

## CSM을 이용한 ADSS유도전압 해석 및 위치선정에 관한 연구

\* 명성호<sup>1</sup>, 이병윤<sup>2</sup>, 이기철<sup>3</sup>, 이재복<sup>4</sup>, 하태현<sup>5</sup>, 주문노<sup>6</sup>  
한국전기연구소

### A Study on Position and Induced Voltage of ADSS Using CSM

S.H.Myung, B.Y.Lee, G.C.Lee, J.B.LEE, T.H.Ha, M.N.Joo  
KERI

**Abstract** - Tracking currents related to field exposure for ADSS in T/L is of importance. At phase-to-phase voltage in excess of 100 kV self-supporting aerial cables with solid insulation tend to suffer damage in regions close to the tower. The damage can be put down to surface tracking currents resulting from different degrees of surface contamination and moisture. Main characteristic of this exposure is the induced voltage analysis and position of ADSS. For complicated calculation of induced voltage on ADSS, this paper described an effective numerical calculation method based on CSM. The proposed methods are applied to 275 kV T/L of Malaysia.

#### 1. 서 론

최근 정보사회의 발전에 따라 다양한 매체 정보 제공을 위해 전력회사에서 가공송전선로와 병행하여 광과이버의 일종인 ADSS를 가설하고 있다. 그러나 ADSS는 유전체로써 가공송전선로와 평행하여 가설되므로 인근에 위치한 고압 가공 송전선로에 의해 ADSS표면에 상시 유도전압이 걸려 지속적으로 스트레스를 받게되므로 열화의 원인이 된다. 또한 20kV이상의 유도전압이 걸려 있는 상태에서는 우천으로 인해 물방울이 형성되면 Tracking 전류가 발생하여 ADSS에 손상을 줄 수 있다. 따라서 ADSS의 열화 및 Tracking 전류의 발생을 억제하기 위해서는 고압가공 송전선로에 의한 상시유도전압 및 전계 해석과 ADSS가설 위치선정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 말레이시아의 275 kV고압 송전선로 시스템에 가설하고자 하는 ADSS를 대상으로 상시유도전압 및 전계 해석과 ADSS가설 위치를 선정하고자 한다.

#### 2. 전하중첩법을 이용한 절연체에서의 전계 계산

전하중첩법은 수치적으로 전계분포를 구하는 법

의 하나이다. 이 방법에서는 도체표면에 분포하는 전하밀도를, 도체내부에 가상전하라고 불리는 여러 형태의 전하들을 배치하여 근사적으로 모의한다. 이와 같은 전하중첩법을 절연시스템에 적용할 경우는 다음과 같다. 그림 1과 같이 유전율이 각각  $\epsilon_1$  과  $\epsilon_2$ 인 두 유전체의 양측에 가상전하를 배치하고,  $\epsilon_1$  내 가상전하  $Q_1$ 과 전극내의 가상전하  $Q$ 로,  $\epsilon_2$  내의 전계를 구하고,  $\epsilon_2$ 내의 가상전하  $Q_2$ 와 전극내의 가상전하  $Q$ 로,  $\epsilon_1$ 내의 전계를 구한다. 각각의 가상전하는 전극표면과 유전체계면의 경계조건으로부터 전체의 연립 1차 방정식을 풀어서 구한다.

경계조건은 다음과 같다.

- 전극표면 : 전위일정

- 유전체계면 : 전위 및 전속 밀도의 법선 방향성분의 연속

그림 1과 같이 전하밀도 분포를 전극내부,  $\epsilon_1$ 내부,  $\epsilon_2$ 내부에 각각

$$Q_1(j) (j=1 \sim k), Q_2(j) (j=k+1 \sim m)$$

$Q_2(j) (j=m+1 \sim n)$ 개를 배치시켜 모의하였다면, 각 윤곽점  $i$ 에 있어서의 경계조건은 식(1) 및 식(2)와 같이 된다.

- 전극표면

$\epsilon_1$ 측 전극표면 :

$$\sum_{j=1}^k P(i, j)Q(j) + \sum_{j=m+1}^n P(i, j)Q_2(j) = V(i) \quad (1)$$

$\epsilon_2$ 측 전극표면 :

$$\sum_{j=1}^k P(i, j)Q(j) + \sum_{j=k+1}^m P(i, j)Q_1(j) = V(i) \quad (2)$$

- 유전체 계면에서의 전위 연속 조건

$$\sum_{j=k+1}^m P(i,j)Q_1(j) - \sum_{j=m+1}^n P(i,j)Q_2(j) = 0 \quad (3)$$

- 유전체 계면에서의 법선 방향 전속밀도의 연속조건

$$\epsilon_1 \left\{ \sum_{j=1}^k E_n(i,j)Q(j) + \sum_{j=m+1}^n E_n(i,j)Q_2(j) \right\} - \epsilon_2 \left\{ \sum_{j=1}^k E_n(i,j)Q(j) + \sum_{j=k+1}^m E_n(i,j)Q_1(j) \right\} = 0 \quad (4)$$

여기에서, P(i,j)는 전위계수이고, 전계계수  $E_n$ 은 전계의 수직방향성분이다.

