

## 냉장고용 압축기 효율및 고주파 소음개선연구

### Study of Efficiency and Noise Improvement in a Reciprocating Compressor for Refrigerator

김 기 문  
K. M. Kim

삼성전자 냉공조연구실



• 1962년생  
• 신냉매 적용 압축기 개발 및 냉동기 성능시뮬레이션 연구에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 서론

지구의 환경보존과 W.T.O체제 아래에서 기업의 생존을 위하여 세계의 모든 압축기 생산업체들은 종전의 CFC-12 냉매를 대체하는 신냉매(HFC-134a, HC-600a, HC-900의 다수) 적용 압축기 개발에 모든노력을 경주하고 있으며, 국내 압축기생산업체들 또한 정부의 에너지 소비절약 운동에 동참하고 세계선진

업체와 경쟁에서 기술우위를 확보하기 위하여 신냉매적용 압축기의 고효율화및 정음화 개발에 최선의 노력을 다하고 있다.

세계 주요 냉장고용 압축기 생산업체들의 압축기 효율(E.E.R)을 살펴보면 다음과 같다.(여기서E.E.R은 ENERGY EFFICIENCY RATIO로서 단위시간당 냉동능력에 소요되는 소비입력의 비율을 의미한다.)

Maker	Model	E. E. R
Americold	RH110	5.52
Matsushita	DA77C	5.17
Embraco	FGS80HA	5.30
Zanussi	GL99EJ	4.68
Samsung	K170B	4.68
	SK170B	5.30

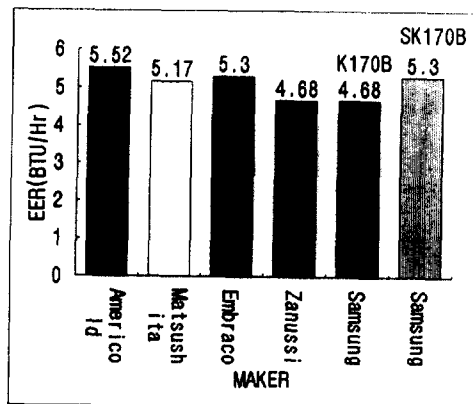


그림 1. 냉장고용 압축기 효율(E.E.R)비교표

측정조건 : ASHREA L.B.P.(low back pressure)조건  
 (응축온도 54.4℃ / 증발온도 -23.3℃, 기타 32.2℃)

사용냉매 : HFC-134a

전 원 : 220V-60HZ, 115V-60HZ

여기서 SK170B 모델의 효율(E.E.R) 값은 본 연구과제의 목표값을 나타낸다.

그림 1에서 알 수 있듯이 선진사의 경우 이미 종전의 압축기 모델의 개선을 통하여 대체냉매(R-134a)적용 압축기 효율을 크게 향상한 신규모델을 상품화 하고 있다.

당사의 경우 선진사와의 차이를 최대한 극복하고 지구 환경보호에 앞장서며 압축기 효율을 향상함으로써 정부의 에너지 소비절약 운동에 동참하여 소비자에게 실이익을 줄수 있도록 대체냉매(R-134a)적용 압축기 고효율화 과제를 수행하게 되었다.

## 2. 효율 개선연구

압축기 효율(E.E.R)은 단위시간당 냉동능력을 극대화하고 이에 필요한 소비입력을 최소화 함으로서 개선할 수 있는데 동일 냉매(R-134a)와 동일압축기 배기량(6.99cc/rev) 체계 아래서 압축기 효율을 개선하기 위하여 본 연구에서는 체적 냉동능력(VOLU-METRIC CAPACITY)을 최대화하며 압축기 손실을 최소화 할 수 있는 구조개선에 주안점을 두고 개발하였다.

P-V특성선도로부터 압축기 손실계통도를 살펴보면 다음과 같다.

