

쇼케이스의 현장 데이터 측정 및 분석

신 유 환, 오 왕 규, 박 기 호, 김 영 일*, 신 영 기**

한국과학기술연구원 열유동제어연구센터, *충주대학교 에너지시스템공학과, **세종대학교 기계공학과

Measurement and Analysis of Showcase Field Data

You-Hwan Shin, Wang-Kyu Oh, Ki-Ho Park, Youngil Kim*, Younggy Shin**

Thermal/Flow Control Research Center, KIST, Seoul 130-791, Korea

*Department of Energy System Engineering, Chungju University, Chungbuk 380-702, Korea

**Mechanical Engineering Department, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

(Received December 27, 2004; revision received March 14, 2005)

ABSTRACT: Experimental study was performed to understand the operation of an on-site showcase working in a super discount store. Inlet and outlet temperatures of evaporator, condenser, expansion valve and compressor were measured for both air and refrigerant sides. Electric power consumption of compressors, defrosting heaters, cooling water pumps and etc. were measured. The operating characteristics of the showcase system under various working conditions were analyzed and discussed. During the defrosting process, the air temperature inside the showcase increased to 15°C, which gave harmful effect to the frozen food. The collected data will serve as valuable information for diagnosing and improving the performance of showcases.

Key words: Supply air temperature(공급 공기온도), Return air temperature(회수 공기온도), Expansion valve(팽창밸브), Evaporator(증발기), Condenser(응축기), Defrost(제상)

기 호 설 명

C : 압축기

T : 온도 [°C]

t_c : 매장 폐점시간대

t_h : 제상히터에 의해 영향을 받는 시간대

t_o : 매장 개장시간대

c, o : 폐장시간대, 개장시간대

d : 온도 편차

e : 증발기

i, o : 입/출구

m : 시간 평균

r : 회수(return)

s : 공급(supply)

하첨자

1, 2 : 쇼케이스 시스템 운전시간대 순서

† Corresponding author

Tel.: +82-43-841-5282; fax: +82-43-841-5280

E-mail address: yikim@chungju.ac.kr

1. 서 론

냉동 및 냉장 쇼케이스(showcase)는 식료품, 어류, 고기류의 상품을 진열, 보관하기 위한 냉동 장치로 내부의 온도, 습도, 조도가 적절하게 유지되어야 한다. 유통산업의 발전에 따라 다양한 온도대의 쇼케이스가 현재 사용되고 있으며, 약 4°C

의 냉장용과 약 -20°C 의 냉동용으로 분류된다. 쇼케이스는 케이스, 압축기, 응축기, 증발기, 압력강하장치, 공기순환팬, 선반, 유리문 등으로 구성되어 있으며 내장형과 별치형으로 구분된다. 내장형은 일반적으로 소용량에 적합하며 모든 기기가 하나의 유닛에 구성되는 반면, 별치형인 경우는 압축기 및 응축기가 옥상 또는 지하 기계실 등 별도의 장소에 설치된다.⁽¹⁾ Fig. 1은 대형 할인매장에 설치된 별치형 쇼케이스(양면 평탄형)의 사진을 나타낸 것이다.

쇼케이스 내를 저온으로 유지하기 위하여 직팽식 증발기를 통과하면서 냉각된 공기가 쇼케이스를 순환하면서 내부에 있는 물품을 저온으로 유지시킨다. 증발기 표면은 공기의 노점온도 이하로 유지되므로 공기 중의 수분이 증발기 표면에 응축되면서 시간이 지남에 따라 서리가 발생하여 착상이 되기도 한다. 착상은 공기의 유효 통과면적을 감소시켜 풍량을 저하시키고 따라서 냉각효과가 감소한다. 증발기 압력이 낮아지고 압축기 출구온도가 높아지면서 성능계수는 계속 낮아진다. 또한 얼음은 열저항이 되어 냉동기의 성능을 저하시킬 뿐만 아니라 심할 경우 압축기로 액냉매를 유입시켜 파손시키기도 한다.⁽²⁾ 따라서 이러한 착상에 의한 에너지 손실, 냉동기 성능저하 및 식품에 미치는 영향 등을 고찰, 개선할 필요가 있다. 이에 따라 착상⁽³⁾ 및 그 영향^(4,5)에 대해 많은 연구들이 진행되어 왔다. 특히 Kondepudi et al.⁽⁶⁾은 핀-튜브 열교환기에서 착상과 핀형상의 상호관계에 대해 규명하고, 열전달계수 등에 대해 고찰하였다.

