

냉동 사이클 교육을 위한 냉매의 특성곡선을 이용한 시뮬레이션 개발에 관한 연구

김남호* · 이경호**

*호남대학교

Study on the development using refrigerant characteristic curve simulation for
refrigeration cycle training

Nam-ho Kim* · Kyung-ho Lee**

*Honam University

E-mail : nhkim@honam.ac.kr, rfsoft@naver.com

요 약

본 논문은 냉매의 특성 곡선을 이용한 냉동시스템의 기초 설계자료를 제공하기 위해서 실제 냉동 시스템과 데이터를 비교 분석하였다. 압축기, 응축기, 수액기, 팽창밸브, 증발기, 액 분리기로 구성된 냉동시스템 장비의 데이터와 냉매의 특성곡선을 기초로 하여 개발된 시뮬레이션 프로그램의 온도 변화와 몰리에르 선도를 비교 분석하였다.

ABSTRACT

In this paper, Actual refrigeration system and the data were analyzed in order to provide basic design data of Refrigeration system using the characteristic curve of the refrigerant. On the basis of the characteristic curve of the refrigerant developed simulation program and data of refrigeration system equipment data consisting of compressor, condenser, Receiver content, expansion valve, evaporator, liquid separator, leading to changes in temperature and Molier were analyzed.

키워드

Refrigerants, 몰리에르 선도, 시뮬레이션 프로그램

1. 서 론

최근 유가의 상승으로 인한 원자재 가격 또한 상승하여 냉동 교육과 같이 하나의 시스템을 설계하여 테스트하는데 사용되는 비용부담이 커졌다. 현재 냉동 교육은 시스템 설계보다는 특정 모델의 시험 운용과 성능분석에 국한되어 있다. 이를 극복하기 위한 하나의 방법으로 냉동 사이클의 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램이 있다.

냉동 사이클의 성능 예측에 관한 연구는 1970년대 이후부터 Fischer and Rice는 정상상태 히트펌프의 성능을 예측하기 위한 시뮬레이션 프로그램, Domanski는 열교환기 해석에 관순법을 적용한 시뮬레이션 프로그램, Yoon et al.이 관순법을 이용한 공조기용 사이클 시뮬레이션 프로그램을

개발하였다. 이러한 시뮬레이션 프로그램들은 대부분 에어컨을 모사하기 위한 목적으로 개발된 것이다.[1]

RNA 시뮬레이션 프로그램은 4가지의 냉동과 공기조화 시스템을 기본으로 구성되어 있고, 냉동과 공기조화 시스템에 필요한 모듈을 배치하고 배선할 수 있게 설계하였다. 또한 현재 우리나라에서 사용하고 있는 R22, R134, R404 냉매이며 지구온난화로 인해 사용이 규제됨에 따라 환경에 무해한 R1270, R290, R717, R744와 같은 자연냉매로 대체 할려고 하고있다.[2] RNA 시뮬레이션 프로그램은 R22, R134, R404의 특성 데이터를 사용하여 시뮬레이션 해볼 수 있게 개발하였다. 본 논문은 압축기, 증발기, 응축기, 팽창밸브, 수액기, 액분리기로 구성되어진 기본냉동 시스템의 실험

데이터를 바탕으로 RNA 시뮬레이션 프로그램과 비교분석 하였다.

II. 관련 연구

냉동 사이클의 성능을 확인할 수 있는 가장 좋은 방법은 물리에르 선도를 보면 알 수 있다. Department of Mechanical Engineering(MEK)과 Technical University of Denmark(DTU)에서 제공하는 CoolPack은 냉동 사이클의 물리에르 선도를 조건값을 입력하여 확인해볼 수 있고 38가지 이상의 냉매를 선택하여 냉매 특성 테이블을 확인해 볼 수 있다. 또한 2가지 냉동 사이클을 입력하여 비교 분석할 수 있다. 국내에서는 H&E사의 냉동 또는 공기조화 시스템 장비(HE시리즈)를 이용하여 PC프로그램인 MSR1000을 이용해 각부의 온도와 압력을 확인하고, 물리에르 선도를 실시간으로 확인하고, 데이터를 저장하여 사용할 수 있다. 냉동과 공기조화의 시뮬레이션 프로그램은 현재 일반적으로 자주 사용되는 냉동 시스템을 위주로 시뮬레이션이 가능하게 제공되며, 냉동장비를 직접 배치하고 배선하여 시뮬레이션 해 볼 수 있는 프로그램은 전무하다.

