

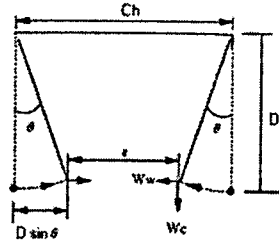
선간단락고장 예방을 위한 ACSR/AW-OC전선의 최대경간에 관한 연구

왕윤찬, 조시형, 강문호, 황익구, 박중신*
한국전력공사, *워덕대학교

A Study on the Maximum Spans of ACSR/AW-OC to Prevent Short-Circuit

Yoon-Chan Wong, Si-Hyung Cho, Moon-ho Kang, Ik-Goo Hwang, Jung-Shin Park*
Korea Electric Power Corporation, *Dong-Hae University

Abstract - 본 연구의 목적은 환경변화의 영향으로 증가된 풍압에 대하여 선간단락고장을 예방할 수 있는 시설기준의 정립에 있다. 본 연구에서는 증가된 풍압 대비 특고압 ACSR/AW-OC(알루미늄피복 강심 알루미늄 절연전선)의 전 규격에 대한 선간거리별 최대이도를 계산하였고, 풍압지역별 임계경간 및 적용하중조건, 표를 고안하였으며, 이를 이용하여 기준이도 및 지역별 하중조건 적용 시의 최대경간을 최종적으로 도출하여 표를 고안하여 가공배전선로 설계자가 설계경간에 따라 적정 완철길이 및 전선이도를 결정할 수 있도록 하였다.



[그림2.1] 바람에 의한 전선 상호간의 횡진도

1. 서 론

가공배전선 상호간의 이격거리는 바람에 의한 전선의 횡진 시에도 전선간의 선간단락을 예방할 수 있도록 충분하여야 한다. 하지만 2003년 환경변화의 영향으로 인하여 태풍 '매미' 내습 시에는 최대풍속이 60m/s를 기록함에 따라 한국전력공사에서는 태풍 시 가공배전선의 설비피해를 최소화하기 위하여 가공배전선 풍압하중을 일반지역 76 /, 해안지역 100 /, 강화지역 125 / 으로 강화하였으나 아직까지 선간단락고장을 예방할 수 있는 관련 시설기준의 제정은 하지 못한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현재 특고압 가공배전선으로 가장 많이 사용되는 ACSR/AW-OC전선에 대하여 이도조건별, 선간거리별 최대경간을 도출하여 향후 설계 시 활용토록 함으로써 태풍에 의한 선간단락고장을 예방하고, 전기품질 향상을 통한 국가 산업경쟁력 향상을 도모하고자 한다.

2. 선간거리별 ACSR/AW-OC의 최대이도

2.1 가공배전선로 수평선간거리 계산식

바람에 의한 가공배전선 상호간의 횡진은 [그림2.1]과 같이 되므로 수평선간거리 계산식은 (2.1)식과 같이 표현될 수 있다.

$$Ch = 2D\sin\theta + \epsilon + a/1000 \quad (2.1)$$

여기서 D : 최대풍압시의 전선이도(m)
 ϵ : 상용주파 내전압거리 (m) = $0.0035U_m$
 = $0.0035 \times 25.8 = 0.09(m)$ (2.2)

U_m : 최고허용전압(kV)
 θ : 바람에 의한 횡진각(°)
 = $\tan^{-1}W_w/W_c$ (2.3)

W_w : 전선의 풍압 (/m)
 = $0.08 \times W_p \times a/1000$ (2.4)

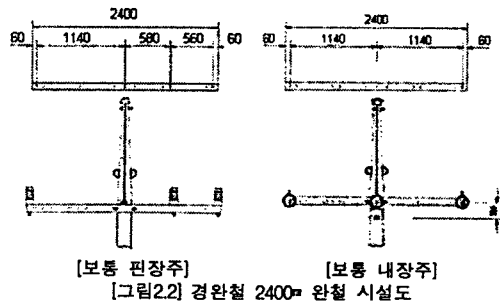
0.08 : 실험에 의해 결정된 계수
 W_p : 최대수평풍압(/)
 a : 전선의 외경()
 W_c : 전선의 단위중량(/m)

2.2 완철 길이별 선간거리(Ch)

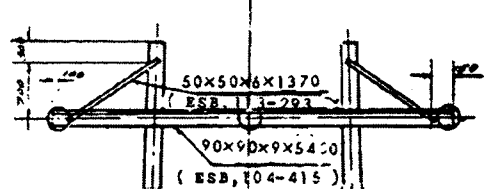
한전의 3상 4선식 22.9kV 가공배전선로는 주로 [그림 2.2] [그림2.4]와 같이 시설할 수 있으며, 각 경우의 선간거리는 [표2-1]과 같이 4가지 경우만 있다.

