

장경간 가공배전선로 설계방안 연구

왕윤찬*, 선상진*, 김상규*, 김창완*
한국전력공사 중앙교육원*

A Study on Design Techniques for Over-head Distribution Lines in a Long Span

Yoon-Chan Wong*, Sang-Jin Sun*, Sang-Kyu Kim*, Chang-Wan Kim*
Central Education Institute of Korea Electric Power Corporation

Abstract - 가공배전선로는 야외에 시설됨에 따라 태풍과 같은 자연재해로 인한 전기고장 및 설비피해가 발생하기 쉽다. 그러나 이와 관련한 연구들이 이론적인 부분에만 치우쳐 장경간 가공배전선로의 설계 시 어떤 순서로 무엇을 검토해야하는지 알기가 어려웠다. 따라서 본 고에서는 장경간 가공배전선로 설계시 전선종류, 장주형태, 완철할 수직이격거리 및 지지물 길이를 결정하는 방법에 대하여 연구한 결과를 사례를 통해 설명하였다. 본 고에서 제시한 방법에 따라 설계를 시행한다면 장경간 가공배전선의 선간단락고장을 예방할 수 있을 뿐만 아니라, 홍수 시에도 수면으로부터 충분한 지상고 유지를 위해 고장 및 설비피해를 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

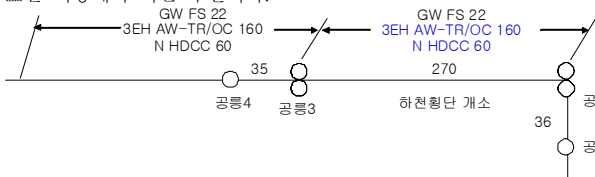
1. 서 론

가공배전선로는 야외에 시설됨에 따라 태풍과 같은 자연재해로 인한 전기고장 및 설비피해가 발생하기 쉽다. 따라서 가공배전선로는 설계 시 이러한 피해가 발생하지 않도록 설계지역의 기상조건을 감안하여 전기적 및 기계적 안전성 확보 여부를 검토하여야 한다. 그러나 이와 관련한 연구들이 이론적인 부분에만 치우쳐 장경간 가공배전선로의 설계 시 어떤 순서로 무엇을 검토해야하는지 현업에 종사하는 설계자가 참고할 수 있는 자료가 없는 실정이다. 따라서 본 고에서는 논자가 그동안 관련 이론과 적용방법론을 연구 개발한 내용들을 바탕으로 설계자가 장경간개소의 설계 시 선간단락고장 예방 및 지상고 유지를 위하여 무엇을 어떻게 검토하여야 하는지를 사례를 들어서 설명하고자 한다.

2. 본 론

2.1 설계조건

한국전력공사(이하 "한전"이라 한다.)에서는 장경간개소의 최대경간을 300m로 정하고 있다. 따라서 본 고에서는 아래의 그림과 같이 경간 270m인 하천을 횡단하는 개소에 가공배전선로를 설계하는 것을 사례로 들고자 한다. 기타 설계조건으로 이 지역은 오손등급 B급지역이고, 풍압 하중은 고온계에는 강화지역의 풍압(풍속 45m/s), 저온계에는 갑종풍압(풍속35m/s)을 적용해야 하는 지역이며, 시공 시 온도는 25℃로 예상되며, 부하전류를 감안하여 특고압전선의 굵기는 알루미늄절연전선류 160mm²를 적용해야 하는 구간이다.



<그림 1> 장경간개소 설계 조건

2.2 하중조건 개념

한전에서 적용하는 가공배전선로의 하중조건을 정리하면 다음 표와 같다.

