

## 고압전동기 절연진단 결과 추이관리의 문제점 분석

**이영준**, 주영호  
한국전력공사 전력연구원

### Analytic Issues for Trend Management on Insulation Diagnostic for High Voltage Motors

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

**Abstract** - High voltage motors are the core equipment of electric generation facilities and need to guarantee stable operation. Therefore, keeping healthy state is of importance by means of insulation diagnosis periodically. However, if the diagnosis went through in the different circumstances such as temperature, humidity, and impedance applied to the test equipment, the trend analysis have no significance.

This paper presents the experimental results supporting the importance of keeping the same conditions under insulation diagnosis.

### 1. 서 론

발전소의 핵심 전기설비인 고압전동기는 운전 특성상 높은 기동전류와 기동 토크가 요구되기 때문에 장기간 운전이나 기동 정지의 반복으로 전동기 권선에 전기적, 기계적 피로에 의한 열화가 누적되어 절연파괴의 가능성이 높아진다. 특히 최근의 일일 기동정지 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.<sup>[1][2][3]</sup>

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 수천대에 달하는 고압전동기에 대한 절연진단 시험을 수행하여 왔으며, 그 결과 국내의 제작사별, 사용환경별 고압전동기의 절연특성을 파악하는데 많은 도움이 되었다.

현재 국내 발전소의 경우 각 고압전동기의 절연상태 유지관리를 위해 제작번호(Serion Number)에 따라 절연진단 결과를 추적, 관리하고 있다. 그러나 현장여건의 변화, 즉, 측정시의 온, 습도 변화, 전동기 고정자권선의 오염여부, 건조여부, 그리고 전동기 단독, 또는 케이블 결선상태에서의 시험 등 여러 가지 변수에 의해 절연진단 시험결과가 매우 상이하게 나타나고 있는 실정이다. 본 논문에서는 각 발전소 현장에서 고압전동기 유지관리를 위해 주기적으로 시행하고 있는 절연진단시험 결과를 토대로 절연상태의 추이(Trend)관리를 하는데 있어서의 문제점을 분석하여 보았다.

### 2. 절연진단시험

#### 2.1 진단시험 항목

화력 및 원자력발전소에서 운전중인 고압전동기 3대의 고정자 권선을 3상 일괄로 하여 절연진단시험을 수행하였으며, 절연진단 시험항목으로는 절연저항(Megger), 직류전류(P.I), 유전정접(Tan δ), 교류전류(AC Current)m 및 부분방전(Partial Discharge)시험 등 비파괴 시험을 수행하였으며, 절연진단을 위해 고정자권선에 인가하는 전압은 정격전압까지 인가하면서 절연특성값을 측정하였다.

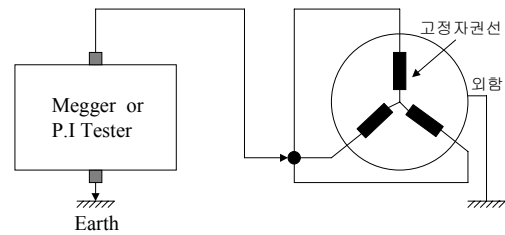
#### 2.2 시험장비

급번 절연진단시험을 위해 사용한 계측기는 표 1과 같이 국제적으로 공인되고 널리 사용되고 있는 신뢰성 있는 계측기를 사용하였으며, 그림 1은 절연저항 및 직류전류시험을 위한 회로도이며, 그림 2는 교류전류, 유전정접 및 부분방전 측정을 위한 시

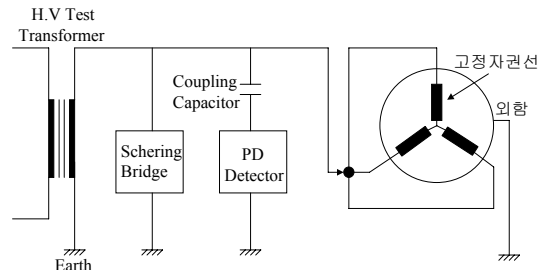
험회로도 나타내었다.

