

# 인버터형 열 펌프

## Inverter Type Heat Pump

김 광 년\*  
K. N. Kim

### 1. 머리 말

경제성장과 더불어 생활문화의 향상에 의해 냉방기의 수요가 매년 증가하고 있는 반면에 국내외적으로는 에너지 절약에 대한 요구가 한층 더 강화되고 있는 실정이다. 지금까지 이에 관련하여 냉방기의 주요 부품인 압축기, 열교환기 등의 성능 향상에 대한 연구가 활발히 진행되어 기술축적을 통한 에너지절약에 많은 성과를 이루고 있다.

본 원고에서 소개할 인버터 (Inverter)형 열 펌프는 열펌프의 전원공급 회로에 인버터를 채용한 것으로써 국내에서는 1985년에 최초로 개발, 시판하였다. 그러나, 제품자체 및 에너지 절감에 대한 인식부족 등으로 현재, 보급상태는 미미한 실정이다.

### 2. 인버터의 개요

#### 2.1 인버터형 열펌프

그림 1 과 같이 일정한 상용교류전원을 입력하여 컨버터 (Converter)부에서 직류(DC)로 변환하여서 상용주파수로부터 분리시킨다. 이 직류를 인버터부에서 교류(AC)로 변환하는데 이때에 주파수를 임의로 조정하여 전동

기 (부하)의 회전수(RPM)를 변환한다.

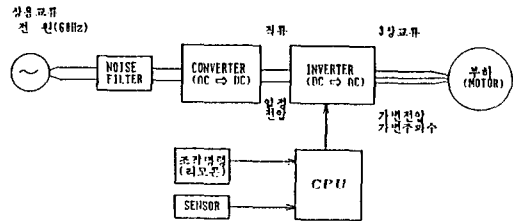


그림 1 인버터 열펌프의 개념도

#### 2.2 인버터의 원리

##### 1) 유도전동기의 속도제어

일반적으로 냉방기의 압축기구동용으로 사용되고 있는 유도전동기의 회전수  $N$ (RPM)는 다음과 같이 정의되어진다.

$$N = 120f(1 - S) / P \tag{1}$$

여기서,  $f$  : 주파수 (Hz)

$P$  : 극 수

$S$  : 슬립

상기 (1)식에서 정의된 바와 같이 유도전동기의 회전수를 제어할 수 있는 인자는  $S$ ,  $P$ ,  $f$ 의 3가지의 변화가 있다.

##### ① $S$ : 1차 전압제어

이 제어방식은 시동 토크와 운전 효율이

\* ㈜금성사 공조열기사업부

떨어지는 단점이 있어서 소용량의 전동기에 한정적으로 적용하고 있다. 냉방기의 경우 팬 모터의 회전수 제어에 실용화 되고 있다.

② P : 극수변환

이 방식은 2~3 단계 정도의 변속이 가능하나, 전동기의 체적효율이 증가되는 단점이 있어서 현재 사용하지 않고 있다.

③ f : 1차 주파수 제어

이 방식이 인버터 제어방식으로 효율이 높으며 최근의 Power Switching 소자(트랜지스터 등)의 진보와 정현파 PWM(Pulse Width Modulation) 기술의 진보 및 Micom 응용기술의 향상 등으로 인하여 많이 사용되고 있다.

2) 인버터의 동작원리

그림 2의 인버터 기본회로도에 나타난 바와 같이 컨버터부에 4개의 Diode가 Bridge 형으로 구성되어 교류를 정류하여, 평활회로부에서 직류로 만들어서 이 직류전원을 Power Transistor Module에서 교류로 만들도록 되어 있다.

그림 2에 나타난 인버터부의 동작원리를 간단하게 트랜지스터의 on/off 를 스위치로 대치하여서 간략하게 그림 3을 이용하여 설명하였다.

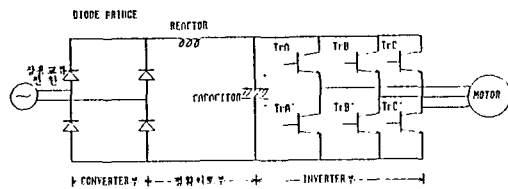


그림 2 인버터의 기본회로도

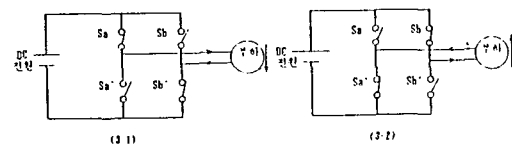


그림 3 인버터의 동작설명도

① Sa와 Sb'가 on되고, Sb와 Sa'가 off 되면 부하에 흐르는 전류는 (3.1)과 같이 된다.

