

현장에서 사용한 배전용 폴리머피뢰기의 특성 평가

이재봉, 송일근, 이병성, 박재덕
한전 전력연구원

An Assessment of Distribution Class Polymer Arresters used in Field

J. B. Lee, I. K. Song, B. S. Lee, J. D. Park
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 국내 배전계통에 90년대 말부터 설치된 폴리머피뢰기를 발취하여 신제품과 비교 시험을 하였다. 시험 결과 현장 경년품에서 부분방전, 내열화성 시험, 절연행거의 특성 시험 등에서 다수의 시료가 불량한 결과를 나타냈다. 이러한 평가결과 국산 폴리머피뢰기의 품질이 안정화되지 않고 있어 배전계통의 신뢰성을 저하시킬 우려가 있다. 이러한 결과를 바탕으로 한전에서는 폴리머피뢰기의 품질인증 기준을 강화하여 이를 구매규격서에 반영하였다.

위해 기밀이 가장 중요시되고 있으므로 금구를 선택할 때 충분히 고려되어야 할 것이다.

표 1. 현장 피뢰기시료 발취 내역

제작회사 발취지역	A사	B사	C사	계
경남 사천	3	3	-	6
경남 통영	-	-	3	3
경남 밀양	2	2	2	6
경북 포항	5	5	3	13
경북 경산	-	-	2	2
충남 서산	3	-	-	3
충남 아산	-	-	3	3
충남 보령	-	3	-	3
부산 영도	2	-	-	2
중부산	-	2	-	2
남부산	-	-	2	2
계	15	15	15	45

1. 서 론

폴리머피뢰기에 대한 장기 신뢰성 평가를 위한 시험방법이 개발되어 있지 않아 전력회사 입장에서는 수명이나, 장기 특성 변화에 많은 관심을 갖고 있다. 현장 사용에 따른 특성 변화를 파악하기 위하여 가장 좋은 방법은 각 사용지역별로 일정량의 시료를 발취하여 육안관찰과 실험실에서 특성변화를 확인하는 것이다.

따라서 폴리머 피뢰기의 경년변화 특성파악 및 품질개선 자료수집을 위해 현장에 설치되어 운용되고 있는 3개사 폴리머피뢰기를 지역별로 고르게 발취하여 성능평가를 위한 시험을 실시하였다.

2. 본 론

2.1 폴리머피뢰기 시료 발취

시험에 사용된 시료는 경년 특성변화를 비교하기 위해 신제품 15개와 현장에서 발취한 15개를 사용하였다. 폴리머피뢰기의 경우 우리나라 배전선로에서 확대 사용 기간이 짧기 때문에 발취 시료는 현장에서 약 2년간 사용한 시료이다. 지역별로 3개사 제품에 대해 발취한 내역을 표 1에 나타내었다.

2.2 폴리머피뢰기 시험항목 및 시험결과

시험항목은 배전급 폴리머 피뢰기와 관련된 한전자체 규격인 ES 153-300('97. 5.28 개정)에 의거하여 17개 모든 시험 항목에 대해 시행하였다. 시험에 사용된 시료는 특성에 영향을 주지 않을 경우 중복 사용하였다.

시험결과 대부분의 시험항목에서 양호한 특성을 보였으나, 일부 시험항목에서는 불량한 결과를 보였다. 다음은 불량인 경우를 분석한 결과이다.

2.2.1 외관검사

외관 검사는 하우징 표면 침식, 트래킹, 표면 발수성 및 금구류의 부식 여부를 육안으로 관찰하였다. 검사결과 피뢰기 기밀을 유지하는 캡(Cap) 및 하부 너트 부분에 녹이 발생하였다. 오손이 심한 지역일수록 금구의 부식이 심한 것으로 나타났다. 피뢰기 장기 성능 유지를

2.2.2 부분방전 측정

부분방전 측정 시험은 피뢰기 내부의 결함을 확인할 수 있는 좋은 방법의 하나이다. 부분방전은 피뢰기에 정격전압인 상용주파전압을 인가한 후, 10초 이내에 연속 운전전압의 1.05배인 전압에서 측정하며, 16.1kV의 시험 전압에서 50 pC 이하이어야 한다. 제조사별 신제품과 현장 발취 시료 각 15대를 측정된 결과를 표 16에 나타내었다.

표 2. 부분방전 측정 결과

시료구분 제작회사	경년품	신 품	불량 수량
A사	7대 불량	이상 없음	7
B사	1대 불량	이상 없음	1
C사	2대 불량	1대 불량	3
불량 수량	10	1	11

2.2.3 내열화성 시험

0 시험방법

내열화성 시험은 피뢰기의 기밀특성을 평가하기 위해 수행되는 시험으로 표 17의 시험조건으로 완제품 피뢰기에 대해 수행하였다. 내열화성 시험 후 전파장전압(RIV) 측정치가 시험 전 보다 20% 이상 증가하지 않아야 하며, 저항분류치가 50% 이상 증가하지 않아야 한다.

