

345 kV 송전선로의 오손지역용 아킹혼 설계

조성배 강연욱 위화복
 한전 전력연구원 한전전력연구원 한전 송변전처

Design of the arcing horns for the contaminated areas in 345 kV transmission line

S.B. Cho Y.W.Kang H.B. We
 KEPRI KEPRI KEPCO

Abstract - The same sized arcing horns have been installed on 345 kV transmission lines. Then arcing horn gaps are different according to the insulator string set. We need to examine the problems about the gap differences. So, we investigated the installation status of arcing horn in 345 kV T/L. Based on these results, Drawing and making of the arcing horns for the contaminated areas is studied.

뇌사고 건수를 살펴보면 표 1과 같다.

표 1. 전체 뇌사고 건수중 345 kV 송전선로의 뇌사고 건수

년도	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
전체 뇌사고건수	12	18	16	17	20	26	25	21	25	20	20	19	39
345 kV	0	0	0	0	1	1	0	2	2	1	2	4	4
154 kV 이하	12	18	16	17	20	26	25	21	25	20	20	19	39

1. 서 론

일반적으로 뇌격으로부터 송전선로 애자련을 보호하기 위한 방안으로써는 애자장치에 아킹혼을 설치하는 방법이 가장 일반적으로 적용되고 있다. 국내에서는 154 kV 송전선로는 아직 적용되지 않고 있으나 현재 적용방안에 대한 규정을 제정중에 있으며 345 kV 송전선로는 이미 모든 선로에 적용하고 있으나 청정지역과 오손지역 구분 없이 일정한 크기의 아킹혼을 적용함으로써 모든 애자장치에 있어 아킹혼의 최소간격을 유지시키지 않았다. 이에 따라 오손지역과 같이 애자수가 많은 경우에는 혼의 효율이 매우 커서 애자보호 성능이 떨어질 우려가 있으므로 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 아킹혼의 운용현황을 분석하고 345kV 4도체 선로의 모든 애자장치에서 아킹혼의 최소간격을 유지할 수 있는 아킹혼의 설계 및 기계적, 전기적 특성시험을 통해 그 성능을 확인하고 실 선로 적용이 가능한 설계자료를 제시하고자 한다.

상기와 같이 345 kV 송전선로의 뇌사고 실적은 매우 적으며, 뇌사고 실적 자체가 적기 때문에 애자사고 실적도 거의 없는 것으로 조사 분석된 것을 볼 때 현재의 아킹혼 성능에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 따라서 오손지역용 아킹혼에 대한 설계는 기존 아킹혼의 형상과 좌표를 토대로 하여 설계하는 것이 바람직한 것으로 여겨진다.

2. 아킹혼의 설치현황 분석

2.2 애자 설치현황

2.1 아킹혼 설계관련 일반사항 검토

345 kV 송전선로용 아킹혼의 설계 기본개념은 154 kV 송전선로용 아킹혼의 설계개념과 같다. 345 kV용 아킹혼은 154 kV와는 달리 송전전압이 높고 애자련의 길이가 긴 것이 다른데, 송전전압이 높은 것은 코로나 특성을 애자련이 긴 것에 대한 문제는 내아크 특성을 각각 보완하여 설계하면 된다고 볼 수 있다. 특히 송전전압이 초고압인 경우에는 뇌섬락보다는 오손섬락에 중점을 두고 내아크 특성을 중요시 여겨 설계하는 것이 중요하다.

345kV 4도체 송전선로에서는 청정지역 기준으로 현수형에는 210[kN] 18개, 내장형에는 300[kN] 16개 이상 설치하는 것으로 정하고 있는데 기본적으로는 표2 와 같다. 전국적인 분포 사황을 보면 애자수량이 모든 선로에 대해 일률적으로 적용,운용되고 있으나 절연설계상에 있어서 문제가 크게 부각되는 부분은 아직까지 없는 것으로 현장조사 결과 알 수 있었다.

송전전압이 낮은 경우에는 코로나특성이 크게 중요시 되지 않기 때문에 일반적으로 아킹혼의 재질은 강재 용으로 제작하는 것이 일반적이고, 전압이 높아짐에 따라 코로나 특성을 좋게 하기 위해 강재 파이프를 이용하여 아킹혼을 설계하게 된다.

