



RESEARCH ARTICLE

제습증발냉각 전외기 공조시스템의 설계 프로세스 개발

최은지¹ · 정덕수² · 정재원^{3*}

¹한양대학교 대학원 건축공학과, ²(주)삼화에이스, ³한양대학교 건축공학부

Development of the Design Process of Liquid Desiccant and Evaporative Cooling-assisted 100% Outdoor Air System (LD-IDECOAS)

Choi, Eun-Ji¹ · Jung, Deok-Soo² · Jeong, Jae-Weon^{3*}

¹Department of Architecture Engineering, Graduate School of Hanyang University, Seoul, Korea

²Samhwa Air Conditioning Engineering Co., Ltd, Seoul, Seocho-dong, Seoul, Korea

³Department of Architecture Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

*Corresponding author: Jeong, Jae-Weon, Tel: +82-2-2220-2370, E-mail: jjwarc@hanyang.ac.kr

ABSTRACT

The main purpose of the research is to rearrange and devise a design process of LD-IDECOAS based on previously conducted researches. The brief design process are as follows; First, the set point for indoor condition of the building spaces are determined, and the peak and hourly thermal loads of the spaces are calculated. Next, design flow rate of the supply air is determined and air conditions at each point of the system are estimated to determine the supply air set point. Based on the results above using a commercial engineering equation solver program (EES), the sizing of the components is specified. Last, the energy consumption of the system is analyzed based on the peak summer load specifically developed for designing the LD-IDECOAS. The results were compared with the data from the previous researches and showed similar tendency, through which has verified the reliability of the suggested design process.

주요어 : 제습증발냉각기반 전외기 공조시스템, 시스템 설계 프로세스, 급기 상태, 시스템 용량산정

Keywords: LD-IDECOAS, System design process, Condition of supply air, System sizing

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2018 February, 12(1): 61-71
<https://doi.org/10.12972/jkiaeks.20180006>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: January 23, 2018
Revised: February 27, 2018
Accepted: February 27, 2018

© 2018 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

최근 미국 에너지성(Department of Energy, DOE)에서 발표된 보고서에 따르면, 액체식 제습시스템과 증발냉각을 이용한 기술이 기존의 증기 압축식 냉동 시스템을 대체할 수 있는 차세대 공조기술 중 하나로 연구되었다. 이러한 연구경향을 바탕으로 LD-IDECOAS (Liquid desiccant and evaporative cooling-assisted 100% outdoor air system) (Kim et al., 2012, 2013, 2014), DEVap system(Desiccant-enhanced evaporative air conditioner) (Kozubal, 2012), LDEOS (LD and dew point evaporative cooling-assisted 100% outdoor air system) (Ham et al., 2016) 등과 같은 다양한 형태의 제습증발 냉각 시스템들이 연구되었

다. Kim et al. (2012, 2013, 2014)에 의해 제안된 LD-IDECOAS는 기존의 공조시스템들과 달리 100% 외기를 사용하는 제습증발냉각기반 전외기 공조시스템이다. 또한 LD-IDECOAS는 시뮬레이션 연구를 통하여 시스템 설계 단계에서의 에너지 성능을 분석하였으며, 실증 연구를 통해 기존 변풍량 공조시스템과의 운전 에너지 소비량을 비교하여 약 30%의 에너지 절감 효과가 나타난 것으로 확인되었다(Kim et al., 2014).

본 연구에서는 선행연구의 경험을 바탕으로 LD-IDECOAS의 시스템 설계를 프로세스로 제안하고, 향후 LD-IDECOAS의 설계에 활용할 수 있도록 한다. 제안된 시스템의 설계를 위한 과정은 대상건물 및 실내설정조건 결정, 기후 및 최대 냉난방 부하산정, 설정 급기조건에 따른 설계 급기풍량 산정, 시스템의 급기상태 설정, 제안된 시스템의 각 구성요소별 용량산정 등으로 구성하였다.

제습증발냉각기반 전외기 공조시스템 개요

제습증발냉각기반 전외기 공조시스템의 구성

제습증발냉각기반 전외기 공조시스템(LD-IDECOAS)은 액체식 제습 시스템(Liquid desiccant system, LD)과 간접식 증발냉각기(Indirect Evaporative Cooler, IEC), 직접식 증발냉각기(Direct Evaporative Cooler, DEC)로 제습 및 냉각을 하는 비증기 압축기반 공조시스템이다(Figure 1).

