

6.6 kV 전동기 고정자 권선의 절연진단과 절연내력 평가

Estimation of Insulation Diagnosis and Dielectric Strength in 6.6 kV Motor Stator Windings

김희동[†] · 공태식^{*}
 (Hee-Dong Kim · Tae-Sik Kong)

Abstract - To assess the deterioration condition of stator insulation, diagnostic and AC dielectric strength tests were performed on five high voltage (HV) motors (2,000 HP, 6.6 kV) for boiler feed-water pump (BFP). Two HV motors for BFP were installed per unit. Following the long term rewinding program, the diagnostic test was performed on five 6.6 kV motors during the planning maintenance period. After completing diagnostic test, AC dielectric strength test was done on the stator windings of HV motors. The AC dielectric strength test was conducted at 15 kV for one minute. Dielectric strength test and diagnostics test results confirmed that the stator insulation was judged to be in serviceable condition in the five 6.6 kV motors.

Key Words : Deterioration condition, Stator insulation, HV motor, BFP, Diagnostic test, Dielectric strength test, Serviceable condition

1. 서론

20년 이상 장기간 운전중인 고압전동기 고정자 권선은 여러 가지 결함 발생으로 인해 절연파괴 사고 위험이 높아지고 있다. 고압전동기 고정자 권선 절연재료 내부의 공극(void) 생성, 빈번한 기동정지와 진동으로 인한 고정자 권선 표면의 반도체층 제거, 단말권선(endwinding) 표면에서 도전성 먼지로 인한 트래킹(tracking) 발생, 상간(phase-to-phase) 권선이 충분한 공간을 확보하지 못해 부분방전에 의한 손상 및 갑작스러운 소선단락 등과 같은 결함들이 나타나게 된다. 이러한 결함을 갖고 있는 권선에 열적, 기계적 및 화학적인 스트레스(stress)가 반복되면서 열화가 가속됨에 따라 절연내력이 급격하게 감소하여 최종적으로 절연파괴가 일어나고 있다[1].

고압전동기 고정자 권선의 절연파괴가 발생하기 전에 절연열화 정도를 사전에 예측하기 위해 절연진단 시험을 수행하고 있다. 절연진단 시험은 절연저항, 성극지수, 교류전류, 유전정접 및 부분방전 등에 의하여 절연열화 정도를 판정하고 있으며, 정격전압까지 인가하는 비파괴시험을 주로 사용하고 있다[2]. 국내에서도 1990년대 말부터 발전소를 중심으로 절연진단 시험을 활발하게 진행하고 있으며, 최근에는 민간기업에서도 적극적으로 도입하고 있는 실정이다. 특히, 운전연수가 10년 이상된 고압전동기는 대략 3년 주기로 계획예방정비 기간 중에 진단시험을 시행하고 있으며, 국내에서

개발한 절연열화 평가기준을 사용하고 있다 [3].

그러나 절연진단 시험만으로 20년 이상 운전한 고압전동기 고정자 권선의 신뢰성을 유지하기가 어렵기 때문에 내전압 시험을 병행할 필요가 있다[4, 5]. 6.6 kV 전동기의 경우에 내전압 시험은 2E+1 kV 즉 14.2 kV 이상을 1분간 인가하고 이상이 없으면 절연상태가 양호하여 지속적인 운전이 가능하다[6].

본 논문은 복합화력발전소에서 21년 동안 장기간 운전된 5대의 보일러 급수펌프용(boiler feedwater pump:BFP) 고압전동기(2,000 HP, 6.6 kV) 고정자 권선에서 정지중 절연진단과 교류 내전압 시험을 수행하였다. 그리고 절연진단과 내전압 시험결과를 토대로 운전중인 고압전동기 고정자 권선에 대해 지속적인 운전여부를 판정할 수 있었다.

2. 시험방법

표 1은 복합화력발전소에서 21년 동안 사용된 보일러 급수펌프용 고압전동기 정격을 나타내었다. No. 1~No. 5의 고압전동기(2,000 HP, 6.6 kV)는 동일한 정격용량, 정격전류, 회전수, 부하, 제작년도 및 제작사의 사양을 갖고 있다.