② Sb와 Sa'가 on 되고, Sa와 Sb'가

off 되면 부하에 흐르는 전류는 (3.2)와 같이 된다.

상기의 ①, ②의 2가지 모드를 계속 반복하므로서 부하측의 극성이 반대로 전류가 교대로 인가되므로 교류전원이 인가되도록 되어 있다. 이와같은 전압을 변화시키기 위해서는 스위치의 on/off 시간을 변화시키면 된다.

이러한 동작을 이용하여 주파수가 낮은 때는 on 시간을 짧게 (off 시간을 길게) 하고, 주파수가 높은 때는 on 시간을 길게 (off 시간을 짧게) 하면 부하에 인가되는 전압이 변화되어진다. 이러한 방식이 VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) 방식이다.

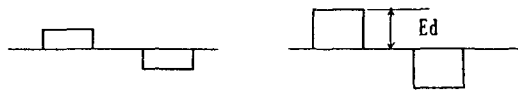
표 1 인버터 제어방식에 따른 특징

제어방식	효 율		진동	소음	시 동 토크	cost
	저속	고속				
P A M	△	△	△	△	△	×
PWM	등 폭	△	×	△	×	△
	부등폭	○	○	○	×	△

(○: 양호, △: 중간, ×: 나쁨)

1) PAM (Pulse Amplitude Modulation) 방식

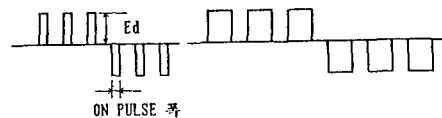
인버터의 직류 출력전압 Ed를 제어하는 것에 따라 인버터 출력전압을 가변하는 방식



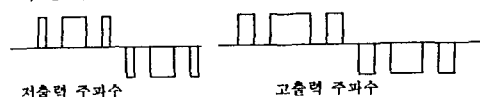
2) PWM (Pulse Width Modulation) 방식

인버터의 출력전압 Ed를 일정하게 하고 on pulse 폭을 제어하여서 출력전압을 가변하는 방식 (냉방기에 채용)

① 등폭 PWM



② 부등폭 PWM



2.3 인버터의 제어방식

인버터의 제어방식으로써 많은 방법이 있으나 냉방기용 압축기에 한정하면 VVVF (Variable Voltage Variable Frequency)방식으로써 3종류의 제어방식이 있다. 이러한 3종류의 제어방식에 따른 특징을 다음 표 1에 나타내었다.

3. 인버터付 열펌프의 성능

일반전원의 열펌프와 인버터付 열펌프의 성능비교를 위하여 표 2에 그 사양을 비교하였으며 표 3에는 주파수 변화에 따른 열펌프의

성능을 나타내었다.

인버터付 열펌프를 일반 전원의 열펌프와 비교할 때 그 장점을 나열하면 다음과 같다.

1) 부하(외기온도) 변동에 대하여 능력을 가변할 수 있다.

외기온도의 변동에 대하여 일반 열펌프는 on-off 제어이지만 인버터 모델은 능력을 선행적으로 가변할 수 있다.

즉, 그림 4에 나타낸 바와 같이 열펌프 냉방기의 단점인 저외기온도시의 난방능력 저하를 주파수를 상승시키므로써 개선할 수 있으며, 냉방시(그림 5)에도 동일하게 적용되어 진다. 이와 관련하여 표 4에 외기온도에 따른 난방능력을 나타내었다.

표 2 열펌프 사양

type		일반 열 펌 프	인 버 터 형 열 펌 프
model		A	B
전 원 정 격 (상, V/Hz)		단상, 220V / 60Hz	단상, 220V / 60 Hz
냉 방	능 력 (kcal/h)	2,240	2,240 (1,300 - 2,500)
	소 비 전 력 ( W )	1,090	830 ( 430 - 1,075 )
난 방	능 력 (kcal/h)	3,650	3,150 (1,320 - 3,800)
	소 비 전 력 ( W )	1,235	1,150 ( 430 - 1,590)

표 3 주파수에 따른 난방능력

운전주파수	120 Hz	105 Hz	90 Hz	80 Hz	70 Hz	60 Hz	50 Hz	40 Hz	30 Hz
회전수(RPM)	(7,200)	(6,300)	5,400	4,800	4,200	3,600	3,000	2,400	1,800
소비전력 (W)	시동시, 저온시		1,590	1,150	1,050	830	660	530	430
난방능력(kcal/h)	운전됨		3,800	3,150	2,950	2,550	2,140	1,740	1,320

