# 가공송전용 철탑설계기준(안) 소개 및 주요내용 해설

*김경호, *우정욱, *심응보, **신태우, **유철환, **방항권
*한전 전력연구원, *한국전력공사

# Introduction of the Design Standard of Tower for Overhead Transmission Line in KEPCO

*K.H.Kim, *j.W.Woo, *E.B.Shim, **T.W.Shin, **C.H.You, **K.H.Bang
*KEPRI, *KEPCO

Abstract - Up to now, the design standard of tower for overhead transmission line in KEPCO was revised four times since 1970. During last year, we had reviewed this design standard.
This paper shows the design standard of tower for overhead transmission line in KEPCO. In this standard, a kind of tower was defined as standard tower and special tower. Also we had defined usage range of standard tower, tower height, arrangement of power line, design condition of tower, arm and etc. On the wind pressure, we had defined basic velocity pressure per region and maximum wind pressure. For special region, design wind pressure will be considered the recoded wind velocity of meteorological observatory and regional condition by this standard.

## 1. 서 론

한국전력에서는 "송전설계기준 제·개정 및 보완 연구" 를 통하여 가공송전용 철탑설계기준(안) 개정 작업을 수행하고 사내의 의견 수렴을 하였다. 본 개정(안)은 1970년 최초 제정 후 제4차 개정이 되며, 여기서는 이번 개정(안)의 주요한 취지와 내용을 소개하고자 한다.
본 개정(안)에서는 하중조건의 종류와 풍압력 그리고 이에 따른 풍압치 및 부재 응력의 결정에 대하여 많은 항목을 개정하도록 검토하였다. 우선 표준 철탑의 종류 중 각도철탑에 대해 경각도 철탑과 중각도철탑으로 구분하였고, 각도철탑과 보강철탑을 구분하여 사용토록 보강철탑을 새로 정하였다. 구 기준에서는 수평각도가 20° 초과 40° 이하의 개소에 사용하는 "C, E형" 에서 선로 보강조건이 아닌 경우에도 일률적으로 상시불평형장력을 최대사용장력의 1/3로 하였으나, 선로의 보강이 필요한 개소의 보강철탑은 최대사용장력의 1/3에 해당하는 불평형장력을 적용하고 각도 조건만 사용할 경우에는 10%의 불평형 장력을 사용토록 하였다. 또한, 직선철탑에 대하여도 경간차 및 착설시의 불균형을 고려하여 3%의 불평형장력을 고려토록 하였다.
이번 설계기준 제정시 특이사항은 고·저온계, 상시·이상시로 구분 적용하던 하중조건을 평상시, 강풍시, 작업시, 착설시로 구분하였다. 하중계산 결과에 따른 부재결정은 전국에 일률적으로 적용되는 전기설비기술기준의 풍하중과 단선조건을 만족시키고 본 설계기준상의 하중조건을 모두 만족시키는 값을 취하도록 개정하였으며, 기준의 내용 중 구체적인 설명이 필요한 부분은 별도의 해설서에 기술하여 이해하기 쉽도록 구성하였다.

## 2. 본 론

본 철탑설계기준(안)은 345kV 이하 가공송전선로에 사용하는 철탑의 설계에 적용하며, 크게 다음과 같이 기준을 정의하였다.

### 2.1 철탑의 종류

이 절에서는 철탑의 종류를 표준철탑과 특수철탑으로 정의하고 그 각각에 대해서 상세 정의하였으며, 표준철탑의 사용범위, 철탑의 높이, 전선의 배치, 철탑근개의 크기, 표준철탑 설계조건, 철탑암(Arm), 철탑설계 그룹 등에 대해 정의한다.

#### 가.표준철탑

표준철탑은 전선로의 표준경간에 대하여 설계하는 것으로서 직선철탑, 각도철탑(경각도철탑, 중각도철탑), 보강철탑, 인류철탑의 4종류로 한다.
위에서 정의한 직선철탑이라 함은 수평각도가 적은 개소에 사용하는 현수애자장치 철탑을 말하며 그 철탑형의 기호를 "A, F, SF"로 한다. 각도철탑이라 함은 수평각도가 20° 이하 개소에 사용하는 경각도철탑과 20°를 초과하는 개소에 사용하는 중각도철탑을 말하며 그 철탑형의 기호를 "B, C, E, D"로 한다. 보강철탑이라 함은 전선로를 보강하기 위하여 사용하는 내장형애자장치 철탑을 말하며 그 철탑형의 기호를 "$B_U$, $C_U$, $E_U$, $D_U$"로 한다. 전선로의 보강이라 함은 다음과 같다.

