

## 송전용 자기애자의 열충격 특성 연구

한세원, 조한구, 최인혁\*, 이동일\*

한국전기연구원(재료응용연구단), 한국전력연구원(송전연구그룹)\*

### Study on Thermal Stress of Porcelain Insulator for T/L

Se-Won Han, Han-Goo Cho, In-Hyuk Choi\* and Dong-Il Lee\*

KERI(Advanced Materials & Application Lab.), KEPRI(Transmission System Group)\*

**Abstract :** This study presents the thermal stress characteristics of TL porcelain insulators(healthy and ageing) by the accelerating thermal mechanical ageing test with forced temperature gradient. The test temperature gradient is 95°C(-35 ~ 60°C), it was focused to high temperature thermal stress as compared with IEC 60575 standard. There was no a discrimination in the case of healthy aluminous porcelain insulators, dissimilarly in crystoballite insulators according to this test method. It was indicated that the long term reliability by thermal stress was conformed reasonably through the conventional accelerating ageing test methods.

**Key Words :** Porcelain Insulator, Thermal Stress, Accelerating Thermal Mechanical Ageing Test, Temperature Gradient

#### 1. 서론

송전용 자기애자에 있어서 한전규격(ES-131)에 따르는 냉열 시험과 경년 가속 열화 시험 등은 전형적으로 자기 소재의 결함이 존재하는 경우 불량률 가져오는 성능 평가 항목으로 중요한 시험 요소이다.

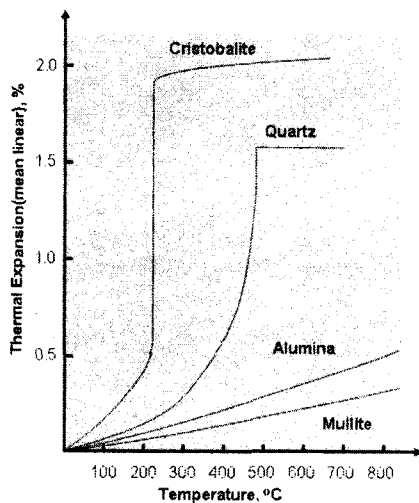


그림 1. 결정상 종류에 따른 열팽창 특성

그림 1은 자기애자의 결정상 종류에 따른 열팽창 특성을 비교한 것이다. 크리스토파라이트 결정상의 경우 다른 결정상에 비해 팽창계수의 차이가 크기 때문에 온도 구배에 의한 충격이 크게 작용하게 된다. 이러한 영향이 알루미늄계 자기애자의 경우에도 작용하는지에 관한 연구가 필요하다. 냉열 또는 경년 가속 시험은 자기애자의 내부 이상에 따른 열화를 검증하는 좋은 방법이다. 본 연구에서는 온도 구배를 강화시킨 경년 가속 열화 시험을 실시하여 건전품 및 열화된 송전용 알루미늄질 자기애자의 열충격 특성을 비교 검토하였다.

#### 2. 실험

실험에 사용된 애자는 송전용 알루미늄질 자기애자로 한전규격 ES 131-543(250mm, 현수애자) 사양에 따르는 제품이다. 현재 송전용 현수애자로 사용되는 제품은 제작사와 제작년도에 따라 다양하지만 크게 알루미늄 첨가량의 증가에 따라 대별할 수 있다. 표 1은 실험에 사용된 제품의 경년 이력과 결정상을 분류한 것이다.

표 1. 시료의 경년 이력과 결정상

| Samples | History             | Phase   |
|---------|---------------------|---------|
| 95년     | Aged in field(1995) | Alumina |
| 97년     | Aged in field(1997) | Alumina |
| 02년     | Non aged(2002)      | Alumina |

경년 가속 열화 시험은 열적, 기계적 스트레스를 조합한 방식으로 이루어진다. IEC 60575에 방법을 규정하고 있다. 강화된 경년 가속 열화 시험은 기존 IEC60575에서 규정하고 있는 온도구배 70°C(-30 ~ 40°C)를 70°C(-5 ~ 65°C)로 고온 충격 강도를 강화시켜 시험한다. NGK의 경우 온도 구배를 100°C(-40 ~ 60°C)로 강화시키면서 최대 시험시간을 360시간으로 늘리고 기계적 인장 주기(1시간/1사이클)와 열충격 주기(8시간/1사이클)를 빠르게 하여 경년과 충격을 가속화하는 시험이다.