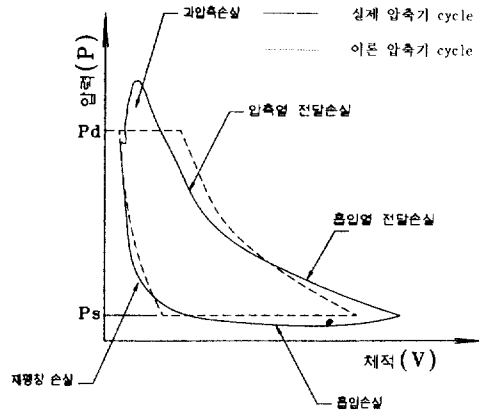
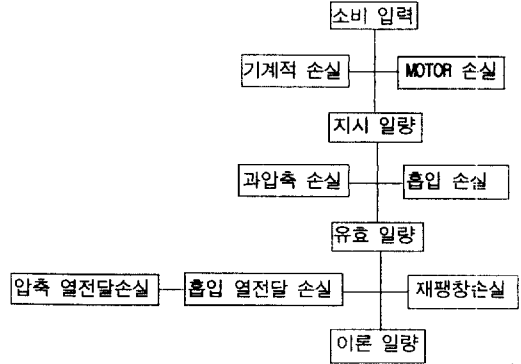


그림2 P-V 특성선도

### 2.1 구조개선 내용

#### 2.1.1 흡입손실 구조개선

##### (1) 흡입가스 과열방지구조

흡입개스가 압축기 케이스(CASE)내부로 유입되면서 주위 고온부와의 열전달 손실을 최소화 하기위하여 그림 3과 같이 구조개선을 실시하였다.

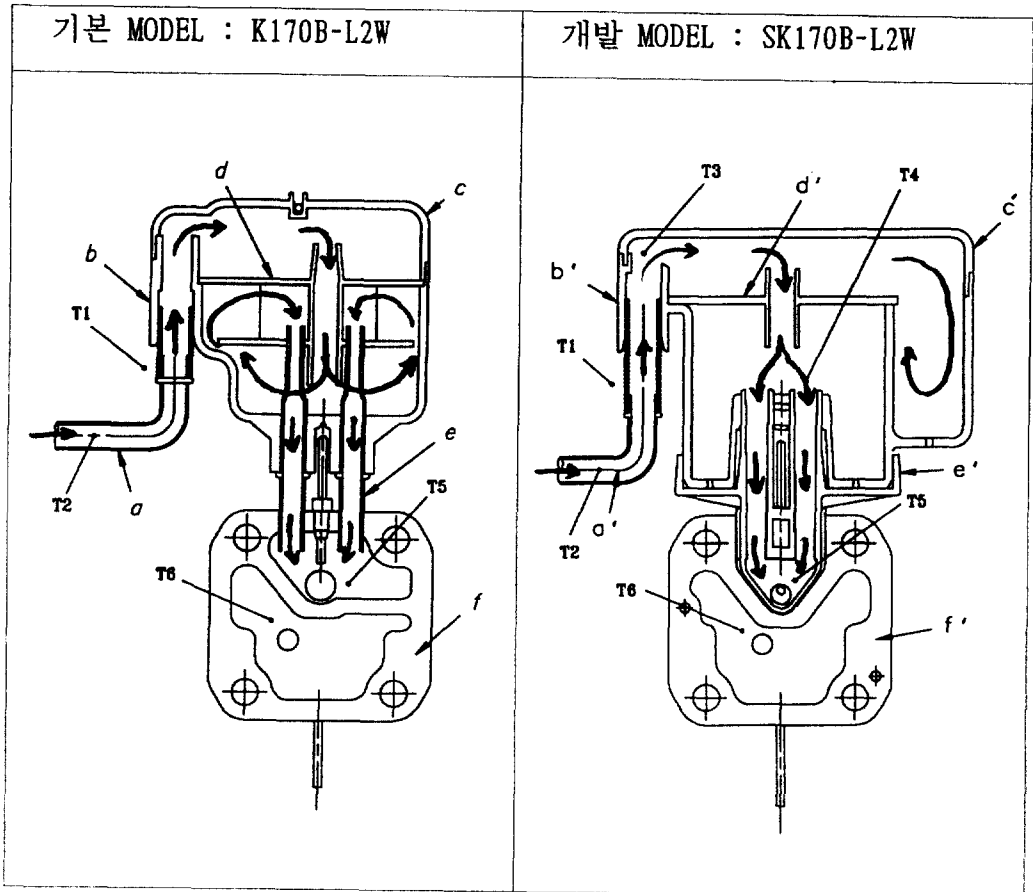


그림3 흡입구조 개선

- a, a' : suction tube (copper)
- b, b' : direct suction spring
- c, c' : suction muffler body(p.b.t)
- d, d' : suc. muff. baffle(p.b.t)

- e : inlet tube(steel)
- e' : base muffler (p.b.t)
- f : cylinder head (GC21)
- f' : cylinder head(ALDC 10)

압축기 열량계(COMP. CALORIMETER) 적용과 열전대에 의하여 각부위의 온도측정결과 표 1과 같은 열전달 개선효과를 얻을 수 있었다.

