

유전율 및 도전율을 고려한 765 kV 송전선하의 인체 유도 전계 해석

論 文

49C-6-4

Induced Electric Field Analysis of Human under the 765 kV Transmission Line Considering Permittivity and Conductivity

閔錫源*
(Suk-Won Min)

Abstract - This paper analysed the induced electric field of human body under the 765 kV transmission line considering permittivity and conductivity. As permittivity of human body is very high as 10^6 at 60 Hz, special numerical computation technique in Surface Charge Method(SCM) for composite media with extremely different properties is applied to reduce calculation error of induced electric field inside the human body.

Key Words : 인체 유도전계, 표면 전하법, 도전율, 유전율, 765kV 송전선

1. 서 론

현대 생활을 지탱하는 과학 기술은, 한편으로는 인간 생활을 간섭하는 환경 문제를 일으키기도 한다. 이것은 자연에는 존재하지 않는 것을 가짐으로서 발생하는 필연적인 결과이지만, 인간 생활 환경과 조화시킬 수 있는 제품과 설비를 만들고 사용상태를 유지하는 것이 설계자와 제작자 및 사용자의 중요한 의무이기도 하다.

전기 에너지, 즉 전력이 발전소로부터 수송가로의 수송이 시작된 지 약 110년이 되었다. 그 동안 가공 송전선은 고전압화, 대전류화와 함께 대형화, 다회선화 함에 따라 각종의 환경 영향이 문제로 되게 되었다. 교류 송전선의 고전압화, 대형화에 기인한 현상으로는 정전유도, 전선 및 애자의 코로나 방전에 의한 가청소음, 라디오 및 텔레비전 잡음, 전파의 반사와 차폐에 의한 텔레비전 수신 장애, 경관애의 영향 등이 있다[1],[2],[3],[4]. 대전류에 기인한 문제로는 금속 철망애의 전자유도로 인한 감전 외에, 최근에는 송변전 설비에서 발생하는 자계에 의한 인체에의 영향이 주목받고 있다. 한편 직류 송전선에서는 정전유도 문제는 없지만 대신에 코로나 방전에서 발생한 이온이 대지의 절연된 물체에 유입되는 것에 의한 이온류 대전이 문제이다[5].

이들 문제에서는, 발생하는 전자계의 크기를 현상을 토대로 정확히 파악하는 것이 중요하며 각종 변수의 영향을 명확히 함으로서 설계에 응용할 수 있다. 특히 인체에 유도되는 전계, 자계, 전류 등은 주로 측정 불가능한 것으로 정량적으로 파악할 필요가 있다.

이와 관련하여 본 저자는 이미 표면 전하법을 이용하여

765 kV 2회선 송전선하의 인체 및 자동차의 표면 유도 전압, 전류 및 전계강도를 계산한 경험이 있다[6],[7]. 그 논문은 인체를 유전율과 도전율을 고려한 모델로 계산하지 못하고 단순한 도체로 가정하였기 때문에 인체의 표면에서만 계산이 가능하였다. 도전율을 고려한 전하 중첩법의 기법은 이미 개발되어졌지만 전하 중첩법으로 복잡한 3차원 형상을 모의하기가 어려운 문제점이 있다. 또한 매질의 특성이 크게 상이한 경우, 전위 및 전계 계산 오차가 매우 커지는 문제점이 있어 본 논문에서는 표면 전하법으로 이를 해결하기 위해 본 저자가 제안했던 기법[8]을 응용하여 인체를 유전율과 도전율을 갖는 모델로 모의한 결과를 보였다.

2. 계산 기법 및 경계 조건식

표면 전하법에도 여러 종류의 기법이 있고 대부분은 수치적분을 이용하여 전위와 전계를 계산하고 있지만 본 논문에서는 일정 전하 밀도를 갖는 삼각형 요소의 전위 및 전계가 특이해 문제없이 해석적으로 주어지는 장점이 있어 이것을 사용한 삼각형 요소 표면 전하법[10]을 이용하였다. 도전율의 특성을 모의하기 위하여 복소 유전율과 복소 표면 전하 밀도가 유전체 경계면에 적용되었다.