III. 설계

본 RNA 시뮬레이션 프로그램의 개발환경은 Windows 기반의 .net Framework 4.0를 이용하여 Visual Studio 10.0에서 개발하였고, 사용언어는 객체지향 언어인 C#을 사용하였다. 구성은 냉매 선택 부분, 냉동, 공조의 시스템 선택 부분, 시뮬레이션 동작 부분으로 나누어진다.

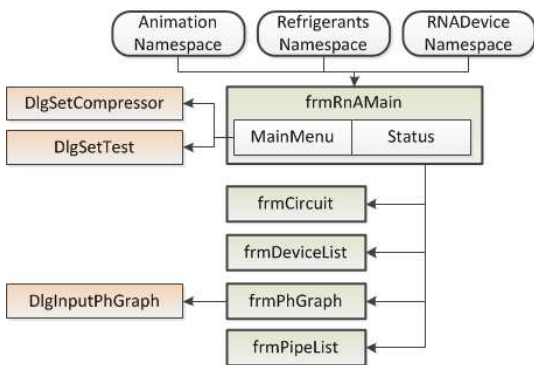


그림 1 RNA 시뮬레이션 프로그램 구조도

그림 1은 RNA 시뮬레이션 프로그램의 구조도이다. frmRnAMain 폼을 기본으로하여 frmCircuit, frmDeviceList, frmPhGraph, frmPipeList의 팝업 폼을 가지며, frmRnAMain의 MainMenu에 DlgSetCompressor, DlgSetTest의 대화상자와 frmPhGraph에 DlgInputPhGraph 대화상자를 가진다. 또한 frmRnAMain 폼은

Animation, Refrigerants, RNADevice의 네임스페이스를 가지고 설계되었다. 각 네임스페이스, 폼, 대화상자는 다음과 같은 기능을 가진다.

- Namespace
 - Animation : RNA 시뮬레이션 프로그램 시뮬레이션시 애니메이션 효과
 - Refrigerants : 냉매의 특성 데이터와 PhGraph 좌표 데이터
 - RNADevice : 냉동장비에 사용되는 장치 데이터
- Form
 - frmRnAMain : RNA 시뮬레이션 프로그램 메인 폼
 - frmCircuit : 시뮬레이션에 필요한 장치의 도명
 - frmDeviceList : frmCircuit에 추가될 냉동장치 리스트
 - frmPipeList : frmCircuit에 추가될 냉동장치의 배선리스트
 - frmPhGraph : RNA 시뮬레이션 프로그램 시뮬레이션시 변화량을 물리에르선도에 출력
- Dialog Box
 - DlgSetCompressor : 시뮬레이션시 필요한 압축기의 상태 입력 대화상자
 - DlgSetTest : 조건값에 따른 장비의 상태 표시를 위한 입력 대화상자
 - DlgInputPhGraph : 조건값에 따른 물리에르 선도 표시를 위한 입력 대화상자

3.1 네임스페이스 설계

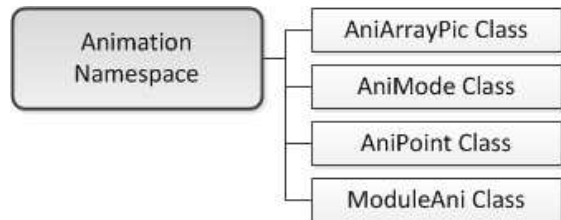


그림 2 Animation 네임스페이스 구조

그림 2는 Animation 네임스페이스의 구조이며, Image Resource들이 배열로 저장하여 애니메이션 효과를 주거나, 하나의 Image에서 좌표값에 따라 애니메이션 효과를 주는 2가지 방식을 모드로 설정하여 출력할 수 있게 설계하였다.