[표2.1] 완철 길이별 선간거리

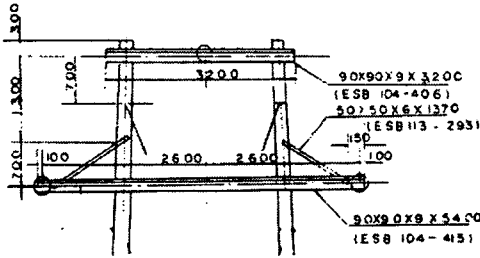
완철길이(m)	장주형태	선간거리 Ch (m)
2400	보통 및 편출 핀장주 편출 내장 및 인류장주	560
	창출 핀, 내장 및 인류장주 보통 내장 및 인류장주	1140
5400	1단 수평배열	2600
	3200m과 조합 2단 배열	5200



[그림2.2] 경완철 2400m 완철 시설도



[그림2.3] 1형 완철 5400m 1단 수평배열도



[그림2.4] 7형 완철 3200mm와 5400mm 조합 2단 배열

2.3 선간거리별 최대이도 계산식

(2.1)식을 전선이도 D에 대하여 정리하면 다음과 같이 선간거리별 최대이도 계산식을 만들 수 있다.

$$D = \frac{Ch - \epsilon - a/1000}{2\sin\theta} \quad (2.5)$$

2.4 가공배전선로의 하중조건

환경변화로 인한 태풍의 풍속 증가로 인하여 2003년에 한전 배전분야에서는 태풍대비 배전설비 시설기준 제정을 통해 최대풍압이 강화되어 전선이도 계산시 적용하여야 할 하중조건은 [표2.2]와 같이 정리할 수 있다.

그러나 선간거리별 최대이도 계산식의 횡진각은 각 지역별 최대치를 적용하여야 하므로 고온계 하중조건 수평풍압만을 고려하고 저온계 하중조건 수평풍압은 고려할 필요가 없다.

[표2.2] 가공배전선로의 하중조건

하중조건 구분	고온계 하중조건			저온계 하중조건			EDS
	SA	SB	SC	WA	WB	WC	
수평풍압 w_p [kg/m ²]	125	100	76	76	38	38	-
온도 t [°C]	10	10	10	-20	-20	-20	10
빙설두께 [mm]	-	-	-	-	6	-	-
빙설비중	-	-	-	-	0.9	-	-

2.5 ACSR/AW-OC의 제원

ACSR/AW-OC 전선의 규격별 전선제원은 아래 표와 같다.

[표2.3] 특고압 ACSR/AW-OC 전선 제원

전선규격	mm ²	32	58	95	160	240
완성품 외경 d	mm	13.2	15.7	19.0	23.4	27.0
개산중량	kg/km	210	330	530	730	1040
도체인장하중	kg	1090	1900	2360	3080	4500
탄성계수	kg/mm ²	8392	8391	7652	7003	7031
선팽창계수 $\alpha \times 10^{-7}$	1/°C	189	189	201	213	213

2.6 ACSR/AW-OC의 선간거리별 최대이도

(2.5)식을 이용하여 ACSR/AW-OC전선 각 규격에 대한 선간거리별 최대이도를 계산하여서 [표2.4]와 같은 결과를 얻었다.

