

고압전동기 고정자 권선의 절연파괴 특성

Characteristics of Insulation Failure in High Voltage Motor Stator Windings

김희동, 김경열, 박덕현*

Hee-Dong Kim, Kyeong-Yeol Kim, Deok-Hyun Park*

한전 전력연구원, *한국남동발전(주)

KEPCO Research Institute, *Korea South-East Power Co.

Abstract : Diagnostic tests were performed on six high voltage motors. These tests included ac current, dissipation factor($\tan\delta$) and partial discharge(PD) magnitude. The rewind of motor stator insulation at rated voltage is assessed by the results of these tests. After completing the diagnostic tests, the stator windings of motors were subjected to gradually increasing ac voltage, until the insulation punctured. No. 1 and No. 2 motors(4.16 kV) failed near rated voltage of 12.3 kV and 14.2 kV, respectively. The breakdown voltage of No. 3 and No. 4 motors(6.6 kV) was 17.6 kV and 17.8 kV, respectively. These motors are higher than expected for good quality coils in 6.6 kV class motors.

Key Words : high voltage motor, diagnostic test, stator winding, partial discharge, breakdown voltage

1. 서 론

장기간 운전중인 고압전동기 고정자 권선에서 열화로 인한 절연파괴 사고는 전력공급의 신뢰성을 크게 저하시키고, 단시간에 복구가 곤란할 뿐만 아니라 상대적으로 경제적인 손실이 매우 크게 된다. 주로 열적, 기계적, 전기적 및 환경적인 스트레스(stress)가 복합적으로 작용하여 절연재료 내부에서 보이드(void)와 같은 결함이 발생한다. 결함 부분에 지속적으로 여러 가지 스트레스가 부과되어 절연열화를 가속시켜 보이드 크기가 점점 더 커진다. 따라서 보이드가 커짐에 따라 부분방전 크기도 점차적으로 증가하며, 이러한 과정이 반복되면서 열화 진행이 가속되고 절연내력을 급격하게 감소하여 최종적으로 절연파괴가 일어나고 있다[1]. 고압전동기 고정자 권선에서 절연파괴가 발생하기 전에 열화상태를 평가하기 위해 주기적인 정밀점검과 절연진단 시험을 수행하고 있다. 정밀점검은 대략 3년 주기로 계획예방정비 기간 중에 실시되며, 절연진단 시험은 성극지수, 교류전류, 유전정점 및 부분방전 크기 등을 측정하여 절연열화 정도를 종합적으로 평가하고 있다[2].

본 논문에서는 15년 이상 운전된 고압전동기 6대에서 절연진단과 절연파괴 시험을 수행하였다. 고압전동기 절연특성과 절연파괴전압 사이의 상관관계를 검토하여 최종적으로 절연상태를 평가하였다.

2. 결과 및 토의

15년 이상 동안 운전된 4.16 kV 및 6.6 kV 고압전동기 고정자 권선에서 절연파괴 특성을 분석하기 위해 먼저 절연진단 시험을 마치고 파괴시험을 수행하였다. 절연진단 시험에서는 절연저항, 성극지수, 교류전류, 유전정점 및 부분방전 크기 등을 측정하였다. 절연진단 결과 요주의와 양호로 판정된 2대의 4.16 kV 고압전동기 절연파괴 전압은 각각 12.3 kV와 14.2 kV로 분석되었다. 또한, 절연상태가 양호로 판정된 2대의 6.6 kV 고압전동기 절연파괴 전압은 각각 17.6 kV와 17.8 kV로 분석되었으나, 절연열화로 인해 권선교체가 판정된 1대의 6.6 kV 고압전동기 절연파괴 전압은 8.3 kV로 측정되었다. 그리고 다른 1대의 6.6 kV 고압전동기는 교류전류와 유전정점 시험중에 6.3 kV에서 절연파괴가 발생하였다. 이 고압전동기는 절연파괴 전까지 측정된 교류전류(ΔI)와 유전정점($\Delta \tan\delta$)은 낮게 측정되었다.

간혹 절연진단 시험 중에 절연파괴 발생 사례가 1,000대중에 2~3대 정도로 나타나고 있다. 6.6 kV 고압전동기인 경우 상전압(3.81 kV)의 1.25배인 4.76 kV와 정격전압 6.6 kV 사이에서 주로 발생하였다. 슬롯 내부에서 고정자 권선이 미세하게 움직이면서 철심에 의해 주절연율 표면에서 마모가 시작되어 절연 두께가 얇아져서 최종적으로 정격전압 이하에서 절연파괴가 발생한 것으로 사료된다. 절연 두께가 얇아진 주절연율에서 측정된 진단 데이터는 양호하게 분석되지만 어느 전압 이상이 되면 절연내력을 견디지 못하고 갑자기 절연파괴가 발생할 수 있다. 고압전동기 운전에 필요한 최소의 절연내력은 $2E+1$ kV 이상이 되어야 한다. 그러나 이와 같이 정격전압 이하에서 절연파괴가 발생한 것은 내재된 결함을 사전에 찾아낸 것으로 분석되기 때문에 절연진단의 신뢰성을 그만큼 향상시켰다고 생각할 수 있다. 고압전동기 정격전압까지 인가하는 절연진단 시험 자체가 과전압을 인가한 것도 아니며, 절연파괴에 영향을 미치는 다른 요소는 더더욱 존재하지 않는다. 오히려 절연진단 장비도 자체를 보호하기 위해 고압전동기 내부에서 이상현상이 발생하면 인가전압이 자동적으로 차단되는 기능을 갖고 있다. 그리고 정격전압 인가 전에 절연파괴가 발생한 경우 인덕터가 공진을 일으키면서 자동적으로 인가전압이 차단되는 경우를 경험할 수 있다.

참고문헌

- [1] I. M Culbert, H. Dhirani, and G. C. Stone, "Handbook to Assess the Insulation Condition of Large Rotating Machines", EPRI, EL-5036, Vol. 16, pp. 3-25~3-28, 5-13~5-14, 1989.
- [2] 김희동, 김병한, "6.6kV급 고압전동기 고정자 권선의 절연열화 평가", 전기전자재료학회논문지, Vol. 19, No.11, pp. 1067~1071, 2006.

† 교신저자) 김희동, e-mail: hdkim@kepri.re.kr, Tel: 042-865-7571

주소: 305-760 대전광역시 유성구 문지로 65 한전 전력연구원 엔지니어링센터