

냉동기용 지능형 진단시스템의 개발

Development of Intelligent Diagnostic System for Refrigerator

임대영, 유영재

목포대학교 제어시스템공학과

Dae-Young Lim, Young-Jae Ryoo

Department of Control System Engineering, Mokpo National University

E-mail : ldaeyoung@hanmail, yjryoo@mokpo.ac.kr

요 약

This paper describes an intelligent diagnostic system for the refrigerator which is used for the cold-storage of farm produce. The propose method measures the temperature of the compressor, condenser and evaporator in the refrigerator and uses the measured values to diagnose the system. It is shown through the implementation that the developed system is efficient for the fault observation and diagnose of the refrigerator.

1. 서론

저온저장시설에서 냉동기 고장에 의한 저장실의 온도 변화는 저장농산물의 다량을 부패시켜 경제적으로 막대한 손실을 가져온다. 이러한 냉동기의 고장원인으로는 기계적인 고장과 전기적인 고장 두 가지로 나뉜다.

전기적인 고장은 경미하고, 단순하여, 고장원인 파악이 간단하고 비전문가도 현장조치가 가능하다. 반면 기계적인 고장은 고장 원인파악이 어렵고, 냉동기의 열화나, 동작특성의 불균형을 초래하여 부분고장으로 이어진다. 부분고장은 점진적으로 진행되어 특정부분에 누적되기 때문에 에너지낭비, 냉동기의 성능저하 및 냉방능력 저하 등의 특징이 있다[1].

최근 국내외에서는 고장에 대한 해결책으로 고장검출 및 진단시스템[2]과 신경망학습이론을 이용한 고장검출 및 진단기법에 대해 연구가 이루어졌다.[3-4] 이 연구는 압력과 온도변화를 이용하여 고장부분을 판별하는 방법을 기반으로 하고

있다. 이 연구는 냉동기의 배관일부를 절삭, 가공하고, 압력계측기를 설치하는 방법이다. 이와 같은 시스템은 냉동기의 성능분석 및 실험연구에는 적합하나 산업현장에 적용하기는 불가능하다. 이 방법은 냉동기의 일부분을 분해 및 조립하므로 비용 소모가 많고, 분해 및 조립으로 인해 현장에서 운영되고 있는 냉동기의 고장발생과 프레온가스의 누설로 인한 환경오염 등 위험성이 높다. 결국 이 장치는 실험실에서 사용할 수 있는 수준으로 산업현장적용에는 한계를 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 냉동기의 변형이나 가공이 필요 없고, 감시 및 진단이 가능한 지능형 시스템을 제안한다. 이 시스템은 냉동기의 분해 및 변형을 피하기 위해 냉동기 구성요소인 배관의 부온도계측방법을 이용하였다. 이는 냉동기가 정상 동작할 때와 고장 동작할 때 배관에 온도변화가 나타난다는 사실을 기반으로 하고 있다. 즉, 정상 동작 시와 고장 작동 시 온도를 비교하면 고장부분을 예측할 수 있다는 점을 이용한 것이다. 이

는 기존 관리자의 경험지식으로 고장을 판별하는 방법보다 효율적이고, 사전에 예측할 수 있기 때문에 비용절감효과와 농산물의 부패로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있다.

제안한 진단원리를 구현하기 위하여 냉동기의 동작특성을 분석하고, 냉동기 구성요소의 온도계측부분을 결정하였다. 결정된 부분의 배관온도를 계측하기 위한 계측시스템을 구성하였다. 이 시스템을 현장에 적용 가능하도록 하였다. 또한 컴퓨터를 이용한 Windows 기반 그래픽사용자인터페이스환경의 중앙감시 및 진단용 소프트웨어를 개발하였다.

2. 제안하는 감시 및 진단시스템

2.1 제안하는 고장진단방법

냉동기에 고장이 발생하면 냉동기 구성요소인 압축기, 응축기, 증발기의 흡입구와 토출구에 온도변화가 정상온도와 달라진다는 점을 이용한다. 이를 구현하기 위하여 그림 1처럼 냉동기 구성요소인 압축기, 응축기, 증발기의 흡입구와 토출구에 온도센서와 계측기를 장착하고, 정상상태온도와 고장상태온도를 계측할 수 있도록 설계 구성하였다.

