

# 2種素導體 配列方式을 적용한 送電導體 表面電界強度 低減技法

論 文

48C-7-8

## Decreasing Technique of the Electric-field Intensity on Transmission Conductor Surface using the Hybrid Conductor Bundle

李 東 一\* · 申 玖 容\*\* · 金 正 夫\*\*\*  
(D. I. Lee, K. Y. Shin, J. B. Kim)

**Abstract** - Corona discharges form at the surface of a transmission line conductor when the electric-field intensity on the conductor surface exceeds the breakdown strength of air. In order to decrease the electric-field intensity on the conductor surface, a new 6 conductor bundle has been studied. This bundle, hybrid conductor bundle, consists of using a larger subconductor at the bottom two conductor positions in the 6-conductor bundles of each phase of the line. The electric field on these two larger subconductors is reduced which in turn reduces the corona noise. It is shown that this is a better solution for decreasing the electric-field intensity than either the conventional bundle or the asymmetric bundle proposed by EPRI.

**Key Words** : Corona Discharge, Electric-field Intensity, Hybrid Conductor Bundle.

### 1. 서 론

송전선의 코로나 발생에 가장 지배적인 요소가 도체표면 전계강도의 크기이다. 이 도체표면 전계강도를 저감시키기 위하여 도체의 직경을 증가시키지만, 단도체로는 증가에 한계가 있어 일반적으로 다중도체방식으로 도체 증가반경을 크게하고 있다. 이러한 다중도체 방식에는 직경이 동일한 소도체를 일정한 대칭간격으로 배치하는 단일소도체 구성의 대칭배열방식이 일반적으로 적용되고 있다. 그러나 도체표면 전계강도를 더 저감시키기 위하여 미국 EPRI에서는 실용적으로 가능한 소도체를 같은 원주상에 비대칭 다중도체 배열로 도체표면 전계강도를 줄이는 방법을 제안하였고[2], 일본이 이방식을 응용한 방식을 실용화 중에 있으며[3], 국내에서는 서울대 박사논문으로 도체 표면전계강도를 최저로 할 수 있는 방식을 제안하였지만 실용상 적용에는 한계가 있다[4]. 따라서 본 논문에서는 실용 가능한 직경이 다른 2종 소도체구성의 대칭배열 방식을 제안하여 현재 한전에서 건설중인 765 kV 6도체 방식경우에 적용하여 기존의 단일 소도체 구성 대칭배열 방식 및 EPRI의 비대칭 다중도체 배열방식 경우

와 도체표면 전계강도를 비교계산하는 해석적 분석과 단상모의 시험장치인 Corona Cage를 이용한 모의시험으로 그효과를 입증하였다[1].

### 2. 송전선로의 도체배열방식

#### 2.1 單一 素導體 구성 對稱配列 方式

송전선의 도체배열은 낮은 전압 범위에서는 단도체를 사용하여 허용전류를 흘리지만 높은 전압에서는 단도체로 사용은 한계가 있어, 우리 나라 경우에는 일반적으로 154 kV 이상 송전선로는 복도체를 사용하고 345 kV 선로는 건설 초기에 일부만 복도체로 사용하다가, 현재는 송전용량의 증대와 전기환경영향 저감관점에서 거의 4 도체 다중배열 방식을 적용하고 있다.

그러나 765 kV 급 선로에서는 송전용량 보다는 전기환경 측면에서 코로나 발생을 억제시키기 위하여 송전도체방식으로 6 도체 다중배열 방식을 채용하기로 하였다[5][8][9]. 또한 일본의 동경전력 1,000 kV 송전선로의 경우에는 8 도체 다중배열 방식을 채용하고 있다[6].

이와 같은 다중도체 배열방식은 도체 증가반경을 크게 하여 송전선 도체표면 전계강도를 낮추는 것으로, 일정 직경의 원주 위에 단일 굵기의 소도체를 대칭으로 배치하여 素導體數, 直徑, 相互間隔 변화에 따라 도체배열 방식을 결정하는 일반적인 단일 소도체로 구성된 多重導體 對稱配列 方式이다 [10][11][12].

\* 正 會 員 : 韓電電力研究院 電力系統研究室 送變電技術그룹  
先任研究員

\*\* 正 會 員 : 韓電電力研究院 電力系統研究室 送變電技術그룹  
先任研究員補

\*\*\* 正 會 員 : 韓電電力研究院 電力系統研究室長

接受日字 : 1999年 1月 15日

最終完了 : 1999年 5月 27日

2.2 미국 EPRI의 非對稱 多重導體 配列方式

輕雨時의 가청소음이 1960년도 이후 最低 도체선정에 주된 고려 대상이되어, 미국 EPRI에서는 이를 중심으로 多重導體 最適 配列方式에 대한 연구를 하였다.

일반적으로 사용하고 있는 단일 소도체 구성의 對稱配列 多重 導體方式의 경우, 각 素導體는 위치에 따라 導體表面 電界強度 분포의 차이가 있고 특히 비가 올 때 소도체 하부에 맺히는 물방울로 인하여 코로나 放電의 발생원이 되므로 하부 소도체의 可聽騾音 발생량이 상부 소도체보다 많이 발생한다.