최근에 보다 많은 연구들이 제상^(2,7,8)에 초점을 맞추어 진행되어 왔다. 특히 Cho et al.⁽⁹⁾은 복수의 증발기가 설치된 쇼케이스용 냉동시스템의 착상운전시 시간에 따른 시스템의 운전특성에 대해 고찰하고, 제상운전에 필요한 기본자료를 확보하고자 하였다.



Fig. 1 Island type showcase.

이상과 같이 냉동시스템의 착상 및 제상에 관해 많은 연구들이 국내외적으로 진행되고 있다. 그러나 이러한 연구들의 대부분은 부하 환경 및 조건이 적절히 잘 제어된 실험실규모에서 측정, 실험된 것으로서 현장에서의 실제 상황과는 많은 차이가 있을 수 있다. 따라서 이러한 실험실에서 연구에 앞서 쇼케이스의 실제 운용현황에 대한 현장 모니터링이 필요하며, 이러한 현장 데이터를 분석함으로써 쇼케이스 시스템에 대한 실질적 운용 데이터와 그러한 시스템 운용과 연관된 착상, 제상 등에 대한 구체적인 자료가 마련되어야 할 것이다.

본 연구는 현재 급속히 수요가 증가하고 있는 대형 할인매장의 식품코너에서 가장 많이 사용되는 쇼케이스 시스템을 측정대상으로 하였으며, 주요 부품인 증발기, 응축기 팬 및 팽창밸브 등을 중심으로 공기순환, 냉매순환 유동에 대한 온도 변화와 압축기, 제상히터 등의 전력 등을 실시간으로 측정하였다. 이를 바탕으로 실제 쇼케이스 시스템의 현장 운용상황에 대한 이해와 관련 열역학적 데이터를 확보하고, 이를 종합적으로 분석, 검토하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구를 위하여 서울에 위치한 대형 할인매장의 식품코너에서 냉동식품 진열을 위해 설치해 놓은 쇼케이스 시스템 중 하나를 선택한 후, 각 주요 위치에 열전대와 온도도 센서를 설치하였다. Fig. 2는 측정대상 쇼케이스 시스템에 대한 전체적인 개략도를 보여주는 것으로서 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫째는 팬, 증발기 및 팽창밸브

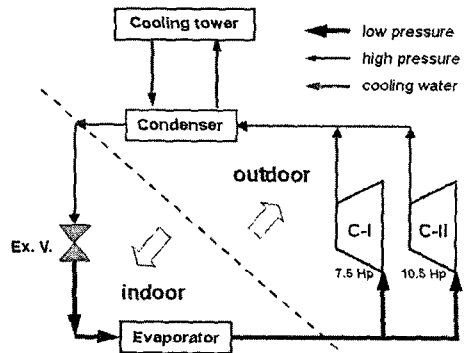


Fig. 2 Schematic diagram of showcase system.

등으로서 매장 내에 설치되는 부분이며, 다른 부분은 압축기, 응축기 및 냉각탑 등으로 구성되어 있으며, 건물의 지하 및 옥상에 각각 설치되어 있어 실제로 이들 두 부분은 적어도 수십 미터 이상, 상당히 멀리 서로 떨어져 있다.

전체 시스템에서 압축기는 2대(7.5 HP, 10.5 HP)로 구성되어 있고, 부하에 따라 하나 또는 두 압축기가 작동한다. 응축기는 압축기 프레임 하단에 1개가 설치되어 있으며, 압축기에는 모두 8대의 쇼케이스가 연결되어 있다. 1대의 쇼케이스에 2대의 증발기가 설치되므로 증발기 수는 모두 16대로서 Fig.4에 나타낸 바와 같이 각각 팽창밸브, 솔레노이드밸브 등이 장착되어 반독립적으로 운용되고 있다.

쇼케이스 시스템에서의 유동은 크게 공기, 냉매 및 냉각수 등 3부분으로 나눌 수 있다. Fig.3 및 Fig.4에서 보는 바와 같이 T형 열전대를 응축기, 증발기, 압축기 등의 냉매 유동파이프 입/출구 및 팬, 쇼케이스 고내 온도 등 공기 유동통로에 열전대를 각각 설치하였다. 현장 특성상 배관 내의 유체온도를 직접 측정할 수 없으므로 냉매 및 냉각수 온도는 유동 배관 표면에 열전대를 단단히 접촉시키고 그 주변을 단열하는 방법으로 측정이 이루어졌다.