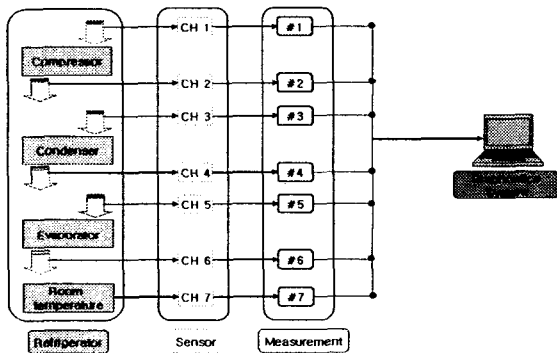


그림 1. 감시 및 진단시스템의 설계.

2.2 온도 및 계측기 시스템

냉동기 구성요소인 흡입구와 토출구의 표면은 동근 동관으로 되어 있다. 이 부위의 온도변화를 계측하기 위한 방법으로 동관표면에 온도센서를 부착해야 한다. 동관표면에 부착의 용이성을 위해서 온도센서는 유연성 있는 열전쌍에 테프론 처리된 센서를 이용하였다.

센서로부터 출력되는 아날로그 전압신호는 상용온도 계측기를 통하여 디지털 값으로 변환된다. 이와 같은 온도센서 및 계측기는 냉동기 구성요소인 각 계측부분위에 6조, 저장실 실내온도 계측에 1조로 총 7조의 계측시스템을 구성하

였다.

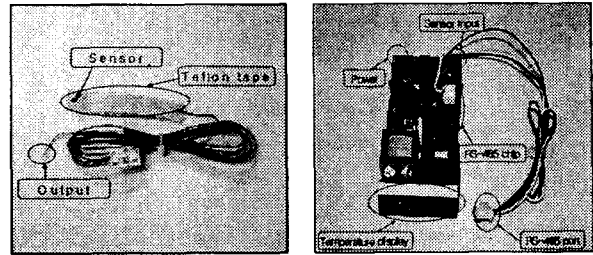


그림 2. 구성된 온도계측 시스템.

2.3 감시 및 진단시스템

제안하는 중앙감시 및 진단 시스템은 그림 3과 같이 Windows 기반 그래픽 사용자 인터페이스 환경으로 LabVIEW를 이용하여 개발하였다. 중앙감시 및 진단시스템은 시스템을 총괄하는 기능을 가지고 있으며, 데이터통신, 데이터변환, 데이터저장, 데이터표현, 오차보정, 계측시간설정, 저장실온도계측 등으로 구성하였으며, 현재온도와 설정온도를 비교하고 표시한다.

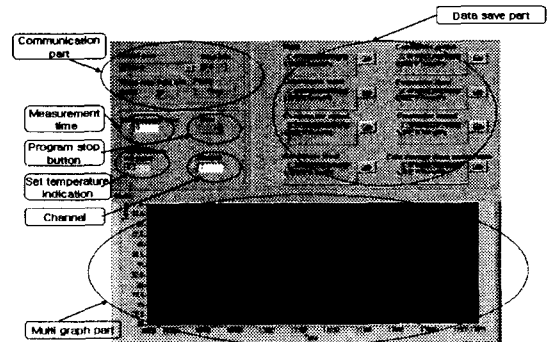


그림 3. 개발한 중앙감시 및 진단프로그램.

3. 고장 진단 실험 및 고찰

제안한 진단법을 실험하기 위하여 그림 4와 같이 구성하였다.

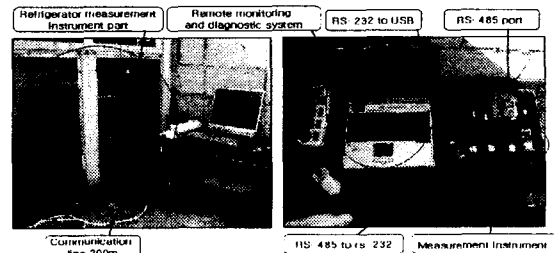
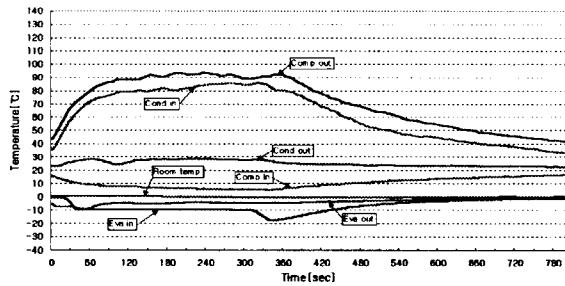


그림 4. 제안한 진단법의 실험장치.