이러한 현상은 각 소도체에 대한 전계 분포계산과 경우시의 다중도체 배열방식에 대한 코로나 시험에서 관찰하여도 몇몇 소도체는 표면 電界強度가 과도하게 집중되고 그 나머지는 코로나를 감소시키는데 유효하게 이용되지 못함을 가지적으로 확인할 수 있다. 따라서 EPRI에서는 각 素導體를 유효하게 이용하여 각 소도체에서 발생하는 雜音을 동일하게 하여 전체의 합성잡음을 낮추기 위한 非對稱 多重導體 最適 配列方式을 다음과 같이 제시하였다[2].

소도체 주변의 전계강도에 영향을 미치는 요소는 다음과 같이 4가지로 규정하고 있다: 소도체 직경 (d), 평균 표면 전계강도(Eav), 최대 표면 전계강도(Emax)와 소도체 표면에서 최대 전계강도를 나타내는 지점과 소도체 최하지점과의 각도 (α)가 고려되므로 EPRI에서는 각 소도체의 잡음량(G)을 위의 4 가지 파라메타를 이용하여 식 (1)과 같이 나타내었다.

$$G = f(d, E_{max}, k, \alpha) \text{-----(1)}$$

여기서  $k = E_{max} / E_{av}$

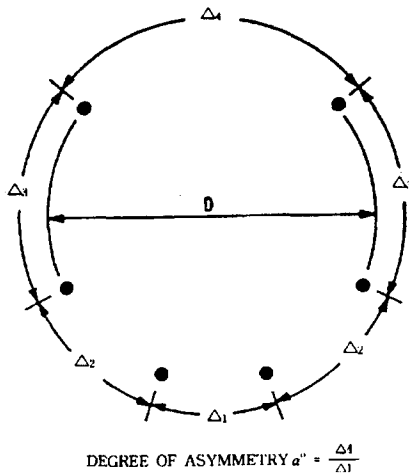


그림 1 EPRI의 6 導體 多重方式의 非對稱 配列  
Fig. 1 EPRI asymmetrical arrangement of six-conductor bundle.

그러나 EPRI 제안 방식은 하부 소도체 표면 전계강도는 저감시키나 상부 소도체의 표면 전계강도는 반대로 증가되는 문제점을 안고 있다[2]. 따라서 본 논문에서는  $\alpha^0 = \Delta_1 / \Delta_2 = 2$  인 경우가 상부 素導體 表面 電界強度를 작게 증가시키는 것으로 분석되어 이 결과를 본 연구에서 제시한 방법과 비교, 분석하였다.

2.3 本 論文 提示 2 種 素導體 구성 對稱配列 方式

본 논문의 제시방식인 그림 2의 (b)는 그림 2의 (a)와 같이 일반적으로 사용되고 있는 단일 소도체 구성 對稱配列 방식에서 소도체의 위치나 간격을 이동시키지 않고, 하부 소도체 직경의 증가 만으로 도체표면 전계강도를 낮추어 코로나 잡음을 줄이는 방법을 시도하였다. 그 이유는, 전반적으로 하부 소도체는 전계표면 전계강도가 높고 특히 강우시 하부도체에 맺힌 빗방울의 위치와 최대전계 발생방향이 일치하여 코로나의 주된 발생 원인이 되기 때문이다.

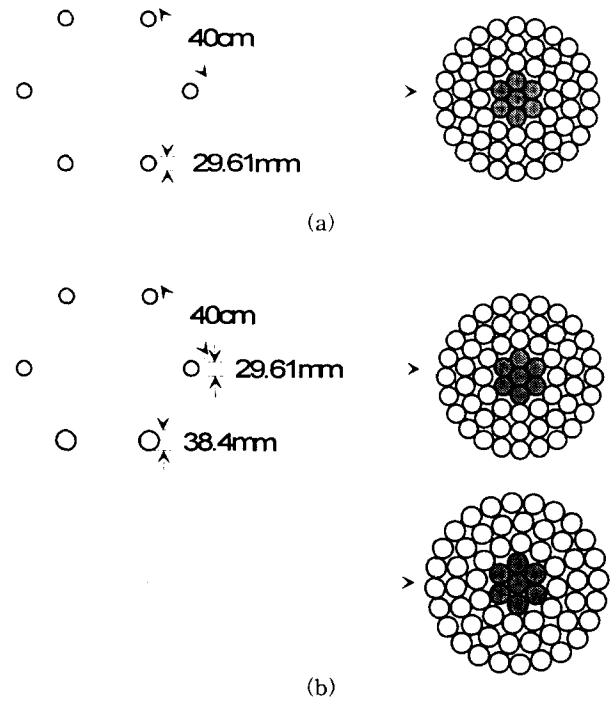


그림 2 단일 소도체 구성 대칭배열 방식(a)과 2종 소도체 구성 대칭배열 방식(b)과의 비교  
Fig. 2 Comparison of one-kind(a) and two-kinds(b) subconductor symmetrical arrangement.

이 새로운 도체배열방식의 효과로는 중간이나 상부 素導體보다 하부 소도체로 직경이 굵은 것을 사용하여 하부 소도체에서 발생하는 最大 電界強度를 낮춘은 물론 전체 소도체의 平均 電界強度도 낮추어 코로나 雜音을 줄이는 새로운 방법으로써, 특히 송전선로 설계시 주 검토 대상이 되고 있는 강우시의 코로나소음 저감에 초점을 두고 있다.

