

발전기 고정자 권선의 가속열화 특성

김희동, 공태식, 주영호
한전 전력연구원

Characteristics of Accelerated Aging in Generator Stator Windings

Hee-dong Kim, Tae-sik Kong, Young-ho Ju
KEPCO Korea Electric Power Research Institute

Abstract : Accelerated aging tests were conducted under laboratory conditions on two generator stator bars. Electrical stress is applied in No. 1 model stator bar. Electrical and thermal stresses are applied in No. 2 model stator bar. As aging times increased from 0 to 4780h, diagnostic tests were performed on No. 1 and No. 2 model stator bars. Diagnostic tests included AC current, dissipation factor($\tan\delta$) and partial discharge magnitude. The $\Delta\tan\delta$ and ΔI of No. 1 and No. 2 model stator bars increased with increased in aging time.

Key Words : accelerated aging, generator, stator bar, aging time, diagnostic test

1. 서 론

1970년대 초반부터 시작된 비약적인 경제성장으로 전력수요가 급증함에 따라 많은 발전소가 1970~1980년대에 집중적으로 건설되어 운영되고 있다. 설계수명인 25년 이상 운전된 발전기가 점차 늘어남에 따라 노후화된 발전기에 대한 건전성 진단과 수명평가 기술이 필요하게 되었다.

발전기 고정자 권선은 장기간 운전되는 동안에 열적, 전기적, 기계적 및 환경적 영향으로 인해 절연재료 내부에 보이드(void)가 발생하여 열화가 진행하다가 최종적으로 절연파괴에 도달한다[1, 2]. 운전중인 발전기의 갑작스런 절연파괴 사고는 전력공급의 신뢰성을 저하시키고 단시간에 복구가 곤란하기 때문에 상대적으로 경제적인 손실이 매우 크게 된다. 따라서 미국, 캐나다 및 일본 등에서 발전기 고정자 권선의 절연열화 특성을 분석하기 위해 열적, 전기적 및 기계적 가속열화를 수행하여 건전성 진단과 수명평가에 활용하고 있다[3~5].

본 연구에서는 발전기 고정자 모델 권선(22kV, 500MW)을 실험실에서 열적 및 전기적으로 가속열화를 시켜 열화시간에 따른 교류전류, 유전정점 및 부분방전 크기 등을 분석하였다.

2. 모델권선 제작 및 가속열화 시스템 구축

발전기 고정자 권선 절연열화 평가를 위한 실험실적 가속열화 시험에 사용할 화력용 발전기 모델 권선은 22kV, 500MW급으로 제작하였다. 절연등급이 B종이며, 직접 액체냉각(direct liquid cooled) 방식의 권선이고 소선절연, 턴절연 및 주절연 등으로 구성되어 있다. 발전기 모델 권선에 사용된 소선의 단면은 4.27×7.14 mm이고, 배열된 권선 도체부의 단면형상은 30.7×54.1 mm이다.

발전기 고정자 모델 권선의 가속열화를 위해 전기적

및 열적 열화 시험장치로 분류할 수 있다. No. 1과 No. 2 모델 권선의 전기적 열화는 기본적으로 발전기 운전전압인 상전압(12.7kV)의 1.73배인 정격전압(22kV)까지 과전압을 인가하였다. No. 1의 열적 열화 시험장치는 고정자 모델 권선에 흘려주는 냉각수 온도를 65℃로 가열하여 순환시켰다. No. 2는 모델 권선 내부의 냉각수 온도를 65℃로 조정하고 4곳에 히터를 설치하여 110℃가 유지되도록 시험장치를 제작하였다. 따라서 발전기 고정자 모델 권선 No. 2는 전기적 및 열적 열화를 동시에 제공하면서 가속열화를 수행하였다.

3. 실험

발전기 고정자 모델 권선에서 교류전류와 유전정점 시험을 위해 셰링브리지(schering bridge, Tettex Instruments)를 사용하였다. 셰링브리지는 전원장치(HV supply, Type 5283), 브리지(bridge, Type 2818) 및 공진 인덕터(resonating inductor, Type 5285)로 구성되었다. 발전기 고정자 모델 권선에 셰링브리지를 연결하여 전원장치에서 교류전압을 인가하면서 교류전류와 유전정점을 측정하였다. 그리고 발전기 고정자 모델 권선에 전원장치를 연결하여 교류전압을 인가하면서 커플링 캐패시터(Tettex Instruments, 400pF)를 통해 유입된 신호를 커플링 유니트(coupling unit, Tettex Instruments, AKV 572)에 보내어 증폭한 후에 디지털 부분방전 측정기(Tettex Instruments, TE 571)에서 방전크기를 측정하였다.

4. 결과 및 검토

표 1은 발전기 모델 권선 No. 1과 No. 2에서 가속열화 시간이 증가함에 따라 $\Delta\tan\delta$, ΔI 및 상전압(12.7kV)에서 부분방전 크기를 측정하여 나타내었다. 가속열화 시간이 증가함에 따라 $\Delta\tan\delta$ 와 ΔI 는 미세하게 증가하고 있으나 부분방전 크기는 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 부분

방전 크기는 측정할 때 마다 외부 노이즈 변화에 따라 약간씩 변할 수 있다. 가속열화를 시작하여 4780시간이 지났지만 발전기 모델 권선이 초기열화 상태의 진행 정도를 나타내고 있다.