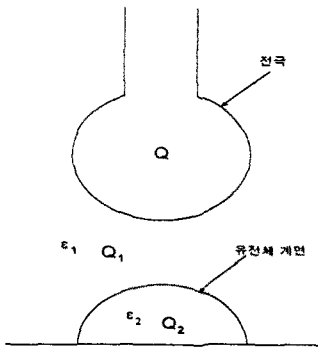


그림 1. 절연시스템 전계해석

### 3. 송전도체의 유도 전압 계산

절연된 도체에는 다른 도체의 작용에 의하여 유도전압이 발생한다. 유도전압은 절연된 도체상의 전체 전하합이 0이 되는 것과 도체 표면의 모든 지점의 전위는 미지의 유도전압  $V_j$ 가 되는 것을 이용한다. 그림 2에서 절연된 도체의 내부에 가상전하  $q_1 \sim q_m$ 를 배치하면 절연된 도체의 윤곽점 1 ~ m 에는 다른 도체의 가상전하와 절연된 도체의 가상전하의 작용에 의해 유도전압이 아래 식과 같이 나타난다.

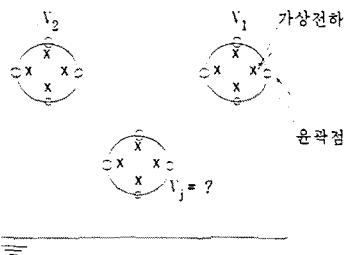


그림 2. 절연된 도체의 유도전압

$$\sum_{j=0}^m P(1,j)q_j = V_1 = V,$$

$$\sum_{j=0}^m P(2,j)q_j = V_2 = V,$$

.....

$$\sum_{j=0}^m P(m,j)q_j = V_m = V, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m q_j = 0 \quad (6)$$

식 (5)에서 미지의 유도전압  $V_j$ 를 소거하면 (m-1)개의 식이 생기고 식 (6)을 합하면 m개의 윤곽점에 대하여 m개의 방정식을 만들 수 있다. 다른 도체상의 윤곽점의 전위방정식은 통상의 전하중첩법과 같으며 절연된 도체를 포함한 영역 전체의 가상전하  $q_i (i=1 \sim j)$ 에 대해 식 (7)을 만들 수 있다. 유도전압은 이것을 풀어 얻은 전하량을 식 (5)에 대입하여 구한다.

$q_1$	1	$\otimes$	1	0	$\otimes$	0
$P_{11}$	$P_{12} - P_{21}$	$\otimes$	$P_{1m} - P_{2m}$	$\otimes$	$\otimes$	$P_{1n} - P_{2n}$
$P_{21}$	$P_{22} - P_{32}$	$\otimes$	$P_{2m} - P_{3m}$	$\otimes$	$\otimes$	$P_{2n} - P_{3n}$
$\vdots$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$
$P_{m1}$	$P_{m-1,2} - P_{m,2}$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$P_{m-1,n} - P_{m,n}$
$P_{m+1,1}$	$P_{m+1,2}$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$P_{m+1,n}$
$\vdots$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$
$P_n$	$P_n$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$\otimes$	$P_n$

(7)

### 4. 사례 연구

그림 3과 같은 말레이시아의 275 kV 고압 송전선로 시스템에 대하여 가설하고자 하는 ADSS를 대상으로 상시유도전압, 표면 전계 해석하고 ADSS 가설 위치를 선정하고자 한다

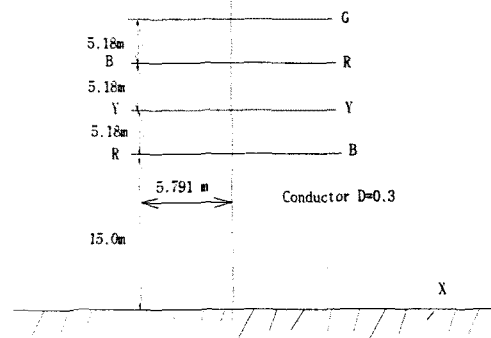


그림 3. 275 kV 고압 송전선로 시스템

그림 4는 ADSS가 설치되지 않았을 때의 송전선 주변의 전계분포의 윤곽선도를 나타낸 것이며, 보통  $X=0.0m$ 인 축을 따라 ADSS를 가설하므로 이 축상에서 적절한 Z의 위치를 선정하기 위하여 Z축에 따른 전계분포를 그림 5에 나타내었다.