3. 각 배열방식의 도체표면 전계강도 비교

그림 3과 같은 3 相 2 回線 送電線의 각 배열 방식에서 素導體表面 電界強度는 그림 4와 같이 전하를 배치하고 다음과 같은 절차에 따라 계산하였다[4],[7].

- 1) 각 素導體의 중심점(Xj, Yj)에 미지량의 假想 線電荷(Qj)를 배치한다.

- 2) 電位(Vi)를 알고 있는 각 소도체 표면에 輪郭點 (xi,yi)을 가상 무한 선전하 수만큼 배치하면 전하 배치점과 윤곽점간의 맥스웰(Maxwell) 電位係數 行列[P]가 결정된다.
- 3) [P] [Q] = [V] 관계식을 만족하는 가상 無限 電荷量을 결정한다.
- 4) 각 소도체 표면 전계강도를 계산하고자 하는 計算點 (xk, yk)의 電界強度(Ek)는 계산점과 假想 無限 線電荷 배치점간의 맥스웰(Maxwell) 電界係數 行列[F]와 가상 無限 線電荷量으로부터 계산할 수 있다. 즉 [E] = [F][Q] 이다.

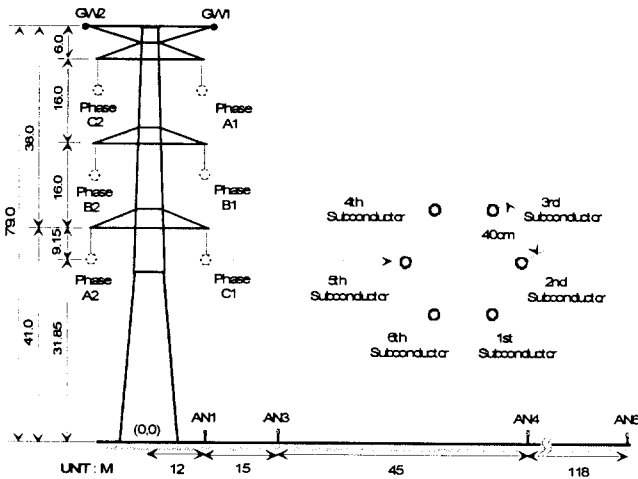


그림 3 3相 2回線 送電線 形狀 및 導體配置  
 Fig. 3 Configuration of 765 kV double circuit transmission line and conductor arrangement.

- 가상전하 배치점
- × 도체 표면 윤곽점

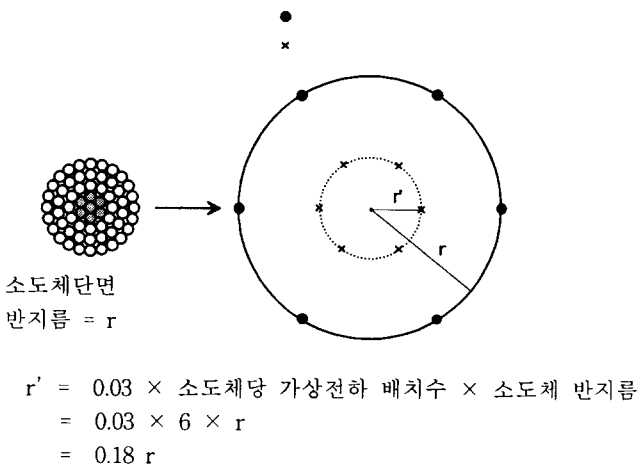


그림 4 도체표면 전계강도 계산을 위한 전하배치도  
 Fig. 4 Arrangement of charges for the calculation of the field.

그림 3과 같은 3相 2回線 送電線의 각 상 導體表面의 경우, 각 素導體 表面의 계산점(xk, yk)의 電荷 배치점과 계

산점 간의 맥스웰 電界係數와 가상 무한 線電荷量을 이용하여 각 계산점의 X, Y좌표 電界強度는 식 2 및 식 3 과 같이 표현된다[8].

$$E_{xk} = \sum_{j=1}^n \frac{\lambda}{2 \pi \epsilon_0} (x_k - X_j) \left[ \frac{1}{\{(x_k - X_j)^2 + (y_k - Y_j)^2\}} - \frac{1}{\{(x_k - X_j)^2 + (y_k + Y_j)^2\}} \right] \text{---(2)}$$

$$E_{yk} = \sum_{j=1}^n \frac{\lambda}{2 \pi \epsilon_0} \left[ \frac{(y_k - Y_j)}{\{(x_k - X_j)^2 + (y_k - Y_j)^2\}} - \frac{(y_k + Y_j)}{\{(x_k - X_j)^2 + (y_k + Y_j)^2\}} \right] \text{---(3)}$$

- 여기서 x<sub>k</sub> : 表面 電界強度 계산점 X 좌표
- y<sub>k</sub> : 表面 電界強度 계산점 Y 좌표
- X<sub>j</sub> : 假想 無限 線電荷 배치점 X 좌표
- Y<sub>j</sub> : 假想 無限 線電荷 배치점 Y 좌표
- λ : (Q<sub>R</sub><sup>2</sup> + Q<sub>Jim</sub><sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>
- Q<sub>R</sub>: 假想 無限 線電荷量의 實數分
- Q<sub>Jim</sub>: 假想 無限 線電荷量의 虛數分
- n : 假想 無限 線電荷數

본 논문에서 제안한 2種 素導體 구성 대칭배열 방식의 電界強度의 감소를 확인하기 위하여, 표 1과 같은 모델 導體方式의 각 素導體 및 각상의 最大 表面電界 강도와 平均 表面電界 강도를 電荷重疊法을 사용하여 계산후 비교 분석하였다.