(2) 흡입유로저항및 밸브 형상개선

흡입냉매의 실린더 내부로의 흡입과정에서 발생하는 저항을 개선하기 위하여 밸브판흡입구 크기를 ( $\phi 5.6-\phi 6.6$ )최적화 하였으며 흡입 밸브동작저항을 감소하고자 아래와 같이 형상 설계변경을 실시 하였다.

표 1 흡입구조개선에 따른 열전달 효과 측정 DATA

각부 온도	MODEL 구분	K170B-L2W	SK170B-L2W
압축기 CASE내부 온도 (T1)		71.0℃	70.5℃
SUCTION TUBE 내부 온도 (T2)		43.0℃	42.5℃
흡입머플러 입구 온도 (T3)		44.0℃	43.0℃
INLET TUBE및 BASE MUFFLER 입구 온도 (T4)		55.0℃	50.0℃
밸브판 흡입구 입구온도 (T5)		84.0℃	62.0℃
토출실 가스온도 (T6)		128.5℃	121.5℃

	기본 MODEL (K170B-L2W)	개발 MODEL (SK170B-L2W)
밸브 및 밸브부		
흡입 밸브		

그림4 밸브판 흡입구 및 흡입밸브구조

2.1.2 과압축 손실구조개선  
 압축기 토출측 과압축 특성을 개선하기 위해

여 토출밸브 시스템을 아래와 같이 개선하였다.

기본 MODEL (K170B-L2W)	개발 MODEL (SK170B-L2W)

그림5 토출밸브구조

2.1.3 재팽창손실구조개선

토출개스의 재팽창손실을 최소화하기

위하여 밸브판 토출구형상을 다음과 같이 개선하였다.

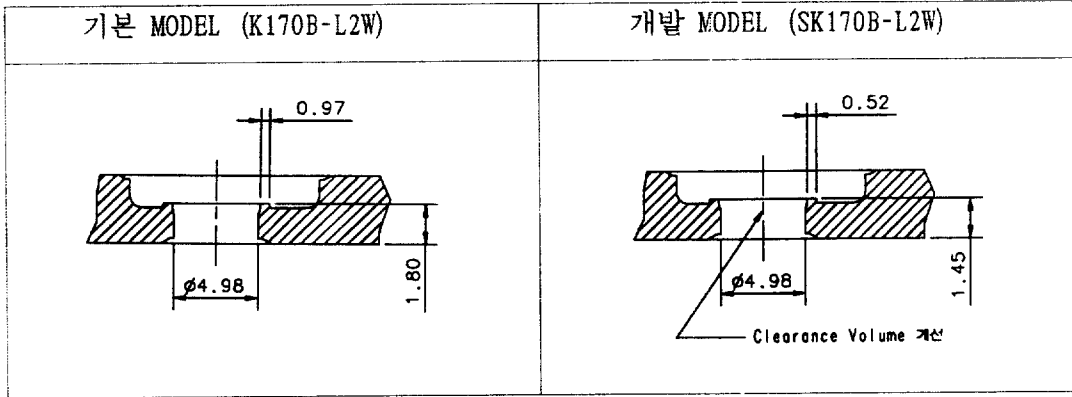


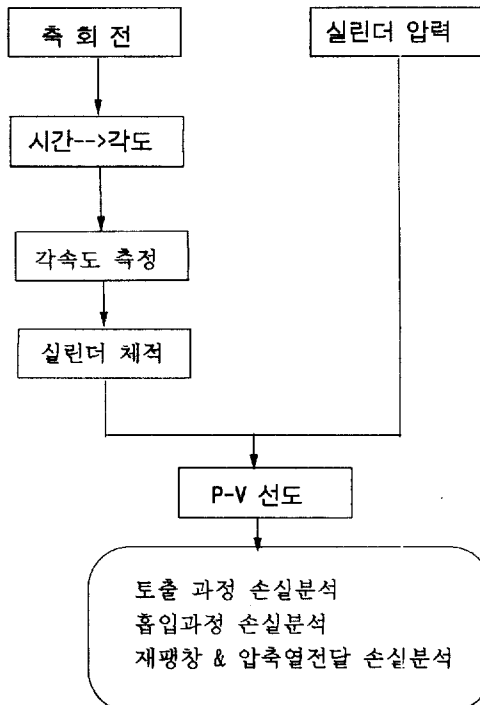
그림6 밸브판토출구구조

2.1.4 기계손실개선

기계효율개선을 위하여 우선 압축기냉동 유점도를 에스테르(ESTER)계 32CST

에서 15CST로 변경하였으며, 본연구에서 MOTOR효율개선 안은 제외하였다.

