

일반적으로 건물이나 산업 현장에 설치되는 항온항습기 및 공조 장치 등은 외기의 온도나 습도와 관계없이 관리자가 최초 설정한 값을 수동으로 변경시키지 않는 한 항온항습 또는 냉·난방 기간중에 연중 또는 수개월 간 항상 일정한 실내 온·습도를 유지하기 위해 많은 에너지를 소모하고 있다. 이러한 문제점에 착안하여 비교시험을 통한 실증시험을 수행한 이코노 공조기는 본문과 같은 여러 가지 기능들을 자동으로 수행하게 함으로써 공조부하 절감을 통하여 궁극적으로 에너지 절감을 이룰 수 있도록 제작된 기기이다.

## 제1장 서론

근대의 산업사회는 대량생산과 대량소비라는 메카니즘으로 고도 문명사회를 건설했지만 반면에 현존하는 산업체제를 유지시켜온 에너지 자원의 고갈과 생태계 파괴라는 심각한 사회문제를 야기시키고 있다. 우리나라의 경우에도 국내 부존자원이 빈약한 여건 하에서 경제성장에 따라 증가하는 에너지 수요를 대부분 수입으로 충당함으로써 에너지의 해외 의존도가 지속적으로 상승하였고 저에너지 가격정책을 유지함으로써 비효율적인 에너지 소비증가를 가속시켰다. 이에 따라 국가적으로 에너지 기기의 효율등급사업제 시행, 고효율 에너지 기기의 보급 확대를 통한 에너지 절감 유도, ESCO 육성 등 다각적인 정책이 시행되고 있다. 건물의 냉, 난방 등 국내 에너지 소비량 중 절대적인 비중을 차지하고 있는 공기조화 분야는 대형 건물, 공장의 신축 및 생활 수준 향상에 따른 생활 환경 조건의 고급화 추세에 따라 매년 증가 추세에 있다. 그러나 동 분야에 대한 공기조화 기술의 발전은 다른 분야에 비하여 매우 미미한 실정으로 대부분 과거의 기술을 그대로 답습하고 있어 현재까지도 많은 에너지 낭비적인 요소를 갖고 있다. 이는 단순한 에너지의 낭비 뿐 아니라 궁극적으로는 이의 과도한 사용으로 인한 2차 오염물질 발생으로 인하여 환경오염을 초래하며 가까운 일본의 예와 같이 여름철에 냉방기의 과도한 사용으로 도시 전체의 온도를 상승시키는 등의 부작용도 초래할 수 있다. 뿐만 아니라 여름철 냉방기의 과다 사용으로 인하여 피크 전력치(Peak Load)가 크게 상승함으로써 국내 예비전력율의 부족 등 심각한 전력 공급 문제를 야기시킬 수도 있으므로 동 분야에 대한 에너지절감 노력은 국가적으로도 큰 의미를 부여할 수 있다.

산업용 및 대형 건물 등의 공조 운전은 외기조건과 관계없이 연중 또는 계절별로 일정한 실내 온·습도를 유지시킴으로써 필요 이상의 막대한 에너지 비용

을 낭비하고 있다. 그러나 실제로 정밀계측기 등 일부 항온항습을 유지하여야 하는 특수한 경우를 제외하고는 대부분 일정 범위 내의 적절한 온, 습도를 유지할 경우 일반인이 느끼는 쾌적한 환경을 구현하는데 큰 문제가 없으므로 이러한 운전조건에 대한 심도 있는 연구와 해당제품의 개발이 필요하다.

## 제2장 이코노 공조기에 대한 고찰

### 2-1. 이코노 공조기의 기본 원리

일반적으로 건물이나 산업 현장에 설치되는 항온항습기 및 공조 장치 등은 외기의 온도나 습도와 관계없이 관리자가 최초 설정한 값을 수동으로 변경시키지 않는 한 항온항습 또는 냉·난방 기간중에 연중 또는 수개월 간 항상 일정한 실내 온·습도를 유지하기 위해 많은 에너지를 소모하고 있다. 이러한 문제점에 착안하여 비교시험을 통한 실증시험을 수행한 이코노 공조기는 아래와 같은 여러 가지 기능들을 자동으로 수행하게 함으로써 공조부하 절감을 통하여 궁극적으로 에너지 절감을 이룰 수 있도록 제작된 기기이다.

