

폴리머애자의 트래킹 특성에 미치는 염수농도의 영향

Effect of the Salinity Level on Tracking Characteristics of Polymer Insulators

한재홍, 송일근, 김동명, 정종욱

(Jae Hong Han, Il Keun Song, Dong Myung Kim, Jong Wook Jung)

Abstract

In order to investigate the effect of salinity level on tracking characteristics of polymer insulators for distribution power systems, tracking tests were performed by tracking wheel tester under different salt concentration. In this study, 6 kinds of polymer insulators were tested under 2200 μ S/cm and 4000 μ S/cm salinity. The salinity level has a significant effect on the tracking characteristics. Namely, most polymer insulators showed the good tracking resistance in case of low salinity level. But, in case of high salinity level some polymer insulators showed the excessive erosion and tracking. These phenomena may come from the different aging mechanism. It can be concluded that too high salinity level is not desirable in aging test of polymer insulators.

Key Words : Tracking Wheel Test, Salinity Level, Polymer Insulators

1. 서 론

폴리머애자는 기존의 자기제애자에 비해 많은 장점을 갖고 있기 때문에 향후 실제의 선로에서 적용이 크게 증가할 것으로 예상되고 있다. 하지만 폴리머애자가 운전되는 환경이 열악한 경우에는 표면 트래킹 (tracking)과 침식이 문제가 될 수 있다.

일반적으로 폴리머애자에서 트래킹과 침식이 일어나게 되면 판통과 섬락 고장이 일어나기 쉽다. 스웨덴 STRI CIS (Composiet Insulator Status) 프로그램에서는 트래킹을 애자의 성능과 수명에 영향을 미치는 손상 (damage)으로 구분하고 있으며, 폴리머애자의 표면에서 전도성 경로의 형성에 의해 발생하는 비가역적 열화로 정의하고 있다 [1].

트래킹과 침식은 누설전류나 건조대 방전 같은 전기적 스트레스가 주요 원인으로 작용한다. 따라서 폴리머애자가 우수한 성능을 보장하기 위해서는 누설전류에 대한 저항성이 있어야 한다.

트래킹 및 침식시험은 건조대 아킹과 결합된 강

렬한 누설전류를 견디는 능력을 측정하는 것이다. 시험조건은 실험실마다 다르지만, 전형적으로 폴리머재료의 표면을 전도성 용액으로 적신 다음 전압을 인가한다. 성능은 주기 횟수나 고장까지의 시간으로 평가된다.

대표적인 트래킹 및 침식시험에는 ANSI C29.11과 IEC 61109 규격에 기술되어 있는 1000시간 salt fog 시험과 CEA LWIWG-01 구매규격의 tracking wheel 시험, IEC 60587의 트래킹 및 침식시험 등이 있다 [2-5]. Salt fog 시험과 tracking wheel 시험은 완제품 또는 짧게 축소한 제품에 대한 시험인 반면, IEC 60587의 시험은 시편에 대한 시험이다. Salt fog 시험과 tracking wheel 시험에서는 각각 16000 μ S/cm와 2200 μ S/cm의 전도도를 가진 염수를 사용하며, IEC 60587에서는 약 2500 μ S/cm의 오손물 (NH_4Cl + non-ionic wetting agent)을 사용한다.

이러한 트래킹 및 침식시험은 현장에서의 운전환경과는 달리 높은 전도도의 염수 (또는 오손물)와 계속적인 누설전류로 가혹하게 시험하기 때문에 폴리머애자의 단기간 성능검사로는 유용하지만, 장기적인 성능이나 수명예측에는 도움이 되지 않는다 [6]. 그럼에도 불구하고 이러한 시험을 실시하는 이유는 깨끗한 환경에서 제품을 시험하여 폴리머애자

한국전력공사 전력연구원 배전기술그룹

(대전시 유성구 문지동 103-16,

Fax : 042-865- 5804

E-mail : jhhan@kepri.re.kr)

의 오손성능에 대한 정보를 거의 얻을 수 없기 때문이다.

