \frac{c \times a}{|c \times a|^2} \left(\frac{a \cdot c}{|c|} - \frac{a \cdot b}{|b|} \right) [A/m] \quad (1)$$

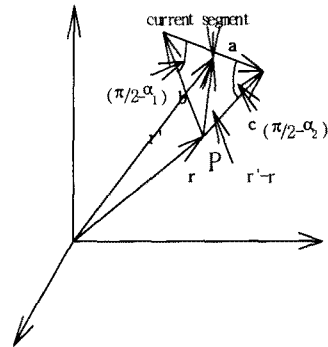


그림 1. 유한 도선의 위치벡터들

r: 계산점의 위치 벡터
 r': 계산점과 계산점과의 수직인 선사이의 위치 벡터

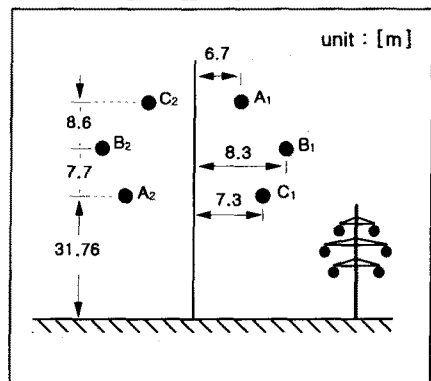
2.2. 송배전선로 적용 자기장 저감 설계기술

본 연구에서는 우리나라의 송전선로에 주로 적용하고 있는 역상수직 2회선 배열을 기본 모델로 하여 다양한 저감 설계기술 적용시의 FRF(Field Reduction Factor)를 구하였다.

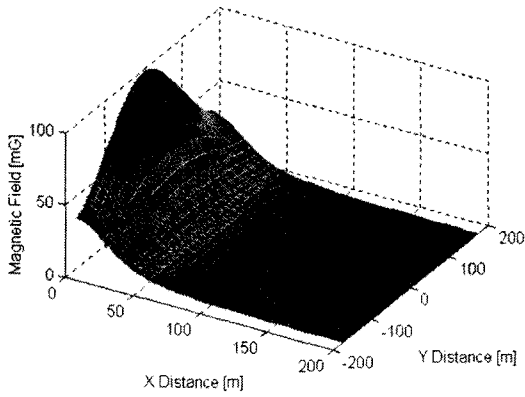
2.2.1. 기본 모델

그림 2와 같은 기본 모델의 데이터는 아래와 같으며 (345kV 송전선로 참조) 이때 선로하 지상 1m 지점에서 이도를 고려한 자기장 분포를 같이 나타내었다.

| 상배열 | 부하전류 | Span 간격 | 최저 지상고 |
|-----------|--------|---------|--------|
| 역상 수직 2회선 | 2,000A | 350m | 18m |



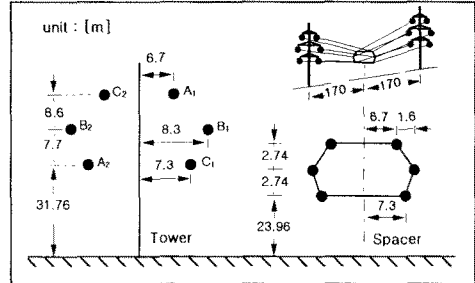
(a) 기본 모델(2,000A)



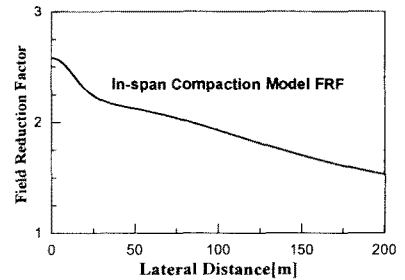
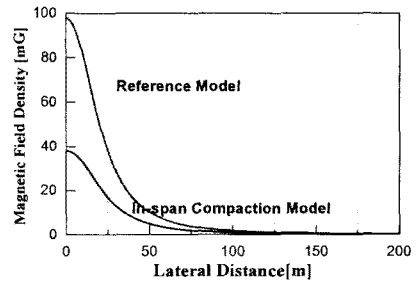
(b) 지상 1m 지점에서 이도를 고려한 자기장 분포
그림 2. 기본 모델 및 자기장 분포도

2.2.3. In-span Compaction 모델

In-span compaction 모델은 최대이도 지점에서 상하 상간거리를 최소한의 공기절연 거리만 이격시키면 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같은 모델에서 기본 모델 대비 자기장 값은 그림 4의 (b)와 같으며 FRF는 최대 2.6(62% 자기장 저감)까지 이르렀으나 거리가 멀어질수록 감소하였다.