표 1. 발전기 모델 권선 No. 1과 No. 2의 절연특성.

가속열화 시간[h]	$\Delta \tan \delta$ [%]		ΔI [%]		부분방전 크기[nC]	
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
0	1.02	1.34	1.33	2.53	3.2	4.1
550	1.46	1.12	2.45	1.90	2.7	3.6
2070	1.67	1.58	3.05	2.33	3.8	4.0
4780	1.65	1.84	3.76	2.64	2.5	3.1

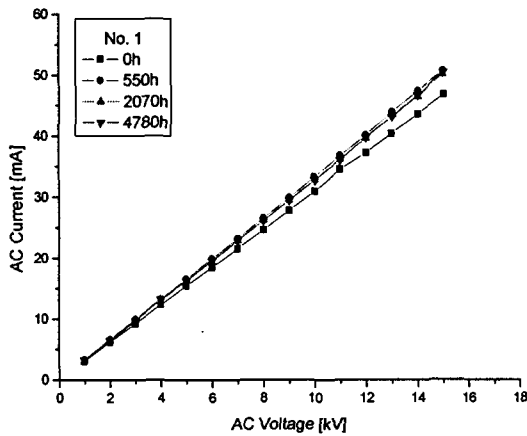


그림 1. 모델 권선 No. 1의 교류전류-전압 특성.

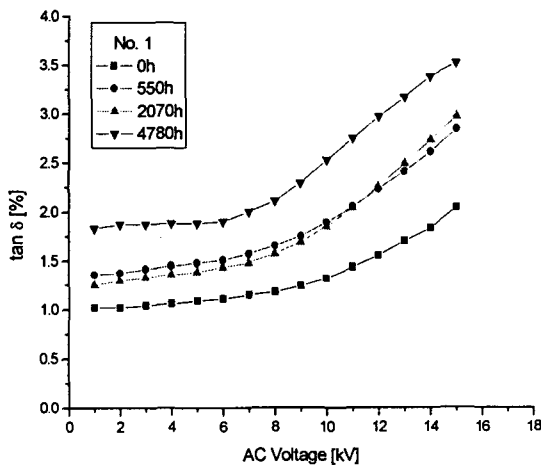


그림 2. 모델 권선 No. 1의 tanδ-전압 특성.

그림 1과 그림 2는 모델 권선 No. 1에서 가속열화 시간이 증가함에 따라 교류전류와 유전정접의 변화를 나타

내었다. 교류전류는 초기 데이터(0h)에 비해 가속열화가 진행됨에 따라 미세하게 변하고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 가속열화 시간이 증가함에 따라 유전정접의 변화는 크게 나타났으며, 초기 데이터에 비해 4780h 동안 가속열화가 진행한 후에 약 2배 정도로 증가하였다. 유전정접의 증가점도 0h에서는 8kV로 나타났으나 4780h에서는 6kV 정도로 낮게 측정되었다.

그림 3은 모델 권선 No. 2에서 가속열화 시간이 증가함에 따라 유전정접의 변화를 나타내었다. 가속열화 시간이 증가함에 따라 유전정접값이 2070h까지는 낮아지다가 4780h에서는 2070h에 비해 다시 증가하고 있다. 유전정접의 증가점도 0h와 550h에서는 9kV로 나타났으나 4780h에서는 7kV 정도로 낮게 측정되었다.

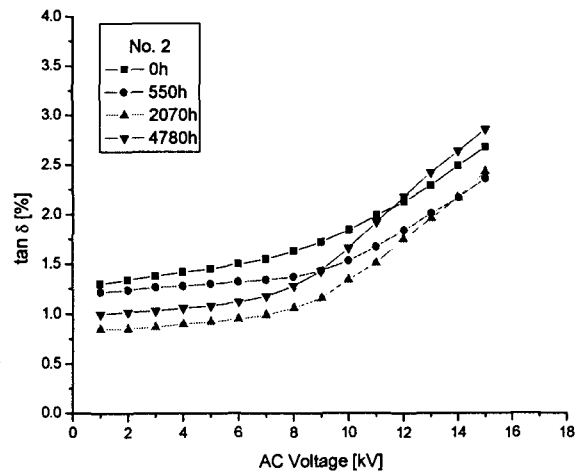


그림 3. 모델 권선 No. 2의 tanδ-전압 특성.

5. 결론

발전기 모델 권선 No. 1과 No. 2에서 가속열화 시간이 증가함에 따라 $\Delta \tan \delta$ 와 ΔI 는 미세하게 증가하고 있으나 상 전압(12.7kV)에서 부분방전 크기는 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 그리고 유전정접을 분석한 결과 가속열화를 시작하여 4780시간이 지남에 따라 발전기 모델 권선에서 서서히 열화가 진행되고 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 김희동, 전기전자재료학회논문지 Vol. 15, No. 2, p. 119, 2002.
- [2] 김희동, 전기학회논문지 Vol. 53C, No. 6, p. 324, 2004.
- [3] R. Morin, R. Bartnikas and P. Menard, IEEE Trans. on EC Vol. 15, No. 2, p. 149, 2000.
- [4] Y. J. Kim and J. K. Nelson, IEEE Trans. on EI Vol. 27, No. 5, p. 1026, 1992.
- [5] K. Kimura and Y. Kaneda, IEEE Trans. on DEI Vol. 2, No. 3, p. 426, 1995.