표 1 6.6 kV 전동기의 정격
Table 1 Nominal ratings of 6.6 kV motors

고압전동기	정격용량 [HP]	정격전류 [A]	회전수 [RPM]	절연 등급	제작 년도	제작사
BFP No. 1~No. 5	2,000	154	3,570	F	1991	국외

운전연수가 20년 이상 경과함에 따라 총 16대중에 3대가 운전중에 절연파괴 되었다. 그리고 BFP용 고압전동기 3대에서 절연진단과 교류 내전압 시험을 마치고 재권선하기 전에

[†] Corresponding Author : Korea Electric Power Corporation (KEPCO) Research Institute, Korea

E-mail : hdkim@kepco.co.kr

^{*} Korea Electric Power Corporation (KEPCO) Research Institute, Korea

Received : March 26, 2014; Accepted : May 22, 2014

절연과피 시험결과 각각 21.9 kV, 24.1 kV 및 21.3 kV에서 파괴되었으며, 정격전압 6.6 kV의 3.26~3.65배로 매우 높게 측정되었다[7]. 이러한 시험결과를 참고하여 6.6 kV 전동기의 내전압 시험은 2E+1 kV 즉 14.2 kV 보다 높은 15 kV를 인가하였다. 고압전동기 고정자 권선에서 내전압 시험결과가 양호하게 판정되면 계속적으로 운전을 수행하고자 한다.

정지중에 고압전동기 고정자 권선에서 절연진단과 내전압 시험을 수행하였다. 고압전동기 절연진단 시험은 절연저항, 성극지수, 교류전류, 유전정접 및 부분방전을 포함한다. 교류전압을 인가하기 전에 고압전동기 고정자 권선에서 삼상 일괄로 직류 5kV를 인가하면서 절연저항과 성극지수 (Automatic Insulation Tester, AVO International)를 측정하였다. 고압전동기 고정자 권선에서 부분방전 시험을 위해 교류 전원장치와 제어 시스템(HV supply and control system), 셰링브리지(Schering bridge)를 포함하고 있는 이동식 절연진단 및 분석 시스템(Mobile Insulation Diagnosis & Analysing System : MIDAS), 커플링 커패시터(coupling capacitor), 커플링 유니트(coupling unit) 및 부분방전 측정기(partial discharge detector)를 사용하였다. 부분방전 시험은 고압전동기 고정자 권선에 이동식 절연진단 및 분석 시스템(MIDAS, Tettex Instruments, 2880)을 연결하여 전압을 인가하였으며, 커플링 커패시터(Tettex Instruments, 9,000 pF)는 권선에서 유입되는 신호를 광대역 매칭 유니트 (Broadband Matching Unit, Tettex Instruments 9103)에 보내어 증폭한 후 부분방전 측정기(Robinson, DDX 9101)에서 방전크기 및 패턴을 분석하였다. 부분방전 측정기의 주파수 대역폭은 30~400 kHz 이다. 고압전동기 고정자 권선의 부분방전 크기는 발전소 현장에서 측정하였으며, 외부잡음은 160~970 pC 정도를 나타내고 있다. 정지중 절연진단 시험을 완료하고 내전압 시험을 위해 교류 전원장치(HV Supply, 50kV)와 브리지(Bridge, Type 2819)를 사용하고 1 kV씩 증가시키면서 교류전류, 유전정접 및 커패시턴스를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 No. 1~No. 5의 고압전동기 고정자 권선 A, B 및 C상을 삼상 일괄로 결선하고 외부 전원장치에서 교류전압을 1 kV씩 증가하면서 최대 15 kV까지 교류전류의 변화를 측정하여 나타내었다. 정격전압(6.6 kV)에서 절연진단과 15 kV의 내전압 시험에서 고압전동기 No. 1~No. 5의 교류전류 증가율(ΔI)은 참고문헌[3]에 의해 계산하였다. 이상적인 절연재료에서 교류전압을 증가하면서 전류를 측정하면 직선적으로 비례하여 증가한다. 그러나 그림 1에서 나타낸 바와 같이 실제로 고압전동기 고정자 권선은 어떤 전압 이상에서 전류가 직선적 비례 관계를 벗어나면서 증가하게 된다. 따라서 ΔI 는 이상적인 절연재료의 직선적 비례관계를 기준으로 했을 때 실제로 비례관계를 벗어나 증가하는 비율을 나타낸다. 또한, 교류전압에 대해 전류가 이상적인 비례 특성을 보이는 것 같지만 확대해서 직선형 자를 사용하여 0 점을 기준으로 실측하면 제1차 전류급증점(P_{11})이 나타나고 다시 제1급증점을 기준으로 실측하면 제2차 전류급증점(P_{12})이 나타난다. P_{11} 은 옴의 법칙(Ohm's law)에 따르는 직선

