

# 송전선로 자기장 저감기술 소개

이병운 <한국전기연구원 전기환경연구센터 책임연구원>

## 1 서론

송전선로에서 발생하는 상용주파수(50Hz 또는 60Hz) 자기장이 인체에 생물학적으로 해로운 영향을 미치는가 어떤가는 여전히 논란이 일고 있는 문제이다. 상용주파수 자기장과 암 간의 연결 고리를 찾기 위해 몇몇 역학조사, 동물실험 및 세포실험들이 수행되어 왔다[1-6]. 송전선로와 암에 대한 대부분의 염려는 송전 선로 인근에 살고 있는 사람들에게 대한 역학 조사와 전기와 관련된 직업에 종사하는 사람들에 관한 역학조사로부터 생겨난다. 그러나 실험실 연구 결과에 따르면 상용주파수 자기장과 암이 서로 연관되어 있다는 증거는 거의 없다. 세계보건기구(World Health Organization)는 이러한 상황에서 사전주의 원칙(Precautionary principle)을 주장하고 있다[7]. 사전주의 원칙은 위험을 의심하는 사람들이 아니라 위험을 무시하는 사람들에게 입증의 부담을 지우고 있는 것이다. WHO는 정부와 산업체가 일반인에게 상용주파수 자기장을 포함한 전자기장에서의 노출을 줄이기 위해 저가의 안전한 방법들을 제공할 것을 권고하고 있다.

상용주파수 자기장을 저감시키기 위한 몇 가지 대책들이 있다. 예를 들면 송전선로의 지상고를 증가시키거나, 지중 케이블을 이용한 전력 전송, 능동 루프 방식 그리고 수동루프 방식이 대표적인 것들이다.

이것들 중에서 수동루프를 이용한 자기장 저감 기법은 교류 가공송전선로 인근에서의 자기장 저감을 위한 가장 비용 효율적인 방법이다. 수동루프는 크게 송전선로용 수동루프와 수용가용 수동루프로 분류되는데, 송전선로용 수동루프가 송전선로 인근의 상당히 광범위한 지역에서의 자기장을 저감시키기 위해 사용되는 반면에 수용가용 수동루프는 문제가 되는 수용가 거주 지역에 한정하여 그 지역 내에서의 자기장을 저감시키기 위해 사용된다. 국내에서는 이미 이러한 목적의 수동루프 설계 프로그램을 scale-down 송전선로 모델에 적용하여 자기장 해석 결과와 자기장 측정 결과의 비교를 통해 수동루프 설계 프로그램의 정확성에 대해 검증을 완료한 상태이며, 2009년부터 실제 송전선로를 대상으로 수동루프 자기장 저감 프로그램의 검증 연구를 진행 중이다[8]. 본고에서는 개발한 수용가용 수동루프 설계 프로그램에 대해 소개하고자 한다.

## 2 본론

### 2.1 수용가용 수동루프 설계 알고리즘

가공송전선로로부터 발생한 자기장을 가공송전선로 인근의 광범위한 지역에서 저비용 효율적으로 감쇄시킬 수 있는 방법은 송전선로용 수동루프를 설치

하는 것이다. 그런데 만약 문제가 되는 영역이 한정적인 경우에는 굳이 송전선로용 수동루프를 설치할 필요 없이 그 영역 내부에서만 자기장을 저감시킬 수 있는 방법이 수용가용 수동루프이다. 그림 1에서 보인 바와 같이 수용가용 수동루프는 가공송전선로와 자기장 저감이 요구되는 주택 사이에 루프를 설치하는 방식이다. 그런데 단순히 루프만을 설치해서는 자기장을 크게 저감시킬 수 없는데, 그 이유는 루프 임피던스의 대부분이 유도성 리액턴스 성분이기 때문이다. 그래서 루프와 직렬로 커패시터를 삽입하여 유도성 리액턴스 성분을 보상함으로써, 전체 루프 회로의 임피던스를 저감시켜 루프 회로에 유도된 전류를 크게 만들 수 있다. 이와 같이 루프 회로에 흐르는 전류를 크게 함으로써 주택이 위치한 지역에서의 자기장 저감률을 향상시킬 수 있는 것이다.

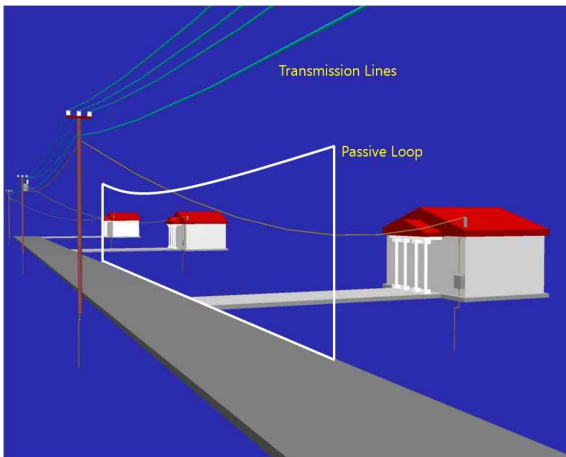


그림 1. 수용가용 수동루프

수용가용 수동루프 자체 저감 알고리즘은 그림 2와 같다. 본 알고리즘에는 수용가용 수동루프의 기하학적 구조는 고정시켜 두고 주어진 수동루프의 설치 범위 내에서 수동루프의 최적 설치위치를 결정하기 위한 알고리즘도 포함되어 있다. 다만 계산 시간 부담이 적어서 기울기 기반의 최적화 알고리즘 대신

에 Brutal Force 방식의 최적화 알고리즘을 적용하였다.

- Step 1 : 데이터 입력
  - 선로 구조 데이터 (선로 길이, 선로 높이, 선로 반경 등)
  - 선로 전류 크기 및 위상 정보
  - 수동루프 설치 위치, 수동루프 구조, 수동루프 턴수
  - 자체 저감 목표 지점 데이터
- Step 2 : 수동루프 설치 전, 자체 저감 목표 지점 자기장 계산 및 결과 저장
- Step 3 : 수용가용 수동루프 설치 위치 설정
- Step 4 : 설치 위치가 설치 범위 내에 있는가?
  - YES : Step 5로 진행
  - NO : Step 11로 진행
- Step 5 : 수동루프 설치 시, 수동루프 자기인덕턴스 및 상호인덕턴스 계산
- Step 6 : 수용가용 수동루프 쇄교 지속 계산
- Step 7 : 수용가용 수동루프 유도전류 계산
- Step 8 : 수동루프 설치 후, 자체 저감 목표 지점 자기장 계산 및 결과 저장
- Step 9 : 수용가용 수동루프 설치 전후의 자기장 저감률 계산
- Step 10 : Step 3으로 진행
- Step 11 : 프로그램 종료

그림 2. 수용가용 수동루프 자체 저감 알고리즘

이하에서는 위에서 제시한 알고리즘의 주요 Step들에서 요구되는 계산에 필요한 수식들을 정리하여 제시하겠다. 먼저 Step 2에서는 수동루프 설치 전, 자체 저감 목표 지점에서의 선로 전류에 의해 발생된 자기장 세기를 계산해야 한다. 이를 위해 그림 3과 같이 지면과 평행하게 놓여 있고 점  $(L_1, y', z')$ 에서 시작해서 점  $(L_2, y', z')$ 에서 끝나는 유한한 길이의 선로를 생각해 보자. 선로에 흐르는 순시 전류의 실효치를  $I$ 라고 가정하고, 이 선로전류에 의해서 점  $P(x, y, z)$ 에 유기되는 자기장의 세기를 구하면 식 (1)과 같이 된다.