일반적인 방법은 도체와 유전체 표면 전하를 모의하기 위해 단일층의 표면 전하를 이용하는 것이다[9]. 이 방법은 고체 유전체의 유전율과 저항률 특성이 크게 상이한 경우, 유전체 외부의 전계계산 오차는 작지만, 유전체 내부에서는 상당히 커지고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 도체부는 단일 전하를, 유전체 경계면에는 이중층의 표면 전하를 배치한 기법을 사용하였고 이에 관한 자세한 내용은 참고문헌 [8]을 참조하기 바람이며 여기서는 기본원리와 경계 조건식만 간략히 기술하였다.

그림 1과 같이 기존의 기법과 같은 위치에 표면 전하를 배치하지만 이 전하는 이중으로 A측과 B측으로 나누어 사

* 正 會 員 : 順天郷大 情報技術工學部 副教授 · 工博
接受日字 : 1999年 8月 6日
最終完了 : 2000年 5月 4日

용하는 것이 기본 원리이다. 즉 유전체 경계면 상에서는 이중전하($\sigma_{dAre}(k) + j\sigma_{dAim}(k)$ 와 $\sigma_{dBre}(k) + j\sigma_{dBim}(k)$)를, 도체에서는 단일전하($\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)$)를 사용한다. 유전체 A측의 전위와 전계는 기존 방법과 동일하게 계면전하 $\sigma_{dAre}(k) + j\sigma_{dAim}(k)$ 와 도체 표면 전하 $\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)$ 로 주어지고 B측

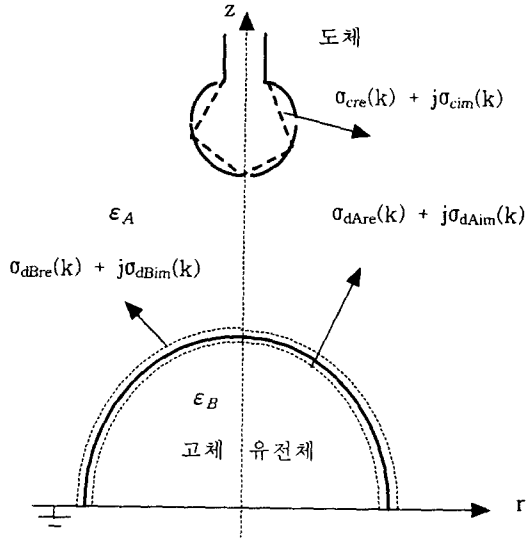


그림 1 모의 전하 배치도
Fig. 1 Arrangement of simulation charge

은 계면전하 $\sigma_{dBre}(k) + j\sigma_{dBim}(k)$ 만으로 주어진다. 유전체 계면 상에서 미지수가 2배되기 때문에 계면 상의 전위 연속조건을 이용하는 것이 기존 방법과 다르며 이하의 경계 조건식으로 된다.

도체 상 : 전위 일정 ($=V_{re}(i) + jV_{im}(i)$)

$$\sum P_c(i,k)\{\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)\} + \sum P_{dA}(i,k)\{\sigma_{dAre}(k) + j\sigma_{dAim}(k)\} = V_{re}(i) + jV_{im}(i) \quad (1)$$

여기서 $P_c(i,k)$: 도체 모의용 삼각형 표면전하 k와 도체상의 윤곽점 i 간의 전위 계수,

- $P_{dA}(i,k)$: 유전체 A측 모의용 삼각형 표면전하 k와 도체상의 윤곽점 i 간의 전위 계수,
- $\sigma_{cre}(k), j\sigma_{cim}(k)$: 도체 모의용 k 번째 삼각형 표면전하 밀도의 실수부와 허수부,
- $\sigma_{dAre}(k), j\sigma_{dAim}(k)$: 유전체 A측 모의용 k 번째 삼각형 표면전하 밀도의 실수부와 허수부,
- $V_{re}(i), jV_{im}(i)$: 도체상의 윤곽점 i의 실수부와 허수부.

