

발전기 고정자권선의 히트사이클에 의한 열화특성에 관한 연구

김회곤*, 김택수*, 박명수*, 박찬호*, 송우창**, 박용관**
 * 한전전력연구원 전력연구실, **성균관대학교 전기공학과

A Study of The Deterioration Characteristics due to Heat Cycle of Generator Stator Windings

H.G. Kim*, T.S. Kim*, M.S. Park*, C.H. Park*, U.C. Song**, Y.G. Park**
 *KEPRI, **SKK Univ.

Abstract : Many generating stations in Korea are 25 years or more old, and are nearing the end of their planned life. Financial conditions and Site, Environment problems have made approval for construction of new stations increasingly difficult, and extending the life of an existing older plant may be a palatable alternative. Therefore, To determine whether generator rewinds are necessary to achieve an extended life, and Methods are required to estimate the probable remaining life of existing winding. here, We are going to estimate insulation condition through Nondestructive diagnostic test and Aging history tests of generator Stator winding and winding conditions through deterioration characteristics due to Heat cycle.

1. 서론

우리나라는 고도의 경제성장과 정보통신산업의 발달로 양질의 전력공급을 요구하고 있으며 새로운 신에너지 개발에 약차를 가지고 있는 실정이지만 기존의 발, 변전소 및 수변전 설비의 노후화가 진행되고 있어 예기치 못한 발전정지와 사고로 인하여 전력공급에 상당한 어려움이 있어 왔다. 그러므로 사고의 미연방지, 기기의 효율적인 운용등의 점에서 전력설비의 절연열화 및 이상진단기술을 확보해야 할 뿐아니라 더 높은 고도화가 요망된다. 최근에는 설비를 정지시키지 않고 운전중에 기기의 절연열화와 이상을 검출하는 기술의 개발도 행하여지고 있고 일부의 기술은 보전업무에 유용하게 사용되고 있기도 하지만 광고조파 계측, 열화성물 분석기술, 노이즈 대책등의 기술미비로 정지중 진단이 주로 이용되고 있는 실정이다.

우리나라는 60~70년에 걸친 고도의 경제성장기에 설치된 많은 전력설비가 20~30년의 사용기간을 경과하고 노후화 되어 있어 설비의 효율적인 운용계획과 경제성을 고려한 교체를 위하여 사용설비의 수명을 합리적으로 판정하고 이러한 신뢰성있는 판정기준에 의해 수명을 예측하는 기술이 매우 요구되고 있고 발전소의 핵심 기기인 노후화된 대형발전기의 수명연장을 위해서 발전기 고정자권선의 절연열화를 평가하는 기술이 중요성을 더하여 가고 있다. 현재의 발전기 열화진단은 일본의 수명예측기법을 이용하여 진단을 하고 있는 실정이며 우리나라의 독자적인 기술은 연구 중에 있다.

본 연구에서는 현재 가동중인 발전기의 정지중진단법에 의해서 전존수명과 관계가 있는 파라메타들에 의해 전존파괴전압을 구하고 각각의 파라메타와 운전년수, 또 기동횟수와 대비하여 히트사

이클열화가 발전기의 수명에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하고 각 파라메타에 의해서 구해진 전존파괴전압과 히트사이클열화의 상관관계를 밝히는 것을 목적으로 한다.

2. 측정 및 실험

절연의 주된 열화요인으로서 전기적열화, 열적열화, 히트사이클에 의한 열화등이 있고 그것의 열화요인은 기동횟수(히트사이클인화) 및 운전시간(전기적열화 및 열적열화)에 관계하며 결국 결연의 복합열화는 운전이력에 관계하는 것이 된다. 이를 위하여 운전이력에 의하여 전존파괴전압을 구하고 표2-1과 같이 각 발전기 고정자권선에 대한 전존파괴전압을 구하기 위하여 각 발전기의 지금까지의 기동정지횟수와 총운전년수를 구하여 전존파괴전압을 구하였으며 이와같은 운전이력에 의한 전존파괴전압은 고정자권선재료의 평균적인 열화값이기 때문에 이를 보충하기 위하여 다양한 열화특성값 즉 절연저항시험, 직류전류시험, 교류전류시험, 유전정접시험, 부분방전시험등을 행하였으며 각종 절연저항시험과 직류전류시험은 권선재료 표면의 윤습상태와 도전성 불순물의 생성 및 오손, 절연물의 결합등 절연체의 상태를 판정하기 위하여 측정하였으며 교류전류시험, 유전정접시험, 부분방전시험 등을 통하여 전존파괴전압을 구하고 이 열화특성값과 기동횟수, 운전년수와의 관계에 의하여 히트사이클에 의한 열화가 권선의 수명에 어떠한 영향을 미치는지를 알아 보았다.

