

# 최적화 모형의 고체 절연체 내부 공극 또는 금속 이물질 존재시의 GIS 내부 전계 분포 해석

論 文  
51A-11-7

## Analysis of Electric Fields Distribution Inside Optimal Model GIS with a Metal Impurity or a Void

閔錫源\* · 宋棋鉉\*\* · 金應植\*\*\*  
(S. W. Min · K. H. Song · E. S. Kim)

**Abstract** - In this paper, the 3 dimensional surface charge method is applied to calculate electric fields distribution inside a general and an optimal model of GIS with a metal impurity and a void respectively. We know the optimal model can reduce tangential electric fields at solid insulator surface to 70% of the general model and influence fields distribution near a metal impurity. Meanwhile, we find the optimal model does not decrease field distribution inside a void in the insulator.

**Key Words** : Surface Charge Method, Optimal Model of GIS, Metal Impurity, Void

### 1. 서 론

우리 나라는 전력수요증가와 인구의 대도시 집중화 현상으로 인해 신뢰도 높은 대용량 장거리 전력수송 설비를 점점 확충해야 하는 실정으로 현재 765 kV 송전선로가 건설 중에 있다[1][2][3][4]. 이에 따라 전력설비는 대형화, 중량화 및 초고압화 하고 있으나 우리 나라와 같이 국토 면적이 협소한 나라에서는 발전소 및 송배전 설비의 부지 확보가 더욱 어려워 모선, 차단기, 단로기, 접지 개폐기, 변류기 등이 밀폐된 좁은 공간 안에 설치되는 GIS(Gas Insulated Substation) 설비의 사용이 전국적으로 증가하는 추세이다. 초고압용 GIS는 이런 구조를 갖고 있기 때문에 사고를 사전에 외부에서 감지하기 어렵고 SF6 절연가스는 균등전계하에서는 절연효과가 높으나 불균등 전계하에서는 절연 효과가 급격히 감소하는 전계 의존성을 갖고 있는 특징이 있다.

따라서, 저자들은 GIS 내부 고체절연체(스페이서)의 공극이 있는 경우[5]와 금속 이물질이 있는 경우[8]의 전계해석 경험을 바탕으로 불균등 전계의 영향을 줄이기 위해 최적화 모형을 설계하였다. 이를 토대로 일반 모형에서의 전계와 어떤 차이가 있는지를 확인하기 위해서 절연체의 표면과 공극이 있을 경우 및 금속 이물질이 있을 경우의 주위전계분포를 비교, 분석하였다. 계산 방법으로는 3차원 표면 전하법을 이용하였다.

표면 전하법에도 여러 기법이 있고 대부분 수치적분을 이용하여 전위, 전계를 계산하지만 여기서는 일정 전하 밀도를 갖는 삼각형 요소의 전위 및 전계가 특이해 문제없이 해석적으로 주어지는 장점이 있어 이것을 사용한 삼각형 요소 표면

전하법을 이용하였다[6][7]. 공극의 경우는 다매질장의 유전체 경계조건을 적용하였고, 금속 이물질의 경우는 부유 도체 표면 전하의 합이 0이고, 부유도체 표면의 전위가 같다는 조건을 이용하였다.

### 2. 계 산 원 리

#### 2.1 단일 매질장

그림 1과 같이 전극 외에 1종류의 유전체가 존재하는 단일 매질장에 직육면체 도체에 전압 V가 인가되었을 때, 전위는 전하들이 분포된 전극 표면을 여러 개의 요소들로 나누어 각각 요소의 전하가 i점에 미치는 영향을 중첩하여 구하게 된다. 분할면 j에 의한 i점의 전위  $\phi_{ij}$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$\phi_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_s \frac{\sigma_j \cdot dS_j}{l} \quad (1)$$

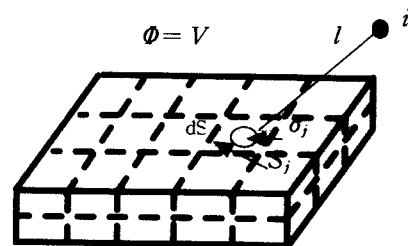


그림 1 표면 전하법의 모의전하

Fig. 1 Simulation charge of surface charge method

즉 전체요소에 의한 i점에서의 전위는 이들 각 요소가 i점에 미치는 전위를 중첩하여 더하면 되므로 (2)식으로 된다.