이며, P_{12} 는 전류가 지수함수적으로 증가하는 출발점을 표시하고 있다.

고압전동기 성극지수는 1.5이상인 경우에 양호하게 판정한다[2]. 표 2에서 나타낸 바와 같이 고압전동기 No. 1~No. 5의 성극지수는 1.66~7.89로 측정되어 모두 양호하게 나타났다. 6.6 kV에서 고압전동기 No. 1~No. 5의 ΔI 는 1.31%~8.95%이며, 15 kV에서 7.76%~20.30%로 증가하였다. 6.6 kV 전동기의 경우 ΔI 는 10%이상이면 불량으로 판정하고 있다[3]. 고압전동기 5대 모두 6.6 kV에서 ΔI 가 1.31%~8.95%로 측정되어 양호한 절연상태를 나타내고 있다.

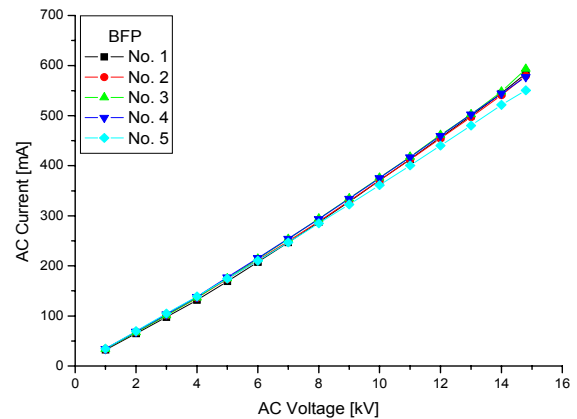


그림 1 고압전동기의 교류전류-전압 특성

Fig. 1 Characteristics of AC current-voltage in HV motors

또한, 고압전동기 No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 및 No. 5의 제1차 전류급증점(P_{11})이 나타나는 전압은 각각 3.0 kV, 4.0 kV, 3.2 kV, 4.0 kV 및 5.3 kV이며, 제2차 전류급증점(P_{12})이 나타나는 전압도 각각 5.0 kV, 8.0 kV, 5.2 kV, 7.6 kV 및 9.0 kV를 나타내었다. 제1차 전류급증점과 제2차 전류급증점이 나타나는 전압이 다른 고압전동기에 비해 상대적으로 No. 1은 가장 낮고 No. 5는 가장 높게 나타내었다. 그 이유는 고압전동기 No. 5의 절연재료에 비해 No. 1의 절연재료가 더욱 더 열화가 진행되었기 때문으로 사료된다. 발전기와 고압전동기 고정자 권선에서 절연재료의 열화정도가 심할수록 제1차와 제2차 전류급증점이 낮은 전압으로 이동하게 된다[8]. 따라서 제1차와 제2차 전류급증점이 높은 발전기와 고압전동기는 낮은 것에 비해 절연과피전압이 그 만큼 높게 나타나고 있다[7].

표 2 6.6 kV 전동기 고정자 권선의 교류전류 특성

Table 2 Characteristics of AC current in 6.6 kV motor stator windings

고압전동기	성극지수	ΔI [%] at 6.6[kV]	ΔI [%] at 15[kV]	P_{11} [kV]	P_{12} [kV]
BFP	No. 1	3.66	8.95	3.0	5.0
	No. 2	2.41	6.94	4.0	8.0
	No. 3	3.47	8.24	3.2	5.2
	No. 4	7.89	6.09	4.0	7.6
	No. 5	1.66	1.31	5.3	9.0

