

# 송전 선로 극저주파 자기장 저감지수(FRF) 특성 해석

## Analysis of ELF Magnetic Field Reduction Factor of Electric Power Transmission Line

명성호 · 조연규 · 이동일\* · 임윤석\*

Sung-Ho Myung · Yeon-Gyu Cho · Dong-Il Lee\* · Yun-Seok Lim\*

### 요 약

본 연구는 송전 선로 여러 가지 유형의 극저주파 자기장 저감 적용 모델을 조사하고 그 효과를 분석하였다. 본 연구에서는 154 kV 수평 배열 송전 선로를 기본으로 하여 적용 가능한 다양한 자기장 저감 모델에 대하여 적용시 얻게 되는 자기장 저감지수(Field Reduction Factor)를 검토하였다. 그 결과 compact 모델 채용시에는 상간 거리 compact화 비율과 자기장 저감지수가 거의 비례하였으며, diamond 모델 및 transposed 선로 배치의 경우는 50 %에 근접한 자기장 저감이 가능하였다. 배전 선로에 적용이 가능한 삼각형 배열은 33 % 정도, 2회선 split는 50 % 정도 저감 효과가 나타나는 것으로 분석되었으며 수평 multi split 모델의 경우는 80 %까지 자기장 저감을 얻을 수 있었다.

### Abstract

This paper examined electric power transmission line models of reducing ELF(Extremely Low Frequency) magnetic field and analyzed the effects about models. In this research, FRF(Field Reduction Factor) of various models reducing magnetic field were analyzed compared to the horizontal 154 kV transmission line. As a result, the reduction ratio of magnetic field was almost proportioned to the compaction of phase-to-phase distance, and in case of diamond model and transposed model, magnetic field was able to be reduced nearly 50 %. It was analyzed that the magnetic field reduction ratio of triangle model was about 33 % and the magnetic field reduction ratio of split model was able to be reduced to 50 %. Especially, the magnetic field reduction ratio of multi split model could be reduced to 80 %.

Key words : ELF, Magnetic Field, Transmission Line, Distribution Line, Field Reduction Factor

## I. 서 론

WHO “사전주의 정책”의 확산 등으로 전자계 기준이 엄격해지면 송전 선로의 자기장을 공공시설 부근에서는 저감시켜야 하는데 가공 선로는 차폐 재료로써 해결이 안되므로 자기장 저감형으로 한다. 현재도 미국, 스웨덴, 이태리, 스위스 등에서 자기장 저감 기술을 송전 선로에 일부 채용하고 있으며 유럽에서도 CIGRE를 중심으로 working 그룹을 결성해 전

문적인 활동을 하고 있다. 저감 기술의 실제 적용에는 경제성 대비 효과 분석, 절연 설계, 작업자 유지 보수 등 다양한 요소가 존재하지만 본 논문에서는 저감 설계의 핵심 요소인 자기장 저감지수(field reduction factor) 분석을 목적으로 한다.

## II. 3차원 ELF 자기장 계산 및 저감 원리

### 2-1 3차원 ELF 자기장 계산

한국전기연구원(Korea Electrotechnology Research Institute)

\*전력연구원(Korea Electric Power Research Institute)

· 논문 번호 : 20061009-124

· 수정완료일자 : 2006년 10월 31일

자기장을 계산하는 방법은 여러 가지가 있으나, 그 중에서도 대표적인 방법이 유한 요소법(finite element method)이다. 무한 경계면에 대한 문제에서도 유한 요소법의 적용이 가능하나 많은 영역 분할로 인한 변수의 개수 증가와 가상 경계면의 가정 때문에 전력선에 의한 자기장을 구하는 데는 부적합하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Biot-Savart's law에 기반을 둔 적분식을 대수식으로 변환한 해석식(analytic equation)을 사용하였다. 3차원 자계 계산의 기본은 Biot-Savart 법칙의 적용이다. 그림 1과 같이 아주 작은 전류소  $i d\vec{l}$ 로부터  $r$  만큼 떨어진 지점  $P$ 에서의 자기장  $d\vec{B}$ 는 다음과 같다.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1)$$

적분의 용이성을 위해 직교 좌표계를 그림 2와 같이 원통 좌표계로 바꾸면 아래의 관계를 이용하여 식 (1)은 식 (2)와 같이 변환된다.

$$\begin{aligned} \vec{\rho} &= \rho \vec{u}_\rho, \quad \vec{z} = z \vec{u}_z, \\ \vec{r} &= \vec{\rho} - \vec{z} = \rho \vec{u}_\rho - z \vec{u}_z, \\ r^2 &= \rho^2 + z^2, \quad d\vec{l} = dz \vec{u}_z, \\ d\vec{l} \times \vec{r} &= \rho dz \vec{u}_\rho \times \vec{u}_z = \rho dz \vec{u}_\phi \\ d\vec{B} &= \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{\rho dz \vec{u}_\phi}{(\rho^2 + z^2)^{3/2}} \end{aligned} \quad (2)$$

그림 3과 같이 유한 직선 전선  $i\Delta\vec{l}$ 에 의한 자기장은 식 (2)의 적분으로 얻어지는 식 (3)과 같은 형태가 된다.

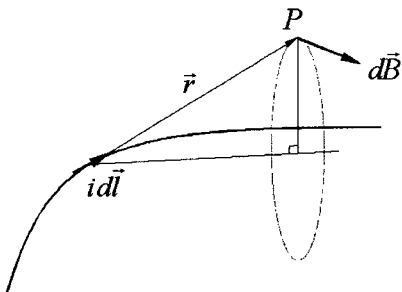


그림 1. 전류소  $i d\vec{l}$ 에 의해 나타나는 자기장  
Fig. 1. Magnetic field due to an infinitesimal electric current source  $i d\vec{l}$ .

