

배전용 절연카바류의 경년특성 분석

The Analysis of Ageing Characteristics of Insulation Cover Using in Distribution Line

김동명*, 송일근, 한재홍, 이병성, 한용희⁰, 이태선⁰

(D.M. Kim*, I.K. Song, J.H. Han, B.S. Lee, Y.H. Han⁰, T.S. Lee⁰)

Abstract

In this paper insulation cover that being used in distribution line have been evaluated for aging characteristics. For evaluating its aging properties, we dismantled a variety of samples, like insulation covers for termination of deadend clamp, bushing, LA, COS and sleeve, in the fields. we performed mechanical properties test, electrical test, weathering test, etc. of these samples. And these samples are compared with virgin sample. Test results shows the bad mechanical strength in some part of samples. Especially, Insulation covers for the bushing terminations have cracks in the surface of samples.

Key Words : Insulation cover, ageing degradation, Characteristic test

1. 서 론 1)

가공 배전선로는 전국에 걸쳐 산재되어 있으며, 태양광선, 대기오염, 염분 등과 같은 다양한 열화환경에 노출되어 있기 때문에 손상을 받기 쉽다. 가공 배전 설비에 사용되는 재료의 대부분은 금속제 및 자기제로 구성되어 있어 표면 부식 등에 의한 기계적인 강도저하를 제외하면 특별한 환경적인 영향을 받지 않는다고 볼 수 있다. 하지만 충전부를 절연하여 이물접촉과 안전사고를 예방하기 위하여 절연전선의 노출부위에 사용되고 있는 폴리머 재질의 절연 카바류는 재료의 특성상 환경적인 영향을 받아 경년에 따라 열화가 진행된다.

현재 배전선로에서 운용중인 절연 카바류는 일반적으로 절연성능이 우수한 폴리에틸렌 재질을 사용하고 있다. 이들을 옥외에서 장시간 사용함에 있어 자외선 및 오존에 의해 열화되기도 하고, 카바 표면에 부착된 분진이나 염분에 의한 트래킹(tracking) 발생 또는 접속부 발열에 의한 용융으로 성능의 저하는 물론 절연파괴로 인해 선로고장을 유발하기도 한다. 국내에서는 1986년 분기 스텝카바가 최초 사용된 이후 12종류의 카바류가 현장에서 사용되고 있지만, 이들의 경년에 따른 특성 변화에 대한 검토가 이루어지지 않았다.

일반적으로 절연재료가 전기적으로 열화되었을 때 도체와 인접한 곳에서는 불꽃방전(코로나) 발생률이 높으며, 표면에는 연면방전에 의한 트래킹 현상과 기중방전이 일어날 가능성이 높다. 이러한 조건에서 방전에너지가 크면 착화현상에 의해 재료는 인화되어 연소하기 시작한다. 이러한 관점에서 카바류의 성능을 평가하게 되었다.

본 연구에서는 현재 국내에서 개발되어 사용되고 있는 절연 카바류에 대한 열화 특성 평가를 위해 현장에서 시료를 발취하여 재질시험 및 인장강도 시험 및 내트래킹성 시험 등을 행하였다. 시험한 결과는 신품과 비교하여 경년에 따른 재질특성 변화를 분석하였다.

2. 시료 및 시험방법

* 한전 전력연구원 배전기술그룹

(대전시 유성구 문지동 103-16)

Fax : +82-42-865-5804

E-mail : kimdmng@kepco.co.kr, iksong@kepri.re.kr, leeb@kepri.re.kr, jhhan@kepri.re.kr,

⁰ 한국전력공사 배전처

(서울시 강남구 삼성동 167)

Fax : +82-2-3456-4674

E-mail : hanyh@kepco.cp.kr, rtsgaz@kepco.co.kr

2.1 시료

시료는 한국전력공사에서 운전중인 선로에 설치되어 사용되던 카바류를 철거한 것이다. 경년에 따른 품질변화를 확인하기 위하여 사용기간에 따라 제조업체별로 수량을 적절히 배분 발취하여 시험을 하였다. 카바류 전체에 대해 이력관리가 불가능하므로 시료를 연도별로 구분해서 발취할 수 없었다. 발취한 시료의 대부분은 현장에서 5~10년 사용된 제품이며 일부시료의 경우는 13년 이상 경과한 제품도 있었다.