1. 전선로 중 양측 경간의 경간차가 매우 큰 경우(지지물의 좌우 경간비가 2 이상)
2. 장경간(표준경간에 250 m를 가산한 값을 초과) 개소의 당해 지지물 또는 인접 지지물
3. 직선철탑이 연속하는 경우 10기 이하마다 1기
4. 좌우경간의 불평형장력률이 10% 이상인 경우

인류철탑이라 함은 전체의 가섭선을 인류하는 개소에 사용하는 내장애자장치 철탑을 말하며 그 철탑형의 기호를 "$D_O$"로 한다.

#### 나. 특수철탑

송전선로의 분기개소, 하천·계곡횡단 등의 장경간 개소, 표준철탑의 허용수평각도를 초과하는 중각도개소 등의 특수성으로 표준철탑을 사용할 수 없는 개소에 적용하도록 특수 설계된 것을 말하며, 기호는 표준철탑의 기호 뒤에 S자를 첨가하고 연가철탑기호는 "TC"로 한다.

#### 다. 기타

표준철탑의 사용범위는 표준철탑을 사용하는 경우 철탑 및 가섭선의 기계적 강도와 아울러 선간거리 및 전선과 탑체간의 거리를 고려하고 이를 허용하는 범위에서 전선로의 수평각에 따라 철탑의 경간을 상관적으로 증감할 수가 있다.
철탑의 높이는 가섭선의 수직 선간거리, 전선의 최대이도, 최하전선의 지상고 등에 의하여 결정한다. 최하전선의 지상고는 "설계기준-1020, 송전선로 지상고 기준"에 의한다. 전선의 배치는 전선이 정지상태에서 표준 절연간격을 유지하고 바람에 의하여 철탑에 접근하는 최악상태에서 이상시 절연간격 이상을 유지하도록 한다. 이의 표준 및 최소의 절연간격은 계통의 기준 절연레벨

(B.I.L), 애자에 대한 염분부착량 상정, 애자장치의 50% 충격 섬락전압, 개폐 써지 전압의 배율(개폐써지 전압의 상시 대지전압에 대한 비율)등에 의하여 구한다.

〈표 1〉 표준절연간격

| 공칭전압 | 전선과 철탑과의 간격 〔mm〕 | | | 내장장치의 경우 점퍼선과 암과의 간격 〔mm〕 |
|---|---|---|---|---|
| | 표준 | 최소 | 이상시 | |
| 66kV | 650 | 400 | - | 800 |
| 154kV | 1,300 | 1,150 | 450 | 1,650 |
| 345kV | 2,700 | 2,200 | 1,000 | 3,300 |

철탑근개의 크기는 철탑종류, 철탑높이, 강재의 종류, 기초의 종류, 용지의 상황 및 미관 등을 종합하여 적절하게 정하여야 한다.

〈표 2〉 근개의 개략치

| | |
|---|---|
| 직선철탑 및 경각도철탑 | 철탑높이의 1/8 ~ 1/6 |
| 중각도철탑, 보강철탑 및 인류철탑 | 철탑높이의 1/7 ~ 1/5 |

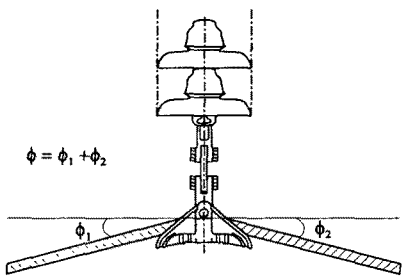
표준철탑의 설계조건은 〈표 3〉을 원칙으로 하고 특수철탑에 대하여는 이를 기본으로 적절히 조정하여 정한다.

〈표 3〉 표준철탑 설계조건

| 철탑형 | 수평각도 | 수평하중경간 〔m〕 | 수직하중경간 〔m〕 | 주주재 기울기 (Double Slope) | 최하단 암위치 탑체폭 〔mm〕 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 1° | 300 (350) | 500 | 18% | 1,500 (2,800) |
| SF | 3° | 500 (600) | 1,200 | 18% | 1,700 (2,900) |
| F | 3° | 300 (350) | 700 | 18% | 1,500 (2,800) |
| B, $B_U$ | 20° | 300 (350) | 700 | 20% | 1,700 (3,000) |
| C, $C_U$ | 30° | 300 (350) | 700 | 23% | 1,700 (3,400) |
| E, $E_U$ | 40° | 300 (350) | 700 | 23% | 1,700 (3,400) |
| D, $D_U$ | 60° | 300 (350) | 700 | 26% | 1,700 (4,000) |
| $D_0$ | 인류 | 300 (350) | 700 | 26% | 1,700 (4,000) |

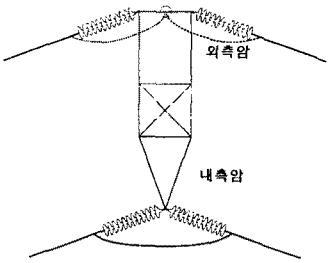
철탑암은 3각암을 표준으로 하며 다음의 경우는 4각암으로 한다.