그림 2는 그림 1과 같이 고압전동기 고정자 권선에서 교류전압(voltage : V)을 15 kV까지 증가하면서 커패시턴스(capacitance : C)의 변화를 측정하였다. 그림 2는 전압에 대한 커패시턴스 특성 그래프를 나타내었으며, 인가전압 3.0~5.0 kV 정도에서 커패시턴스가 서서히 증가하고 있다. 이와 같은 측정결과는 표 2에서 나타낸 바와 같이 제1차 전류급증점이 나타나는 전압과 거의 유사하게 분석되었다. 교류 인가전압 1 kV에서 고압전동기 No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 및 No. 5의 커패시턴스값은 각각 85.61 nF, 89.16 nF, 88.82 nF, 90.95 nF 및 92.07 nF를 나타내었다. 그리고 교류 인가전압 15 kV에서 고압전동기 No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 및 No. 5는 각각 103.6 nF, 102.9 nF, 104.5 nF, 103.7 nF 및 98.91 nF로 증가하였다. 그림 1에서 나타낸 바와 같이 No. 1~No. 4의 교류전류는 커패시턴스값이 유사함에 따라 거의 일치하고 있으며, No. 5는 가장 낮게 나타내었다. 6.6 kV와 15 kV에서 고압전동기 No. 1~No. 5의 커패시턴스 증가율(ΔC)은 참고문헌[9]에 의해 계산하였다. 정격전압 6.6 kV에서 고압전동기 No. 1~No. 5의 ΔC 는 1.35~8.83%로 측정되었으며, 15 kV에서 계산한 No. 1~No. 5의 ΔC 는 7.43~19.96%로 증가하였다.

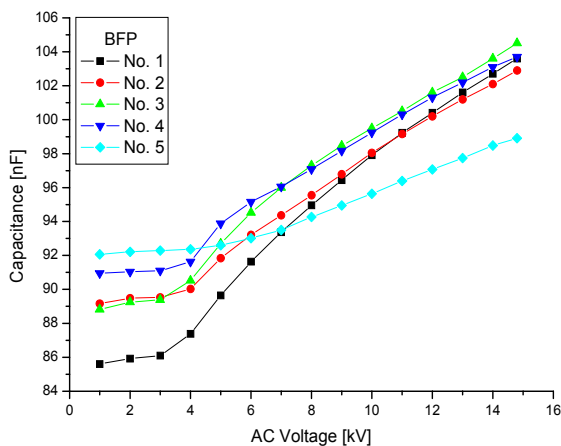


그림 2 커패시턴스-전압 특성의 비교
Fig. 2 Comparison of capacitance-voltage characteristics in HV motors

표 2와 표 3에 나타낸 바와 같이 6.6 kV와 15 kV에서 계산한 ΔI 와 마찬가지로 ΔC 를 비교해 볼 때 No. 1이 가장 높고 No. 5는 가장 낮게 나타내었다. 실제로 교류전류는 $I_c = 2\pi fCV$ 에 의해 결정되기 때문에 ΔI 와 ΔC 가 유사하게 계산되었다. 따라서 커패시턴스 측정값이 높으면 교류전류도 높아지고 커패시턴스 측정값이 낮으면 교류전류도 낮아지기 때문에 상호 연관성이 높다는 것을 확인할 수 있었다[4, 5].

그림 1, 그림 2와 마찬가지로 그림 3도 고압전동기 고정자 권선에서 교류전압을 15 kV까지 증가하면서 유전정접 ($\tan\delta$)의 변화를 측정하였다. 그림 3의 전압에 대한 $\tan\delta$ 특성 그래프에서 나타낸 바와 같이 고압전동기 No. 1~No. 5에서 유전정접의 급격한 증가점도 모두 2.6~4.0 kV 정도로 측정되었다. 6.6 kV와 15 kV에서 고압전동기 No. 1~No. 5의 유전정접 증가율($\Delta \tan\delta$)은 참고문헌[3, 5]에 의해 계산하

표 3 6.6 kV 전동기 고정자 권선의 유전정접 및 커패시턴스 특성

Table 3 Characteristics of $\tan\delta$ and capacitance in 6.6 kV motor stator windings