냉동기는 30평 규모의 저장실을 -4°C 까지 급속 냉동 할 수 있는 콘덴싱 유니트와 10마력압축기, 유니트쿨러 시스템을 구성하였다. 저장실내 온도 제어기 설정은 0°C , 히스테리시스는 상한 0.5°C 하한 -0.5°C , 실내온도 오차는 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, 온도데이터 샘플링은 3초로 설정하였다.

3.1 정상동작일 때 온도변화

고장진단을 하기 위해서는 정상 동작일 때 온도데이터의 계측이 선행되어야 한다. 따라서 개발된 시스템을 이용하여 정상 동작일 때 각 부위의 온도 데이터를 그림 5와 같이 계측하였다.

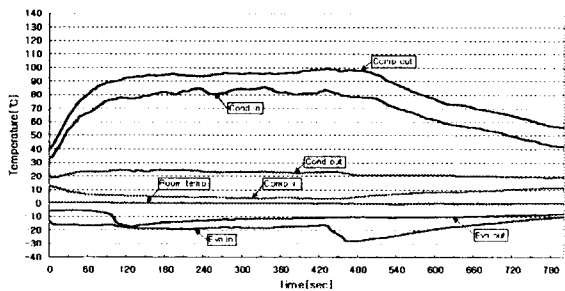


- Comp in: Compressor input
- Comp out: Compressor output
- Cond in: Condenser input
- Cond out: Condenser output
- Eva in: Evaporator input
- Eva out: Evaporator output
- Room temp: Room temperature

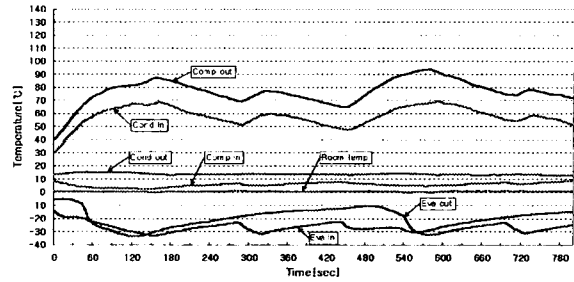
그림 5. 정상동작일 때 온도변화.

3.2 증발기 고장일 때 온도변화

증발기의 고장은 저장실에서 열교환을 할 수 없는 상태로 실내온도 상승 및 농산물의 부패를 초래한다.



(a)



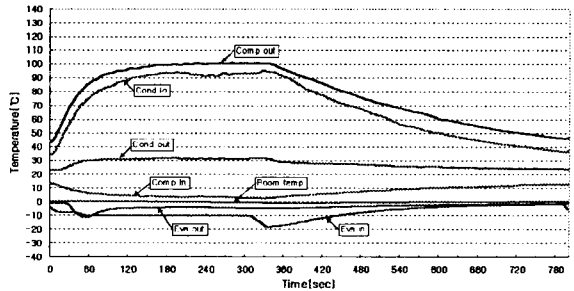
(b)

그림 6. 증발기 고장일 때 온도변화. (a) 50% 고장일 때, (b) 100% 고장일 때

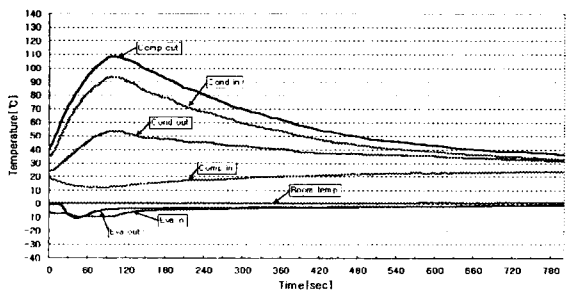
따라서 증발기 고장상태를 50%와 100% 나누고, 이에 따른 온도변화를 계측하였다. 그림 6과 같이 계측하였다.

3.3 응축기 고장일 때 온도변화

응축기는 냉동기 외부에 장착되어 있고, 압축기로부터 응축, 액화된 냉매가 고열의 특성을 가지고 있기 때문에 증발기로 흡입되기 전 외부공기와 열교환을 통해 냉매의 열을 낮추는 장치다. 응축기가 고장 나면 외부공기와 열교환을 할 수 없는 상태다. 응축기 고장을 50%와 100%로 나누고 이에 따른 온도변화를 그림 7과 같이 계측하였다.



(a)



(b)

그림 7. 응축기 고장일 때 온도변화.