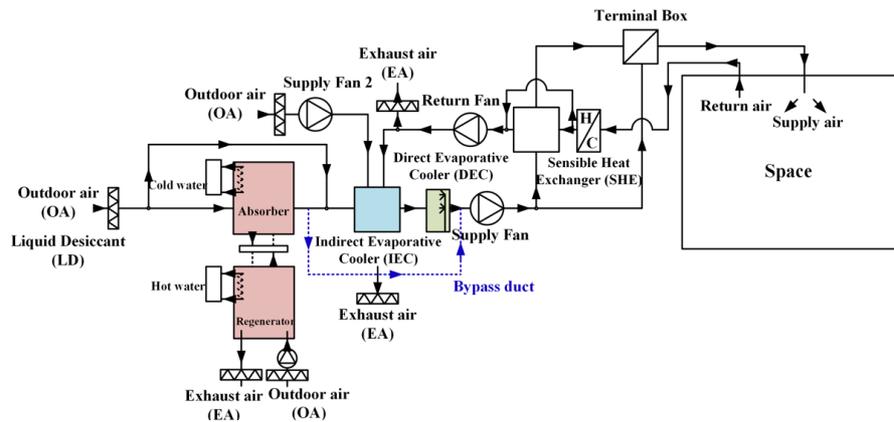


Figure 1. LD-IDECOAS configuration(Kim et al., 2014)

액체식 제습 시스템(LD)은 제습부(Absorber)와 재생부(Regenerator)로 구성이 된다. 제습부에서는 제습수용액을 이용하여 외기의 잠열부하를 처리하며, 재생부에서는 제습과정 이후 묽어진 제습수용액의 재생을 위해 열이 공급되어야 한다. 이를 통해 시스템에 도입된 외기는 LD시스템을 통과하며 제습이 되고 이후 간접식 증발냉각기(IEC)와 직접식 증발냉각기(DEC)를 통해 설정된 급기온도를 맞추게 되도록 운전된다.

이와 같이 LD-IDECOAS는 외기의 잠열부하와 현열부하를 분리해서 처리하는 decoupled system으로 계절 및 실내부하 특성에 따라서 시스템의 운전방식이 달라지며, 동시에 시스템

의 각 구성요소별 에너지를 소비하는 비율도 달라진다(Kim et al., 2012).

제습증발냉각기반 전외기 공조시스템의 운전방식

선행연구(Kim et al., 2014)에 따르면 일반적으로 LD-IDECOAS의 운전방식은 외기의 온도 및 습도 조건에 따라 결정되며, 습공기선도 상에서 기본적으로 세 개의 범위로 나눌 수 있다. 외기의 상태가 고온다습한 하절기인 경우, LD시스템을 통해서 제습되고 이후 IEC에서 간접적인 증발냉각이 일어나며, DEC에서는 증발잠열을 통해 설정된 급기온도(i.e., 15°C)를 맞출 수 있도록 운전된다. 외기가 충분히 건조한 중간기에는 제습 과정인 LD시스템이 운전되지 않으며, IEC와 DEC를 통해서 설정된 급기온도(i.e., 15°C)를 맞추어 실내로 공급한다. 마지막으로 외기의 건구온도가 건조하고 설정급기온도보다 낮은 동절기에는 실내 온도와 가깝게 급기 되기 위해 LD시스템과 DEC는 작동하지 않게 되며, 간접식 증발냉각기(IEC)와 현열교환기(Sensible Heat Exchanger, SHE)를 통해 목표로 한 급기의 조건으로 실내에 공급된다.

제습증발냉각기반 전외기 공조시스템 설계

제습증발냉각기반 전외기 공조시스템 설계 프로세스

본 연구에서는 앞서 언급한 시스템인 LD-IDECOAS의 설계 프로세스를 구성하였다. 크게 네 가지의 과정으로 이루어지는데, 우선적으로 실내 부하량을 산정하기 위해 대상건물 및 실내 설정조건을 결정해야한다. 이후 외기조건에 따른 건물의 최대 냉난방 부하를 산정한다. 최대 냉난방 부하와 설정 급기조건에 따른 설계 급기풍량을 산정한다. 다음으로 LD-IDECOAS의 각 구성요소 통과 후 공기 상태를 산정하며, 마지막으로 제안된 시스템의 구성요소별 필요 용량 산정을 수행한다(Figure 2).