열전대 신호는 온도변환기(HP34970A)를 거치

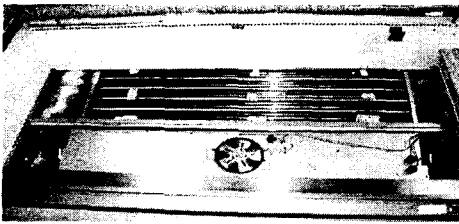


Fig. 3 Evaporator in the test showcase.

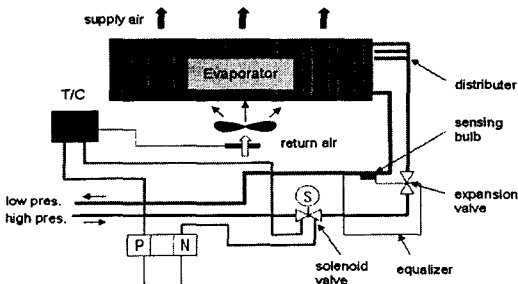


Fig. 4 Showcase structure and air flow.

게 되고, PC가 설치된 지하 기계실과 매장 사이에서의 데이터 통신을 위하여 RS-485 변환기가 사용되었다. 또한 전력계를 이용하여 운전 중 압축기, 제상히터 및 제어전원 등에 소요되는 각각의 전력을 측정하였다.

측정은 연속적으로 이루어지며, 각각의 측정과일은 자정(0시)에 시작하여 다음날 자정까지, 24시간 단위로 저장이 된다. 이때 측정데이터의 획득은 14초 간격으로 이루어졌다.

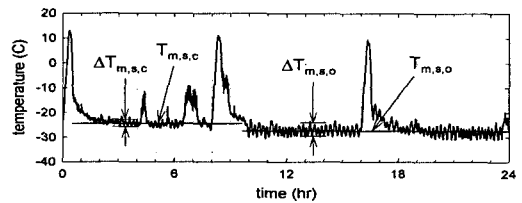
3. 실험결과 및 고찰

3.1 일일 운전 특성

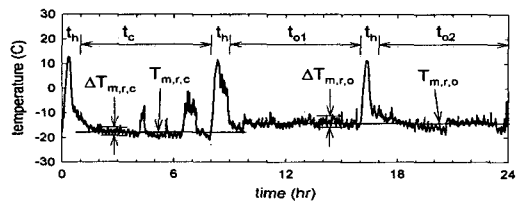
Fig.5는 매장의 쇼케이스 하단에 위치한 증발기에 의해 냉각된 후 고내로 공급되는 저온의 공기 및 고내로부터 다시 증발기로 회수되는 공기 온도를 각각 시간에 따라 나타낸 것이다.

그림에서 온도가 급상승하는 부분은 증발기 입구에 장착된 제상히터(전기히터)의 작동에 의한 것이며, 하루에 3번, 8시간마다 규칙적으로 작동한다. 증가한 온도는 10°C 이상으로서 고내의 냉동식품에 악영향을 미치므로 가능하면 짧은 시간에 이 과정을 마쳐야 한다. 그림에서 알 수 있듯이 1회 제상에 약 1시간 정도 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이에 대해서는 뒤에서 다시 구체적인 언급이 있을 것이다.

Fig. 5(a)에서 매장의 폐점시간대(t_c)의 고내 공



(a) Supply air temperature



(b) Return air temperature

Fig. 5 Air temperature in showcase.

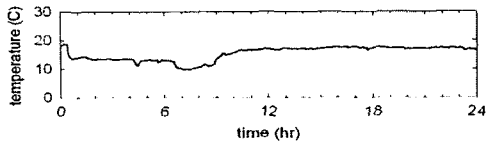


Fig. 6 Room temperature around the showcase.

급 공기온도의 평균은 약 -24°C 이며, 개장시간대(t_0)의 평균 온도는 약 -27°C 를 각각 유지하고 있다. 반면에 고내 회수온도를 관찰해 보면 폐점시간대의 평균 온도는 약 -18°C 를 유지하다가 매장이 개장하면서 온도는 약 -14°C 로 상승을 하게 되는데, 이것은 매장을 찾는 고객들에 의한 부하 증가에 기인하며, 겨울철이므로 본격적인 난방기 가동에 따라 전반적으로 매장온도가 상승하기 때문인 것으로 생각된다. 이것은 실험대상 쇼케이스 바깥쪽 아래에서 측정한 실내온도 변화(Fig.6)를 보면 폐점시간대에 평균 약 13.5°C 에서 개장시간대에는 약 17°C 로 상승하는 현상과 일치한다.

