

2. 특집기사

(1) 냉각성능 분석오류

Mistakes of Cooling Tower Performance Analysis



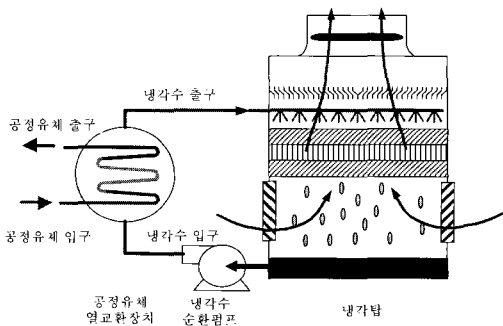
권 오 익

O-ick Kwon

- (주)대일아쿠아 부사장
- Email : criok@hanmir.com

1. 서 론

냉각탑이란 석유화학플랜트, 철강플랜트 등과 같은 생산 공정이나 냉동기를 비롯한 각종 기계장치에서 발생된 열을 수냉식 열교환장치에서 물로 직접 냉각시킬 때 공정유체의 열을 전달 받아 데워진 물을 대기의 공기와 직접 접촉시켜 물의 증발 잠열을 이용하여 원하는 온도로 냉각시켜 주는 기계장치이다.



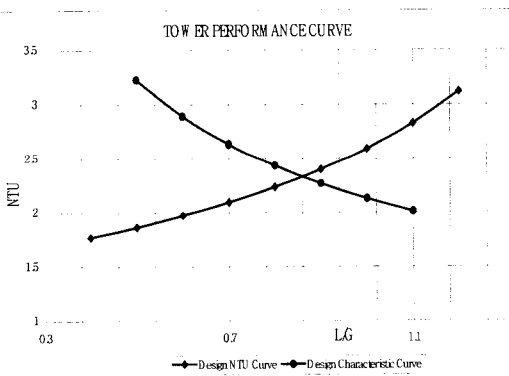
냉각탑은 대기의 공기를 강제로 유입하는 공기 유입장치, 물과 공기의 접촉을 최대한 늘리기 위한 충전재, 충전재 상부에 물을 고르게 분배하기 위한 물 분배장치, 물 분사 과정에서 미세한 물 방울이 공기 흐름에 편승하여 냉각탑 외부로 유출되는 것을 막기 위한 비산제거장치 및 대기의 공기를 원만하게 유입되도록 하는 공기 흡입구 등으로 구성되어 있다.

일반적으로 성능이라 하면 기계적인 효율을 의미하는 것으로 Input 대비 Output를 절대적으로 비교하는 것인 반면에, 냉각탑의 경우 성능(또는 효율)이라 함은 설계 열 성능 대비 실제 열 성능을 상대적으로 비교하는 것을 말한다. 냉각 성능 계산 절차가 그리 간단하지 않기 때문에 전문적인 지식 없이는 이해하기 어려운 점이 많다. 그런 이유로 분석자가 의도적으로 설계 자료를 고쳐 실제 성능을 왜곡할 개연성이 많다. 본 글에서는 냉각성능 분석법, 냉각성능 분석절차, 냉각성능 측정항목

및 의도적인 설계 및 측정 자료를 조작할 경우 분석결과에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

2. 냉각성능 분석법

냉각성능을 분석하는 기법에는 냉각탑 제조사가 작성하여 제출하는 냉각성능곡선 (설계 냉각수량의 90, 100 및 110% 각각에 대하여 설계 냉각범위의 80, 100 및 120%로 하는 열 부하조건에 대하여 일정한 범위의 습구온도에 대하여 예상되는 냉각수 온도를 나타낸 곡선)을 이용하여 시험자료를 분석하는 것과 냉각특성곡선 (가로축에 L/G를 나타내고 세로축에 각각의 L/G에 해당되는 NTU 값을 나타낸 곡선)을 이용하여 시험자료를 분석하는 2가지 방법이 있다. 아래의 곡선은 냉각탑 특성곡선을 나타낸 것이다.