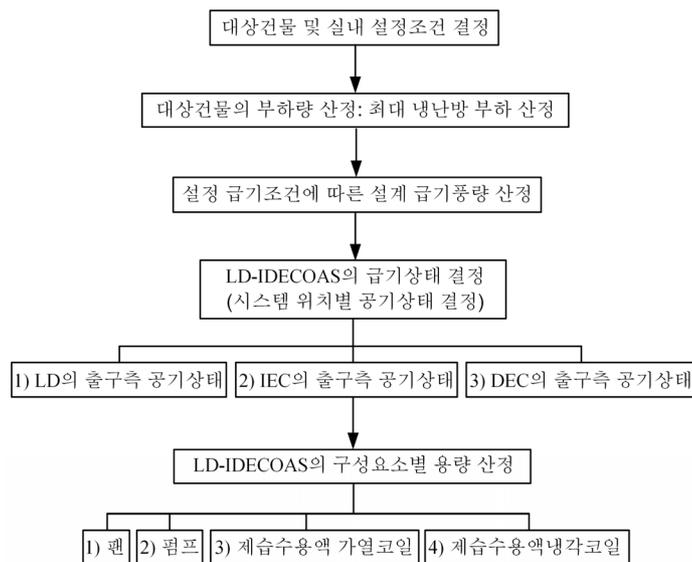


Figure 2. Design process of LD-IDECOAS

STEP 1. 대상 건물 및 실내 설정조건 선정

먼저 제안된 시스템을 건물에 위치시키기 위해 대상으로 하는 건물에 관한 정보를 결정된 후 건물의 실내 조건에 대해 선정하였다. Table 1은 시스템 설계 프로세스와 관련하여 필요한 대상 건물 및 실내 설정조건을 정리하였다.

Table 1. Simulation building information

Parameters	Conducted values
Location	Seoul, Republic of Korea
System Description	LD-IDECOAS
Building Size	30m × 20m × 3m
Room condition	24°C, 50% (Summer season) 20°C, 50% (Intermediated, winter season)
Schedule	AM 6:00 - PM 24:00 (ASHRAE Standard 90.1)
Occupants	People: 25 (Sensible, Latent heat: 75W/person)
U-value	Exterior wall: 0.4724 W/m ² K, Roof: 1.712 W/m ²
Lighting	25 W/m ²

대상 건물은 대한민국 서울에 위치하고 있다고 가정하였으며, 외기 기상 데이터는 TRNSYS 17에서 제공하는 서울지역의 기상데이터를 기반으로 적용하였다. 대상 건물의 크기는 가로 30m, 세로 20m, 높이 3m로 1800m³의 크기를 가지며, 건물의 용도는 사무용 공간이라고 가정하였다. 실내 설정 온·습도 상태는 냉방기간에는 온도 24°C, 상대습도 50%, 난방기간에는 온도 20°C, 상대습도 50%로 설정하였다. 재실자 스케줄은 ASHRAE Standard 90.1 (2013)의 재실자 스케줄을 참고하여, 오전 6시부터 오후 12시까지의 스케줄을 적용하였다. 건물에 재실하는 최대 재실자 수는 25명이며, 재실자의 인체 발열부하는 현열부하와 잠열부하를 사람당 각각 75W로 가정하였다. 조명은 1m²당 25W의 전력을 소비한다고 설정하였다.

STEP 2. 건물의 최대 냉난방 부하 선정

Table 1에서 설정한 조건들을 바탕으로 건물의 부하량을 계산하였다. 선행된 연구(최은지, 2017)에서 계산하였던 부하량과 달리 정확한 부하량 계산을 위해 건물의 현열 및 잠열 부하는 동적해석 프로그램인 TRNSYS 17을 이용하여 계산하였으며, 실내 잠열부하의 경우 침기에 의한 영향은 고려하지 않았다. 건물의 부하 변화량을 연간으로 나타내면 Figure 3과 같다. 제안된 시스템의 설계에 필요한 최대 냉방부하는 40.8kW/h를 나타내고, 최대 난방부하는 -31.4kW/h를 나타낸다. 본 연구에서는 최대 냉난방 부하를 기준으로 시스템의 용량을 선정하였다.

