

765kV 송전용 철탑 Skeleton Diagram 결정

박 광희, 김 용완*, 원 봉주

한국전력공사 송변전건설처 765kV격상추진팀 Determination of Tower Skeleton Diagram for KEPCO 765kV Transmission Lines

K.H. Park, Y.W. Kim*, B.J. Won

UHV Project office, T/S Construction Dept., KEPCO

(Abstract)

Route conditons, applied voltage and the condition of stringing conductors should be considered in determining standard types and skeleton diagrams of towers. In skeleton diagrams the necessary number of insulators and the air clearance have been decided by the results of studies on insulation coordination. Galloping, sleet-jumping, sag characteristics and the possibility of closeness of conductors should be considered according to the condition of stringing conductor and the span. After reviewing those factors, it is necessary to determine the minimum vertical and horizontal distance for the safety of transmission lines under any circumstances. Also it should be economical.

1. 서 론

합리적인 송전용 철탑모형도(Skeleton Diagram)를 결정하기 위해선 선로경과지 조건, 사용전압에 따른 전기적 조건, 사용전선의 가선조건을 고려하여야 한다. 선로경과지 조건에 따라 철탑 기본형 및 하중경간이 결정되고 절연협조 연구결과에 의해 사용예자갯수 및 공기절연거리가 결정된다. 또한, 경간 및 가선조건에 의한 galloping, sleet jumping, 전선수하 특성, 상간접근 가능성 등을 검토하여 최소 수직·수평 상간 거리를 결정하며 모형도는 이러한 제 조건을 모두 만족하여야 한다.

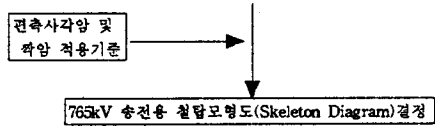
2. 본 론

2.1 검토방법 및 제반검토조건

표준철탑기본형
○수평각도 및 하중경간 분포등을 고려

철탑모형도·작성을 위한·상징조건
1.전기적 조건
○ 뇌surge사고율,개폐surge 및 교류내전압 목표치, GW차폐각
○ 예자수 및 공기절연거리, 횡진각등
2.기계구조적 조건
○ Post double slope, Arm각도, 최소탑체폭, Brace slope 등
3.기 타
○ jumper depth, 철탑의 group화, 내장예자런 탑체접근거리등

765kV 송전용 철탑 모형도 작성
만족여부확인
검토조건
1.수평상간거리
○ 바람에 의한 접근가능성
2.수직상간거리
○ galloping, sleet jumping, 전선수하특성



2.2 765kV 송전용 표준철탑 기본형

철탑형	최대수평각도	Max. Wind Span	Max.Vertical Span	예자런
A	3°	500M	750M	현수
LA	3°	600M	1200M	현수
B	20°	500M	850M	내장
C	30°	500M	850M	내장
E	40°	500M	850M	내장
G	50°	500M	850M	내장
D	60°	500M	850M	내장
Do	Dead end	500M	850M	내장

2.3 철탑모형도 작성을 위한 상징조건

2.3.1 전기적 조건

- 교류내전압 목표치 : 1.2pu
- 개폐과전압 목표치 : 대기간 1.9pu, 상간 3.5pu
- 뇌사고율 : 0.35 (회/KM/year)
- 가공지선 차폐각 : -8°
- 예자런 및 예자수
 - 현수형 : 300KN×2런 또는 400KN×2런 (36~45개/런)
 - 내장형 : 400KN×3런 (36~45개/런)
- 횡진각
 - 현수형 : 15° (표준), 20° (최소), 60° (이상시)
 - 내장형 : 5° (표준), 15° (최소), 40° (이상시)
- 공기절연거리

(단위 : mm)

절 연 간 격			1,000M 이하	1,000M 초과
표준절연간격	현수	예자런론	5,380	5,600
	내장	예자런론	5,150	5,150
최소절연간격	현수	도체-하단암	4,530	4,650
		도체-탑체	4,900	5,040
	내장	도체-하단암	4,310	4,420
		도체-탑체	4,900	5,040
이상시 절연간격			1,850	1,930
상간 절연간격			8,420	8,640

