38kV VCB 부싱의 도체 및 쉴드링 변경에 따른 부분방전현상 개선

차영광, 박수민, 강무성
(주)비츠로머티리얼

Improvement of the Partial Discharges Phenomenon according to change of Conductor and Shield ring on the 38kV VCB Bushing

Young-Kwang Cha, Soo-Min Park, Moo-Sung Kang
VITZROMATERIAL.co.ltd

Abstract - 본 연구는 38kV급 VCB의 외함에 체결된 부싱의 부분방전 발생 문제를 해결하기 위하여 부싱의 형상에 따른 부분방전 현상을 분석하였다. 부싱에 발생하는 부분방전의 패턴을 분석한 결과 도체나 외함 끝단 등 날카로운 부위에서 발생할 수 있는 코로나 방전 형태로 나타났다. 이를 해결하기 위해 도체와 쉴드링의 형상을 변수로 두고 실험을 진행하였으며 시작품 제작 전 비용과 시간을 최소화하기 위해 Maxwell 2D 프로그램으로 전계해석을 선진행한 뒤 설계에 반영하여 실험하였다. 실험 결과 쉴드링의 크기나 형상보다는 고전압부와의 거리가 부분방전의 크기에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었고, 도체의 두께를 변화시켰을 때의 부분방전 및 전계집중 변화폭이 가장 컸다.

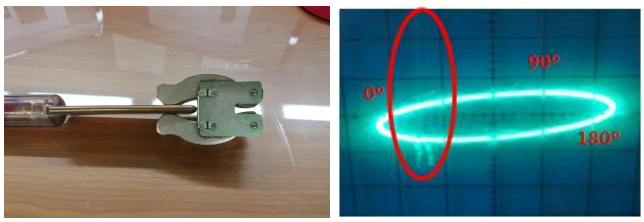
1. 서 론

전력수요가 증가하고 전력설비가 대용량 및 초고압화 됨에 따라 전기안전 문제가 매년 화두가 되고 있다. 따라서 전력사고를 미연에 방지할 수 있는 차단기, 개폐기 등의 성능에 관심이 집중 될 수밖에 없는 실정이다. 이러한 전력설비에서 발생할 수 있는 사고의 원인 중 하나는 내부절연 이상으로 발생하는 것인데, 이를 사고 전에 비파괴적인 방법으로 파악할 수 있는 것이 부분방전을 조사하는 것이다. 부분 방전은 크게 절연물 내외부의 void, 도체의 날카로운 끝단, 도전성 불순물 등에 의해 나타나고 본 연구에서는 38kV급 VCB에 사용되는 부싱에서 발생한 부분방전 문제들의 원인을 파악하고 형상 변경을 통한 개선에 대하여 연구하고자 한다[1].

2. 부분방전발생 원인분석 및 전계해석

2.1 원인분석

본 연구에서 사용된 부싱은 38kV급 VCB 부싱으로 정확한 명칭은 Fuse Type Bushing이다. 본 부싱의 도체 끝단은 부스바 형태로 클립을 이용해 상대물과 체결하는데, 상대물과 클립을 체결한 상태에서 시험을 진행하였을 때에는 문제가 발생되지 않았다. 하지만 부싱 단품으로 시험을 진행하였을 때 임펄스 시험과 부분방전 시험에서 불량 판정을 받아 그 원인을 분석하였다. 그 결과 도체부 끝단이 매우 얇아 전계가 집중되고 이로 인해 코로나가 발생하여 문제가 된 것으로 결론 내었다.

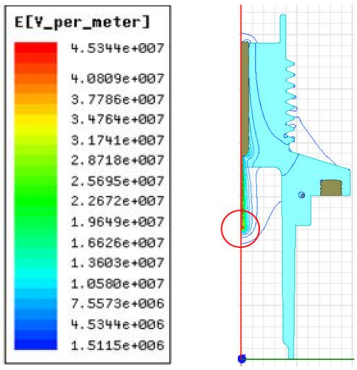


(a) (b)

<그림 1> (a) 38kV VCB FT Bushing의 도체와 상대물 연결용 클립 (b)부분방전 파형 분석 - 코로나 발생에 의한 부분방전 파형

2.2 전계해석

시료를 만들기 전에 Maxwell 2D 프로그램을 이용하여 각 시료 형상별 전계해석을 하였다. 그 결과 도체는 두꺼울수록 전계 집중이 완화되었고, 쉴드링은 링 자체의 두께 변화 및 도체와의 거리 변화 모두 전계에 영향이 없었다. 또한 전계 및 부분방전 완화용으로 삽입한 메쉬망의 경우에는 약 20%의 전계 완화 효과를 기대할 수 있었다.



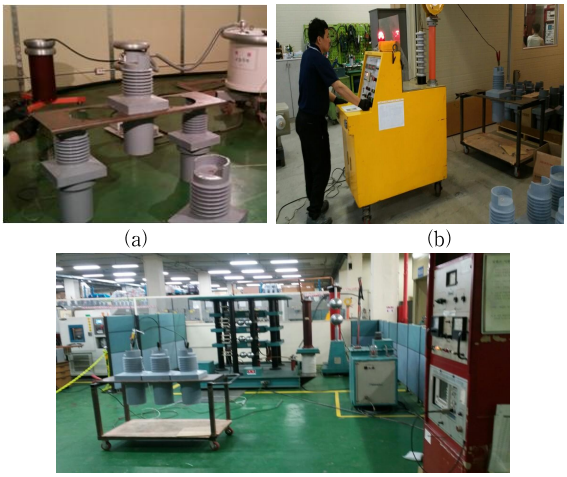
<그림 2> 전계해석 결과 - FT Bushing 기본형상

<그림 3> 전계해석 결과 - (a)도체두께, (b)쉴드링, (c)메쉬망

3. 실 험

3.1 실험장치

실험 장치는 한전표준규격에서 지정하고 있는 1000V 이상급의 부싱에 대한 규격인 IEC 60137과 부분방전 규격인 IEC 60270에 따라 상용주파 1분 내전압시험, 충격파 내전압 시험, 부분방전 시험을 진행하였다.[2, 3]



