냉장고 소비전력 저감을 위한 착상감지센서의 응용 연구

성 창 용, 나 승 유, 이 희 영

전남대학교 RRC, 전자공학과

Tel : +82-62-530-1753; Fax : +82-62-530-1759

Application of Frost Detecting Sensors in Refrigerators to Reduce Energy Consumption

Chang Yong Sung, Seung You Na, Heyoung Lee.
RRC-HECS, Dept. of Electronics Eng., Chonnam National University, Puk-Ku, Kwangju
E-mail: syna@chonnam.ac.kr

Abstract

Manual and predictive defrosting method is used in current refrigerators, which have several problems in terms of energy consumption and efficiency. Turning the defrosting system on by the amount of frost remains to be an important problem which has to be improved by refrigerator manufacturers.

The sensing of the amount of frost by FDS(Frost Detecting Sensor) and its proper mounting point are investigated in the paper. Also the realization of actual defrosting system through experiments of operation, energy consumption and sensing mechanism is presented.

Ⅰ. 서 론

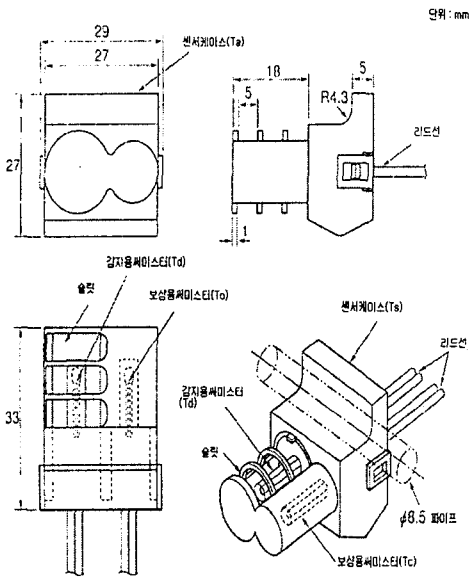
냉장고는 기본기능과 사계절 내내 냉장고를 운전해야 하는 점에서 소비전력의 저감이 큰 이슈로 부각된다. 가정에서 부담하고 있는 전력비의 20~50%정도에 해당하는 부분을 냉장고가 차지하고 있으며 경제성을 따지는 소비자들의 구매 패턴도 변화되고 있다. 현재 유럽에서는 소비전력에 대한 등급을 부여하여 차별화하기 때문에 소비전력 저감이 제품의 주요 사양이 된다. 냉장고는 시스템의 특성상 주기적으로 증발기를 녹여야만 모세관이 막히지 않고 효율적으로 기동을 하는 특성을 지니고 있는데 이때 증발기를 녹이기 위해서 히터를 채용하여 제상Cycle을 동작시킨다. 그런데 이 히터를 어느 정도의 주기로 몇분동안 가동 하느냐가 요즘 주류를 차지하고 있는 간냉식의 핵심 기술이다. 현재 국내외의 냉장고에 사용하고 있는 제상방식은 Compressor의 운전시간 및 전원을 인가한 총 누적시간에 따라서 Heater를 동작시키는 개방회로방식으로 냉장고의 사용 조건이 소비자에 따라서 음식물의 양, 문을 여닫는 횟수 및 시간 등이 다름을 고려 해 볼 때 불필요하게 Heater가 동작하는 경우가 발생할 수 있다.

본 논문에서 적용하고자 하는 착상감지센서(Frost Detecting Sensor)는 지금까지의 개방회로방식의 문제점을 개선하여 실제 착상량을 감지해서 제상을 돌입시켜 불필요하게 동작되는 Heater 동작시간을 없앤 폐회로 방식으로 냉장고에 적용하기 위해서 증발기의 어느 위치에 센서를 취부할 것인지를 결정하는 시험을 한 후 적정 위치를 선정하여 취부하였으며 다음으로 실제 소비전력량에 어느정도의 효과가 있을 것인지를 검증하는 실험과정을 거쳤다. 실험 결과 불필요한 Heater 동작을 줄일 수 있었으며 월간 소비전력량(약 38Kwh/월)의 약 8.5%에 해당하는 3.22Kwh의 소비전력을 저감 할 수 있었다.

Ⅱ. 착상감지 센서

2.1 착상감지 센서(Frost Detecting Sensor)의 개요

착상감지 센서는 냉장고와 같은 냉각기기에 사용되는 증발기에 부착되어 성에를 감지하는 센서이다. 성에의 부착 상태를 정확히 파악하여 불필요한 제상을 억제함으로서 냉각기기의 운전효율을 높여 전력 소모를 줄이는데 그 목적이 있으며 외형도는 아래 그림1과 같다.



