

냉각탑 Fan의 가변속 제어에 의한 에너지절약
Energy Savings by Speed Controls for a Cooling Tower Fan

최 수 현
고 창 조
정 봉 만

한국동력자원연구소
전기에너지연구실

1. 서 론

국내 총 소비전력의 약 60%가 전동기류를 통해 소비되며 산업체에서 사용되는 전동기류의 90% 이상이 유도전동기로서¹⁾ 유도전동기의 효율 향상이나 효율적인 운전은 에너지절약에 크게 기여하게 된다.

최근 전력전자기술의 발전으로 인버터를 사용한 유도전동기의 가변속 운전이 대폭적인 전기에너지 절약기술로서 그 사용이 계속 확대되고 있으나^{2,3)} 국내에서는 아주 초기상태로서, 적용을 위한 Engineering 자료의 부족 등으로 많은 제약과 받고 있다.

본 연구의 목적은 광범위하게 사용되는 냉각탑을 대상으로 냉각용 fan의 회전속도를 제어하여 정속에 따른 불필요한 소비전력을 절감시키며 새로운 기술의 적용을 위한 Engineering 방법과 적용시 측정된 에너지 절약효과를 분석 제시하여 산업체에서의 응용에 도움이 되도록 하는 것이다.

냉각탑에서는 일반적으로 예상되는 최대조건에 맞추어 설계되기 때문에 부하 및 외기의 환경조건 변화에 따라 대부분의 시간을 과용상태에서 운전되고 있어 불필요한 에너지를 소비한다. 본 연구는 대전공 단내에 설치된 한 용해로의 냉각을 위한 냉각능력 975,000 Kcal/hr의 대향류형 냉각탑을 대상으로 수행되었다.

2. 절약원리 및 절전설계

(가) 에너지절약원리

냉각탑은 fan에 의해 외부로부터 지속적으로

공기를 흡입하여 상부로 배출하는 과정에서 공기와 냉각수 사이의 열교환으로 냉각수의 온도를 낮추게 되며, 다음의 관계식을 만족한다.⁴⁾

$$LC_L \Delta T = Q \Delta h, \quad (1)$$

여기서 L=냉각수 순환유량, C_L=냉각수비열(물: 1Kcal/Kg°C), ΔT=냉각수 온도차, Q=풍량, Δh=공기의 엔탈피차. 이때 냉각용 fan이 풍량 Q를 발생시키기 위하여 소비하는 축동력(P)은

$$P = \gamma HQ / \eta, \quad (2)$$

γ=비중, H=정압, Q=풍량, η=전효율.

펌프, 송풍기 및 fan과 같은 기기들은 2승저감 호오크 특성을 갖으며 이들 구동용 전동기가 회전속도 N으로 운전될때 유량은 회전수에, 축동력(또는 소비전력)은 회전수의 3승에 비례한다. 즉,

$$Q \propto N, \quad H \propto N^2, \quad P \propto N^3 \quad (3)$$

현재의 냉각탑 운전은 외기조건에 관계없이 fan이 일정속도로 회전하면서 일정량의 공기를 흡입하면서 운전되므로 일정량의 전력이 지속적으로 소비된다. 그러나 식(1)에서 보듯이 냉각수의 온도차, 순환유량이 결정되면 fan에 의하여 흡입되는 공기량(Q)은 엔탈피 차이 즉 외기의 기온과 습도의 함수가 된다.

외기의 온도와 습도는 지역과 시간에 따라 많은 변화를 갖으므로 외기습구온도의 변화(즉, 엔탈피 변화)에 따라 흡입공기량을 적절히 조절하여도 동일한 냉각효과를 얻을 수 있게 된다. 이때 흡입공기량은 fan회전수에 비례하므로 소비전력은 대폭 감소되며 이론적인 절전량은 다음과 같다.

$$\text{절전량(KWH)} = \text{정격 소비전력} \times \left[1 - \left(\frac{\text{조점풍량}}{\text{정격풍량}} \right)^3 \right] \quad (4)$$

(나) 절전형 설계

표 1. 기존 냉각압 성능

냉각용량	975,000Kcal/hr
풍량	2,000m ³ /분
순환유량	13ℓ/분 RT
외기온도	27°C(습구온도)
온도차	5°C
전동기	3φ, 7.5Kw, 6극

기존 냉각압 성능

제원은 (표 1)과 같다. 전동기 회전수 제어패턴의 결정은 대전공단이 위치한 대전지역의 과거 10년간의 기상자료를

기초로 한 월별 평균 습구온도로서 해당되는 엔탈피차이를 계산하였으며 (그림 1)에 보여진 바와 같다. (그림 1)에 보여진 Δh를 기준으로 월별로 동일한 냉각효과를 얻을 수 있는 최소풍량을 계산한 후 안전율을 고려하여 (그림 2)와 같은 월별 운전 풍량을 설정하였다.

