

송전용 자기재 애자의 열화시험 평가기술

한세원, 조한구, 박기호, 정길조*, 이동일*, 최인혁*, 신태우**
한국전기연구원, 전력연구원, 한국전력공사**

Assessment Technique and Aging Test for EHV Porcelain Insulators

S. W. Han, H. G. Cho, K. H. Park, G. C. Jung*, D. I. Lee*, I. H. Choi*, T. W. Shin**
KERI, KEPRI*, KEPCO.**

Abstract

This paper through shift norm of insulator and research by accident prevention countermeasure special skill authoritativeness verification of insulator and Long Term aging factor for power transmission analysis and evaluate and prove quality of insulator wish to. Assessment technique by aging of own porcelain insulator observes ageing factor for reciprocity comparison through several examinations. Through cool and heat accelerated Aging test, can measure the leakage current change amount that ensue to each Cycle. Can confirm own blazing fire factor as distribution freshness that ensue in HRB Test's hardness value.

Key Words : Porcelain Insulator, Aging Test, HRB Test,

1. 서 론

고도의 산업의 발전 및 정보화 사회로의 변화에 따라 전기이용 및 질적 향상을 요구가 증대되어지고 있다.

전기이용의 증대에 따른 불의의 사고에 의해 산업활동 및 일상생활에 심각한 영향을 미치게 된다. 사고의 근본적인 원인을 방지하고 예방하기 위하여 송전용 애자의 수명과 유지보수의 관점에서 교체, 보수 및 신뢰성의 면에서 검토된 바는 없으며, 단지 경년열화 특성분석과 한전 표준구매시방서를 토대로 하여 송전용 애자의 열화요인을 규명하고 있는 실정이다.

2000년 송전설비 고장분석 및 대책 자료를 살펴 보면 '96년~2000년 사이 애자의 사고사례가 39%

로 가장 많은 원인으로 나타나고 있다^[3,8].

본 연구는 송전용 애자의 교체기준 및 사고방지 대책에 따른 연구를 통하여 애자의 장기신뢰성 검증과 장기 열화요인을 분석·평가하여 애자의 품질을 향상시키고자 한다.

2. 실험

2.1 애자의 열화요인

애자는 자기, 금구, 시멘트로 구성되어 있으며, 열화의 요인으로는 전기적 절연내력의 저하와 기계적 강도저하를 일으키는 것으로 나누어진다. 애자의 열화진전 메카니즘^[3]은 그림 1과 같다.

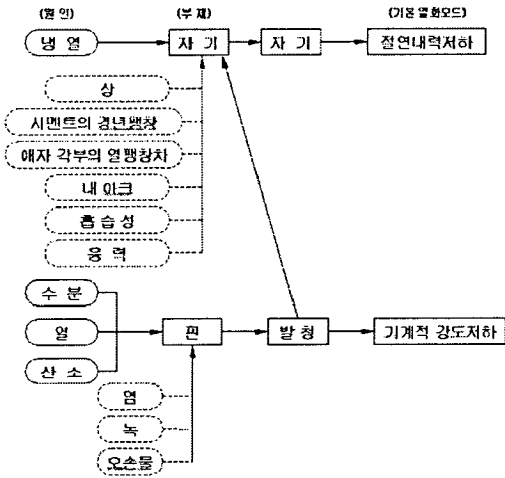


그림 1. 애자의 열화진전 메카니즘

열화에 의한 특성변화로는 자기의 손상, 시멘트의 경년팽창, 애자 각부의 열팽창차이, 내이크, 자기의 흡수성, 응력, 핀 부식 등으로 대별할 수 있으며, 열화에 의한 현상으로는 전자파 발생, 열의 발생, 빛의 발생, 분담전압 저하로 나눌 수 있다.

2.2 송전용 애자 특성

애자의 특성^[5]은 한전 표준구매시방서에 준하여 표 1과 같이 나타내었다.