Fig.7은 고내 냉기 공급온도와 회수온도의 차를 나타낸 것으로서 개장시간인 오전 10시를 전후하여 고내온도가 급격히 변하는 것을 알 수 있다. 특히 개장 전인 오전 9시부터 약 1시간 정도 쇼케이스 내의 물품재고 등을 확인, 점검을 하고 부족물품을 보충하기 때문에 이때부터 고내의 온도변화가 크게 나타난다. 개장 전의 온도차는 평균 6°C 를 나타내지만 개장시간대에는 약 13°C 의 온도차를 보이고 있다. 이러한 온도차이는 매장의 손님 수 및 해당 쇼케이스에 적재된 물품을 구매하는 손님의 수가 큰 변수로 작용할 것으로 예상된다. 특히 오후 9~11시 사이의 폐점시간이 가까워진 시간대에 온도가 크게 증가하는 것은 일반적으로 식품코너에서는 폐점시간에 임박하여 세일을 많이 하므로 손님이 이 시간대에 크게 증

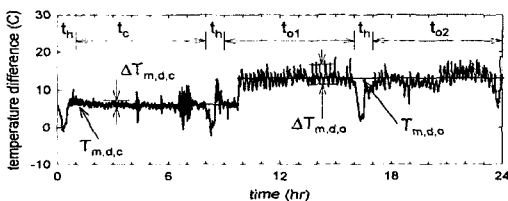


Fig. 7 Temperature difference between supply and return air in showcase.

가하기 때문인 것으로 생각된다.

각 시간대(Fig.5)에서 온도편차(ΔT_m)가 비교적 크게 나타나고 있는데, 이는 쇼케이스 시스템에서 압축기 작동이 인버터 제어방식이 아니라 on/off 방식으로 제어되기 때문이다. 개장 후의 냉기 공급온도에 대한 편차는 약 5°C 로서 폐점시간대보다 약 2°C 정도 크다. 이는 회수온도에 대한 편차보다 크며, 공급온도가 쇼케이스 외부의 온도와 혼합되어 편차가 감소하는 것으로 생각된다.

Fig.7에서 보듯이 공급온도와 회수온도 차에 대한 편차는 개장 후 크게 증가하여 약 4°C 로 관찰되었으며, 이는 개장 전의 온도편차에 비해 약 2.7배에 해당한다. 폐장시간대에서 온도편차가 작은 것은 쇼케이스에 커버를 덮어 외부공기의 혼합을 차단하기 때문이다.

Fig.8은 증발기 입/출구에서의 공기온도를 나타낸 것이다. 증발기 출구에서의 온도편차는 약 8°C 로서 입구의 약 2배에 해당하며, 온도의 변화 주기는 약 12분 정도이다. 제상히터의 가동에 따라 입/출구 온도는 급격히 상승하지만 히터의 가동이 중단되면 압축기가 가동되고 이에 따라 증발기 출구온도는 빠르게 내려가지만 입구온도는 상대적으로 완만한 감소를 보이고 있다. 이것은 고내를 통과하면서 제상히터에 의해 온도가 증가된 고내공기와와의 혼합에 의해 회수온도가 상승하기 때문이며, 이때 제상히터에 의해서 증가된 고내온도를 급속히 냉각시켜 고내의 냉동식품을 안전하게 유지시키기 위해서 짧은 시간 동안 시스템에 큰 부하가 인가된다. 따라서 이때는 압축기 2대가 약 15~20분 정도 동시에 작동을 하게 되며, 이후에는 부하에 따라 두 압축기 중 한 대만 작동하게 된다.

Fig.9(a)는 두 압축기 입/출구에서의 냉매온도를 각각 측정된 것으로서 위의 상황을 잘 알 수

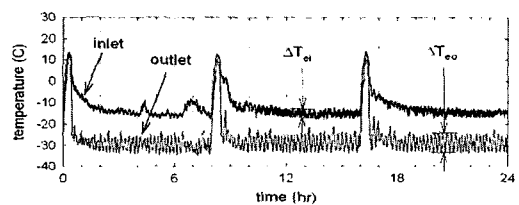
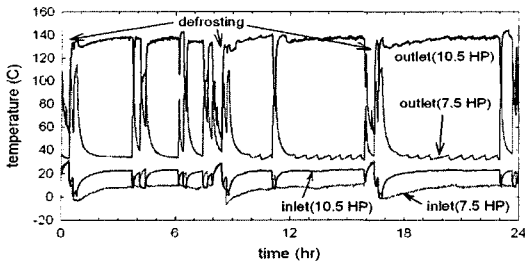
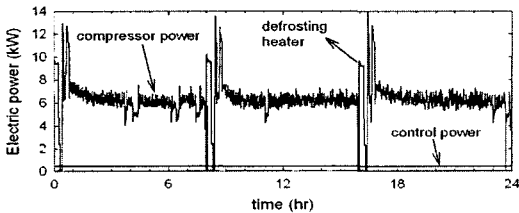