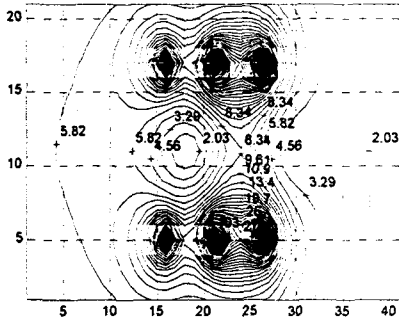


그림 4. ADSS가설전 275 kV T/L 주변의 전계분포도

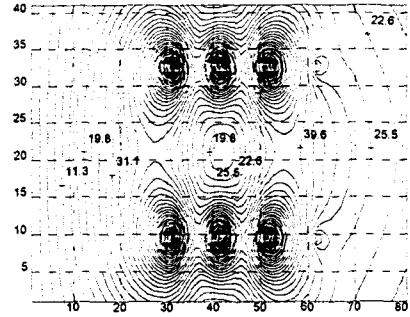


그림 6. 275 kV T/L ADSS주변의 공간전위 분포

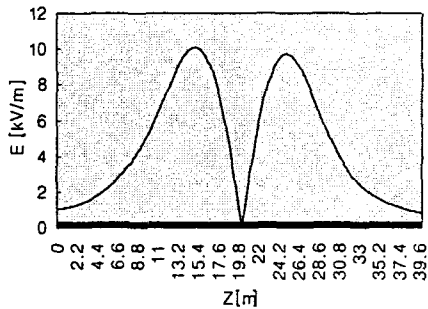


그림 5. Z축에 따른 전계분포 (X=0.0m)

## 5. 결 론

ADSS의 열화 및 Tracking 전류의 발생을 억제하기 위해서는 고압가공 송전선로에 의한 상시유도 전압 및 전계 해석과 ADSS가설 위치선정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 말레이시아의 275kV 고압 송전선로 시스템을 대상으로 해석한 결과, ADSS가 설치되는 전계분포 해석 결과 Y상 높이와 같은 위치에 ADSS를 설치하는 것이 이상적이었으며, 이때 ADSS의 상시유도전압은 18 kV 정도로써 ADSS 유도전압 제한치인 20 kV미만이었다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Electric Power Research Institute "Transmission Line Reference Book 345KV and Above," 2nd Ed. chap. 8, 1982
- [2] T. Takuma, C. Honda, T. Akashi, "Electric Field calculation of Electrode Corners Using Charge Simulation Method with Arc Charges", *Trans o the Institute of Electrical Engineers of Japan* vol.113-A, No.5, pp. 382-389, 1993
- [3] S. H. Myung, B. Y. Lee, J. K. Park, S. W. Min, E. S. Kim, "Three Dimensional Electric Field Analysis of Substation using Nonuniform Optima Charge Simulation." Ninth International Symposium on High Voltage Engineering Austria, Europe, pp.8363-1~8363-4, 1995
- [4] B. Y. Lee, J. K. Park, S. H. Myung, S. W. Min, E. S. Kim, "An Effective Modelling Method to Analyze Electric Field around Transmission Lines and Substation using a generalized Finite Line Charge." 1996 IEEE/PES Summer Meeting Denver, America, 96 SM 394-7 PWRD

그림 5에서 보듯이 Y상 높이와 같은 위치에 ADSS를 설치하는 것이 이상적임을 알 수 있었다. 여기에서 ADSS의 Permittivity는 2.5로 하였을 때 ADSS표면에 유도되는 전압을 ADSS표면을 따라서 다음과 같이 계산하였다. 이때 공간전위 분포를 그림 6에 나타내었다.

X[m]	Z[m]	유도 전압[kV]
0.008	20.182736	18.001504
0.007518	20.185142	17.986604
0.006128	20.186928	17.98094
0.004	20.187878	17.985066
0.001389	20.187878	17.998355
-0.001389	20.186928	18.01725
-0.004	20.185142	18.03232
-0.006128	20.182736	18.033296
-0.007518	20.18	18.023257
-0.008	20.177264	18.012756
-0.007518	20.174858	18.00751
-0.006128	20.173072	18.009041
-0.004	20.172122	18.017247
-0.001389	20.172122	18.031027
0.001389	20.173072	18.046519
0.004	20.174858	18.054305
0.006128	20.177264	18.044943