$$\phi_i = \sum \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_s \frac{\sigma_j \cdot dS_j}{l} \quad (2)$$

\* 正 會 員 : 順天鄉大學 情報技術工學部 教授 · 工博

\*\* 正 會 員 : 順天鄉大學 情報技術工學部 博士課程

\*\*\* 正 會 員 : 湖西大學 環境安全工學部 副教授 · 工博

接受日字 : 2002年 5月 27日

最終完了 : 2002年 9月 2日

(2) 식에서 모든  $i$ 점을 도체의 각 요소에 위치시키면  $\phi_i$ 는  $V$ 로 고정되고 (2)식은 (3)식과 같은 연립 방정식의 형태로 주어지게 된다.

$$\begin{pmatrix} A_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & A_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_{n1} & \cdot & \cdot & \cdot & A_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sigma_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V \end{pmatrix} \quad (3)$$

여기서  $V$  : 경계조건  $\sigma_i$  : 각 요소의 전하밀도  
 $A_{ij}$  : 전위계수이다.

(3) 식으로부터  $\sigma_i$ 를 구하면 도체 요소의 전계와 다른 모든 점의 전위와 전계를 이  $\sigma_i$ 를 이용하여 구할 수 있다.

2.2 다매질장

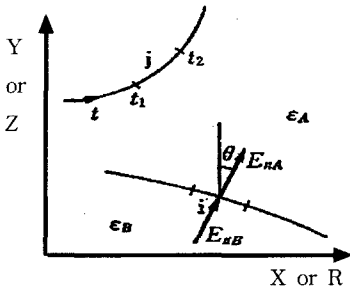


그림 2 유전체 경계면에서의 표면전하법  
 Fig. 2 Surface charge method at a dielectric boundary

그림 2와 같은 다매질장의 유전체 경계면에서는 전속밀도의 연속 조건만을 고려하면 된다.

다매질장의 경계 위의 점  $i$ 에서의 전하밀도를  $\sigma(i)$ 라 하고, 법선 방향의 전계를 각각  $\epsilon_A, \epsilon_B$ 의 영역에서  $E_{nA}, E_{nB}$ 라고 하자. 이때  $\sigma(i)$  이외의 전하에 의한 운곽점의 전계를  $E_{no}$ 라 하면 다음의 (4)식과 (5)식이 성립된다.

$$\epsilon_A E_{nA} = \epsilon_B E_{nB} \quad (4)$$

$$E_{nA} = E_{no} + \frac{\sigma(i)}{2\epsilon_0} \quad (5)$$

$$E_{nB} = E_{no} - \frac{\sigma(i)}{2\epsilon_0}$$

따라서, (5)식을 (4)식의 양변에 대입하면 (6)식이 성립한다.

$$(\epsilon_A - \epsilon_B)E_{no} + \frac{\epsilon_A + \epsilon_B}{2\epsilon_0} \sigma(i) = 0 \quad (6)$$

이제 이 식을 유전체 경계면의  $n$  개의 미지 표면전하에 적용하면 다매질장의 경우, (3)식의 시스템 방정식이 (7)식과 같이 변형된다. 이 식으로부터  $\sigma_1 \sim \sigma_m$  까지의 전하밀도를 구한 후, 이를 사용하여 원하는 장소의 전위 및 전계를 구할

수 있다.

$$\begin{pmatrix} A \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \cdot \\ \sigma_n \\ \sigma_{n+1} \\ \cdot \\ \sigma_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \cdot \\ \phi_n \\ 0 \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$A$  : 전위 계수 행렬  $B$  : 전계계수 행렬  
 $\sigma_1 \sim \sigma_n$  : 전극 표면의 모의 표면전하  
 $\sigma_{n+1} \sim \sigma_m$  : 유전체 경계면의 모의 표면전하  
 $\phi_1 \sim \phi_n$  : 전극 표면의 전위

