

Gas Engine-driven Chillers

가스엔진 구동식 냉동기

Definition

An air-conditioning chiller powered by a natural gas engine.

정의

천연가스엔진에 의하여 가동되는 공기조화 냉동기.

Building Use

- highrise office
- highrise apartment
- retail
- institutional

Building Type

- new
- retrofit

Development Status

- mature technology

적용건물

- 고층 사무실
- 고층 아파트
- 소규모 상점
- 교육기관

건물종류

- 신축
- 리트로핏

개발단계

- 성숙된 기술

Description

A gas engine-driven chiller operates much like a conventional electric chiller, except that an engine is used instead of an electric motor to drive a compressor (screw, reciprocating or centrifugal). These units can use most types of refrigerants.

개요

가스엔진 냉동기의 운전은 전기 냉동기와 같으며, 엔진은 전기적인 모터 대신에 압축기(스크류, 왕복동식, 원심식)를 조정하는데 사용된다. 이러한 유닛들은 대부분의 냉매들을 사용할 수 있다.

Engine-driven chillers operate at higher efficiencies than absorption chillers, and typically have COPs of up to 2.0 without heat recovery. These units also offer the advantage of variable-speed operation, which allows for a reduction in capacity without a reduction in operating efficiency.

엔진 구동식 냉동기의 운전은 흡수식 냉동기보다 더 높은 효율을 가지고 있으며, 전형적으로 COP가 열교환기 없이 2.0까지 나타난다. 또한, 이러한 유닛들은 변속운전을 가능하게 하는 이점과, 운전시 효율의 절감없이 용량을 줄일 수 있는 이점이 있다.

Significant cost reductions are a primary benefit of gas engine-driven chillers. Some of the costs savings are due to the lower unit cost of natural gas.

비용 절감이 가스엔진 냉동기의 큰 이점이다. 비용을 절감할 수 있는 이유는 천연가스의 낮은 비용을 낮출 수 있기 때문이다.

In addition, engine-driven chillers can be used with a heat recovery system to supply high quality (235°C) heat for hot water or process steam heating; recovered heat can also be used to regenerate desiccant dehumidification systems.

또한, 엔진 구동식 냉동기는 온수나 증기난방시 고온(235°C)의 열을 이용하여 공급할 수 있는 열교환 시스템과 같이 사용할 수 있다. 회수된 열은 화학흡수제 제습시스템을 재생하는데에 사용된다.

Gas engine-driven chillers reduce peak electrical demand, and thus may allow users to benefit from a lower electricity rate schedule, or may free up electrical capacity for other uses.

Even in buildings where natural gas is the prime fuel, conversion to a gas engine-driven chiller will reduce overall gas consumption. In some jurisdictions, the combination of gas driven and electrical chillers allows for flexibility in fuel choice for maximum economies. In addition, the use of gas engine-driven chillers can buffer users from the hazards of electrical power outages.

Information Sources

Canadian Gas Association 243
Consumers Road Suite 1200
North York ON Canada M2J 5E3
tel 1 416 498 1994
fax 1 416 498 7465
www.cga.ca

Benefits

- lowers cooling costs
- lowers peak electricity demand
- provides free heat recovery
- protects against system failure due to power outages

Limitations

- requires greater maintenance than electrically-driven air-conditioning compressors
- uses refrigerants such as CFCs and HCFCs

Application

Some models of gas engine-driven chillers are suited to rooftop installations. Because these units have the same footprint and weight as the electrical chillers they replace, and use the same pumps, cooling tower and piping, the cost and inconvenience of retrofit is minimal.

가스엔진 냉동기는 전기 피크부하를 줄일 수 있으며, 사용자들의 잇점은 낮은 전기 사용율과, 다른 기기에 사용되는 전기용량을 자유롭게 사용 할 수 있다.

