

발·변전용 폴리머 피뢰기의 기밀특성에 따른 신뢰성 평가

유대훈, 이운용, 조한구

한국전기연구원

Reliability Evaluation of Polymer Arrester with Sealing Integrity for Station and Substation

Dae-Hoon Yoo, Un-Yong Lee, Han-Goo Cho,

Abstract : The paper describes the development of arrester for 154kV class power station and substation. The arrester employs silicone insulating materials for its housing, instead of the conventional porcelain housing. The sealing integrity is related to safe operation of surge arrester, the prime failure reason of porcelain housed arresters is moisture ingress. In this paper, the sealing integrity of polymeric surge arresters for ultra high voltage is investigated with moisture ingress test. The diagnostic techniques are discusses, including watt loss, partial discharge, AC leakage current, 1mA DC voltage and residual voltage

Key Words : Surge arrester, Polymeric, Sealing integrity, Leakage current, Residual voltage

1. 서 론

오늘날 계통 전압의 초고압화는 각종 선로에서 발생하는 이상 과전압으로부터의 선로 및 전력기기의 고장 등 각종 문제를 일으키고 있다. 따라서 계통의 안정화를 위한 서지 억제 대책은 대단히 중요하며, 그 중 전력설비와 계통보호의 안정화를 위해 가장 효과적인 방법이 피뢰기의 사용이다. 피뢰기는 우수한 비직선성 특성으로 인해 전력계통에서의 뇌 혹은 개폐서지 등의 과전압으로부터의 높은 서지 흡수능력을 가지고 있다. 종래의 피뢰기는 직렬갭이 있는 비직선성 탄화규소(SiC) 소자로 구성되어 있었지만 1980년 이후부터는 비직선성이 우수한 산화아연(ZnO) 소자를 적용한 무공극형(gapless type)이 실용화되어 발변전용 선로 등에서 널리 사용되고 있다.[1,2] 특히 최근에는 기존의 자기재 피뢰기와는 달리 소형, 경량화 및 내부 단락시 방폭 기능이 우수한 폴리머 하우징(housing)을 적용한 피뢰기가 확대되고 있다. 이러한 폴리머 피뢰기의 구조는 공기층(air volume)이 없어 수분의 흡입이 제한되어 산화아연 소자로의 수분 유입을 막아 피뢰기 사고율을 현저히 떨어뜨리는데 큰 효과가 있다.[3] 실제로 피뢰기 고장의 유형을 살펴보면 산화아연 소자 자체의 열화 이외에 하우징 열화 및 제작 불량으로 인한 수분 침투가 또 하나의 고장원인이며, 이로 인한 사고가 전체 사고의 85.6%에 이르고 있으므로 볼 때 피뢰기의 기밀성능은 매우 중요한 요소임은 분명하다.[4]

따라서 본 논문에서는 개발된 정격 144kV급 발변전용 폴리머 피뢰기에 대한 열-기계적 사이클을 근간으로 수분 침투시험을 실시하였으며, 이 후 동작개시전압, 누설전류, watt loss, 부분방전(PD), 제한전압 그리고 하중인가에 따른 피뢰기의 변위 특성을 분석 검토하였다.

2. 실험

일반적으로 옥외용 좌립형 폴리머 피뢰기의 경우 오손,

습기 등에 의한 기계적 스트레스와 -40℃ ~ 60℃ 범위의 온도변화 그리고 풍압, 눈 등의 수평 하중의 환경조건을 가지고 있다. 따라서 이러한 영향을 평가하기 위해 열-기계적 시험을 실시하였다. 시험은 그림 1, 2에 나타난 바와 같이 임의의 온도에서 0°, 180°, 270°, 90°의 4방향으로 수평하중을 인가하였으며, 온도변화는 heating 및 cooling의 48시간 사이클로 이루어진다. 수평하중은 제시된 최대연속 칸틸레바값(360kgf)과 제조시 제시된 값의 10%(396kgf) 높은 하중으로 두 가지 변위 특성을 확인하였다. 수분 침

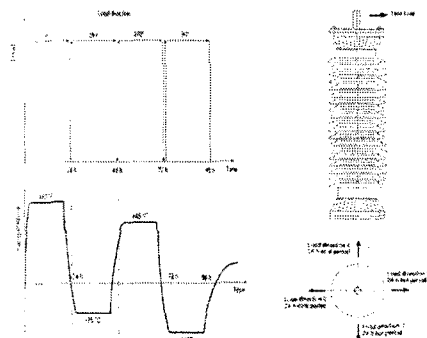


그림 1. 열-기계적 시험의 칸틸레바 부하 방향 및 온도 사이클.

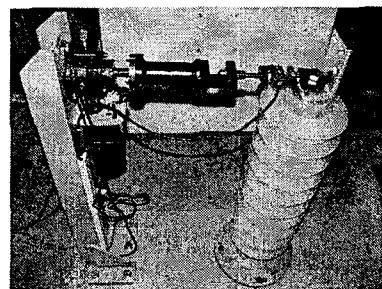


그림 2. 열-기계적 시험.

투에 따른 열화 현상 확인은 동작개시전압, AC 누설전류와 연속운전전압(MCOV)의 80-100% 범위에서 watt loss를, 1.05Uc에서 부분방전 전하량(PD)을 측정하고, 제한전압의 변화를 비교 분석하였다.