시험방법 및 분석절차에 대한 국제적인 규격서는 미국 ASME에서 발간한 PTC-23 (Atmospheric Water Cooling Equipment Performance Test Code)과 미국 CTI에서 발간한 ATC-105(Acceptance Test Code For Cooling Tower Field)로, 전자의 코드는 냉각성능곡선을 이용하여 분석하는 기법을 다룬 반면에 후자의 코드는 앞서 언급한 두 기법 모두를 다룬 점이 차이가 있을 뿐 그 내용은 거의 유사하다. 우리나라에서는 거의 대부분 CTI에서 발간한 ATC-105를 근거로 냉각성능을 분석하고 있다.

한편, 국내 시험규격으로는 KS 규격 B6364와

KARSE (한국설비기술협회) B0004 (기계통풍식 냉각탑 시험방법)가 있으며, KS 규격은 현재 적용하기 곤란하여 거의 무시되고 있는 반면에 KARSE 규격은 CTI ATC-105를 참고하여 작성된 것으로 ATC-105와 거의 유사하여 널리 사용되고 있다.

3. 냉각성능 분석절차

열 교환이 순수하게 공기와 공정유체 간의 온도차에 의하느냐 아니면 이들 두 매체 간의 온도차 이외에 증발과 같은 다른 열 교환이 포함되느냐에 따라 냉각성능을 분석하는 방법이 크게 차이가 난다. 일반적인 공랭식 열교환기 (Air Cooled Heat Exchanger: ACHE)의 경우 튜브 내는 공정 유체가 흐르고, 튜브 표면에는 공기가 흐르면서 공정유체와 공기의 온도차에 의해서 열 전달이 이루어지는 반면에 습식 냉각탑의 경우는 냉각수를 공기와 직접 접촉시켜 냉각수 일부가 증발되면서 냉각수로부터 열을 빼앗는 열전달이 (물 1 Kg을 증발시킬 때 577 Kcal의 열이 필요함.) 주를 이루게 된다.

냉각탑에 있어서 증발은 대기의 건구온도, 상대 습도 및 냉각수의 온도 등에 따라 변화하기 때문에 절대적인 방법으로 냉각성능을 분석하는 것이 불가능하고, 설계 대비 시험결과를 상대적으로 비교하는 분석법을 사용하게 된다. 공랭식 열교환기와 냉각탑의 냉각성능 분석에 대하여 상호 비교 설명을 통하여 그 차이점을 알아본다.

1) 냉각능력 또는 열 성능

- ◎ ACHE의 냉각능력 = (조정유량 / 설계유량) x 100 (%)
- ◎ 냉각탑의 냉각능력 = (조정유량 / 예상유량) x 100 (%)
- ◎ 냉각탑의 냉각능력 = (교점 L/G / 설계 L/G) x 100 (%)

열 성능을 계산함에 있어 ACHE의 경우는 설계 유량 대비 시험 결과에서 얻은 토출 공기량 및 공

기온도를 기준으로 총 열전달 계수를 구하고 이것으로부터 조정 유량값을 계산하여 얻는 방법을 사용하는 반면에, 냉각탑의 경우는 냉각성능곡선에 의할 경우는 유량 대비로 냉각능력을 구하고 냉각 특성곡선에 의할 경우는 L/G 대비로 냉각능력을 계산하게 된다.

2) ACHE 냉각능력 계산절차

a. 시험자료의 유효성 검토: 냉각능력을 분석하기에 앞서 시험자료가 유효한지를 검토하기 위해서 Process Side (Tube Side라고도 함)에 대한 시험 열부하량과 Air Side에 대한 시험 열부하량을 각각 계산한다.

$Q_t = W_t \times (h_{t2} - h_{t1})$ <--- Tube Side 열 부하량
(W_t : Tube Side 유체의 단위 시간 당 흐름 무게, h_{t2} : 유체의 입구 온도에서의 엔탈피, h_{t1} : 유체의 출구온도에서의 엔탈피)

$Q_a = W_a \times (h_{a2} - h_{a1})$ <--- Air Side 열 부하량
(W_a : 공기의 단위 시간 당 흐름 무게, h_{a1} : 입구 공기의 엔탈피 h_{a2} : 출구 공기의 엔탈피)
(공기에 대한 열 부하량을 계산하기 위해서는 공기량과 공기의 온도를 측정하여야 한다. 냉각탑에서는 공기량 측정이 필요하지 않음.)