심지어, 천연가스를 주 연료로 사용하는 건물들에서 가스엔진 냉동기로의 변환은 전반적인 가스의 소비를 줄일 수 있을 것이다. 몇몇 권한에서, 가스 운전 냉동기와 전기 냉동기의 조합은 최대한의 경제성을 고려하여 유연하게 주연료를 고려하여야 한다. 추가로, 가스엔진 구동식 냉동기는 감전이나, 정전 등의 전기적인 위험으로부터 사람들을 보호할 수 있다.

자료출처

Canadian Gas Association 243
Consumers Road Suite 1200
North York ON Canada M2J 5E3
tel 1 416 498 1994
fax 1 416 498 7465
www.cga.ca

장 점

- 낮은 냉방비용
- 피크시 낮은 전기사용량
- 자유로운 열교환
- 정전으로 인한 시스템의 문제발생시로부터 보호

문제점

- 전기로 작동되는 냉동기 압축기보다 큰 유지보수 요구
- CFCs와 HCFCs와 같은 냉매 사용

적 용

가스엔진 냉동기들의 어떤 모델은 옥상에 설치될 수 있도록 구성된다. 이러한 유닛들은 교체되는 전기 냉동기와 동일한 점유면적과 중량을 가지고 있으며, 동일한 펌프, 냉각탑 그리고 배관을 사용하고 있기 때문에 리트로핏으로 인한 비용과 불편은 매우 작다.

Some of the most common uses of gas engine-driven chillers are hospitals, arenas, apartment complexes and schools. Many models of these units are suitable for use with remote control.

In some industrial applications, it was found that the heat recovery benefit of gas engine-driven chillers allow for hot water boilers to be shut down during summer months.

Experience

The West Point Golf Course in Amherstburg Ontario has three 15-ton gas fired engine-driven chillers that supply club house cooling. The library at Trent University has a 150-ton low-emission gas engine-driven chiller.

Example Manufacturers

York International Corporation
375 Matheson Blvd. East
Mississauga ON
Canada L4Z 1X8
tel 1 905 890 7499
fax 1 905 890 7618
www.york.com

Tecogen
45 First Avenue
P.O. Box 9046
Waltham MA
USA 02454-9046
tel 1 781 622 1400
fax 1 781 622 1025
www.tecogen.com

New Energy Solutions
5002 South 36th St.
Phoenix AZ
USA 85040
tel 1 602 276 4100
fax 1 602 276 4101

일반적으로 사용되는 가스엔진 구동식 냉동기는 병원, 경기장, 아파트 단지, 학교에 사용된다. 이러한 유닛의 대다수 모델들은 자동제어를 사용하는데 적합하다.

몇몇 산업 적용방안에서, 가스엔진 구동식 냉동기의 열회수 잇점은 여름철 동안 온수보일러 정지를 고려해야한다는 것이 밝혀졌다.

사 례

Amherstburg Ontario 내의 The West Point Golf Course는 실내 냉방을 공급하기 위하여 세대의 15톤 용량 가스엔진 냉동기가 설치되었다. Trent 대학교에 있는 도서관에는 150톤의 저방사 가스엔진 냉동기가 설치되었다.

Example Manufacturers

York International Corporation
375 Matheson Blvd. East
Mississauga ON
Canada L4Z 1X8
tel 1 905 890 7499
fax 1 905 890 7618
www.york.com

Tecogen
45 First Avenue
P.O. Box 9046
Waltham MA
USA 02454-9046
tel 1 781 622 1400
fax 1 781 622 1025
www.tecogen.com

New Energy Solutions
5002 South 36th St.
Phoenix AZ
USA 85040
tel 1 602 276 4100
fax 1 602 276 4101

[보충자료-1]

<http://www.newbuildings.org/mechanical.htm>

가스엔진 구동식 냉동기
(Gas Engine-Driven Chillers)

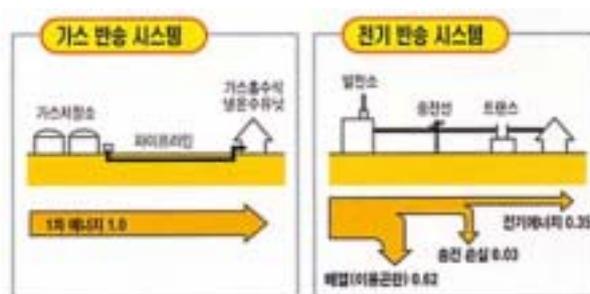
출처 : Southern California Gas Company New Building Institute Advanced Design Guideline Series, New building Institute November,1998.