유전체 계면 상

전위 연속 조건식

$$\sum P'_c(i,k)\{\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)\} + \sum P'_{dA}(i,k)\{\sigma_{dAre}(k) + j\sigma_{dAim}(k)\} = \sum P'_{dB}(i,k)\{\sigma_{dBre}(k) + j\sigma_{dBim}(k)\} \quad (2)$$

여기서 $P'_c(i,k)$: 도체 모의용 삼각형 표면전하 k와 유전체 상의 윤곽점 i간의 전위 계수,

- $P'_{dA}(i,k)$: 유전체 A 측 모의용 삼각형 표면전하 k와 유전체 상의 윤곽점 i간의 전위계수,
- $P'_{dB}(i,k)$: 유전체 B측 모의용 삼각형 표면전하 k와 유전체 상의 윤곽점 i간의 전위계수,
- $\sigma_{dBre}(k), j\sigma_{dBim}(k)$: 유전체 B측 모의용 k 번째 삼각형 표면 전하 밀도의 실수부와 허수부.

전속 밀도 연속 조건식

$$\{\epsilon_A \epsilon_0 - j1 / (\omega \rho_A)\} [\sum F_{nc}(i,k)\{\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)\} + \sum F_{ndA}(i,k)\{\sigma_{dAre}(k) + j\sigma_{dAim}(k)\}] = \{\epsilon_B \epsilon_0 - j1 / (\omega \rho_B)\} [\sum F_{ndB}(i,k)\{\sigma_{dBre}(k) + j\sigma_{dBim}(k)\} - \sum F_{ndB}(i,i)\{\sigma_{dBre}(i) + j\sigma_{dBim}(i)\}] \quad (3)$$

여기서 ϵ_A, ϵ_B : 유전체 A, B의 비유전율,

- ϵ_0 : 공기 유전율,
- ω : 각속도($=2\pi f$),
- ρ_A, ρ_B : 각각 유전체 A, B의 저항율,
- $F_{nc}(i,k)$: 도체 모의용 삼각형 표면전하 k와 유전체 상의 윤곽점 i간의 법선 방향 전계계수,
- $F_{ndA}(i,k)$: 유전체 A 측 모의용 삼각형 표면 전하 k와 유전체 상의 윤곽점 i간의 법선 방향 전계계수,
- $F_{ndB}(i,k)$: 유전체 B 측 모의용 삼각형 표면 전하 k와 유전체 상의 윤곽점 i간의 법선 방향 전계계수.

특히 도체가 없고 균등 전계 $E_{ore} + jE_{oim}(z\text{방향})$ 를 인가한 경우는 식(1)은 사용하지 못하고 식(2)의 $\sum P'_c(i,k)\{\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)\}$ 가 $-(E_{ore} + jE_{oim})z$ 로, 식(3)의 $\sum F_{nc}(i,k)\{\sigma_{cre}(k) + j\sigma_{cim}(k)\}$ 가 유전체 경계면 상에서의 균등 전계의 법선 방향 성분 $E_{nore}(i) + jE_{noim}(i)$ 로 바뀐다.

3. 인체 모델 계산

그림 2와 같은 765 kV 송전선하의 인체내부 유도전계를 계산하는 경우, 송전선과 인체를 동시에 고려하여 3차원으로 계산하는 것이 실제 현상을 그대로 모의하는 방법이지만 이것은 매우 복잡한 계산이 될 뿐만 아니라 송전선로 크기, 송전선로와 인체간의 거리를 인체 크기와 비교할 때 인체는 매우 작게 되어 결국 인체 표면에서의 전계강도는 일정하게 된다. 따라서 본 논문에서는 지표면으로부터 1[m] 떨어진 지점의 전계강도를 인체를 고려하지 않고 별도로 2차원으로 해석하여 그림 3과 같은 결과를 얻은 후, 일정 균등 전계가 인체에 작용하는 것으로 모델링하여 인체 내부 유도전계를 계산하였다.

그림 3에서 알 수 있듯이 지표면 전계강도의 최대치가 3.5 [kV/m] 보다 낮기 때문에 그림 4와 같은 신장 170cm의

인체 모델이 3.5 [kV/m]의 균등 전계하에 있을 때, 인체 표면 및 내부의 유도 전위 및 전계를 계산하였다.