(a) (b)

(c)

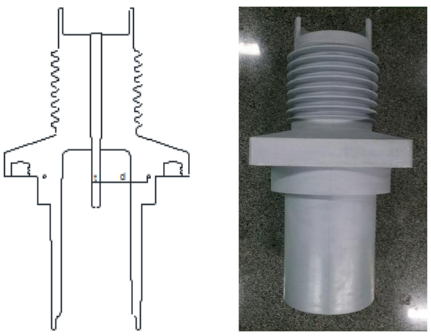
<그림 4> 실험장치 (a)부분방전실험, (b)상용주파 1분 내전압시험, (c)충격파 내전압시험

상용주파 내전압 시험은 80kV의 전압으로 1분 내전압 시험을 하였고 임펄스 시험은 170kV를 정/부 각 15회씩 인가하여 실험하였다. 또한 부분방전 시험은 IEC 60137에 의거하여 사출에 의한 폴리머 부싱에 적용되는 아래의 식을 사용하여 구한 32.9kV의 전압을 인가하여 10pC의 이하인 경우에 개시전압과 소멸전압을 측정하여 합부 판정을 하였다.

$$rated voltage \times 1.5/\sqrt{2} \quad (1)$$

3.2. 시편

도체 및 쉴드링의 형상이 부싱의 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 다음과 같은 조건으로 시편을 제작하였다.



<그림 5> 38kV VCB Fuse Type Bushing

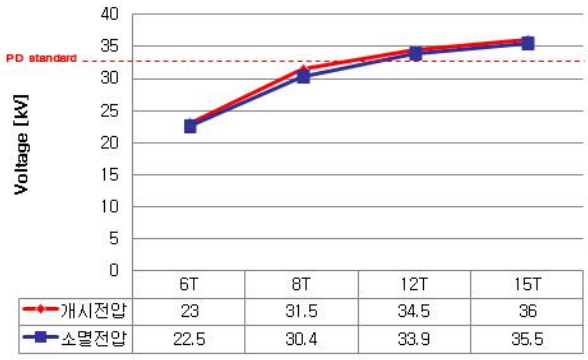
<표 1> 시편

구 분	NO.	시 편	조 건[mm]	
			도체두께(t)	도체-쉴드링 거리(d)
도체 두께 변경	1	CON1T	6	110
	2	CON2T	8	110
	3	CON3T	12	110
	4	CON4T	15	110
쉴드링 위치 변경	5	SHI1R	6	100
	6	SHI2R	6	110
	7	SHI3R	6	120
메쉬망 삽입	8	MESH	6	110

두께 6mm인 부스바 형태인 도체의 취약점을 보완하기 위해 도체의 두께를 15mm까지 늘렸고, 전계완화용 쉴드링의 형상을 변경해가며 해석과 실험을 진행하였다. 또한 타 제품에 적용중인 전계 및 부분방전 완화용 메쉬망을 삽입하여 실험하였다.

3.3 실험결과

실험 결과 총 8종의 시료가 상용주파 내전압 시험에서 이상이 없었다. 충격파 내전압 시험에서는 CON1T, SHI1R, SHI2R, SHI3R, MESH의 시료가 부극성인 경우에만 170kV 이하에서 섬락이 되었다.



<그림 6> 도체 두께 변화에 따른 부분방전전압

부분방전 실험은 소멸전압을 기준으로 하였을 때 CON3T, CON4T의 시료만 32.9kV 전압 인가시 1pC 이하로 측정이 되었다.

<표 2> 실험 결과 - 합부판정

NO.	시 편	합/부 판정		
		AC 내전압	임펄스	부분방전
1	CON1T	합	부	부
2	CON2T	합	합	부
3	CON3T	합	합	합
4	CON4T	합	합	합
5	SHI1R	합	부	부
6	SHI2R	합	부	부
7	SHI3R	합	합	부
8	MESH	합	부	부

4. 결 론

본 연구에서는 38kV VCB Fuse Type Bushing에서 발생한 충격파 내전압 및 부분방전 문제를 해결하고, 이런 문제에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 경우에서 실험을 진행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 부싱 도체의 두께가 두꺼워 질수록 전계 집중현상이 완화 되었다. 그 결과 충격파 내전압 시험시 절연파괴전압이 높아졌고, 또한 부분방전 개시, 소멸 전압이 높아지는 결과를 보였다.

2. 전계완화용 쉴드링을 내부에 삽입하고, 도체-쉴드링 간 거리를 변화시켜가며 실험을 진행한 결과 큰 영향은 없는 것으로 판단되었다.

3. 전계 및 부분방전 완화용 메쉬망을 부싱 내부에 삽입하여 실험한 결과 약 20%의 전계완화 효과를 보였으나 시료를 통한 실험에서는 큰 영향을 보이지 않았다.

[참 고 문 헌]

[1] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High -Voltage Equipment",Butterworths,1989.

[2] IEC, "IEC 60243 - Insulated bushings for alternating voltages above 1,000V" ED.5.0, 2003.

[3] IEC, "IEC 60270 - High-voltage test techniques - Partial discharge measurements", ED.3.0, 2000.