**<표 1> 시험장비 현황**

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



**<그림 1> 절연저항, 직류전류시험 회로도**



**<그림 2> 유전정접, 교류전류, 부분방전시험 회로도**

### 3. 시험결과 및 분석

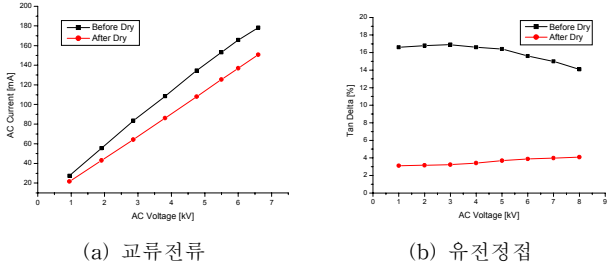
화력 및 원자력발전소에서 운전중인 6.6kV 및 4.16kV급 고압전동기 3대에 대하여 각 현장 상황별로 절연진단시험을 수행하였고 고정자권선의 절연열화 정도를 파악하는 시험인 절연저항, 성극지수, 유전정접, 교류전류 및 부분방전 시험결과를 비교, 분석하여 고압전동기 절연진단시험 결과의 추이관리상 문제점을 확인하였다.

#### 3.1 건조 전, 후 시험결과

00복합 6.6kV급 BFP(Boiler Feed Water Pump) 전동기의 경우 계획예방정비공사기간중 정비차 고정자권선 내부를 세척제를 사용하여 세척하고 충분한 건조를 시행하지 않은 흡습상태에서 절연진단 시험을 수행하였으며, 절연진단결과가 불량하여 24시간 열풍기를 사용하여 고정자권선을 충분히 건조시킨 후 절연진단을 제시행 하였다. 그결과 표 2와 같으며, 그림 3(a), (b)는 교류전류 및 유전정접 시험결과에 큰 차이가 있음을 나타내는 그래프이다.

**<표 2> 습분제거 전, 후의 절연진단 시험결과**

시험항목	절연저항 (MΩ)	성극지수	교류전류 (%)	유전정접 (%)	부분방전 (pC)
건조 전	2,630	1.62	-6.35	-2.70	1,800
건조 후	4,740	4.04	1.32	0.92	1,100



**<그림 3> 건조 전, 후 교류전류 및 유전정접 시험결과**

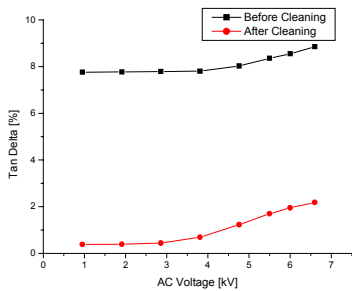
그림 표 2와 그림 3(a)에서 보는바와 같이 인가전압을 높여감에 따라 건조 전의 누설전류 증가율은 비정상적으로 감소하는 경향을 보였으며, 건조 후에 재측정값은 정상적으로 증가하는 형태를 나타내었다. 그림 3(b)의 유전정접 시험결과에서도 유전정접값이 건조 전에는 비정상적으로 감소하고, 그 값도 매우 컸으나, 건조 후에 재측정한 결과 매우 정상적인 값으로 복귀 되었음을 알 수 있었다. 이는 습분의 영향으로 고정자권선 내부 및 외부를 통해 흐르는 누설전류값 증가에 따라 나타나는 현상임을 알 수 있었다.

**3.2 염분 및 오염물질 제거 전, 후 시험결과**

00화력 6.6kV급 CWP(Circulating Water Pump) 전동기의 경우 1차 절연진단 시험시 유전정접 초기치가 7% 이상으로 높게 나타나 전동기 분해 후 내부점접 및 고정자권선 표면의 염분과 오염 물질을 제거하고 충분히 건조시킨 후 절연진단을 재시행 하였다. 유전정접 시험결과는 표 3과 같으며, 그림 4는 유전정접 시험결과에 큰 차이가 있음을 나타내는 그래프이다.

