열-기계적 시험에 따른 초고압 폴리머 부싱의 굽힘변형 및 기밀성능에 관한 연구

조한구*, 유대훈*,강형경*,이철호**
한국전기연구원*, (주) 평일*

Performance of Sealing Integrity and Banding strain of HV Polymeric bushing with Thermal Mechanical Test

Han-Goo Cho*, Dae-Hoon Yoo*, Hyung-kyung kang*, Chul-ho Lee**
KERI*, PYUNGIL**

Abstract - This paper describes performance of sealing integrity and bending strain of HV polymeric bushing with thermal mechanical test. Generally the properties of FRP tube can be influenced by the winding angle, wall thickness and winding tension. As a results, multi winding bushing shows that it has max deflection in the range of 16.5~16.9 mm.

1. 서 론

전력품질의 향상 및 전력계통의 안정화를 위해 초고압 전력기기의 안정화는 필수적이며 특히, 전력기기와 고압선로를 연결하는 초고압 부싱의 신뢰성 확보는 매우 중요하다. 최근에는 기존의 자기재(porcelain)에 비해 내오손 특성 및 자기세정이 우수한 폴리머(polymer) 재질의 하우징을 채택하여 전 세계적으로 그 수요가 증가하고 있는 추세이다. 이러한 폴리머 부싱은 높은 기계적 강도 및 높은 내압을 견딜 수 있는 구조로 설계되어야 하며 사용목적에 맞는 와인딩 패턴(winding pattern) 및 벽 두께(wall thickness)를 가지는 FRP tube의 제작은 매우 중요한 설계 요소이다. 또한 초고압 부싱의 경우 상시 내부 절연가스에 의해 충전되어 있으므로 기밀성 향상을 위한 FRP tube와 플랜지의 압착/접착 기술은 매우 중요한 설계요소이다. 이는 내부 수분침투에 의한 가스와의 반응 및 FRP tube의 파괴를 사전에 예방하여 고신뢰성의 부싱제작이 가능케 한다[1].

따라서 본 논문에서는 제작된 초고압 폴리머 부싱에 대한 열-기계적 사이클을 근간으로 FRP tube와 플랜지의 압착부에서의 기밀성능 및 하중인가에 따른 변위특성 등에 대하여 검토하였다.

2. 본 론

2.1 실험준비

본 시험은 IEC 61462 규격의 시험기준에 따라 Thermal mechanical test를 실시하였다[2]. 온도변화는 그림 1과 같이 총 96시간 사이클로 이루어지며 본 시료의 경우 70℃의 온도 조건으로 4 방향으로 수평 하중을 가하면서 0°, 180°, 270°, 90° 순으로 칸틸레버 하중을 인가하였다. 시험시료의 제작은 와인딩 패턴에 따른 굽힘변형을 확인하기 위해 일반적으로 많이 사용되는 55°의 단일 와인딩 각과 2중 와인딩 각을 가지는 각기 다른 두 가지 FRP tube를 제작하였으며 이후 동일한 열-압착 및 실리콘 사출을 통해 총 길이 1,000 mm 폴리머 부싱을 제작하였다. 부싱 내부에는 SF_6 가스를 설계기준치인 0.7 MPa으로 충전하여 시험 동안 가스 누설량을 통해 기밀성능을 확인하였다. 한편 시험시료의 칸틸레바 하중은 0.5SML으로 요구되는 MML이 760 kgf이므로 인가하중은 953 kgf로 결정하였다.

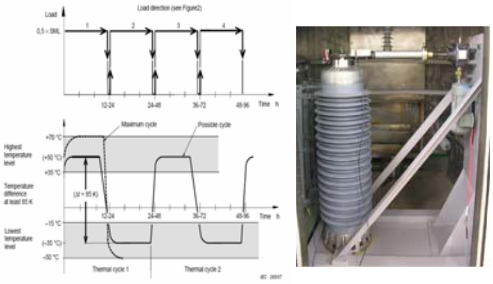

그림 1. Thermal-mechanical 시험

2.2 열-기계적 시험

표 1은 열-기계적 시험 전·후의 힘 및 변위 특성을 나타낸 것으로 당길 때(pulling)인 180°, 90° 하중인가에서 볼 때 시료 1의 경우 최대 처짐량이 19.7~18.6 mm를 나타낸 반면 시료 2의 경우 16.9 mm, 16.6 mm로 부싱의 처짐량이 적은 것을 알 수 있다. 또한 잔류변위에서도 시료 2의 경우 3.4~3.7 mm 범위로 튜브의 변형이 적으며 우수한 특성을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 한편 밀 때(pushing)의 경우인 0°, 270°의 하중인가 시 시료 1의 경우 18.1 mm, 19.3 mm로써 시료 2의 16.5~16.9 mm보다 높은 처짐량을 나타내었으며 잔류 변위량에서도 4.7~5.1 mm로 큰 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 단일 와인딩 각으로 제작된 부싱의 경우 우수한 내압특성에 비해 기계적 강도는 감소되며 복합 와인딩 각을 가질 경우 효과적인 내압 및 굽힘특성을 가진 부싱을 제조할 수 있을 것으로 판단된다. 한편 본 시험에 따른 내부 가스의 누설량을 확인한 결과 초기 716 kPa에 비해 시험이 끝난 후의 압력은 719 kPa으로 다소 증가하였는데 이는 시험이 진행될 동안의 내부 온도 및 습도변화에 의한 것으로 일반적인 오차범위인 10 kPa 범위내에 있으므로 내부 절연가스의 누설은 없는 것으로 확인되었다. 자세한 열-기계적 시험에 따른 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. Thermal-mechanical 시험결과

Sample	와인eld	Cycles	변형량		가스 누설량	
			Max.	Residual	kPa	
			mm	mm	초기값	시험 후
시료 1	단일	0°	18.1	4.7	716	718
		180°	19.7	5.8	718	718
		270°	19.3	5.1	718	718
		90°	18.6	4.9	718	718
시료 2	복합	0°	16.5	3.4	716	716
		180°	16.9	3.4	716	717
		170°	16.9	3.1	718	719
		90°	16.6	3.7	719	719

3. 결 론

본 논문에서는 제작된 폴리머 부싱의 굽힘변형 및 기밀성능을 검토하기 위해 열-기계적 시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 확인하였다.

1) 폴리머 부싱의 열-기계적 시험을 시행한 결과 시료 2의 경우 16.5~16.9 mm의 변형량과 3.4~3.7 mm의 잔류변형으로 효과적인 굽힘변형 특성을 가지는 것으로 확인되었다.
2) 열-기계적 시험에 따른 내부가스의 누설량을 확인한 결과 초기 716 kPa에서 시험 후 719 kPa으로 기밀성능은 우수한 것으로 확인되었다.

[참 고 문 헌]

[1] R. Toshiaki, K. Tatsuro, H. Makoto and I. Tetsu, "Development of insulation technology in compact SF_6 gas-filled bushings", JEET Extended summary, Vol. 128-B, No. 3, pp. 586~592, 2008.
[2] "Composite insulators-hollow insulators for use in outdoor and indoor electrical equipment-definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendation", *Technical Report* IEC 61462, 2006.