Fig. 8 Air temperature at evaporator inlet and outlet.



(a) Refrigerant temperature at compressor inlet and outlet



(b) Electric power

Fig. 9 Temperature of refrigerant at compressor inlet/outlet and electric power of showcase system.

있다. 제상과정에서는 압축기는 작동하지 않으므로 압축기 출구온도가 감소하게 되며, 제상시간이 아닐 때에도 작동하지 않는 압축기의 출구온도는 역시 상대적으로 낮게 유지된다. 압축기 입구온도의 상승은 압축기가 작동하면서 압축기 자체의 온도도 동시에 상승함에 따라 전도에 의해 영향을 받는 것으로 생각된다. 이러한 열전도에 의한 온도 상승은 압축기가 가동되지 않는 제상과정에서 확연히 관찰되는데, 제상과정 중에 압축기 입구온도가 가장 높다는 것을 알 수 있다. 이것은 뜨거운 압축기의 전도열에 의한 것이며, 제상과정이 끝나고 압축기가 가동되면서 입구온도가 급속히 감소하는 것은 상대적으로 차가운 냉매가 압축기로 유입이 되기 때문이다.

Fig. 9(b)는 쇼케이스 시스템의 소비전력을 나타낸 것이다. 소비전력은 크게 압축기, 제상히터 및 팬, 제어전원 등의 3부분으로 구분되어 측정되었다. 압축기는 제상히터가 가동되기 약 3분 전에 작동이 중지되고, 히터는 매회 일정하게 약 20분 동안 지속된다. 제상히터의 가동이 끝난 후 약 5분간의 압축기 운전지연시간이 있는데, 이는 쇼케이스 바닥에 제상에 의해 녹은 물이 고여 있는 것을 제거해 줌으로써 압축기 재가동시 급속

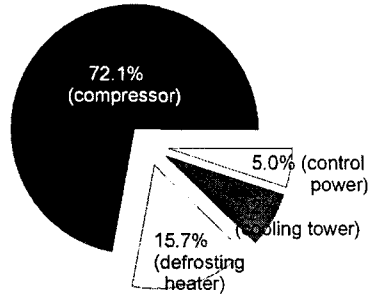


Fig. 10 Electric power consumption of test showcase system.

히 결빙되는 것을 방지하기 위한 여유시간이다. 전체 쇼케이스 시스템에서 각 주요 구성품별 소비전력을 평가한 Fig. 10를 보면, 압축기는 약 72.1%의 전력을 소비하며, 제상히터는 약 15.7%를 차지하는 것으로 분석되었다. 그러나 제상히터 작동으로 압축기의 부하가 증가하였으므로 이를 감안할 경우 제상히터의 영향으로 인한 소비전력은 총 약 18.3%로 증가하게 된다. 추가적인 소비전력 증가량은 두 대의 압축기가 동시에 작동할 때의 소비전력과 정상적인 압축기 운전(일반적으로 한 대의 압축기만 작동) 소비전력과의 차로 나타낼 수 있을 것이다.

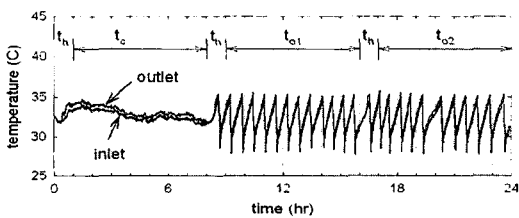
실제 시스템에서 제상히터 소비전력을 줄이는 것도 과제가 되지만, 더 중요한 문제는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 쇼케이스 고내온도가 10~15℃ 이상으로 증가하기 때문에 냉동식품이 녹거나, 변질될 위험성이 있다. 또한 냉동식품이 이러한 고온조건에 장시간 노출되어 있을 경우 더욱 위험할 수 있으므로 가능하면 고내온도를 낮추고, 제상시간을 줄일 수 있는 효율적인 제상과정이 필요하다. 쇼케이스의 효율적인 제상에는 제상히터의 적절한 용량 및 증발기 내 히터의 배치 등이 밀접한 영향을 미치는 변수이므로 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Fig. 11은 응축기의 냉매 및 냉각수 파이프 입/출구에서 각각 온도를 측정된 것이다. 냉각수 입/출구 온도차는 평균적으로 약 1℃를 유지하고 있으며, 일반적인 설계 온도차를 5℃로 볼 때 유량이 설계치 이상으로 과도하게 운전되고 있는 것으로 생각된다. 이러한 상황은 인버터를 통해 냉각수 펌프의 유량을 적절히 제어함으로써 과도한 운전을 피할 수 있으며, 전력소모도 최소화할 수 있을 것이다.