표 2. 345 kV 송전선로 애자설치 기본 수량

지역구분 애자장치	청정지역 (I,II,A지역)	오손지역(B)
현수애자장치	210[kN] 18개	210[kN]Fog 18개
내장애자장치	300[kN] 16개	300[kN] 18개

345 kV 송전선로에는 모두 아킹혼이 설치되어 있으며 현재까지 운용상 크게 문제가 없는 것으로 알려지고 있다. 더욱이 345 kV 송전선로는 154 kV 송전선로와는 달리 섬락사고와 애자사고도 크게 없었던 것으로 전국의

한편 아킹혼의 설치현황을 살펴보면 현재 345 kV 4도체 송전선로에 설치하고 있는 애자장치의 종류는 60톤용 2련내장 애자장치, 42톤용 2련현수 애자장치 및 21톤용 1련현수 애자장치가 있으며, 아킹혼의 종류는 각각의 애자장치에 설치할 수 있도록 3종류가 있으며 현재 운용되고 있는 아킹혼의 좌표는 표3 과 같다.

표 3. 345 kV 4도체 송전선로용 아킹혼의 좌표 및 최소혼 간격

애자장치 종류		좌표 [mm]		아킹혼간격
		x좌표	y좌표	
1련현수 애자장치	캡축	590	603	210[kN] 애자 18개 적용시 2340[mm]
	핀축	680	117	
2련현수 애자장치	캡축	590	540	210[kN] 애자 18개 적용시 2340[mm]
	핀축	680	180	
2련내장 애자장치	캡축	590	518	○ 300[kN] 애자 16개 적용시 2340[mm] ○ 300[kN] 애자 18개 적용시 2730[mm]
	핀축	680	262	

표3과 같이 345 kV 4도체 송전선로에 적용하고 있는 아킹혼의 종류는 3종류가 된다. 따라서 애자수량이 변경될 경우에는 아킹혼의 최소간격이 달라지게 된다. 2련내장 애자장치의 경우 오손지역에는 18개의 애자를 설치하기 때문에 아킹혼의 간격이 최소 혼간격보다 390[mm]만큼 커져 혼효율은 77.7%가 된다. 그런데 이런 경우에도 최소혼 간격을 유지시켜 준다면 혼효율은 66.6%가 되어 애자보호 효과가 매우 커지게 되며 내아크 특성도 더 좋아질 수 있다.

또한 표3에서 보면 1련현수 애자장치와 2련현수 애자장치의 y좌표값이 다르게 나타났는데, 아킹혼의 좌표는 애자련의 중심선과 상하 애자 끝단부를 중심으로 설계가 되는 것이 일반적이기 때문에 좌표관리상 기존 345 kV 현수용 아킹혼의 좌표는 다소 수정될 필요성이 있다고 본다.

3. 오손지역용 아킹혼 설계

3.1 아킹혼의 좌표설계

현수애자장치의 애자수량은 일반지역에서는 일반애자(280mm x 170mm) 18개, 오손지역에서는 내엽애자(280mm x 170mm) 18개를 설치하며, 내장애자장치는 일반지역이 일반애자(320mm x 195mm) 16개, 오손지역이 일반애자(320mm x 195mm) 18개를 설치하고 있다. 따라서 일반지역에 설치하고 있는 아킹혼을 오손지역에 설치할 경우 최소혼 간격이 유지되지 않는 경우는 오손지역용 내장애자장치의 경우가 된다.

현재의 애자 설치현황에서 보면 오손지역용 내장애자장치에 대해서는 최소혼 간격이 유지되지 못하기 때문에 이에 대해서만 별도로 아킹혼을 설계하면 345 kV 송전선로에 대한 오손지역용 아킹혼의 설계는 된다.

그러나 345 kV 송전선로에 대한 애자수량이 향후 추가될 수 있고 지역별 오손특성에 따라 애자수량을 다소 증결시켜 공사할 필요성에 대비해서 본 연구에서는 애자수량을 현수 및 내장에 대해 각각 20개까지 적용할 수 있는 아킹혼을 설계하여 제시함으로써 향후에도 애자수량 증결시에도 적용 가능하도록 하고자 한다.

기존 345 kV 송전선로에서 운용중인 아킹혼의 좌표는 표3과 같으며 154 kV 송전용 아킹혼의 설계시 사용되는 좌표 산출식을 적용하여 345 kV 송전선로에 적용하는 280[mm] 애자와 320[mm] 애자에 대한 실험식은 식(1)~(3)과 같이 구 할수 있으며 X, Y의 좌표 개념도는 그림 1과 같다.

