

전압검출기능을 내장한 에폭시 부싱의 특성 평가(II)

안상호*, 김익수**, 최재구**, 함길호*, 이창준*
 LG산전 전력시험 기술센터*, 한국전기연구소**

The Characteristics Evaluation of Epoxy Bushing with Voltage Detection Function

Sang-Ho Ahn*, Ik-Soo Kim**, Jae-Gu Choi**, Gil-Ho Ham* and Chang-Jun Lee*
 LGIS Power Testing & Technology Center*, KERI**

Abstract

산업이 발달하고 전력소비의 경향이 고밀도화 되면서, 전력계통이 대용량화 초고압화 되어가고 있다. 이러한 전력 기술 동향에 대처하기 위해서 모든 전기부품들이 소형화 및 절연능력 향상이라는 두 가지의 기술상의 요구가 필수적으로 요구되고 있다. 또한 계통의 안정성을 확보하기 위해 활선상태에서의 전력계통 감시에 대한 필요성 역시 증대되고 있다. 이러한 요인을 충족시키기 위하여 전압검출 기능을 내장한 에폭시 부싱을 개발중에 있으며, 그 성능을 검증, 향상시키기 위한 작업을 수행하였다. 본 시험에서는 전기적 절연물로 사용되고 있는 에폭시 부싱에 관한 성능평가 시험을 수행 하였으며, 하계 학술대회에 그 내용을 일부 발표하였다.

본 논문은 전압검출기능을 내장한 에폭시 부싱의 특성 시험 수행결과중 추가로 평가된 부분을 서술하였다.

1. 서 론

본 논문에서 다루는 시험의 내용은 오손시험, 장기간 과전압 시험 및 내트래킹 시험에 대한 내용이며, 그 시험의 방법과 결과를 서술하였다. 이중, 오손시험은 오손도와 접촉재 취부여부를 변수로 하여 평가 하였으며, 장기간 전압 특성은 JEC-2350에 서술된 내용을 중심으로 수행하였다. 내 트래킹 시험은 ASTM D3638에 의거 CTI특성을 파악 하였다

2. 실험방법 및 결과

2.1 장기간 전압특성

에폭시 부싱의 장기간 전압특성을 파악하기 위하여 JEC-2350의 시험방법에 따라 시험하였다[1]. 시험은 에폭시 부싱 단독으로 시험하였다. 이때 사용한 시험전압을 그림 1에 나타내었다.

그림에서 전압의 인가방법은 낮은 전압을 V1, 높은 전압을 V2라고 할 때, V1에서 5분, V2에서 1분, 다시 V1에서 5분을 인가하였다. 여기서의 인가전압은 기기의 대기전압을 기준으로, 다음의 전압 값을 인가하였다.

$$V1 : 1.5 \times \frac{\text{정격전압}}{\sqrt{3}} = 22.35[\text{kV}]$$

$$V2 : 2 \times \frac{\text{정격전압}}{\sqrt{3}} = 29.8[\text{kV}]$$

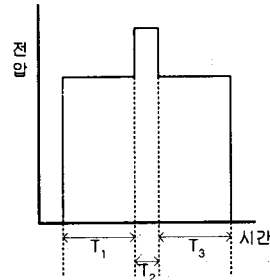


그림 1. 장시간 전압시험의 인가전압

또한, 장시간 전압특성을 파악하기 위하여(2×정격전압 + 1)[kV] 즉, 30.1[kV]를 인가하여 시험하였다. 이들 시험 중 절연파괴나 기타 관측할 만한 전기적 현상이 발생하지 않았으며, 이들 두 시험결과로 보아 장시간 전압특성은 양호한 것으로 나타났다.

2.2 내트래킹 시험

시 제작된 에폭시 부싱의 재질상의 특징인 내트래킹 특성을 조사하기 위하여 ASTM D3638의 시험방법에 따라서 시험하였다[2]. 그림 2는 사용된 전기적 회로를 나타내고, 그림 3은 내트래킹시험의 전경을 보인다. 파괴시까지의 인가전압에 대한 전해질의 낙하방울수를 plot하여 방울수가 50회에 해당하는 전압으로 표시한다. 이 시험은 비교 트래킹 지수(CTI : Comparative Tracking Index)의 특성을 나타내는 것이다.