표 2-1 발전기 고정자권선의 운전이력 및 사양

발전기	용량 MVA	정격전 압(kV)	운전 시간	기동 횟수	절연 등급	냉각방 법	회전수 rpm
A	764	22	71273	51	B	수냉차	1800
B	700	22	88704	111	B	수냉차	1800
E	235	20	106722	366	B	수소 냉차	3600
F	69	13.8	38953	254	B	수소 냉차	3600
G	260	21	112049	173	B	수소 냉차	3600
H	275	21	99663	321	B	수소 냉차	3600
I	88	13.8	178174	463	B	수소 냉차	3600
K	353	24	126754	339	B	수소 냉차	3600

본 시험에 쓰인 기기로서는 권선재료의 절연저항을 위한 Megger Tester(Yokokawa), 적류전류시험을 위한 Insulation Tester(Megger Series 1-5000, Megger사), 유전정접시험을 위한 Shering Bridge(Teetex사), 부분방진시험을 위한 Discharge Detector(Model5 Type700, Robinson instruments사)등을 이용하여 시험하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3-1 절연열화 특성값과 운전이력과의 관계

고정자권선의 운전이력에 의한 절연열화의 특성을 파악하기 위해서는 다양면으로 열화상황을 조사, 판정을 행하고 수명평가 특성곡선을 구할 필요가 있으나 운전중인 발전기에서 코일을 발해하여 각종의 열화데이터를 구하고 수명평가를 하여야 하기 때문에 정기적으로 행하는 것이 곤란하다. 때문에 예방정비기간을 이용하여 열화특성값을 조사하고 잔존수명을 추정하는 것이 가장 적절하며 이를 위하여 많은 시험을 통하여 정확한 검증할 수 있어야 한다. 이러한 차원에서 본 시험은 절연열화특성값과 운전이력사이의 관계를 고찰하고 그림3-1~4에 나타내었다.

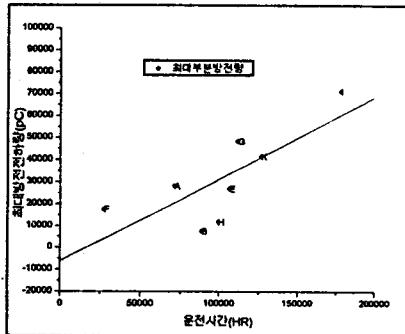


그림3-1 운전시간과 최대방전전하량과의 관계

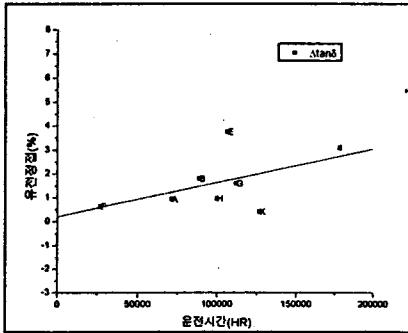


그림3-2 운전시간과 유전정접과의 관계

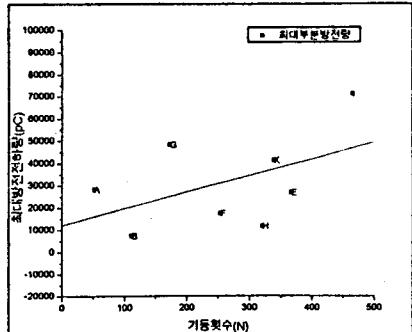


그림3-3 기동횟수와 최대방전전하량과의 관계

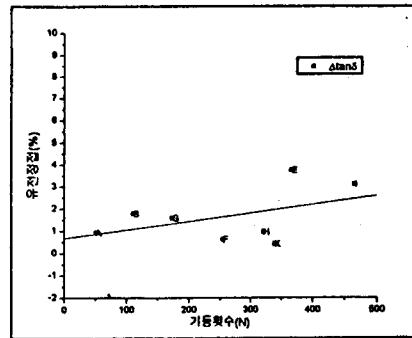


그림3-4 기동횟수와 유전정접과의 관계

위의 그림에서 알 수 있는 바와 같이 최대방전전하량과 운전시간의 관계는 운전시간에 따라 최대방전전하량이 증가함을 알 수 있고 이에 비하여 그림 3-2의 유전정접은 완만한 경사를 이루고 있음을 알 수 있다. 하지만 평균적으로 시간이 지남에 따라 권선내의 보이드가 증가함을 알 수 있다. 또한 그림3-3과 그림3-4의 기동횟수와의 비교에서도 완만하지만 평균적으로 기동횟수가 많아짐에 따라 $\Delta\tan\delta$ 와 최대부분방전량이 증가함을 알 수 있으며 이 두 가지 파라메타 $\Delta\tan\delta$ 와 최대부분방전량은 잔존파괴전압 추정시 유용한 파라메타임을 알 수 있다.