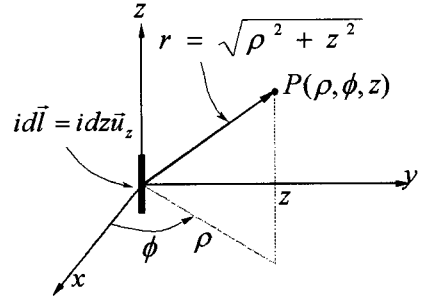


그림 2.  $i d\vec{l}$ 의 원통 좌표계로의 전환  
Fig. 2. Transformation from rectangular to cylindrical coordinates.

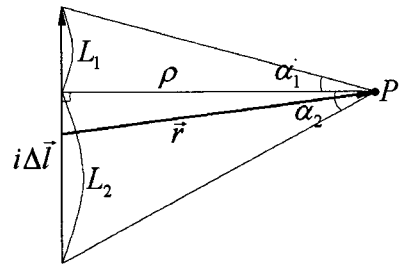


그림 3.  $i\Delta\vec{l}$ 에 의해 나타나는 자기장의 계산  
Fig. 3. Magnetic field computation due to a finite line conductor  $i\Delta\vec{l}$ .

$$B = \frac{\mu_0 i \vec{u}_\phi}{4\pi\rho} (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2) \quad (3)$$

식 (3)을 이용하면 공간의 임의 곡선에 대해서도 특정 위치에 발생하는 자기장의 크기를 구할 수 있다.

### 2-2 상 배치에 따른 자기장 특성

식 (3)을 무한 직선으로 가정하면 식 (4) 및 식 (5)와 같이 표현된다.

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i}{\rho} \quad [\text{Tesla}] \quad (4)$$

$$= \frac{2i}{\rho} \quad [\text{mG}] \quad (5)$$

그러나 송전 선로와 같이 상(phase)이 다른 여러 가지 도체가 공존할 때 자기장의 벡터 상쇄에 의해 식 (5)는 다르게 표현된다. 그림 4의 (b)와 같이 두 개의 전선이 다른 방향으로 전류가 흐르고 있을 때 R 만

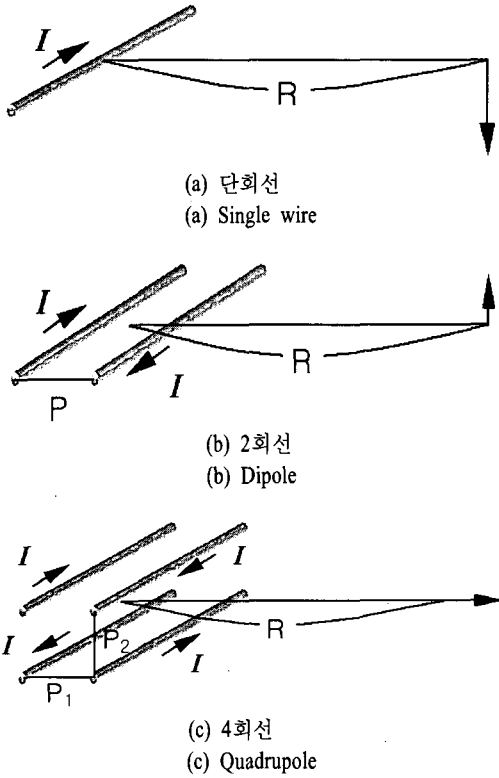


그림 4. 원 거리에서의 자기장  
Fig. 4. Magnetic field at far distance.

큼 떨어진 거리에서의 dipole 자기장을 유도하면 식 (6)과 같으며 그림 4의 (c)와 같이 위상차가 180°인 몇 개의 전선이 특정한 거리(P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>) 만큼 떨어져 있을 때 전선으로부터 원 거리(R ≫ P)에서의 quadrupole 자기장 계산식은 다음 식 (7)과 같다.

$$B_{rms} = \frac{2I_{rms}P}{R^2} \frac{1}{1 - \frac{1}{4}\left(\frac{P}{R}\right)^2} \cong \frac{2I_{rms}P}{R^2} \quad (6)$$

$$B \cong \frac{2IP_1P_2}{R^3} \quad (7)$$

전류의 크기가 같고 방향이 다른 두 도체가 있을 경우에는 dipole로써 자기장 크기는 도체간 간격에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하는 수식으로 표현된다. 방향이 다른 4개의 도체가 있을 경우에는 quadrupole로써 도체간 간격의 곱에 비례하고 거리의 세제곱에 반비례한다. 이로부터 multipole에서는 거리에 따른 감소 효과가 커진다는 것과 전선의 간격을 가깝게 할수록 자기장 크기를 효과적으로 저감

시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 송전선 혹은 전선 근처에서의 자기장 크기는 다음과 같이 일반적으로 식 (8)과 같이 표현할 수 있다.

$$B = K \frac{IP^m}{R^n} \quad (8)$$

따라서 원론적으로 자기장 저감 방법은 다음과 같이 생각할 수 있다.

- 계수 K 축소
- 전류 크기 I 최소화
- 상간 거리 P 축소
- 발생원과의 거리 R 증가
- n 증가
- 자기장 벡터 상쇄

계수 K를 축소하는 것은 3상 1회선에서의 delta 배열처럼 전선의 배치를 효과적으로 하는 방법이다. Dipole, quadrupole과 같이 multipole을 적용하게 되면 m과 n이 동시에 커지는데, 일반적으로 P보다 R이 크므로 큰 저감 효과를 얻을 수 있다. 실제 송전 선로에서 단상보다는 3상 1회선, 3상 2회선을 적용하는 것이 이에 해당한다. 또한 3상을 6상 혹은 12상으로 하거나 다양한 방법으로 상 분리(split phase)하는 것도 multipole을 적용하고자 하는 것이다. 자기장 벡터 상쇄 방법은 어떻게 보면 전체적으로 통용되는 방법이다. 상간 거리 축소도 결국은 자기장 벡터를 상쇄시키는 방법으로 볼 수 있으나 송전 선로에서 최종적으로 발생된 자기장을 반대 방향의 자기장으로 상쇄시키는 active/passive shielding 방법을 주로 지칭한다.