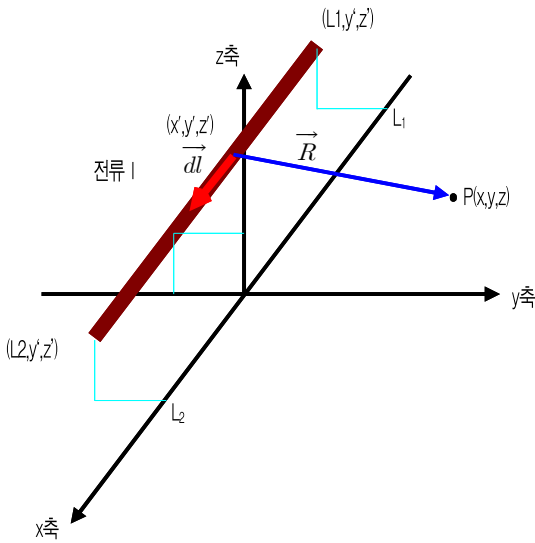


그림 3. 지면과 평행하게 놓여 있고 점 (L1,y',z)에서 시작해서 점 (L2,y',z)에서 끝나는 유한한 길이의 선로

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \int_{line} \frac{\vec{dl} \times \vec{R}}{R^3} \quad (1)$$

여기에서

$$\vec{dl} = dx' \hat{x}$$

$$\vec{R} = (x-x')\hat{x} + (y-y')\hat{y} + (z-z')\hat{z}$$

이다. 이것들을 식 (1)에 대입하고 전개하면 다음의 식과 같이 된다.

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \int_{L_1}^{L_2} \frac{-(z-z')dx' \hat{y} + (y-y')dx' \hat{z}}{\{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2\}^{3/2}} \quad (2)$$

식 (2)를 적분하면 최종적으로, 지면과 평행하게 놓여 있고 점 (L1,y',z)에서 시작해서 점 (L2,y',z)에서 끝나는 유한한 길이의 선로에 흐르는 전류에 의해 점 P(x,y,z)에 유기되는 자기장의 세기를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{1}{(y-y')^2 + (z-z')^2} \quad (3)$$

$$\left\{ \frac{x-L_2}{\sqrt{(x-L_2)^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}} - \frac{x-L_1}{\sqrt{(x-L_1)^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}} \right\} \times \{(z-z')\hat{y} - (y-y')\hat{z}\}$$

다음으로 Step 5에서 수동루프 설치 시 수동루프의 자기인덕턴스 및 상호인덕턴스를 계산해야 한다. 일반적으로 수용가용 수동루프는 공간의 효율적인 이용 및 미관상의 이유로 그림 4에 도시한 바와 같이 수용가 근처에 수직으로 설치하는 것이 일반적이다. 또한 수동루프의 범용적인 형태로는 그리드 방식이며 단일 수동루프는 그리드 방식 수동루프의 특수한 경우라고 할 수 있으므로, 여기에서는 그림 5에 도시한 바와 같이 2요소로 구성된 수동루프에 대해서 자기인덕턴스 및 상호인덕턴스를 계산하는 방법에 대해서 살펴보기로 한다.

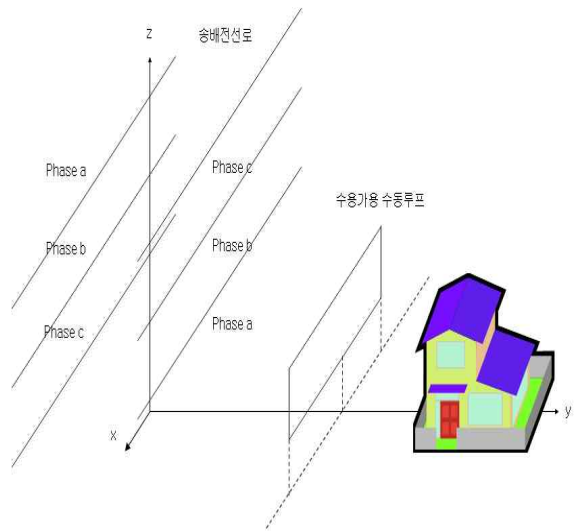


그림 4. 자기장 저감을 위한 수용가용 수동루프 설치 예

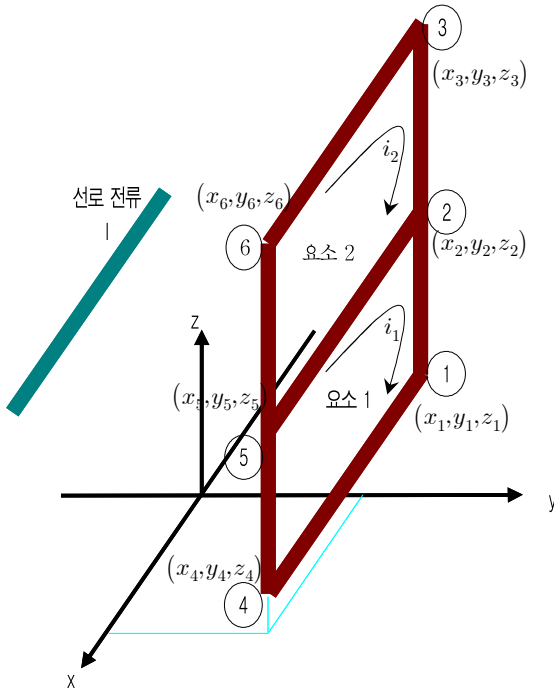


그림 5. 2요소로 구성된 수직 배치된 수용기용 수동루프

그림 5에서 선로전류에 의해 수동루프에 유도전류가 발생된다. 수동루프의 자기인덕턴스는 유도전류가 발생시킨 자기장이 수동루프 자신과 쇄교된 자속과 수동루프 전류의 비로 주어진다. 따라서 수동루프의 자기인덕턴스를 구하기 위해서는 쇄교된 자속을 구해야 한다. 그림 5에서 수동루프는 2개의 요소로 구성되어 있으므로, 각 요소에 유도전류가 발생되게 되며, 따라서 수동루프의 자기인덕턴스도 요소별로 구해야 한다. 요소별로 자기인덕턴스를 구하는 방법은 동일하므로 여기에서는 요소 1에 대해서만 정리하여 제시 하겠다. 그림 5에서 수동루프 요소 1은 ①-④-⑤-② 노드들로 구성되어 있으며, 4개의 도체 ①-④, ④-⑤, ⑤-②, ②-①로 루프를 형성하고 있다. 먼저 도체 ①-④에 의해서 수동루프 요소 1에 유기되는 자속을 구해보자. 도체 ①-④는 x-z평면에 평행한 수동루프와 같은 평면에 있으므로  $y=y'$  이 되어 식 (3)으로 주어진 자계의 세기는 다음과 같이 된다.