그림3-5~8은 운전이력과 열화특성값으로 부터 구한 잔존파괴전압과 운전이력과의 관계를 나타낸 것이다.

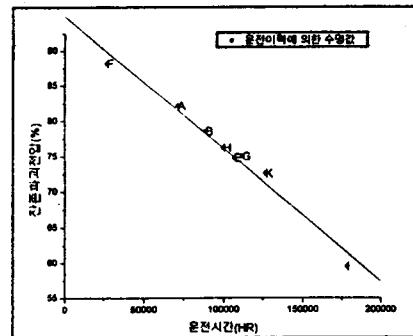


그림3-5 운전시간과 잔존파괴전압과의 관계

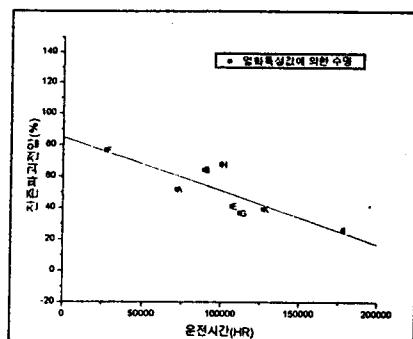


그림3-6 운전시간과 잔존파괴전압과의 관계

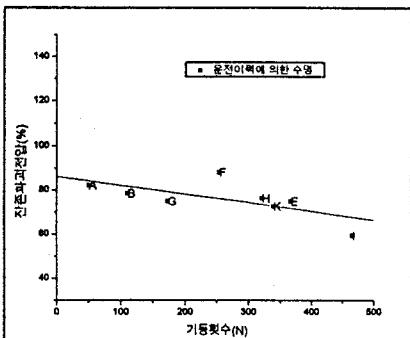


그림3-7 기동횟수와 잔존파괴전압과의 관계

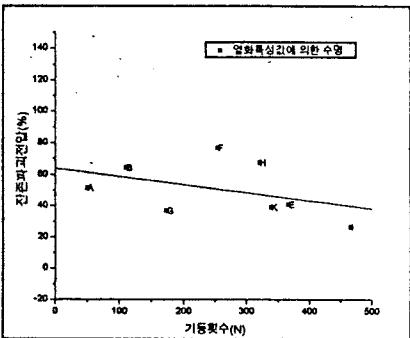


그림3-8 기동횟수와 잔존파괴전압과의 관계

위의 그림 3-5와 그림 3-7은, 운전시간, 기동횟수와 운전이력에 의한 잔존파괴전압과의 관계를 나타낸 것으로서 운전시간에 따라 절 일치함을 알 수 있고 기동횟수 즉 히트사이클열화에 의한 잔존파괴전압과의 관계곡선이 완만한 것은 히트사이클열화 이외의 전기적열화, 기계적열화, 환경적열화가 복합적으로 작용하여 잔존파괴전압을 결정하기 때문이라고 생각되며 이에 비하여 그림3-6과 그림3-8열화특성값에 의한 잔존파괴전압으로서 운전시간과 기동횟수에 의하여 잔존파괴전압이 점점 감소하고 있는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

발전기 고정자권선의 열화특성값과 운전이력특성을 이용하여 잔존파괴전압을 예측하고 운전시간과 기동정지횟수등의 히트사이클열화가 권선의 절연열화에 영향을 미치고 있음을 알 수 있고 특히 최대방전전하량이 히트사이클열화에 의하여 큰 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었고 잔존파괴전압을 감소시키는 요인이 많을 뿐만아니라 샘플링한 데이터들이 고정자권선 절연재료의 다양성과 운전시의 환경, 운전의 형식, 냉각방식등의 영향 때문에 일정한 값을 갖기 보다는 산재하여 있기때문에 일관적으로 잔존수명을 평가하는데 많은 어려움이 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- IEC : "The Multi-factor Functional Testing of Electrical Insulating Systems, Pt 1, Test Procedure", IEC 63 (Central Office) 20 (1993)
- W. Wolff, et al : ELECTRIE, Berlin, 37, 6, 306(1983)
- A. Fudakawa, et al : IEEE Trans. Elect. Insulation, EI-13 396 (1978)
- H. Mitsui, et al : ibid., EI-16, 351 (1980)

- 김희곤외 : "노후취약설비정밀진단보고서 전기설비분야" 한전전력연구원, 1994
- 三井久安 : 高壓回轉機絕緣 system의 信賴性向上에 關한 研究
- 日本電氣學會 : "電力設備의 運轉中 絶緣診斷技術"電氣學會技術報告 II部, No.402 (1992)