

고압전동기 절연진단 해석(I)

이영준, 주영호
전력연구원

Analysis of Insulation Diagnostic Test for High Voltage Motor(I)

Young-Jun Lee, Young-Ho Ju
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - The insulation diagnostic tests was performed at local thermal power plants high voltage motor. The insulation diagnostic tests include measurements of insulation resistance, polarization index, AC current, $\tan \delta$, partial discharges.

This paper describes the difference of insulation characteristics for high voltage motor makers.

1. 서 론

발전소의 주요 보조기기를 구동하는 고압전동기는 운전 특성상 높은 기동전류와 기동 토크가 요구되기 때문에 장기간 운전이나 기동정지의 반복으로 전동기 권선에 전기적, 기계적 피로에 의한 열화가 누적되어 절연파괴의 가능성이 높아진다. 특히 최근의 일일기동정지 발전소의 증가와 더불어 고압전동기의 운전여건은 더욱 악화되고 있는 실정이다. 이러한 현실에서 발전소의 중요 설비인 고압전동기의 안정 운전을 위해서는 주기적인 절연진단을 통해 절연열화의 정도를 파악함으로써 계획적인 정비계획을 수립하는 것이 중요하다.⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

현재 국내의 고압전동기의 절연진단 시험은 정지중 진단방법이 사용되고 있으며, 시험 항목으로는 절연저항 시험, 직류전류 시험, 교류전류 시험, 유전정접 시험, 부분방전 시험 등이 있다.

전력연구원 고압전동기 절연진단팀은 그동안 현장 발전소에 설치되어 운전중인 수백대에 달하는 고압전동기에 대한 절연진단 시험을 수행하여 왔으며, 그 결과 국내의 제작사별 고압전동기의 절연특성을 파악하는데 많은 도움이 되었다.

본 논문에서는 그동안 많은 절연진단 시험을 통하여 얻어진 결과중 신규 석탄화력 발전소에서 운전년수가 3~5년 경과된 115대의 고압전동기에 대한 절연 특성시험 결과로부터 국내의 각 제작사별 고압전동기 절연물의 특성을 고찰 하였다.

2. 절연진단시험

2.1 시험대상 전동기 현황

금번 논문에서는 국내 표준 석탄화력의 모델인 500(MW)급 신규 화력발전소에서 운전중인 사용년수가 유사한 전압 6.6(kV)급 고압전동기 총 115대에 대한 절연진단 시험을 시행 하였으며, 그림 1은 절연진단 시험을 시행한 전동기의 국내의 제작사별 분포를 나타내었다.

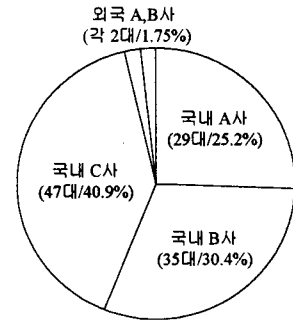


그림 1. 시험대상 전동기 현황

2.2 진단시험 항목

고압전동기 고장자 권선을 3상 일괄로하여 절연진단을 수행하였으며, 시험항목은 절연저항(Megger), 직류전류(P.I), 유전정접(Tan δ), 교류전류(AC Current), 부분방전(Partial Discharge)시험 등 비파괴 시험을 수행하였다.

2.3 시험장비

금번 고압전동기 절연진단 시험에 사용한 시험장비는 표 1과 같다.

표 1. 시험장비 현황

장비명	제작사	용도
Insulation Tester	Yokogawa (일본)	절연저항 시험
Automatic Insulation Tester	AVO International (영국)	성극지수 시험
Schering Bridge	Tettex(스위스)	교류전류, 유전정접, 부분방전 시험
PD Detector	Haefely Trench (스위스)	부분방전 시험

2.4 시험회로도

금번 고압전동기 절연진단 시험을 위한 시험 회로도는 그림 2와 3과 같으며, 그림 2는 절연저항 시험 및 직류전류 시험을 위한 회로도이며, 그림 3은 유전정접, 교류전류 및 부분방전 시험을 위한 회로도를 나타내었다.