2.3 부유 도체

부유도체가 전압이 인가된 도체 주변에 있는 경우 부유도체에는 타도체에 의해 전압이 유도된다. 이와 같은 경우에는 부유도체의 전위를 알 수 없으므로 타도체의 작용으로 발생하는 유도전위 값  $V_f$ 를 구해야 된다. 유도전압  $V_f$ 는 부유도체 표면전하의 합이 0인 것과 도체표면의 전위가 같다는 조건 식으로부터 표면전하를 구하여 값을 얻을 수 있다. 부유도체 각 요소의 전하밀도가  $\sigma_1 \sim \sigma_m$ 인 경우 각 요소에서의 유도전위  $V_f$ 는

$$\sum_{j=1}^n p(1, j)\sigma_j = V_1 = V_f$$

$$\sum_{j=1}^n p(2, j)\sigma_j = V_2 = V_f$$

.....

$$\sum_{j=1}^n p(m, j)\sigma_j = V_m = V_f \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n \sigma_j = 0 \quad (9)$$

(8)식으로부터  $V_f$ 를 소거한  $(m-1)$ 식과 (9)식으로부터 결국  $m$  개의 요소에 대해  $m$  개의 방정식을 얻을 수 있다. 다른 도체상의 요소에 대한 전위의 방정식은 통상의 표면 전하법과 같다. 결국 모든 도체의 표면전하  $\sigma_j (j=1 \sim n)$ 에 대하여 다음의 식이 가능하다.

$$\begin{pmatrix} 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{11}-P_{21} & P_{12}-P_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{21}-P_{31} & P_{22}-P_{32} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{m-1,1}-P_{m1} & P_{m-1,2}-P_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & P_{m-1,n}-P_{mn} & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{m+1,1} & P_{m+1,2} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & P_{m+1,n} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & P_{nn} & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \cdot \\ \sigma_m \\ \sigma_{m+1} \\ \cdot \\ \sigma_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \cdot \\ 0 \\ V_{m+1} \\ \cdot \\ V_n \end{pmatrix} \quad (10)$$

즉 (10) 식을 풀어서 얻은 표면전하로 임의의 점의 전위, 전계를 구할 수 있고 유도 전압  $V_f$ 도 구할 수 있다. 부유도체에 어떤 일정표면전하  $\sigma_f$ 가 인가된 경우는 (9)식 대신에 (11)식을 적용한다.

$$\sum_{j=1}^m \sigma_j = \sigma_f \quad (11)$$

### 3. 적용 결과

#### 3.1 고체 절연체 경계면

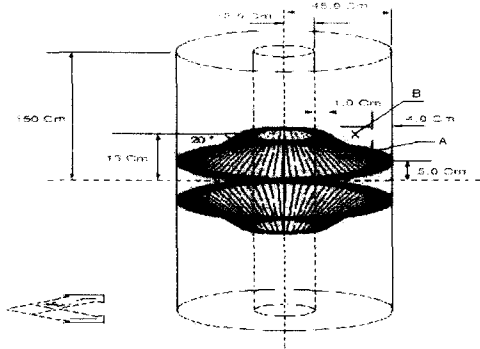


그림 3 GIS 일반 모형  
Fig. 3 General model of GIS

그림 3에서 A는 공극의 위치, B는 이물질의 위치이다. 길이 300cm의 GIS 일반 모형의 내부 도체에 100[kV] 전압을 인가했을 경우의 도체표면, 절연체, 공극 및 금속 이물질등 GIS 내부의 전위, 전계를 계산하였다. 도체를 지지하는 절연체는 예폭시 수지로 유전율을 3으로 가정하였고, 가스 절연체는 유전율을 1로 하였다. 공극과 금속 이물질의 크기는 가로, 세로, 높이가 각각 1cm인 정육면체로 가정하여 계산하였다.

그림 4는 GIS 내부 불균등 전계의 영향을 줄이기 위해 설계한 최적화 모형으로 일반 모형과 같은 조건으로 전위 및 전계를 계산하였다.