[표2.4] ACSR/AW-OC의 선간거리별 최대이도

공칭단면적	mm ²	32	58	95	160	240
2400mm 보통핀	SA	0.429	0.528	0.668	0.731	0.881
	SB	0.507	0.636	0.817	0.899	1.089
	SC	0.641	0.821	1.054	1.169	1.421
2400mm 보통내장	SA	0.974	1.203	1.527	1.681	2.035
	SB	1.150	1.449	1.869	2.068	2.515
	SC	1.456	1.869	2.410	2.687	3.283
5400mm	SA	2.346	2.903	3.690	4.073	4.940
	SB	2.770	3.496	4.517	5.010	6.104
	SC	3.506	4.508	5.825	6.511	7.969
3상 1단 배열	SA	4.788	5.929	7.543	8.331	10.113
	SB	5.655	7.140	9.233	10.248	12.497
	SC	7.158	9.207	11.905	13.319	16.315

3. 지역별 임계경간 및 적용하중조건

3.1 다조건간 임계경간식

고온계와 저온계 하중조건간, 고저온계와 EDS 하중조건간 임계경간[m] 계산하는 식은 다음과 같다.

$$S = \sqrt{\frac{Y}{X}} \quad (3.1)$$

$$X = \frac{1}{24} \left(\frac{W_2^2}{T_2^2} - \frac{W_1^2}{T_1^2} \right) \quad (3.2)$$

$$Y = \alpha(t_2 - t_1) + \frac{T_2 - T_1}{EA} \quad (3.3)$$

여기서 W_1, W_2 : 조건 1, 2의 합성하중 (/m)

T_1, T_2 : 조건 1, 2의 전선장력 (/)

t_1, t_2 : 조건 1, 2의 온도 (/)

α : 선팽창계수 (1/°C)

E : 전선의 탄성계수 (/)

A : 전선의 계산 단면적 (/)

3.2 고·저온계 하중조건별 지역구분

우리나라의 각 지역별로 적용할 고온계와 저온계 하중조건이 다르므로 [표3.1]과 같이 지역을 구분 할 수 있다.

[표3.1] 고·저온계 하중조건별 지역구분

지역구분	저온계 하중조건	고온계 하중조건
I	WA, WB	SC
II	WB	
III	WC	
IV	WA, WB	SB
V	WB	
VI	WC	
VII	WA, WB	SA
VIII	WB	
IX	WC	

3.2 지역별 임계경간 및 적용하중조건

식(3.1)을 이용하여 ACSR/AW-OC 각 규격에 대하여 [표3.1]의 지역의 임계경간과 적용하중조건을 계산 및 정리하면 [표3.2]와 같이 된다.

[표3.2] ACSR/AW-OC 지역별 임계경간 및 적용하중조건

규격(mm ²)	I 지역	II 지역	III 지역
32	EDS ≤ 39.4 ≤ WB	EDS ≤ 39.4 ≤ WB	EDS ≤ 73.4 ≤ SC
58	EDS ≤ 67.4 ≤ WB	EDS ≤ 67.4 ≤ WB	EDS ≤ 123.7 ≤ SC
95	EDS ≤ 88.3 ≤ WA	EDS ≤ 97.6 ≤ WB 438.1 ≤ SC	EDS ≤ 207.0 ≤ SC
160	EDS	EDS	EDS
240	WA ≤ 13.3 ≤ EDS	WB ≤ 12.1 ≤ EDS	WC ≤ 8.8 ≤ EDS

규격(mm ²)	IV 지역	V 지역	VI 지역
32	EDS ≤ 39.4 ≤ WB ≤ 66.7 ≤ SB	EDS ≤ 39.4 ≤ WB ≤ 66.7 ≤ SB	EDS ≤ 51.9 ≤ SB
58	EDS ≤ 67.4 ≤ WB ≤ 89.8 ≤ SB	EDS ≤ 67.4 ≤ WB ≤ 89.8 ≤ SB	EDS ≤ 80.3 ≤ SB
95	EDS ≤ 88.3 ≤ WA ≤ 91.9 ≤ SB	EDS ≤ 91.2 ≤ SB	EDS ≤ 91.2 ≤ SB
160	EDS ≤ 103.7 ≤ SB	EDS ≤ 103.7 ≤ SB	EDS ≤ 103.7 ≤ SB
240	WA ≤ 13.3 ≤ EDS ≤ 269.5 ≤ SB	WB ≤ 12.1 ≤ EDS ≤ 269.5 ≤ SB	WC ≤ 8.8 ≤ EDS ≤ 269.5 ≤ SB