이 방법으로 시험하기 위하여 먼저 제작된 부싱으로부터 시편을 만들어 시험을 수행하였다. 이 결과를 분석하는 것은 물방울이 떨어지는 빈도수와 인가전압을 매개변수로 하여 그 특성을 평가하게 된다.

본 실험에서는 그림4와 같이, 350[V]의 CTI결과를 얻었다. 이것은 원래 목표로한 값인 400[V]에 약간 못 미치는 값이다. 따라서 향후에는 에폭시 부싱의 고품질을 위해서 내 트래킹성을 높이는 재질 또는 제조법 개발에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 하지만, 이 내트래킹 시험의 기준은 제품의 성능판단 기준에는 정해져 있지 않으며, 단지 절연물 간의 상대적인 비교치로서 에폭시의 특성을 평가 하는데에만 활용할 뿐이다.

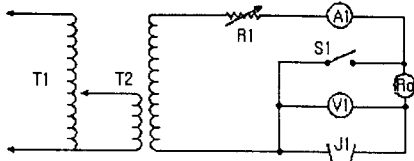


그림 2. 내트래킹시험의 전기회로도

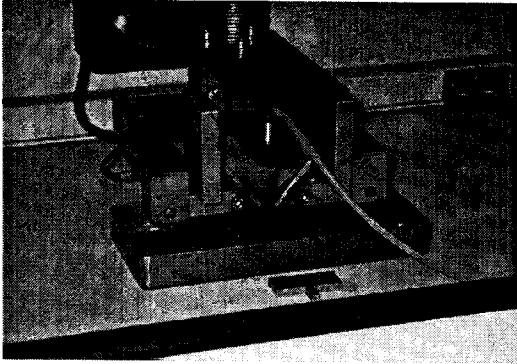


그림 3. 내트래킹시험 전경(ASTM D 3638)

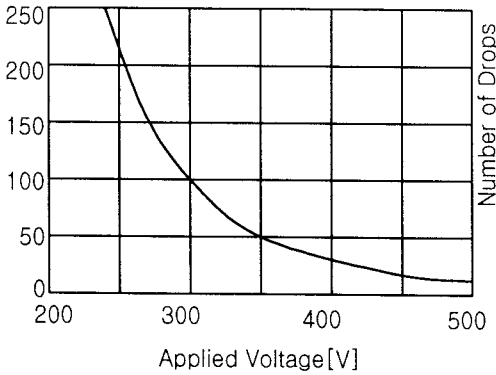


그림 4. 내트래킹 시험결과

2.3 오손시험

부상이 외부 오손정도에 대한 영향을 알아보기 위하여 오손시험을 수행하였다. 오손도는 순수한 물에 일정량의 소금과 기타 첨가제를 섞은 후 이 용액을 시료에 부어 시료를 시험상태로 만든다. 실제 상태를 모의하기 위하여 접속재를 취부하여 시험 하는 것을 원칙으로 하지만, 부상에 영향을 보기 위하여 부식 단독만의 경우도 함께 실험 하였다. 시험방법은 동가염무법(Japanese Method)을 사용하였으며, 특성평가는 10회섬락전압치로부터 5%섬락전압값을 사용하였다. 즉,

$$V_5 = V_{50} - 1.645S$$

여기서, V_5 는 5%섬락전압, V_{50} 는 10회 섬락전압의 평균치, 그리고 S 는 10회섬락전압의 표준편차이다.

초기 목표치는 $0.25\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 오손도에서 만족하는 결과를 얻으려 했으나, 검토결과 너무 가혹한 조건으로 판명되어 한단계 하한치인 $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 오손도를 목표로 하여

시험하였다.

접속재를 취부한 경우 $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 오손도로 시험하였고, 부식 단독으로는 이보다 낮은 섬락전압이 예상되어 0.03, 0.06, $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 경우를 시험 하였으며, 그 결과를 아래에 나타내었다.