### III. Magnetic FRF 분석 기본 모델

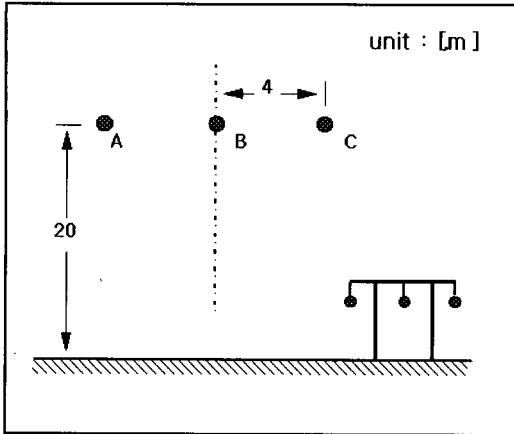
본 연구에 적용한 1,000A급 수평 1회선 기본 모델의 구조도와 선로 하 지상 1 m 지점에서 최저 이도(sag) 8 m를 고려한 자기장 분포를 그림 5에 나타내었다.

기본 모델 대비 유형별 송전 선로의 자기장 저감 지수(field reduction factor)는 다음과 같이 정의된다.

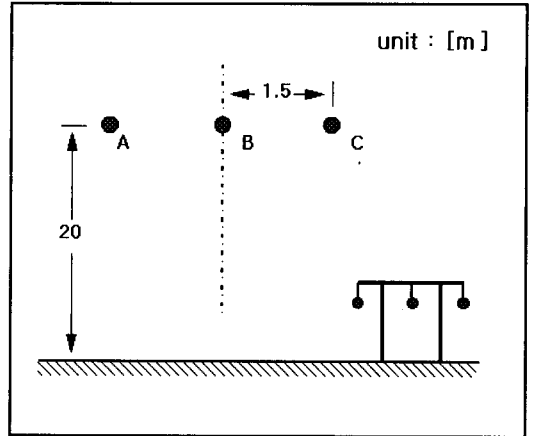
$$FRF = B_{reference} / B_{mitigated}$$

B<sub>reference</sub> : 기본 모델에서의 자기장

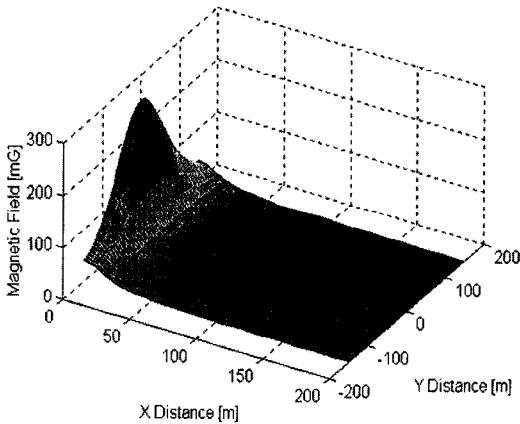
B<sub>mitigated</sub> : 송전 선로 유형별 저감된 자기장



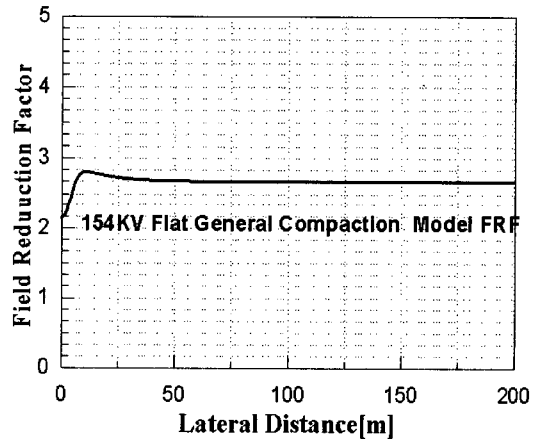
(a) 기본 모델(1,000A)  
(a) Reference model(1,000A)



(a) Compact 타워 모델  
(a) Model of compact tower



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 분포  
(b) 3D magnetic field on 1 m over the ground



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 5. 기본 모델 및 자기장 분포

Fig. 5. Reference model and 3D magnetic Field distribution.

그림 6. Compact 타워 모델 및 자기장 저감지수

Fig. 6. Model of compact tower and magnetic FRF.

#### IV. 유형별 자기장 저감지수(FRF) 분석

##### 4-1 수평 1회선 Compact 모델

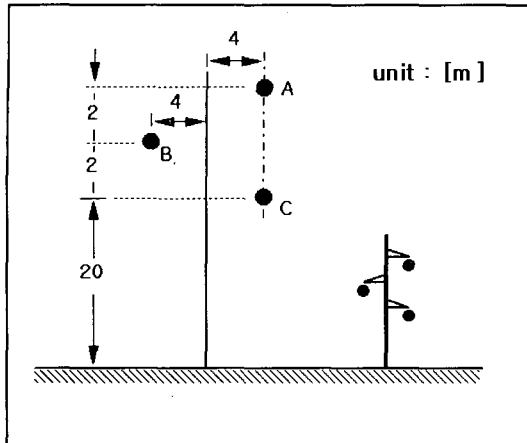
Compact 모델은 그림 6의 (a)와 같이 최소한의 공기 절연 거리만 이격시켜 애자를 특수 절연 암 (insulation arm)으로 대체하는 것으로, 상간 거리가 줄어 flux의 상쇄 효과가 커지므로 결국 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같이 상간 거리를 62.5% Compact화한 모델에서, 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 64%까지 이르는 것으로 분석되었다.