b. 공기 무게흐름을 보정값 계산

보정 공기량 = 시험 공기량 x (Q_t / Q_a)

c. 시험 대수유효 대수평균온도차 (Effective Logarithmic Mean Temperature Difference) 계산

$EMTD_t = F \times LMTD_t$

d. 미보정 시험 총 열전달 계수 (Overall Heat Transfer Coefficient) 계산

$U_t = Q_t / (A \times EMTD_t)$ (A: 튜브 외부 면적)

e. 공기 유막저항을 정하기 위한 저항들의 계산

- 내부 유막저항 (Inside Film Resistance)
= 1 / 열전달 계수 x
(튜브 내외부 면적비)
- 내부 오염저항 (Inside Fouling Resistance)

- = 유체 열 저항 x (튜브 내외부 면적비)
- 외부 오염저항 (Outside Fouling Resistance)
- 일차 벽 전도저항 (Prime Wall Conduction Resistance)
- 핀결합 전도저항 (Fin Bond Conduction Resistance)
- 핀뿌리 벽전도저항 (Fin Root Wall Conduction Resistance)

공기유막저항 = $1/U_t$ - 내부유막저항 - 내부오염저항 - 외부오염저항 - 일차벽전도저항 - 핀결합 전도저항 - 핀뿌리 벽전도저항

f. 설계 팬 축마력과 설계 공기밀도에 대한 보정 공기흐름율과 공기유막저항 계산

보정 공기흐름율 = 시험 공기흐름율 x (BHP_d / BHP_t)^{1/2.7} x ($Density_d / Density_t$)^{2/3}

보정 공기유막저항 = 공기 유막저항 x (시험 공기흐름율 / 보정 공기흐름율)^{0.681}

g. 보정 유체흐름을 계산

$Q_p = W_p \times CP_p \times (T_2 - T_1)$ 대한 열 부하량을 계산한 다음 아래의 관계식을 이용하여 내부유막저항을 계산한다.

내부유막저항₁ = 내부유막저항₂ x (유체흐름율₂ / 유체흐름율₁)^{0.8}

위 관계식을 이용하여 가정한 유체흐름율에 대한 내부유막저항을 구한다. 앞서 구한 열 저항들 중에서 방금 구한 보정 공기유막저항 값과 내부유막저항 값으로 대체한 다음 열 저항의 총합을 구하고 그 값을 역으로 취하면 1차 총 열전달 계수를 구하게 된다.

따라서 $Q_{adj} = U_{adj} \times (A \times EMTD_{adj})$ 을 얻을 때 까지 W값을 변경하면서 시행착오법 (Try & Error)을 사용하여 보정 유체흐름율을 얻는다.

h. 최종적으로 냉각성능 능력을 구한다.

냉각 성능 능력 = (보정 유체흐름율 / 설계 유체흐름율) x 100

ACHE에 있어서 냉각성능 능력을 구하는 절차를 정리하면, 시험자료를 설계자료와 비교하여 보정 유체흐름율을 얻기 위해서는 반드시 공기량 및 공기의 온도를 측정하고 그 값을 이용하여 설계 팬 축마력을 계산하고 공기밀도로 보정 공기량을 계산해낸 다음 이 값으로부터 시험 공기량과 비교하여 보정 공기유막저항을 얻는 과정을 시작으로 시행착오법을 사용하여 유체의 열 부하량이 거의 일치하는 보정 유체흐름율을 찾아 내어 설계 유체 흐름율과 비교하여 냉각성능을 구하는 과정이다. 따라서 성능평가가 주어진 설계 및 시험 자료만을 이용함으로 절대평가라 할 수 있다. (주. ACHE의 경우 제작자가 고의로 설계 축 마력과 공기 밀도값을 수정하여 보정 유체흐름율을 높게 함으로써 성능이 잘 나오는 것처럼 조작할 수 있다.)

