

규격	합격조건	비고
IEC 383(A곡선)	$\bar{R}-1.58S \geq R_s(N=10)$ $R_i \geq R_s$	R_i : 개개의 과전파피하중치 R_s : 규정 과전파피하중치 \bar{R} : 과전파피하중치의 평균치
ANSI C29.2(B곡선)	$\bar{R}-1.2S \geq R_s$ $S \geq 1.72S(N=10)$	S : 표준편차 N : 시료수 QS : 품질관리지수
$QS = 3.0$ (C곡선)	$\bar{R}-3S \geq R_s$ $R_i \geq R_s$	$QS = (\bar{R}-R_s)/S \geq K$ K : 허용정수

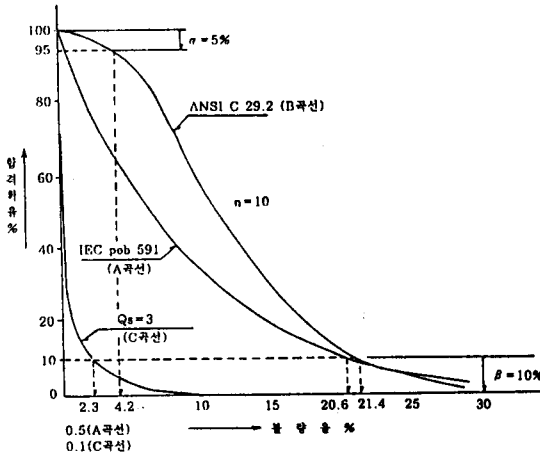


그림1. 운영특성곡선

Fig 1. The operating characteristic curve

2.2 예자의 표면온도 분석

우리나라의 온도특성을 분석하여 본 결과 1961년부터 최근까지 남한의 최저 온도는 -32℃이고, 여름철 최고 온도는 40℃까지 올라간 기록이 있으며, 최근에는 39.4℃까지 기록된 적이 있다.

예자의 표면온도를 제조회사별로 실측하여 분석하였으며, 예자 표면온도 측정 설치도는 그림 2과 같다. 온도측정 지상고는 실제탑의 전주 높이를 고려하여 지표상 13m 상공에 예자를 설치하여 무전압 상태에서 압전 온도센서를 예자표면에 부착하였으며, 풍향과 제조회사별 위치를 고려하여 설치 위치를 번갈아가면서 아날로그 측정설비로 지속적으로 측정하였다.

측정시료는 신제품과 사용품을 측정하였으며, 신제품은 제조회사별로 비교 측정하였다. 이때 신제품시료는 제조회사별 각 1개씩 실측하였으며, 내부 절연파괴 사고가 가장 많은 제조회사의 시료가 예자표면 온도가 제일 높은 7~8℃ 차이를 보였고, 사고율이 다음으로 높은 시료가 약 5℃ 정도 차이가 있었다. 그러나 내부 절연파괴 사고가 전혀 없는 제조회사의 시료는 약 3~4℃

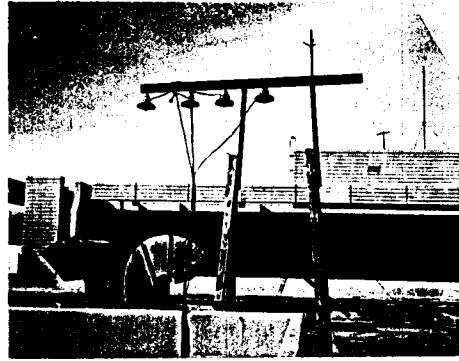


그림 2. 예자표면 온도 측정 설치도

Fig2. The measuring equipment of insulator temperature

정도 밖에 온도 차이가 없었다. 사용품의 시료는 전체적으로 불태 신제품 예자의 표면 온도보다 약 2℃ 정도의 차이가 심하게 나타났으며, 이는 장기간의 사용에 따라 경년변화가 더욱 더 심하게 나타난 것을 알 수 있다.

특히 우리나라와 같이 단기간 사용 후의 경년열화 사고가 많이 발생하고 있는 점으로 불태, 기계적 반복하중에 온도주기, 기후조건 및 환경조건 등을 고려하여, 예자의 장기강도 성능을 검증할 필요성이 대두되고 있다.

3. 실험방법 및 실험결과

현수예자의 단기 기계적강도를 검증하고, 장기사용 상태하에서의 경년변화를 검증하기 위해서는 기계적 반복하중에 온도주기를 중첩시킨 IEC 575 규격에 그 나라의 여러조건을 고려하여 시험하도록 규정되어 있다.

이 시험방법은 4시간을 한 주기로 96시간 기계적 반복하중에 온도주기 -35℃, +60℃를 각 4시간을 한 주기로 96시간을 중첩한 온도-기계적 성능 시험방법으로 변경해서 시험하였다.

시험품의 두 쇠붙이 사이에 규정의 과전파피 하중치의 60% 인장하중을 축심방향으로 인가하고, 냉열순으로 24시간을 1주기로 96시간 수행하였다.