표 1 전계계산에 사용된 多重 導體配列 방식과 코드번호  
 Table 1 Each conductor arrangement and Code No. for surface gradient calculation.

Code No.	도체 배열 방식	비 고
CSM41	480 mm <sup>2</sup> × 4 + 810 mm <sup>2</sup> × 2	코로나 케이지 실증시험 수행
CSM42	480 mm <sup>2</sup> × 6	코로나 케이지 실증시험 수행
CSM43	810 mm <sup>2</sup> × 6	
CSM44	480 mm <sup>2</sup> × 4 + 610 mm <sup>2</sup> × 2	
CSM45	610 mm <sup>2</sup> × 6	

위의 다섯 가지 종류의 多重 導體配列 방식에 대하여 電荷重疊法을 이용하여 각 상의 素導體別 평균 및 最大 導體表面 電界強度를 표 2, 3, 4 및 그림 5, 6, 7에 나타내었다.

표 2 각 모델 導體 配列方式의 素導體別 平均 및 最大 導體 表面 電界強度(上部 相경우)

Table 2 Average and maximum surface gradient of subconductors for each model arrangement (Upper phase case).

단위 : [kV/cm]

		1st Sub-cond.	2nd Sub-cond.	3rd Sub-cond.	4th Sub-cond.	5th Sub-cond.	6th Sub-cond.	Avg.
CSM41 (480mm <sup>2</sup> X4 +810mm <sup>2</sup> X2)	AVG	10.22	12.06	12.11	12.23	12.28	10.31	11.534
	MAX	12.65	14.44	14.45	14.60	14.74	12.78	13.942
CSM42 (480mm <sup>2</sup> X6)	AVG	12.69	12.42	12.28	12.40	12.65	12.80	12.538
	MAX	15.13	14.78	14.60	14.75	15.08	15.27	14.934
CSM43 (810mm <sup>2</sup> X6)	AVG	9.81	9.59	9.48	9.58	9.78	9.91	9.691
	MAX	12.30	11.99	11.84	11.97	12.25	12.42	12.124
CSM44 (480mm <sup>2</sup> X4 +610mm <sup>2</sup> X2)	AVG	11.25	12.22	12.19	12.30	12.45	11.35	11.961
	MAX	13.69	14.60	14.52	14.67	14.90	13.82	14.364
CSM45 (610mm <sup>2</sup> X6)	AVG	11.00	10.77	10.64	10.75	10.97	11.11	10.873
	MAX	13.45	13.15	12.98	13.12	13.42	13.60	13.286

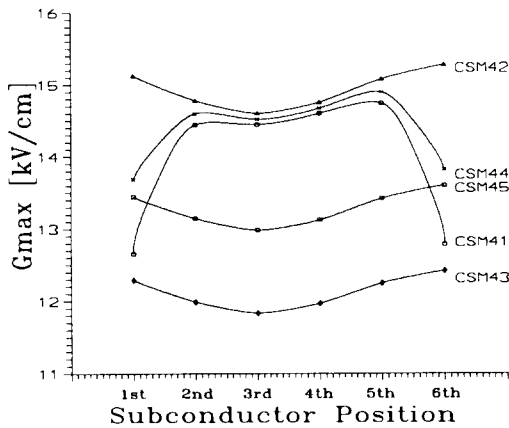


그림 5 각 모델 導體 配列方式의 素導體別 最大 導體 表面 電界強度(上部 相경우)

Fig. 5 Maximum surface gradient curve of subconductors for each arrangement(Upper phase case).

전하중첩법을 이용한 도체 표면전계 계산결과인 표 2, 3, 4에 의하면, 단일 소도체 구성 대칭배열 방식에서 下部 소도체인 첫 번째와 여섯 번째의 소도체의 도체표면 전계강도가 中間 및 上部 素導體에 비하여 높거나 비슷함을 알 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 2種 素導體 구성 대칭배열 방식을 적용한 CSM41과 CSM44경우에 中間 및 上部 소도체에 비하여 하부 소도체의 도체표면 전계강도가 현저히 줄어들었음은 물론, 전체 소도체의 도체표면 전계강도도 줄었음을 알

수 있다. 이러한 전계강도의 저감은 강우시 중간이나 상부 소도체와는 달리 하부 소도체에 맺히는 물방울의 위치가 최대 전계강도 방향과 일치하여 하부 소도체 물방울이 주된 코로나 발생원이 됨을 고려할 때 송전선의 가청소음 저감효과가 큼을 알 수 있다.

또한 그림 5의 送電線路 6相 전체의 전계강도 변화결과를 나타내기 위하여 각 相當의 綜合적인 平均 및 最大 導體 表面 電界強度 특성을 계산하여 표 3-5에 나타내었다.

표 3 각 모델 導體 配列方式의 素導體別 平均 및 最大 導體 表面 電界強度(中間 相경우).