3) 냉각탑 냉각능력 계산 절차

그러나 냉각탑의 경우는 앞서 언급한 바와 같이 증발이라는 또 다른 열 전달 인자가 있음으로 보정 유체흐름율을 구하는 것은 ACHE와 대동소이하나 설계 유체흐름율 대신에 시험 온도 조건에서의 예상 유체흐름율을 계산하고 그 값과 보정 유체흐름율을 구하는 것이 가장 큰 차이점이다. 시험 조건에서의 예상 유체흐름율을 구하기 위해서는 냉각탑 제조업체에서 제시한 냉각탑 성능곡선이 반드시 필요한데 다음 과정을 보면 알 수 있다

(주. 냉각탑의 경우는 증발이라는 열 전달 인자 때문에 절대 평가가 불가능하고 냉각탑 성능곡선을 기준으로 상대적인 평가법을 사용하여야 하는데, 이 때 냉각탑 제조업체가 고의로 설계 팬 축 마력과 공기밀도 그리고 성능곡선을 조작할 수 있는 여지가 있어 ACHE에 비하여 올바른 성능 평가가 곤란한 점도 배제할 수 없다. 그러나 설계 자료에 대한 열평형을 확인하고 그에 따른 성능곡선을 확인한 다면 고의성은 금방 확인될 수 있다. 문제는 냉각탑 소비자가 이런 사항을 확인할 능력이 없다는 것이다.)

냉각탑 제조업체는 설계 순환수량 90%, 100%

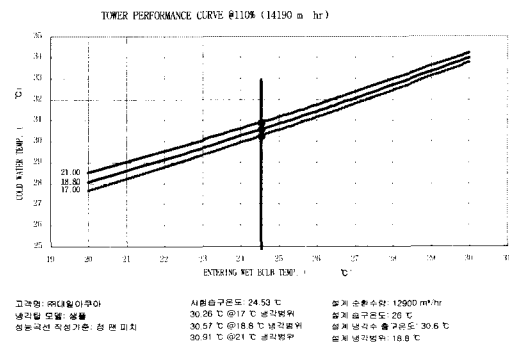
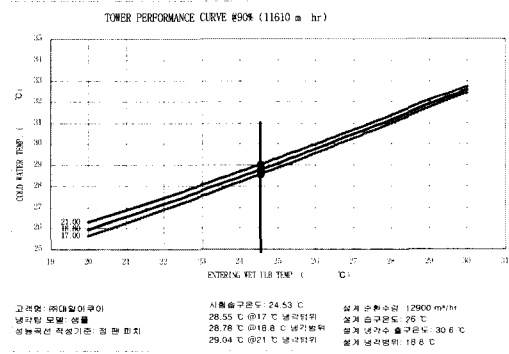
및 110% 각각에 대하여 설계냉각범위의 80%, 100% 및 120% 때의 가로축을 습구온도로 하고 그 때의 냉각수 예상 출구온도를 세로축에 작도한 3 종류의 냉각탑 성능곡선을 제시하게 된다.

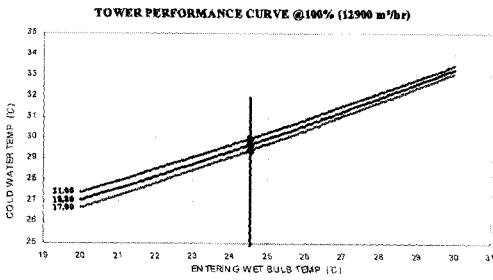
시험온도에서의 예상유량을 구하고 설계조건과 시험조건을 비교하여 조정유량을 구하는 절차는 다음과 같다.

a. 예상 냉각수량 (Predicted Water Flow Rate) 결정

예상 냉각수량은 3 종류의 성능곡선을 이용하여 시험 시의 습구온도 및 냉각범위일 때에 그 냉각탑이 냉각할 수 있는 냉각수량은 얼마나 되는지 (예상 냉각수량)를 결정하는 과정으로 다음 절차에 의한다.

① 시험 습구온도 때의 냉각수 예상 출구온도 결정





고객명: 주대일아쿠아
냉각탑 모델: 샘플
설계곡선 작성기준: 정 팬 피치

시험습구온도: 24.53 °C
29.41 °C @ 17 °C 냉각수량
29.68 °C @ 16.8 °C 냉각수량
25.97 °C @ 21 °C 냉각수량

설계 순환수량: 12900 m³/hr
설계 습구온도: 26 °C
설계 냉각수 출구온도: 30.6 °C
설계 냉각범위: 18.8 °C

위의 곡선과 같이 90%, 100% 및 110% 냉각수량에 대한 성능곡선에 시험 습구 온도에 해당되는 가로축 온도점에서 수직으로 선을 긋는다. 시험 습구 온도에서 각각의 냉각범위 곡선과 교차하는 점에서 세로축의 값을 읽으면 그것이 각각의 냉각수량에 대한 예상 출구온도이다.

