

고압전동기 권선온도 냉각설비 개선 사례 연구

최인석*, 홍정조*, 이은춘*, 홍영재*, 홍현표*
한국수자원공사*

A study of method to refrain from the winding temperature rising of three-phase induction motor

In-Seok Choi*, Jeong-Jo Hong*, Eun-Chun Lee*, Young-Jae Hong*, Hyun-Pyo Hong*
Korea Water Resource Corporation*

Abstract - K-water에서는 대청댐 하류의 용수를 취수하여 대청광역 계통에 1일 98만^m을 공급할수 있는 현도취수장을 운영하고 있다. 취수장에는 고압전동기 10대가 운영되고 있으며, 장시간 연속운전 및 하절기 주위온도 상승 등으로 권선온도가 상승되어 설비의 안전성 문제가 제기되어 왔다. 취수펌프동 실내온도 및 고압전동기 권선온도 저감을 위해 펌프동 배기시스템 운영시간 변경 및 고압전동기 냉각 흡기덕트 설치 등의 개선 노력으로 권선온도 저감은 물론 에너지절감 및 기기의 수명연장 등 설비 운영의 안전성을 확보한 연구결과이다.

온도 저감개선을 위한 대책으로 고압전동기 하단부의 취수관로 주위의 온도 변화를 분석한 결과 하절기 약 19~22℃를 유지하고 있어 관로주위의 저온의 공기를 이용할 수 있는 냉각 흡기덕트 설치에 대한 아이디어를 제안하였다.

1. 서 론

취수장에서 운영하는 고압전동기의 경우 연속운전에 따른 온도상승으로 절연재 내부에 공극(Void)이 발생하여 열화가 진행될 경우 절연과피에 도달하게 된다.[1] 이를 방지하기 위해 고압전동기 외함(반폐형)의 흡·배기를 통한 강제송풍 냉각방식을 채택하고 있으나, 반폐형 고압전동기 설치 구조상 외함의 배기구를 통해 배출된 뜨거운 공기가 고압전동기 주변의 공기와 섞여 흡기구로 재투입되어 정상적인 냉각이 이루어지지 않고 있으며, 배출된 뜨거운 공기로 인한 펌프동 실내온도 상승으로 설비운영에 지장을 초래하게 되었다. 본 논문에서는 취수장 펌프동 실내온도 및 전동기의 권선온도를 저감시키기 위한 고압전동기 냉각 흡기덕트 설치 개선사례에 대해 기술하고자 한다.



〈그림 3〉 펌프모터 하단부 취수관로

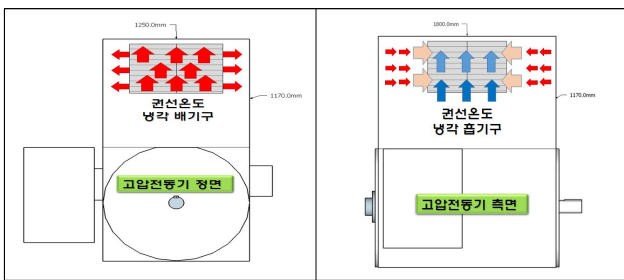
2. 본 론

2.1 현황조사

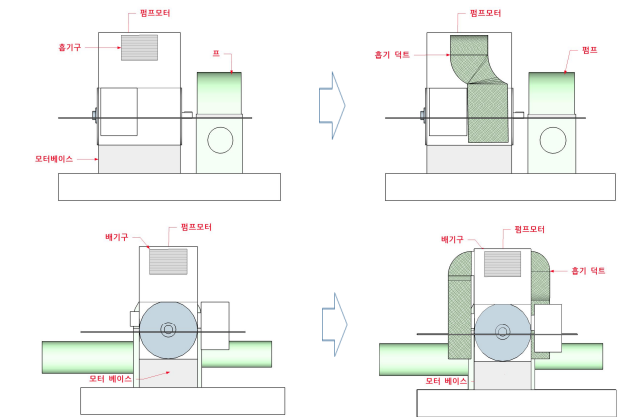
반폐형으로 제작된 고압전동기의 권선온도를 낮추기 위해서는 가능한 저온의 공기를 흡입시켜 권선의 열을 낮추어야하지만 기존의 냉각방식에서는 고온의 배기공기가 다시 흡기구로 재투입되면서 권선온도 및 펌프동 실내온도를 상승시키고 있었다.[2]