과전파피 하중시험이 끝난 시료의 시험 결과는 다음 식의 품질관리지수가 소정의 합격판정 계수 이상이면, 합격으로 평가한다.

$$QS = \frac{(\bar{R}-R_s)}{S} \geq K$$

본 연구에서는 장기사용 상태하에서의 경년변화를 검증하기 위하여, 제작소별 신제품과 철거품에 대하여 경년변화 시험과 과전파피 하중시험을 실시하였다.

신품시료는 제작년도가 '93-'95년도에 제작한 시료이며, 철거품은 제작년도가 '81-'90년도에 제작한 시료가 주류를 이루었다. 그림 4은 제작소별 신품에 대한 경년변화 시험 결과이고, 그림 5은 제작소별 철거품에 대한 경년변화 시험 결과치이다.

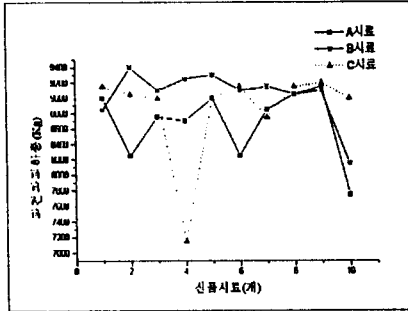


그림4. 제작소별 신품에 대한 경년시험 결과

Fig 4. Result of T-M test per new insulator

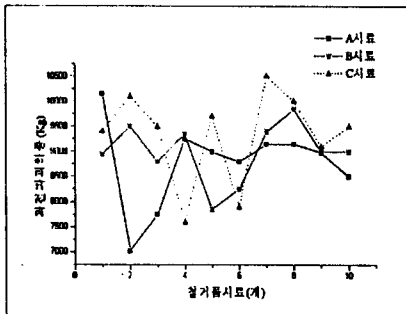


그림5. 제작소별 철거품에 대한 경년변화시험 결과

Fig 5. Result of T-M test per used insulator

시험 결과 실계통 사용 후의 인장강도가 현저히 저하한 것을 알 수 있으며, 경년에 따라 품질관리지수 QS도 시험 기준치 3.0보다 그 이하로 떨어진 시료도 나타났다.

4. 폴리머에자의 개발 동향

고분자에자의 사용은 선진국에서 약 20-30여년 전부터 사용 하여 왔으며, 자기계에자는 1835년부터 사용되어 왔으나 전력회사에서의 사용은 1882년 독일의 Miesbach 에서 Munich까지의 송전선로에서 맨처음 사용되어 왔다.

송,배전용 에자의 고분자 절연재료는 Silicon rubber, E.P.D.M, Cyclo Epoxy 등이 오래전부터 장기성능이 검증된 소재이다.

한편, 우리나라의 경우 3가지 소재 모두 한전 연구개발총당금을 지원받아서 연구 완료중이거나 현재 개발중에 있으며, 향후에는 실선로에 시사용 및 지속적인 사용이 예상된다.

따라서 세계적인 추세가 Porcelain에서 Polymer에자류의 전환이 서서히 진행중인바, 우리나라에서도 이에 대한 산,학,연의 연구 개발과 우리나라의 지형과 기후특성에 적합한 소재발굴및 최적 설계가 향후 배전용에자의 사고감소에 가장 큰 관건이라 사료된다.

5. 결 론

현수에자의 사용 중 경년열화에 의한 사고 감소를 위해서는 다음과 같이 시험규격을 개정하여야 하고, 향후 고분자에자 확대 사용을 위해 우리나라의 기후환경에 적합한 소재로 개발하여야 하며, 시험결과는 다음과 같다

- 1) 경년변화 시험기준은 IEC 575 규격과 동일하나, 과전 파괴 하중치는 인장하중치의 7,000kg의 70%, 최저온도 기준은 $-35\pm 5^{\circ}\text{C}$, 최대온도 기준은 $60\pm 5^{\circ}\text{C}$, 품질관리지수 1.58은 우리나라의 환경여건에 맞는 3.0으로 개정하여야 한다.
- 2) 경년변화 시험결과 신품 시료의 QS가 3.71, 5.87, 3.02 이나, 철거품의 시료의 QS값은 1.96, 3.35, 2.51로 나타났다. 약 5-7년 사용 후 인장강도가 현저히 저하한 것을 알 수 있었다.
- 3) 실계통 사용 후 현격한 기계적강도가 저하 하였으며, 품질관리지수 QS도 경년에 따라 기준치 3.0이하로 나타난 것을 알 수 있었다.
- 4) 폴리머에자의 시사용 결과에 따라 우리나라의 기후 조건에 가장 적합한 소재로 확대보급시키는 것이 가장 타당하다고 사료된다.

참고문헌

1. 박희로, 송일근, "뇌 임펄스를 이용한 현수에자의 내부결함 검출," 한국조명, 전기설비학회 논문지, Vol.40, No.12, 1995. 12
2. I.L.Song, H.R. Kwak, "Characteristic analysis of electric field for suspension insulator using an optimization technique with FEM," ISEM, U.K., 1995
4. ANSI C29.9, "Wet-process porcelain and toughened glass-suspension type," 1992
5. "Recommended practice for the preparation of test procedures for the thermal evaluation of insulation systems for electric equipment", IEEE,1990