### 2-2. 이코노 공조기의 특성

#### 1) 실내 온·습도 자동조절장치

일부의 초정밀 Room을 제외한 일반 항온항습실의 경우 실내 온·습도 허용범위가  $\pm 1 \sim 3^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 3 \sim 10\%(\text{RH})$ 인 경우가 대부분으로 외기 조건에 따라 실내 온·습도를 상시 가변제어 할 경우 많은 에너지를 절감할 수 있으나 현실적으로는 연중 일정한 온·습도를 유지하기 위하여 냉각, 제습, 가열, 가습 등의 공조운전을 반복 수행함으로써 막대한 에너지를 불필요하게 낭비하고 있는 실정이다. 그러나 이코노 공조기는 관리자가 실내 온도 및 습도조건의 상, 하한 값만을 설정하게되면(예: 온도  $21^{\circ}\text{C}$  이상 ~

25℃ 이하, 습도 35%이상 ~ 65% 이하) 관리자의 별도 조치 없이 기기 스스로 외기 상태와 실내공기 상태를 상시 비교 감시하여 가장 적은 에너지로 실내 공기조건을 만족시킬 수 있는 범위 내에서 자동 운전될 수 있도록 설계되어 있다.

예를 들면 여름철 냉방 운전시 외기온도차가 아침에는 25℃, 한낮에는 35℃, 저녁에는 26℃라고 가정하고 관리자가 설정해 놓은 실내 온도 값이 25℃라고 할 때 기존 공조 장치 제어 방식으로 운전 할 경우 실내 온도값은 하루종일 25℃를 유지하게 된다.

하지만 인공지능 콘트롤러가 내장된 이코노 공조기의 경우는 아침에는 실내온도를 25℃로 유지 하더라도 시간이 경과됨에 따라 외기 온도차가 지속적으로 변화할 경우 실내 온도 설정값을 25.2℃, 25.3℃, ...와 같은 방법으로 서서히 변화시켜 한 낮에는 26.9℃, 27℃, 26.9℃, 29.8℃..., 저녁에는 25.3℃, 25.2℃..., 와 같은 방법으로 상시 가변 제어하게 된다.

또한 실내 습도 제어도 마찬가지로 아침에는 쾌청하고 건조하였다가 낮에는 비가 내리고 저녁에는 개이는 등 외기 상태가 변화할 경우 이코노 공조기는 외기 상대습도와 절대습도 값의 상태 변화에 따라 실내 습도 설정값을 ..., 41.1%RH, 42.2%RH, 61.2%RH, 61.3%RH, 61.2%RH, ..., 48.3%RH, 48.7%RH...와같은 방법으로 상시 가변 제어하게 된다.

이러한 방법으로 하여 여름철 냉방기의 과다 사용으로 인한 피크 전력치를 낮게 유지 할 수 있을 뿐만 아니라 외기 조건에 따라 적정하게 실내 온습도를 유지시켜 실내 쾌적도를 높이고 냉방병 예방 등의 부수적 효과를 기대할 수 있다.

뿐만 아니라 냉동기의 가동율을 낮출수 있으므로 주요설비의 내구수명 향상과 설비 가동으로 인한 2차 오염물질 발생을 억제하는 데도 긍정적으로 기여할 수 있다.

## 2) 외기 도입량 가변제어 장치

공장이나 건물 등의 공조장치에서 외기 도입량의 결정은 공조기 운전에서 쾌적한 실내환경조성과 에너지 손실 최소화라는 두 가지 목적을 만족시키기 위한 중요한 단계이다. 하지만 현실적으로 두 가지 목적을 동시에 달성하기는 매우 어려운 관계로 일반적인 용도의 건물인 경우 냉방 또는 난방