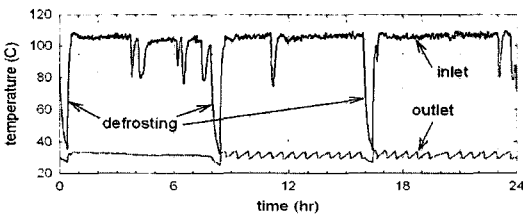
매장이 개장하기 전의 제상기간부터 폐장 때까지(약 08:00~24:00)는 약 28~35℃까지 비교적 주기적으로 완만한 상승과, 급격한 하강의 형태를 보이며 변화하고 있다. 이런 변화형태는 냉각탑에 설치된 냉각수 팬의 작동에 크게 의존하는 것으로 생각된다. 개장 후에는 쇼케이스에 부하가 증가하게 되므로 일정한 냉각수 온도범위에서 팬의 작동이 on/off 방식으로 제어되기 때문이다. 냉각수 팬이 작동함으로써 온도는 급격히 내려가고, 일정한 온도 이하로 강하하면 팬이 정지, 온도는 서서히 증가하는 것이다. 온도변화 주기는 평균적으로 약 37분 정도로 평가되었다.

반면에 폐장시간의 냉각수 입/출구온도는 제상과정이 끝난 후 비교적 급격히 상승했다가 아주 서서히 하강함으로써 개장 후와는 완전히 다른 양상을 보여주고 있다. 처음에 온도가 급격히 상승하는 것은 앞에서 언급한 바와 같이 제상과정에서 발생한 온도증가를 빠른 시간 내에 감소시키기 위하여 2대의 압축기가 동시에 작동하기 때문이다. 그 이후 온도가 주기적인 변화 없이 서서히 강하하는 것은 냉각수 팬의 작동에 의해 냉각이 이루어지는 것이 아님을 뜻한다. 또한 이것은 쇼케이스의 부하에 의한 것이라기보다 계절적인 요인이 크게 작용한 것이다. 이에 대해서는 뒤에서 다시 언급할 것이다.

응축기 입구에서의 냉매 평균 온도는 압축기



(a) Cooling water



(b) Refrigerant

Fig. 11 Temperature of cooling water and refrigerant in condenser.

운전시에 약 106℃를 유지하고 있으나 압축기 운전이 정지되는 제상과정 동안에는 온도가 급격히 감소하는 것을 알 수 있다. 그리고 응축기 출구에서의 냉매온도는 냉각수 온도변화와 밀접한 관계를 가지므로 전 구간에서 냉각수 온도변화와 동일한 양상을 보이고 있다.

3.2 계절별 운전 특성

이미 Fig. 11에서 언급한 바와 같이 폐점시간 동안의 냉각수 온도제어는 냉각수 팬에 의한 것이 아니라 냉각수 파이프에 장착된 삼방밸브(3-way valve)에 의해서 냉각탑으로 돌아가는 유량과 바이패스(bypass) 유량을 적절히 조절함으로써 가능해진다. 이때 냉각수 팬의 작동 여부는 계절적 요인, 즉 외기온도에 따라 영향을 받게 된다. Fig. 11과 같이 겨울철(1월 중순)에는 외기의 온도가 낮아 냉각수 팬의 작동 없이 냉각수를 냉각탑까지 보내는 것만으로도 원하는 온도까지 충분히 낮출 수 있게 된다. 특히 폐점시간대에는 쇼케이스의 부하도 적고, 심야시간이므로 외기 온도도 매우 낮기 때문에 삼방밸브를 이용하여 전체 냉각수 중 일부 유량만을 냉각탑까지 보내고 나머지는 바이패스 시킴으로써 적절하고 효과적인 온도제어가 가능하다.