고압전동기	$\Delta \tan\delta$ [%] at 6.6[kV]	$\Delta \tan\delta$ [%] at 15[kV]	유전정접 증가점 [kV]	ΔC [%] at 6.6[kV]	ΔC [%] at 15[kV]	커패시턴스 증가점 [kV]	
BFP	No. 1	4.97	6.49	3.0	8.83	19.96	3.0
	No. 2	3.85	5.38	3.0	6.06	14.51	3.0
	No. 3	4.40	5.79	3.0	8.15	16.64	3.0
	No. 4	3.68	5.11	3.0	6.06	14.02	3.0
	No. 5	0.86	3.24	4.0	1.35	7.43	4.0

였다. 6.6 kV 고압전동기의 경우 정격전압에서 $\Delta \tan\delta$ 는 8.5%이상이면 불량으로 판정하고 있다[3]. 표 3에 나타낸 바와 같이 정격전압에서 고압전동기 No. 1~No. 5의 $\Delta \tan\delta$ 는 0.86%~4.97%를 나타내어 5대 모두 $\Delta \tan\delta$ 가 8.5%이하로 측정되었다. 그리고 15 kV에서 계산한 고압전동기 No. 1~No. 5의 $\Delta \tan\delta$ 도 3.24~6.49%로 낮게 나타나기 때문에 절연상태가 양호하여 절연파괴전압도 높을 것으로 예상할 수 있었다.

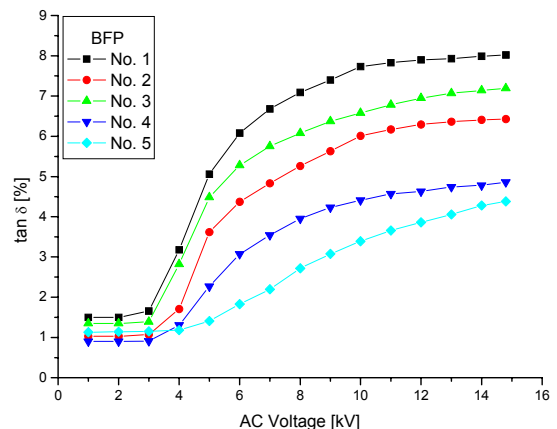


그림 3 $\tan\delta$ -전압 특성의 비교
Fig. 3 Comparison of $\tan\delta$ -voltage characteristics in HV motors

그림 1~그림 3에서 나타낸 바와 같이 교류전류, 커패시턴스 및 유전정접의 특성을 비교해보면 No. 1~No. 4는 전압 증가에 따라 그래프 패턴의 일치성을 갖고 있으며, No. 5의 패턴도 거의 동일하게 분석되었다. 표 2에 나타낸 바와 같이 그림 1을 근거로 측정된 제1차 전류급증점이 나타나는 전압이 No. 1은 3.0 kV로 측정되었고 그림 2와 그림 3을 비교해 볼 때 커패시턴스와 유전정접이 각각 3.0 kV에서 급증하다가 다시 증가율이 완만해지는 전압이 둘 다 11 kV 정도를 나타내고 있다. 따라서 교류전류, 커패시턴스 및 유전정접과 전압 사이의 특성을 비교해 볼 때 상호 연관성이 있는 것으로 판단할 수 있었다.