##### 4-2 델타 모델

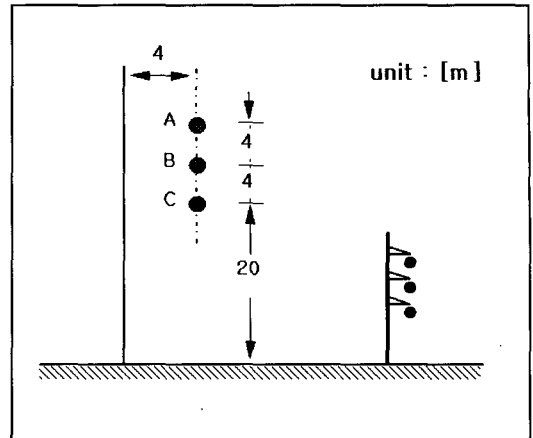
델타 모델은 그림 7의 (a)와 같이 1회선 배열을 삼각형 형태로 선로를 배치해 대칭을 유지함으로써 flux의 상쇄 효과를 크게 만들면 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 33% 정도로서 거리에 관계없이 거의 일정하였다.

##### 4-3 수직 1회선 모델

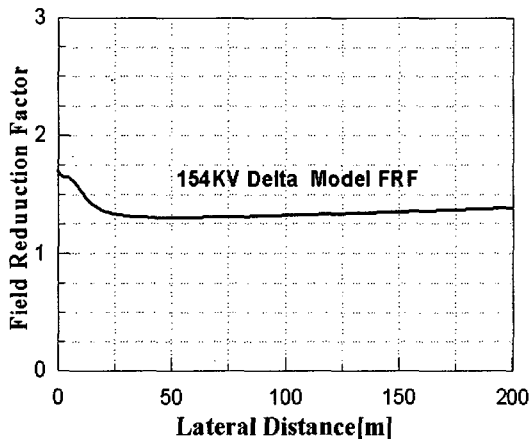
수직 1회선 배열 기본 형태는 그림 8의 (a)와 같으며 우리나라와 같이 선로 부지의 확보가 어려운 경우



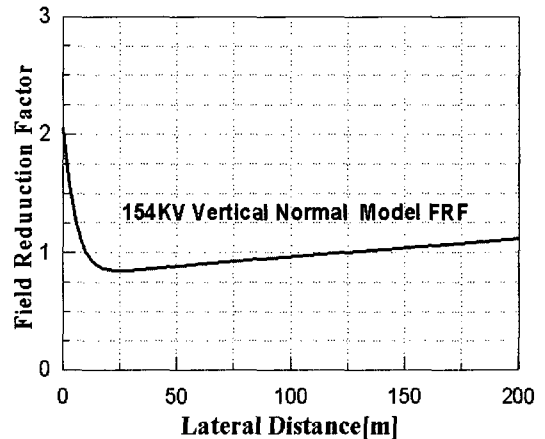
(a) 델타 타워 모델  
(a) Model of delta tower



(a) 수직 타워 모델  
(a) Model of vertical tower



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 7. 델타 타워 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 7. Model of delta tower and magnetic FRF.

그림 8. 수직 타워 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 8. Model of vertical tower and magnetic FRF.

에 지상고가 높아지더라도 사용한다. 이와 같은 1회선 모델은 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감지수는 그림 8의 (b)에 보듯이 선로 직하에 유효한 특성을 보인다.

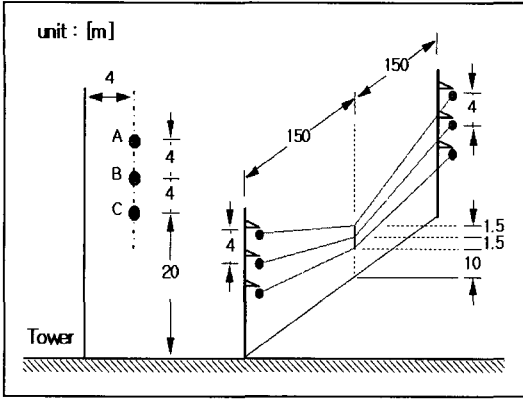
#### 4.4 수직 1회선 In-span Compaction 모델

수직 1회선 In-span compaction 모델은 그림 9의 (a)와 같이 철탑의 기본 형태를 유지하면서 최대 이도 지점에서 1회선 수직 배열의 상하를 최소한의 공기 절연 거리만 이격시키면 flux의 상쇄 효과가 커지므로 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이

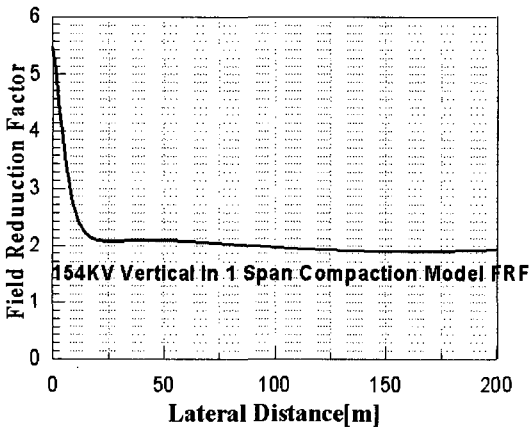
와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 그림 9의 (b)와 같이 50 % 정도로 일정하게 좋은 효과가 있음을 알 수 있었다.

#### 4.5 수직 1회선 Compact 모델

수직 1회선 compact 모델은 그림 10의 (a)와 같이 최소한의 공기 절연 거리만 이격시켜 애자를 특수 절연 암으로 대체하는 것이다. 위와 같이 상간 거리가 줄어들어 flux의 상쇄 효과가 커지므로 결국 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 수직으로 상간 거리를 62.5 % compact화한 모델에서 지상 1 m 지점에서



(a) 수직 1회선 in-span compaction 모델  
(a) Model of single vertical in-span compaction



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 9. In-span compaction 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 9. Model of single vertical in-span compaction and magnetic FRF.

