

HVDC 선로의 극성별 도체부식 특성 연구

신구용, 임재섭, 김영홍, 최인혁, 이동일
한전 전력연구원

A Study for Polar Degradation Characteristics of HVDC Overhead Transmission Line

Koo-Yong Shin, Jae-Seop Lim, Young-Hong Kim, In-Hyuk Choi, Dong-Il Lee
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 직류송전은 낮은 장거리 송전 손실, 다른 주파수간 연계에 적합하여 많은 관심을 받고 있는 송전방식이다. 그러나 상용화된 기간이 짧아 관련된 기술수준이나 규격들이 아직 보완할 사항이 많이 있다. 특히, 교류선로와 달리 극성에 따른 코로나 발생 메커니즘이 달라 송전도체의 부식에 대한 연구가 필요한 실정이다. 본 논문에서는 500kV HVDC 시험선로에서 약 30개월간 운전되었던 송전도체를 이용하여 극성에 따른 도체의 부식정도를 비교하였으며, 보다 정확한 비교정도 및 부식원을 파악하기 위하여 SEM을 통해 부식된 부분의 성분비를 분석하였다.

1. 서 론

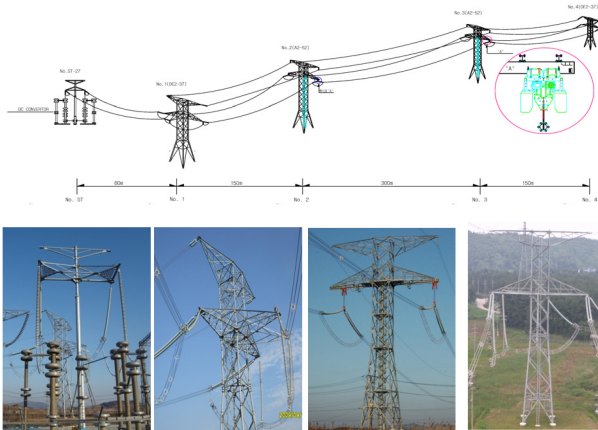
반도체 산업의 급속한 발전으로 인한 전력반도체의 가격하락은 장거리 송전 시 낮은 손실율과 다른 주파수를 가진 계통간의 연계가 가능하다는 장점이 있는 직류송전기술의 상용화를 불러왔다. 신재생에너지의 개발, 도서 및 대륙간 계통연계 등 그 활용범위가 다양하기 때문에 많은 연구가 이루어지고 있으며, 실제로 적용되어 운용되고 있는 구간도 상당히 많다. 특히, 그 영토가 넓고, 발전원이 북부에 집중해 있고 남부 해안가 대도시에서 상당량의 전력이 소비되는 중국의 경우 그 거리가 상당히 멀기 때문에 1,000kV 이상의 초고압 AC송전을 하고 있으며, 최근에는 약 8,000km 길이의 HVDC 송전선로를 구축, 운용하고 있다.

국내에서도 대북송전 및 동북아 계통연계를 위한 기술적인 검토가 수행된 바 있으며, 고창에 구축된 KEPCO PT Center 내에 500kV HVDC 가공송전 시험설비를 이용하여 실제 적용을 위한 연구를 수행해 왔다. 현재까지는 실선로 적용을 위한 설계기술 및 전기환경장해에 대한 기준을 제시하기 위한 연구가 주로 수행되어 왔다. 그러나 직류송전선로가 적용되는 구간이 장거리이며, 가공선로의 특징상 설치 후 장시간 특별한 관리 또는 별도의 유지보수 없이 운용되기 때문에 극성에 따른 코로나 방전 메커니즘으로 야기되는 도체 부식 특성을 연구 검토해야 할 필요가 있다.

2. 본 론

2.1 시험선로 구성

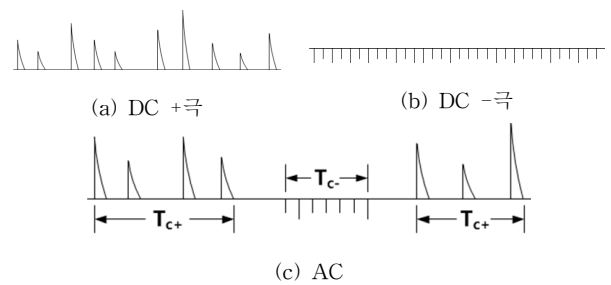
HVDC 가공송전선로의 극성에 따른 열화특성을 분석하기 위하여 그림 2와 같이 KEPCO PT Center 내에 구축되어 있는 HVDC 시험선로의 송전도체를 사용하였다. 선로에는 480mm² ACSR 6bundle 도체가 적용되었으며, 약 30개월간 정극과 부극에 각각 +500kV, -500kV의 전압을 인가하였다.