표 4에서 나타낸 바와 같이 고압전동기 고정자 권선에서

상상 일괄로 교류전압을 인가하면서 부분방전 크기, 외부 노이즈 및 부분방전 개시전압을 측정하였다. 고압전동기 상전압(3.81 kV), 상전압의 1.25배(4.76 kV), 6.0 kV 및 정격전압(6.6 kV)에서 부분방전 크기를 나타내었다. 그림 4는 고압전동기 상전압의 1.25배 즉 4.76 kV에서 부분방전 크기와 패턴을 나타내었으며, 4대 모두 주절연물 내부에 보이드가 존재하는 내부방전을 나타내었다[10]. 외부 노이즈가 160~970 pC으로 측정되었으며, 외부노이즈를 기준으로 하여 부분방전 크기가 1,000 pC이상으로 나타날 때 전압을 부분방전 개시전압(Partial Discharge Inception Voltage : PDIV)이라 한다. 고압전동기 No. 1, No. 3의 부분방전 개시전압은 동일하게 2.8 kV이며, 상전압에서 부분방전 크기는 각각 14,000 pC, 15,000 pC으로 높게 측정되었다. 그리고 고압전동기 No. 2, No. 4 및 No. 5의 부분방전 개시전압은 각각 3.3 kV, 3.6 kV 및 4.1 kV 이며, 상전압에서 부분방전 크기도 각각 7,400 pC, 3,700 pC 및 2,000 pC으로 비교적 낮게 측정되었다. 따라서 부분방전 개시전압이 낮은 고압전동기 No. 1, No. 3은 부분방전 크기가 10,000 pC 이상으로 높게 나타났으며, 부분방전 개시전압이 상대적으로 높은 고압전동기 No. 2, No. 4 및 No. 5는 부분방전 크기가 10,000 pC 이하로 낮게 분석되었다. 따라서 고압전동기 No. 5는 절연진단 결과 교류전류, 유전정접 및 부분방전 크기가 모두 양호하며, 고압전동기 No. 1, No. 2, No. 3 및 No. 4는 교류전류와 유전정접은 양호하고 부분방전 크기는 요주의로 판정되었다.

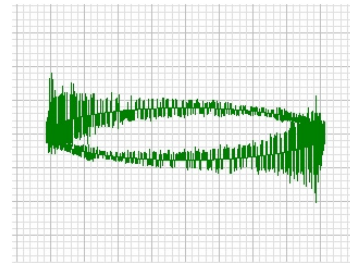
표 4 6.6 kV 전동기 고정자 권선의 부분방전 특성

Table 4 Characteristics of partial discharge in 6.6 kV motor stator windings

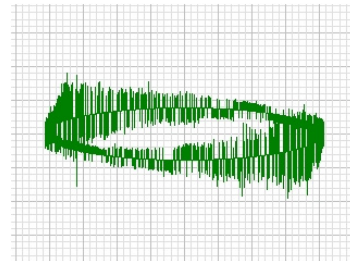
고압전동기	계통 잡음 [pC]	개시 전압 [kV]	PD[pC]				
			$E/\sqrt{3}$ [kV]	$1.25E/\sqrt{3}$ [kV]	6[kV]	6.6[kV]	
BFP	No. 1	970	2.8	14,000	29,000	39,000	42,000
	No. 2	970	3.3	7,400	16,100	23,900	26,500
	No. 3	250	2.8	15,000	21,000	28,000	35,000
	No. 4	160	3.6	3,700	14,500	20,500	23,300
	No. 5	820	4.1	2,000	4,300	7,500	8,500

그림 4(a)~(d)는 4.76 kV에서 고압전동기 No. 1, No. 2, No. 3 및 No. 4의 부분방전 크기를 나타내었다. 그림 2와 그림 3에서 나타난 바와 같이 유전정접과 커패시턴스가 3.0~4.0 kV에서 급격하게 증가하고 있기 때문에 부분방전 개시전압도 이 부분에서 발생할 것으로 예측할 수 있다. 실제적으로 현장에서 측정한 부분방전 개시전압은 표 4에 나타난 바와 같이 2.8~4.1 kV에서 발생되었다. 다시 말하면 커패시턴스와 tanδ-전압 특성에서 커패시턴스와 tanδ가 급격하게 증가하는 전압이 부분방전 개시전압과 거의 일치하게 된다. 이 전압은 다시 그림 1의 교류전류-전압 특성에서 교류전류의 제1차 전류급증점을 나타내는 전압과도 일치한다. 따라서 고압전동기 고정자 권선에서 절연상태가 양호하면, 유전정접의 급증점, 제1차 전류급증점 및 부분방전 개시전압

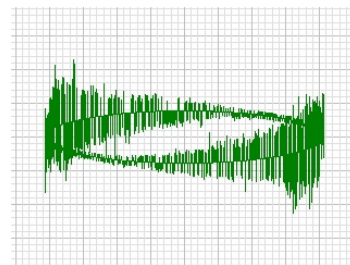
등이 높은 전압으로 이동하고 절연과피도 높은 전압에서 발생하는 것을 확인할 수 있었다[5, 8].