Fig. 12는 봄철(3월 말)에 측정된 냉각수 입/출구의 온도변화를 보여주는 것으로서 폐점시간대에도 냉각수 팬에 의해 온도제어가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 온도변화 주기가 개장 시간대보다 늦은 것으로 보아 어느 정도는 외기 온도에 의해 영향을 받고 있음을 보여준다.

할인매장의 영업 특성상 1년 이상의 장기간에 걸친 현장측정에는 사실상 현실적으로 어려운 문제가 많아 본 연구에서는 겨울 및 봄철을 중심으로 이루어졌다. 향후 본 연구의 연장선상에서 여름철을 포함하는 보다 광범위한 실험 및 분석이 이루어질 수 있을 것으로 생각한다.

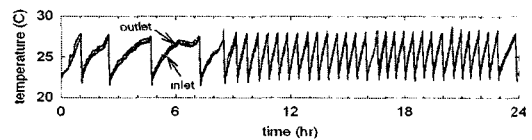


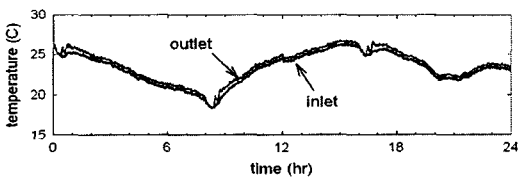
Fig. 12 Temperature of cooling water in condenser during spring season.

3.3 휴무일 운전 특성

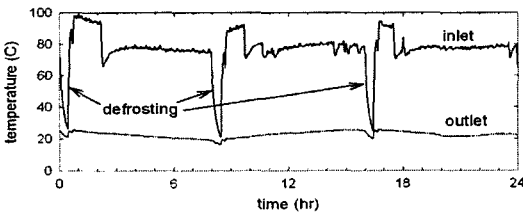
대형할인매장에 설치된 쇼케이스 시스템의 운전 특성은 매장의 부하에 따라 크게 다르다. 특히 매장이 휴무일일 경우 쇼케이스의 부하는 적어진다. 그러나 냉동식품을 적재한 쇼케이스의 특성상 운전을 중지할 수는 없고, 일정한 온도를 지속적으로 유지해야 한다.

Fig. 13은 매장 휴무일의 응축기 냉각수 및 냉매의 온도변화를 나타낸 것으로서 정상적인 영업일에 측정된 결과(Fig. 11)와는 큰 차이를 보여주고 있다. 특히 냉각수 온도변화에서 보면 냉각수 팬은 전혀 작동하지 않았고, 삼방밸브 만으로 온도조절이 이루어졌으며, 계절은 겨울철임을 알 수 있다. 응축기 냉매 입구온도는 제상히터가 가동된 후 1~1.5시간을 제외하고는 상대적으로 낮고, 비교적 일정하게 유지되고 있다.

압축기 출구에서의 냉매 온도변화는 2대의 압축기 작동과 연관되어 있음을 Fig. 14를 통해 알 수 있다. 제상과정을 통해 증가된 부하에 의해 2대의 압축기는 동시에 작동을 하다가 먼저 큰 용량(10.5 HP)의 압축기만이 1~1.5시간 동안 계속적으로 운전을 하게 된다. 이후 정상적인 낮은 부하에서는 적은 용량의 압축기(7.5 HP)만이 작동을 하게 되고, 이때 출구 냉매온도는 상대적으로



(a) Cooling water



(b) Refrigerant

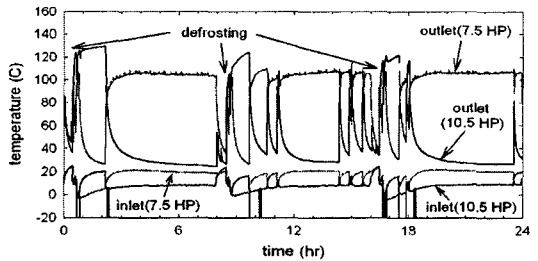
Fig. 13 Temperature of cooling water and refrigerant at condenser inlet and outlet during holiday.

낮아진다.