<표 1> 한전의 가공배전선로 하중조건

하중조건 구분	고온계 하중조건			저온계 하중조건			EDS 하중조건
	강화	해안	일반	갑종	을종	병종	
풍압하중 [kg/m ²]	가설선	125	100	76	38	38	-
	지지물	100	78	60	60	30	30
온도 t [℃]	10	10	10	-20	-20	-20	10
빙설두께 [mm]	-	-	-	-	6	-	-
빙설비중	-	-	-	-	0.9	-	-

고온계 하중조건은 하계(4-11월)에 전선에 작용하는 최대하중으로 태풍

을 고려한 강풍시 조건이며 온도는 10℃를 적용한다. 저온계 하중조건은 동계(12월-3월)에 전선에 작용하는 최대하중을 적용하며 온도는 -20℃(최저기온)를 적용하고 을종의 경우에는 비중 0.9g/cm³의 빙설이 6.0mm 두께로 전선에 부착된 경우를 고려한다. 이외에 전선의 경우에는 EDS(Every Day Stress) 하중조건을 고려해야 하는데, 이는 전선수명에 관계되는 하중조건으로서 상시진동으로 인한 전선피로현상을 억제하기 위한 것으로 무풍 시 10℃(평균기온)에서 알루미늄 전선은 인장하중의 15% 이하, 동 전선은 25% 이하의 장력이 걸리도록 이도설계를 하여야 한다.

그리고 지상고 검토시에는 무풍, 무빙 시 75℃의 하중조건을 적용하여 검토하며, 수직이격거리 검토시에는 상단 전선은 무풍, 무빙 시 75℃, 하단 전선은 무풍, 무빙 시 15℃를 적용하여 검토하는 것이 바람직하다.

2.3 장주형태 및 전선종류 결정

2.3.1 가공배전선로의 선간거리

한전의 3상 4선식 22.9kV 가공배전선로는 2400, 3200, 5400mm 완철을 사용하여 시설할 경우 그 선간거리는 다음 표와 같이 4가지 경우만 있다.

<표 2> 완철 길이별 장주형태별 선간거리

완철길이(mm)	장주형태	선간거리 Ch (mm)
2400	보통 및 편출 편장주 편출 내장 및 인류장주	560
	창출 핀, 내장 및 인류장주 보통 내장 및 인류장주	1140
5400	1단 수평배열	2600
	3200m과 조합 2단 배열	5200

2.3.2 가공배전선로 수평선간거리 계산식

바람에 의한 가공배전선 상호간의 횡진을 고려한 수평선간거리 계산식은 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$Ch = 2D \sin \theta + \varepsilon + a / 1000 \quad (식 1)$$

- 여기서 D : 최대풍압시의 전선이도(m)
 ε : 상용주과 내전압거리 (m) = 0.0035U_m
 = 0.0035×25.8 = 0.09(m)
 U_m : 최고허용전압(kV)
 θ : 바람에 의한 횡진각(°) = tan⁻¹ W_w/W_c
 W_w : 전선의 풍압(kg/m) = 0.08×W_p×a/1000
 0.08 : 실험에 의해 결정된 계수
 W_p : 최대수평풍압(kg/m²)
 a : 전선의 외경(mm)
 W_c : 전선의 단위중량(kg/m)

2.3.3 수평선간거리 검토를 통한 장주형태 및 전선종류 결정

오손등급 B급 이상의 지역에는 우선적으로 ACSR/AW-TR/OC(트래킹억제형 수밀 알루미늄피복강심알루미늄 절연전선)으로 사용하여야 하므로 이에 대하여 수평선간거리의 적정여부를 검토할 필요가 있다.

상기의 수평선간거리계산식을 이용하여 ACSR/AW-TR/OC 160mm²의 완철길이별 최대경간을 검토한 결과는 다음 표와 같다.

<표 3> ACSR/AW-TR/OC 160mm² 완철 길이별 최대경간

이도조건	기준이도 (0.6m)				지역별하중조건		임계경간 및 적용하중조건
	2400mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm	
완철길이	2400mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm	EDS ≤ 68.2 ≤ 강화
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm	
강화지역	39m	63m	102m	148m	116m	166m	

<표 3>에서 지역별 하중조건을 적용하더라도 선간거리 5200mm에서 최대경간은 166m이므로 ACSR/AW-TR/OC 160mm는 경간 270m에 적용하기에는 수평선간거리가 부족하다.

논자의 연구결과에 의하면 수평선간거리측면에서 지역별 하중조건 적용시 전선종류 선정 우선순위는 “ACSR-OC류 < OC-W < 배전용 ACSR < HDCC < 송전용 ACSR”이다.