요약

가스엔진구동식 냉동기는 종래의 전기식 동력시스템처럼 냉동기의 압축 냉각과정에서 사용된다. 종래의 전기식 냉동기와는 차이점은 천연가스로 엔진을 구동한다는 것이다. 그림 1은 가스엔진 구동식 냉동기의 모습을 보여주고 있다.



(그림 1) 가스엔진 구동식 냉동기

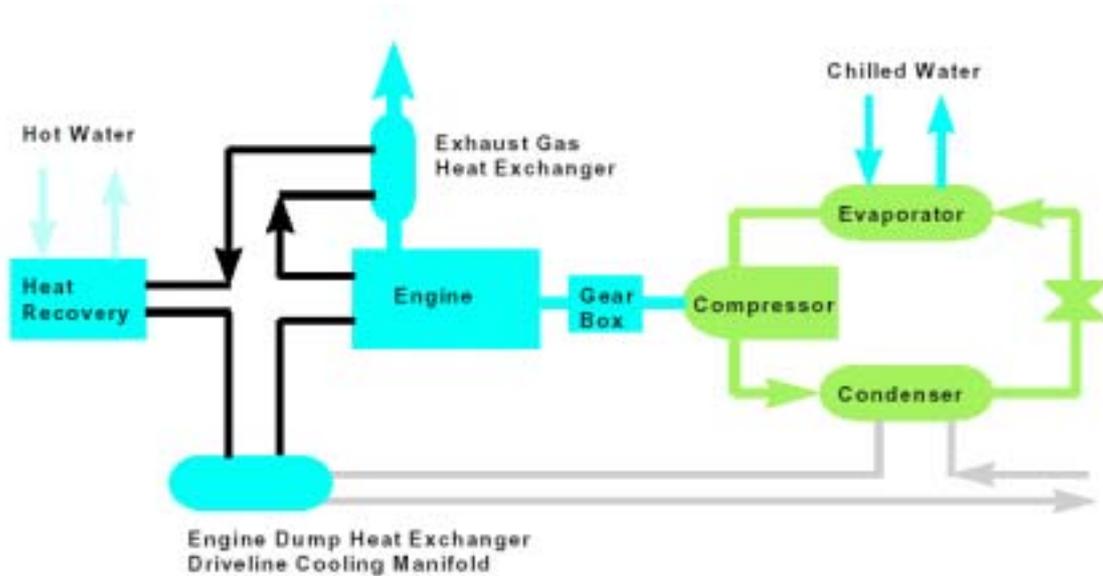


COP를 전기식과 가스엔진 구동식 냉동기를 비교한 결과

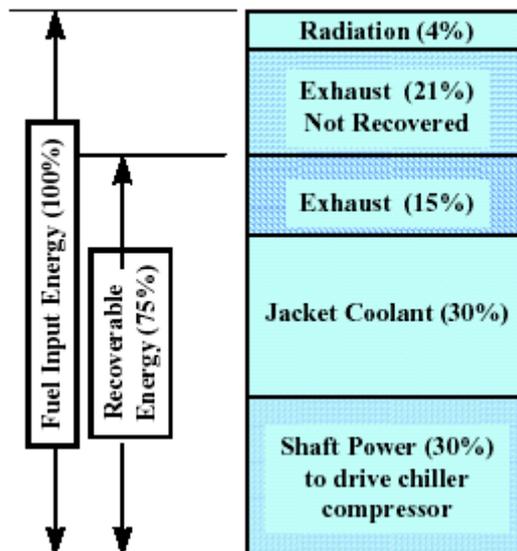
Chiller	Site COP	Source-to-Site Factor	Resource COP
Electric	2.0 - 6.1	0.27	0.54 - 1.65
Engine	1.3 - 2.2	0.91	1.2 - 2.0