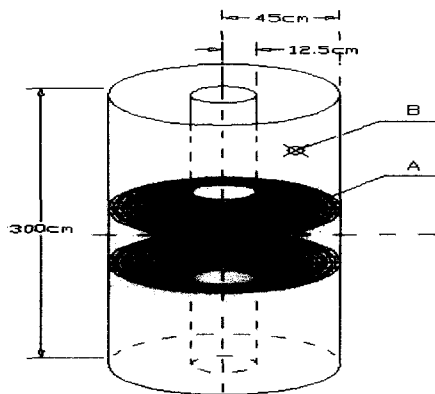


그림 4 GIS 최적화 모형  
Fig. 4 Optimal model of GIS

표 1, 2는 GIS 일반 모형의 고체 절연체 경계면( $x=13.5\sim 41$  cm,  $y=13.5\sim 41$ cm,  $z=155\sim 165$ cm)과 최적화 모형의 고체 절연체 경사면( $x=12.5\sim 45$ cm,  $y=12.5\sim 45$ cm,  $z=155\sim 165$ cm)의 연면 방향 전계의 세기를 검토한 것으로, GIS 일반 모형과 최적화 모형에서 고체 절연체의 연면 방향 전계 세기의 최대값은 일반 모형에서는 4.42kV/cm이고 최적화 모형에서

는 3.012 kV/cm로 약 31.86%로 전계가 감소하였다. 또한 각 모형의 고체 절연체 경사면의 연면 전계의 세기를 나타낸 그림 5를 통하여 최적화 모형이 일반 모형 보다 연면 전계가 균등해짐을 알 수 있다.

표 1 일반 모형 고체 절연체 경사면의 연면 방향 전계의 세기

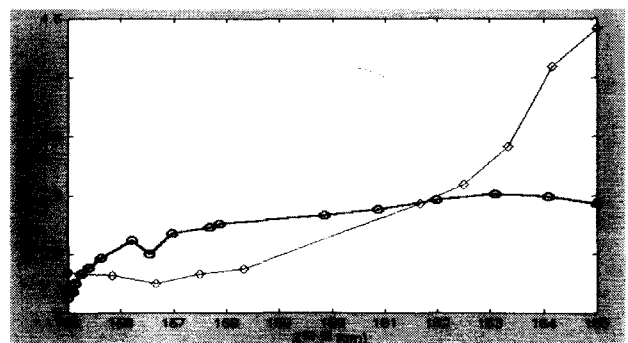
Table 1 Tangential electric fields at insulator surface of the general model

|                |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| z좌표 (cm)       | 155   | 155.8 | 156.6 | 157.5 | 158.3 |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.347 | 2.316 | 2.248 | 2.330 | 2.370 |
| z좌표 (cm)       | 161.6 | 162.5 | 163.3 | 164.2 | 165   |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.928 | 3.088 | 3.413 | 4.093 | 4.420 |

표 2 최적화 모형 고체 절연체 경사면의 연면 방향 전계의 세기

Table 2 Tangential electric fields at a solid insulator surface of the optimal model

|                |        |        |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| z좌표 (cm)       | 155    | 155.03 | 155.1  | 155.15 | 155.25 | 155.4  |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.128  | 2.166  | 2.178  | 2.251  | 2.326  | 2.380  |
| z좌표 (cm)       | 155.63 | 156.21 | 156.55 | 156.98 | 157.7  | 157.88 |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.459  | 2.615  | 2.500  | 2.675  | 2.726  | 2.753  |
| z좌표 (cm)       | 159.88 | 160.9  | 162    | 163.09 | 164.1  | 164.99 |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.830  | 2.881  | 2.957  | 3.012  | 2.991  | 2.931  |



-◇-◇-◇- : 일반 모형의 전계의 세기,  
-○-○-○- : 최적화 모형의 전계의 세기

그림 5 GIS 일반 모형과 최적화 모형에서 고체 절연체 경계면의 연면 방향 전계의 세기 분포

Fig. 5 Tangential electric fields distribution at a solid insulator surface of the general and the optimal model