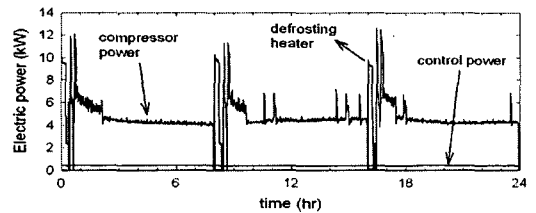
휴무일에도 매장의 쇼케이스 고내에는 냉동식품이 보관되어 있으므로 시스템은 지속적으로 작동되어야 한다. 따라서 휴무일의 소비전력(Fig. 14 (b))도 전력소비의 주체가 되는 압축기에 의해 크게 좌우 된다. 정상적인 영업일(Fig. 9(b))과 비교해 볼 때, 적은 용량의 압축기가 주로 사용되므로 제상기간 및 과정이 끝난 후 1~1.5시간 동안에는 정상적인 영업일과 큰 차이가 없지만 이 기간 외에는 전력소비가 현저히 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 상대적으로 부하 변화폭도 크게 줄어 일정하게 된다.

4. 결론

본 연구는 대형 할인매장에서 냉동식품 판매용으로 사용되는 쇼케이스 시스템을 대상으로 각 주요 구성품에서 냉매, 공기, 냉각수 온도 및 소비전력 등을 측정하고, 매장의 부하변동에 따른 운전 특성을 비교, 고찰함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.



(a) Refrigerant temperature at compressor inlet and outlet



(b) Electric power

Fig. 14 Temperature of refrigerant at compressor inlet/outlet and electric power of showcase system on business holiday.

(1) 쇼케이스 고내 공급 및 회수 공기의 온도는 부하량과 큰 관계가 있으며, 매장의 개장을 전후하여 평균 6°C에서 13°C로 급격히 상승한다. 특히 폐점 전의 냉동식품 세일시간대에 가장 큰 증가를 보임으로써 고객 수에 큰 영향을 받는다.

(2) 제상과정에 의해 고내온도는 약 15°C까지 상승하여 냉동식품을 변질시킬 위험이 있다. 특히 냉동식품이 고온의 분위기에 노출되어 있는 시간의 길이가 매우 중요하며, 시스템 소비전력 증가에 큰 영향을 미치므로 효율적인 제상과정이 필요하다.

(3) 쇼케이스 증발기의 효율적인 제상을 위하여 제상히터의 적절한 용량 및 증발기 내 히터의 배치 등이 중요한 영향을 미치는 변수이며, 이에 대한 연구가 필요하다.

(4) 응축기에서 냉각수 입/출구 온도변화는 계절별 요인이 크게 작용하여 냉각수 팬의 작동 여부와 깊은 관련이 있다. 또한 온도제어는 삼방밸브에 의해 냉각탑으로 가는 유량과 바이패스 유량을 적절히 조절함으로써 가능하다.

참고문헌

1. Kwon, J.-T. and Kwon, Y.-C., 2003, Development trend of showcase equipment, Journal of SAREK, Vol. 32, No. 7, pp. 34-36.
2. Koo, N.-Y., Sung, D.-M. and Lee, Y.-K., 2001, An experimental study for developing the defrost equipment of forced fan evaporator, Proceedings of the SAREK 2001 Winter Annual Conference, pp. 119-124.
3. Hayashi, Y., Aoki, K., Adachi, S. and Hori, K., 1977, Study of frost properties correlating with frost formation types, ASME Trans. J. of Heat Transfer, Vol. 99, No. 2, pp. 239-245.
4. Frias, J.M. and Aceves, S.M., 1997, Effects of evaporator frosting on the performance of an air-to-air heat pump, Proceedings of the ASME Advanced Energy Systems Division, AES-Vol. 37, pp. 357-363.
5. Chang, Y.H., 2002, Experimental study on the frost growth of fin-tube heat exchangers under frosting conditions, MS thesis, Korea University, Seoul, Korea.
6. Kondepudi, S.N. and O'Neal, D.L., 1990, The effect of different fin configurations on the performance of finned-tube heat exchangers under frosting conditions, ASHRAE Trans., Vol. 96, pp. 439-444.
7. Lee, K.S., Kim, J.M. and Jhee, S., 1999, A study of defrosting behavior according to surface characteristics in a fin-tube heat exchanger, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 11, No. 6, pp. 921-927.
8. Aihara, T., Ohara, T., Shimoyama, T. and Kitano, H., 1997, Heat transfer and defrosting characteristics of a horizontal array of cooled tubes immersed in a very shallow fluidized bed, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 40, No. 8, pp. 1807-1815.
9. Cho, H., Kim, Y., Noh, H., Kim, Y. and Park, Y.C., 2002, Experimental study on the performance characteristics of hot-gas bypass and on-off defrosting cycle in a showcase refrigeration system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No. 6, pp. 493-502.