열회수

가스엔진은 엔진 냉각자켓과 엔진 배기열로부터 쉽게 회수할 수 있는 열에너지를 발생한다. 효과적인 열회수는 엔진에서 연료의 1차측 에너지를 유용하게 사용하는 것이 중요하다. 냉각수와 배기의 열을 회수하기 위하여 대략 연료에너지의 75-80%를 효과적으로 사용할 수 있다. 그림 5는 가스엔진 구동식 열회수시스템에 대한 개통도이다. 그림 6에서처럼, 엔진자켓으로부터 회수된 열은 1차에너지의 30%정도이고, 약 200F 온수를 생산할 수 있다. 대부분의 엔진 냉각수에 운송되는 열의 대부분은 회수되고, 열교환기의 효율성에 제한적이고, 열의 공급을 예측할 수 있다. 열의 다른 주요한 열원은 엔진의 배기열이다.



(그림 5) 엔진 열회수 개념도



(그림 6) Engine Heat Balance and Recovery

배기열 온도는 850–1200F이다. 대부분의 열회수 장치는 배기관 부식현상을 방지하기 위해 토출측 배기온도를 약 300–350F로 설계한다.

배기가스는 230F, 저압증기(15psig)를 발생시킨다. 대략 300–350F의 굴뚝내 배기온도를 예측하면 회수하지 못하는 배기열은 약 21%정도이다. 열 회수시스템을 응축과정에서 사용하여 추가적으로 열을 회수할 수 있다.

밀폐 배관에서는 엔진 열을 제거하기 위한 가장 공통적인 방식이다. 시스템은 엔진 냉각수 펌프에서 엔진 패키지를 통하여 냉각수를 순환하여 엔진을 냉각시킬 수 있게 설계된다.

대부분 엔진 구동식 냉동기는 냉각탑과 방열기(공냉식)에서 엔진 열을 운송하는데에 과도하게 열교환을 한다. 열회수시 고려사항에서 과도한 열교환은 냉동기가 작동하는 동안에 온수의 양이 감소되는 부수적인 Heat Sink 현상이 발생한다.

냉방시스템의 다른 유형은 비등(ebullient)냉방시스템이다. 비등 냉방시스템은 냉각수 펌프 없이 냉각수의 자연순환에 의해 엔진을 냉각시킬 수 있게 설계된다. 전형적으로 저압증기의 발생열을 배기열 회수장치와 연결하여 사용된다. 냉각수는 운송되는 열이 두개 상 흐름으로 발생하는 냉각수를 끓여올리기 시작하는 곳에서 엔진 하부로 운송된다.

엔진 토출측의 냉각수는 증기상태에서 유지되고, 250F와 저압에서 제한적이다. 인입측 냉각수는 가까운 흡수조건은 일반적으로 외기온도보다 2–3F이다. 냉각수 회로를 통하여 일정한 온도는 엔진 내구성을 증가 시키는데에 도움을 준다.

동일한 온도는 연소열을 증가 시키는데에 이바지 하고, 엔진의 마찰열을 감소시킨다.

회수열은 증기와 온수를 발생하는데에 사용되고 직접적으로 산업적인 기구에서 사용된다. 회수되는 열은 전형적으로 건물의 난방과 재열, 급탕과 흡수식 냉동기에 사용된다. 열에너지는 추가적인 연료소비없이 급탕과 온수난방 혹은 증기 발생에서 사용된다.