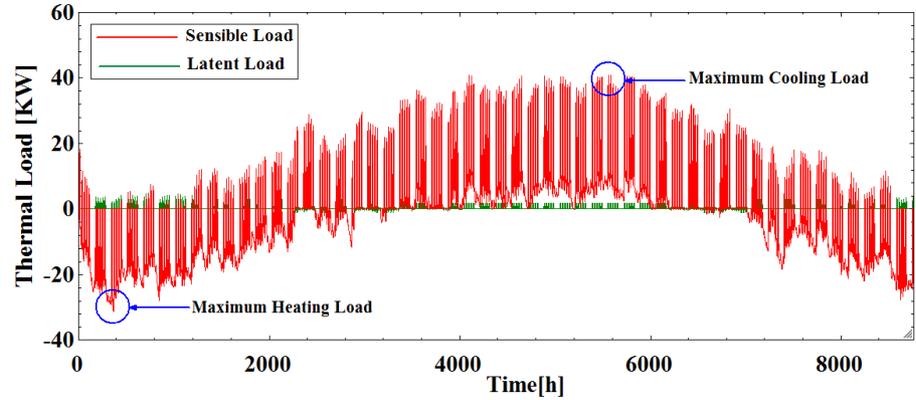


Figure 3. Building thermal load behavior

STEP 3. 설정 급기조건에 따른 설계 급기풍량 산정

STEP 3에서는 설정 급기조건에 따른 시스템의 설계 급기풍량에 대해 산정한다. 급기 풍량의 계산은 앞서 계산한 최대 냉방부하, 실내온도, 급기설정온도를 사용하여 계산한다. 일반적인 공조시스템의 급기 설정에 따라서 본 연구에서 설정한 급기 설정 온도는 15°C, 습도는 10.4g/kg으로 하였다. 앞서 언급한 바와 같이 최대 냉방부하는 40.8kW/h이고, 여름철 실내 설정온도는 24°C이다.

이를 바탕으로 하여 식(1)을 통해 설계 급기풍량을 산정한 결과 설계 급기풍량은 13,472 m³/h이다.

$$V_{design} = \frac{\dot{Q}_{sen}}{C_p(t_{ra} - t_{sa})} \quad (1)$$

여기서, \dot{Q}_{sen} 은 최대냉방부하(kW/h), C_p 는 공기의 비열, t_{ra} 는 실내온도(°C), t_{sa} 는 급기 설정 온도(°C)이다.

STEP 4. LD-IDECOAS의 급기 상태 산정

STEP 4에서는 STEP2에서 도출된 건물부하를 처리하기 위한 제습증발 냉각기반 전외기 공조시스템의 각 지점별 공기의 상태변화를 계산한다. 이는 LD-IDECOAS의 구성 요소들의 용량을 산정하는데 가장 중요한 과정으로 앞에서 언급한 바와 같이 최대 냉방부하 시 각 지점별 공기의 상태를 나타내었다(Figure 4). 제안된 시스템을 크게 위치별로 나누면 1) 액체식 제습시스템(LD)의 출구 측 공기상태, 2) 간접식 증발냉각기(IEC)의 출구 측 공기상태, 3) 직접식 증발냉각기(DEC)의 출구 측 공기 상태로 나타낼 수 있다.