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{1}{(z-z')} \left\{ \frac{x-L_2}{\sqrt{(x-L_2)^2+(z-z')^2}} - \frac{x-L_1}{\sqrt{(x-L_1)^2+(z-z')^2}} \right\} \hat{y} \quad (4)$$

쇄교자속을 구하기 위해서는 식 (4)에 주어진 자기장의 세기에 투자율을 곱한 자속밀도를 수동루프 요소 1의 면적에 대해서 적분해야 하면 되므로 쇄교자속은 다음과 같이 주어진다.

$$\Phi = \int_{z_A}^{z_B} \int_{x_A}^{x_B} \mu H dx dy \quad (5)$$

도체 ①-④에 의해 수동루프에 쇄교된 자속을 구한 방식을 도체 ④-⑤, ⑤-②, ②-①에도 동일하게 적용하여 수동루프 요소 1에 쇄교되는 전체 자속을 구할 수 있으므로, 이로부터 수동루프 요소 1의 자기인덕턴스를 계산할 수 있다. 마찬가지로 수동루프 요소 2의 자기인덕턴스도 동일한 방식으로 계산 가능하다. 수동루프 자기인덕턴스 계산을 마무리하는 시점에서, 한 가지 유의점을 언급하고자 한다. 그림 6에 도시한 바와 같이 무한 길이의 원형 도체에 흐르는 전류에 의해 발생된 자기장은 도체 내부에서는 도체 표면까지는 선형적으로 증가하다가 도체 외부에서는 감소하는 양상을 띠게 된다. 수동루프 자기인덕턴스를 계산할 때는 도체 내부의 자기장까지 고려하여 쇄교하는 자속을 구해야 하는데 본 알고리즘에서는 도체 내부의 자기장에 의한 자기인덕턴스 기여분은 무시하였다. 그 이유는 도체 내부의 자기장에 의한 자기인덕턴스 기여분이 상대적으로 작기 때문에 실제 계산에서 무시하여도 오차가 크지 않기 때문이다. 따라서 자기인덕턴스를 계산할 때, 적분 시작구간은 도체의 반경으로 설정하였다. 한편 수동루프의 상호인덕턴스는 요소 1에 흐르는 유도전류에 의해 발생된 자기장이 요소 2와 쇄교하는 자속과, 반대로 요소 2에 흐르는 유

도전류에 의해 발생된 자기장이 요소 1과 쇄교하는 자속을 구해서 계산할 수 있으며, 계산에 사용되는 공식은 자기인덕턴스 계산에 이용된 공식과 동일하므로 이들 공식을 참고하기 바란다.

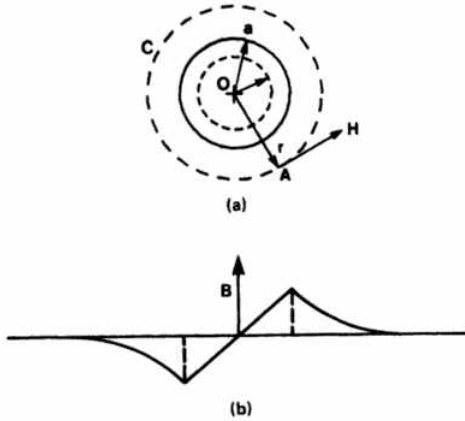


그림 6. 무한 길이의 원형 도체  
(a) 단면, (b) 반경 방향을 따라서의 자속밀도

다음으로 Step 6에서 요구되는 수용가용 수동루프 쇄교 자속 계산에 대해서 살펴보자. x축에 평행하게 놓인 선로에 의한 임의의 점 P에서의 자기장의 세기  $\vec{H}$ 는 식 (1)과 같이 주어지며  $\hat{y}$ 방향 성분과  $\hat{z}$ 방향 성분의 벡터합으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 그런데 수동루프가 그림 5에 도시된 바와 같이 x-z평면과 평행하게 놓여있으므로 수동루프와 평행한  $\hat{z}$ 방향 성분의 자기장은 수동루프와 쇄교하지 못한다. 따라서 수동루프에 쇄교하는 자속을 구할 때, 자기장의 세기  $\vec{H}$ 의  $\hat{y}$ 방향 성분만을 고려하면 된다. 한편 선로전류에 의해 수동루프에 쇄교되는 자속을 해석적인 수식으로 표현할 수 없기 때문에 수치적분을 통해서 쇄교자속을 구할 수밖에 없다. 만약 선로전류가 흐르는 도체의 길이가 수동루프에 비해 매우 길다면 선로전류가 흐르는 도체의 길이를 무한대로 가정할 수 있다. 여기에서 수동루프가 x-z 평면에 평행하므로 y축 방향 성분만을 나

타내면 다음과 같이 된다.

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{(z-z')\hat{y}}{(y-y')^2+(z-z')^2} \quad (6)$$

$$\left\{ \frac{x-L_2}{\sqrt{(x-L_2)^2+(y-y')^2+(z-z')^2}} - \frac{x-L_1}{\sqrt{(x-L_1)^2+(y-y')^2+(z-z')^2}} \right\}$$

여기에서  $L_2 \rightarrow +\infty, L_1 \rightarrow -\infty$ 로 보내면,  $(x-L_2)^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2$ 에서  $(x-L_2)^2$ 가 지배적인 값이 되므로

$$\frac{x-L_2}{\sqrt{(x-L_2)^2+(y-y')^2+(z-z')^2}} \quad (7)$$

$$\approx \frac{x-L_2}{\sqrt{(x-L_2)^2}} = -1$$

$$\frac{x-L_1}{\sqrt{(x-L_1)^2+(y-y')^2+(z-z')^2}}$$

$$\approx \frac{x-L_1}{\sqrt{(x-L_1)^2}} = 1$$

이 되어 자기장의 세기는 다음과 같이 주어진다.