수행시 외기 조건과 관계없이 외기 댄퍼 개도율을 최소상태로 일정하게 유지(약 10%)시키는 도입 외기 축소모드로 운전하고 있다. 이코노 공조기는 이러한 문제점을 개선하기 위해 외기와 실내공기의 엔탈피 차에 의한 도입 외기량 가변 제어시스템을 적용하였다. 모든 실내에는 외기의 침입이 따르기 마련인데 외기의 침입량은 외기와 실내 공기의 밀도 차에 비례한다. 따라서 외기와 실내공기의 온도 및 절대습도의 차이가 커지면 커질수록 더 많은 외기가 실내로 자연 유입 되게되어 강제도입시키는 외기량을 최소화하더라도 실내공기는 일정부분의 쾌적도를 유지할 수 있는 것이다. 이코노 공조기는 이러한 점에 착안하여 실·내외 공기 엔탈피 차가 커질수록 도입 외기량을 적게 하고 엔탈피차가 적을수록 도입 외기량을 많게 하여 관리자가 설정해 놓은 범위 내에서 (약5~20%) 기기 스스로 도입 외기량을 결정할 수 있도록 함으로써 외기 도입으로 인하여 과다하게 낭비되던 에너지 손실을 최소화하면서 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있도록 제작되었다.

## 3) 이코노 공조기의 제어 동작 원리 및 제어 과정

기기에 내장된 인공지능 콘트롤러는 외부공기의 건구 온도 및 상대습도, 실내공기의 건구온도 및 절대습도, CO<sub>2</sub>농도 등의 값을 입력 받은 다음 자체 연산기능을 통해 외부 및 실내공기의 엔탈피, 절대습도, 공기밀도 등의 값을 연산하여 도출해 낸다.

도출된 각종 자료값을 바탕으로 실내외 공기의 엔탈피차, 공기밀도 차이 등을 계산한 뒤 사전 입력된 프로그램에 의해 실내 온·습도값과 외기 도입량 등을 결정하게 된다. 이때 실내 온·습도 설정값 및 외기 도입량 등은 관리자가 사전에 설정해 놓은 상태에서 가변 범위 내에서 결정되게 된다.

예를 들면 실내의 온도조건을 22.5℃~26.5℃, 상대습도조건을 40%RH~65%RH 강제 외기 도입량을 순환 공기량의 5%~15%의 범위로 사전 설정해 놓은 상태에서 이코노 콘트롤러의 연산값에 의한 실내 온습도 설정값이 27℃.68%RH 외기 도입량이 공조 순환량의 4%로 나타났을 경우 실내 온습도 및 도입 외기량의 최종설정값은 26.5℃, 65%RH, 공조 순환 풍량의 5% 등으로 결정된다.

# 이코노 공조기를 통한 에너지절약 기술

## 산업기술시험원 최종 보고서 자료 중

### 4) 이코노 공조기의 에너지 절감 효과

상기와 같은 방법으로하여 어느 정도의 에너지 절감이 이루어지는지를 별첨자료를 통해 확인할 수 있다. 별첨자료의 내용처럼 외기 온도 조건이 31.8℃, 57.8%RH 일 때 일반 표준운전 조건을 실내 공기 상태 25℃, 50%RH, 외기도입량 10%로 운전하고 이코노 공조기 운전조건을 실내 공기 상태 26℃, 62%RH, 외기도입량 7% 운전할 때 일반 공조운전에 비해 이코노 공조 운전시에 약 29%의 냉각 부하 절감이 이루어진 것을 알 수 있다.

### 5) 이코노 공조기의 기타 에너지 절약 장치

#### 5-1) 에너지 절감형 동파 방지 히터

코일의 하단에 밀착시키는 구조로 제작된 착탈 반사식 이코노 동파방지히터를 사용하여 전력소모량을 기존 공조장치의 약 1/3로 줄임으로써 에너지 절감을 이루어질 수 있도록 하였다.

#### 5-2) 비례제어 특성 댐퍼의 채택

일반 대향류형 댐퍼와 달리 개도율에 따른 풍량 변화율이 일정한 특성을 갖는 비례제어용 댐퍼를 채택하여 풍량 제어의 불균형에 따른 에너지 손실을 최소화함은 물론 외기 냉방

시 실내온도의 정밀한 제어가 가능하도록 하였다.

#### 5-3) 벨트장력 자동조절장치

FAN과 MOTOR간의 벨트장력이 항상 일정하도록 유지해주는 자동조절장치를 내장하여 벨트 떨림에 의한 분진 발생 및 베어링, 샤프트 손상에 따른 송풍기 수명 단축을 방지하고 장력의 과다 또는 과소로 인해 발생하는 에너지 낭비요인(Slip 등)을 최소화하였다.