역사

1930년에서 1940년대에 가스엔진 구동식 냉방시스템은 미국 시장을 지배하였다. 1950년에서 1960년대에는 전기식 장비는 전기식 냉동기 효율성과 증가하는 전기유틸리티 기반시설 때문에 가스식 장비들과 경쟁하기 시작하였다.

엔진 구동식 냉동기는 아직도 1960년대에 성공적으로 가스회사와 제조업자들에 의해 시장을 확보하였다.

1970년대에 가격 제어와 다른 정부규제들은 가스식 냉동기 보다 전기식 냉동기 판매를 앞지르는데에 도움을 주었다. 70년대 석유파동은 가스냉방 증진을 막았고, 종래의 전기식 시스템을 선택하는데에 구매자를 압박하였다.

가스연구위원회(Gas Research Institute:GRI)는 엔진 구동식 개념을 사용하는 상업용 냉동기들을 발전시키려고 1980년에 설립하였다. GRI는 가스소비자들과 천연가스 산업의 이익을 위해 연구개발 프로그램을 다루는 비영리단체이다. 프로그램의 일부분으로써, 광범위한 연구는 과거 시스템의 문제와 경제적이고 상업적으로 이끌어 갈 수 있는 설계시 여러 가지 고려사항과 HVAC 시장에서 엔진 구동식 냉동기의 잠재적인 영향을 평가하는데에 이바지 하였다.

성적계수(COP: Coefficient of Performance)

가스냉방장치의 성능은 일반적으로 COP에 의해 나타난다.

- ① 압축기에 상당하는 열량 AW(Kcal/kg)

$$AW = i_2 - i_1 \text{ [Kcal/kg]}$$

- ② 응축기 방출열량 q2

$$q_2 = i_2 - i_3$$

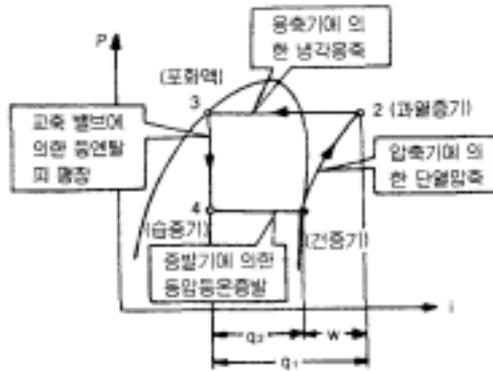


그림 3-5 P-i 선도

③ 증발기 흡수열량 q_1

$$q_1 = i_1 - i_4$$

④ 냉동능력 Q

$$Q = (i_1 - i_4) \times G$$

단, G = 냉매유량(kg/h)

⑤ 성적계수 ξ_r

$$\xi_r = \frac{\text{흡열량}}{\text{방열량}} = \frac{q_2}{AW} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}$$

엔진 구동식 냉동기는 가스냉방 장치의 가장 높은 성적계수를 가지고 있다. 이러한 성능의 장점은 많은 국가에서 효과적으로 전기식 냉동기와 엔진 구동식 냉동기를 경쟁시키고 있다.

엔진구동식 냉동기 뿐만 아니라 전기식 냉동기는 공조냉동위원회 ARI-550-92조건에 의해 다음과 같은 목록을 만들었다.

냉수 조건

- 44F 냉수공급온도
- 54F 냉수환수온도
- 2.4gpm/ton 냉수유량

수냉식 응축기

- 85F 응축수 공급온도
- 95F 응축수 환수온도
- 3.0gpm/ton 응축수 유량

공냉식 응축기

- 95F 공기공급온도
- 공기공급과 응축하는 냉매사이의 온도차 20F
- 2F 냉동시스템은 응축기에서 손실

그림 8은 열회수가 있을 때와 열회수가 없을때의 엔진구동식 냉동기의 성적계수 범위를 나타내고있다.