표 1. ES 131-540~543 규격시험

항 목	특성치	
상용주파권조섬락전압치 (KV)	80	
상용주파주수섬락전압치 (KV)	50	
비충격섬락전압치 (KV) (1.2×50μs)	정	125
	부	130
상용주파유증파괴전압치 (KV)	110	
전 파 장 해전압 (rms KV)	상용주파대지간	10
	최대전파장해전압 (dB, at 500KHz)	37
파괴파괴하중치 : kg	16,500	
타격내하중치 : kg-cm	104	
인장내하중치 : kg (Lb)	8,250	
장시간내하중치 : kg (Lb)	11,000	
누설거리 : mm (in)	280	

2.3 HRB시험

HRB시험^[1,4]은 로크웰(Rockwell) 경도계의 B 스케일(1/16 강구(鋼球), 100kg 하중)을 사용하여, 자

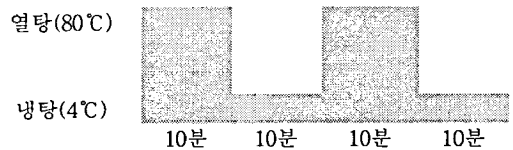
기부의 내재된 불량요인의 유무를 알 수 있는 시험방법이다.

자기소지는 크리스토프라이트, 무라이트 및 석영 등의 결정입자를 비정질의 불균질 유리가 포함되어 결합하는 것으로 내재된 불량요인에 있어 자기소지는 결정 결합조직이 조대하며, 비정질 유리조직의 응력도 약하여, 강구압자의 가압에 파쇄하는 용이 많고, 압자의 침입도도 깊고, 측정치는 낮다.

2.3 냉열가속 열화시험^[1,4]

애자의 성능을 평가하는 각종 시험에 있어 가속 열화의 인자를 가지며, 시험항목에서 표 1의 시험이 있다. 이중에 냉열 및 흡수시험은 제조공정 중에 있어서 애자 결합을 검출하여 품질관리시험에서도 활용되어진다.

표 2. 냉열시험 조건 (1Cycle)



냉열가속 열화시험을 통한 누설전류의 변화 및 유전율의 변화를 통하여 애자의 내부 또는 표면에 발생하는 결함을 검출하였으며 각 Cycle당 누설전류를 측정하였다.

누설전류는 20회(냉열 1Cycle/회)동안 반복적으로 측정하였으며, 주수량(3mm/min), 예상 인가전압(15kV)에서 발생하는 누설전류를 상호비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 송전용 애자의 주요 특성시험^[5]

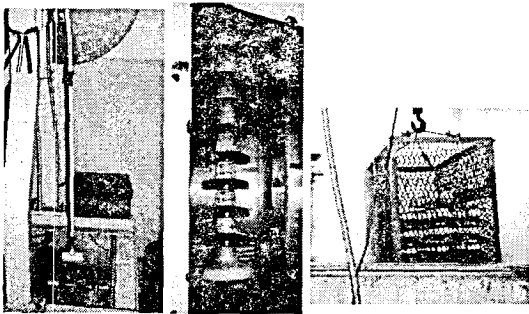
애자의 주요 특성시험은 내부절연 관통파괴, 단기 열화현상, 자기의 제조불량 등에 대한 적절한 시험방법으로서 관련 규격에 준하여 시험한 결과 표 1과 나타내는 바와 같다.

표 1에서 특성시험 결과 일반적인 특성에서는 통과하였으며, 냉열시험에서 계면의 열화에 따른 크랙이 발생한 것을 알 수 있다. 이는 냉열가속 열화요인에 의한 자기소지의 내부열화의 요인에 의하여 결함이 발생한 것으로 사료된다.

표 3. 주요 특성시험 결과

시험 항목	목적	결과	비고
상용주파 유중과피시험	절연강도 내구성	Pass	ES 규격시험
과전과피 하중시험	두부균열/절연강도/기계적강도	Pass	"
타격내 하중시험	자기부 충격 내구성	Pass	"
흡습시험	제조불량/절연저하	Pass	"
경년변화시험	계면결합/자기정적피로응력	Pass	"
냉열시험	자연환경변화/계면결합검출	Fail	"
주수 내전압시험	자연환경변화/계면결합검출	Fail	"

그림 2는 애자의 주요 특성시험 장면들을 보여주고 있다.