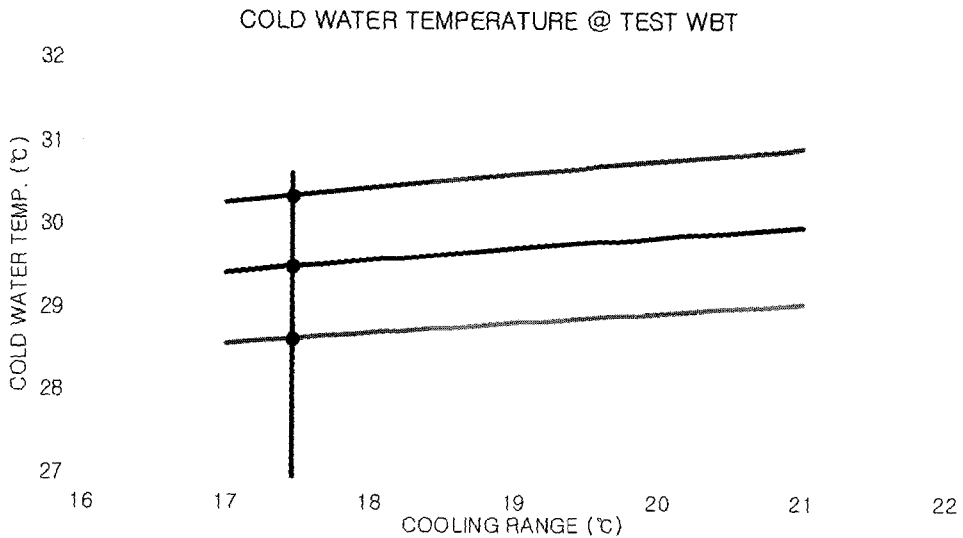
3개의 곡선에서 시험 시의 습구 온도에서의 냉각수 온도를 정리하면 아래 테이블과 같은 값을 얻을 수 있다.

RANGE (°C)	WATER FLOW RATE		
	90%	100%	110%
17.00	28.55	29.41	30.26
18.80	28.78	29.68	30.57
21.00	29.04	29.97	30.91

② 시험 냉각범위에서의 냉각수 예상 출구온도 결정

앞서 얻은 자료를 냉각수량을 변화량으로 하고 가로축을 냉각범위 세로축을 냉각수 출구온도로 하는 곡선을 작도한 다음, 90%, 100% 및 110% 냉각수량에 대한 예상 출구온도 곡선에서 시험 습구 온도에 해당되는 가로축 온도점에서 수직으로 선을 긋는다. 시험 냉각범위에서 각각의 유량 곡선과 교차하는 점에서 세로축의 값을 읽으면 그것이 시험 냉각범위에서 각각의 냉각수량에 대한 예상 출구온도이다.

RANGE (°C)	WATER FLOW RATE		
	90%	100%	110%
17.46	11610	12900	14190
	28.61	29.48	30.35



고객명: 주대일아쿠아
냉각탑 모델: 샘플
설계곡선 작성기준: 정 팬 피치

시험습구온도: 24.53 °C
시험냉각범위: 17.46 °C
30.35 °C @ 110% 냉각수량
29.48 °C @ 100% 냉각수량
28.61 °C @ 90% 냉각수량

설계 순환수량: 12900 m³/hr
설계 습구온도: 26 °C
설계 냉각수 출구온도: 30.6 °C
설계 냉각범위: 18.8 °C

③ 시험 습구온도 및 냉각범위에서의 예상 냉각수량 결정

위의 시험 냉각범위에 대한 각각의 냉각수량에서의 예상 출구온도 값을 가로축은 냉각수량 세로축은 냉각수 출구온도로 하는 커브를 작도한다. 예상 냉각수량을 결정하는 마지막 단계로 시험 냉각수 출구온도를 이 곡선과 같이 시험 냉각수 출구온도와 곡선이 만나는 점에서 수직 아래의 값을 읽으면 그 값이 예상 냉각수량인 것이다.

b. 조정 냉각수량 (Adjusted Water Flow Rate) 결정

냉각수량은 공기압 손실에 절대적인 영향을 미치는 인자로 공기압 손실은 곧바로 팬의 공기량과 축 동력에 영향을 미치게 됨으로 설계치 자료와 비교하여 보정해 주어 조정 냉각수량을 구하여야 한다. 팬은 설계 조건과 다른 상황에서 운전되기 때문에 팬의 효율이 바뀌게 된다. 따라서 설계 조건과 비교하기 위해서는 팬과 관련하여 한 가지 가정을 할 필요가 있는데 이 때 가정을 하기 위한 기준 설정이 요구되며 그 기준은 아래와 같이 3 종류가 있다.