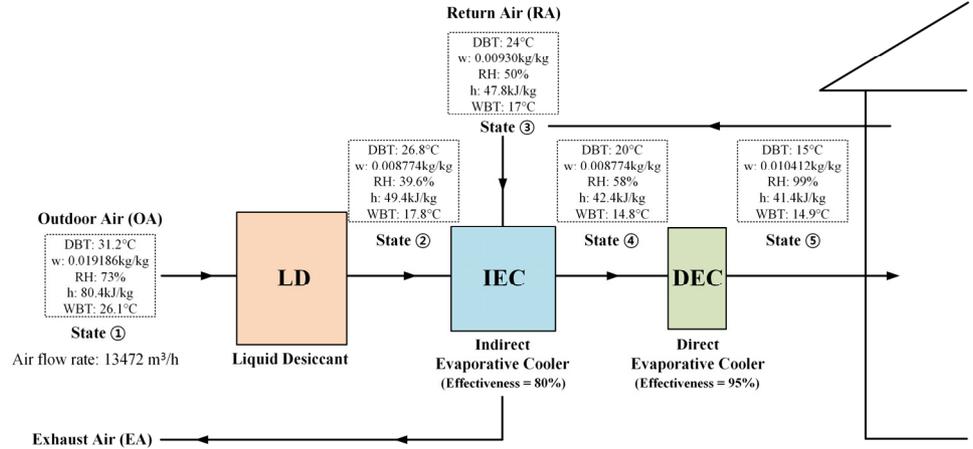


Figure 4. Air Condition of LD-IDECOAS

1) LD시스템의 출구 측 공기조건 산정

LD-IDECOAS의 운전상태를 결정하기 위해 우선적으로 액체식 제습 시스템(LD)의 제습 효율($\varepsilon_{LD, w}$)은 Chung and Luo(1999)의 연구에서 제안된 예측모델을 통해 계산한 선행연구(Kim et al., 2013)에 따라 70%로 가정한다. LD시스템의 온도효율($\varepsilon_{LD, T}$)과 제습효율($\varepsilon_{LD, w}$)은 일반적으로 동일한 값을 가정할 수 있다는 선행연구 결과(Katejanekarn, 2009; Katejanekarn and Kumar, 2008)에 따라서 식(3)을 통해 LD시스템의 효율($\varepsilon_{LD, T}$)을 결정할 수 있다. 식(2)를 통해 외기온도(DBT_{OA}), 수용액 입구 측 온도($T_{sol, inlet}$), LD시스템의 효율($\varepsilon_{LD, T}$)을 알면 LD시스템에서 토출되는 공기의 온도($DBT_{LD, out}$)를 산정할 수 있다. 또한 식(5), (6)를 통해 외기의 습도(W_{OA}), LD시스템의 제습효율($\varepsilon_{LD, w}$)을 알면 LD시스템에서 토출되는 공기의 습도($W_{LD, out}$)를 결정할 수 있다. 여기서 LD시스템의 효율을 구하는데 필요한 equilibrium humidity ratio (W_e)는 식(4)를 통해 산정할 수 있다. 제습 수용액의 포화 상태의 분압(p_s)은 Fumo and Goswami(2002)에서 제안한 식(5)의 2차 다항식을 사용하여 계산한다. 2차 다항식에 필요한 변수들에 대한 값은 Table 2에 정리하였다. 또한 본 연구에서 적용한 제습수용액의 온도($T_L = T_{sol, inlet}$) 및 농도(C)는 선행된 연구(Kim et al., 2013)에서 가정한 바와 같이 25°C, 40%로 가정한다. 이를 통해 계산한 결과 LD시스템을 통과한 후의 온도는 26.8°C, 습도는 0.008774kg/kg이다(Figure 4. State ②).

$$DBT_{LD, out} = DBT_{OA} - \varepsilon_{LD, T}(DBT_{OA} - T_{sol, inlet}) \quad (2)$$

$$W_{LD, out} = W_{OA} - \varepsilon_{LD, w}(W_{OA} - W_e) \quad (3)$$

$$W_e = 0.622 \times \frac{p_s}{101.325 - p_s} \quad (4)$$

$$p_s = (a_0 + a_1 T_L + a_2 T_L^2) + (b_0 + b_1 T_L + b_2 T_L^2) C + (c_0 + c_1 T_L + c_2 T_L^2) C_L^2 \quad (5)$$

여기서, $DBT_{LD,out}$ 는 LD시스템에서 토출되는 공기의 온도($^{\circ}\text{C}$), DBT_{OA} 는 외기온도($^{\circ}\text{C}$), $\varepsilon_{LD,T}$ 는 LD시스템의 효율(%), $T_{sol,inlet}$ 는 수용액 입구 측 온도($^{\circ}\text{C}$), $W_{LD,out}$ 은 LD시스템에서 토출되는 공기의 습도(kg/kg), W_{OA} 는 외기의 습도(kg/kg), $\varepsilon_{LD,W}$ 는 LD시스템의 제습효율(%) 그리고 W_e 는 equilibrium humidity ratio이다.

Table 2. Coefficient of vapor pressure equation(Kim et al., 2013)

Dehumidification process	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1
	4.58208	-0.159174	0.0072594	-18.3816	0.5661
	b_2	c_0	c_1	c_2	
	-0.019314	21.312	-0.666	0.01332	
Regeneration process	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1
	16.294	-0.8893	0.01927	74.3	-1.8035
	b_2	c_0	c_1	c_2	
	-0.01875	-226.4	7.49	-0.039	

2) IEC의 출구 측 공기조건 산정

IEC의 현열냉각 효율(ε_{IEC})을 알면, IEC에서 토출되는 공기의 온도($DBT_{IEC,pri,out}$)를 식(6)을 통해 산정할 수 있다. IEC의 2차 측 입구의 습구온도($WBT_{IEC,sec,inlet}$)는 실내의 온-습도 조건에 따라 결정하였다. IEC의 효율(ε_{IEC})은 ASHRAE Handbook HVAC Application(2015)에서 언급된 바와 같이 80%로 가정하였다. 이를 바탕으로 계산한 결과 IEC의 출구 측 공기 건구온도는 20°C , 습구온도는 17.8°C 이다(Figure 4. State ④).