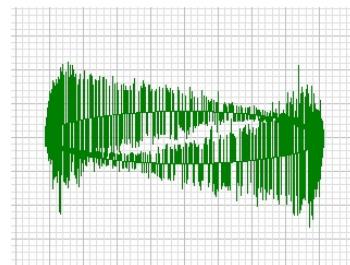
(a) No. 1(PD=29,000 pC)



(b) No. 2(PD=16,100 pC)



(c) No. 3(PD=21,000 pC)



(d) No. 4(PD=14,500 pC)

그림 4 6.6 kV 전동기 고정자 권선의 부분방전 크기 및 패턴
Fig. 4 PD magnitude and patterns in 6.6 kV motor stator windings

그림 5는 전압에 대한 부분방전 크기 특성을 나타내었으며, 6.6 kV 고압전동기는 4.76 kV에서 부분방전 크기가 10,000 pC이하는 양호하게 판정하고 있다[3]. 고압전동기 상전압(3.81 kV)에서 No. 1~No. 5의 부분방전 크기가 2,000 pC~15,000 pC으로 측정되었다. 고압전동기 상전압의 1.25배 즉 4.76 kV에서 No. 1~No. 5의 부분방전 크기가 4,300 pC~29,000 pC으로 나타내었다. 고압전동기 No. 1, No. 2, No.

3 및 No. 4는 모두 10,000 pC이상으로 측정되어 절연상태가 요주의로 판정되었다. 그러나 고압전동기 No. 5의 부분방전 크기가 4,300 pC으로 측정되어 절연상태가 양호하게 분석되었다. 6.6 kV에서 고압전동기 No. 5의 부분방전 크기가 8,500 pC으로 가장 낮고 No. 1은 42,000 pC으로 가장 높게 측정되었다.

일반적으로 6.6 kV급 전동기의 절연내력은 2E+1 kV 즉 14.2 kV이상에서 1분 동안 유지되면 절연상태가 양호하여 운전이 가능하다. 고압전동기 No. 1~No. 5는 모두 15 kV에서 1분 동안 유지되어 양호하게 판정되었으며, 운전에 문제가 없다는 것을 최종적으로 확인할 수 있었다. 향후에는 남아있는 BFP용 고압전동기 5대에 대해서 절연진단과 내전압 시험(15 kV) 결과로 얻어진 데이터를 종합적으로 분석하여 운전여부 판정하는데 활용하고자 한다.

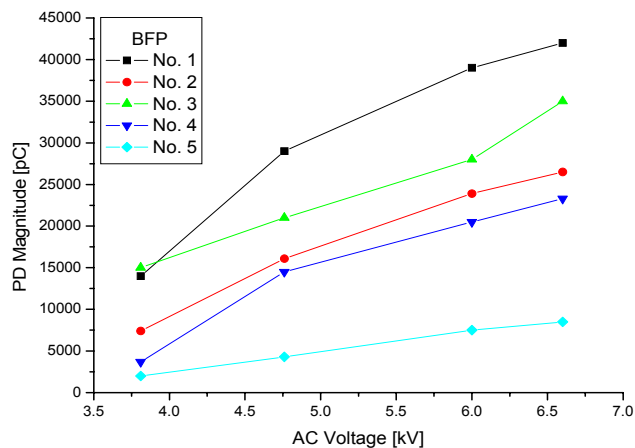


그림 5 부분방전 크기-전압 특성의 비교
 Fig. 5 Comparison of PD magnitude-voltage characteristics in HV motors

그림 3과 그림 5에 나타낸 바와 같이 고압전동기 No. 1~No. 5의 tanδ-전압 특성을 비교하면 No. 1, No. 3, No. 2, No. 4 및 No. 5 순서로 낮게 나타났으며, 부분방전 크기-전압 특성도 비교해 보면 역시 No. 1, No. 3, No. 2, No. 4 및 No. 5 순서로 낮게 측정되었다. 따라서 고압전동기 No. 1~No. 5의 tanδ-전압 특성을 비교함으로써 부분방전 크기-전압 특성의 유형을 어느 정도 예측할 수 있었다.