$$\vec{H} = \frac{I}{2\pi} \frac{(z-z')\hat{z}}{(y-y')^2+(z-z')^2} \quad (8)$$

이제 자기장의 세기는 x변수에는 무관하므로 x-z 평면에 평행한 수동루프 요소의 면적에 대한 적분을 해석적으로 구할 수 있는 형태가 되었다. 결국 선로전류에 의해 수동루프의 각 요소에 쇄교하는 자속은 다음과 같이 계산할 수 있다. 단 적분 구간은 수동루프의 해당 요소에 상응하는 구간을 선택하면 된다.

$$\begin{aligned} \Phi &= \int_{z_s}^{z_e} \int_{x_s}^{x_e} \mu H dx dz \quad (9) \\ &= \frac{I}{4\pi} (x_e - x_s) \ln \left\{ \frac{(y-y')^2 + (z_e - z')^2}{(y-y')^2 + (z_s - z')^2} \right\} \end{aligned}$$

마지막으로 수동루프 설치 후 자계 저감 목표 지점에서의 자기장의 세기를 계산해야 한다. 그림 7에 도시한 바와 같이 z 축에 평행하게 놓인 수동루프 도체에 의해 발생하는 임의의 점 P에서의 자기장의 세기는 식 (10)를 이용해서 구하면 된다.

이렇게 해서 수용가용 수동루프에 의한 자계저감 해석 알고리즘의 주요 단계에서의 계산에 대해 살펴 보았다.

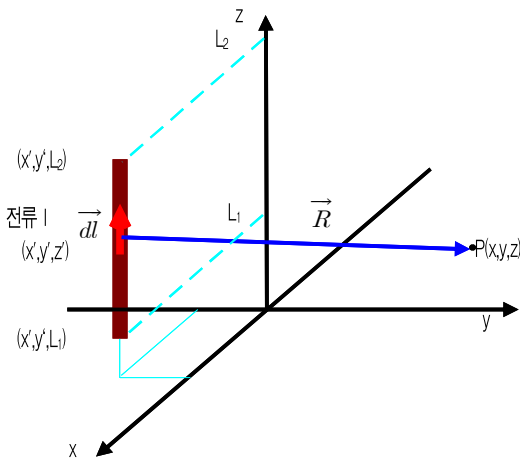


그림 7. z 축에 평행한 수동루프 도체에 의해 발생하는 점 P에서의 자기장의 세기

$$\begin{aligned} \vec{H} &= \frac{I}{4\pi} \frac{1}{(y-y')^2 + (x-x')^2} \quad (10) \\ &\left\{ \frac{z-L_2}{\sqrt{(z-L_2)^2 + (y-y')^2 + (x-x')^2}} - \frac{z-L_1}{\sqrt{(z-L_1)^2 + (y-y')^2 + (x-x')^2}} \right\} \\ &\times \{ (x-x')\hat{y} - (y-y')\hat{x} \} \end{aligned}$$

## 2.2 자기장 저감 설계 프로그램

수용가용 수동루프 자기장 저감 설계 프로그램 코드는 Microsoft Visual Studio 2008 Visual C++ 기반으로 개발되었으며, 프로그램은 크게 데이터 입력 모듈, 계산 결과 처리 모듈 및 저감비용 산정 모듈로 구성되어 있다. 그림 8은 데이터 입력 모듈을 보인 것으로 크게 송전선로 관련 정보를 입력하는 부분, 수동루프 관련 정보를 입력하는 부분, 자기장 저감률을 계산하기 위한 영역을 입력하는 부분, 수동루프의 리액턴스를 보상하기 위한 커패시터 관련 정보를 입력하는 부분, 그리고 자기장 저감 모듈 실행이나 저감비용 산정 모듈 실행 등을 위한 실행 버튼들이 차지하는 부분으로 구성되어 있다.

수용가용 수동루프 모듈을 이용하면, 크게 다음과 같은 3가지 경우에 대해서 자기장 저감효율을 계산할 수 있으며, 이러한 계산 결과를 이용하여 수동루프를 설계하기 위한 변수들을 결정할 수 있게 된다.

- 루프만 설치되어 있는 경우
- 루프와 주어진 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우
- 루프와 직렬로 연결된 커패시터의 최적 커패시턴스를 결정하는 경우

그림 9, 10 및 11은 그림 8의 입력 모듈에서 수동루프 설계를 위한 모든 정보들의 입력을 완료한 이후, 자기장 저감 모듈 실행 버튼(Calculate)을 클릭했을 때, 위의 3가지 경우에 따라서 나타나는 결과 화면들이다. 루프만 설치되어 있는 경우의 실행 결과 화면(그림 9)을 살펴보면, 좌측에서는 송전선로만 설치되어 있는 경우와 수동루프가 설치된 경우의 계산 영역에서의 자속밀도 분포를 볼 수 있도록, 우측에서는 수동루프가 설치된 경우의 계산 영역에서의 자기장 저감률을 볼 수 있도록 구성하였다. 루프와 주어진 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우의 실행 결과 화면(그림 10)을 살펴보면, 좌측에서는 송전선로만 설치