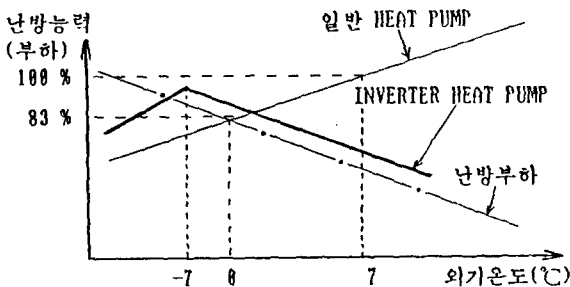


그림 4 외기온과 난방능력과의 관계

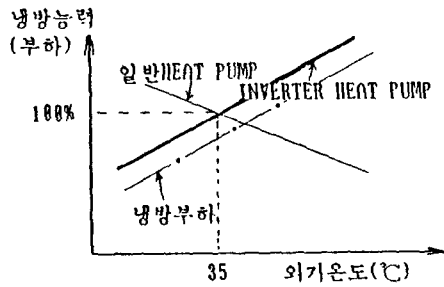


그림 5 외기온과 냉방능력과의 관계

표 4 외기온도에 따른 난방능력

외기온도 (°C)	7°C	0°C
구분 (model)		
일반 열펌프 (모델 A)	3, 650	-
인버터형 열펌프(모델B)	3, 150	3, 200

2) 에너지 절감효과

① 인버터형 열펌프는 일반 열펌프와는 달리 압축기에 공급되는 전원주파수를 변화할 수 있기 때문에 냉, 난방능력을 광범위하게 가변할 수 있다.

그림 6에 나타낸 바와 같이 주파수가 저하함으로써 효율은 상승하게 된다. 이것을 압축기의 능력이 저하하여도 실내 열교환기의 크기는 동일하기 때문에 상대적으로 여유가 있는 열교환기를 부착한 상태로 되기 때문에 효율(EER)이 상승하게 된다.

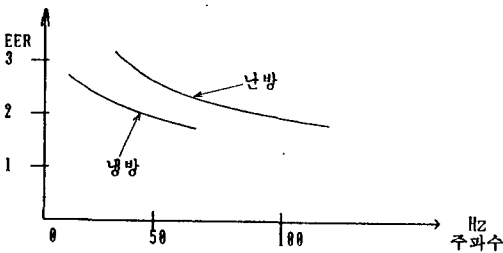


그림 6 주파수 변화와 EER과의 관계

② 압축기의 on-off 운전의 빈도가 거의 없기 때문에 on-off 운전에 따른 에너지 손실이 일반 열펌프 냉방기에 비하여 훨씬 적다.

[일반 열펌프의 on-off 운전에 의한 에너지 손실]

- 압축기 정지시, 고압측과 저압측 냉매의 혼합으로 인한 에너지 손실
- 압축기 운전시에는 냉매분배가 적절하지 만 정지시에 고압측(과소냉매)과 저압측(과대냉매)의 냉매량의 불균형으로 인하여 재운전시에 입력소모가 많다.

③ 압축기 구동용 전동기가 3상 유도전동기이므로 효율이 상승됨.

3) 쾌적성의 향상

① 시동시에 압축기의 회전수를 올려서 조속하게 설정온도에 도달한다. 즉, 온도 상승시간이 단축된다.

② 부하의 변동에 대하여 능력을 가변하기 때문에 실내온도의 변화폭이 적다.

이것은 Thermo의 on-off 제어로서 실온을 제어하는 일반 열펌프와 비교한 내용을 그림 7 및 8에 나타내었다.