규격(mm ²)	VII 지역	VIII 지역	IX 지역
32	EDS ≤ 39.4 ≤ WB ≤ 40.7 ≤ SA	EDS ≤ 39.4 ≤ WB ≤ 40.7 ≤ SA	EDS ≤ 40.2 ≤ SA
58	EDS ≤ 60.3 ≤ SA	EDS ≤ 60.3 ≤ SA	EDS ≤ 60.3 ≤ SA
95	EDS ≤ 63.4 ≤ SA	EDS ≤ 63.4 ≤ SA	EDS ≤ 63.4 ≤ SA
160	EDS ≤ 67.1 ≤ SA	EDS ≤ 67.1 ≤ SA	EDS ≤ 67.1 ≤ SA
240	WA ≤ 13.3 ≤ EDS ≤ 101.5 ≤ SA	WB ≤ 12.1 ≤ EDS ≤ 101.5 ≤ SA	WC ≤ 8.8 ≤ EDS ≤ 101.5 ≤ SA

4. ACSR/AW-OC의 선간거리별 최대경간

4.1 조건변화에 따른 장력 및 이도변화 계산식

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

$$D_2 = \frac{W_2 S^2}{8T_2} \quad (4.1)$$

$$0 = T_2^3 + PT_2^2 - Q \quad (4.2)$$

$$P = EA \left(\frac{8D_1^2}{3S^2} + \alpha(t_2 - t_1) \right) - T_1 \quad (4.3)$$

$$Q = \frac{EAW_2^2 S^4}{24} \quad (4.4)$$

여기서 D_1, D_2 : 조건 1, 2의 전선이도(m)

상기 (4.2)식은 T_2 에 대한 3차방정식을 풀어서 해를 구하여야 한다. 본 연구에서는 Excel의 Visual Basic 프로그램을 작성하여 활용하였다.

4.2 기준이도 적용시의 선간거리별 최대경간

가공배전선의 전선 이도는 지지물 및 지선의 강도에 직접적인 영향을 미치므로 지상고 및 수평선간거리가 허용하는 한 전선의 장력이 작게 되도록 전선의 이도를 크게 할 필요가 있다. 따라서 한전에서 적용하고 있는 [표 4.1]의 경간 40m, 기은 15, 무풍시 조건의 기준이도 0.6m 시의 장력 243.3을 경간 1m부터 1m씩 증가하면서 300m까지의 모든 경간에 동일하게 적용하고 (4.1) (4.4) 식을 이용하여 고온계 각 하중조건의 이도로 변환하였다. 그리고 각 하중조건으로 변환된 이도를 [표 2.4]의 선간거리별 최대이도와 비교하여 기준이도 적용시 선간거리별 최대경간을 [표 4.2] [표 4.6]과 같이 우선 결정하였다.

[표 4.1] 전선종류별 기준이도

전선종류	기준이도(m)	가선조건
ACSR, HDCC	0.4	경간 40m, 기은 15%, 무풍
OW	0.5	
ACSR/AW-OC	0.6	

4.3 지역별 하중조건 적용시의 선간거리별 최대경간

기준이도를 적용시 최대경간은 [표 4.2] [표 4.6]와 같이 그 경간이 대체적으로 짧으므로 선간거리 2600, 5600에 대하여는 [표 3.2]의 지역별 임계경간 및 적용하중조건을 적용하여 매 1m마다 최대 300m까지의 이도를 계산 후 이를 각 지역별 고온계 하중조건으로 이도로 변환 후 [표 2.4]의 선간거리별 최대이도와 다시 비교하여 최대경간을 [표 4.2] [표 4.6]과 같이 최종 결정하였다.