4. 결 론

복합화력발전소에서 21년 동안 운전한 5대의 보일러 급수 펌프용 고압전동기 고정자 권선을 정지중 절연진단과 내전압 시험을 시행한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

(1) 고압전동기 No. 5는 절연진단 결과 교류전류, 유전정접 및 부분방전 크기가 모두 양호하였으며, No. 1~No. 4는 교류전류와 유전정접은 양호하고 부분방전 크기는 요주의로 판정되었다. 그러나 고압전동기 5대 모두 제1차와 제2차 전류급증점이 각각 3.0 kV, 5.0 kV 이상으로 측정되고 교류내전압 시험결과도 15 kV에서 양호하여 운전에 문제가 없다는 것을 최종적으로 확인할 수 있었다.

(2) 5대의 고압전동기 고정자 권선에서 커패시턴스와 유전정접이 급증하는 전압, 부분방전 개시전압이 유사하게 나타나고 있음을 확인할 수 있었다. 부분방전 개시전압이 2.8 kV인 고압전동기 No. 1과 No. 3은 상전압에서 부분방전 크기가 14,000~15,000 pC으로 높게 나타났으며, 3.3 kV 이상인 No. 2, No. 4 및 No. 5는 2,000~7,400 pC으로 낮게 분석되었다.

(3) 현재 운전되고 있는 나머지 5대의 BFP용 고압전동기에 대해서도 절연진단과 교류 내전압 시험결과로 얻어진 데이터를 근거로 재권선 혹은 지속적인 운전여부를 판정하는데 직접적으로 활용하고자 한다.

References

- [1] J. H. Dymond, N. Stranges, K. Younsi and J. E. Hayward, "Stator Winding Failures : Contamination, Surface Discharge, Tracking", IEEE Trans. on Industry Applications, pp. 577~583, 2002.
- [2] H. Yoshida and K. Umamoto, "Insulation Diagnosis for Rotating Machine Insulation", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-21, No. 6, pp. 1021~1025, 1986.
- [3] Hee-Dong Kim, "Judgement Criterion of Insulation Deterioration in 4.16 kV and 6.6 kV Motor Stator Windings", Trans, KIEE, Vol. 58, No. 4, pp. 788~794, 2009.
- [4] G. C. Stone, "Recent Important Changes in IEEE Motor and Generator Winding Insulation Diagnostic Testing Standards", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 41, No. 1, pp. 91~100, 2005.
- [5] B. K. Gupta and I. M. Culbert, "Assessment of Insulation Condition in Rotating Machine Stators", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 7, No.3, pp. 500~508, 1992.
- [6] J. E. Timperley and J. R. Michalec, "Estimating the Remaining Service Life of Asphalt-Mica Stator Insulation", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 9, No. 4, pp. 686~693, 1994.
- [7] Hee-Dong Kim and Tae-Sik Kong, "Assessment of Insulation Deterioration in Stator Windings of High Voltage Motor", Trans, KIEE, Vol. 61, No. 5, pp. 711~716, 2012.
- [8] Y. Takikawa, T. Watanabe, H. Kamiya, M. Sukeda, I. Nanai and H. Miyao, "Technology for Preventive Maintenance of Turbine Generators", Hitachi Review, Vol. 72, No. 8, pp. 35~42, 1990.
- [9] H. Zhu, C. Morton and S. Cherukupalli, "Quality Evaluation of Stator Coils and Bars under Thermal Cycling Stress", Conference Record of the 2006 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, pp. 384~387, 2006.
- [10] Claude Hudon and Mario Belec, "Partial Discharge Signal Interpretation for Generator Diagnostics",

IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation,
Vol. 12, No. 2, pp. 297~319, 2005.

저 자 소 개



김 희 동 (金熙東)

1961년 12월 15일생. 1985년 홍익대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 2002년 일본 큐슈공업대학교 초빙연구원. 현재 한전 전력연구원 책임연구원.

Tel : 042-865-7571

Fax : 042-865-7599

E-mail : hdkim@kepco.co.kr



공 태 식 (孔太植)

1972년 2월 27일생. 1997년 충북대학교 전기공학과 졸업. 2004년 충남대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 선임연구원.

Tel : 042-865-7573

Fax : 042-865-7599

E-mail : kong@kepco.co.kr