경년 가속 열화 시험은 그림 2와 같은 조건으로 실시하였다. 이때 인가되는 기계적응은 과전 파괴 하중의 60%의 값으로 하였다. 이것은 기존 ES131 또는 IEC 기준보다 인가 온도와 가속 주기를 강화하여 가속 열화 효과를 높인 것이다. 온도 구배는 95°C(+60 ~ -35°C)로 냉열 가속 열화에서 나타나지 않은 온도 가속 경년 효과를 강화하여 시험하였다.

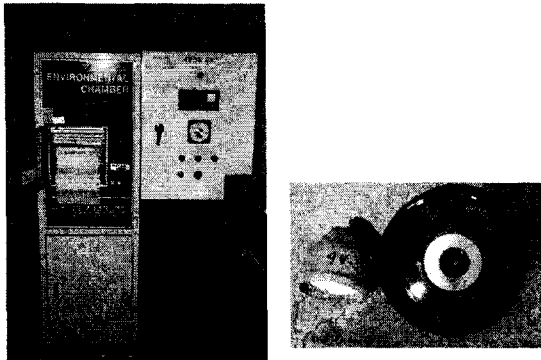
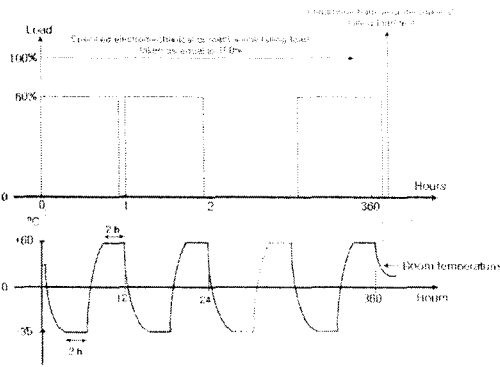


그림 2. 경년 가속 열화 시험(사이클, 제어부, 시료)

### 3. 결과 및 고찰

표 2는 경년 가속 열화 시험 결과를 요약한 것이다. 경년 가속 열화 후 평가하는 인장강도 시험에서 95년도 경년품의 경우 자기부가 파손에 의한 과전 파괴(E 파괴)가 3개 발생하면서 품질 지수를 낼 수 없는 불량률의 결과가 나타났다. 이러한 결과는 규정된 경년 변화 시험에서 나타난 현상 보다 더 심각한 것으로 95년 경년품의 자기부의 심각한 열화 상태를 알 수 있다.

