

에폭시 BAR-TYPE 배전용 현수애자 개발

김 주용, 송 일근, 김 상준, 권 동진, 김 석기, 곽 회로
 전력연구원 모건코리아 숭실대학교

Suspension insulator development of Epoxy casting Bar-Type

J.Y.KIM, I.K. SONG, S.J. KIM, D.J. KWON, S.K. KIM, H.R. KWAK
 KEPCO KEPRI SOONGSIL UNIV. MORGAN KOREA LTD.

ABSTRACT

Porcelain suspension insulators have been used for a long time in distribution line.

However, Puncture breakdowns in porcelain insulators caused by weakening cement between metal fitting and porcelain material. There is little puncture breakdown in Epoxy casting insulator.

This paper presents electrical test results for the development of suspension insulator used Cycloaliphatic Epoxy resin. Items of test results are as follow

- Power Arc test
- Aging test
- Impulse flashover voltage tests
- Puncture tests et.al.

1. 서 론

최근 6년간 배전선로의 총 사고 중 애자로 인한 사고 점유율이 21.4%를 차지하고 있으며, 경제성장과 더불어 3D 현상으로 인한 자기제애자의 제조 및 교체공사비 비율이 점점 더 높아지고 있는 실정이다. 현재까지 약 20여년 이상 옥외용 애자의 절연재료로 사용한 소재는 Silicon, EPDM, Epoxy 및 Glass용 애자를 개발하여 사용 중에 있다.

Silicon과 EPDM 소재는 미국을 중심으로 한 북미지역에서 오래 전부터 사용중이며, Epoxy와 Glass용 애자는 유럽을 중심으로한 유럽대륙과 일부 아시아 지역에서 사용되고 있다.

우리 나라에서는 한진 R/D 지원을 받아 Silicon, EPDM 및 Epoxy 소재의 애자를 개발중 이거나 개발 완료 중에 있으며, 본 고에서는 옥외용 절연재료로 오랫동안 각광을 받아 온 에폭시 싸이클로 알리파틱 소재를 사용한 에폭시캐스팅 수지형 배전용 현수애자 개발에 대하여 설명하고, 특히 전기적인 특성시험을 중심으로 기술코자 한다.

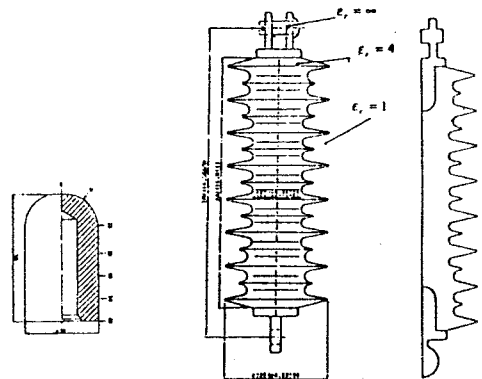
2. FEM에 의한 형상설계

에폭시수지를 이용한 배전용현수애자 설계는 BAR형으로 우

리 나라의 기후조건, 가설조건, 기계적 및 전기적인 특성조건을 고려해서 FEM에 의해 형상설계를 하였다.

에폭시캐스팅 수지 애자는 일체형으로 다른 폴리머 애자들 보다 이종 물질간의 계면접착에 의한 사고율이 적고, 절연재료의 유전율이 적은 편이다.

여러가지의 설계 중 인서트와 에폭시수지와와의 조합이 매우 중요하며, 이 중 최적설계의 형상은 유한요소법을 이용하여 다음과 같은 결론을 추출하였다.



a) 인서트 모양

b) 에폭시애자의 설계모델

그림 1. 인서트 모양과 에폭시 애자의 설계모델

Fig 1. Insert model and design model of epoxy insulator

3. 전기적인 특성시험 및 분석

상기한 조건에서 설계·제작한 애자는 사용 중에 기계적 하중, 사계절에 따른 온도변화, 과전상태에서의 전기적인 스트레스 등을 받는다. 따라서 이러한 여러가지의 주위환경과 애자자체가 가지고 있는 내구력의 절연특성에 대하여 성능을 검증 할 필요

성이 요구된다.

특히 애자시험을 시험방법으로 분류하면 구조시험, 외관시험, 전기적 시험, 기계적 시험, 냉열시험, 재료시험 및 비파괴시험으로 대별되지만, 본 연구에서는 실 선로에서 가장 영향이 중요시 되는 전기적인 특성시험과 기계적 하중시험에 대하여 시험을 실시하였다.