2.2 냉각 흡기덕트 모델 설계 및 재질선정

냉각 흡기덕트 설치를 위해 3D 도면화하여 모터베이스 및 펌프, 취수관로 등 설비 유지관리시 간섭여부를 사전 확인하여 냉각 흡기덕트 위치 및 크기를 선정하였으며, 흡기덕트 강도와 방청효과를 증대시키기 위해 스테인레스를 사용하였다.



〈그림 1〉 전동기 흡·배기구 위치 및 공기 흐름



〈그림 5〉 냉각 흡기덕트 3D 설계

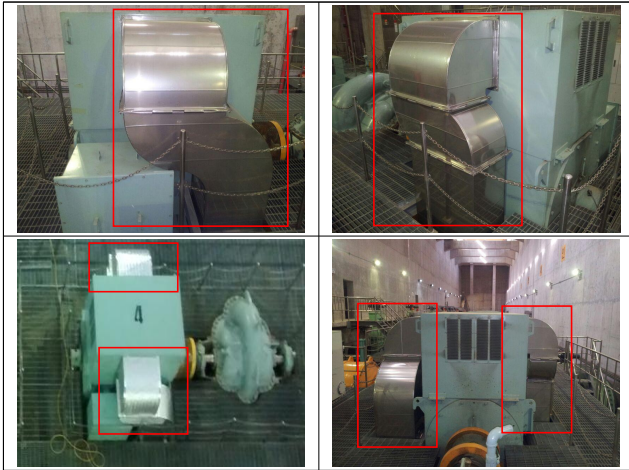
펌프동 실내 배기팬 가동에도 불구하고 하절기 실내온도는 약 35~36℃, 전동기 권선온도는 약 106~108℃를 나타내고 있었다.



〈그림 2〉 펌프동 실내와 전동기 권선온도 추이

2.3 냉각 흡기덕트 설치

취수펌프와 흡기덕트 연결부 진동발생을 최대한 억제하기 위해 방진품을 사용하였으며, 흡기덕트 하단부에 배쉬방을 설치하여 이물질의 유입을 차단하였다.



〈그림 6〉 냉각 흡기덕트 설치

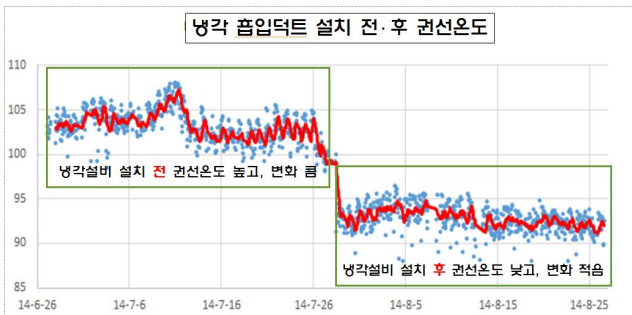
2.3 고압전동기 권선온도 추이 분석

냉각 흡기덕트 설치 이후(2개월 전·후) 권선온도 변화를 분석하기 위해 대조군(6호기, 덕트 미설치)과 실험군(4호기, 덕트 설치)으로 나누어 권선온도 추이를 분석하였다.

〈표 1〉 대조군(6호기)와 실험군(4호기) 설치 전·후 비교

항목	덕트설치 전		덕트설치 후		변화량	
	대조군	실험군	대조군	실험군	대조군	실험군
표준편차	1.475	1.975	2.197	1.444	0.722 (49%↓)	△0.531 (27%↓)
평균온도	103.63	105.54	102.59	92.79	△1.04	△12.75
최대온도	105.36	109.54	103.06	95.52	△2.30	△14.02

흡기덕트 설치이전보다 평균 12.8℃ 이상, 최대 14℃(실시간 17~18℃) 이상, 온도편차 27% 이상 감소되었다. 이는 고압전동기 내부로 유입되는 흡기덕트 주위의 저온 공기가 권선온도를 저감시키고 편차를 줄인 것으로 분석된다.