(a) In-span compaction 모델

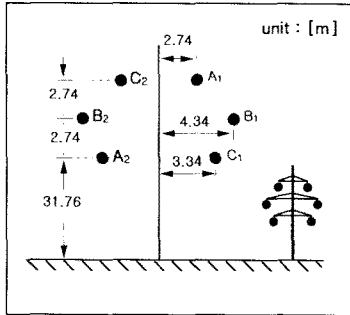


(b) 기본 모델 대비 자기장 비교 및 FRF

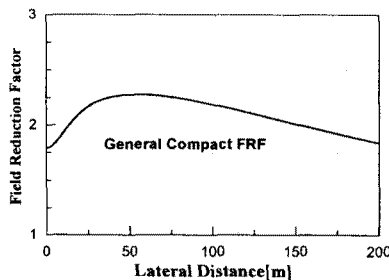
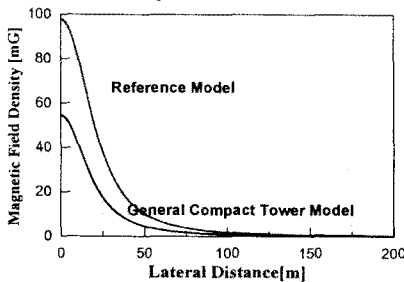
그림 4. In-span compaction 모델 설계 및 자기장 비교

2.2.2. Compact Tower 모델

Compact Tower 모형은 그림 3의 (a)와 같이 최소한의 공기절연 거리만 이격시켜 애자를 특수 절연암으로 대체하는 것으로, 상간 거리를 줄어 flux의 상쇄효과 커지므로 결국 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 값은 그림 3의 (b)와 같으며 FRF는 최대 2.3(56% 자기장 저감)까지 이르는 것으로 분석되었다.



(a) Compact Tower 모델

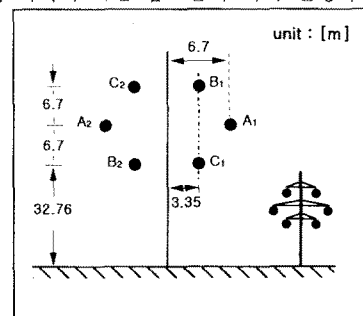


(b) 기본 모델 대비 자기장 비교 및 FRF

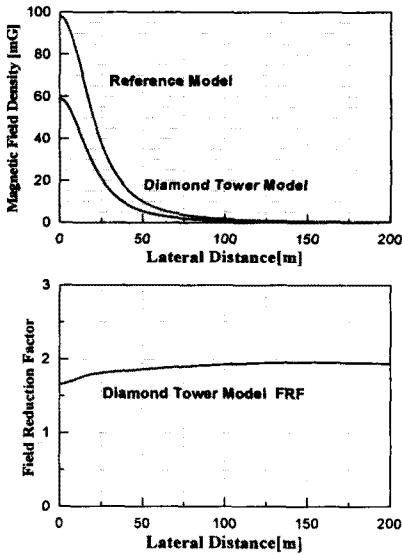
그림 3. Compact Tower 모델 설계 및 자기장 비교

2.2.4. Diamond Tower 모델

Diamond Tower 모델은 그림 5의 (a)와 같이 선로 상 배치를 육각형 다이아몬드 형태가 되도록 완전 대칭형으로 하면 상간의 flux의 상쇄효과로 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같은 모델에서 자기장 값은 그림 5의 (b)와 같으며 FRF는 최대 2(50% 자기장 저감)이며 거리에 따른 감소율이 거의 일정하다.