- 280[mm] 애자에 대한 x좌표
 $X_p = 20(170/146)n + 280$ [mm]

$$X_c = 15(170/146)n + 280$$
 [mm] (1)

- 320[mm] 애자에 대한 x좌표
 $X_p = 20(195/146)n + 320$ [mm]
 $X_c = 15(195/146)n + 320$ [mm] (2)

- y좌표
 $Y_c = 0.6 \sim 0.7(Z_0 - Z - 100) + 100$
 $Y_p = 0.3 \sim 0.4(Z_0 - Z - 100)$ (3)
n : 애자수

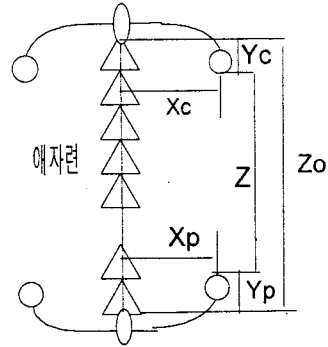


그림 1. 아킹혼의 좌표도

식(1)~(3)을 이용하여 현수는 n=18, 내장은 n=16일 때의 좌표와 기존 345 kV 아킹혼의 좌표와를 비교해 보면 기존 345 kV용 아킹혼의 좌표가 일본에서 적용하고 있는 실험식에 의한 계산 값보다 크게 차이는 없는 것으로 나타났지만, 1련현수 애자장치용 아킹혼의 좌표가 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 실험식에 의할 때 2련현수 애자장치용 아킹혼의 좌표가 적절한 것으로 나타났고, 일반적으로 아킹혼의 핀축 y좌표는 애자련 수에 크게 관계가 없이 변화하기 때문에 1련현수용 아킹혼의 좌표를 2련현수용 아킹혼의 좌표로 수정하여 적용하는 것이 좌표 관리상 적절하다고 판단된다. 이것을 종합하여 345kV 송전선로 애자수별 아킹혼의 좌표 설계치를 제시하면 표4와 같다.

표 4. 345kV 송전선로 애자수별 아킹혼의 좌표 설계치

애자장치 구분	애자연결수량	적용애자종류	아킹혼 좌표 (mm)						적용구분	
			Z ₀	Z	혼효율	X _c	X _p	Y _c		Y _p
1련, 2련 현수애자 장치	18	일반애자 및 내엽애자 (210kN)	3060	2340	76.5%	590	680	540	180	일반지구 오손지구 오손지구 오손지구
	19		3230	2340	72.5%	600	680	698	192	
	20		3400	2340	69.0%	600	680	825	235	
2련내장 애자장치	16	일반애자 (300kN)	3120	2340	75.0%	590	680	518	262	일반지구 오손지구 오손지구 오손지구
	18		3510	2340	66.7%	600	690	820	350	
	19		3705	2340	63.2%	600	690	1015	350	
20	3900	2340	60.0%	600	690	1210	350			

3.2 아킹혼의 형상검토

기존 345 kV 송전용 아킹혼의 형상은 코로나 특성을

고려하여 애자의 캡측 혼은 끝 부분이 고리모양을 하고 있으며, 애자 핀측용 링은 사각형상으로 구성되어 있고 코로나 특성은 매우 양호한 것으로 알려지고 있다. 지금까지의 운용상 형상에 있어 문제가 된 적은 없는 것으로 조사결과 나타났다기 때문에 오손지역용 아킹혼의 형상도 기존의 형상과 동일하게 설계하고자 한다.

그러나 2련내장 애자장치에서 애자수가 18개인 경우 아킹혼의 길이가 944[mm]가 되는데, 이 경우 기존에 적용하고 있는 아킹혼의 형상으로는 기계적인 피로특성과 재하시험시 문제가 될 수 있다. 즉 실사용 상태에서 작업자의 하중이 인가되거나 낙설에 의한 충격하중이 가해질 때 아킹혼에 변형이 나타날 수 있다. 따라서 2련내장 애자장치용 아킹혼의 형상은 애자수가 18개 이상이 될 경우에는 기계적인 강도가 보강된 보강형 아킹혼을 설계하고 그 형상은 그림 2와 같다.