[표 4.2] ACSR/AW-OC 32#의 선간거리별 최대경간

이도조건	기준이도					지역별하중조건
완철길이	2400mm	5400mm	5400mm			5400mm
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm
일반	I, II	34m	56m	92m	134m	102m 148m
	III					109m 156m
해안	28m	47m	79m	117m	85m	121m
강화	24m	41m	-	-	70m	100m

[표 4.3] ACSR/AW-OC 58#의 선간거리별 최대경간

이도조건	기준이도					지역별하중조건
완철길이	2400mm	5400mm	5400mm			5400mm
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm
일반	I, II	42m	67m	107m	154m	141m 205m
	III					148m 212m
해안	35m	57m	92m	135m	115m	164m
강화	30m	49m	82m	121m	94m	121m

[표 4.4] ACSR/AW-OC 95#의 선간거리별 최대경간

이도조건	기준이도					지역별하중조건
완철길이	2400mm	5400mm	5400mm			5400mm
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm
일반	I	50m	77m	123m	177m	162m 236m
	II					163m 238m
	III					169m 241m
해안	42m	66m	107m	154m	131m	187m
강화	36m	58m	95m	138m	107m	153m

[표 4.5] ACSR/AW-OC 160#의 선간거리별 최대경간

이도조건	기준이도					지역별하중조건
완철길이	2400mm	5400mm	5400mm			5400mm
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm
일반	I	53m	83m	130m	187m	174m 254m
	II					
	III					
해안	45m	71m	113m	163m	141m	203m
강화	39m	62m	101m	146m	115m	165m

[표 4.6] ACSR/AW-OC 240#의 선간거리별 최대경간

이도조건	기준이도					지역별하중조건
완철길이	2400mm	5400mm	5400mm			5400mm
선간거리	560mm	1140mm	2600mm	5200mm	2600mm	5200mm
일반	I	60m	92m	145m	208m	198m 287m
	II					
	III					
해안	51m	80m	126m	181m	174m	249m
강화	44m	75m	112m	162m	141m	203m

5. 결 론

본 연구에서는 증가된 풍압에 대하여 선간단락고장을 예방하기 위하여 ACSR/AW-OC 전 규격에 대하여 현재 가공배전선로에 시설되는 각 선간거리별 최대이도를 계산하였고, 각 풍압지역별 임계경간 및 적용하중조건표를 고안하였으며, 이를 이용하여 기준이도 및 지역별 하중조건 적용 시의 최대경간을 최종적으로 도출하여 표로 고안하였다. 연구 결과에 의하면 32의 경우 보통 편장 주로 시설시 경간을 매우 짧게 시설하여야 하므로 지지물의 수가 증가되어 비경제적이므로 58를 사용하거나 장주형태를 변경하여야 함을 쉽게 알 수 있다.

본 연구 결과를 이용하여 설계자는 설계하고자 하는 각 경간에 대하여 적정 완철길이 및 적용이도를 쉽게 결정할 수 있을은 물론 태풍시 선간단락고장을 예방하여 고품질의 전력을 공급할 수 있도록 가공배전선로를 건설할 수 있게 되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 대한전기협회, "전기설비기술기준", 2003 전기관계 법령집, p.259 260, 289, 2003
- [2] 대한전기협회, "배전규정", p.128-134, 358-462, 1998
- [3] 일본중부전기협회, "배전공학현장실무", p.238-247, 1985
- [4] 왕윤찬, 조시형, 박중신, "가공배전선의 임계경간에 관한 연구", 2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, Vol.A, p.503 505, 2004
- [5] 왕윤찬, 조시형, 박중신, "가공배전선로 완철길이별 최대 이도 및 경간에 관한 연구", 2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, Vol.A, p.506 508, 2004
- [6] 왕윤찬, "선간단락고장 예방을 위한 완철의 선간거리별 ACSR/AW-OC 이도조건 및 최대경간에 관한 연구", 2004년도 한전 중앙교육원 교수 연구논문집, 2004
- [7] 한국전력공사 경영정보처 기술표준팀, "가공송전선 이도 설계기준(잠정)", 설계기준(송전분야), p.1 9, 2003
- [8] 한국전력공사 경영정보처 기술표준팀, "4902[부록2] 전선의 이도계산", 설계기준(배전분야), p.1 10, 2003
- [9] 한국전력공사 배전처, "태풍대비 배전설비 운영기준(잠정)", p.1, 2003
- [10] 한국전력공사 중앙교육원 배전교육팀, "2003 배전실무 I", p.97, 2003
- [11] Yoon-Chan Wong and Young-Sup Lee, "A Study on the Standard Sags of KEPCO and the Strength of Guy Wires", ICEE 2004, Vol.2, p.965 970, 2004