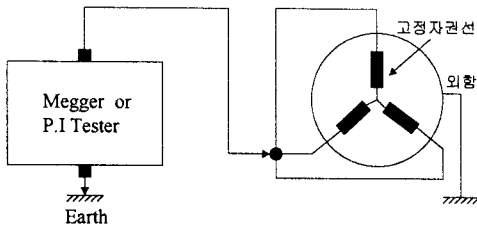


그림 2. 절연저항, 직류전류 시험 회로도

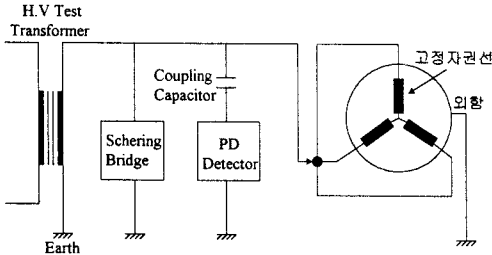


그림 3. 유전정접, 교류전류, 부분방전 시험 회로도

단자와 대지간에 정격 상전압의 125[%]에서와 25[%]에서의 $\tan \delta$ 값을 측정하여 그 차를 $\Delta \tan \delta$ 로 얻었으며 제작사별 시험결과는 표 2와 같다. 이 유전정접 시험의 양호 기준치는 $\Delta \tan \delta$ 값이 2.5[%] 이하이면 양호하다고 판단한다.

표 2에서 보는바와 같이 여러 제작사의 고압전동기 중 국내 C사의 고압전동기에서 총 47대중 45대가 불량한 결과가 나와 95.8[%]의 불량율을 나타냈으며, 이는 사용수명 경과에 의한 열화로 나타나는 현상이 아니라 고압전동기의 고정자 권선 제작공정과 사용하는 절연재료의 종류에 따라 나타나는 현상이라 판단된다.

표 2. 제작사별 유전정접 시험결과

제작사	시험대수	불량대수	불량율[%]
국내 A사	29	0	0
국내 B사	35	0	0
국내 C사	47	45	95.7
외국 A사	2	0	0
외국 B사	2	0	0

3. 시험결과 및 분석

3.1 절연저항 시험

절연저항 시험은 절연물의 흡습이나 오손상태를 파악할 수 있으며, 운전 개시전이나 운전중에 필요한 절연저항을 가지고 있는가의 여부, 운전에 따른 절연저항 저하의 정도를 점검하고 절연열화 시험시 사용되는 고전압을 인가해도 충분한가를 점검하기 위해서 실시하는 시험이다.

본 시험에서는 고정자 권선을 3상 일괄로하여 대지간에 1,000[V] Megger로 전압을 인가하여 1분 후의 절연저항 값을 측정하고 결과 고압전동기 115대 모두 양호 기준치인 $2E+1[M\Omega]$ 이상의 값이 측정되어 흡습이나 오손상태가 없는 것으로 판단되었다.

3.2 직류전류 시험

직류전류 시험은 절연물에 직류전압을 인가하였을 때 전류-시간 특성으로부터 절연물의 흡습, 도전성 불순물의 흡입, 생성, 오손과 결합 등 절연물의 상태를 판정하는 시험이다.

본 시험에서는 고정자 권선을 3상 일괄로하여 전원 단자와 대지간에 직류 5,000[V]를 인가하여 성극지수를 측정하였고, 그 결과 모든 고압전동기가 양호 기준치인 1.5이상의 값이 측정되어 고정자 권선 절연물의 건조상태가 양호하며 매우 청결한 상태를 유지하고 있음을 확인 하였다.

3.3 유전정접 시험

유전체 절연물에 교류전압을 인가하면 일반적으로 누설전류, 유전분극, 부분방전 등에 의한 유전손이라는 에너지 손실이 발생하고 이를 나타내는 척도로 $\tan \delta$ 를 사용한다. 이것을 유전정접이라 부르고 이와 같이 절연물에 교류전압을 인가하여 측정되는 $\tan \delta$ 로부터 흡습, 오손, 미소공극 유무 등의 절연상태 및 열화정도를 파악한다.