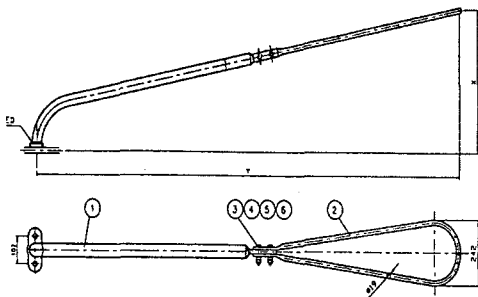


그림 2. 오손지역용 보강형 아킹혼

3.3 오손지역 절연이격거리 검토

현재 철탑에 적용하고 있는 절연거리는 표준절연간격이 2700[mm], 이상시 절연간격이 2200[mm]로 되어 있다. 345 kV 오손지역용 아킹혼의 경우 154 kV 송전선로의 경우와는 달리 아킹혼이 새로이 추가되어 애자수가 증가하는 경우가 아니라, 최소혼 간격만을 유지하기 위해 설계가 다소 수정되는 것이기 때문에 절연이격거리에는 영향이 없다. 또한 아킹혼의 간격이 수정되는 오손지역용 2련내장애자장치의 경우에도 최소혼 간격이 유지됨으로 절연이격거리에는 오히려 여유가 있게 된다고 할 수 있다.

3.4 아킹혼의 특성시험

ESB131 및 IEC60에 따라 뇌임펄스 및 개폐임펄스에 대한 섬락특성 시험을 오손지역용 아킹혼에 대해서만 시험을 하였다. 시험은 1련현수, 2련현수 및 2련내장에 대해 실시하였으며, 뇌임펄스에 대한 섬락 시험결과는 표5와 같다. 참고로 아킹혼이 없이 320mm 현수애자만 20개 연결된 경우의 50% 뇌임펄스 섬락전압은 CIGRE SC-8에서 제시한 것으로 1965 kV이다. 또한 뇌임펄스 시험조건과 같은 조건에서 실시한 개폐임펄스 섬락전압 특성에 대한 시험결과는 표6과 같다.

이외에도 전기적 시험으로 코로나특성, 뇌임펄스 및 개폐임펄스 섬락특성, 상용주파주수내전압시험, 내아크특성 시험을 실시하여 모두 규격에 이상이 없음을 확인하였고 기계적 시험에서도 특히 오손지역에 적용되는 보강형아킹혼을 포함하는 각종 아킹혼의 재하시험과 진동피로시험을 실시하여 모두 이상이 없어 향후 현장에 적용하는데 문제가 없을것으로 검토되었다.

표 5. 345 kV 애자장치별 50%뇌섬락전압 시험치

애자장치 종류	시험시 혼 간격 [mm]	애자수	50% 섬락전압 시험치	
			정극성	부극성
1련현수애자장치	2350	20개	1530[kV]	1512[kV]
2련현수애자장치	2300	20개	1585[kV]	1563[kV]
2련내장애자장치	2380	18개	1675[kV]	1645[kV]

표 6. 345kV 애자장치별 50%개폐임펄스섬락전압 시험치

애자장치 종류	시험시 혼 간격[mm]	애자수	50% 섬락전압 시험치 (정극성)
1련현수애자장치	2350	20개	1105 [kV]
2련현수애자장치	2300	20개	1129 [kV]
2련내장애자장치	2380	18개	1261 [kV]

4. 결 론

345kV 송전선로에는 아킹혼을 이미 설치, 운용하고 있으나 청정과 오손지역 구분없이 일률적인 크기의 아킹혼을 적용함으로써 모든 애자장치에 아킹혼의 최소혼 간격을 유지시키지 못하였다. 본 논문에서는 이에 대한 대책 방안으로 345kV 송전선로에 설치된 아킹혼의 현황을 조사 분석한 후 오손지역용 2련내장 애자장치에 대한 아킹혼을 보강형으로 설계하였고, 향후 선로운용상 애자수의 증감을 고려하여 애자수 20개까지에 대해 아킹혼을 설계함으로써 오손지역을 구분하여 설계좌표를 제시하였다. 이러한 좌표 및 형상설계를 토대로 시제품을 제작, 기계적, 전기적 특성시험을 통하여 향후 실 선로 적용시 이상이 없음을 확인하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] "154 kV 送電線路의 碍子連 保護對策에 關한 研究", 한전, 1989. 12
- [2] "송전선로의 애자런보호 대책에 관한 연구(2)", 한전, 1998. 12
- [2] 電氣協同研究, "送電用かいし装置", 第34卷, 第2号
- [3] 電力用規格 A302, 1968. 12
- [4] 한국전력공사, 설계기준(송전분야)
- [5] 한국전력표준규격
- [6] 電氣協同研究, "多導體用 電線附屬品", 第41卷, 第3号