Table 3 Average and maximum surface gradient of subconductors for each model arrangement (Middle phase case)

단위 : [kV/cm]

		1st Sub-cond.	2nd Sub-cond.	3rd Sub-cond.	4th Sub-cond.	5th Sub-cond.	6th Sub-cond.	Avg.
CSM41 (480mm <sup>2</sup> X4 +810mm <sup>2</sup> X2)	AVG	10.09	12.19	12.37	12.29	12.04	10.03	11.500
	MAX	12.49	14.61	14.79	14.69	14.42	12.40	13.899
CSM42 (480mm <sup>2</sup> X6)	AVG	12.52	12.54	12.53	12.46	12.39	12.45	12.481
	MAX	14.92	14.94	14.93	14.84	14.75	14.82	14.866
CSM43 (810mm <sup>2</sup> X6)	AVG	9.68	9.70	9.69	9.63	9.58	9.62	9.652
	MAX	12.12	12.14	12.13	12.05	11.97	12.04	12.075
CSM44 (480mm <sup>2</sup> X4 +610mm <sup>2</sup> X2)	AVG	11.11	12.35	12.44	12.37	12.20	11.04	11.917
	MAX	13.50	14.76	14.85	14.76	14.57	13.41	14.310
CSM45 (610mm <sup>2</sup> X6)	AVG	10.86	10.88	10.87	10.81	10.75	10.80	10.826
	MAX	13.28	13.30	13.29	13.21	13.12	13.19	13.232

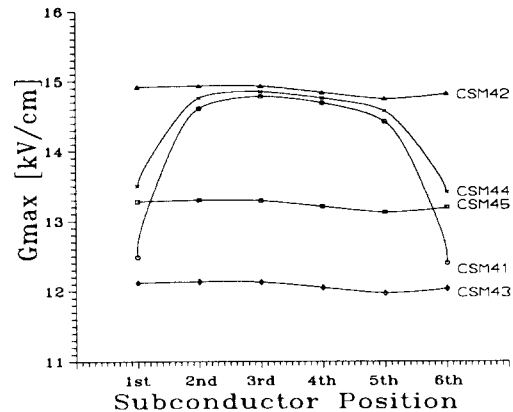


그림 6 각 모델 導體 配列方式의 素導體別 最大 導體 表面 電界強度(中間 相경우)

Fig. 6 Maximum surface gradient curve of subconductors for each arrangement(Middle phase case).

표 4 各 모델 導體 配列方式의 素導體別 平均 및 最大 導體 表面 電界強度(下部 相 경우)

Table 4 Average and maximum surface gradient of subconductors for each model arrangement (Bottom phase case)

단위 : [kV/cm]

		1st Sub-cond.	2nd Sub-cond.	3rd Sub-cond.	4th Sub-cond.	5th Sub-cond.	6th Sub-cond.	Avg.
CSM41 (480mm <sup>2</sup> X4 +810mm <sup>2</sup> X2)	AVG	9.92	12.10	12.54	12.64	12.31	10.01	11.587
	MAX	12.24	14.50	15.00	15.14	14.76	12.36	14.000
CSM42 (480mm <sup>2</sup> X6)	AVG	12.32	12.45	12.71	12.81	12.66	12.42	12.559
	MAX	14.64	14.82	15.15	15.28	15.08	14.78	14.960
CSM43 (810mm <sup>2</sup> X6)	AVG	9.51	9.62	9.83	9.91	9.79	9.59	9.708
	MAX	11.87	12.02	12.31	12.43	12.25	11.98	12.145
CSM44 (480mm <sup>2</sup> X4 +610mm <sup>2</sup> X2)	AVG	10.92	12.26	12.62	12.72	12.47	11.02	12.000
	MAX	13.25	14.65	15.07	15.20	14.91	13.37	14.407
CSM45 (610mm <sup>2</sup> X6)	AVG	10.67	10.80	11.02	11.11	10.98	10.76	10.891
	MAX	13.02	13.18	13.49	13.61	13.43	13.14	13.311

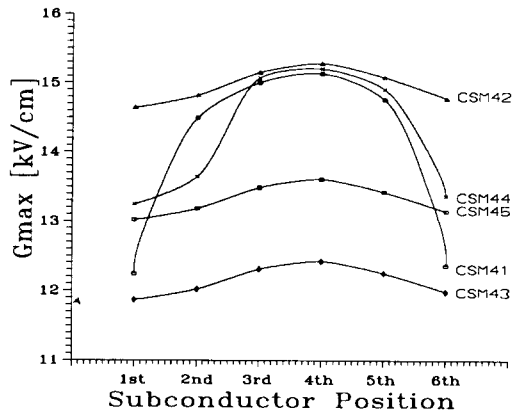


그림 7 各 모델 導體 配列方式의 素導體別 最大 導體 表面 電界強度 特性曲線(下部 相 경우).  
Fig. 7 Maximum surface gradient curve of subconductors for each arrangement(Bottom phase case).

각 相當 素導體別 平均 및 最大 導體 表面電界 강도의 계산결과 표 5에 의하면, 그림 3과 같은 3 相 垂直配列 2 回線 送電線에서는 鐵塔을 중심으로 양회선이 서로 대칭인 관계로 양쪽 相들간의 계산결과가 같음을 알 수 있다. 또한 표 4에서 적용한 모든 도체 배열 방식에서 산출된 표면 전계강도는 上部 相(Phase C<sub>1</sub> 과 A<sub>2</sub>)의 값이 가장 높고 中間 相(Phase B<sub>1</sub> 과 B<sub>2</sub>)의 값이 가장 낮음을 알 수 있다. 이러한 결과는 중간상은 가운데 위치 함으로써 하부와 상부의 相 도체에 의해 遮蔽 影響을 받는 것으로 해석 될 수 있다.