<그림 1> HVDC 시험선로

2.2 극성에 따른 방전특성

직류선로는 AC선로와 달리 +극과 -극으로 구분되며, 그림 2와 표 1에서와 같이 두 극성의 방전 특성이 다르다. +극의 경우 -극에 비해 발생주기가 긴 편이나 그 크기와 지속시간이 훨씬 큰 특징을 가진다.

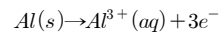


<그림 2> 전압별 코로나 방전 펄스 특성

<표 1> 방전 종류별 전류펄스의 특징

Type	Amplitude (mA)	Rise-time (ns)	Duration (ns)	Repetition Rate (pulses/s)
Positive Corona	10~50	50	250	103~5·103
Negative Corona	1~10	10	100	104~105
Gap Discharge	500~2000	1	5	102~5103

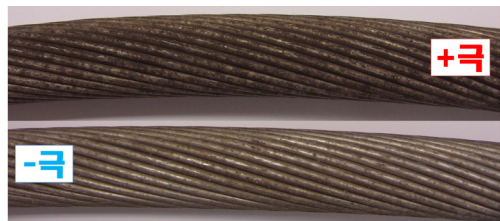
전기화학적 측면에서 보면 아래 화학식과 같이 +극에서는 전자를 흡수하며 전극의 표면이 +극성으로 이온화되고 외부의 다른 원자와 합성하여 부식이 진행된다.



이러한 극성에 따른 부식특성과 코로나 발생특성을 고려해 보면 -극에 비해 +극에서 부식이 더 많이 발생할 것으로 추정된다.

2.3 극성에 따른 부식특성

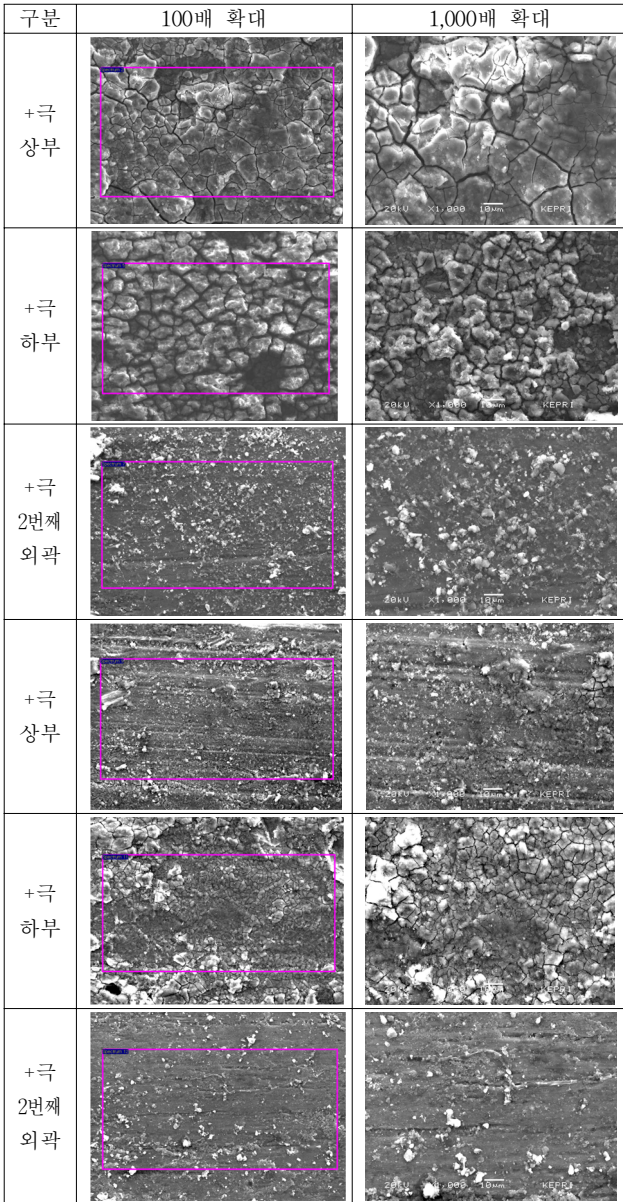
약 30개월간 전압을 인가하였던 KEPCO PT Center의 HVDC 시험선로에서 적용되었던 +극과 -극의 송전도체를 채취하여 표면을 그림 3과 같이 비교해 보았다. 전기화학적 해석과 같이 +극으로 사용되었던 도체의 표면 부식이 -극에 비해 더 심한 것을 알 수 있었다.