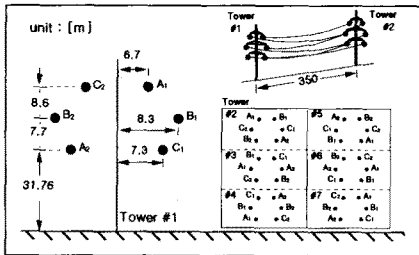
(a) Diamond Tower 모델



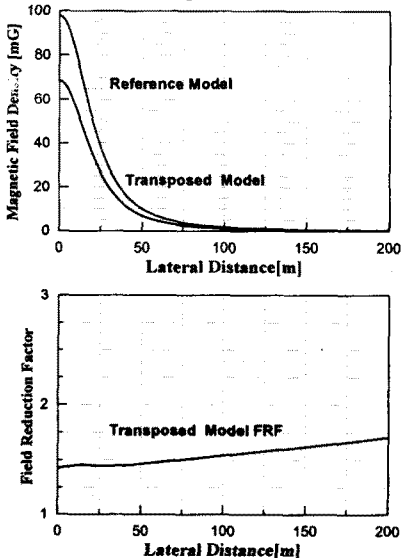
(b) 기본 모델 대비 자기장 비교 및 FRF
그림 5. Diamond Tower 모델 설계 및 자기장 비교

2.2.5. Transposed 모델

Transposed 모형은 철탑에서 상을 배치할 때 한 상씩 이웃 상으로 자리바꿈 하여 mid-span영역에서 상간의 거리를 줄이면 그림 6의 (b)와 같이 FRF가 최대 1.8(45% 자기장 저감)까지 이르며 거리가 멀어질수록 증가하는 것이 특징이다.



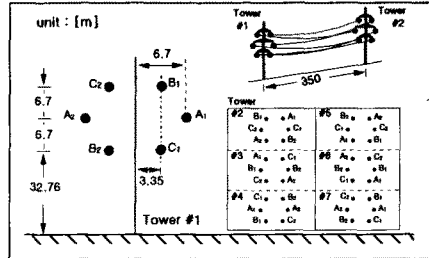
(a) Transposed 모델



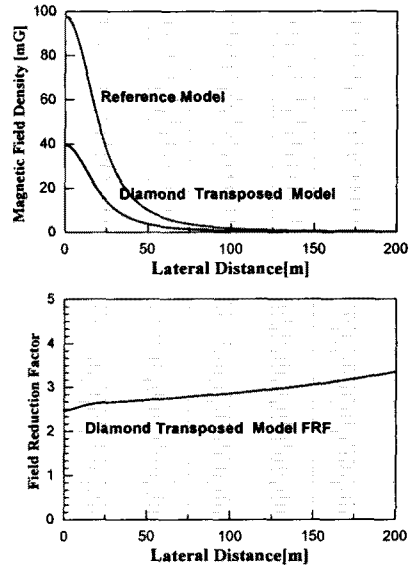
(b) 기본 모델 대비 자기장 비교 및 FRF
그림 6. Transposed 모델 설계 및 자기장 비교

2.2.6. Diamond Transposed 모델

이 모형은 Diamond형 설계의 잇점과 Transposed 설계의 잇점이 중첩되어 상간의 flux의 상쇄효과 매우 커져 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 값은 그림 7의 (b)와 같으며 FRF는 최대 3(67% 자기장 저감)까지 이르는 좋은 효과를 보여주었다.



(a) Diamond Transposed 모델



(b) 기본 모델 대비 자기장 비교 및 FRF
그림 7. Transposed 모델 설계 및 자기장 비교

3. 결론

본 연구에서는 Biot-Savart's law에 기반을 해석식 (Analytic Equation)을 사용한 3차원 자기장 계산 프로그램을 이용하여 전자계 저감 핵심 설계요소인 자기장 저감효과(Field Reduction Factor)를 정량적으로 분석하였다. 우리나라의 송전선로에 주로 적용하고 있는 역상 수직 2회선 배열을 기본 모델로 하여 다양한 저감 설계 기술 적용시의 FRF(Field Reduction Factor)를 구하였으며 검토한 결과로는 신규선로 저감기술로서는 송전선로의 경우 지상고 증가, Compact Tower 개발, Diamond Tower의 채용, 일부 구간간의 Transposed 선로배치 등이 우리나라에서 적용 가능한 후보군으로 분석되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] SCE, "EMF Design Guidelines for New Electrical Facility", 1994.
- [2] EPRI, "Passive shielding System for the NYPA 345 kV Lines", Final Report, 1998.