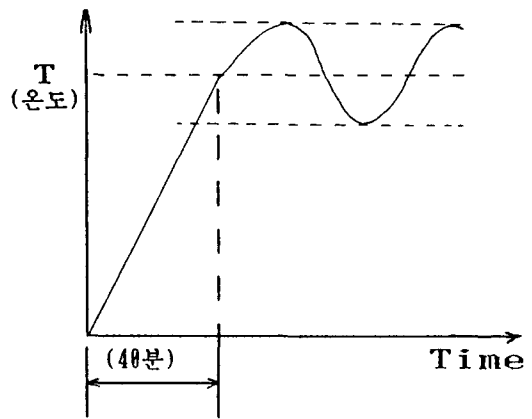


그림 7 일반 열펌프

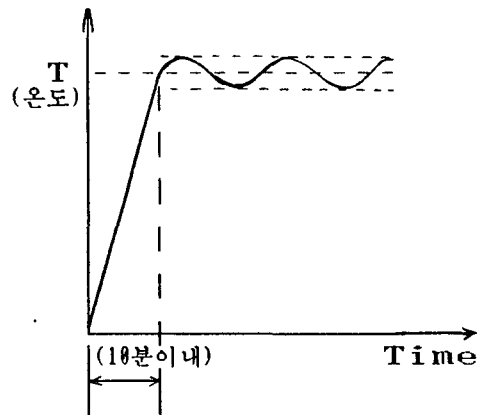


그림 8 인버터형 열펌프

4) 난방시의 제상성능의 향상

① 제상빈도가 적다.

② 제상시간이 단축되어진다.

일반 열펌프에 있어서는 60Hz에서 제상운전을 행하지만 인버터형 열펌프에 있어서

는 90 Hz 에서 행하기 때문에 압축기의 회전 수 증가로 제상시간이 종래보다 2/3 이하로 된다.

5) 시동전류의 감소

일반 열펌프 냉방기에 있어서는 시동시의 시동전류는 정격전류의 약 4배 정도이지만 인버터 냉방기에 있어서는 저주파수에서 일단 기동후 서서히 고주파수로 이행시키기 때문에 시동전류가 거의 정격전류와 동등한 값을 가

지게 된다.

그러므로, 시동시 전원에 미치는 충격을 방지할 수 있다.

4. 제품별 (연료별) 난방비 비교

난방비 절감효과의 비교를 위하여 제품별 (연료별)로 동일 열량 (1,000 kcal/h)을 발휘하는데 필요한 비용을 다음 표 5에 나타내었다.

표 5 동일열량 [ 1,000 kcal/h ]을 얻기위한 비용

제품류 (사용연료)	외기온도	1,000 kcal/h 당 비용 (₩)	산 출 조 건
일반 열 펌 프 (모델 A)	7℃	27.38	1. 월평균 200kWh의 전력량을 사용하는 가정 기준임. [난방능력 : 3,650 kcal/h] [소비전력 : 1,235 W] *주) 2. ₩ 81/kWh(가중평균치)
인버터형 열 펌 프 (모델 B)	7℃	29.56	1, 2항은 상기 내용과 동일 ① 외기온 : 7℃인 경우 난방능력 : 3,150 kcal/h 소비전력 : 1,150 W ② 외기온 : 0℃인 경우 난방능력 : 3,200 kcal/h 소비전력 : 1,075 W
	0℃	27.21	
GAS 난방기(LP GAS)		25	1. 15,000 kcal/m <sup>3</sup> (13 A LP gas) 2. ₩ 375/m <sup>3</sup> ('90.10월 기준)
석 유 난 방 기 (등유)		22.72	1. 8,188 kcal/ℓ (KIMM 적용기준) 2. ₩ 186/ℓ ('90.10월 기준)
전 기 스토브		94.1	1. 월평균 200 kWh의 전력량을 사용하는 가정 기준임. 2. 860 kcal/kW 3. ₩ 81/kWh(가중평균치)

\*주) 전력량 및 전기료 산출기준

① 전 력 량=정격소비전력 (kW) × 0.67 (실평균전력량을) × 사용시간 × 일수  
= 1,235 × 0.67 × 10 × 30 = 248 kWh (월간사용량)

② 전력요금 : [ 100 kWh × 68.5 + 148 kWh × 89.5 ] / 248 kWh = ₩ 81/kWh(세금제외)

- ③ 기본요금 100 kWh 이하 : 338 원  
101~200 kWh : 676 원  
200 kWh 이상 : 1,014 원

- ④ 초과 사용시 요금(가정용)  
50 kWh 미만 : 30.7 원  
50~100 kWh : 68.5 원  
100~200 kWh : 89.5 원  
200 kWh 이상 : 129.4 원

## 5. 맺 음 말

이상 언급한 바와 같이 인버터형 열펌프는

- 1) 쾌적 환경의 실현
- 2) 냉, 난방능력의 향상
- 3) 에너지 절감효과

등의 장점을 가지고 있으나, 또한 고도기술의 요구 및 인버터 적용부품들의 국산화를 저조로 다소 고가인 단점도 있다. 국내에서는 인버터 기술의 상당부분이 초기단계에 놓여 있기 때문에 이 분야에 대한 지속적인 연구개발이 기대된다.