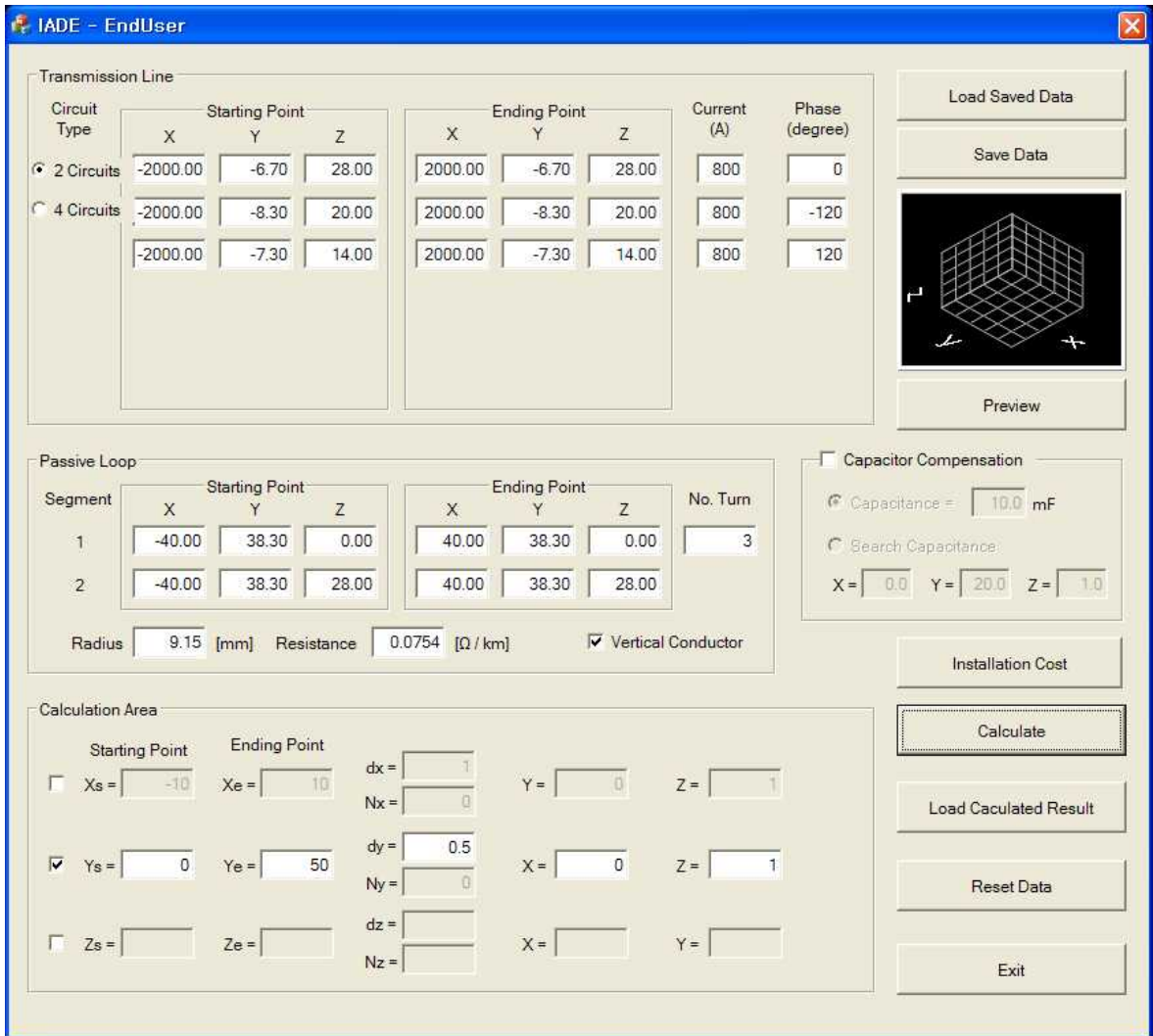


그림 8. 수용가용 수동루프 설계 프로그램 데이터 입력 모듈

되어 있는 경우, 수동루프가 설치된 경우 및 수동루프에 주어진 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우 각각에 대해서 계산 영역에서의 자속밀도 분포를 볼 수 있고, 우측에서는 수동루프가 설치된 경우와 수동루프에 주어진 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우의 계산 영역에서의 자기장 저감률을 볼 수 있다. 그리고 루프와 직렬로 연결된 커패시터의 최적 커패시턴스를 결정하는 경우의 실행 결과 화면(그림 11)을

살펴보면, 좌측 상단에서는 루프에 직렬로 연결된 커패시턴스의 변화에 따른 자기장 저감률 그래프를 볼 수 있고, 우측 상단에서는 최적 커패시턴스 값과 이때의 자기장 저감률 최대치를 확인할 수 있다. 한편 좌측 하단에서는 송전선로만 설치되어 있는 경우, 수동루프가 설치된 경우 및 수동루프에 최적 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우 각각에 대해서 계산 영역에서의 자속밀도 분포를 볼 수 있고, 우측 하단에서는