<그림 3> HVDC 시험선로의 극성별 도체 표면

부식된 표면의 형상 및 구성성분을 SEM 장비를 이용하여 각 극성별 최외곽 도체의 상단 및 하단, 2번째 내부 도체의 3가지로 구분하여 채취, 분석하였다. 표 2와 표 3은 부식된 도체 표면의 확대사진과 성분비이다.

〈표 2〉 도체별 표면



도체의 극성 및 위치별로 샘플을 채취하여 100배와 1,000배로 확대하여 분석한 결과 +극 하부에 부식층이 가장 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 반대로, -극 상부의 경우 비교적 깨끗한 표면을 보였다. 표 3은 부식된 부위의 성분을 분석한 결과이다. 도체의 주성분인 Al을 제외하고 O, Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca, Fe 등이 확인 되었으며, 부식과 밀접한 관련이 있는 성분들을 정리하면 표 3과 같다.

〈표 3〉 도체별 표면

도체구분	성분비(%)			
	O	Al	Na	S
+극 상부	66.33	20.09	2.84	3.15
+극 하부	69.42	17.89	1.32	4.52
+극 2번째 외곽	33.03	62.32	0.71	0.52
-극 상부	33.51	62.94	0.69	0.58
-극 하부	49.27	43.40	2.24	0.99
-극 2번째 외곽	19.06	79.17	0.36	0.23

분석된 성분의 대부분을 차지하는 O와 Al만을 이용하여 부식의 정도를 비교해 보면 +극 하부 > +극 상부 > -극 하부 > -극 상부 > +극 2번째 외곽 > -극 2번째 외곽 도체의 순임을 알 수 있었다.

3. 결 론

30개월간 전압을 인가하여 열화시킨 가공 직류송전 도체의 육안 및 표면 분석결과를 정리하면 다음과 같다.
 - 전기화학적 측면에서 +극이 -극에 비해 더 많은 부식효과를 발생시킨다.
 - 부식은 도체의 하부에서 대부분 발생한다.
 - 도체의 최외곽에서 부식이 대부분 진행된다.
 이러한 결과들을 통해 직류가공송전선로의 +극에 대한 부식 대책이 -극에 비해 더 강도 높게 진행되어야 할 것으로 판단된다.

【참 고 문 헌】

[1] EPRI, "EPRI AC Transmission Line Reference Book-200kV and Above, Third Edition", p8-2 ~ 8-12.
 [2] T.Taniguchi, M.Watanabe, Y.Watanabe, S.Mori, A.Watanabe, K.Naito, "Electrolytic Corrosion of Metal Hardware of HVDC Line and Station Insulators", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.6, No.3, July 1991.
 [3] Zheng Jianchao, Yu Qing, Chen Xing, "Studies on Influencing Factors to the Ageing of Porcelain Insulators Under DC Stresses", IEEE Electric Power Research Institute(Beijing, China), 1988, p16-19.
 [4] I.M. Crabtree, K.J. Mackey, K.Kito, K.Naito, A.Watanabe, T.Irie, "Studies on Electrolytic Corrosion of Hardware of DC Line Insulators", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, No.3, March 1985.
 [5] 신구용, 임재섭, 김영홍, 최인혁, 이동일, "HVDC 가공선로의 극성에 따른 열화특성 연구", 대한전기학회 고전압 및 방전응용연구회 합동 춘계대회, 5월 2011.
 [6] E.McCafferty, "Introduction to corrosion Science", Springer, p14~p16.