$$DBT_{IEC,pri,out} = DBT_{LD,out} - \varepsilon_{IEC}(DBT_{LD,out} - WBT_{IEC,sec,inlet}) \quad (6)$$

여기서, $DBT_{IEC,pri,out}$ 은 IEC에서 토출되는 공기의 온도($^{\circ}\text{C}$), ε_{IEC} 는 IEC의 효율(%) 그리고 $WBT_{IEC,sec,inlet}$ 은 IEC의 2차 측 입구의 습구온도($^{\circ}\text{C}$)이다.

3) DEC의 출구 측 공기조건 산정

IEC와 마찬가지로 DEC의 효율이 주어지면, DEC에서 토출되는 공기의 온도($DEC_{DEC,out}$)를 식(7)을 통해 계산할 수 있다. DEC에서 토출되는 공기의 습구온도($WBT_{IEC,pri,out}$)는 앞서 계산한 값을 토대로 식(3)을 이용하여 계산할 수 있다. DEC에서 토출되는 공기의 상태는 급기 되는 공기의 상태와 같으므로 이를 통해 급기 상태를 나타낼 수 있다. DEC의 효율(ε_{DEC})도 ASHRAE Handbook HVAC Application (2015)에서 언급된 바

와 같이 95%로 가정하였다. 이를 바탕으로 계산한 결과 건물에 급기 되는 DEC의 출구 측 공기의 건구온도는 15°C , 습도는 0.010412kg/kg 이다(Figure 4. State ⑤).

$$DBT_{DEC,out} = DBT_{IEC,pri,out} - \varepsilon_{DEC}(DBT_{IEC,pri,out} - WBT_{IEC,pri,out}) \quad (7)$$

여기서, $DBT_{DEC,out}$ 는 DEC에서 토출되는 공기의 온도($^{\circ}\text{C}$), $DBT_{IEC,pri,out}$ 는 IEC에서 토출되는 공기의 온도($^{\circ}\text{C}$), ε_{DEC} 는 DEC의 효율(%), $WBT_{IEC,pri,out}$ 는 IEC에서 토출되는 공기의 습구온도($^{\circ}\text{C}$)이다.

STEP 5. LD-IDECOAS의 구성요소별 용량 산정

STEP 5에서는 STEP4에서 계산한 값들을 이용해 제안된 시스템의 각 구성요소별 필요용량을 산정하였다. LD-IDECOAS의 각 구성요소는 크게 팬, 펌프, 제습수용액 가열코일, 제습수용액 냉각코일 등으로 이루어져 있다.

1) 팬(Fan)

LD-IDECOAS의 팬 용량산정은 먼저 설계된 급기풍량을 이용하여 계산하게 되는데 설계 급기 풍량의 계산은 앞서 계산해주었다. 이를 통해, 용량산정은 팬의 pressure drop, 급기풍량, 팬의 효율을 이용하여 산출하였다. 팬의 pressure drop은 선행연구(Kim et al., 2013)에 따라 시스템의 각 구성요소별 pressure drop을 합산하였을 경우 1200Pa 이며, 팬의 효율은 Kozubal(2011)에 따라 50%로 계산한다. 이를 바탕으로 팬의 용량을 산정하였을 때 8.9kW 이다.

$$P_{fan} = \frac{\dot{V}_{design} \Delta P}{\eta_{fan}} \quad (8)$$

여기서, \dot{V}_{design} 은 급기풍량(kg/s), P_{fan} 은 팬의 에너지(kW), ΔP 는 Pressure drop(kPa) 그리고 η_{fan} 은 팬의 효율(%)이다.

2) 펌프(Pump)

LD-IDECOAS의 펌프 용량산정은 최대 유량을 적용하여 계산하였다. 펌프의 용량산정에는 유량의 밀도, 중력가속도, 최대유량, 펌프의 양정, 펌프의 효율을 사용하여 산출하였다. 계산과정에서 펌프의 헤드길이, 펌프의 효율은 선행연구(Kim et al., 2013)를 바탕으로 20m , 60%로 설정하였다. 따라서 펌프의 용량을 식(9)로 계산한 결과는 1.4kW 이다.

$$P_{pump} = \frac{\rho g \dot{V} H}{1000 \eta_{pump}} \quad (9)$$

여기서, P_{pump} 는 펌프의 에너지(kW), ρ 는 유량의 밀도(kg/m^3), g 는 중력가속도(m/s^2), \dot{V} 는 유량(m^3/s), H 는 펌프의 양정(m) 그리고 η_{pump} 은 펌프의 효율(%)이다.