△ 현수 철탑의 경우 : Catenary Angle의 전후 합 ($\phi$)이 50° 를 초과하는 경우




〔그림 1〕 카테나리각

△ 전선수평각이 30° 를 초과하고 60° 미만인 철탑의 수평각이 발생하는 외측암




〔그림 2〕 수평각 외측암

철탑설계 그룹은 탑정까지의 높이(지표~철탑 정부간)에 따라 다음과 같이 구분하고, 표준철탑의 경우 그룹별 최대 높이의 풍압하중으로 설계한다.

〈표 4〉 철탑설계 그룹

| 구 분 | 154kV급 이하 | 345kV 급 |
|---|---|---|
| Ⅰ 그룹 | 60 m 미만 | 70 m 미만 |
| Ⅱ 그룹 | 60~100 m | 70~110 m |
| Ⅲ 그룹 | 100 m 초과 | 110 m 초과 |

### 2.2 상정하중과 설계응력

철탑의 각 부재에 생기는 응력계산은 다음의 상정하중이 철탑에 작용하는 것으로 하고, 풍압이 전선로에 직각방향으로 가해지는 경우와 전선로 방향으로 가해지는 경우로 나누어 계산한다.

(가) 평상시 하중 (나) 강풍시 하중
(다) 착설시 하중 (라) 작업시 하중

단, 154kV급 이상에서 사용되는 철탑 또는 이에 준하는 철탑에 있어서는 강풍시, 착설시 풍압이 전선로와 60° 의 방향에 가해지는 경우도 계산한다.

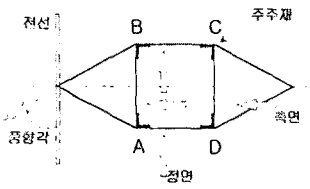
철탑설계시 고려하는 상정하중은 제하중이 조합에 의하여 각각 동시에 가해지는 것으로 한다.

#### 가. 수직하중

- $W_t$ : 철탑중량
- $W_c$ : 가섭선(전선 수직하중경간×전선 단위길이당 중량), 애자장치 등의 중량, 착빙설중량

#### 나. 수평횡하중

- $H_t$ : 철탑본체 풍압력
- $H_c$ : 가섭선 풍압력, 애자장치 등의 풍압력
- $H_{ta}'$( $0.2H_{ta}$) : 철탑암 측면 풍압력으로서 $H_{ta}$의 0.2배로 한다.
- $H_a$ : 수평각도하중
- Q : 가섭선의 절단으로 인하여 생기는 염력
- 사풍시 하중 : 사풍은 전선로와 60° 의 방향에 가해지는 바람을 말하며 아래와 같이 풍압력을 산정한다.
  (1) 주주재 풍압력( $1.6H_t$) : 풍향각 90° 시 (정면 또는 측면) 풍압력의 1.6 배
  (2) 암의 풍압력( $0.5H_{ta}$) : 풍향각 0° 시 (정면)풍압력의 0.5 배
  (3) 가섭선 풍압력( $0.75H_c$) : 풍향각 90° 시 (측면) 풍압력의 0.75 배




〔그림 3〕 풍향각

다. 수평종 하중

- $H_t$ : 철탑본체 풍압력
- $H_{ta}$ : 철탑암 정면 풍압력
- $P_0$ : 전상에 고려하는 가섭선 불평형장력
- P : 가섭선의 절단으로 생기는 불평형장력
- Q : 가섭선의 절단으로 인하여 생기는 염력

특수철탑은 이의 적용개소에 따른 상정하중에 의하여 직선철탑, 각도철탑, 보강철탑 및 인류철탑으로 설계하여야 한다. 가섭선의 배치가 대칭이 아닌 경우 및 편회선 가선인 경우에 생기는 수직 편심하중 이외에 각도철탑, 보강철탑, 인류철탑 등에서 불평형장력에 의해 발생하는 염력에 의한 하중도 상정하중에 가산한다. 착빙설은 저온계 하중 산출시 기준 속도압에 따라 구분된 각 지역별로 다음의 착설조건을 고려, 각 전선의 중량, 풍압력, 장력 등을 계산한다. 단, 착설이 현저히 많은 장소를 통과하는 선로에 대해서는 예외로 한다. 또한, 응결고도(해발 800 m 이상)이상의 지역을 통과하며 계절풍이 심하여 전선로에 착빙이 현저히 심한 경우는 착빙조건을 별도로 고려할 수 있다.

- 다설지구 : 착설두께 20mm, 비중 0.6
- 기타지구 : 착설두께 6mm, 비중 0.9

철탑 하중계산에 적용하는 가섭선의 장력은 이도설계 기준의 최대설계 장력을 적용한다.