(주)ISIZUKA사의 착상감지 센서

그림1 FDS의 외형도

2.2 착상감지 센서의 동작원리

착상감지 센서는 열전도성이 우수한 재료를 사용한 센서 케이스에 2개의 공동부(空洞部)를 만들고 한쪽 공동부에는 슬릿을 형성시킨 구조이다. 슬릿이 형성된 공동부에는 감지용 Thermistor(Td)를 다른쪽의 공동부에는 보상용 Thermistor(Tc)를 설치 하였다. Td는 센서를 통과하는 냉기의 온도(ta)를 감지하고 Tc는 냉기의 영향을 받지 않고 냉각 파이프의 온도(tp)를 감지한다. 슬릿은 Td로 하여금 ta를 감지 하도록 설계 되어 있다. 또한 리드선은 센서의 신호를 전기적인 회로와 접속하도록 설치 되었다. 그림2에서는 착상감지 센서의 동작원리를 개념도로 표시 하였다

2.2.1 착상감지 센서 주위환경

(1)기호의 설명

Ta:냉기의 흐름	ta:냉기의 온도
Ts:센서 케이스	ts:센서 케이스 온도
Tp:냉각 파이프	tp:냉각 파이프 온도
Td:감지용Thermistor	td:감지용Thermistor의 온도
Tc:보상용Thermistor	tc:보상용Thermistor의 온도

(2)착상감지 센서의 주위환경

착상감지 센서는 그림1과 같이 냉동냉장고의 냉각 파이프에 설치한다. 냉각 파이프의 온도는 약 -20℃로 한다(tp=ts=tc=-20℃). 냉기온도 ta는 5℃로 한다(ta = 5℃).

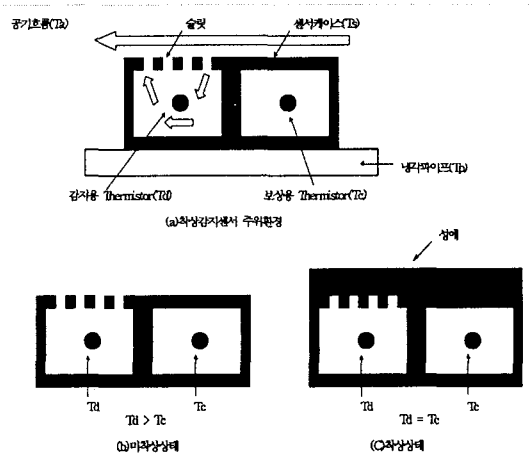


그림2 착상감지센서 동작원리 개념도

2.2.2 미착상 상태

그림2(b)는 성에가 부착되지 않은 상태(미착상상태)이다. 착상감지 센서의 센서 케이스의 온도 ts 및 보상용 서미스터의 온도 tc는 -20℃가 된다.

냉기의 온도 ta가 5℃이므로 슬릿을 통해 냉기가 유입되면 td는 tc보다 높아지게 된다(td > tc).

2.2.3 착상 상태

그림2(c)는 성에가 부착된 상태이다. 성에가 증가 함에 따라 슬릿이 막혀 냉기 유입이 제한된다.

착상 상태에서는 감지용 Thermistor의 온도 td와 보상용 Thermistor의 온도 tc가 같아지게 된다(td=tc).

상기와 같은 방법으로 성에의 유무를 감지 할 수 있다

2.3 착상감지 센서의 성능

센서의 주요성능을 살펴보면 아래 표1과 같다

표1 착상감지센서의 성능표

항 목	구 분	사 양
센 서 성 능	사용온도범위	-40 ~ 80℃
	동작온도범위	-40 ~ -5℃
신뢰성 성능	내 열	100℃ 1000시간
	내 한	-55℃ 1000시간
	내 습	70℃ 95% 1000시간