1) 내아크 시험

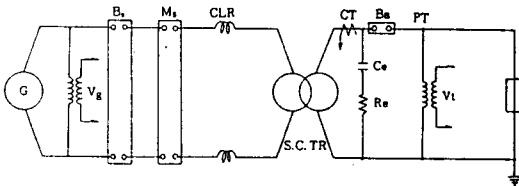
내아크 시험은 실 선로에서 염전해, 설해 등으로 인한 애자 표면에 섬락이 발생하면 속류아크가 발생하고 이로 인하여 애자가 손상을 입을 수 있다.

특히 22.9kV 중성점 다중접지 계통의 고장전류는 10 kA를 초과할 수 있으므로 애자표면의 손상을 입을 가능성이 매우 크다. 특히 고분자절연재료의 애자표면은 세라믹계통의 자기제애자 표면보다 우수효과는 양호하지만, 장기간의 옥외 사용시 표면의 트래킹 현상으로 말미암아 표면 섬락에 의한 아크전류가 흐르기 쉽다.

따라서 자기제애자의 내아크 시험 기준치의 약 2배에 달하는 150ka cycle 까지 시험조건을 주어서 시험을 실시하였으나, 표면상 외관에는 아무런 이상이 발견되지 않았다.

이때 시험조건은 1개의 시료를 인장강도를 주지 않은 상태에서 자기제 애자의 최대시험 기준치 72ka Cycle부터 90ka Cycle, 150ka Cycle 조건으로 각각 시험하였으나 특별한 이상징후는 발견되지 않았고, 시료는 각 조건에 따른 상이한 시료로 시험을 실시하였다.

내아크 시험의 회로도 및 시험조건은 다음과 같다.



Notation

- G : Shot Circuit Generator
- Bb : Back up Breaker
- MS : Making(closing) switch
- CLR : Current Limiting Reactor
- S.C.TR: Short Circuit Transformer
- CT : Current Transformer
- Ba : Auxiliary Circuit Breaker
- To : Test Object
- Vg : Generator Voltage
- Vt : Test Voltage
- It : Test Current
- BaOs : Opening Signal of BT

그림 2. 내아크시험 회로도

Fig. 2. Circuit diagram of power arc test

표 1. 시험 결과

Table 1. Test results.

시료구분	시험전압(KV)	시험전류(KA)	통전시간(Cycle)
#1	13.6	12.1	6.5
#2	17.1	15.3	6.5
#3	17.1	15.3	10.5

이상의 내아크 시험결과 자기제애자나 다른 폴리머 소재 애자보다 내아크성은 우수한 시험결과를 도출하였으며, 파괴할 때까지의 시험은 실시하지 못하였다.

2) 장기강도 성능검증시험

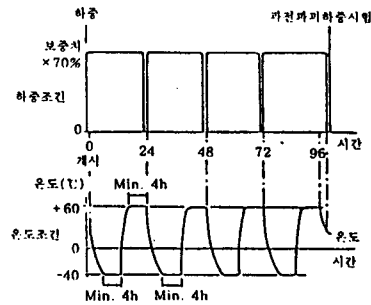
IEC 575를 기준으로 한 경년변화 시험은 그 나라의 기후조건을 고려하여 인장하중, 온도변화 주기, 시험계속시간과 판정기준을 정해서 규격을 제정토록 추진하고 있다. 따라서 본 항목의 시험조건은 현재의 ESB 규격을 강화시킨 잠정(안)으로 단기 기계적 강도를 검증하고, 장기 사용상태 하에서의 경년변화를 시험하였다.

경년변화 시험장치는 기존의 자기제 애자용으로 개발된 시험장치를 가지고 실시하였으나, 이 장치는 디스크형에 적합한 시험설비로 갖추어져 있으며, 설비여건상 개발된 BAR형 현수애자도 본 설비를 이용하였다. 때문에 직렬로 10개의 시료를 시험할 수 없어서, 기존 시험방법과 다르게 병렬로 시료를 수직상태로 연결하였으나, 내부의 시험설비의 협소한 공간으로 인해 비스듬한 형태로 시료를 연결하였다.

기계적 하중치는 과전파괴치의 60%를 70%로 상향 조건으로 하여 시험하였으며, 온도조건은 최저온도 기준치 -40℃, 최고온도 기준치 +60℃로 강화 시켜서 시험하였다.