3. 결과 및 검토

본 시험에서는 상온에서 하중 인가에 대한 변위를 측정하였으며, 부하의 방향은 0°, 180°, 270°, 90°의 순으로 인가하였다. 그림 3에 나타난바와 같이 수평하중 360kgf(1차)에서의 인가시간에 따른 변위 특성은 당길 때(0°, 90°)의 경우 57mm, 54mm로 나타났으며 밀 때(180°, 270°)의 경우 64mm, 62mm의 값으로 밀 때의 변위가 당길 때보다 다소 크게 나타났다. 반면 수평하중 396kgf(2차)에서의 변위 특성은 전반적으로 71~75[mm]의 범위로 밀 때와 당길 때의 변위차는 거의 없었으며, 1차 시험 때보다 변위의 정도가 커진 것을 확인할 수 있었다. 한편 하중 인가 및 제거 시에도 하중에 따른 피로기의 잔류 변위는 나타나지 않는 것으로 나타났다. 시험 전·후의 특성값의 변화를 살펴보면 동작개시전압은 3차 시험 후 다소 감소하는 경향이 나타났지만 그 변화가 5% 이내의 값으로 열화의 정도를 평가하기는 다소 어려움이 있었다. 누설전류의 경우 negative creep 특성을 보이며, 시험 후에도 안정화되는 전류 특성을 나타내었으며, 3고조파 성분의 경우 시험이 진행됨에 따라 61 μ A, 67 μ A, 87 μ A 순으로 점차적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 1차 시험 후의 제한전압과 watt loss는 1.9kV, 2.1W 정도로 모두 5% 미만의 감소를 나타내었다. 한편 부분방전 전하량은 1pC 이하의 상당히 낮은 값을 나타내었는데 이러한 결과로 볼 때 본 시험에 사용된 폴리머 피로기의 기밀 성능은 상당히 우수한 것을 예상할 수 있었다. 한편 부분방전, watt loss, 제한전압시험은 1차 시험에서만 측정을 하였으며 이는 2차 시험 후 칸틸레바 하중이 증가됨에도 불구하고 폴리머 피로기의 전기적 특성변화의 차이가 크게 나타나지 않았기 때문이다. 이에 대한 시험 전·후의 특성값에 대한 변화를 표 1에 나타내었다.

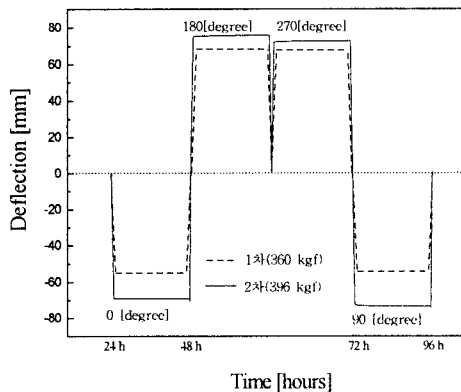


그림 3. 인가시간에 따른 힘 및 변위 특성.

표 1. 시험 전·후의 특성값 변화.

Test items	시험 전	1차 후	2차 후	
Watt loss	13.2[W]	11.1[W]	-	
부분방전	1 pC 이하	1 pC 이하	-	
제한전압	30 [kV]	28.1 [kV]	-	
동작개시 전압[kV]	100 μ A	14.64	14.75	14.14
	500 μ A	16.00	16.05	15.60
	1 mA	16.45	16.48	16.09
	3 mA	17.03	17.05	16.75
누설전류	9.6 kV	1.18 [mA]	1.13 [mA]	1.16 [mA]
	3고조파	61 [μ A]	67 [μ A]	87 [μ A]

4. 결론

본 논문에서는 정격 154kV 발변전용 폴리머 피로기의 기밀특성을 검토하기 위해 열-기계적 시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 확인하였다.

- 1) 제작된 피로기에 대한 열-기계적 시험을 시행한 결과 수평하중 360kgf에서의 변위특성은 당길 때보다 밀 때의 변위가 8mm 정도 더 크게 나타난 반면 396kgf에서는 71~75mm의 범위로 큰 변위차를 보이지 않았다. 또한 하중 인가 및 제거에 따른 잔류변위는 나타나지 않았다.
- 2) 수분침투시험 전·후 시료의 동작개시전압은 5% 미만의 감소하는 경향을 보였으며, 누설전류 변화도 없었다. 특히 부분방전은 1 pC 이하의 매우 낮은 값을 나타내었다.
- 3) 제시된 최대 칸틸레바 하중보다 높은 하중에도 불구하고 피로기의 전기적 특성은 크게 변하지 않았으며, 이러한 결과를 볼 때 본 시험에 사용된 폴리머 피로기의 수분침투에 대한 기밀 성능은 상당히 양호한 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] L. M. Levinson and H. R. Philipp, "Zinc Oxide Varistors-a Review", Am. Ceram. Soc. Bull., Vol. 65, pp. 639-646, 1986.
- [2] T. K. Gupta, "Application of Zinc Oxide Varistors", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 73, pp. 1817-1840, 1990.
- [3] J.A. Bennett et al. "Innovation in Polymer Arrester Moisture Sealing Testing", IEEE Trans. Power Deliv. Vol. 10, No. 1, pp. 237-243, 2005.
- [4] E. C. Sakshaug, "A Brief History of AC Surge Arrester". IEEE Power Eng. Review, No. 8, pp. 11-13, 1991.