**<표 3> 오염물질 제거 전, 후의 유전정접 시험결과**

시험항목 (tanδ)	인가전압 [kV]							
	0.95	1.91	2.86	3.81	4.76	5.5	6.0	6.6
오염물질 제거 전	7.76	7.77	7.79	7.81	8.03	8.36	8.55	8.85
오염물질 제거 후	0.38	0.39	0.44	0.69	1.23	1.70	1.95	2.18



**<그림 4> 오염물질 제거 전, 후 유전정접 시험결과**

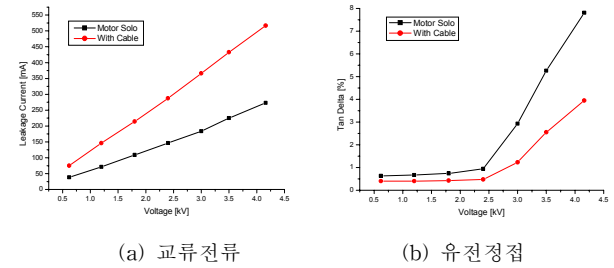
표 3과 그림 4에서 보는바와 같이 전동기 고정자 표면의 오염 물질과 염분 등을 제거 전에 측정한 유전정접값은 초기치가 7.76%로 매우 높게 나타났으며, 정격전압인 6.6kV에서는 8.85%를 나타내었다. 그러나 전동기를 분해하여 고정자 표면을 청소하고 세척, 건조한 후 측정한 유전정접값은 초기치가 0.38%로 매우 낮게 나타났고, 6.6kV에서도 2.18%로 매우 양호한 결과를 나타내었다. 이는 고정자 표면의 오염물질, 즉, 베어링오일, 먼지, 이물질 그리고 염분 등이 존재하는 경우 이러한 성분들이 고정자 표면을 통해 누설전류의 흐름을 원활하게 하는 도전성 역할을 하고 있음을 알 수 있었다.

**3.3 전동기 단독 및 케이블 결선상태의 시험결과**

00원자력 4.16kV급 CEP(Condensor Extraction Pump) 전동기의 경우 케이블이 결선된 상태로 차단기반에서 1차로 절연진단 시험을 수행하고, 케이블을 제거한 후 현장에서 2차 시험을 수행하였다. 그결과 표 4와 같으며, 그림 5(a), (b)는 교류전류 및 유전정접 시험결과와 큰 차이를 나타내는 그래프이다.

**<표 4> 전동기 단독 및 케이블 결선상태의 절연진단 시험결과**

시험항목	절연저항 (MΩ)	성극지수	교류전류 (%)	유전정접 (%)	부분방전 (pC)
전동기 단독	12,900	6.96	7.18	8.37	2,600
케이블 결선	10,700	6.41	3.40	3.70	1,100



**<그림 5> 전동기 단독 및 케이블 결선상태의 교류전류 시험결과**

표 4 및 그림5(a), (b)에서 보는바와 같이 전동기 단독시험시의 결과값이 케이블 결선상태에서의 결과값에 비해 모든 절연진단 시험항목에서 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 일반적으로 케이블에 특별한 결함이 없는 경우 케이블의 절연특성값은 전동기에 비해 매우 좋은 절연특성을 나타내기 때문에 케이블 결선상태로 절연진단시험을 수행하면 전동기의 절연특성값이 나쁘더라도 케이블의 좋은 절연특성값이 서로 상쇄시켜 정확한 전동기 자체의 절연특성을 알 수 없다.

**4. 결 론**

각 발전소 현장에서 운전중에 있는 고압전동기 3대에 대하여 발전소 현장상황, 시험조건 등 세가지 유형 변화에 따른 절연진단 시험을 통해 얻어진 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

[1] 상기 세가지 유형의 고압전동기 절연진단시험 결과로부터 고압전동기 고정자권선이 흡습 또는 세척 후 충분히 건조가 안된 경우, 또한 고정자 표면에 존재하는 오염물질, 염분 등 이물질이 존재할 경우 절연특성값이 매우 나쁘게 나타났으며, 반대로 케이블 결선상태에서의 시험시 전동기 단독 시험시보다 양호한 결과가 나타남을 알 수 있었다.

[2] 고압전동기 절연진단 시험시 발전소 현장여건, 고압전동기의 상태 등에 따라 절연특성값이 매우 상이하게 나타남으로서, 약 3~5년 주기로 시행하고 있는 절연특성시험은 사실상 과거의 데이터와 연관된 추이관리가 매우 어렵다는 것을 알 수 있으며, 절연특성시험을 통해 고압전동기의 현상태를 파악하여 사전 조치를 취할 수 있다는 것에 그 의미가 있다고 사료된다.

**[참 고 문 헌]**

[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.