시험계속 시간은 96시간, 온도주기는 냉·열 각 4시간으로 품질관리지수 QS를 1.58에서 3.0으로 상향조건으로 실시하였다.

그림3은 경년변화 시험방법이며, 그림4는 경년변화시험 장치이다.



$$R - 3S \geq R_s (N = 10)$$

$$R_i \geq R_s$$

그림 3. 경년변화 시험방법

Fig 3. Aging test method

상기 설비를 이용해서 두 금속체 사이에 상용주파 건조섬락 전압치의 75% 전압을 인가한 상태에서 축심방향으로 인장하중을 가하여 규정치 이상의 파손여부와 품질관리지수 값을 확인하였고, 인가전압을 130Kv × 0.75%인 97.5Kv를 인가하였다.

10개의 시료를 각각 과전파괴 하중치의 평균값은 8,195Kg이나, 일부시료가 규정치 7,000Kg 미만으로 나타나 품질관리지수가 불량으로 나타났다.

불량시료의 원인규명 결과 시험조건이 현재의 IEEE 기준(안)보다 가혹한 조건에서 실시하였고, mixing tank의 효율이 크게 떨어져서 수지, 첨가제 및 경화제의 완벽한 교반과 탈기가 잘 안된 것으로 입증되었다.



그림 4. 경년변화 시험장치
Fig 4. Aging test equipment

3) 기타시험

개발된 에폭시 에자는 장시간 내하중시험, 상용주파 진조·주수 섬락시험, 부분방전시험 등은 한번에 시험기준을 만족하였으며 급준파 시험은 한국전기연구소에 의뢰 중에 있고, 아직 시험을 실시하지 못 하였다.

대체적으로 소재의 특성상 경년변화 시험과 과전파과 강도가 문제시되며, 다른 항목의 시험조건은 큰 문제가 없는 것으로 사료된다.

경년변화의 시험에 합격하기 위해서는 새로운 형태의 mixing tank 제작이 중요시되며, 내부를 buffing하여 사용 후 수지 잔여분의 부착 양이 최소화 되도록 설계되어야 한다.

4. 결론

본 연구에서 도출된 연구결과를 다음과 같다.

1) 개발된 에자의 특성시험 중에서 내야크 시험항목은 가혹한 조건에서도 한번에 합격되었으며, 에폭시캐스팅 수지의 싸이클로 알리파틱 소재의 내야크 성능이 양호함을 입증하였다.

2) 에자의 구성은 에폭시 수지와 인서트의 조합으로 이루어져 있으며, 이종 물질간의 열팽창 계수 차이로 인한 사고요인이 공존해 있다.

이러한 상태를 시험하는 경년변화시험 조건은 우리나라의 기후조건에 적합한 시험기준 잠정(안)으로 실시하였으나, 만족할 만한 시험결과를 얻지 못하였다.

3) 경년변화시험의 품질관리지수 값을 안정되게 하기 위해서는 경년시험설비의 시료 배치를 수직상태로 하여야 하며,

mixing tank의 수지 잔여분의 부착 양이 최소화 되도록 에자용 제작에 적합한 형태로 변경해서 설계, 제작 하여야 한다.

4) 기타 전기적인 특성시험 항목들은 큰 문제점의 발견 없이 한 번에 시험이 통과되었으며, 중요한 시험항목 중의 하나인 급준파 시험결과 후 종합적인 판정이 내려져야 하고, 실 계통 사용 후 최종적인 성능평가가 이루어져야 하겠다

참고문헌

1. 김석기, 광희로 등, "에폭시캐스팅 에자의 형상해석", 대한전기학회, 1995. 11
2. 김상준 등, "배전용 에자류 품질확보를 위한 경년시험방법에 관한연구", 전력연구원, 1996. 2
3. 송일근, 김석기, "에폭시 캐스팅 수지 배전용 현수에자 개발" 최종보고서, 전력연구원, 1996. 7
4. H. C. Karner, "Outdoor characteristics of polymer materials", polymer seminar, 1990. 6
5. H. C. Karner, "Electrical and dielectric behaviour of cast epoxy resins", Braunschweig Univ.
6. R. H. Brealey, "Development of bulk-graded, filled polymer insulators," EPRI, 1981. 11
7. Kenzo Kadotani, "Design of composite insulators", 1993. 7
8. H. C. Karner, "Insulator news and market report", 1995 7
9. I.K.SONG, H.R.KWAK, "Characteristic analysis of electric field for suspension insulator using an optimization technique with FEM", ISEM, UK, 1995. 9