## 2.3 풍압력

가. 지역별 기준속도압 및 최대풍속

기준풍속 및 최대풍속은 지상 10m에서의 값을 표준으로 하고 지역별 기준치는 다음과 같다.

〈표 5〉 지역별 기준속도압 및 최대풍속

| 지 역 구 분 | | 기준속도압 [kg/m²] | 최대풍속 [m/sec] 10분평균 | 순 간 | 돌풍율 |
|---|---|---|---|---|---|
| 강풍시 | Ⅰ 지역 | 175 | 40.0 | 54.0 | 1.35 |
| | Ⅱ 지역 | 150 | 36.6 | 50.0 | 1.37 |
| | Ⅲ 지역 | 115 | 31.7 | 43.7 | 1.38 |
| | 울릉도 | 227 | 46.4 | 62.7 | 1.35 |
| 저착온설계시 | 다설 | 46 | - | 26.3 | - |
| | 기타 | 57 | 20.2 | 29.5 | 1.46 |
| 평상시, 작업시 | | 20 | - | 17.5 | - |

나. 특수지역의 설계풍속

특히 폭풍이 심한 지역 및 국지적으로 풍속증가가 심한 지점에 건설되는 철탑은 기상관서의 풍속기록, 국지조건 등을 고려하여 설계풍속을 증가시킬 수 있다.

다. 풍압력의 계산

풍압력은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$q_o = \frac{1}{2}\rho V_{G10}^2 \ [kg/m^2] \quad \cdots\cdots (1)$$

$$q = q_o \cdot \alpha \cdot \beta \cdot K_1 \cdot K_2 \ [kg/m^2] \quad \cdots\cdots (2)$$

$$P = C \cdot q \cdot A \ [kg] \quad \cdots\cdots (3)$$

여기서,

$q_o$ : 기준속도압 $[kg/m^2]$
$\rho$ : 공기밀도 $[kg \cdot s^2/m^4]$
$V_{G10}$ : 지상 10 m의 순간최대풍속 [m/sec]
q : 설계용 속도압 $[kg/m^2]$
$\alpha$ : 상공체증 계수
$\beta$ : 구조 규모에 의한 저감계수
$K_1$ : 구조물의 종류에 의한 계수
$K_2$ : 차폐계수
P : 풍압력 [kg]
C : 풍력계수
A : 수풍면적

라. 수풍면적

철탑의 풍압력 계산시의 수풍면적은 철탑을 구성하는 골조면의 경사를 무시하고 골조 1면만의 수직투영 면적을 취한다. 가섭선 및 애자 등의 수풍면적은 그의 수직투영 면적을 취하고 가섭선에 착빙설이 있는 경우는 착빙설의 두께로 인하여 전선의 직경이 증대되었다고 본다.

마. 철탑의 표준풍압치

철탑에 가해지는 풍압력의 계산은 표준등가 풍압치에 철탑부재의 투영면적을 곱하여 산출함을 표준으로 하며, 2.3.3(풍압력의 계산)에서 표준으로 한 각종계수의 가감이 필요한 경우는 이에 비례하여 표준등가 풍압치를 가감할 수 있다. 철탑높이는 탑정까지의 높이를 말하며 이 높이에 해당하는 등가 풍압치를 택하여 철탑 전 부분에 동일하게 적용한다.

## 3. 결 론

본 고에서는 한국전력에서 규격 중 송전설계기준에 대하여 제시된 개정(안) 중에서 345kV 이하 가공송전선로에 사용하는 가공송전용 철탑기준에 대해서 소개하였다.

- 철탑의 종류에는 표준철탑과 특수철탑으로 정의하고, 표준철탑의 사용범위, 철탑의 높이, 전선의 배치, 철탑근개의 크기, 표준철탑 설계조건, 철탑암(Arm), 철탑설계 그룹 등에 대해 정의하였다.
- 철탑의 각 부재에 생기는 응력계산은 평상시 하중, 강풍시 하중, 착설시 하중, 작업시 하중으로 철탑에 작용하는 것으로 하고, 풍압이 전선로에 직각방향으로 가해지는 경우와 전선로 방향으로 가해지는 경우로 나누어 계산하게 하였다.
- 풍압력은 지역별 기준속도압 및 최대풍속을 정의하고, 특수지역에서는 기상관서의 풍속기록, 국지조건 등을 고려하여 설계풍속을 증가시킬 수 있도록 하고, 풍압력의 계산식을 제시하였다.

〔참 고 문 헌〕

〔1〕 송전 설계기준, 한국전력공사, 2001
〔2〕 심응보, 우정욱 : 송전 설계기준 제·개정 및 보완연구 (최종보고서), 한전전력연구원, 2001. 5
〔3〕 송전현장실무, 한전 제천전력관리처, 2000
〔4〕 架空送電設計の手引, 東京電力, 平成 5年
〔5〕 送電用支持物設計標準, JEC-127