〈그림 7〉 고압전동기 권선온도 변화 분석

2.4 온도저감에 따른 에너지 절감 및 절연내력 분석

냉각 흡기덕트는 별도의 송풍팬을 설치하지 않고 전동기의 회전자 팬을 이용하기 때문에 무동력으로 공기를 흡기하여 권선온도를 낮추어 소비전력을 저감할 수 있는 효과가 있다. 온도와 저항 환산식을 이용하여 고압전동기의 권선저항 및 동손을 산정해보면,

$$R_s = R_t \left(\frac{t_s + k}{t_t + k} \right) \quad [R] \text{ 기준온도}(20^\circ\text{C}) \text{ 환산}$$

R_s : 기준온도에서의 권선저항[Ω] t_s : 기준온도 [°C]

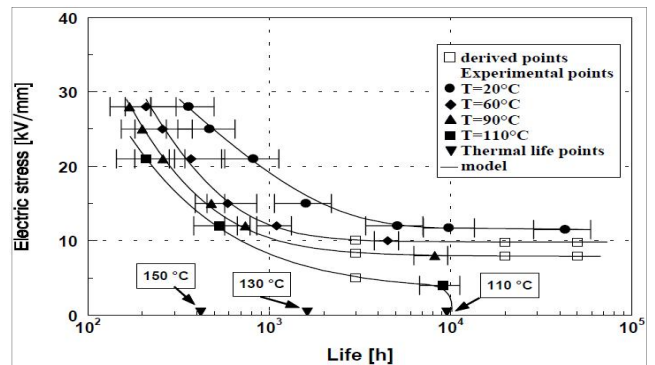
R_t : 측정온도에서의 권선저항[Ω] t_t : 측정온도 [°C]

k : 재료에 따른 특성상수

〈표 2〉 고압전동기 권선저항과 동손

온도(°C)		권선저항(Ω)	동손(W)	비고
20(기준)		0.1300	20,631	
개선	91	0.1656	26,288	평균 26,367
	92	0.1661	26,368	
	93	0.1667	26,447	
당초	107	0.1737	27,563	평균 27,642
	108	0.1742	27,643	
	109	0.1747	27,722	

냉각 흡기덕트 설치 이후 권선온도에 따른 저항과 동손의 관계에서 평균 1.3kW의 전력손실 절감 효과가 있는 것으로 나타났으며, 취수장 고압전동기 4대 운영기준 절감량 45.5MWh/년, 절감액 4.5백만원/년 이상의 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 절연물의 온도가 10℃ 증가할 때마다 수명이 일정 감소하는 것으로 알려졌으며, 권선온도 저감 효과로 그림8에서 보는바와 같이 절연내력 상승, 절연물의 기대수명 상승 등 설비운영 및 유지보수비용 절감 등의 효과[3]가 있는 것으로 분석되었다.



〈그림 8〉 온도에 따른 절연내력 및 기대수명 관계곡선

3. 결 론

본 논문은 댐하류 원수의 일정한 수운을 이용하기 위해 냉각 흡기덕트를 설치하여 반폐형 고압전동기의 권선온도를 저감시킨 사례로서 설비특성을 이해하고 현장여건을 고려한 개선효과로 볼 수 있다. 대용량 취수장 및 가압장의 경우 고압전동기를 다수 사용하고 있어 펌프동 설비온도 저감 및 전동기 권선온도를 저감시키기 위해 다양한 방법을 적용하고 있다. 향후 냉각 흡기덕트 설치 결과를 바탕으로 사업장별 적용가능 여부를 파악하여 확대 적용토록 발전시키고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 고압전동기 고정자 권선의 온도변화에 따른 절연특성 분석 (2012)
- [2] 고압전동기의 효과적인 유지관리 방안 연구 (2010)
- [3] Bologna University Laboratory of Materials Engineering and High Voltages, "Insulation aging and life models"