Heat Recovery Option	COP at Full Load
No Heat Recovery	1.2-2.0
Jacket Water Heat Recovery	1.5-2.25
Jacket Water and Exhaust Heat Recovery	1.7-2.4

(그림 8) 가스엔진 구동식 냉동기의 COP

엔진 구동식 냉동기이 성적계수(COP)는 다음 식에서 나타나는 것처럼 열회수 잇점을 반영하고 있다.

시스템 냉방부하 + 회수되는 열

$$COP = \frac{\text{시스템 냉방부하 + 회수되는 열}}{\text{엔진 연료 Input}}$$

엔진 연료 Input

회수되는 열은 엔진 구동식 냉동기에 의해 발생하는 냉방부하를 더하게 되고 따라서 유용한 열적인 출력과 COP가 증가하게 된다.

회수되는 열의 경제적인 가치가 너무 다항하기 때문에 부분적으로 열회수를 고려할 때 엔진 구동식 냉동기이 COP를 계산하는 방법을 표준화되기가 어렵다. 몇몇 제조업자들은 회수되는 열이 급탕, 난방 혹은 제조과정에 에너지를 위해 유용하게 사용되어지는 것을 추측하여 COP를 계산한다.

다른 제조업자들은 회수되는 열이 한가지 효과인 흡수제내의 추가적인 냉방을 생산하는데에 사용된다. 전자는 흡수제의 효율이 회수되는 에너지의 값으로부터 유추할 수없기 때문에 보다 높게 계산되는 COP를 선택하거나 제공한다.

[보충자료-2]

<http://www.bham.ac.uk/energy-consortium/fhe/downloads/r304.pdf>

요약

냉방은 현재는 전적으로 전기식 냉동기에 의존하여 에너지를 사용한다. 그러나 경제적이고, 환경적인 관심에 기인하여 가스냉방은 실용적인 대안으로써 고려되고 있다. 천연가스 엔진에 의해 구동되는 냉동기 Tecochill CH-150의 증명은 Ontario, Peterborough내 Trent 대학교에서 3년 걸쳐 냉방기간동안 실행하였다.(1992,1993,1994년)

운영자료의 수집과 분석은 전형적으로 Ontario내의 냉방시스템의 성능, 경제성, 방사, 신뢰성, 유지관리와 법적인 문제에 관하여 정보를 제시하였다.

The Tecochill CH-150 gas-engine-driven chiller.

**프로젝트의 목적**

현재 가스 구동 냉동기는 상업적으로 히트펌프, Rooftop unit, 냉수처럼 적용을 위해 크기가 광범위하게 이용되고 있다. 비록 미국내에서 수백개의 가스구동 냉동기가 설치 될지라도, 캐나다내에서 매우 적게 설치되어있다.

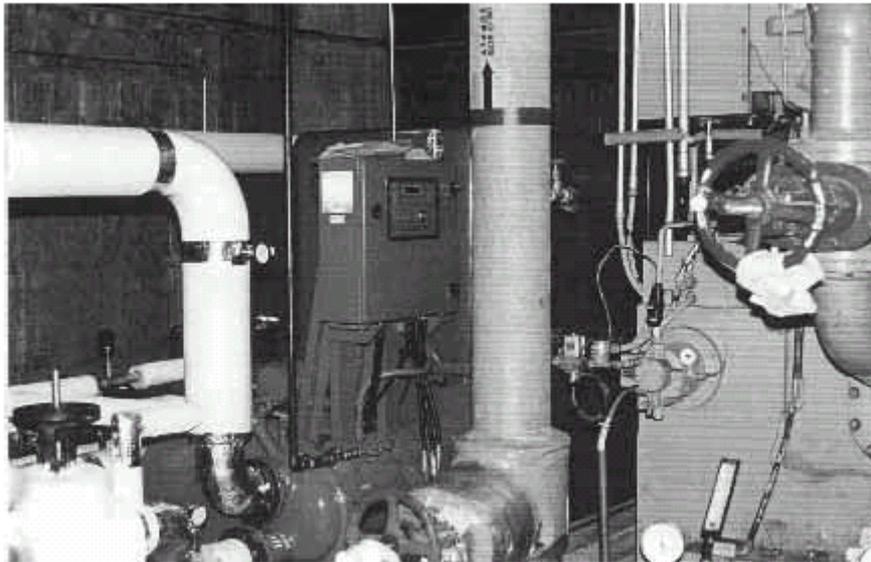
대부분의 미국내에 설치된 온화한 기후와 다른 유틸리티구조를 사용하기 때문에 개별적인 경제성과 기후조건에 보다 더 대표적인 정보가 요구된다. 이러한 것을 실행하는데 있어, 프로젝트를 증명하기 위해 Trent대학교에서 실험실을 설치하였다. 목적은 캐나다 기후조건과 유틸리티, 기기표준과 법령에 관련하여 천연가스엔진에 의해 구동하는 냉동기의 기술과 경제성, 작동 변수를 평가하는데 있다.