표 3 일반 모형 고체 절연체 경사면의 전계강도 절대치

Table 3 Total electric fields at a solid insulator surface of the general model

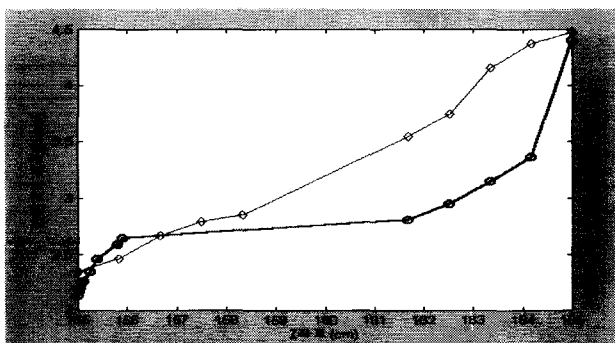
|                |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| z좌표 (cm)       | 155   | 155.8 | 156.6 | 157.5 | 158.3 |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.344 | 2.316 | 2.248 | 2.330 | 2.370 |
| z좌표 (cm)       | 161.6 | 162.5 | 163.3 | 164.2 | 165   |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.928 | 3.088 | 3.413 | 4.093 | 4.420 |

표 4 최적화 모형 고체 절연체 경사면의 전계강도 절대치

Table 4 Total electric fields at a solid insulator surface of the optimal model

|                |        |        |        |        |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| z좌표 (cm)       | 155.01 | 155.05 | 155.12 | 155.25 | 155.40 | 155.80 |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.171  | 2.201  | 2.257  | 2.347  | 2.451  | 2.587  |
| z좌표 (cm)       | 155.90 | 161.66 | 162.49 | 163.33 | 164.16 | 165.00 |
| 전계의 세기 (kV/cm) | 2.645  | 2.808  | 2.949  | 3.143  | 3.365  | 4.407  |

표 3, 4는 표 1, 2와 같은 조건으로 고체 절연체에서의 전계강도 절대치를 검토한 결과로, GIS 일반 모형과 최적화 모형에서의 최대값은 일반 모형에서는 4.42 kV/cm이고 최적화 모형에서는 4.407 kV/cm로 약 0.29% 절대치가 감소 하였다. 또한 그림 6은 이를 그래프로 나타낸 것으로 전체적으로 전계의 크기가 최적화 모형 쪽이 일반 모형 보다 감소함을 알 수 있다.



-◇-◇-◇- : 일반 모형의 전계의 세기  
 -○-○-○- : 최적화 모형의 전계의 세기

그림 6 GIS 일반 모형과 최적화 모형의 고체 절연체 경계면에서의 전계 강도 절대치 분포

Fig. 6 Total electric fields distribution at a solid insulator surface of the general and the optimal model

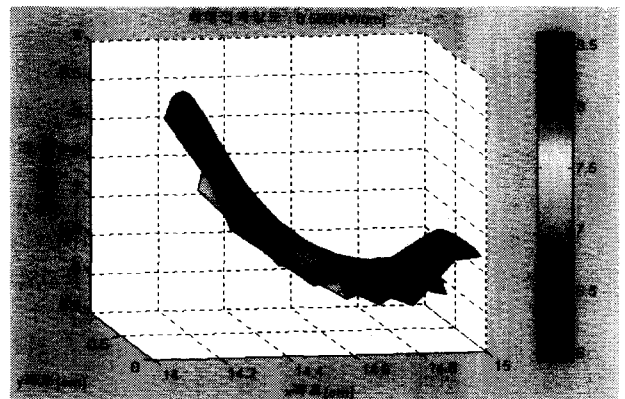
3.2 공극이 있는 경우

공극이 고체 절연체 내부에 생긴 것을 고려하여 해석한 것으로 공극은 가로, 세로, 높이가 1cm인 정육면체로 내부는 유전율이 1인 가스가 있는 것으로 가정하였다.

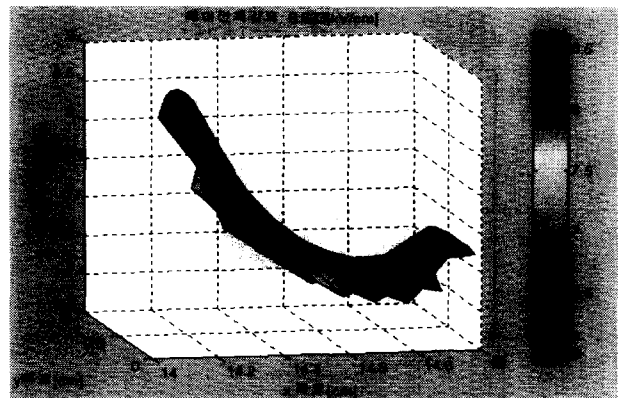
공극은 그림 3과 그림 4에서 A로 표시한 곳으로 내부 고전압 인가도체에서 2cm 떨어진 위치(중심 좌표 x=14.6cm, y=0.5cm, z=8.5cm)에 있는 것으로 가정하였다.