인체는 머리, 목, 어깨, 몸통, 왼팔, 오른팔, 왼쪽 다리, 오른쪽 다리로 구분하였으며 인체를 비유전율 10^6 만으 모의한 것과 비유전율 10^6 뿐만 아니라 도전율 0.1s/m를 모두 고려하여 모의한 두가지 경우로 나누어 비교 계산하였다.

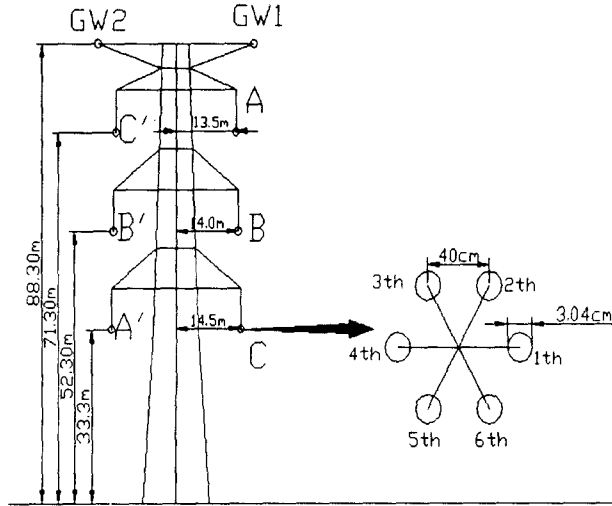


그림 2 765 kV 송전선로 및 상도체 구조
Fig. 2 765 kV transmission line and phase conductor configuration

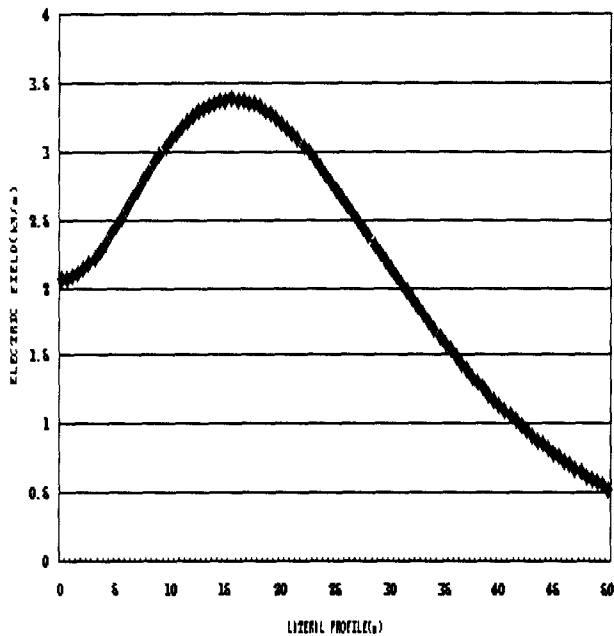


그림 3 765 kV 송전선로의 지표면 전계강도
Fig. 3 Electric field at 1 m above the ground under 765 kV transmission line

사용된 삼각형 요소 수는 머리는 18개, 목은 8개, 어깨는 20개, 몸통은 10개, 왼팔은 10개, 오른팔은 10개, 왼쪽 다리는 8개, 오른쪽 다리는 8개로 총 92개이며 각 요소가 이중층 표면전하로 표현되어 사용된 전하수는 184개이다.

계산 결과로 표 1과 2는 각각 인체를 유전율만 고려한 경우와 유전율과 도전율을 동시에 고려한 인체 표면의 유도 전위와 전계치이다.

이 표에서 알 수 있듯이 인체표면의 전계치는 유전율만 고려한 경우와 도전율을 함께 고려한 경우가 거의 동일한 값이지만 유도 전위는 도전율을 함께 고려한 경우가 유전율만 고려한 것 보다 약 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 정도 감소하였고 목과 어깨 쪽의 유도 전위가 다른 쪽 보다 높음을 알 수 있었다. 또한 유도 전계는 머리 쪽이 가장 높았다.