Ⅲ. System의 구성

3.1 착상감지센서 취부위치 결정

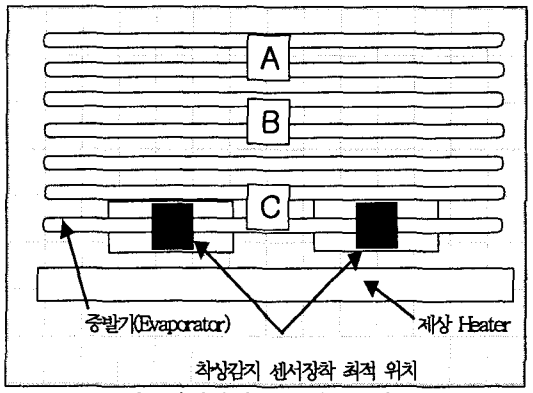


그림3 착상감지센서 취부위치도

실험을 통한 착상감지 센서의 효과를 검증하기 위해서 냉장고 내부의 가장 적절한 위치를 정하는 것이 중요한데 증발기에 착상이 되어 있지 않은 상태에서 감지용 Thermistor(Td) - 보상용 Thermistor(Tc)의 온도차가 가장 많이나는 곳이 착상이 되었을 때 착상량을 감지 할 수 있는 가장 좋은 취부 위치이기 때문에 증발기를 그림3에서와 같이 'A,B,C' 3 구간으로 나눠서 Td-Tc의 온도차가 가장 많이 나는 곳을 찾았다. 실험 결과 Td-Tc의 온도차가 'A' 부위는 5℃이하였고 'B'부위는 10℃이하, 'C'부위는 10℃이상으로 나타나 'C'부위에 착상감지센서를 부착하기로 결정 한다.

3.2 Data Acquisition System

Data의 정확한 분석을 위하여 Data Acquisition System을 사용하여 Data를 1분 단위로 Scanning 한다. System Block도는 그림4와 같으며 온도 오차는 ± 0.2℃이내이다.

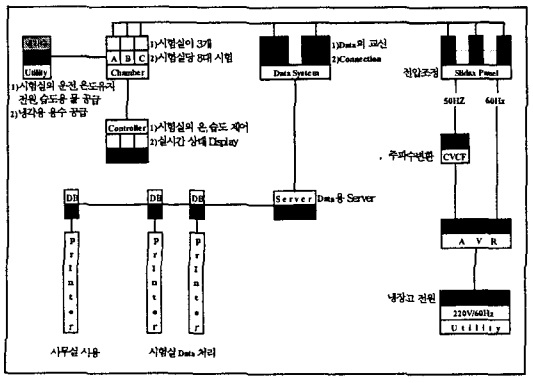
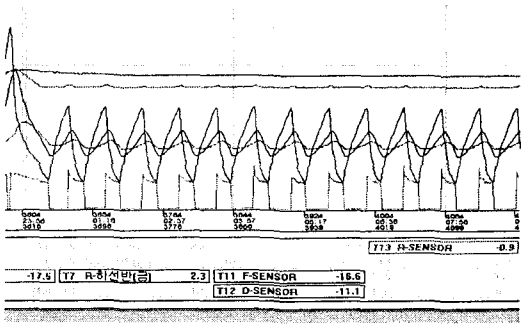


그림4 Data Acquisition System Block도

3.3 온도측정 Graph

그림4의 시스템에 의해 Data를 취합하여 각 부위별 Data를 분석 정리 하였으며 그림5의 Graph에서는 F,D,R-Sensor의 온도 및 전류치를 나타 낸다.



(주)가로축: Data의 Scanning Time(분)
세로축: 온도(℃),전류(A)
그림5 각 부위별 온도 Graph의 실례

3.4 착상감지 센서부착 전후의 제상돌입조건 변경

착상감지센서를 채용함으로서 제상돌입 Mode는 매우 간단해 졌으며 전후의 Flow Chart는 그림6과 같다

Ⅳ. 실험결과 및 고찰

냉장고에 물부하를 넣고 착상감지센서를 취부한 상태에서 증발기가 착상된 상태에서 감지용 Thermister (Td)-보상용Thermistor(Tc)의 온도차를 확인한 결과 아래 그림7에서와 같이 1℃이내였으며 이때 냉장고 내부 증발기의 착상상태는 완전 착상상태임을 확인했으며 이때 제상 Heater가 동작 하였다.

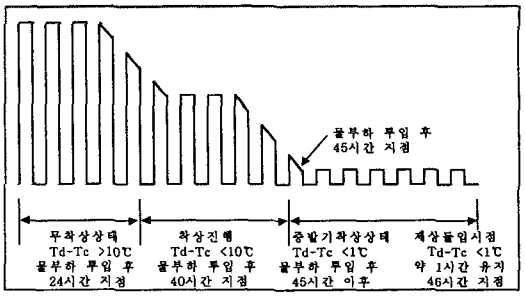


그림7 제상돌입 시점도

Heater가 OFF되는 지점을 현재 사용하고 있는 D-Sensor와 보상용 Thermistor(Tc)의 온도를 비교 해서 확인한 결과 표2에서와 같이 현재 사용하고 있는 D-Sensor가 평균 10.3℃, 보상용 Thermistor(Tc)는 평

균 47.3℃로 측정되어 착상감지센서 취부시의 복귀온도를 47.3℃로 결정 하였다.