#### 5-4) 냉각 결로수 회수 장치

여름철 공조기 외부로 버려지는 차가운 냉각 코일 결로수를 회수하여 예냉 기능을 수행함으로써 냉방에 소요되는 에너지를 절감하였다.

### [별첨자료]

#### ① 예측 부하량 및 에너지 절감율 비교

하기 표는 하절기를 기준으로 하였을 경우 냉각부하 예측 프로그램을 이용하여 구한 부하값과 실제 시험을 통하여 얻은 에너지 절감율(냉동기의 적산전력량)을 비교하여 나타낸 것이다. 이론적으로는 부하 절감율과 에너지 절감율이 동일해야 하나 항온항습실 등 실험실 내에서와 같이 외기조건을

[표. 예측 부하량과 에너지 절감율 비교]

구 분	외 기	예상처리부하[kcal/h]		부 하 율		부하 절감율	에너지 절감율
		부 하	이코노	일 반	이코노		
1	27℃이하	22,140	15,876	100%	72%	28%	34%
2	27~29℃	25,488	17,064	100%	67%	33%	37%
3	29~32℃	38,124	28,512	100%	75%	25%	29%
4	32℃이상	51,732	35,964	100%	70%	30%	27%
계(평균)		27,178	20,531	100%	71%	29%	32%

일정하게 유지할 수 없는 현장실험이므로 다소간의 차이가 발생한 것으로 판단된다. 그러나 각 외기온도 조건별로 비교하였을 경우 평균 90% 정도의 정확성을 나타내고 있으므로 일반적인 공조 예측프로그램에 비교했을 때 상대적으로 우수한 결과임을 알 수 있다.

## ② 냉각부하 예측 프로그램

본 Simulation Program은 이코노 공조 운전시 일반 공조 운전에 비해 절감되는 공조 부하율을 예측하기 위하여 아래와 같은 기준으로 Program 되었다.

### 1) 표준 부하 계산

공조 부하량 결정에 영향을 주는 여러 인자(예 : 현열량, 침입 외기량, 관류부하, 복사열, 인체부하, 기기부하, 조명부하 등)의 적용기준을 설정하기 위한 표준 부하 조건의 계산으로서 기준이 되는 부하조건은 다음과 같다.

#### (1) 관류 부하 및 복사열

실내 · 외 온도차( $\Delta t$ ) 6.8°C (31.8°C - 25.0°C) 일 경우  
7,734 kcal/h

#### (2) 침입 외기량

실내 · 외 밀도차( $\Delta r$ ) 0.04 kg/m<sup>3</sup> (1.167 - 1.127) 일 경우  
2,224 m<sup>3</sup>/h (시간당 체적의 2회)

### 2) 현열량 변화

표준부하를 100%로 산정하고 실내 · 외 온도가 같을 때 ( $\Delta t$  °C)를 40%로 설정하여 보간법에 따라 비례 적용한다.

- (1) 기본상수 : 인체부하, 기기 발열부하, 조명부하
- (2) 변수 : 관류 및 복사부하

### 3) 침입 외기량 변화

표준 밀도 차( $\Delta r=0.004\text{kg/m}^3$ )를 100%로 산정하고 실내 · 외 밀도 차가 같을 때 ( $\Delta r=0.00$ )를 20%로 설정하여 밀도 차의 제곱근에 비례하여 적용한다.

### 4) 도입 외기량 변화

#### (1) 일반 공조시

건물의 냉방 운전시 통상적으로 운전되는 최소 개도를 10%를 적용

#### (2) 이코노 공조 운전시

실내 · 외 공기 엔탈피 차에 따라 5~15% 가변제어

#### ③ 일반 공조 운전시와 이코노 공조 운전시의 부하계산서 (3-1,3-2)

#### ④ 일반 공조 운전시와 이코노 공조 운전시의 부하량 계산

#### ⑤ 일반 공조 운전시와 이코노 공조 운전시의 부하 절감율 산출

#### ⑥ 이코노 공조기의 운전 Monitoring 화면