본 연구에서는 현재 배전선로에서 사용중인 6개 회사의 폴리머애자에 대해 염수농도를 달리하면서 CEA의 tracking wheel 시험을 실시하여 트래킹 특성에 미치는 염수농도의 영향을 고찰하였다.

2. 실험

2.1 시험시료 및 방법

본 연구에서 사용한 시험시료로는 표 1에 나와 있는 것처럼 국외 2종류 (국외A와 국외B)와 국내 4종류 (국내A, 국내B, 국내C 및 국내D) 등 총 6종의 신제품 폴리머애자를 선정하였다.

트래킹 시험시 염수농도의 영향을 평가하기 위하여 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 와 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 전도도를 사용하였다.

표 1. 트래킹 시험시료

| 염수농도 | 시료명 | 재질 | 비중 | 비고 |
|------------------------------|-----|-------|------|----------------|
| 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 국외A | EPDM | 1.25 | - 국내D 제품 사용 이전 |
| | 국외B | EPDM | 1.45 | |
| | 국내A | EPDM | 1.50 | |
| | 국내B | Epoxy | - | |
| | 국내C | SIR | 1.48 | |
| 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 국외A | EPDM | 1.25 | - 국외B 제품 수입 중지 |
| | 국내A | EPDM | 1.50 | - 국내D 제품 사용 시작 |
| | 국내C | SIR | 1.48 | |
| | 국내D | EPDM | 1.40 | |

- : not specified

시험방법은 CEA의 트래킹 및 침식시험 절차에 따라 그림 1과 같이 tracking wheel에 설치된 4개의 애자가 1주기당 4단계의 위치를 통과하도록 구성되어 있다. 각각의 애자는 한 위치에서 40초간 머물고 다음 90도의 위치로 8초동안 이동한다. 4단계는 다음과 같다.

- 1단계: dip period로 염수에 담가지는 단계
- 2단계: cooling period로 표면에 가벼운 wetting을 주는 단계
- 3단계: energized period로 60 Hz 전압을 인가하는 단계
- 4단계: drip period로 건조대 방전으로 생긴 열을 냉각하는 단계

CEA의 tracking wheel 시험에서는 1종류의 제품에 대해 3개의 애자를 평가하도록 되어 있으나, 본 연구에서는 시험 여건상 종류별로 2개의 애자만 평가하였다. 시험에서는 35 V/mm의 전계를 인가하였으며, 30000주기를 시험하였다. 시험에는 약 70일 정도가 소요되었다.

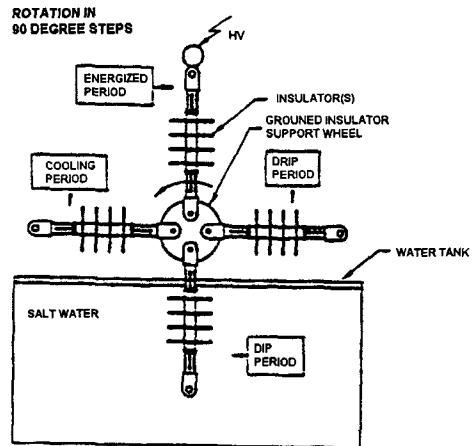


그림 1. Tracking wheel 시험장치

2.2 검증시험

CEA의 트래킹 시험에서는 30000주기의 시험이 완료된 다음 육안검사를 실시하여 트래킹, core까지의 침식, 관통 유무를 관찰하도록 되어 있으며, 급준과 임펄스시험과 상용주파 내전압시험에서 관통 현상이 없어야 된다고 기술되어 있다 [4]. 본 연구에서는 CEA의 검증시험 외에도 참고시험으로 건조 및 뇌충격 섬락전압시험을 실시하였으며, 접촉각 시험기를 사용하여 표면 젖음성의 변화에 대해서도 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 육안검사

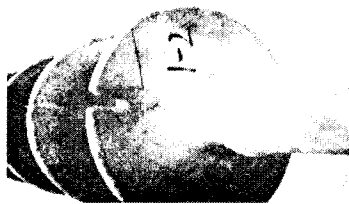
2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 염수농도를 사용한 트래킹 시험에서는 모든 시료가 육안검사에서 트래킹, core까지의 침식 및 관통을 나타내지 않았다. 하지만 국내B 시료의 경우에는 그림 2와 같이 고전압측 금구부분에 약간의 침식 현상이 나타났다. 하지만 이는 CEA의 판정기준에는 만족하는 것이다.