Tecochill CH-150(용량:525kW, 150RT)가스엔진 구동식 냉동기는 바닥면적 12,300m²인 중앙도서관 내 냉방용으로 1991년말 Trent대학내에 설치되었다.

냉동기는 기존의 전기식 냉동기와 나란히 대학내 Power Plant내에 설치되었다.

설치위치는 (그림1)처럼 기존 시스템에서 배관연결이 용이한 장소에 설치하였다. Tecochill CH-150 제품중량 4.650kg(운전중량 5,440kg), 4.1m x 1.2m x 1.8m이다. 이 제품은 Massachusetts주 Waltham의 Techgen회사에서 제작되고 개발된 제품이다. 전체적으로 냉동기는 최대 COPrk 1.4로 가동할 수있다.

냉수는 공급온도 6.5C°(환수온도 12C°)시 유량 1,360l/min이 생산된다. 더불어, 폐열의 200kW는 회수되거나 사용된다. 응축기의 유량은 공급온도 29C°와 환수온도 35C°에서 1,820l/min이다. 냉동기는 open coupled, positive displacement, twin screw compressor에 냉매 HCFC-22가 사용한다. 압축기는 대략 정격출력시 압력 1,300kPa으로 작동한다.



(그림 1) Tecochill 냉동기와 주위배관 모습

상황

Tecochill 냉동기는 비록 냉동기가 동시에 하나만 작동할지라도 1차측과 2차측의 기존 시스템과 연결하여 사용한다. 냉방능력 525kW(150RT)에서, Tecochill 냉동기는 상당히 전기냉동기 1,000kW(285RT)보다는 작다. 이러한 것은 단순히 525kW(150RT)가 가스엔진 구동식 냉동기에 이용할 수 있는 가장 큰 냉방능력이기 때문이다. 이러한 것은 증명하는 프로그램은 1990년-1991년에 시작하였다.

냉동기와 건물부하사이에 용량 차이에서 가스식 냉동기는 모든 운영할 수 있는 부하를 담당하기 이해 하루 24시간동안에 운영한다. 그러나 계절당은 몇일만 운영된다. 제한된 용량 때문에 Tecochill냉동기가 건물부하를 전부 담당할 수 없기 때문에 원심식 냉동기를 채용하게 되었다.