표 3과 4는 인체 내부의 유도 전위, 전계 계산치로 인체 표면과는 달리 유도 전위와 전계치 모두 도전율을 함께 고려한 경우가 유전율만 고려한 것 보다 약 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 정도 감소하였고 인체 표면과는 달리 어깨보다는 목 쪽의 유도 전압이 높았다. 또한 인체 내부의 유도 전계치는 도전율을 고려한 경우 외부 인가 전계치의 약 10^{-8} 정도 감소함을 알 수 있었다.

단위 : cm

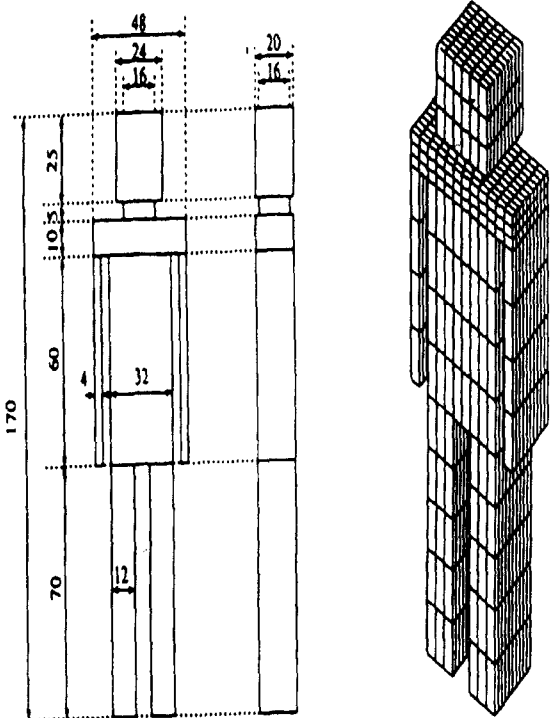


그림 4 균등 전계하의 인체모델
Fig. 4 Human body model under a uniform electric field

표 1 비유전율 $\epsilon_r=10^6$ 만을 고려한 인체모델 표면 유도전위 및 전계

Table 1 Potential and electric field at surface of human body for relative permittivity $\epsilon_r=10^6$

인체 부위 및 좌표(cm)	전위(kV)	전계(kV/m)
머리 (4.0, -3.33, 170.0)	0.16×10^{-5}	$-2.33A_x$ $2.63A_y$ $4.87A_z$
목 (-8.0, 2.67, 143.3)	0.36×10^{-5}	$-0.62 \times 10^{-2} A_x$ $-0.44A_y$ $0.11 \times 10^{-1} A_z$
어깨 (-8.0, -8.67, 140.0)	0.38×10^{-5}	$0.26A_x$ $3.16A_y$ $-5.08A_z$
몸통 (-16.0, 3.33, 110.0)	0.17×10^{-5}	$-0.98A_x$ $-0.74A_y$ $-0.18A_z$
왼팔 (20.0, 3.33, 110.0)	0.19×10^{-5}	$-0.93A_x$ $-0.77A_y$ $-0.16A_z$
오른팔 (-24.0, 3.33, 110.0)	0.11×10^{-5}	$-0.67A_x$ $-0.85A_y$ $-0.45A_z$
왼쪽 다리 (4.0, 3.33, 46.67)	0.43×10^{-6}	$-0.34A_x$ $-0.24A_y$ $0.012A_z$
오른쪽 다리 (-16.0, 3.33, 46.67)	0.38×10^{-6}	$-0.54A_x$ $-0.34A_y$ $-0.11A_z$

표 3 비유전율 $\epsilon_r=10^6$ 만을 고려한 인체모델 내부 유도 전위 및 전계

Table 3 Potential and electric field inside human body for relative permittivity $\epsilon_r=10^6$