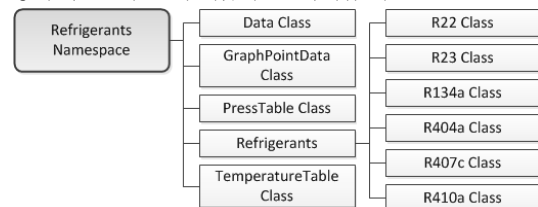


그림 3 Refrigerants 네임스페이스 구조

그림 3은 Refrigerants 네임스페이스의 구조이며, Refrigerants의 추방 클래스에 냉매 R22, R23, R134a, R404a, R407c, R410a의 데이터와 물리에르 선도 Image와 데이터 좌표들을 포함하고 있다.

그림 4는 RNADevice 네임스페이스의 구조이며, 압축기, 응축기, 증발기, 팽창밸브 등의 냉동 장치들을 RNADevice 추상클래스를 통해 설계하였고, 장치들간의 배관에 대한 Pipe 클래스도 설계하였다.

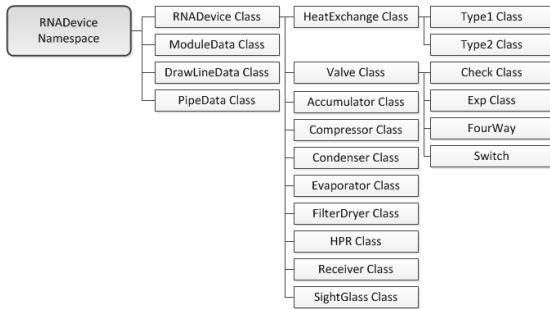


그림 4 RNADevice 네임스페이스 구조

3.2. 냉매 선택 부분

현재 우리나라에서 주로 사용하고 있는 냉매는 R22, R134, R404이고 가정용 에어컨, 냉장고, 자동차의 에어컨 등에서 주로 사용되고 있다. RNA 시뮬레이션은 R134, R404를 선택할 수 있게 하였고, 각 냉매의 압력에 따른 저온, 고온의 특성 데이터 테이블과 특정 온도나 특정 압력에 따라 해당하는 압력과 온도를 출력해주는 클래스를 Library 파일로 코딩하였다.

3.3. 냉동, 공기조화 시스템 선택 부분

냉동, 공기조화 시스템은 기본냉동, 4방 밸브 히트 펌프, 에어 컨디션, 2압축기 시스템으로 구성되어 있고, 냉동, 공기조화에 사용되는 장비들을 모듈화 하여 배치하고 배선할 수 있게 하였다. 기본적으로 제공하는 4가지 구성요소는 다음과 같다.

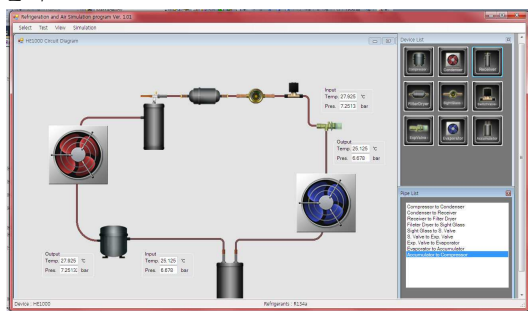


그림 5 RNA 시뮬레이션의 기본냉동고 도면

a. 기본냉동 시스템은 압축기, 증발기, 응축기, 팽창밸브, 수액기, 액분리기로 일반적으로 냉동 시스템에 기본으로 들어가는 요소들로 구성되어 있다. 그림 5은 RNA 시뮬레이션의 기본냉동 시

스템을 선택한 화면이다.

b. 4방 밸브 히트 쿨링 펌프 시스템은 4방 밸브를 이용해 배관에 의해 쿨링, 히팅을 하여 펌프로 순환시키는 시스템이다.

c. 에어 컨디션 시스템은 에어컨 및 난방과 습도 조절이 가능한 시스템이다.

d. 2압축기 시스템은 2개의 압축기를 사용하여 초기 냉동을 가속화 시키고 일정온도에 이르면 하나의 압축기를 작동하여 운영하는 방식의 시스템이다.