한편 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 전도도로 시험한 경우에는 낮은 염수농도와는 다른 양상을 보였는데, 일부 시료에서 과도한 트래킹과 침식 현상이 나타났다. 즉, 국외A 시료는 갓 mold line 침식, 국내C는 core까지의 침식, 국내D는 금구부 근처의 침식과 트래킹을 나타내었다. 그림 3은 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 전도도에서 시험한 후의 육안검사 결과이다. 참고적으로 국내A사 시료는 변색 외에는 별다른 특이점을 보이지 않았다. 이와 같이 낮은 염수농도에서의 시험과 다른 결과가 나타난 것은 높은 염수농도에서 다른 메카니즘에 의해 열화가 발생하기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 높은 염수농도에서는 불완전한 방전이 유발되기 때문에 다른 양상이 나타난다고 판단된다.

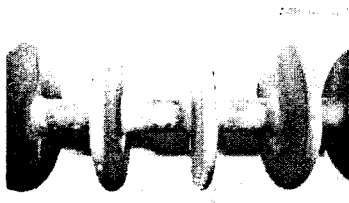
또한 국내A 제품이 양호한 특성을 보이는 이유는 표 1과 같이 다른 제품보다도 무기 충전제의 함량이 높기 때문인 것으로 보인다.



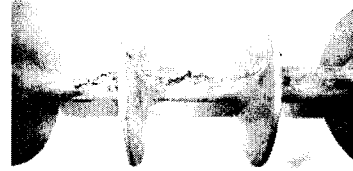
그림 2. 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서의 침식 (국내B)



(a) mold line 침식 (국외A)



(b) 변색 (국내A)



(c) 트래킹 및 침식(국내C)



(d) 트래킹 및 침식 (국내D)

그림 3. 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서의 시험 후 육안상태

3.2 전기적 시험

트래킹 시험 후의 급준파 임펄스시험과 상용주파내전압시험에서는 core까지 침식된 국내C 시료를 제외하고는 모든 시료가 염수농도에 상관없이 양호한 특성을 나타내었다.

참고적으로 실시한 섬락전압시험 및 접촉각시험의 결과가 표 2와 표 3에 나와 있다. 표 2와 같이

표 2. 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 시험시료의 참고시험

| 시료명 | 항목 | 건조섬락 전압 (kV) | 비충격섬락전압 (kV) | | 접촉각 (°) |
|------|-----|--------------|--------------|-----|---------|
| | | | 정 | 부 | |
| 국외 A | 신품 | 141.0 | 251 | 316 | 86.5 |
| | 시험후 | 138.5 | 236 | 290 | 70.6 |
| 국외 B | 신품 | 123.0 | 220 | 280 | 102.8 |
| | 시험후 | 120.0 | 217 | 282 | 84.6 |
| 국내 A | 신품 | 142.0 | 281 | 330 | 111.5 |
| | 시험후 | 142.5 | 270 | 331 | 78.8 |
| 국내 B | 신품 | 167.0 | 308 | 452 | - |
| | 시험후 | 165.6 | 252 | 416 | - |
| 국내 C | 신품 | 158.0 | 300 | 339 | 112.6 |
| | 시험후 | 155.5 | 280 | 331 | 106.5 |

- : not tested

낮은 염수농도에서는 트래킹 시험 후 전기적 특성 변화가 크지 않았다. 그러나 국외 B사 제품의 경우에는 신제품과 시험 후의 건조섬락전압이 정격치 (145 kV)의 95% 미만인 값을 나타내었다. 또한 트래킹 시험 후의 접촉각 분석에서는 전체적으로 열화에 의해 접촉각이 감소하였으나, 실리콘 재질인 국내 C 시료는 신제품과 거의 유사한 발수성을 나타내었다. 국내 B 시료의 경우에는 접촉각 측정을 위한 시료가 공이 곤란하여 제외하였다.