그림 7은 공극 주변(x=14.2~15cm, y=0.1~0.9cm, z= 8.15 cm)에 나타나는 전계 강도를 표현한 것이다.

계산 결과로 공극 내부의 전계강도 최대치는 일반 모형에서 8.599 kV/cm로 최적화 모형의 8.622 kV/cm 보다 오히려 0.023 kV/cm가 낮았으나 그림 7에서와 같이 일반 모형과 최적화 모형에서 전계 강도의 차이가 크게 나타나지 않았다. 따라서, 고체 절연체 내부에 공극이 있는 경우의 전계강도는 최적화 모형에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.



(a) 일반 모형



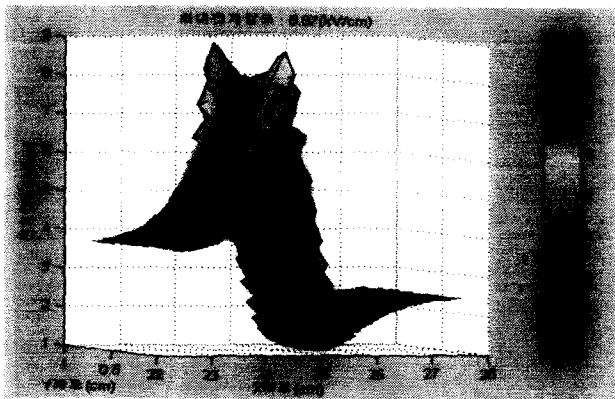
(b) 최적화 모형

그림 7 공극 내부에서의 전계 분포

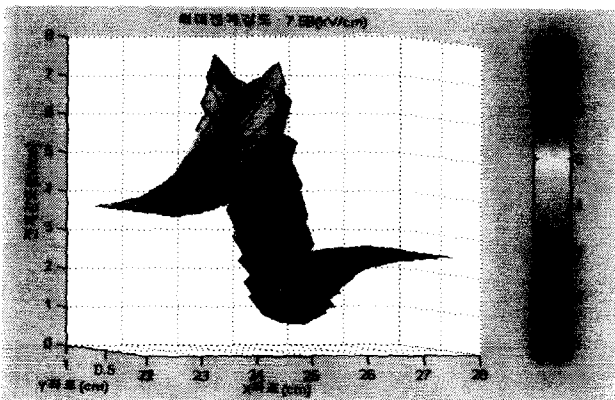
Fig. 7 Electric fields distribution inside a void

3.3 금속 이물질이 있는 경우

금속 이물질이 있는 경우도 공극이 있는 경우와 같은 이물질의 크기를 가로, 세로, 높이가 각각 1cm인 정육면체로 가정하였다.



(a) 일반 모형



(b) 최적화 모형

그림 8 금속 이물질이 그림 3과 그림 4의 B위치에 있을 경우  
Fig. 8 Electric fields distribution near a metal impurity

그림 8은 그림 3, 4의 B의 위치와 같이 이물질이 가스 절연체 부분(중심좌표  $x=25\text{cm}$ ,  $y=0.5\text{cm}$ ,  $z=170.05\text{cm}$ )에 있을 때 금속 이물질 주변( $x=22.5\sim 27.5\text{cm}$ ,  $y=0\sim 1\text{cm}$ ,  $z=171.1\text{cm}$ )에 나타나는 전계 강도를 표현한 것이다.