표 3. 내열화성 시험 조건

항온조 예열 조건		침수조건					
시험 온도 (°C)	시험 시간 (일)	온수조		냉수조		수조 이동시간	시험횟수
		온도 (°C)	시간 (hr)	온도 (°C)	시간 (hr)		
70±3	14	60±3	1	4±3	2	5분 이내	냉·온 수조 반복 10회

0 시험결과

제작회사별 신품 및 경년품 각각 15대씩 시험한 결과 표 18에서와 같이 각 회사별 경년품에서 4대씩 불량한 결과를 보였다.

표 4. 내열화성 시험결과

시료구분 제작회사	경년품	신품	불량 수량
A사	4대 불량	이상 없음	4
B사	4대 불량	이상 없음	4
C사	4대 불량	이상 없음	4
불량 수량	12	0	12

2.2.4 절연행거의 트래킹 시험

피뢰기의 현장운용 중 단로기가 동작하여 선로에서 접지가 분리되었을 때 보수가 이루어질 때까지 피뢰기의 절연이 유지되어야 한다. 피뢰기 상부 캡 부분과 절연행거의 접지축 간에는 선로의 상전압이 가해져 있기 때문에 절연행거의 내 트래킹 성능이 중요시 된다.

0 시험방법

표 19에 내트래킹 시험조건을 나타냈으며, 시험 중 절연행거에 외부섭락, 관통파괴 등의 내부 절연파괴 또는 표면에 트래킹 발생 흔적이 없어야 하며, 또한, 시험 전·후의 뇌충격제한전압 변화율이 10% 이상 변화하지 않아야 한다.

표 5. 내트래킹 시험조건

시험전압(kV)	시험시간(h)	전압 인가시간 (분)	Wetting agent 저항치(Ω·cm)		
피뢰기	절연행거			피뢰기	절연행거
15.3	14.9	1,000	20	1~2	400-500

0 시험결과

제작회사별 신품 및 경년품 3개씩 각각 시험한 결과 A사의 경년품 및 신품 절연행거 모두(6대) 불량한 결과를 보였다.

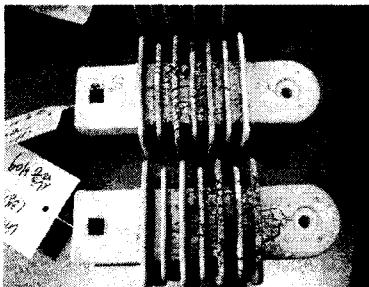


그림 1. 절연행거의 트래킹

2.2.5 절연행거의 Cantilever 강도 시험

0 시험방법 및 기준

피뢰기를 실제 사용상태로 설치하여 절연행거에 100kg f의 하중을 인가하여 균열 및 파손 등의 손상이 여부를 판단하는 시험이다.

0 시험결과

제작회사별 경년품, 신품 절연행거 각 9개씩에 대해 시험한 결과 아래 표와 같이 상당히 불량한 결과를 나타내었다.

표 6. 절연행거의 Cantilever 강도 시험 결과

시료구분 제작회사	경년품	신품	불량 수량
A사	1개 불량	이상 없음	1
B사	4개 불량	2개 불량	6
C사	7개 불량	8개 불량	15
불량 수량	12	10	22

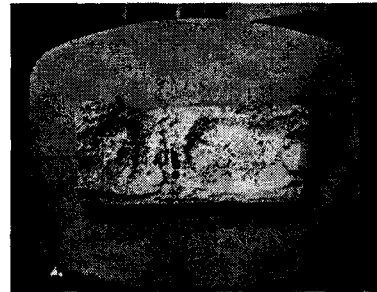


그림 2. 행거 불량(A사)

2.2.6 단로기 시험

단로기 시간-전류(T-C) 곡선특성 시험에서 1개의 시료가 불량한 특성을 보였으며, 뇌충격제한전압 측정시험에서 A사의 경년품의 단로기가 동작하였고, 대전류 충격시험에서 A사의 신품 1대, 경년품 1대에서 단로기가 동작하는 불량을 보였다.

2.2.7 고장전류 내력시험

0 시험방법

피뢰기 완제품에 고장전류(10 kA, 10 Cycles)를 인가하였을 때 피뢰기 하우징 및 내부구성요소가 직경 1.8 mm, 높이 300 mm 울타리 밖으로 비산하지 않아야 한다.

0 시험결과

제작회사별 신품 각 3대씩 시험한 결과 2개사의 각 1개에서 불량한 결과를 보였다.