인체 부위 및 좌표(cm)	전위 (kV)	전계 (kV/m)
머리 (0.0, 0.0, 158.0)	0.22×10^{-5}	$-0.17 \times 10^{-5} A_x$ $-0.40 \times 10^{-6} A_y$ $0.73 \times 10^{-5} A_z$
목 (0.0, 0.0, 142.0)	0.37×10^{-5}	$-0.40 \times 10^{-5} A_x$ $-0.10 \times 10^{-5} A_y$ $0.12 \times 10^{-5} A_z$
어깨 (0.0, 0.0, 125.0)	0.26×10^{-5}	$-0.18 \times 10^{-5} A_x$ $0.10 \times 10^{-7} A_y$ $-0.87 \times 10^{-5} A_z$
몸통 (0.0, 0.0, 100.0)	0.12×10^{-5}	$-0.49 \times 10^{-6} A_x$ $0.64 \times 10^{-7} A_y$ $-0.32 \times 10^{-5} A_z$
양쪽 무릎사이 (0.0, 0.0, 35.0)	0.30×10^{-6}	$0.11 \times 10^{-8} A_x$ $0.18 \times 10^{-7} A_y$ $-0.11 \times 10^{-5} A_z$

표 2 비유전율 $\epsilon_r=10^6$ 과 도전율 $\sigma = 0.1[S/m]$ 를 모두 고려한 인체모델 표면 유도 전위 및 전계

Table 2 Potential and electric field at surface of human body for relative permittivity $\epsilon_r=10^6$ and conductivity $\sigma=0.1[S/m]$

인체 부위 및 좌표(cm)	전위(kV)	전계(kV/m)
머리 (4.0, -3.33, 170.0)	0.18×10^{-6} $+ j0.53 \times 10^{-7}$	$-2.32A_x$ $2.63A_y$ $4.87A_z$
목 (-8.0, 2.67, 143.3)	0.39×10^{-8} $+ j0.12 \times 10^{-6}$	$-0.62 \times 10^{-2} A_x$ $-0.44A_y$ $0.11 \times 10^{-1} A_z$
어깨 (-8.0, -8.67, 140.0)	0.41×10^{-8} $+ j0.14 \times 10^{-6}$	$0.26A_x$ $3.16A_y$ $-5.08A_z$
몸통 (-16.0, 3.33, 110.0)	0.18×10^{-8} $+ j0.55 \times 10^{-7}$	$-0.98A_x$ $-0.74A_y$ $-0.18A_z$
왼팔 (20.0, 3.33, 110.0)	0.22×10^{-8} $+ j0.65 \times 10^{-7}$	$-0.93A_x$ $-0.77A_y$ $-0.16A_z$
오른팔 (-24.0, 3.33, 110.0)	0.13×10^{-8} $+ j0.38 \times 10^{-7}$	$-0.67A_x$ $-0.85A_y$ $-0.45A_z$
왼쪽 다리 (4.0, 3.33, 46.67)	0.49×10^{-9} $+ j0.15 \times 10^{-7}$	$-0.34A_x$ $-0.24A_y$ $0.012A_z$
오른쪽 다리 (-16.0, 3.33, 46.67)	0.42×10^{-9} $+ j0.12 \times 10^{-7}$	$-0.54A_x$ $-0.34A_y$ $-0.11A_z$

표 4 비유전율 $\epsilon_r=10^6$ 과 도전율 $\sigma=0.1[S/m]$ 를 모두 고려한 인체모델 내부 유도 전위 및 전계

Table 4 Potential and electrical field inside human body for relative permittivity $\epsilon_r=10^6$ and conductivity $\sigma=0.1[S/m]$

인체 부위 및 좌표(cm)	전위 (kV)	전계 (kV/m)
머리 (0.0, 0.0, 158.0)	0.25×10^{-8} $+ j0.73 \times 10^{-7}$	$-0.55 \times 10^{-7} A_x$ $-0.13 \times 10^{-7} A_y$ $0.25 \times 10^{-6} A_z$
목 (0.0, 0.0, 142.0)	0.41×10^{-8} $+ j0.12 \times 10^{-6}$	$-0.13 \times 10^{-6} A_x$ $-0.33 \times 10^{-7} A_y$ $0.42 \times 10^{-7} A_z$
어깨 (0.0, 0.0, 125.0)	0.30×10^{-8} $+ j0.09 \times 10^{-6}$	$-0.62 \times 10^{-7} A_x$ $0.33 \times 10^{-9} A_y$ $-0.29 \times 10^{-6} A_z$
몸통 (0.0, 0.0, 100.0)	0.14×10^{-8} $+ j0.42 \times 10^{-7}$	$-0.17 \times 10^{-7} A_x$ $0.21 \times 10^{-8} A_y$ $-0.11 \times 10^{-6} A_z$
양쪽 무릎사이 (0.0, 0.0, 35.0)	0.33×10^{-9} $+ j0.10 \times 10^{-7}$	$0.38 \times 10^{-10} A_x$ $0.62 \times 10^{-9} A_y$ $-0.39 \times 10^{-7} A_z$