3) 제습수용액 가열 코일(Solution heating coil)

LD-IDECOAS의 액체식 제습 시스템(LD)에서 담당하는 실내의 잠열부하를 처리하기 위해서는 LD시스템의 재생부(Regenerator)가 사용되는데 이때 제습과정 이후 뭉어진 수용액의 재생을 위해 가열이 필요하다. 이를 위해 가열코일을 설치하게 되는데 가열코일에 필요한 열은 제습수용액의 최대유량, 재생부의 입·출구 수용액 온도 차이와 제습수용액의 비열을 이용해 계산하였다. 재생부의 입·출구 제습수용액 온도 차이와 제습수용액의 비열은 선행된 연구(Kim et al., 2013)를 참고하였다. 식(10)을 통해 계산한 결과 제습수용액 가열코일에 필요한 용량은 92kW이다.

$$\dot{Q}_{heating} = \dot{m}_{solution} C_p (t_{regen,outlet} - t_{regen,inlet}) \quad (10)$$

여기서, $\dot{Q}_{heating}$ 는 제습수용액 가열에너지(kW), $\dot{m}_{solution}$ 은 제습수용액의 유량(kg/s), C_p 는 제습수용액의 비열, $t_{regen,outlet}$ 은 재생부에서 나가는 수용액의 온도($^{\circ}\text{C}$) 그리고 $t_{regen,inlet}$ 은 재생부에서 들어가는 수용액의 온도($^{\circ}\text{C}$)이다.

4) 제습수용액 냉각 코일(Solution cooling coil)

LD-IDECOAS의 제습수용액 냉각코일은 LD시스템의 제습부(absorber)에서 제습수용액의 냉각에 사용된다. 앞에서 계산한 제습수용액 가열코일과 동일한 방법으로 계산하였다. 냉각 코일에 필요한 냉각 코일 용량산정은 제습 수용액의 최대유량, 제습부의 입·출구 온도 차이와 제습수용액의 비열을 이용해 계산하였다. 제습부의 입·출구 온도차이는 선행된 연구(Kim et al., 2013)를 참고하였다. 식(11)을 통해 계산한 결과 제습수용액 냉각 코일에 필요한 용량은 85kW이다.

$$\dot{Q}_{cooling} = \dot{m}_{solution} C_p (t_{absor,outlet} - t_{absor,inlet}) \quad (11)$$

여기서, $\dot{Q}_{cooling}$ 는 제습수용액 냉각에너지(kW), $\dot{m}_{solution}$ 은 제습수용액의 유량(kg/s), C_p 는 제습수용액의 비열, $t_{absor,outlet}$ 은 제습부에서 나가는 수용액의 온도($^{\circ}\text{C}$) 그리고 $t_{absor,inlet}$ 은 제습부에서 들어가는 수용액의 온도($^{\circ}\text{C}$)이다.

LD-IDECOAS의 설계프로세스에 따라 계산한 결과, 시스템의 각 지점별 출구 측 공기의 상태와 제안된 시스템의 각 구성요소별 용량은 Table 3과 같이 정리 할 수 있다.

Table 3. Design results of LD-IDECOAS

Location	DBT (°C)	HR (kg/kg)	RH (%)	Enthalpy (kJ/kg)	WBT (°C)	Components	Capacity (kW)
State ①	31.2	0.019186	73	80.4	26.1	Fan	8.9
State ②	26.8	0.008774	39.6	49.4	17.8	Pump	1.4
State ③	20	0.008774	58	42.4	14.8	Solution Heating Coil	92
State ④	15	0.010412	99	41.4	14.9	Solution Cooling Coil	85

결론

본 연구에서는 선행연구들에서 제안된 LD-IDECOAS의 설계 프로세스를 제안하였다. 선행된 연구들에서는 설계 프로세스에 따라 시뮬레이션을 진행하여 에너지 소비분석 및 비교에 초점을 맞추었지만 본 연구에서는 LD-IDECOAS의 각 시스템별 용량산정에 초점을 맞추어 설계 프로세스를 구성하였다.