2.3.2 기계구조적 조건

- Post double slope
 - 현수형 철탑 : 19% (upper part : 5%)
 - 내장형 철탑 : 22% (upper part : 6%)
- 최소탑체폭
 - 현수형 철탑 : 3,600mm
 - 내장형 철탑 : 3,800mm
- arm각도 : 20° 이상 (arm의 상하 벌어진 각도)

2.3.3 기 타

○ jumper depth : catenary angle 30° 까지 허용토록 결정 (6,410mm)

○ 내장애자련 탐체근접거리 : $d = L \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$

L: 내장애자련 길이
θ: 허용폭대수평각도

○ 철탑의 group화 : 철탑모형도는 철탑설치위치의 오손도, 해발고도, 적설지구 해당여부에 따라 상이하게 되며, 765kV사업의 경우 그 종류는

- 1000M이하 청정지구
- 1000M이하 오손지구
- 1000M이하 적설지구
- 1000M초과 청정지구
- 1000M초과 적설지구

의 5가지가 된다. 이 5가지 경우에 대해 철탑모형도를 각기 달리할 경우 철탑형이 너무 많아져 설계 및 제작시 인력과 시간이 과다소요되고, 시공 및 유지보수에 어려움이 예상되어

- 1000M이하 청정지구 적용철탑(전체90%) : Group A
- 그 외의 경우 (전체 10%) : Group B

로 구분함.

2.4 검토조건

2.4.1 최소 수평상간거리

$$Ch \geq 2(Li + d)\sin\theta + \varepsilon + 2r + \alpha$$

Ch: 수평상간거리

Li: 현수애자련 길이

d: 75° C 무풍, 무설시의 dip

r: 전선직경

α: 소도체간 거리

ε: 전기적 이격거리

θ: $\arctan(Wc/Ww)$

Ww: cardinal 단위길이당 증량

Wc: cardinal 단위길이당 풍압

등가풍속: 13m/s 적용

2.4.2 최소 수직상간거리

○ Galloping 검토

- 타원의 장축길이 산정식

Single Loop : $M = 1.25D + 1$ (ft)

Double Loop

$$M = \sqrt{3 \sqrt{\left(\frac{s}{2}\right)^2 + D^2} \times \frac{s + \frac{8D^2}{3s} - 2 \times \sqrt{\left(\frac{s}{2}\right)^2 + D^2}}{8}} \text{ (ft)}$$

[s:경간(ft), D:이도(ft)]

- 타원의 단축길이

Single Loop : $N = 0.4M$ (ft)

Double Loop: $N = 2\sqrt{M}$ (ft)

- 검토case

[가공지선과 전력선]

case	등가경간	철탑형	진동모드	비 고
1	250M	Aa	single: single	40mm sleet
2	250M	Ba	single: single	"
3	500M	Aa	double: double	"
4	500M	Ba	"	"
5	677M	LA	"	"

[전력선과 전력선]

case	등가경간	철탑형	진동모드	비 고
1	500M	Aa	double: double	40mm sleet
2	677M	LA	"	"

○ Sleet-jumping 검토

- 최대도약높이 : $\Delta d = d_1 \times \eta \times \beta_T$

d_1 : 빙설시 이도

η : 도약량 계수

β_T : 선로상수 M에 대한 도약량 저감계수

$$\text{선로상수}(M) = (E \times A \times Q^2 \times W^2 \times S^2) / 24 T^3$$

E: 탄성계수

A: 전선 단면적

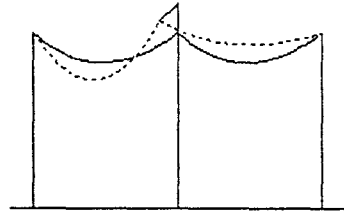
W: 전선 단위증량

S: 경간

T: 전선장력

Q: 전선 부하계수

○ 전선수하특성 : 각 상의 전선에 불균일 착빙설이 형성되거나 3상 모두에 형성된 균일 착빙설이 어떤 원인에 의해 일부만 탈락하여 1상 또는 2상에만 빙설이 부착되었을 경우 선간근접을 수하현상이라 하며, 특히 현수형 철탑이 연속되는 구간에서는 애자련의 횡진에 의해 심해진다. 본 논고에는 다음 2가지 경우에 대해 검토 하였음.