표 5 各 모델 도체 配列方式의 相當 素導體別 평균 및 최대 導體 表面電界 強度

Table 5 Average and maximum subconductor surface gradient of phases for each model arrangement. 단위 : [kV/cm]

		1st Sub-cond.	2nd Sub-cond.	3rd Sub-cond.	4th Sub-cond.	5th Sub-cond.	6th Sub-cond.	Avg.
CSM41 (480mm <sup>2</sup> X4 +810mm <sup>2</sup> X2)	AVG	11.53	11.50	11.59	11.53	11.50	11.59	11.541
	MAX	13.94	13.90	13.95	13.94	13.90	13.95	13.930
CSM42 (480mm <sup>2</sup> X6)	AVG	12.54	12.48	12.56	12.54	12.48	12.56	12.526
	MAX	14.93	14.87	14.96	14.94	14.87	14.96	14.920
CSM43 (810mm <sup>2</sup> X6)	AVG	9.69	9.65	9.71	9.69	9.65	9.71	9.684
	MAX	12.12	12.08	12.15	12.12	12.08	12.15	12.115
CSM44 (480mm <sup>2</sup> X4 +610mm <sup>2</sup> X2)	AVG	11.96	11.92	12.00	11.96	11.92	12.00	11.959
	MAX	14.36	14.31	14.24	14.36	14.31	14.24	14.305
CSM45 (610mm <sup>2</sup> X6)	AVG	10.87	10.83	10.89	10.87	10.83	10.89	10.863
	MAX	13.29	13.23	13.31	13.29	13.23	13.31	13.276

표 6 各 방식별 765 kV 2 回線 送電線 相導體表面 平均 電界強度 計算結果 比較

Table 6 Average surface gradient of phase conductor for 765 kV double circuit transmission line. 단위:[kV/cm]

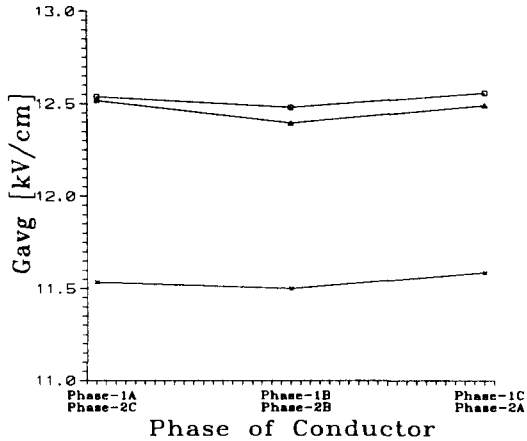
導體方式 相導體名	단일 소도체 구성 對稱 配列 방식	EPRI의 非對稱 配列 방식	본 논문제시 2 種 素導體 구성 對稱配列
Phase A <sub>1</sub> (上部 相)	12.538	12.518	11.534
Phase C <sub>2</sub> Phase B <sub>1</sub> (中間 相)	12.481	12.395	11.500
Phase C <sub>1</sub> (下部 相)	12.559	12.491	11.587
Phase A <sub>2</sub>			

- \* 단일 소도체 구성 대칭배열 및 EPRI의 비대칭 배열 방식 : 480 mm<sup>2</sup> × 6 (CSM42)
- \* 본 논문 제시 2 種 소도체 구성 대칭배열 방식 : 480 mm<sup>2</sup> × 4 + 810 mm<sup>2</sup> × 2 (CSM41)

표 6과 그림 8의 상 위치별 평균 도체표면 전계강도를 고려할 때, 단일 소도체 구성 對稱配列 방식에 비해 EPRI의 非對稱 配列 電界強度가 거의 저감되지 않았음을 알 수 있다.

그러나 본 논문에서 제시한 2 種 素導體 구성 對稱配列 방

식은 단일 소도체 구성 방식 및 EPRI 비대칭 배열 방식과 비교하여 평균 도체표면 전계강도가 약 1 kV/cm 저감되어 8%의 평균 도체표면 전계강도가 저감됨을 보여 주고 있다.



□=일반 대칭 Δ=EPRI 비대칭 ×=본논문의 방식

그림 8 각 모델 도체 配列方式의 相當 素導體別 平均 導體 表面電界 強度

Fig. 8 Average and maximum subconductor surface gradient of phases for each model arrangement.

표 7과 그림 9에서 최대 도체표면 전계강도를 고려할 때 단일 소도체 구성 對稱配列 방식에 비해 EPRI의 非對稱 配列方式의 경우 電界強度가 거의 저감되지 않았음을 알 수 있으며, 상부 상의 경우는 도리어 일반적인 대칭배열의 14.934 kV/cm보다 14.942 kV/cm로 약간 증가되었음을 알 수 있다.

표 7 각 방식별 765 kV 2 回線 送電線 相 導體表面 最大 電界強度 計算結果 比較

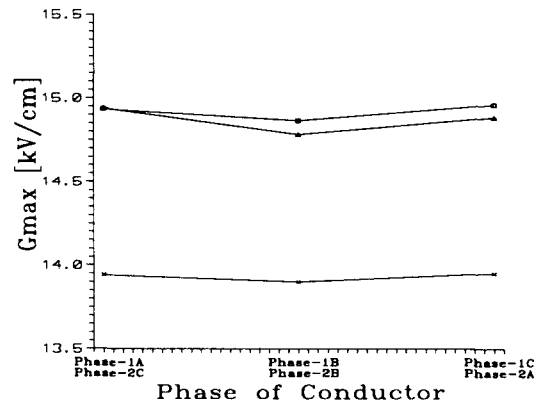
Table 7 Maximum surface gradient of phase conductor for 765 kV double circuit transmission line.