LD-IDECOAS의 설계 프로세스는 먼저, 본 연구에서 대상으로 하는 건물 및 실내 설정 조건을 결정하였고, 이를 바탕으로 하여 건물의 최대 냉난방 부하를 산정하였다. 이 과정에서 건물의 부하량은 시스템 설계를 하는데 있어서 필요한 최대치의 값을 산출해 계산과정에 반영하였다. 다음으로 설정급기조건에 따른 설계 급기풍량을 산정하였다. 또한 LD-IDECOAS의 급기 상태를 결정하기 위해 시스템의 각 위치별 공기 상태를 산출하여 선행된 연구와 비교해 급기 상태가 적절한 것을 확인하였다. 이를 통해 LD-IDECOAS의 각 구성요소들(i.e., 팬, 펌프, 수용액 가열 코일, 수용액 냉각 코일)의 용량 계산을 실시하였다. 또한 본 연구에서 제안된 설계 프로세스에 관한 평가는 설계 프로세스를 구성하는 과정 중의 시뮬레이션을 통해 시스템의 에너지 계산까지 완료하여 선행된 연구와 비교하였다. 그 결과 동일한 값이 나오는 것을 통해 설계 프로세스의 타당성을 확인하였다. 본 연구의 결과는 향후 LD-IDECOAS의 설계 및 전산프로그램 개발에 활용될 수 있을 것이다.

후기

이 논문은 2017년도 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술촉진연구사업 지원에 의해 수행되었음 (17CTAP-C116268-02).

References

1. 최은지. (2017). 제습증발냉각기반 전외기 공조시스템의 지상 및 지중 공간 적용에 따른 에너지 소비분석. 한국건축친환경설비학회논문집, 11, 21-26.
2. Chung, T.W., Luo, C.M. (1999). Vapor pressure of the aqueous desiccants. *Journal of Chemical Engineering Data*, 44, 1024-1027.
3. EnergyPlus. (2013). Energyplus input/output reference. U.S. Department of Energy, Building Technologies Program.
4. Ham, S.W., Lee, S.J., Jeong J.W. (2016). Operating energy savings in a liquid desiccant and dew point evaporative cooling-assisted 100% outdoor air system. *Energy and Buildings*, 116, 535-552.
5. Katejanekarn T., Kumar S. (2008). Performance of a solar-regenerated liquid desiccant ventilation pre-conditioning system. *Energy and Buildings*, 40, 1252-1267.
6. Katejanekarn T., Chirarattananon S., Kumar S. (2009). An experimental study fo a solar-regenerated liquid desiccant ventilation pre-conditioning system. *Solar Energy*, 83, 920-933.
7. Kim M.H., Choi A.S., Jeong J.W. (2012). Energy performance of an evaporative cooler assisted 100% outdoor air system in the heating season operation. *Energy and Buildings*, 49, 402-409.
8. Kim M.H., Park J.S., Jeong J.W. (2013). Energy saving potential of liquid desiccant in evaporative-cooling-assisted 100% outdoor air system. *Energy and Buildings*, 59, 726-736.
9. Kim M.H., Park J.Y., Sung M.K., Choi A.S., Jeong J.W. (2014). Annual operating energy savings of liquid desiccant and evaporative-cooling-assisted 100% outdoor air system. *Energy and Buildings*, 76, 538-550.
10. Kozubal E., Woods J., Burch J., Boranian A., Merrigan T. (2011). Desiccant enhanced evaporative air-conditioning (DEVap): evaluation of a new concept in ultra efficient air conditioning. National Renewable Energy Laboratory.
11. Kozubal E., Woods J., Judkoff R. (2012). Development and analysis of desiccant enhanced evaporative air conditioner prototype. National Renewable Energy Laboratory.
12. Katejanekarn T., Kumar S. (2008). Performance of a solar-regenerated liquid desiccant ventilation pre-conditioning system. *Energy and Buildings*, 40, 1252-1267.
13. Katejanekarn T., Chirarattananon S., Kumar S. (2009). An experimental study fo a solar-regenerated liquid desiccant ventilation pre-conditioning system. *Solar Energy*, 83, 920-933.
14. Fumo N., Goswami DY. Study of an aqueous lithium chloride desiccant system: air dehumidification and desiccant regeneration. *Solar Energy*, 72, 351-361.
15. ASHRAE. (2013). Standard 90.1 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
16. ASHRAE. (2015). HVAC Application. Chapter 52. Evaporative cooling. ASHRAE Handbook.