4. 결 론

본 논문은 인체를 유전율과 도전율을 갖는 복합 유전체로 모의하여 인체 표면과 내부에 유도되는 전위 및 전계를 계산하였다. 이 경우 인체의 비유전율이 60 [Hz]에서 10⁶으로 매우 높기 때문에 인체 내부의 유도 전위와 전계 계산오차가 매우 커지는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 인체 모델을 유전율만 고려한 경우와 유전율과 도전율을 함께 고려한 두 가지 경우에 유전체 표면을 이중 모의 전하로 표현하는 기법을 적용하여 인체 표면과 내부의 유도 전위 및 전계를 계산하였다. 계산 결과로 인체표면의 전계치는 유전율만 고려한 경우와 도전율을 함께 고려한 경우가 거의 동일한 값이지만 유도 전위는 도전율을 함께 고려한 경우가 유전율만 고려한 것 보다 약 10⁻² ~ 10⁻³ 정도 감소하였고 인체 내부의 유도 전위, 전계 계산치는 인체 표면과는 달리 유도 전위와 전계치 모두 도전율을 함께 고려한 경우가 유전율만 고려한 것 보다 약 10⁻² ~ 10⁻³ 정도 감소하였다.

또한 인체 내부의 유도 전계치는 도전율을 고려한 경우 외부 인가 전계치의 약 10⁻⁸ 정도 감소함을 알 수 있었으며 이상의 기법은 최근 문제가 되고 있는 송전선의 저주파수 전자계 영향에 관한 정량적 해석에 토대가 될 것으로 생각한다.

감사의 글

본 과제는 1999년도 순천향대학교 학술 연구 조성비 일반 공모 과제 지원을 받아 수행하였음.

참 고 문 헌

[1] 민석원, 김정부, "코로나 케이지를 이용한 765kV 초고압 송전선 다중 도체방식 선정", 대한 전기학회 논문지, 7호, 제42권, pp. 84-94, 1993.

[2] 민석원, 박종근, "코로나 잡음 특성을 고려한 초고압 송전선의 다중 도체 배열 방식 연구", 대한 전기학회 논문지, 5호, 제39권, pp. 508-515, 1990.
 [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 Cge", 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, vol. 111-B, pp. 1065-1072, 1991.
 [5] T.Takuma, T.Kawamoto, "A Very Stable Calculation Method for Ion Flow Field of HVDC Transmission Lines", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. PWRD-2, No.1, pp. 189-198, 1987.
 [6] 민석원, "송전선 인근의 생체 및 물체 표면 전계 분포 해석", 순천향대학교 산업기술연구소 논문집, 1호, 제2권, pp. 39-48, 1996.
 [7] 민석원, 김용식, 명성호, 이병윤, 박종근, "765kV 교류 2회선 송전선하의 인체 및 자동차에 유도되는 전압, 전류계산", 대한 전기학회 논문지, 5호, 제 45권, pp. 301-309, 1996.
 [8] 민석원, 타구마, "매질 특성이 크게 상이한 다매질 유전체 내부의 전계 계산을 위한 표면 전하법 기법", 대한 전기학회 논문지, 5호, 제47권, pp. 662-672, 1998.
 [9] T.Kouno, T.Takuma, "Numerical Calculation Methods of Electric Fields", Corona Pub.Co.,Tokyo, 1980, Appendix 6, pp. 224-225.
 [10] T.Kouno, T. Takuma, ibid., chap. 16, pp. 160-178.

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. 현재 순천향대 정보기술공학부 부교수

Tel : 0418-530-1333, Fax : 0418-530-1373

E-mail : swonmin@asan.sch.ac.kr