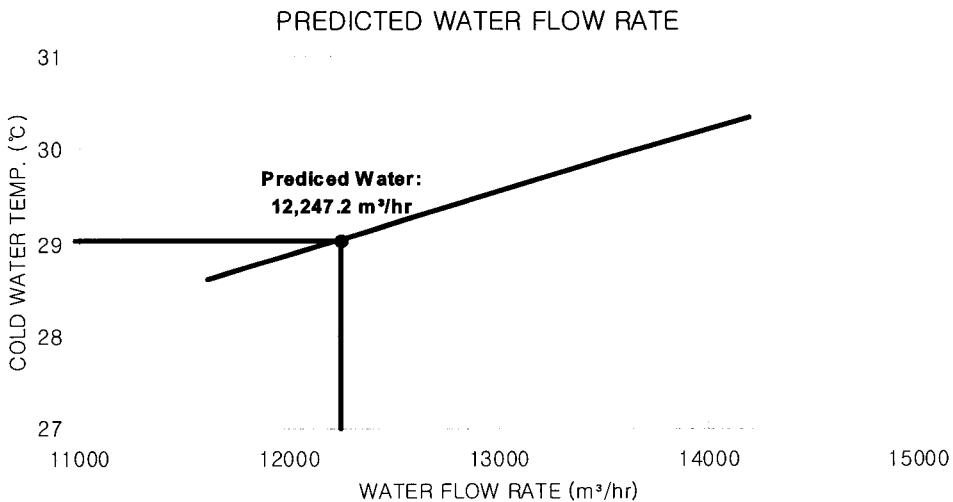
① 정 팬 축동력 (Constant Fan BHP): 설계 시 결정된 팬의 축 동력은 냉각탑 운전조건에 상관없이 항상 일정하다는 가정으로 종전에는 이 방식도 사용하였으나 이 가정은 현실성이 결여되어 CTI는 동 방식에 의한 냉각수량 보정을 인정하지 않고 있다.

$$L_{adj} = L_{test} \times (BHP_{design} / BHP_{test})^{1/3}$$

(상기 식 유도는 저자가 운영하는 냉각탑 기술 홈페이지 <http://myhome.hanafos.com/criok> 영문판 열량설계 매뉴얼 22장 참조.)

② 정 공기무게량 (Constant Gas): 이 방식은 설계 조건이나 운전조건에서 공기 무게흐름율이 일정하다는 가정을 근거로 한 것으로 CTI에서는 이 방법에 의한 냉각수량 보정 역시 인정하지 않고 있다.

$$L_{adj} = L_{test} \times (BHP_{design} / BHP_{test})^{1/3} \times (Density_{test} / Density_{design})^{1/3} \times (Specific\ Volume_{test} / Specific\ Volume_{design})$$



고객명: ㈜대일아쿠아	시험습구온도: 24.53 °C	설계 순환수량: 12900 m³/hr
냉각탑 모델: 생플	시험냉각범위: 17.46 °C	설계 습구온도: 26 °C
성능곡선 작성기준: 정 팬 피치	14190.00 °C @ 110% 냉각수량	설계 냉각수 출구온도: 30.6 °C
	12900.00 °C @ 100% 냉각수량	설계 냉각범위: 18.8 °C
	11610.00 °C @ 90% 냉각수량	

③ 정 팬 피치각 (Constant Fan Pitch): 이 방식은 설계 조건이나 운전조건이나 팬에서 토출하는 풍량이 일정하다는 가정으로 CTI는 이 방법에 의해 시험 냉각수량을 보정한 것만을 인정하고 있다.

$$L_{adj} = L_{test} \times (BHP_{design} / BHP_{test})^{1/3} \times (Density_{test} / Density_{design})^{1/3}$$

상기 보정 방식 중에서 CTI가 인정하고 있는 세 번째 방법으로 시험 냉각 수량을 보정하는 각 과정에 대해서 설명하고자 한다. 위 식의 시험 공기 밀도(Density_{test})를 구하기 위해서는 먼저 시험 L/G (L/G_{test})를 구하여야 한다.