(a) 50% 고장일 때, (b) 100% 고장일 때

4. 지능형 고장진단 결과고찰

정상동작일 때와 고장동작일 때 온도변화를 바탕으로 고장증상에 따라 판별할 수 있는 고장진단방법과 고장별 주요증상 판별방법을 표1에 제시하였다.

표 1 고장별 주요증상

Condition						
Compressor		Condenser		Evaporator		
input (°C)	out put (°C)	input (°C)	out put (°C)	input (°C)	out put (°C)	
5.1 ~ 7.8	89.1 ~ 94	86 ~ 79.3	24.3 ~ 28.9	-17.6 ~ -9.4	-10 ~ -4.1	Nor.
*	*	*	*	-17.6 ~ -28	-10 ~ -17.1	Eva. 50%
*	*	*	*	-17.6 ~ -32.3	-10 ~ -33.5	Eva. 100%
*	*	86 ~ 95.4	28.9 ~ 32.2	*	*	Cond. 50%
*	*	*	*	*	*	Cond. 100%

Nor.: Normal

Eva.: Evaporator

Cond.: Condenser

냉동기가 정상동작일 때 온도변화를 살펴보면 압축기의 흡입구는 5.1°C ~ 7.8°C 사이에서 동작하고, 토출구는 89.1°C ~ 94°C 사이에서 동작하였다. 응축기의 흡입구는 79.3°C ~ 86°C 사이에서 동작하고, 토출구는 24.3°C ~ 28.9°C 사이에서 동작하였다. 증발기는 흡입구 -9.4°C ~ -17.6°C 사이에서 동작하고, 토출구는 -4.1°C ~ -10°C 사이에서 동작하였다.

응축기 50% 고장동작일 때 응축기의 온도변화는 흡입구 86°C ~ 95.4°C 사이에서 동작하였다. 이는 정상동작보다 약 16.1°C 상승한 것을 확인할 수 있다. 토출구는 28.9°C ~ 32.2°C 사이에서 동작하였다. 이는 정상동작보다 4°C 상승한 것을 확인할 수 있다. 응축기 100% 고장일 때는 압축기에서 토출된 냉매의 열이 대기의 공기와 열교환할 수 없기 때문에 냉동기에 과열이 방지장치 동작하여 냉동기보호를 위해 자체 정지하였다.

증발기 50% 고장동작일 때 증발기의 온도변화는 흡입구 -17.6°C ~ -28°C 사이에서 동작하고, 토출구는 -10°C ~ -17.1°C 사이에서 동작한다. 이는 정상동작과 큰 차가 없다. 그러나 증발기 100% 고장동작일 때는 온도변화를 살펴보면 흡

입구는 -17.6°C ~ -32.3°C 사이에서 동작한다. 이는 정상동작보다 -22.9°C 하강한 것을 확인할 수 있다. 토출구는 -10°C ~ -33.5°C 사이에서 동작한다. 이는 정상동작보다 -29.4°C 하강한 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 저온저장시설의 냉동기용 지능형 진단 시스템을 연구하였다. 이 방법은 냉동기 고장이 발생하면 구성요소인 압축기, 응축기, 증발기의 흡입구와 토출구에 온도변화가 있다는 점을 기반으로 온도센서와 계측기를 이용하여 정상 온도와 고장온도를 비교하고, 고장을 감시 및 진단하는 방법을 제시하였다. 기존의 냉동기 고장 판별방법은 관리자의 경험지식으로 판별되어 왔으나, 본 시스템의 개발로 냉동기의 고장으로 발생하는 비용과 효율적인 냉동기 관리가 가능해졌으며, 본 실험을 현장에 설치된 냉동기에 적용함으로써 유용성을 검증하였다.

6. 참고문헌

- [1] 황정욱, 한도영, "정규화 입력 신경망 알고리즘을 사용한 냉동기 부분고장검출", 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 pp.1457-1462, 6, 2002.
- [2] 한도영, 황정욱, "냉동기 시스템의 고장감지 및 진단", 대한설비공학회 자동제어부분 강연회, pp.105-120, 10, 2002.
- [3] 한도영, 이한홍, 윤태훈, "데이터 전처리 기법을 적용한 신경망 알고리즘의 냉방기 부분고장검출", 설비공학회 논문집, 제 14권, 제 호, pp.560-566, 2002
- [4] 한도영, 윤태훈, "신경망 알고리즘을 사용한 냉방기와 증발기 오염의 고장검출", 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 pp.675-680, 7, 2001.

본 과제(결과물)는 산업자원부의 출연금 등으로 수행한 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업의 연구결과입니다.