표 2. 경년 가속 시험 후 과전 파괴 하중 시험 결과

| 시험 항목    | 95년    |        | 97년    |        | 2002년  |        | 비고                           |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|
|          | 시료No.  | 결과     | 시료No.  | 결과     | 시료No.  | 결과     |                              |
| 경년 변화 시험 | #1     | 21,660 | #1     | 21,860 | #1     | 22,130 | 품질관리 지수가 허용정수 미만이면 불합격 (k=3) |
|          |        | Pin    |        | Pin    |        | Pin    |                              |
|          | #2     | 17,120 | #2     | 22,210 | #2     | 22,250 |                              |
|          |        | Neck   |        | Pin    |        | Pin    |                              |
|          | #3     | 22,180 | #3     | 21,290 | #3     | 21,930 |                              |
|          |        | Neck   |        | Pin    |        | Pin    |                              |
|          | #4     | 16,150 | #4     | 21,150 | #4     | 22,240 |                              |
|          |        | E파괴    |        | Pin    |        | Pin    |                              |
|          | #5     | 20,170 | #5     | 21,080 | #5     | 21,780 |                              |
|          |        | E파괴    |        | Pin    |        | Pin    |                              |
| #6       | 18,970 | #6     | 21,750 | #6     | 21,880 |        |                              |
|          | Neck   |        | Pin    |        | Pin    |        |                              |
| #7       | 20,180 | #7     | 21,680 | #7     | 21,690 |        |                              |
|          | E파괴    |        | Pin    |        | Pin    |        |                              |
| #8       | 22,070 | #8     | 2,780  | #8     | 21,760 |        |                              |
|          | Pin    |        | Pin    |        | Pin    |        |                              |
| #9       | 18,960 | #9     | 21,890 | #9     | 21,830 |        |                              |
|          | Neck   |        | Pin    |        | Pin    |        |                              |
| #10      | 22,210 | #10    | 21,810 | #10    | 21,570 |        |                              |
|          | Pin    |        | Neck   |        | Pin    |        |                              |
| 판정       | 불가     | 판정     | 20.17  | 판정     | 23.32  |        |                              |
|          | Fail   |        | Pass   |        | Pass   |        |                              |

97년 경년품, 2002년 신문의 경우 온도 구배를 강화한 이번 실험에서 규정된 경년 가속 열화 시험의 품질 지수 값보다 오히려 높은 20이상의 양호한 결과를 나타냈다. 그림 3은 실험 결과로 경년 가속 열화 시험의 인장강도 평균치와 품질 지수 모두 높아진 것을 보여준다.

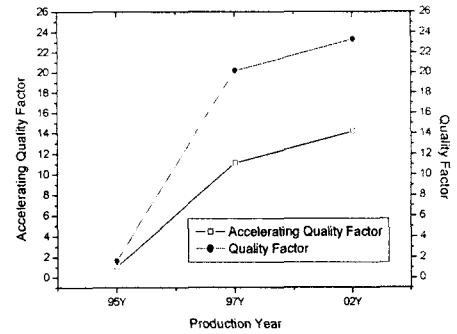
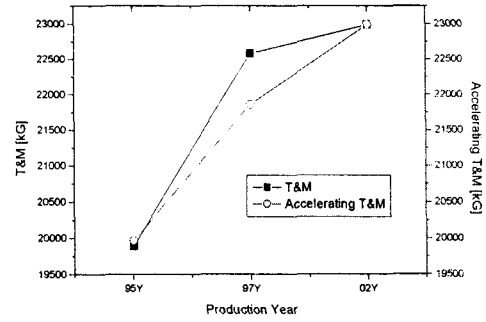


그림 3. 경년 열화 시험 방법에 따른 특성 비교

### 4. 결론

알루미늄계 자기애자의 경우, 기존 경년 변화 시험으로 제품의 변별력은 충분하며 건전한 열화품의 경우 온도구배와 주기를 강화한 형태의 가속하는 방법은 크리스토팔라이트 자기애자와 달리 큰 효과가 없는 것으로 판단된다. 97년, 2002년 제품과 같이 기본 성능 평가와 열화 시험에서 건전한 특성을 보인 제품의 경우는 경년, 과전 가속 시험의 품질 지수를 평가하는 어떠한 규격에서도 무난히 pass 할 수 있는 것을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] "Thermal Mechanical Performance Test and Mechanical Performance Test on String Insulator Units", NGK B or NGK C Test Method, IEC 575, 1977.
- [2] "현수애자의 장기신뢰성에 관한 연구", TIEE, Japan, Vol. 117-B, No. 12, p1529-, 1997.
- [3] S. W. Han, H. G. Cho, T. Y. Kim, D. I. Lee, and I. H. Choi, "A study on electrical and mechanical simulation for designing porcelain insulators with high strength", International Conference on Electrical Engineering 2002, Vol.3, p1191-, 2002.