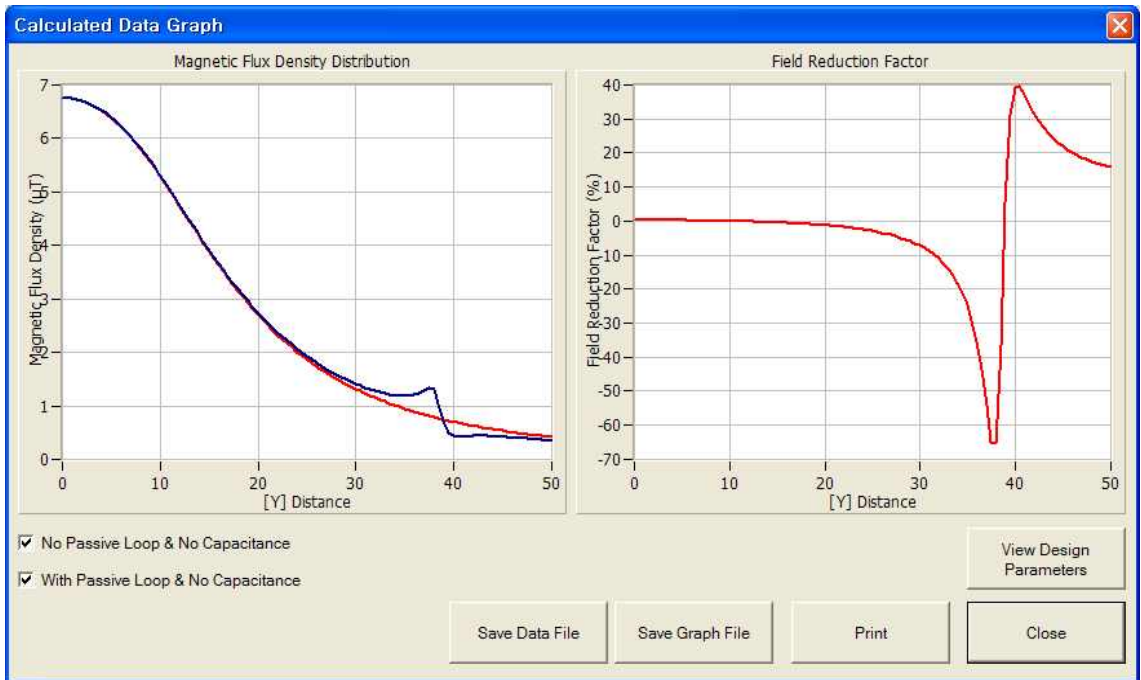


그림 9. 루프만 설치되어 있는 경우의 실행 결과 화면

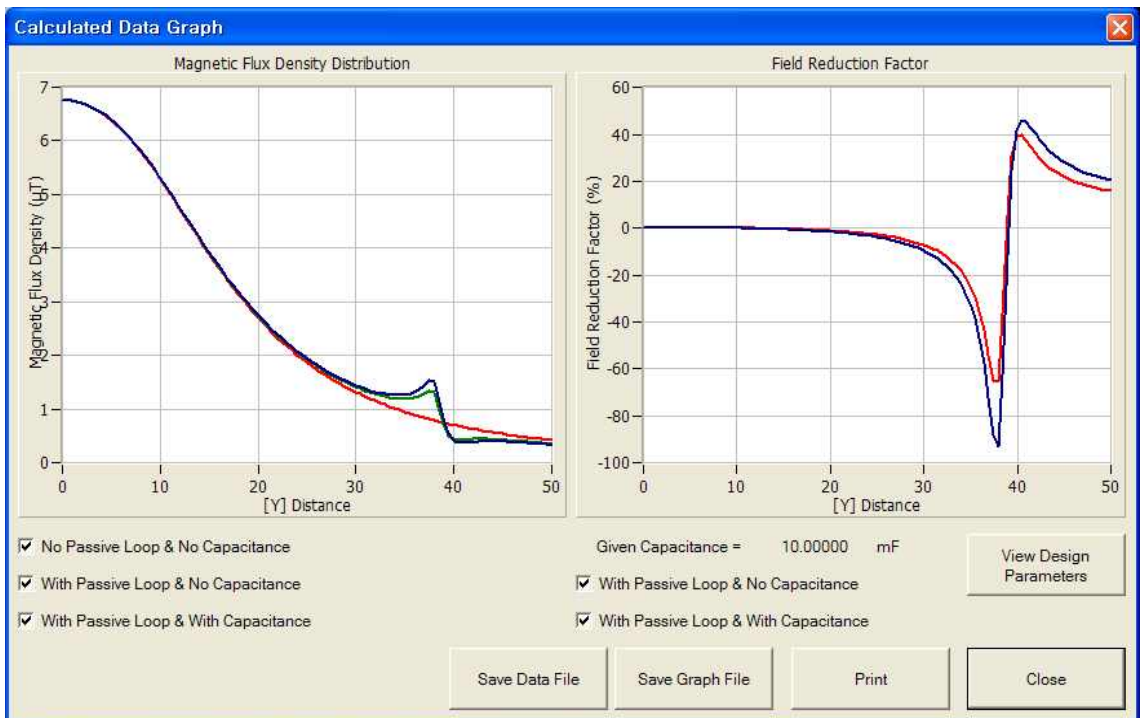


그림 10. 루프와 주어진 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우의 실행 결과 화면



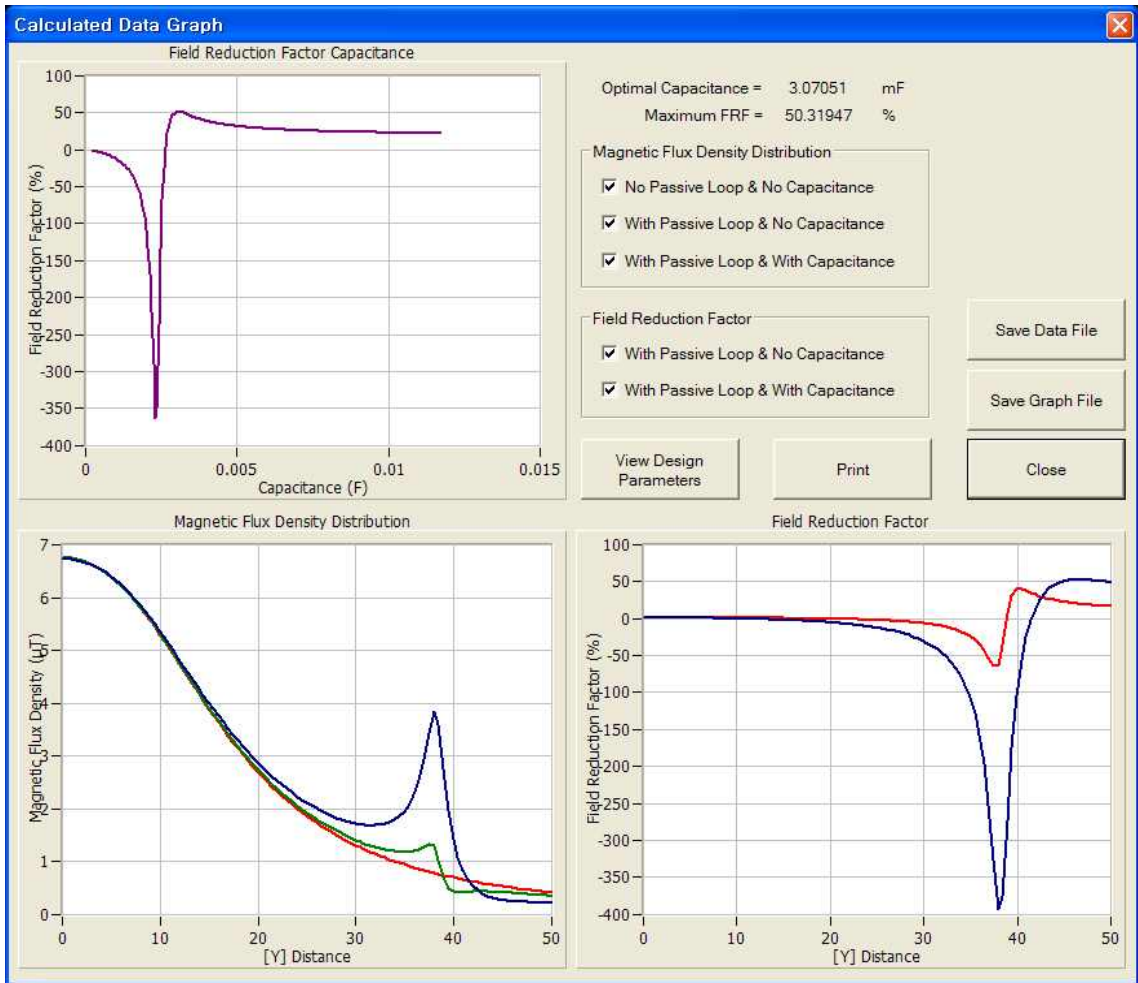


그림 11. 루프와 직렬로 연결된 커패시터의 최적 커패시턴스를 결정하는 경우의 실행 결과 화면

수동루프가 설치된 경우와 수동루프에 최적 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 경우의 계산 영역에서의 자기장 저감률을 볼 수 있다.

그림 12는 수동루프 설계 파라미터들과 관련된 계산 결과들을 볼 수 있도록 구성하였다. 먼저 좌측에는 수동루프 설치 위치, 루프의 폭과 길이, 루프 도체 반경, 수동루프 임피던스 등을 포함한 수동루프 파라미터들이 제시되며, 우측에는 수동루프 유도 전압, 유도 전류, 커패시터 전압 및 최대 자기장 저감률이 제시되도록 구성되어 있다.

그림 13에는 설계된 수용가용 수동루프를 설치하는 경우 소요되는 투자비용과, 수동루프를 설치하여 얻을 수 있는 자기장 저감률 대비 투자비용을 설계자에게 제시해 주도록 구성하여, 사전에 경제성을 분석할 수 있도록 하였다.