3.3. 시뮬레이션 동작 부분

압축기의 입력과 출력의 온도 조건 또는 압력 조건을 입력해 시스템 각부의 온도 및 압력을 모니터링 할 수 있게 하였고, 초기 압력 또는 온도 조건을 설정해 시간에 따라 비례적으로 압력기의 시뮬레이션 조건을 출력하게 하였다. 상온 21도를 기준으로 배선을 회색으로 하여 고온일 경우 빨간색, 저온일 경우 파란색으로 점차 변화하게 하여 시스템 냉매의 온도 흐름을 한눈에 알 수 있게 하였다.

IV. 실험 결과 및 고찰

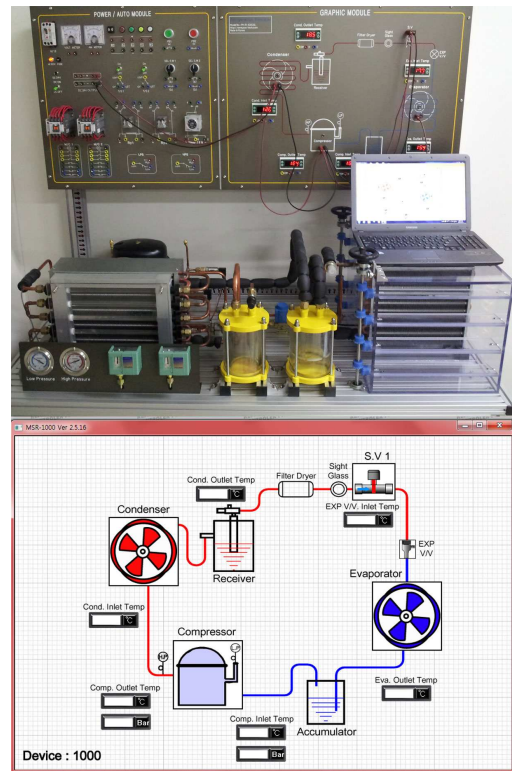


그림 6 HE1000 장비(상), MSR1000프로그램 도면(하)

실제 구성되는 장비와의 실험은 H&E사의 R134냉매를 사용하는 HE1000의 기본 냉동 시스템을 이용하여 MSR1000 프로그램을 통해 시스템

이 동작하는 동안 2초 간격으로 압축기의 입력과 출력의 온도와 압력을 추출하여 RNA Simulation 프로그램의 기본 냉동 시스템과 비교해 보았다. 그림 6은 MSR1000 프로그램의 HE1000장비 도면이다.

RNA 시뮬레이션 프로그램은 냉매 R134의 데이터에 의해 비례적으로 압력과 온도가 변화하고 압력에 따른 기체가 되는 고온의 데이터를 사용하였다.

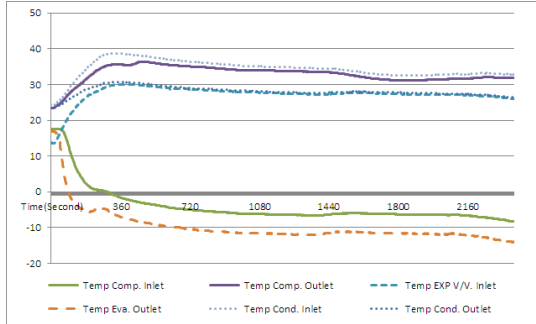


그림 7 HE1000장비 시스템 각부 온도 변화

그림 7은 HE100 장비에서 40분 동안 2초 간격으로 얻은 시스템 각부 온도이다. 압축기의 입력과 출력의 온도는 각각 -8.3도와 31.9도로 나타났고 팽창 밸브의 입력과 출력 온도는 26.1도와 -14.1도로 나타났다.