본 시험에서는 고정자 권선을 3상 일괄로하여 전원

3.4 교류전류 시험

교류전류 시험은 절연물에 교류전압을 인가하였을 경우에 흐르는 전류와 전압과의 관계, 즉 I-V 특성으로부터 절연상태를 평가하기 위한 시험이다. 교류전압을 절연물에 인가하면 전압상승에 비례하여 충전전류가 증가하며, 이때 절연층내에 결함이 존재하여 부분방전 현상이 발생하게 되면 미소공극을 단락시켜 충전전류가 급격히 증가하고 이와같은 전류 급증전압 및 전류 급증율로부터 절연물의 흡습, 열화의 정도를 알 수 있다.

본 시험에서는 고정자 권선을 3상일괄로하여 전원 단자와 대지간에 정격 상전압의 125[%]까지 교류전압을 인가하면서 교류전류의 변화상태를 측정하여 전류증가율(ΔI)를 구하였다. 통상 교류전류 시험의 양호 기준치는 ΔI 값이 5[%]이하이면 양호하다고 판단한다. 표 3은 각 제작사별 교류전류 시험결과를 나타낸 것이다.

표 3에서 볼 수 있듯이 역시 국내 C사의 고압전동기 일부에서만 불량 판정을 보이고 있다.

표 3. 제작사별 교류전류 시험결과

제작사	시험대수	불량대수	불량율[%]
국내 A사	29	0	0
국내 B사	35	0	0
국내 C사	47	5	10.6
외국 A사	2	0	0
외국 B사	2	0	0

3.5 부분방전 시험

대형 고압회전기 고정자 권선의 경우 사용시간의 증가로 인해 권선이 열화되어 절연물에 미소공극, 균열, 박리 등이 생기면 이 결합부에서 부분방전 펄스전류가 발생한다. 이 부분방전을 검출하여 전기적인 절연물의 열화상태 뿐만 아니라 과열이나 주기적 응력에 의한 권선 단말부에서의 표면방전, 췌트이완, 그리고 슬롯방전 등의 이상상태를 알 수 있다.

본 시험에서는 고정자 권선을 3상 일괄로하여 대지

간에 정격 상전압을 인가하였을 때 발생하는 부분방전 값을 측정 하였다. 측정된 부분방전 값의 양호 기준치는 정격 상전압에서 10,000[pC]이하이며, 각 제작사별 시험결과는 표 4와 같다.

표 4. 제작사별 부분방전 시험결과

제작사	시험대수	불량대수	불량율[%]
국내 A사	29	4	13.8
국내 B사	35	0	0
국내 C사	47	0	0
외국 A사	2	0	0
외국 B사	2	0	0

4. 결 론

500(MW)급 신규 석탄화력 발전소에서 운전중인 사용년수 3~5년이 경과한 고압전동기 115대에 대한 절연진단 시험을 시행하여 국내외 고압전동기 제작사별 절연특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

[1] 시험대상 전동기 115대 모두 신규 제작 설치되어 운전시간이 비교적 짧아 절연상태가 양호한 것으로 나타났다.

[2] 국내 C사에서 제작한 고압전동기의 대부분이 유전점점 시험에서 불량한 결과가 나왔으나, 이는 절연물이 열화에 의해 나타난 현상이 아니라 고정자 권선의 제작공정, 사용 절연재료의 차이 등에서 나타나는 현상이라 판단 되었다. 그러나 앞으로 완벽한 전동기 제작을 위해서는 좀더 많은 연구노력이 필요로 하는 부분이라 사료된다.

[3] 외국산 전동기의 경우 절연진단 시험을 시행한 모든항목에서 매우 양호한 결과를 보였다.

[참고문헌]

[1] A. Wilson, R.J. Jackson, "Discharge Techniques for Stator Windings", IEE Proceedings, Vol.132, Part B, No 5, pp. 234~244, 1985.

[2] G.C.Stone "Practical Techniques for Measuring PD in Operating Equipment", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol.7, No.4, pp.9~19, 1991.

[3] I.M. Culbert, H. Dhirani and G.C. Stone, "Handbook to Assess the Insulation Condition Large Rotating Machines", EPRI Publication EL-5036, Vol.16, June. 1989.