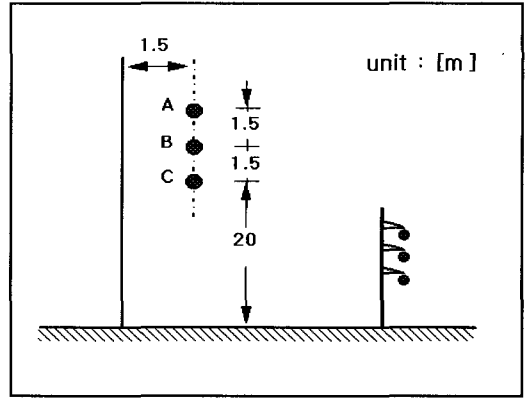
의 기본 모델 대비 자기장 저감은 60 %까지 이르는 것으로 분석되었다.

#### 4-6 수직 2회선 Split 모델

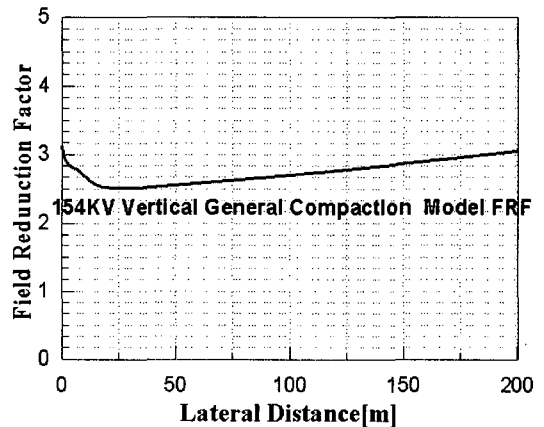
수직 2회선 split 모델은 그림 11의 (a)와 같이 1회선 수직 배열을 2회선으로 split한 것으로 우리나라 송전 선로의 기본 형태가 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 자기장 저감은 50 % 정도으로써 효과가 좋음을 알 수 있었다.

#### 4-7 수직 2회선 Split Compact 모델

수직 2회선 split compact 모델은 그림 12의 (a)와



(a) 수직 1회선 compact 타워 모델  
(a) Model of single vertical compact tower



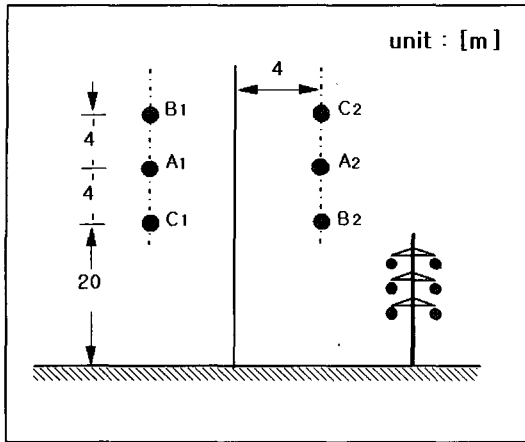
(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 10. 수직 1회선 compact 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 10. Model of single vertical compact tower and magnetic FRF.

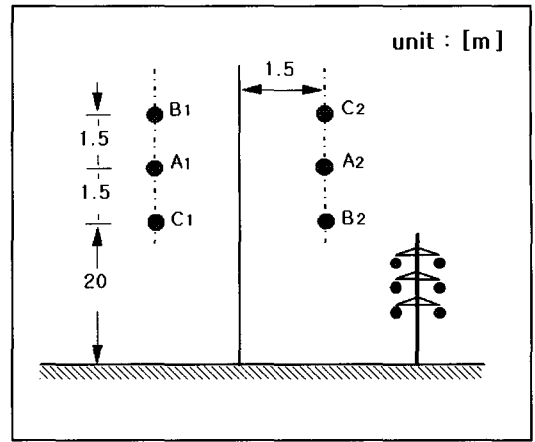
같이 최소한의 공기 절연 거리만 이격시켜 애자를 특수 절연 압으로 대체하는 것으로, 상간 거리가 줄어들어 flux의 상쇄효과가 커지므로 결국 지표면 부근에서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같이 수직으로 상간 거리를 62.5 % compact화한 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 80 % 이상으로 분석되었다.

#### 4-8 Diamond 모델

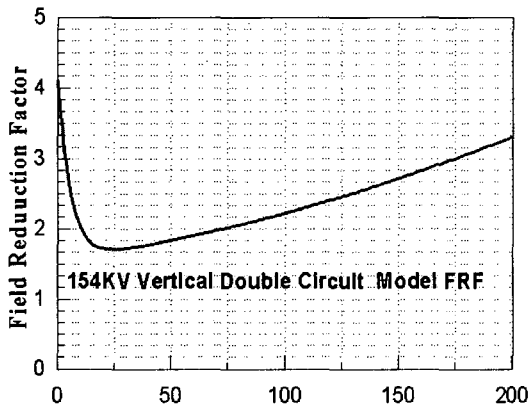
Diamond 모델은 그림 13의 (a)와 같이 선로 상배치를 육각형 다이아몬드 형태가 되도록 완전 대칭형으로 하면 상간의 flux 상쇄 효과가 커져 지표면 부근에



(a) 수직 2회선 split 모델  
(a) Model of double vertical split



(a) 수직 2회선 split compact 모델  
(a) Model of double vertical split compact



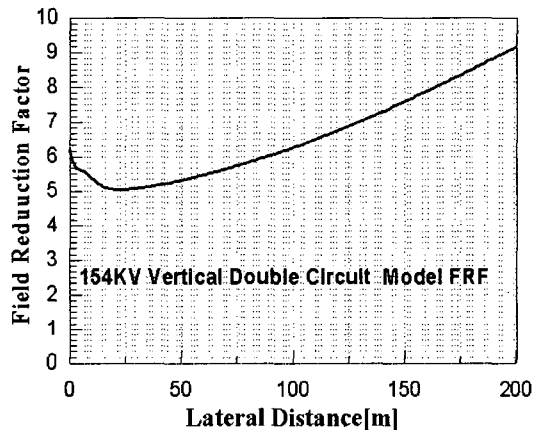
(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 11. 수직 2회선 split 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 11. Model of double vertical split and magnetic FRF.