L1 L2

$$L_1 + \frac{w c^2}{24 T^2} L_1^3 = (L_1 + d) + \frac{w c'^2}{24 T_1^2} (L_1 - d)^3 \text{ --- ①}$$

$$L_2 + \frac{w c^2}{24 T^2} L_2^3 = (L_2 + d) + \frac{w c'^2}{24 T_2^2} (L_2 + d)^3 \text{ --- ②}$$

$$d = i \times \sin\left[\tan^{-1}\left(\frac{T_1 - T_2}{W_n}\right)\right] \text{ --- ③}$$

$$L_1 = L_2 = 500M$$

wc: 전선의 단위증량 (no sleet시)

T: 전선의 장력 (0°, no sleet시)

d: 현수애자련 수평횡진거리

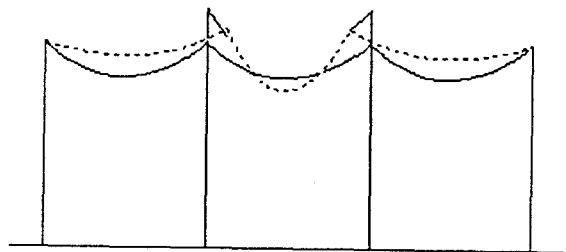
wc': 전선의 단위증량 (40mm sleet시)

T_1 : 수하현상시 L1경간의 전선장력

T_2 : 수하현상시 L2경간의 전선장력

i: 현수애자련의 길이

W_n : 애자련 증량 + 착빙시 수직하중경간내의 전선증량



L1 L2 L3

$$L_1 = L_2 = L_3 = 500M$$

$$L_1 + \frac{w c^2}{24 T^2} L_1^3 = (L_1 + d) + \frac{w c'^2}{24 T_1^2} (L_1 + d)^3 \text{ --- ①}$$

$$L_2 + \frac{w c^2}{24 T^2} L_2^3 = (L_2 - 2d) + \frac{w c'^2}{24 T_2^2} (L_2 - 2d)^3 \text{ --- ②}$$

$$L_3 + \frac{w c^2}{24 T^2} L_3^3 = (L_3 + d) + \frac{w c'^2}{24 T_3^2} (L_3 + d)^3 \text{ --- ③}$$

$$d = i \times \sin\left[\tan^{-1}\left(\frac{T_2 - T_1}{W_n}\right)\right] \text{ --- ④}$$

$$d = r \times \sin[\tan^{-1}(\frac{T_2 - T_3}{W_n})] \dots \textcircled{2}$$

765kV 철탑모형도(Group B)

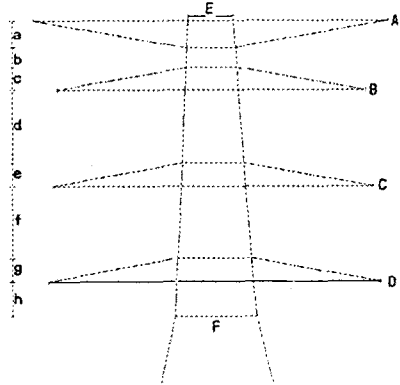
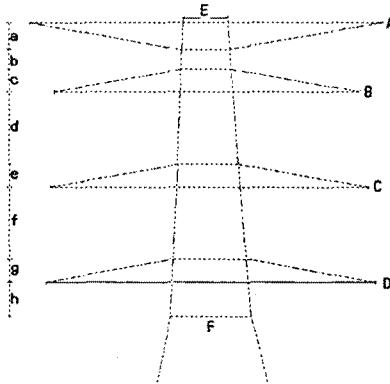
2.5 편측사각암 및 쪽암적용 검토

- 편측사각암 : 선로진행 수평각도가 증가도일 경우 외측암의 사각압화는 불필요한 것으로 판명
- 쪽암적용 : C형 철탑이상의 증가도 철탑에 적용

3. 결 론

상정조건 및 검토조건을 반영한 765kV 송전용 철탑의 재형은 아래와 같음.