발취한 시료의 총 수량은 5개 품목에서 854개이며, 표 1은 품목별 시료수량을 나타내고 있다.

표 1. 품목별 시료수량

품목	시료수량	재질
계	854	
인류크랩프카바	266	polyethylene
붓싱단자카바	127	rubber
피뢰기카바	83	polyethylene
COS상부카바	182	polyethylene
스리브카바	196	polyethylene

2.2 시험평가 항목

제조사별 시료의 재질이 알려져 있지 않아 열분석기 (DSC) 및 전반사적외선분광분석기 (FTIR-ATR) 을 사용하여 재질을 분석하였다.

표 2. 시험항목

시험항목	시험내용
재질시험	FTIR 분석
인장강도, 신장율	상온 및 가열노화후 잔율 측정
가열변형	두께감소율 측정
내전압시험	건조, 주수 (30, 20kV 1분)
내트래킹성	분무횟수 101회, 불꽃발생 유무
내열성 및 내한성	흙, 균열 등의 이상측정
축진내후성시험	2,000시간 조사후 절연내력
내오존성	균열 평가
흡수성	흡수율 0.01% 이하
내연성	연소시간 180초, 연소거리 25mm 이내

또한, 한국전력공사 구매시방서(PS 115-100)에 언급된 시험항목인 시료의 기계적인 인장강도 측정, 환경시험 및 내전압시험 등 12개 항목에 대해 시험을 행하였다. 적용된 시험항목을 표 2에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시험 결과

3.1.1 열분석 결과

발취한 시료에 대한 열분석(DSC) 결과를 표 3에 나타내었다. 특정사의 인류크랩프 카바를 제외한 대부분의 시료의 용융점은 120℃ 부근에서 나타났다. 표 3에 시료별 용융점을 나타내었다. 이들 제품의 재질은 에틸렌과 α -올레핀 공단량체의 공중합체인 LLDPE인 것으로 판단된다.

표 3. 시료별 용융점

품목	용융점(℃)	비고
인류크랩프카바	115, 122	4개 제품
붓싱단자카바	123	2개 제품
피뢰기카바	-	-
COS상부카바	118	1개 제품
스리브카바	122	3개 제품

또한 FTIR을 이용한 화학구조 분석을 통해서도 일부 붓싱단자카바를 제외한 모든 카바 제품에 사용된 기본 수지는 폴리에틸렌 계열인 LLDPE인 것으로 나타났다.

3.1.2 시험항목별 결과

모든 신품 시료에 대해 표 2에 언급한 항목별 시험 결과는 기준치 이내로 양호한 것으로 나타났다. 그러나 경년품 시료인 고무 재질의 붓싱단자 및 일부 피뢰기 카바에 대한 내오존성 시험항목에서 표면에 균열이 발생하는 불량률의 결과를 보였다.

내오존성 시험은 KSC 3004 (JIS 3005)의 고무, 플라스틱 시험법에 의해 실시한 것으로 적당한 크기의 시험편을 채취하여 기구로 25%의 신율을 준 상태로 오존조 내에 넣어서 3시간 동안 노출시킨 다음 표면의 균열 등 이상이 생기는가를 조사하는 시험이다. 이때 오존농도는 100~150 ppm 이었다.

또한 현장에서 약 10년 정도 사용한 스리브 카바의 일부 시료가 내연성 시험에서 불량한 것으로 나

타났다. 이는 옥외에서 장기간 사용함에 있어 재료의 초기의 특성에 변화가 있는 것으로 판단된다. 내연성에 대한 시험기준은 연소시간이 180초 이내, 연소거리가 25 mm 이내이며 불꽃의 용융낙하가 없어야 한다.