서 자기장 값이 적어지게 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 75 % 이상이였으며 거리에 따른 감소율이 거의 일정한 것이 특징이다.

#### 4-9 수직 2회선 Transposed 모델

수직 2회선 Transposed 모델은 그림 14의 (a)와 같이 철탑에서 상을 배치할 때 한 상씩 이웃 상으로 자리바꿈을 하면 mid-span 영역에서 상간의 거리가 감소하게 되어 flux의 상쇄 효과로 자기장 값이 적어지게 된다. 이때 자기장 저감은 75 % 이상으로 거리가



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 12. 수직 2회선 split compact 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 12. Model of double vertical split compact and magnetic FRF.

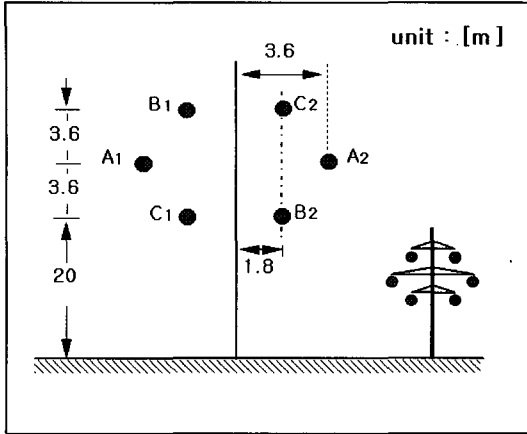
떨어질수록 더욱 향상되었다.

#### 4-10 Diamond Transposed 모델

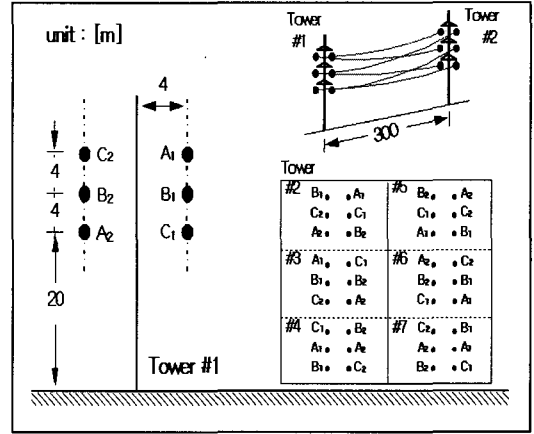
Diamond Transposed 모델은 그림 15의 (a)와 같이 Diamond의 잇점과 Transposed의 잇점이 중첩되어 기본 모델 대비 자기장 저감은 80 % 이상으로 좋은 효과를 보여주었다.

#### 4-11 수평 Multi-Split 모델

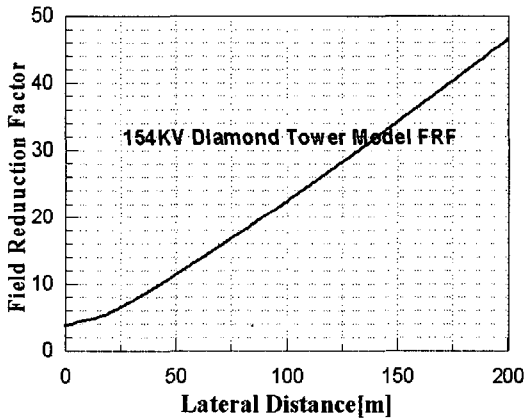
수평 multi-split 모델은 그림 16의 (a)와 같이 선로



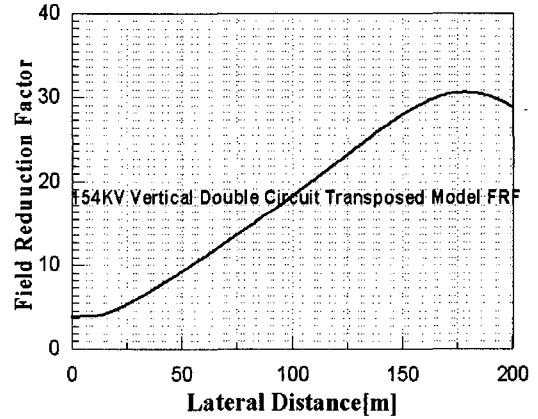
(a) Diamond 모델  
(a) Model of diamond tower



(a) 수직 2회선 transposed 모델  
(a) Model of double vertical transposed



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 13. Diamond 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 13. Model of diamond tower and magnetic FRF.

그림 14. 수직 2회선 Transposed 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 14. Model of double vertical transposed and magnetic FRF.

배치를 1회선 수평 배열을 split한 개념으로 철탑의 중앙 a상은 a<sub>1</sub>과 a<sub>2</sub>를 합쳐 배치하고 주변에 b상과 c상을 2회선 수평으로 배치하면, 상간 flux의 상쇄 효과가 증대되어 지표면 부근에서 자기장 값이 줄어들게 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 50 m 이상부터 80%까지 매우 큰 저감 효과가 얻어지며 이격 거리가 멀어질수록 증가하는 것이 특징이다.

중앙 a상은 a<sub>1</sub>과 a<sub>2</sub>를 합쳐 배치하고 상하 b상과 c상은 수평과 수직으로 배치하면, 상간 flux의 상쇄 효과가 크게 증대되어 지표면 부근에서 자기장 값이 줄어들게 된다.

4-12 Cruciform Square 모델

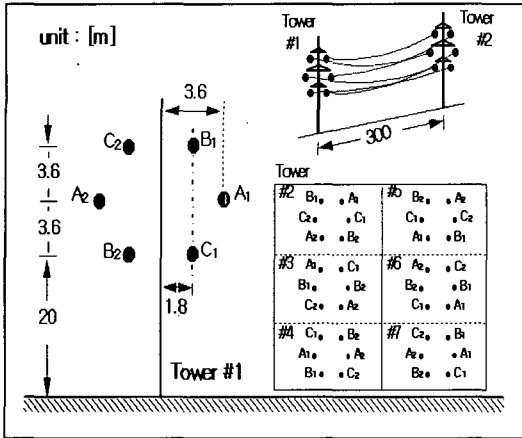
Cruciform square 모델은 그림 17의 (a)와 같이 선로 배치를 수평과 수직으로 split한 개념으로 철탑의

이와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 50 m 이격 지점에서 90% 이상의 저감 효과가 얻어지며 이격거리가 멀어질수록 증가하는 것도 큰 장점이다.