그림 8에서 알 수 있듯이 금속 이물질이 존재하면 최적화 모형의 경우 최대 전계 강도가  $7.59\text{ kV/cm}$ 로 일반 모형의 최대 전계강도  $8.87\text{ kV/cm}$  보다 약 14.43% 전계가 낮아지며 최적화 모형에서 전계강도는  $1.05\text{ kV/cm}$ 에서  $7.59\text{ kV/cm}$  내에 분포하고 있으나 일반 모형에서는  $0.71\text{ kV/cm}$ 에서  $8.87\text{ kV/cm}$ 내의 값을 보이고 있다. 따라서 최적화 모형이 일반 모형에서 보다 금속 이물질이 있을 경우에도 전계 분포가 낮아지고 균등해짐을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 GIS 내부에 불균등 전계에 의한 SF6 가스의 절연 파괴를 줄이기 위한 GIS 최적화 모형이 고체 절연체 표면과 공극 및 금속 이물질이 존재할 경우의 GIS의 내부 전계에 어떠한 영향을 주는지 알기 위해 일반 모형과 최적화 모형의 전계 분포를 3차원 표면전하법을 이용하여 비교, 분석

하였다. 계산 결과로 최적화 모형에서 고체 절연체 표면의 연면 방향 최대전계가 정상 모델보다 약 31.86% 감소함을 알았고 일반 모형에서 보다 현저히 균등전계를 유지함을 확인하였다.

또한 고체 절연체 표면의 전계강도 크기의 절대치도 최적화 모형이 정상 모델보다 작아짐을 알 수 있었다. 반면에 고체 절연체 내부에 공극이 존재할 경우는 최적화 모형이 전계강도 분포에 별다른 영향을 주지 못하나 금속 이물질 존재시의 주변 전계강도 분포에는 최적화 모형이 전계강도를 감소시킴을 알 수 있었다.

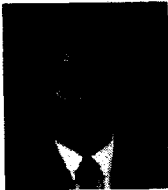
#### 감사의 글

본 연구(관리번호:00-역-02)는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음

#### 참 고 문 헌

- [1] 민 석원, 김 정부, "코로나 케이지를 이용한 765 kV 초고압 송전선 다중 도체방식 선정", 대한 전기학회 논문지, 제42권, 7호, pp. 84-94, 1993, 7.
- [2] 민 석원, 박종근, "코로나 잡음 특성을 고려한 초고압 송전선의 다중 도체 배열 방식 연구", 대한 전기학회 논문지, 제39권, 5호, pp. 508-515, 1990, 5.
- [3] S. W. Min, J. B. Kim, D. I. Lee, "A Study on Corona Characteristics of Symmetric and Asymmetric Conductor Bundle for 765kV Double Circuit Transmission Line by the Use of Corona Cage", Proc. of 8th ISH, Vol.3, pp. 457-460, 1993.
- [4] S. W. Min, J. K. Park, J. B. Kim, "Conductor Bundle Geometry Optimization in view of Conductor Surface Gradient", IEE Japan, 111-B, pp. 1065-1072, 1991.
- [5] 김 용준, 민 석원, 김응식, "일반 3차원 표면전하법을 이용한 GIS 내부 전계해석", 대한전기학회 1999년도 방전·고전압 연구회 춘계 학술 발표회, pp. 243-247, 1999.
- [6] T. Kouno, T. Takuma, "Numerical Calculation Methods of Electric Fields", Corona Pub. Co. Tokyo, 1980, Appendix 6, pp. 224-225.
- [7] T.Kouno, T.Takuma, ibid, Chap. 16, pp. 160-178.
- [8] 민 석원, 김 용준, 김 응식, "고체 절연체 내부 공극 또는 금속 이물질 존재시의 GIS 내부의 전계 해석", 대한 전기학회 논문지, 제46C권, 6호, pp. 346-353, 2000, 6.

## 저 자 소 개



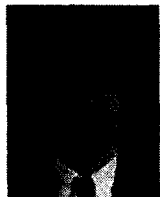
### 민 석 원(閔 錫 源)

1958년 1월 3일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1984년~1991년 한전 기술연구원 계통연구실 근무. 1996년~1997년 일본 교토대학 방문교수. 현

재 순천향대학교 정보기술공학부 교수

Tel : 041-530-1338, Fax : 041-530-1548

E-mail : swonmin@sch.ac.kr



### 김 응 식(金 應 植)

1961년 12월 26일생. 1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 호서대학교 제3공학부 부교수

Tel : 041-540-5453, Fax : 041-540-5450

E-mail : eskim@dogsuri.hoseo.ac.kr



### 송 기 현(宋 棋 鉉)

1974년 4월 26일생. 2000년 순천향대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : 041-530-1338, Fax : 041-530-1548

E-mail : songkha@hanmail.net