765kV 철탑모형도(Group A)



TYPE	Aa	LA	Ba	Ca	Ea	Ga	Da
DIMEN	3'	3'	20'	30'	40'	50'	60'
A	31,000	36,000	30,000	31,000	32,000	33,000	34,000
B	27,000	32,000	26,000	27,000	28,000	29,000	30,000
C	28,000	33,000	27,000	28,000	29,000	30,000	31,000
D	29,000	34,000	28,000	29,000	30,000	31,000	32,000
E	3,600	3,600	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800
F	6,050	6,296	6,860	6,860	6,860	6,860	6,860
a			4,600	4,900	5,300	6,000	6,000
b	5,000	5,900	3,600	2,900	2,200	0	0
c			3,800	4,200	4,500	6,000	6,000
d	14,700	15,800	12,700	12,300	12,200	11,600	11,200
e	4,300	5,200	3,800	4,200	4,500	4,900	5,300
f	14,700	15,800	12,700	12,300	12,200	11,600	11,200
g	4,300	5,200	3,800	4,200	4,500	4,900	5,300
h	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
a → g	43,000	47,900	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
SLOPE (°)	19	19	22	22	22	22	22
S _m (m)	500	600	500	500	500	500	500
S _a (m)	750	1,200	850	850	850	850	850
비 고			비대칭 압	비대칭 압	비대칭 압	비대칭 압	

TYPE	Ab	LA	Bb	Cb	Eb	Gb	Db
DIMEN	3'	3'	20'	30'	40'	50'	60'
A	35,000	36,000	31,000	32,000	33,500	34,500	35,000
B	31,000	32,000	27,000	28,000	29,500	30,500	31,000
C	32,000	33,000	28,000	29,000	30,500	31,500	32,000
D	33,000	34,000	29,000	30,000	31,500	32,500	33,000
E	3,600	3,600	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800
F	6,280	6,296	6,980	6,980	6,980	6,980	6,980
a			4,800	5,100	6,000	6,000	6,000
b	5,600	5,900	3,200	2,500	0	0	0
c			3,400	4,400	6,000	6,000	6,000
d	16,100	15,800	13,800	13,200	12,700	12,400	12,000
e	4,900	5,200	3,400	4,300	4,800	5,100	5,500
f	16,100	15,800	13,800	13,200	12,700	12,400	12,000
g	4,900	5,200	3,400	4,300	4,800	5,100	5,500
h	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
a → g	47,600	47,900	47,000	47,000	47,000	47,000	47,000
SLOPE (°)	19	19	22	22	22	22	22
S _m (m)	500	600	500	500	500	500	500
S _a (m)	750	1,200	850	850	850	850	850
비 고			비대칭 압	비대칭 압	비대칭 압	비대칭 압	

[참 고 문 헌]

- [1] 한전격상추진반, "765kV송전선로 절연설계지침", 1994.12
- [2] 한전,현대,효성, "765kV송변전용 철탑설계 및 제조기술에 관한 연구", 1993.12
- [3] 한전격상추진반, "765kV송전선로 가선조건결정", 1994.8
- [4] 한전격상추진반, "대택·사복지구 착빙설하중조건결정", 1994.12
- [5] 일본가공송전선로 절연설계요항, "전기학회기술보고 II부, 제220호", p48~52
- [6] P.F.Winkleman, "Investigations of Ice and Wind loads, Galloping, Vibrations and Subconductors Oscillations", BPA in U.S.A., 1974
- [7] Transmission Line Reference Book, "Conductor Gallop", Gilbert Commonwealth in U.S.A.
- [8] 日本中電電力 500kV 송전용 철탑 설계서
- [9] 日本東京電力 1000kV 송전용 철탑 설계서