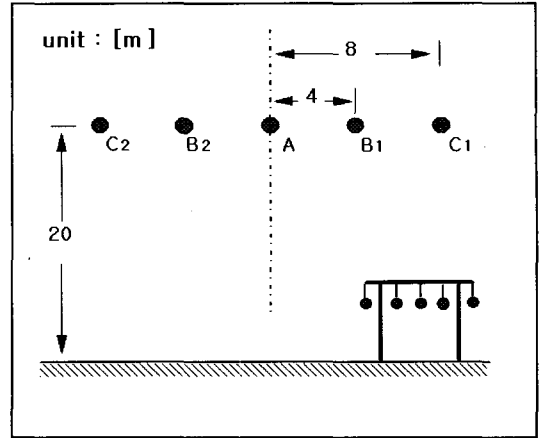
4-13 Star 모델

Star 모델은 기본적으로 3회선 송전 방식으로써

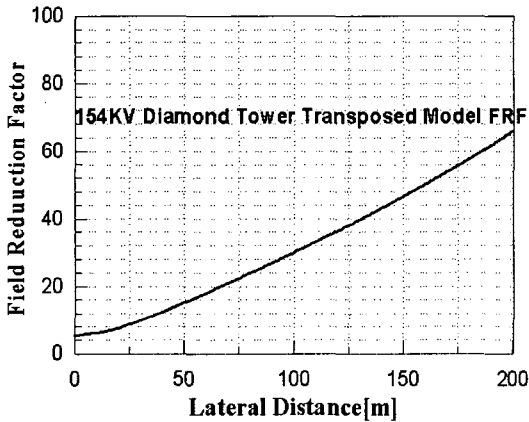




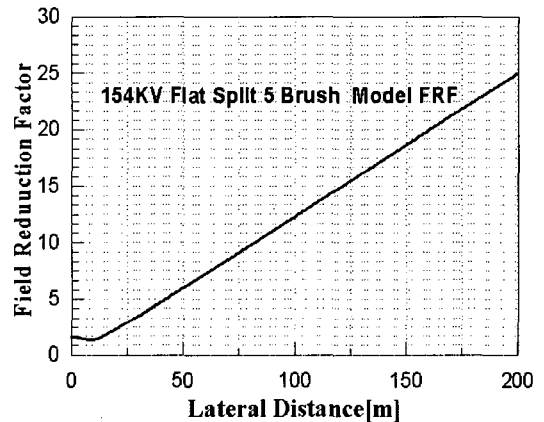
(a) Diamond transposed 모델  
(a) Model of diamond transposed



(a) 수평 multi-split 모델  
(a) Model of horizontal multi-split



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 15. Diamond transposed 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 15. Model of diamond transposed and magnetic FRF.

그림 16. 수평 multi-split 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 16. Model of horizontal multi-split and magnetic FRF.

split 개념을 포함한다. 상 배치는 그림 18의 (a)와 같이 철탑의 중앙 a상은 a<sub>1</sub>과 a<sub>2</sub> 및 a<sub>3</sub>를 합쳐 배치하고 주변에 b상과 c을 3회선 배치하면 상간 flux의 상쇄 효과가 최대한 증대되어 지표면 부근에서 자기장 값이 거의 나타나지 않게 된다. 이와 같은 모델에서 지상 1 m 지점에서의 기본 모델 대비 자기장 저감은 95%까지 이르는 극적인 감쇄율을 보여주나 현실적으로 구현하기는 계통 운영상 거의 불가능하다.

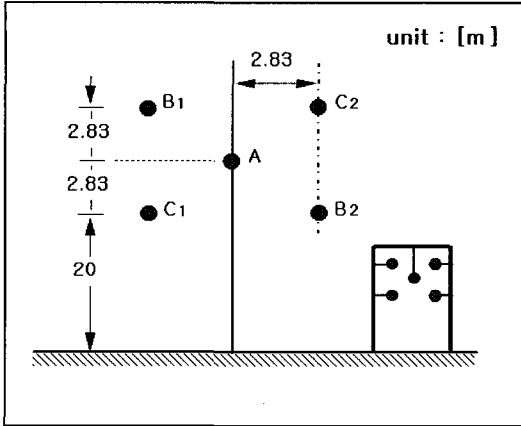
### V. 자기장 저감지수 분석 결과

본 논문에서는 154 kV 수평 배열 송전 선로를 기본

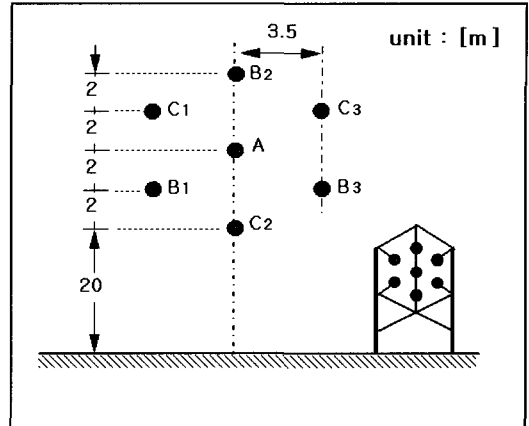
으로 하여 송전 선로와 배전 선로에 적용 가능한 유형별 모델에 대하여 3차원 자기장 계산 프로그램이 이용하여 전자계 저감 핵심 설계 요소인 자기장 저감지수를 조사 분석하였다.