타격내하중시험 경년변화시험 냉열시험



상용주파유중과피전압시험 주수내전압시험

그림 2. 애자의 주요 특성시험

3.2 냉열가속 열화시험 분석

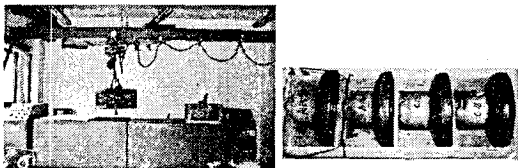


그림 3. 냉열가속 열화시험

그림 3은 냉열가속 열화시험은 냉탕 4℃, 열탕 80℃에서 송전용 애자의 열화를 보여주고 있다.

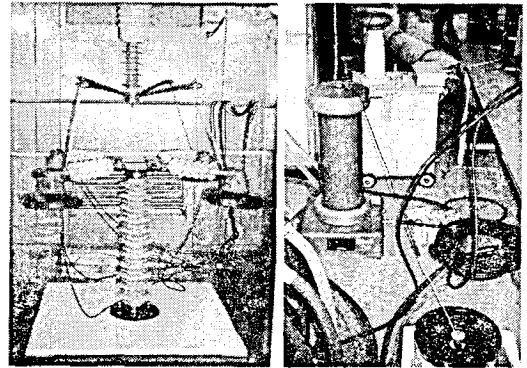


그림 4. 누설전류측정 및 유전율 측정

그림 4는 냉열가속 열화시험 후 시료를 누설전류 측정용 Chamber내에 주수(3ml/min)상태에서의 누설전류 변화량을 측정후 Schering Bridge를 통해서 유전율 값을 비교하였다.

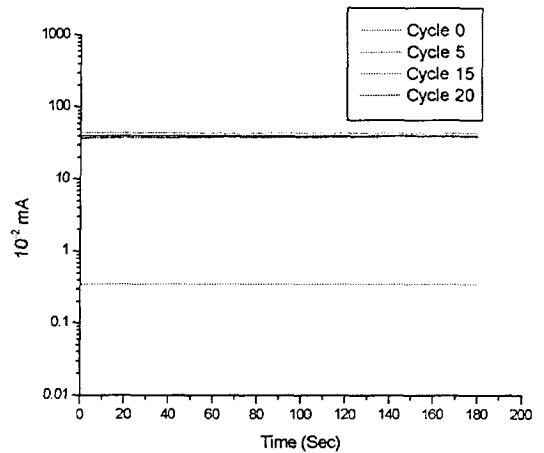


그림 5. 누설전류 분석

그림 5는 냉열가속 열화 후 애자 시료의 누설전류 변화량을 보여주고 있는 것으로 Chamber내 주수상태에서 컴퓨터로 모니터링한 결과 냉열가속 Cycle이 증가함에 따른 누설전류에서 초기값보다는 누설전류가 증가하였으나, 전체적으로 가속열화 후 1mA 이하의 낮은 값을 가짐을 알 수 있다. 그러나 열화 후 시료를 주수내전압시험을 행한 결과 내전압치 이하에서 Flash Over가 발생하였다.

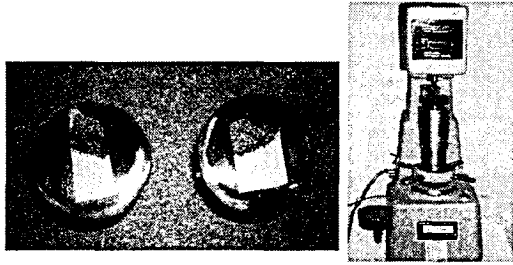


그림 6. HRB Test

그림 6은 HRB 측정을 위하여 자기재 애자의 두 부분의 소지를 마운팅한 후 경도측정 면을 연마포로 연마한다. 로크웰시험기(SGA-133-D)를 사용하여 각 시료에 대해 30point 이상의 경도를 측정하여 그 영역에서 최소치와 최대치를 제외한 값을 HRB 값으로 하였다.