### 2.3 수동루프 설계 사례

그림 14는 달성 345kV 송전선로 인근에 설치되어 있는 수용가용 수동루프의 설치 전경이다. 송전선로는 그림 15에 보인 바와 같이 역상 2회선 배열이며,

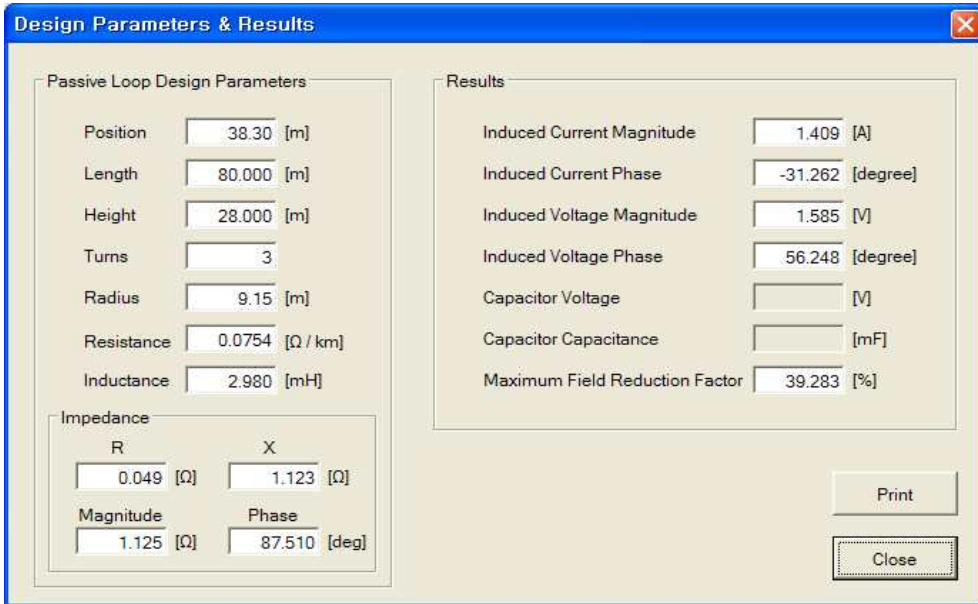


그림 12. 수동루프 설계 파라미터 및 결과 화면

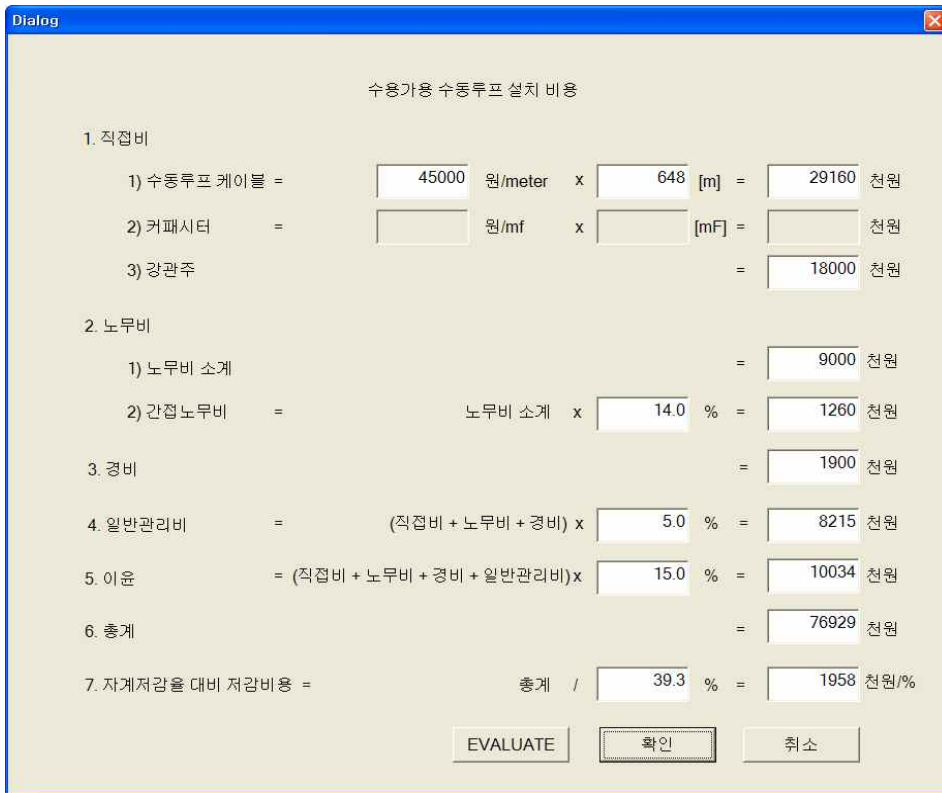


그림 13. 수용가용 수동루프 설치 비용 산정 결과 화면



그림 14. 달성 345kV 송전선로 및 수용가용 수동루프 설치 전경

송전선로로부터 약 50m 이상 떨어져 있는 지역에서 자기장을 줄이기 위해서, 폭이 80m이고 높이가 28m인 수동루프를 송전선로의 중심으로부터 약 48m 떨어진 지점에 설치하였다. 수동루프의 도체 직경은 18.3mm이고, 저항은 0.0754Ω/km이며, 턴 수는 3이다. 그림 15는 자기장 해석을 위한 모델을 도시한 것이다.

그림 16은 개발된 수동루프 설계 프로그램을 활용하여 달성 345kV 송전선로 인근에 구축된 수동루프를 대상으로 자기장 측정 결과를 도시한 것이고, 그림 17은 해석 및 측정 자기장 값을 이용해서 자기장 저감률을 도시한 것이다. 그림 17로부터 루프만 설치되어 있는 경우와 루프에 리액턴스 보상용 커패시터가 직렬로 설치되어 있는 경우에 대한 자기장 저감률 모두 해석 결과와 실측 결과가 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 리액턴스 보상용 커패시터는 루프의 유도성 리액턴스를 커패시터의 용량성 리액턴스로 보상함로

써 루프의 임피던스를 저감시켜 루프에 유도되는 전류를 크게 함으로써 루프에 의한 자계 저감효율을 향상시키는데 그 목적이 있다. 최대 자기장 저감률은 루프만 설치된 경우 약 50%인 반면에, 루프에 직렬로 커패시터를 투입한 경우는 약 63%이었다.