한편 표 3에서와 같이 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 높은 염수농도에서는 낮은 염수농도 시험과는 달리 전기적 특성변화가 약간 크게 나타났다. 하지만 국외 A 제품을 제외하고는 국내 모든 제품이 전기적 특성 기준치 (건조섬락전압: 145 kV의 95% 이상, 임펄스전압: (+)225 kV, (-)275의 92% 이상)를 만족한다. 국외 A 제품은 건조섬락전압이 열화에 의해 낮게 나타났다. 또한 발수성의 변화에서는 1차와 2차 시험에서 별다른 차이를 보이지는 않았다.

표 3. 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 시험시료의 참고시험

| 시료명 | 항목 | 건조섬락전압 (kV) | 뇌충격섬락전압 (kV) | | 접촉각 (°) |
|------|------|-------------|--------------|-----|---------|
| | | | 정 | 부 | |
| 국외 A | 신제품1 | 141.4 | 251 | 316 | 86.5 |
| | 시험후1 | 131.6 | 237 | 302 | 68.6 |
| | 신제품2 | 144.0 | 257 | 314 | 88.0 |
| | 시험후2 | 132.0 | 237 | 292 | 71.2 |
| 국내 A | 신제품1 | 150.0 | 281 | 346 | 111.5 |
| | 시험후1 | 144.0 | 266 | 330 | 91.4 |
| | 신제품2 | 153.8 | 281 | 336 | 110.5 |
| | 시험후2 | 140.8 | 254 | 321 | 90.8 |
| 국내 C | 신제품1 | 161.6 | 304 | 349 | 112.6 |
| | 시험후1 | 153.6 | 280 | 329 | 115.0 |
| | 신제품2 | 159.6 | 293 | 351 | 112.0 |
| | 시험후2 | - | - | - | 110.5 |
| 국내 D | 신제품1 | 164.8 | 251 | 374 | - |
| | 시험후1 | 152.0 | 247 | 366 | - |
| | 신제품2 | 165.2 | 254 | 375 | - |
| | 시험후2 | 148.6 | 257 | 370 | - |

- : not tested

4. 결론

현재 배전선로에서 사용중인 6종류의 신제품 폴리머에 대해 염수농도를 달리하면서 트래킹 시험을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 트래킹 시험시 염수농도는 트래킹 특성에 매우 큰 영향을 나타내었다. 즉, 낮은 염수농도에서는 모든 시료가 비교적 양호한 특성을 보였으나, 높은 염수농도에서는 과도한 트래킹과 침식 현상이 나타났다.
- (2) 트래킹 시험 후의 급준파 임펄스시험과 상용주파 내전압시험에서 모든 시료가 열화상태에 상관없이 양호한 특성을 나타내어 열화판정 시험으로서는 그다지 유용하지 않음을 알았다.
- (3) 단기성능을 평가하는 트래킹 및 침식 시험에서는 무기 충전제의 함량이 매우 중요한 역할을 한다는 사실이 밝혀졌다.
- (4) 폴리머에자의 열화시험에서 염수농도가 너무 높을 경우 운전환경에서 나타나지 않는 메카니즘에 의해 열화가 유발될 수 있음을 알았다.

참고문헌

- [1] Field Inspection of Composite Insulators, STRI Guide 3, 1998.
- [2] ANSI C29.11, "American National Standard for Composite Suspension Insulators for Overhead Transmission Lines", 1989.
- [3] IEC 61109, "Composite Insulators for AC Overhead Lines with a Nominal Voltage Greater than 1000V-Definitions, Test Methods and Acceptance Criteria", 1992.
- [4] Canadian Electric Association Purchasing Specification LWIWG-01(91), "Dead-end/Suspension Composite Insulator for Overhead Distribution Lines", 1991.
- [5] IEC 60587, "Test Methods for Evaluating Resistance to Tracking and Erosion of Electrical Insulating Materials used under Severe Ambient Conditions, 1984.
- [6] J. Mackevich and M. Shah, "Polymer Outdoor Insulating Materials", IEEE Electr. Insul. Magazine, Vol. 13, No. 3, pp. 5-12, 1997.