導體方式 相導體名	단일 소도체 구성 對稱 配列 방식	EPRI의 非對稱 配列 방식	본 논문제시 2 種 素導體 구성 對稱配列
Phase A <sub>1</sub> (上部 相) Phase C <sub>2</sub>	14.934	14.942	13.942
Phase B <sub>1</sub> (中部 相) Phase B <sub>2</sub>	14.866	14.783	13.899
Phase C <sub>1</sub> (下部 相) Phase A <sub>2</sub>	14.960	14.885	13.950

- \* 단일 소도체 구성 대칭배열 및 EPRI의 비대칭 배열 방식 : 480 mm<sup>2</sup> × 6 (CSM42)
- \* 본 논문 제시 2 종 소도체 구성 대칭배열 방식 : 480 mm<sup>2</sup> × 4 + 810 mm<sup>2</sup> × 2 (CSM41)

그러나 본 논문에서 제시한 2 種 導體 對稱配列 방식은 최대 도체표면 전계강도 저감효과면에서 앞절의 평균 도체 표

면 전계강도 경우보다 더 저감됨을 보여주고 있다.



□=일반 대칭 Δ=EPRI 비대칭 ×=본논문의 방식

그림 9 각 모델 도체 配列方式의 相當 素導體別 최대 導體 表面電界 強度

Fig. 9 Average subconductor surface gradient of phases for each model arrangement.

#### 4. 2종 소도체 구성 대칭배열 방식의 가청소음 발생량 비교시험

송전도체의 코로나에 의한 가청소음 발생은 導體 表面電界 強度의 크기에 비례하므로 표 1의 비교한 단일 소도체 구성 대칭배열인 480 mm<sup>2</sup> × 6 (CSM42)방식과 본 논문 제시 2 종 소도체 구성 대칭배열인 480 mm<sup>2</sup> × 4 + 810 mm<sup>2</sup> × 2 (CSM41)방식에 대하여 송전도체 코로나소음발생 단상 모의 시험장치인 코로나 케이지를 利用하여 降雨時 같은 同一條件으로 비교 시험을 하여 측정된 가청소음은 표 8 과 같다.

표 8 단일 소도체 구성 대칭배열 과 2 種 소도체 구성 대칭배열 방식의 可聽騒音 試驗結果

Table 8 Audible noise test results for both one-kind subconductor symmetric bundle and two-kinds subconductor symmetric bundle.

배열방식		시험전압[kV]			
		245	263	280	298
CSM41 (480mm <sup>2</sup> × 4 + 810mm <sup>2</sup> × 2)	強雨	54.2	56.0	58.2	60.5
	等價輕雨	46.3	48.8	50.2	52.4
CSM42 (480mm <sup>2</sup> × 6)	強雨	56.2	58.0	59.9	62.0
	等價輕雨	47.1	49.0	53.3	59.9

표 8에 의하면 강우시나 등가강우시 모두 본 논문이 제시한 2종 소도체 구성 대칭배열인 480 mm × 4 + 810 mm × 2 (CSM41)방식이 일반적으로 사용되고 있는 기존의 단일 소도체 구성 대칭배열인 480 mm × 6 (CSM42)방식보다 소음이 저감되는 것을 보여주고 있다. 강우 시에는 낮은 전압범위에서 CSM41이 CSM42보다 소음 저감 폭이 큰데 비하여 등가강우 시에는 반대적으로 낮은 전압 범위보다는 높은 시험 전압 범위인 280 kV와 298 kV에서 상대적으로 소음 저감효과가 큼을 알 수 있다.

표 8은 코로나 케이지 시험 결과치 자체의 상대비교이므로 표 8의 코로나 케이지 시험결과를 765 kV 수직배열 2회선 시험선로를 모델로 한 무한선로로 환산하여 실제 최외상도체 직하에서 15 m 이격된 지점에서의 가청소음량으로 환산하여 비교한 결과를 표 9에 나타내었다.

표 9 단일 소도체 구성 대칭배열 과 2종 소도체 구성 대칭배열 방식의 可聽騒音 試驗値를 765 kV 실선로 환산 결과

Table 9 Audible noise test results for both one-kind subconductor symmetric bundle and two-kinds subconductor symmetric bundle for 765 kV actual transmission line

단위:dB(A)

도체방식 시험조건	단일 소도체구성 대칭배열방식 (CSM42)	본 논문제시 2종 소도체구성대칭 배열방식(CSM41)
强雨時	52.9	51.8
等價輕雨時	45.1	44.6

상기 표와 같이 可聽騒音의 특성분석에서 주관심 항목인 等價輕雨時에서 2종 소도체 구성 대칭배열이 기존의 一般의 인 단일 소도체 구성 대칭배열 방식보다 0.5 dB(A) 저감되었고, 强雨時에도 1.1 dB(A)나 저감되어서 새로운 제시 방식의 효과적인 면을 보여주고 있다.