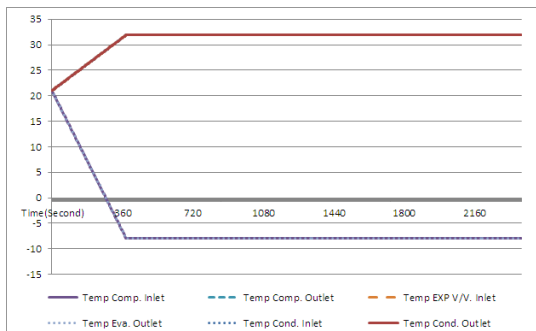


그림 8 RNA 시뮬레이션 온도 데이터 그래프

반면 그림 8은 RNA 시뮬레이션 프로그램에서 초기 입력값을 상온 21도에서 시작하여 HE1000 장비의 40분 이후의 데이터를 입력한 시뮬레이션 결과이다. 냉매 특성 곡선의 데이터를 사용하기 때문에 압축기의 출력온도와 응축기의 입력온도가 동일하게 나왔다.

그림 9은 HE1000의 기본 냉동 시스템이 운영되고 고온과 저온의 변화가 미미한 경우에 냉매 R134의 물리에르 선도와 RNA Simulation에서의 물리에르 선도를 나타낸 것이다. 굵은 선으로 그려진 사각형은 실제 장비에서 40분 이후에 측정된 데이터의 값으로 그려진 상태이고, 안에 채워진 사각형은 RNA 시뮬레이션에서 출력된 데이터의 값으로 그려진 상태이다.

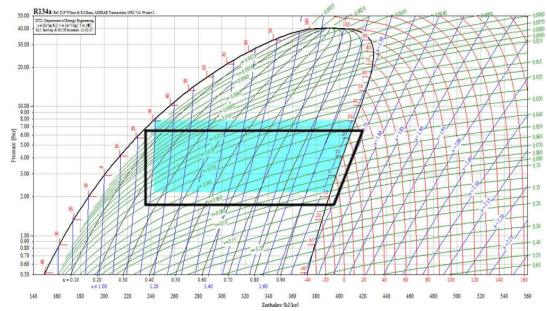


그림 9 물리에르 선도 비교

V. 결론

R134를 이용한 실제 기본냉동고 장비와 RNA Simulation 프로그램과의 온도 데이터를 비교해 보았고, 결과는 다음과 같다.

- 기본냉동고 장비에서는 압축기의 입력의 온도와 팽창밸브의 입력과 출력의 온도가 다르게 나타나기 때문에 냉동 사이클 시뮬레이션을 위해서 압축기와 팽창밸브간의 온도 조건값이 필요하다.

- 물리에르 선도에 비교해 보았을 때 기본냉동고 장비는 압축기의 입력과 출력이 과포화 기체 상태인 반면 RNA Simulation은 냉매 특성곡선을 기초로 했기 때문에 포화증기선과 일치했다.

- 기본냉동고 장비에서 온도에 따른 온도 변화량은 분포함수 그래프의 형태로 나타났다.

이처럼 기본 냉동고 장비에서 압축기 성능에 따른 출력의 데이터가 물리에르 선도에서 과포화 상태에 있는 요인을 수치화하면 팽창밸브의 압력과 출력의 온도의 초기 조건이 필요가 없으며, 온도의 분포함수 그래프에 대한 구체적인 요인들을 연구한다면 각 냉동장비들을 가상공간에서 설계하여 시뮬레이션 설계를 할 수 있는 냉동 사이클 시뮬레이션 프로그램이 될 수 있을 것이라 본다.

참고문헌

- [1] 박상구, 손기동, 정치환, 김윤수, 비단열 모세관의 영향을 고려한 냉동 사이클 시뮬레이션, 설비공학논문집, 제 21권 3호, pp. 131-139, 2009
- [2] 오후규, 손창효, R744-R404A용 캐스케이드 냉동시스템 개발에 관한 연구, 한국마린엔지니어링학회지, 제 24권 2호, pp. 182-188, 2009
- [3] 윤상국, 과냉각기와 팽창장치 후 액기분리기를 적용한 냉동시스템 성능특성 연구, 한국마린엔지니어링학회지, 제 35권 제1호, pp. 40-45, 2011
- [4] 김정우, 이미화, 알고리즘 교육을 위한 시뮬레이션 설계 방안 연구, 한국정보교육학회 동계 학술대회, pp. 243-248, 2006,