3.2 불량 구성비

현장에서 발취한 카바류 5개에 대한 품목별 불량율을 그림 1에 나타내었다. 그림에서와 같이 전선의 접속부에 사용하는 스리브 카바의 불량율이 가장 높았으며, 다음으로 붓싱 및 피뢰기카바가 차지하였다.

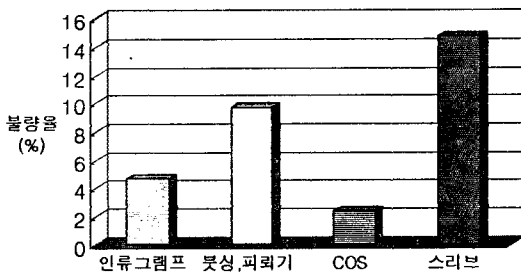


그림 1. 품목별 불량율

그림 2는 전체 시료에 대해 시험 항목별로 불량율을 분석한 것이다. 불량율의 대부분은 기계적인 강도 시험항목인 인장강도 및 신장율에서 나타났다. 따라서 경년에 따른 옥외 환경이 기계적인 강도를 저하시키는 것으로 분석되며, 5년 이내의 제품은 고분자 내에 충전제 또는 첨가제의 분산 불량에 의해 특성 변화가 나타난 것으로 판단된다.

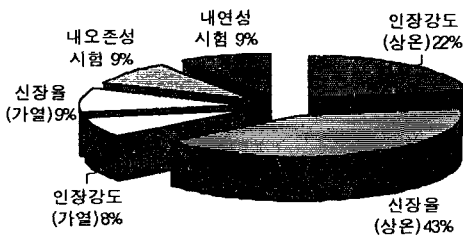


그림 2. 시험항목별 불량

일반적으로 절연재료(고분자재료)는 기계적 강도가 50%이상 저하되면 절연 특성에 문제가 있다고 보며, 이러한 제품은 국부적 열화 혹은 부분방전이 발생할

수 있다. 이때 주변에서 오손물이 부착될 경우 열화를 더욱 가속시키게 되어 결국은 절연파괴로 이어지게 된다.

절연재료의 특성은 온도와 기계적 충격, 옥외환경에 의해 지배된다고 볼 수 있는데, 장력을 거의 받지 않는 개소에 설치되어 있는 배전용 카바류(폴리에틸렌)는 도체의 노출부위에 대한 카바 형태로 양단은 동전위(同電位)가 인가되고 있지만 직접적으로 전위가 형성되고 있다고는 볼 수 없다.

그러므로 카바류의 수명주기는 교체 년수보다는 옥외환경에 의한 재질의 변형, 즉 오손, 수분, 오존에 의해 발생하는 열적 변형흔적이 존재하는 시점으로 선정하는 것이 타당하다고 본다.

4. 결 론

현장에서 발취한 카바류의 열화 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 인장강도와 신율에서의 많은 불량율을 나타내었는데 이는 제조과정에서 고분자 내의 충전제 또는 첨가제의 분산 불량 때문인 것으로 판단된다.
2. 일부 제품에서는 기계적 특성이 기준치에 약간 미달한 것은 현장에서 환경적인 영향을 받아 열화되어 성능이 저하된 것으로 판단된다. 특히 인류그랩프에서 불량한 특성이 나타나는 이유는 제조공정에서 혼련이 제대로 되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.
3. 붓싱단자카바(합성고무)의 경우 현장에서 거의 10년 이상 사용된 것이 대부분이고 약간의 기계적 성능저하와 내오존성 시험에서의 취약한 성능을 나타내었다.

References

- [1] 한국전력공사 구매시방서(PS 115-100)
- [2] James E. Mark "Polymer Data Handbook", Oxford University Press, 1999.
- [3] 宅間董, 柳父悟 "고전압대전류공학", 1998.
- [4] A. K. Jena, M. C. Chaturvedi "Phase Transformation in Materials", Prentice Hall 1992.
- [5] CRAIG R. BARRETT "The Principles of Engineering Materials", Prentice Hall, 1973.