표2 기존 및 착상감지센서 부착시의 동작표

구분 / 항목		A 모델 #1 기존 D-Senso	A 모델 #1 착상감지 센서(Tc)	A 모델 #2 기존 D-Senso	A 모델 #2 착상감지 센서(Tc)
정상 Control	복귀온도	8.6℃	53.5℃	9.4℃	46.2℃
	HTR동작	38분		30분	
물부하 투입	복귀온도	10.1℃	52.3℃	10.4℃	42.3℃
	HTR동작	29분		27분	
실용모의 부하	복귀온도	10.4℃	51.8℃	9.4℃	49℃
	HTR동작	40분		42분	

이와같은 상태에서 소비전력을 측정한 결과를 비교해 정리한 결과 아래 표3과 같다

표3 착상감지센서 장착시와 기존의 제상Mode 비교

구분 / 항목	A 모델 기존	A 모델 착상감지센서	비고
1)시험기간중(72시간)자연제상횟수 (조건:무부하 30℃/65% 중/중)	3회	0회	무부하, 도아개폐(X) 착상거의 없음
2)시험기간중(48시간)자연제상횟수 (조건:물부하 35℃/85% 중/중)	2회	1회	물부하투입 도아개폐(X)
3)월간예상 제상돌입 횟수 (48시간 제상횟수 기준)	30회	15회	15회↓
4)자연제상시 HTR 월간소비전력량	6.45Kwh/월	3.23Kwh/월	3.22Kwh/월↓
5)HTR제상 1회 투입시 소비전력량	0.215Kwh/월		제상HTR입력180W

(1) 시험기간(72HR)중 무부하시 자연제상 횟수는 3회에서 0회로 줄었음

(2) 시험기간(48HR)중 물부하시 자연제상 횟수는 2회에서 1회로 줄었음

(3) 월간소비전력량은 3.22Kwh/월 저감됨.

V. 결 론

실험 결과와 같이 현재의 Compressor 운전시간 및 전원 On 누적시간에 의해 제상이 동작하는 방식을 착상감지센서를 이용하여 폐회로 방식으로 변경하면 Heater 동작을 적정상태로 유지시켜 불필요한 냉장고 내부의 온도 상승을 줄일 수 있으며 Heater 동작시 소요되는 소비전력량을 48시간 물 부하 투입시 자연제상 돌입 기준으로 월간 3.22Kwh를 절감할 수 있다.

제상의 궁극적인 방향은 착상의 양을 인식해서 제상주기를 결정하고 Heater가 최적의 시기에 동작하는 제상시스템이며 이와같은 방식을 실현하면 냉장고 내부의 온도 손실도 줄일 수 있는 이점이 있다.

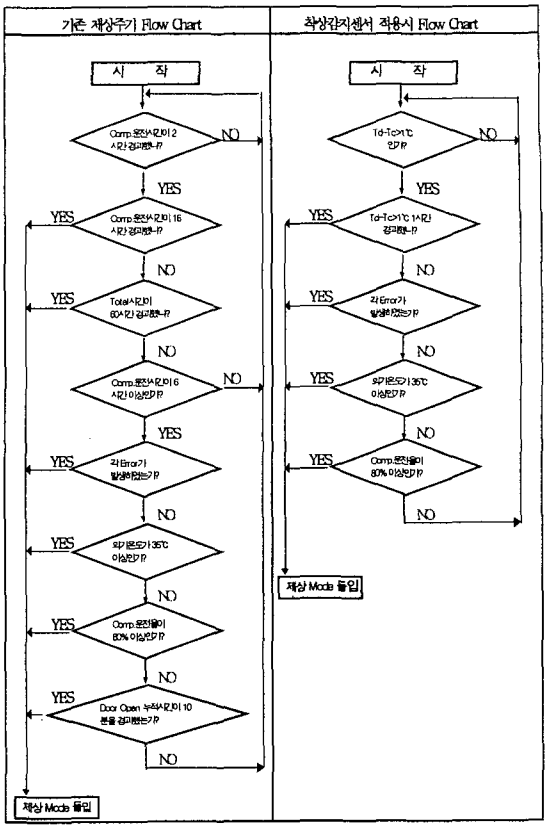


그림6 변경 전·후 Flow Chart

참고문헌

[1] 河野, "熱電對의 選擇基準과 使用上의 問題点 Sensor 技術", pp. 22, 1981年9月号

[2] 簿生, "溫度Sensor 實用技法, Interface", 1980年11号.

[3] 오민정, "냉장고 내부의 냉기유동특성에 관한 3차원 해석", 1995

[4] ISIZUKA 社, "Sensor Catalog", 1999

[5] 이준원, "냉장고 자동 온도조절기의 설계", 1977