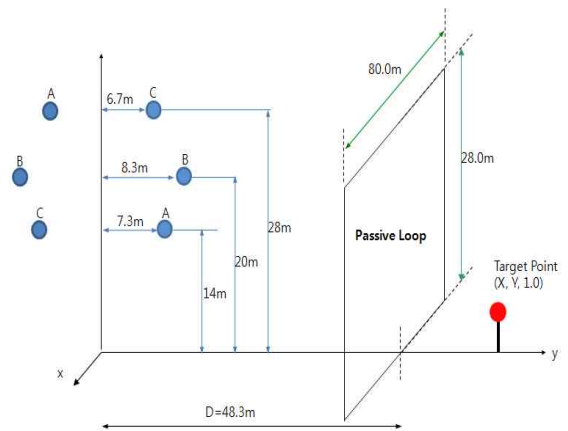


그림 15. 자기장 해석을 위한 모델링

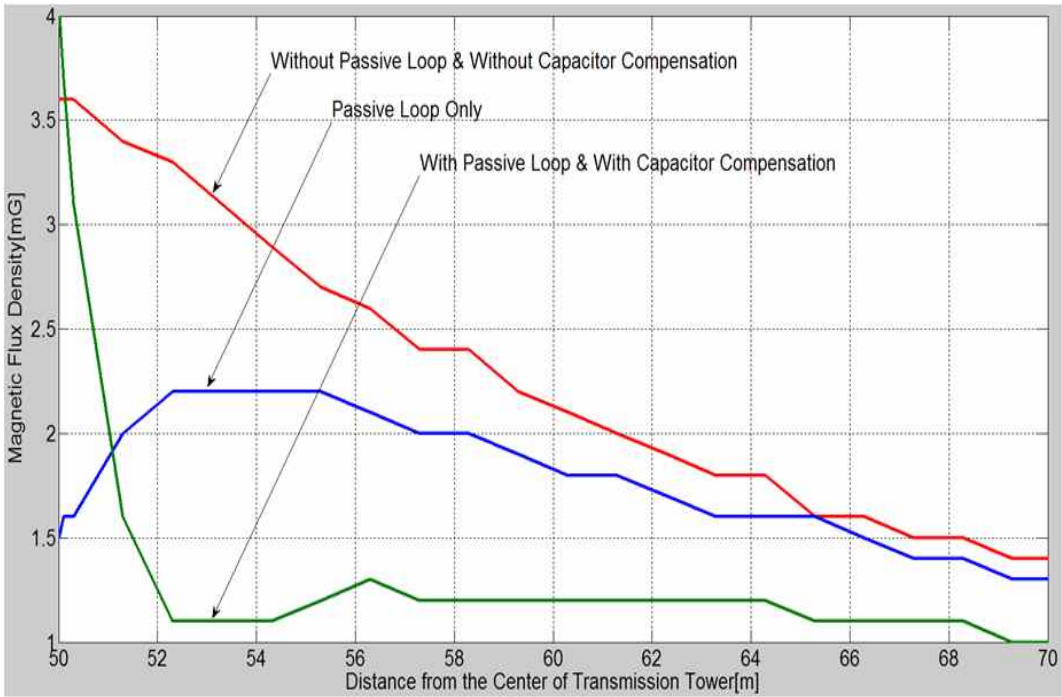


그림 16. 수용가용 수동루프 투입 여부에 따른 자속밀도 측정 결과

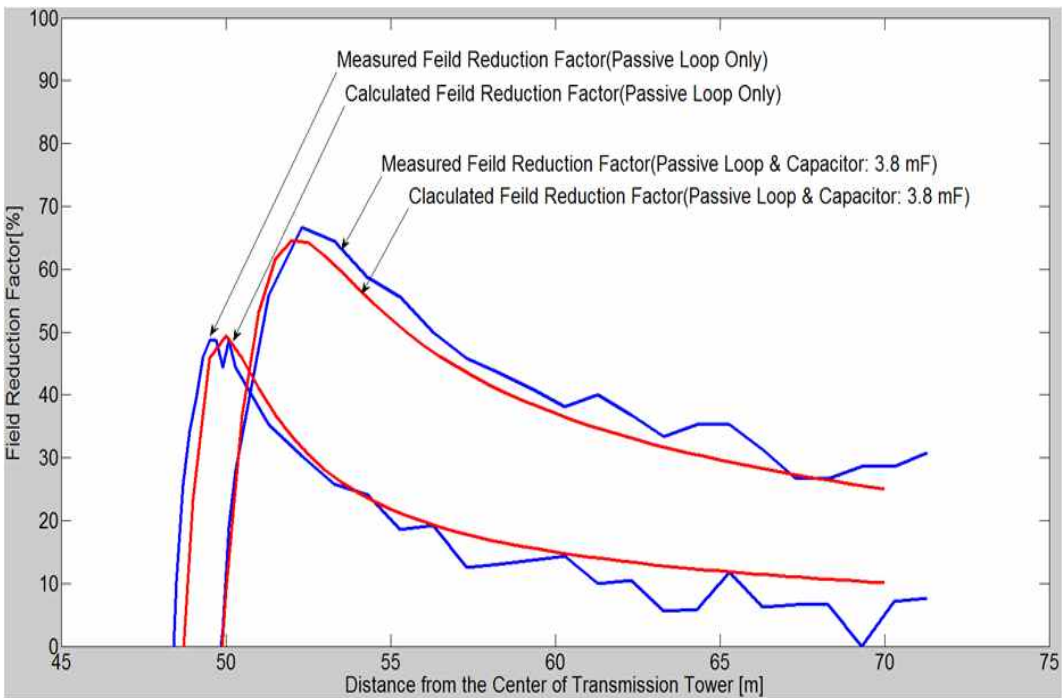


그림 17. 자계 저감률 비교(수동루프 턴수 : 3)

### 3. 결 론

저비용 효율적인 상용주파수 자기장 저감법인 수동 루프를 설계하기 위한 프로그램을 개발하고 이를 345kV 송전선로 인근에 설치할 수용가용 수동루프에 적용하여 실제로 수동루프를 설계해 보았다. 그리고 설계 프로그램을 이용한 자기장 저감률 계산결과와 수동루프 설치 현장에서 측정된 자기장 저감률 측정결과를 비교하여 잘 일치함을 확인함으로써, 설계 프로그램의 유효성을 검증할 수 있었다. 결과적으로 개발된 수용가용 수동루프 설계프로그램을 적극적으로 활용할 수 있는 기반을 확보하게 되었다.

#### 참 고 문 헌

[1] DA Savitz et al, "Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields," Amer J Epidemiol 128, pp.21-38, 1988.  
 [2] "Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields", NTIS, 1989Christopher  
 [3] A Myers et al, "Childhood cancer and overhead powerlines: a case-control study," Brit J Cancer 62, pp.1008-1014, 1990.

[4] JRN McLean et al, "Cancer promotion in a mouse-skin model by a 60-Hz magnetic field:II.Tumor development and immune response," Bioelectromag 12, pp. 273-287, 1991.  
 [5] J. Nafziger et al, "DNA mutations and 50Hz EM fields," Bioelec Bioenerg30, pp.133-141, 1993.  
 [6] PJ Verkasalo et al, "Risk of cancer in Finnish children living close to power lines," Brit Med J (BMJ) 307, pp.895-899, 1993,  
 [7] "www.who.int/peh-emf/".  
 [8] "Research on Safety Assessment and Reduction Technoloty for ELF EMF(Final Report)," Korea Electrotechnology Research Institute, 2008.

#### ◇ 저 자 소 개 ◇



**이병운(李秉潤)**  
 1967년 11월 9일생. 1990년 서울대 전기공학과 졸업. 1992년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년 ~현재 한국전기연구원 차세대전력망연구본부 전기환경 연구센터 책임연구원.

E-mail : bylee@keri.re.kr