### 5. 결론

송전선의 코로나 발생에 가장 지배적인 요소인 도체표면 전계강도 크기를 저감시키기 위한 새로운 기법으로 직경이 다른 2종의 소도체로 구성되는 대칭배열 방식을 개발하여 아래와 같은 결과와 효과가 기대된다.

- 제안된 2종 소도체구성의 대칭배열 방식의 도체표면 전계강도 저감효과는 전하중첩법을 이용한 해석적분석과 Corona Cage를 이용한 단상모의시험으로 입증되었으며, 해석적분석에서는 기존의 단일 소도체 구성방식 및 EPRI 비대칭 배열방식과 비교

하여 도체표면전계강도가 약 1 kV/Cm( 8 %) 저감되었고, 단상모의시험에서 强雨時 1.1 dB(A), 輕雨時 0.5 dB(A)저감되어 본 방식이 경제적으로 가청소음을 줄일수 있는 방법임을 입증하였다.

- 본 2종 소도체구성의 대칭배열 방식은 미국 EPRI 비대칭 배열방식과 같이 6개의 소도체 배치가 원주상인 관계로 전선스페이서 제작에 난점이 없어 실용적으로 사용가능하며, 하부 2도체가 중간 및 상부도체에 비하여 무거운 관계로 실사용시 바람에 의한 진동발생이 적은 장점이 예상된다.

- 따라서 본 방식은 본 연구에서 확인치 못한 架線問題, 電流의 不平衡 등에 따른 기계적, 전기적사항을 검토후 인가지역 인접 송전선로의 코로나 소음장해의 경제적인 대책으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 李東一, "765 kV 交流送電線路의 코로나 騒音에 의한 環境影響 特性 研究", 한양대학교 工學博士 學位論文, 1996, 8.
- [2] Transmission Line Reference Book - 345 kV and Above / Second Edition, Electric Power Research Institute, PP. 301-305. 1982.
- [3] CRIEPI, "UHV 交流送電 實證試驗 委員會 報告書" Z85801, 日本 電力中央研究所 研究報告, March 1985.
- [4] 閔錫源, "超高壓 送電線 多重導體 配列의 코로나 雜音特性 研究", 서울 大學校 工學博士 學位論文, 1991, 2.
- [5] 김정부의 8인 : 초고압 송전에 관한 연구 V, 한전전력연구원 보고서 1989.
- [6] CRIEPI, "187 kV ~ 1,100 kV의 交流送電線의 Handbook", 日本電力中央研究所 研究報告, 綜合報告, 第 4 階, December 1985.
- [7] M. G. Comber, L. E. Zaffanella, "Audible Noise Reduction by Bundle Geometry Optimization", IEEE Trans. on Pas, Vol. PAS - 92, pp.1782 - 1791, September/October 1973.
- [8] 李東一, 具滋允, "765kV 交流 送電線路의 可聽騒音 計算 豫測式 開發(1)", 大韓 電氣學會 論文誌, 第45卷 第4號, 1996, 4.
- [9] D. I. Lee, J. Y. Koo, J. B. Kim, , "Conductor Selection of a 765 kV Double Circuit Transmission Line -Audible & Aeolian Noise Studies -", Proceedings of CIGRE SC36 Conference, pp. 60 - 63, Brazil, 1995. 5.
- [10] J. B. Kim, D. I. Lee, K. Y. Shin, K. H. Yang, H. S. An, "Corona Characteristics on a 765 kV Double Circuit Transmission Test Line, Proceedings of the ICEE, Korea, 1995. 7.
- [11] D. I. Lee, J. Y. Koo, J. B. Kim, "KEPCO 765kV Transmission System Development-Corona & Electric Field Effects Studies -", Proceedings of 1995 EMPD, pp. 288 - 291, Singapore, 1995. 11.
- [12] D. I. Lee, J.Y. Koo, J. B. Kim,, et al, "Audible Noise Performance of 6-Rail Conductors on a 765kV Double Circuit Test Line", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.12, No.3, July 1997.

저 자 소 개



이 동 일 (李 東 一)

1958년 3월 15일생. 1996년 9월 한양대 전기공학과 박사 학위 취득. 1978년 한국전력공사 입사. 현재 전력연구원 책임연구원 재직 중. 대한전기학회중신회원. CIGRE SC22-14 위원. IEEE 정회원. 주관심분야: 초고압송전 및 전기환경

Tel : 042-865-5881, Fax : 042-865-5804

E-mail : dilee@kepri.re.kr



신 구 용 (申 玖 容)

1967년 7월 8일생. 1993년 9월 경남대 전기공학과 석사 학위 취득. 1988년 한국전력공사 입사. 현재 전력연구원 선임연구원보 재직중. 대한전기학회 정회원. 주관심분야: 초고압송전 및 전기환경

Tel : 042-865-5885, Fax : 042-865-5804

E-mail : kyshin@kepri.re.kr



김 정 부 (金 正 夫)

1943년 11월 14일생. 1990년 서울대 전기공학과 박사 학위 취득. 1971년 한국전력공사 입사. 현재 전력연구원 전력계통연구실장 재직 중. 대한전기학회 중신회원. IEEE Senior Member. CIGRE SC22 위원. 주관심분야: 절

연협조 및 전기환경

Tel : 042-865-5800, Fax : 042-865-5804

E-mail : jbkim@kepri.re.kr