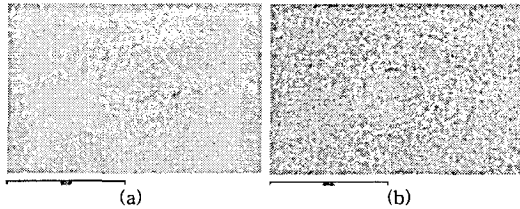


그림 7. 자기 소지의 HRB Test

그림 7은 자기 소지의 HRB 시험 후 SEM 분석 결과를 보여주고 있다. (a) 소지의 경우 결합조직이 미세하게 결합되어, 유리조직의 응력을 높게 하고, B Scale로 가압시 파쇄하는율이 낮고, 압자의 침입도도 알아, 강도 측정치는 높게 나타난다. 이에 반해 (b) 소지는 결합조직은 조대하여, 낮은 강도 측정값을 나타내었다.

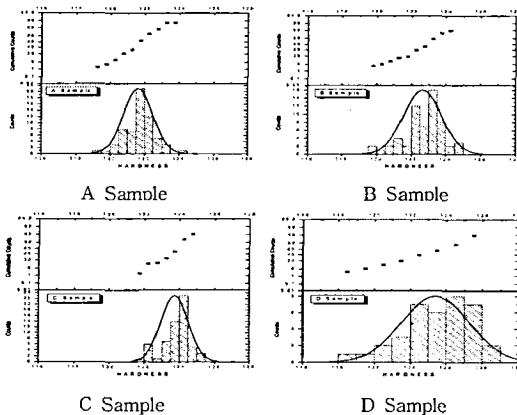


그림 8. 자기의 HRB 분석

그림 8은 HRB Test의 경도값에 대하여 정규분포(Normal Distribution)를 나타낸 것으로서 A에서 D Sample 순서로 HRB 분포가 높아지는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 경년품 및 신품 자기재 애자를 표준 구매시방서(ES 131), HRB, 냉열가속 열화시험을 통하여 검사한 결과 다음과 같다. 일반적인 특성에서는 통과하였으며, 냉열시험에서 계면의 열화에 따른 크랙이 발생하였다. 냉열가속 열화시험을 통하여 각 Cycle에 따른 누설전류 변화량을 측정한 결과 초기값보다는 누설전류가 증가하였으나 전체적으로 가속열화후 1mA 이하의 낮은 값을 가짐을 알 수 있다. 그러나 열화 후 시료를 주수내전압시험을 행한 결과 내전압치 이하에서 Flash Over가 발생하였다. HRB Test의 경도값에 대하여 정규분포를 나타낸 것으로서 A에서D Sample 순서로 HRB 분포가 높아지는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] “배전선 절연사고 방지대책”, 전기협동연구, 27권, 3호.
- [2] “Thermal Mechanical Performance Test and Mechanical Performance Test on String Insulator Units”, NGK B or NGK C Test Method, IEC 575, 1977.
- [3] “2000년 송전설비 고장분석 및 대책자료”, 199년-2000년 통계.
- [4] “애자”, 일본전기학회, 애자전문위원회, 1983
- [5] “250mm 소켓형 현수애자”, ES 131-540~543, 한전 구매시방서, 1995.
- [6] J.S. Looms “Insulators for High Voltages” Chap. 2, 1988.
- [7] 김형식, 한세원, 우병철 외 9, “고신뢰성 자기재 배전용 현수애자 개발”, 한국전기연구소, 고려애자공업(주), 최종보고서, 1996.
- [8] 조한구, 한세원, 김익수 외 3“초고압(400kN)용 내장애자 국산화개발”, 한국전기연구소, 고려애자공업(주), 2002.
- [9] “현수애자의 장기신뢰성에 관한 연구”, TIEE, Japan, Vol. 117-B, No. 12, 1529-, 1997.