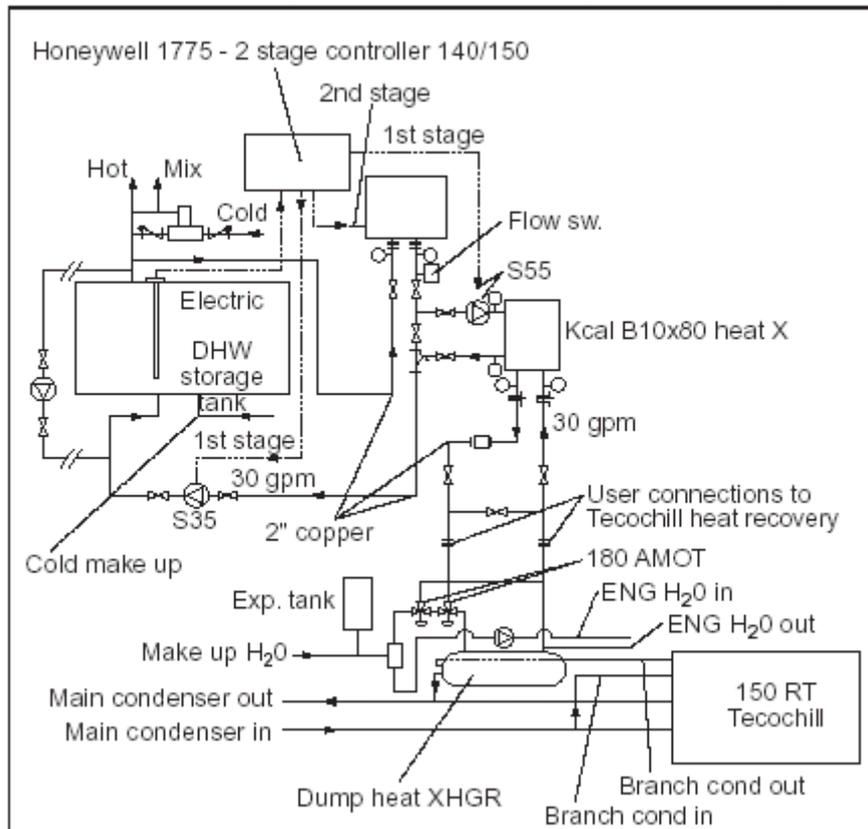
엔진은 jacket water을 열교환하고, 천정설치형 방열기에 배기열로써 제거되고 혹은 응축기 순환배관으로 버려지는 폐열로 생산되고, 다른 건물의 난방부하를 보충하는데에 사용되어진다. 이런 설치에서 잉여열은 응축수 순환배관으로 배출된다. 열회수장치는 (그림2) 건물 급탕시스템에서 열을 공급하는 것을 보여주고 있다. 냉동기의 제어시스템은 엔진 냉각수와 두 번째로 열회수 시스템과 마지막으로 열배출회로로 잉여열을 제공한다.

난방제어시스템은 모든 난방을 공급하는데에 Tecochill 냉동기에서 생성되지만, 만약에 냉동기가 난방량이 부족하거나 난방시에 중단된다면 난방을 제공할 수 있는 가스 직화식 보일러를 작동한다.

시스템은 자동제어와 마이크로프로세스로 제어가 된다. 콘트롤러는 냉동기 시스템과 엔진을 위해 안

전성과 성능변수를 감시한다. 이것은 모니터되는 변수에 의존하여 여러 가지 경보로 몇가지 경보단계로 제어한다. 경보는 조건이 사전경보와 경보제한이 지나치게 될 때 멈춘다. 시스템은 순서되로 차단되고, 경보조건이 운영자에 의해 제거될 때 까지 재작동되지 않는다.

냉동기는 1992년에서 1994년동안에 계획없이 중단되었다. 요구되는 냉방온도는 10C°이다. 캐나다의 30년동안에 주간에 냉방일 계산과 모든 수정치는 10C°로 기초로 둔다.



(그림 2) Treant 대학교 Champlain 대학내의 열회수시스템의 계통도

경제성

경제성 분석은 냉동기 (CAD 154,000와 CAD 107,000)의 초기투자비와 구매가 전기식 원심식냉동기보다 높은 것으로 나타났지만, 그러나 운영비용은 20년동안에 장비의 생애비용측면에서 절약되었다. 평균적으로 연간 CAD 4,189 유지관리 비용이 절약되었다. 상대적으로 짧은 냉방기간때문에, 증가되는 초기투자비용이 회수되는 기간은 미국내에서는 일반적인 기기에서 8,9년이고, 본 시스템은 3.4년만에 약 2배정도 빨리 회수되었다.