따라서 다음은 OC-W 100mm에 대하여 수평선간거리의 적정여부를 검토하여야 하는데, OC-W 100mm의 완철길이별 최대경간을 검토한 결과는 다음 표와 같다.

<표 4> OC-W 100mm 완철 길이별 최대경간

이도조건	기준이도 (0.6m)				지역별하중조건		임계경간 및 적용하중조건
	2400mm	5400mm	5400mm		5400mm		
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm	
강화지역	55m	85m	135m	195m	194m	277m	EDS ≤ 126.8 ≤ 강화

상기 표에서 OC-W 100mm는 완철 3200과 5400mm를 사용하여 2단으로 시설하고 지역별 하중조건을 적용시 277m까지 시설할 수 있음을 알 수 있다.

2.4 완철간 수직이격거리 및 지지물 길이 결정

2.4.1 조건 변화에 따른 전선 이도 및 장력 변화 계산식

온도, 하중, 장력의 변화에 따른 가공배전선의 장력 및 이도변화 계산식은 다음과 같다.

$$0 = T_2^3 + PT_2^2 - Q \quad (\text{식 } 2)$$

$$P = EA \left\{ \frac{8D_1^2}{3S^2} + a(t_2 - t_1) \right\} - T_1$$

$$Q = \frac{EAW_2^2S^2}{24}$$

$$D_2 = \frac{W_2S^2}{8T_2} \quad (\text{식 } 3)$$

- 여기서 D_1, D_2 : 조건 1, 2의 전선이도(m)
- W_1, W_2 : 조건 1, 2의 합성하중 (kg/m)
- T_1, T_2 : 조건 1, 2의 전선장력 (kg)
- t_1, t_2 : 조건 1, 2의 온도 (°C)
- a : 선팽창계수 (1/°C)
- E : 전선의 탄성계수(kg/mm²)
- A : 전선의 계산 단면적(mm²)

2.4.2 다조건간 임계경간식

고온계와 저온계 하중조건간, 고·저온계와 EDS 하중조건간 임계경간 [m] 계산하는 식은 다음과 같다.

$$S = \sqrt{\frac{Y}{X}} \quad (\text{식 } 4)$$

$$X = \frac{1}{24} \left(\frac{W_2^2}{T_2^2} - \frac{W_1^2}{T_1^2} \right)$$

$$Y = a(t_2 - t_1) + \frac{T_2 - T_1}{EA}$$

2.4.3 가공지선 이도 및 장력 검토

아연도강연선 22mm에 대하여 다조건간 임계경간식을 이용하여 고온계 강화지역, 저온계 감중지역의 적용하중조건을 계산하면 다음과 같다.

EDS하중 ≤ 148.4m ≤ 저온을중풍압

따라서 경간 270m에서는 저온계 을중 풍압하중조건을 적용하여 각 조건별 이도 및 장력을 계산하면 다음 표와 같다.

<표 5> 아연도강연선 22mm의 이도 및 장력

구분	풍압(kg)	온도(°C)	빙설(mm)	합성하중	이도(m)	장력(kg)
고온	강화	125	10	0	0.770	7.416
	감중	76	-20	0	0.488	5.867
저온	을중	38	-20	6	0.781	7.032
	을중	38	-20	6	0.781	7.032
지상고검토	0	75	0	0.174	5.936	267.1
시공시 이도/장력	0	25	0	0.174	4.816	329.2

2.4.4 특고압선 이도 및 장력 검토

OC-W 100mm는 <표 4>의 임계경간 및 적용하중조건에서 강화지역의 풍압하중조건을 적용해야 함을 알 수 있다. 따라서 강화지역의 풍압하중

조건을 적용하여 이도 및 장력을 계산하면 다음 표와 같다. 아래 표에서 저온계에서는 감중풍압하중조건을 적용했을 때 보다 을중풍압하중조건을 적용했을 때가 장력이 크므로 을중풍압하중조건이 저온계에서는 최약조건임을 알 수 있다.