표 7. 고장전류 내력시험 결과

시료구분 제작회사	경년품	신품	불량 수량
A사	해당 없음	이상 없음	0
B사	해당 없음	1대 불량	1
C사	해당 없음	1대 불량	1
불량 수량	0	2	2

3. 시험결과 검토

3.1 부분방전시험

IEC 60099-4에서는 피뢰기의 성능을 보완하기 위해 부분방전량을 10 pC 이하로 제한하고 있기 때문에 이 기준을 적용할 경우 보다 많은 피뢰기가 기준치를 초과하게 된다. 부분방전은 주로 피뢰기 단자와 피뢰기 내부의 공극 또는 기밀특성 등이 영향을 주므로 피뢰기 조립 공정에서 세밀하게 관리되어야 할 부분이다.

3.2 피뢰기의 기밀성능

내열화성 시험에서 불량한 시료가 다수 나타난 것은 캡 부분의 기밀처리 방법에 문제가 있음을 의미하므로 개선이 필요하다. 한전에서 사용되고 있는 대부분의 피뢰기는 소자부분과 하우징 부분을 각각 제조하여 조립하는 구조로 되어 있기 때문에 계면의 기밀특성에서 문제가 많이 발생하고 있으므로 제조방법의 개선과 품질 관리가 특별히 필요한 부분이다.

3.3 절연행거 문제

절연행거의 내트래킹 성능 및 굽힘 성능이 불량하여 심한 경우 선로에서 피뢰기가 이탈되어 2차 사고를 유발할 가능성이 있다. 따라서 절연행거는 내트래킹성이 개선된 재료를 사용할 필요가 있다. 제조과정에서 절연행거 내부에 다량의 보이드(void)가 존재하여 기계적 강도를 저하시켰으며, 시험에 사용된 행거 시료간의 굽힘하중치의 편차가 상당히 커서(기준값의 95 ~ 300%) 품질의 균일성에도 문제가 있는 것으로 판단되므로 품질향상을 위해 제조공정의 개선이 필요하다.

3.4 단로기 문제

뇌충격제한전압 측정시험에서 A사의 경년품의 단로기가 동작하였으며, 대전류 충격시험에서 A사의 신품 1대, 경년품 1대에서 단로기가 동작하는 불량을 보였다. 단로기가 경년에 따라 열화된 것으로 판단되기 보다는 단로기 성능상의 문제인 것으로 판단된다. 또한 단로기 T-C 곡선에서도 일부 시료가 좋은 성능을 보이지 않은 것은 단로기 품질의 균일성에 문제가 있는 것으로 판단된다.

3.5 피뢰기 취급 문제

현장 작업자의 취급 부주의에 의해 피뢰기 하우징이 손상되거나 단로기가 쉽게 파손되었다. 단로기의 취급방법이나 구조 개선을 통해 기계적인 강도 개선이 필요하였다.

3.6 설치지역별 특성 변화 검토

염해 오손이 심한 지역에서 발취한 피뢰기의 경우 하우징의 표면 발수성 저하가 보다 컸으며, 하우징 표면에 방전에 의한 미소한 침식 흔적이 발견되었지만 사용상 우려할 정도의 수준은 아니었다. 약 2년 정도 사용한 결과 지역별 열화 정도 차이는 아직 확인되지 않았다.

3.7 시험규격의 개선

피뢰기의 성능을 정확하게 평가하고 품질을 향상시키기 위해서는 적절한 시험규격의 적용이 중요하다. 상기 성능확인 시험에서 문제가 된 국내 피뢰기 취약부분 평가를 위해 한전의 구매규격을 IEC 60099-4에 부합되도록 개정 중이다.

국산 폴리머 피뢰기의 품질향상 및 장기신뢰성을 확보하기 위해서 많은 노력이 필요할 것으로 보인다. 특히 피뢰기의 내부 구조가 복잡하므로 피뢰기 조립 및 제조 공정 중에 장기적인 기밀특성을 확보할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

한편 기밀특성의 확보 이외의 문제는 의외로 단순한 것들이므로 제조업체의 노력 여하에 따라서는 짧은 시간 내에 품질이 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

피뢰기의 품질 및 신뢰성 문제는 배전계통의 신뢰성에 직접적인 영향을 미치므로 품질 향상을 위하여 기술개발에 노력을 경주해야 할 것이다.

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 폴리머에자 경년열화 실증연구 2차년도 중간보고서, 2004.
- [2] 한전 자체규격 ES 153-300('97.5.28 개정)
- [3] IEC 60099-4 Ed. 2.0: Surge Arresters - Part 4 Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems
- [4] 배전용 폴리머피뢰기 성능확인 시험 보고서, 한국전기연구원, 2003.12

4. 결 론

1990년대 말부터 국내 배전계통에 적용된 폴리머피뢰기를 발취하여 한전 자체규격 ES 153-300('97. 5.28 개정)에 의거하여 17개 모든 시험 항목에 대해 시행한 시험결과 국산 피뢰기에서 많은 문제점이 노출되었다.