2.3.1 에폭시 부식 단독의 특성

가) 오손도 : $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$

섬락전압	8.9kV	5.8kV	8.2kV	8.3kV	9.4kV
	10.2kV	9.0kV	7.3kV	9.6kV	9.3kV

$$V_{50}=8.87, S=0.8274, V_{50} - 1.645S = 7.5909\text{kV}$$

나) 오손도 : $0.06\text{mg}/\text{cm}^2$

섬락전압	6.5kV	7.0kV	6.9kV	6.5kV	6.4kV
	6.2kV	6.4kV	6.1kV	6.7kV	6.5kV

$$V_{50}=6.52, S=0.2821, V_{50} - 1.645S = 6.056\text{kV}$$

다) 오손도 : $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$

섬락전압	6.5kV	7.0kV	6.9kV	6.5kV	6.4kV
	6.2kV	6.4kV	6.1kV	6.7kV	6.5kV

$$V_{50}=4.56, S=0.3273, V_{50} - 1.645S = 4.0216\text{kV}$$

에폭시 부식 단독으로 시험한 경우 오손특성시험을 등가 염무법으로 시험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

오손도 $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 경우 5% 섬락전압 : 7.5kV

오손도 $0.06\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 경우 5% 섬락전압 : 6.1kV

오손도 $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 경우 5% 섬락전압 : 4.0kV

이상의 결과에서 알 수 있듯이 5% 섬락전압이 계통 최고전압인 14.9kV 이상의 조건을 만족하지 못하였다. 그러나 실제 부식의 사용상태에서는 부식을 단독으로 사용하지 않고, 그림 5와 같이 에폭시 부식에 콘넥터를 취부하여 사용하게 된다.

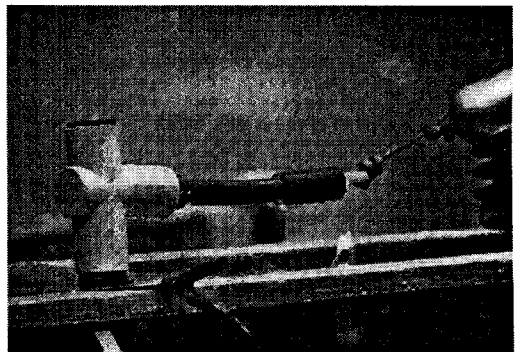


그림 5. 오손시험전경

이 때의 시험상태를 모의하여 시험한 결과를 아래에 나타내었다.

2.3.2 접속제를 취부한 경우

가) 오손도 : $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$

섬락전압	6.5kV	7.0kV	6.9kV	6.5kV	6.4kV
	6.2kV	6.4kV	6.1kV	6.7kV	6.5kV

$$V_{50}=24.04, S=2.9755, V_{50} - 1.645S= 19.145\text{kV}$$

실제의 사용상태에서와 같이 에폭시 부상에 콘넥터를 취부한 경우의 오손시험 특성을 등가염무법으로 시험한 결과 오손도 $0.12\text{mg}/\text{cm}^3$ 의 경우 5% 섬락전압이 19.14kV로 나타났다. 이 결과는 5% 섬락전압이 계통 최고전압인 14.9kV이상일 것이라는 일반적인 오손특성을 만족하였다.

3. 결론

전압검출기능을 내장한 에폭시부상을 개발하기 위하여 시제작된 에폭시부상에 있어서 필요한 절연특성을 파악하기 위해 상용주파 내전압 및 직류내전압 시험을 마친 시료에 대하여 장기간전압특성과 에폭시의 내트래킹특성, 오손특성평가의 결과, 다음의 결론을 얻었다.

1) 시제작된 부상의 장기간 전압특성은 양호한 결과를 나타내었다.

2) 시제작된 부상의 내트래킹 특성은 350V로 당초 목표인 400V에 약간 못 미치는 값으로, 향후 에폭시 부상의 고품질을 위해서는 내트래킹특성을 재고할 필요가 있다고 사료된다.

3) 오손특성은 환경적 요인이므로, 개발할 에폭시의 사용조건에 맞게 선정할 필요가 있으며, 에폭시부상을 접속재에 조립하여 사용되는 실사용을 모의한 상태에 있어서는 오손도 $0.12\text{mg}/\text{cm}^2$ 에 충분히 견딜 수 있음을 보였다. 그러나 이 경우도 케이블길이에 따라 즉, 누설거리에 따라 특성이 다르게 되므로 사용상태의 환경을 고려하여 선정할 필요가 있다. 따라서 부상 단독의 경우는 오손특성을 참고로만 파악하여 들 것으로 요망된다.

참고문헌

- [1] JEC 2350
- [2] ASTM D 3638