<표 6> OC-W 100mm의 이도 및 장력

구분	풍압(kg)	온도(°C)	빙설(mm)	합성하중	이도(m)	장력(kg)
고온	강화	125	10	0	2.739	13.693
	감중	76	-20	0	1.887	12.761
저온	을중	38	-20	6	1.979	12.813
	을중	38	-20	6	1.979	12.813
지상고검토	0	75	0	1.119	13.896	733.8
시공시 이도/장력	0	25	0	1.119	13.075	779.9
이도/장력	0	15	0	1.119	12.904	790.2

2.4.5 중성선 이도 및 장력 검토

나경동연선(HDCC) 60mm에 대하여 다조건간 임계경간식을 이용하여 고온계 강화지역, 저온계 감중지역의 적용하중조건을 계산하면 다음과 같다.

EDS하중 ≤ 113.4m ≤ 을중풍압 ≤ 171.9m ≤ 강화지역풍압

따라서 경간 270m에서는 고온계 강화지역 풍압하중조건을 적용하여 각 조건별 이도 및 장력을 계산하면 다음 표와 같다.

<표 7> 나경동연선 60mm의 이도 및 장력

구분	풍압(kg)	온도(°C)	빙설(mm)	합성하중	이도(m)	장력(kg)
고온	강화	125	10	0	1.360	11.313
	감중	76	-20	0	0.931	10.198
저온	을중	38	-20	6	1.163	10.521
	을중	38	-20	6	1.163	10.521
지상고검토	0	75	0	0.537	11.517	424.9
시공시 이도/장력	0	25	0	0.537	10.530	464.7
이도/장력	0	15	0	0.537	10.324	474.0

2.4.6 수직이격거리 및 지지물 길이 검토

수직이격거리는 미국 NESC를 준용하여 상단전선이 75°C인 경우와 하단전선이 15°C인 경우에 경간 중에서 특고압선간에는 0.42m, 특고압과 중성선의 경우에는 0.35m 이상을 유지하면 된다.

가공지선의 75°C 이도는 5.936m이고 특고압선의 15°C이도는 12.904m로서 하단 특고압선의 이도가 크므로 가공지선과 특고압선간의 수직이격거리에는 문제가 없음을 알 수 있다.

특고압선의 75°C 이도는 13.896m이고 중성선의 15°C 이도는 10.324m로서 상단 특고압선의 이도가 크므로 수직이격거리의 증가가 필요하다. 따라서 지지물상 완철간 최소이격거리는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$13.896 - 10.324 + 0.35 = 3.922m \approx 3.93m$$

지지물의 길이는 최하단 중성선의 75°C이도를 적용시 지표면 또는 수면으로부터 충분한 이격거리를 유지할 수 있도록 선정되어야 한다. 중성선의 75°C이도는 11.517m이며, 특고압완철과 중성선간의 간격은 3.93m, 2단장주의 특고압완철간 간격 2.0m, 지지물끝에서 최상단완철간 간격 0.41m이므로 지지물의 길이는 최소 다음의 길이 이상이어야 한다.

$$11.517 + 3.93 + 2.0 + 0.41 = 17.857m$$

결론적으로 지지물의 길이는 강관주 18m 선정시 수면위와 너무 가까기 때문에 강관주 20m를 선정하여 홍수시 중성선이 수면위 2.1m이상을 확보하는 것이 바람직하다.

3. 결 론

기존에는 장경간 가공배전선로 설계시 설계자가 무엇을 어떻게 검토하여야 하는지에 대한 실질적인 참고자료가 부족하였다. 따라서 본 고에서는 그 동안의 연구결과를 바탕으로 장경간 가공배전선로 설계시 전선종류, 장주형태, 완철간 수직이격거리 및 지지물길이를 어떻게 결정하는지를 사례를 들어서 자세히 설명하였다. 본 고에서 제시한 방법에 따라 설계를 시행한다면 장경간 가공배전선의 선간단락고장을 예방할 수 있을 뿐만 아니라, 홍수시에도 수면으로부터 충분한 지상고 유지를 위한 고장 및 설비피해를 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 왕윤찬, “가공설계 기술검토”, 배전기술검토능력향상반, 한국전력공사 중앙교육원, p3~110, 2008
- [2] 왕윤찬, “태풍대비 설계방안”, 배전설비운영 I, 한국전력공사 중앙교육원, p443~502, 2008