(참고로, 시험 시의 공기 상태값을 얻기 위하여 토출공기의 상태를 측정하여 사용하는 것은 잘못된 것이며, 냉각탑 성능분석 시는 사용해서는 안 된다.) 시험 L/G를 유도하는 과정은 저자가 운영하는 냉각탑 기술홈페이지 <http://myhome.hanafos.com/criok> 영문판 열량설계 매뉴얼 21장을 참고하기 바란다.

$$L/G_{test} = L/G_{design} \times (Water\ Flow_{test} / Water\ Flow_{design}) \times (Fan\ BHP_{design} / Fan\ BHP_{test})^{1/3} \times (Exit\ Air\ Density_{test} / Exit\ Air\ Density_{design})^{1/3} \times (Exit\ Specific\ Volume_{test} / Exit\ Specific\ Volume_{design})$$

설계 및 시험조건에서의 공기의 상태값 (밀도, 비체적 및 엔탈피 등)을 산출하는 것은 공기를 유입하는 팬의 설치 위치가 냉각탑 하부나 상부냐에 따라 다르다. 냉각탑 하부에 팬이 설치되는 압입송풍식 (Forced Draft)인 경우는 팬 입구에서의 공기 조건은 냉각탑으로 유입되는 공기조건과 동일함으로 시험 시의 건.습구온도 및 대기압 측정값으로 쉽게 계산이 되는 반면에 유동통풍식 (Induced Draft)인 경우는 팬 입구에서의 공기 조건은 냉각탑 토출공기와 같은 조건임으로 시험 시의 공기의 상태값들은 열 평형식으로부터 계산하여야 한다. 상기 L/G_{test} 식에서 미지수는 출구

공기의 밀도 (Exit Air Density_{test})와 비체적 (Exit Air Specific Volume_{test})으로 토출공기의 엔탈피 값을 시행착오법에 의해서 계산하여야 한다.

c. 열 성능 능력 (Thermal Performance Capability) 결정

열 성능 능력 (냉각능력) = 예상 냉각수량 / 조 정 냉각수량 x 100 (%)

4. 냉각성능 측정항목

지금까지 냉각 성능곡선을 사용하여 냉각 성능을 분석하는 과정을 살펴보았다. 냉각탑 성능을 분석하기 위해서는 일차적으로 냉각탑 제조업체가 냉각성능곡선을 제시하여야 하고, 냉각탑에 대한 아래와 같은 설계 자료를 제시하여야 한다.

- ◎ 순환수량
- ◎ 팬 축마력
- ◎ 냉각수 냉각범위
- ◎ 냉각수 입구온도
- ◎ 해발고도 또는 대기압
- ◎ 습구온도
- ◎ 건구온도
- ◎ 상대습도
- ◎ 설계 L/G
- ◎ 설계 KaV/L
- ◎ 냉각탑 특성치 기율기

냉각탑 제조업체가 제시하는 위의 설계자료 중에서 팬 축마력 및 설계 L/G는 매우 중요한 요소들로 이들 자료가 정확하지 않으면 성능분석 결과가 잘못되게 된다. 한편, 설계 KaV/L 및 냉각탑 특성치 기율기는 냉각성능곡선을 작도하는데 반드시 필요한 것으로 이 자료와 함께 설계 L/G 및 팬 축마력 자료를 이용하여 냉각탑 성능곡선의 진실 여부를 확인할 수 있다.

또한 시험 시 측정된 결과에서 가장 많은 오류가 날 수 있는 부분은 팬 축마력과 냉각수당률로 검 교정된 측정기를 이용하여야 하며, 설계조건과 비

교하여 분석오차를 최소화하기 위해서는 허용범위 내에 도달될 때 측정된 것이어야 하며 측정 횟수에 대한 자료는 아래와 같다.