본 논문에서 분석한 여러 저감 모델 중에서 실 적용이 가능한 모델은 송전 선로의 경우 지상고 증가, compact 모델, diamond 모델, 일부 구간의 transposed 선로 배치 등이 우리나라에서 적용 가능한 후보군으로 판단된다.

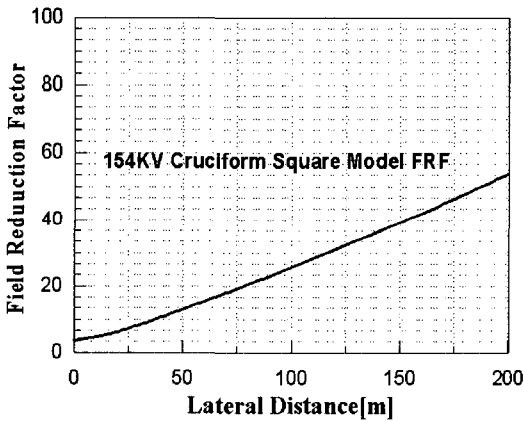
Compact 모델 채용시에는 상간거리 compact화 비율과 자기장 저감지수가 거의 비례하였으며, dia-



(a) Cruciform square 모델  
(a) Model of cruciform square

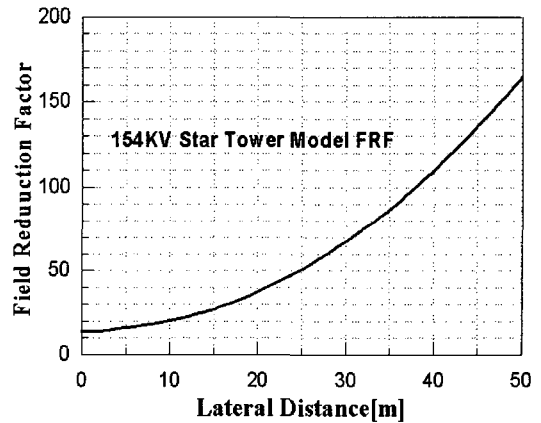


(a) Star 타워 모델  
(a) Model of star tower



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 17. Cruciform square 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 17. Model of cruciform square and magnetic FRF.



(b) 지상 1 m 지점에서 자기장 저감지수  
(b) Magnetic FRF on 1 m over the ground

그림 18. Star 타워 모델 및 자기장 저감지수  
Fig. 18. Model of star tower and magnetic FRF.

mond 모델 및 transposed 선로 배치의 경우는 50 %에 근접한 저감이 가능하였다.

배전 선로에 적용이 가능한 삼각형 배열은 33 % 정도, 2회선 split는 50 % 정도 자기장 저감 효과가 나타나는 것으로 분석되었으며 수평 multi split 모델의 경우는 80 %까지 저감을 얻을 수 있었다.

### 참고 문헌

[1] Electric Power Research Institute, "Transmission line reference book 345 kV and above", 2nd Ed. chap. 8, 1982.  
[2] CRIEPI, "Electrical design handbook of 187kV-1,

100 kV transmission lines", 1987.

[3] V.S. Rashkes, R. Lordan, "Magnetic field reduction methods : Efficiency and cost", *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 13, no. 2, pp. 552-559, Apr. 1988.  
[4] W. T. Kaune, L. E. Zaffanella, "Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines", *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 7, no. 4, pp. 2082-2091, 1992.  
[5] EPRI, "Magnetic field management for overhead transmission lines: Potential options for low field designs", TR-104413, Sep. 1995.

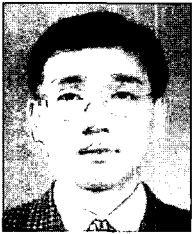
[6] A. R. Memari, W. Janischewskyj, "Mitigation of magnetic field near power lines", *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 11, no. 3, pp. 1577-1586, 1996.

[7] Per Pettersson, "Principles In transmission line magnetic field reduction", *IEEE Trans on Power Delivery*, vol. 1, no. 3, Jul. 1996.

[8] Sung Ho Myung, "Analysis of magnetic field distribution around electric power facilities", *CRI-EPI/KEPRI/KERI Joint Workshop on Electric & Magnetic Field Effects*, May 1999.

[9] 명성호, "송전 선로 주변의 3차원 자기장 및 인체 유도 와전류 계산", 대한전기학회 논문지, 51(9), 2002년 9월.

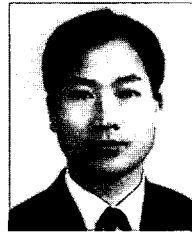
명 성 호



1981년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)  
 1983년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학석사)  
 1996년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학박사)  
 1985년 8월~현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹장

[주 관심분야] EMI/EMC, ELF EMF, 전기환경 등

이 동 일



1996년 8월: 한양대학교 전기공학과 (공학박사)  
 1984년~현재: IEEE Member  
 2002년~현재: CIGRE B2(Overhead Transmission) 한국대표  
 2004년 7월~현재: 한전전력연구원 전력계통연구소 송전기술그룹장

[주 관심분야] 송전기술 및 전기환경분야

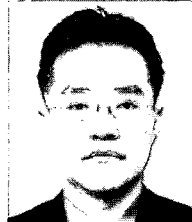
조 연 규



2003년 2월: 경남대학교 전기공학과 (공학사)  
 2005년 8월: 국립창원대학교 전기공학과 (공학석사)  
 1988년 2월~현재: 한국전기연구원 전기환경송전연구그룹 선임기술원

[주 관심분야] EMI/EMC 대책설계, 전기환경 대책설계

임 윤 석



1998년 2월: 호서대학교 전기공학과 (공학사)  
 2000년 2월: 광운대학교 전기공학과 (공학석사)  
 2005년 2월: 한양대학교 전기공학과 (공학박사)  
 2005년 3월~현재: 한전전력연구원 전력계통연구소 선임연구원

[주 관심분야] EMI/EMC, ELF EMF, 전기환경 등