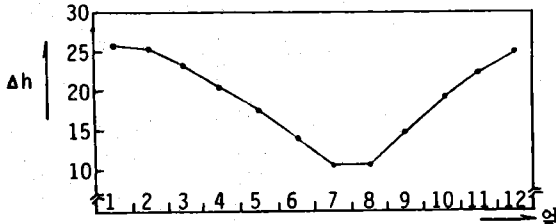


그림 1. 월별 엔탈피 차이 ('72-'82 기상자료 기준)

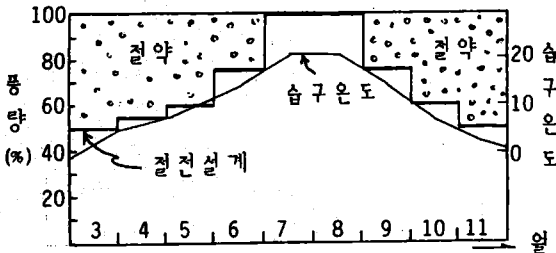


그림 2. 외기온도에 따른 설계풍량

(다) Fan 제어 및 측정

설계된 월별 풍량조건은 fan 구동용 전동기의 회전수를 제어하여 실현시킬 수 있다. 사용된 전동기가 능형유도전동기이므로 인버터를 이용하여 입력 주파수를 월별로 제어하도록 하였다. 사용된 VVVF 제어기는 출력전압 feed back 에 의한 V/f 일정제어방식의 전류형 인버터이다. 생산공정에 영향을 주지 않기 위하여 (그림 3)과 같이 인버터 오동작 및 기라 전기적 결함발생시에는 즉시 기존 방식으로 전환되도록 구성하였다. 각 상의 전압, 전류, 무효전력, 유효전력 및 역율은 Power demand analyzer, Drantz 808 을 사용하였고 전반적

인 측정데이터 수집 및 해석은 Malum II P/C를 사용하였다.

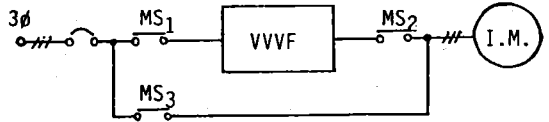


그림 3. 계통도

3. 결 론

외기조건에 무관하게 일정풍량으로 운전되는 냉각압 운전용 최근의 전력전자기술을 응용하여 설계된 월별 풍량기준으로 운전하도록 하였으며 이에 따른 에너지절약 효과는 (표 2)에 보여진 바와 같으며 연간 50.8% 절약을 가능한 것으로 나타났다. 생산공정측의 작업부하량을 감지하여 fan의 풍량 및 순환유량을 자동 제어하여 에너지를 더욱 절약하는 과제를 지속하면서 개발되는 전력전자 관련 기술이 실제 산업체에 응용되어 에너지절약에 기여되기를 바란다.

표 2. Fan 제어에 의한 에너지절약 (단위 kWh)

월	3	4	5	6	7	8	9	10	11
기존방식	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
절전방식	430	518	586	905	1,800	1,800	905	586	430
연간 절전율	50.8%								

참고 문헌

- 1) 최수현외, "전동설비의 VVVF가변속 제어에 의한 절전", 한국동력자원연구소, KE-84-16, 1984
- 2) J.D.Robchek, "Fan Control for the Glass Industry Using Static Induction Motor Drives", IEEE Trans. IA S81:3B, 1981
- 3) D.P.Connors, et al, "Application Consideration for AC Drives", IEEE Trans. IA-19, 1983
- 4) J.L. Threlkeld, "Thermal Environmental Engineering", 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1970.