측정 항목	허용 측정 범위	측정 회수
습구온도	설계치 $\pm 8.5^{\circ}\text{C}$	12 회 / 시간
건구온도	설계치 $\pm 14.0^{\circ}\text{C}$	12 회 / 시간
냉각수 출구수온	설계치 $\pm 20\%$	12 회 / 시간
냉각수 입구수온	설계치 $\pm 20\%$	12 회 / 시간
냉각수 순환수량	설계치 $\pm 10\%$	3 회 / 시간
대기압	설계치 $\pm 25.4\text{mmHg}$	1 회 / 시간
전동기 출력	설계치 $\pm 10\%$	1 회 / 시간
풍속		연속

5. 의도적인 설계 및 측정 자료를 조작할 경우 냉각성능 분석결과에 미치는 영향

설계자료 및 시험 측정자료 일부를 냉각탑 제조업체가 유리한 방향으로 조작을 하게 되면 냉각성능은 실제보다 좋게 꾸밀 수 있다. 따라서 설계 자료의 검증과 측정 자료의 신빙성이 확보되어야 된다. 또한, 성능 측정치가 정확하다고 하더라도 설계 자료가 엉터리이면 냉각 성능분석 의미는 퇴색되고 마는 것이다. 설계자료 검증은 저자가 운영하는 냉각탑 홈페이지 <http://myhome.hanafos.com/criok>에서 냉각성능 곡선 작도 프로그램을 실행하여 냉각탑 업체가 제시하는 것과 비교해 보는 것이고, 아울러 냉각탑 열량설계 확인 프로그램을 이용하여 열량 설계를 검증하는 것이 필요하다.

앞서의 냉각 성능 결과에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 인자는 냉각수량과 팬 축마력으로 가령 실제 보다 측정 냉각수량을 5% 많은 것으로 하고 팬 축마력은 5% 적게 든 것처럼 할 경우 냉각성능은 대략 8-9% 정도 좋게 나타난다.

참고로, 일반적으로 팬 설계 시 공기량과 정압에 여유를 주게 됨으로 측정 시의 팬 축마력은 설계 팬 축마력 보다 낮은 것이 대부분이다. 그러나 이런 사실을 간과하고 측정을 올바르게 하지 않을 경우 냉각성능 분석결과가 다르게 나타나게 되는 이유 중의 하나이다. 또한, 냉각수 순환 펌프 설계 시에 요구 유량에 10%, 요구 양정에 20-30%의 여유를 주어 펌프를 선정하는 것이 일반적임으로 실제 운전 시에 펌프계에 걸리는 계의 저항은 선정 시 보다 30-40% 낮은 것이 대부분이다. 펌프계의 저항이 낮으면 펌프는 쉽게 토출을 하게 됨으로 실제 운전 시의 유량은 늘 많게 된다. 이런 이유로 펌프 토출량을 조절하기 위한 스톱 밸브를 펌프 출구단에 두고 양수량을 조절하는 것이다. 냉각수량이 설계수량 보다 많게 되면 충전제에서 공기압 손실이 급격히 올라가 팬이 유입하는 공기량이 급감하여 냉각성능에 결정적인 영향을 미치게 된다. 따라서, 냉각수량을 측정하지 않고 펌프 명판상의 유량을 사용하면 냉각성능 결과에 큰 오차가 발생된다.

6. 결 론

이 글을 읽는 독자에 따라서는 “어떻게 하면 냉각탑 성능을 속일 수 있는가?” 하는 것을 터득하였을 것이고, “냉각 성능을 속지 않으려면 어떻게 하여야 하는가?”를 터득한 경우도 있을 것이다. 오래전 서부터 냉각탑 성능분석과 관련한 자료가 공개되어 있어서 누구나 쉽게 구할 수 있는 상황이었으나, 관련 자료 대부분이 전문적인 이해를 필요로 하기 때문에 일반인이 상세히 알기는 역부족이다. 이를 악용하여 고객을 기만하는 일이 없어야 할 것이다. 앞으로는 기술적으로 보다 투명하여야 할 것이며, 차별화된 기술을 바탕으로 선의의 경쟁을 하는 것만이 냉각탑 업계의 발전을 위한 길임을 명심하여 이 글이 조금이라도 업계와 소비자들에게 도움이 되기를 기대해 본다.