2.2 실험데이터처리과정



2.3 실험장치 및 압축기 설명

2.3.1 실험장치 설명

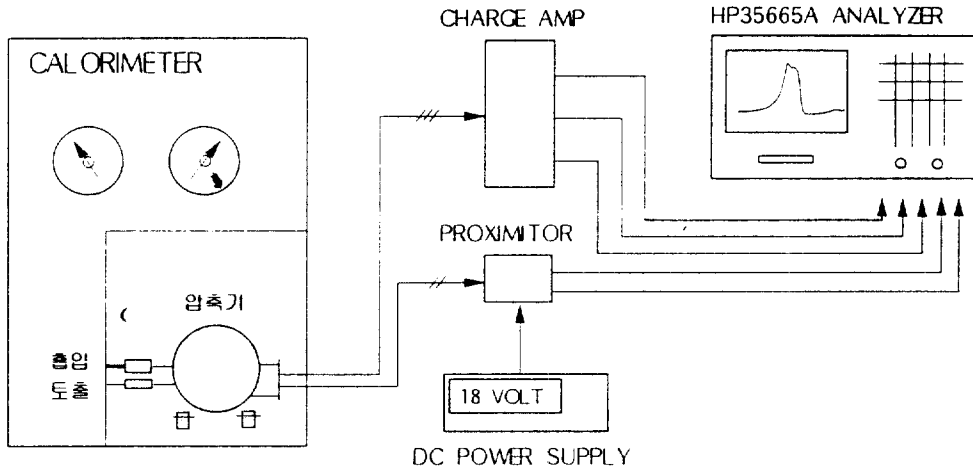


그림7 실험장치 개략도

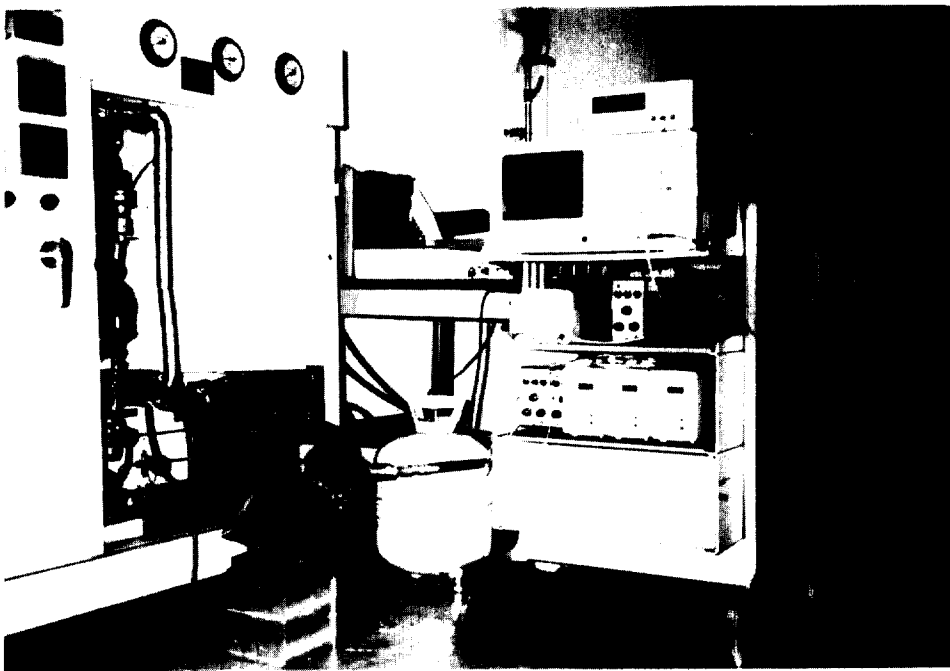
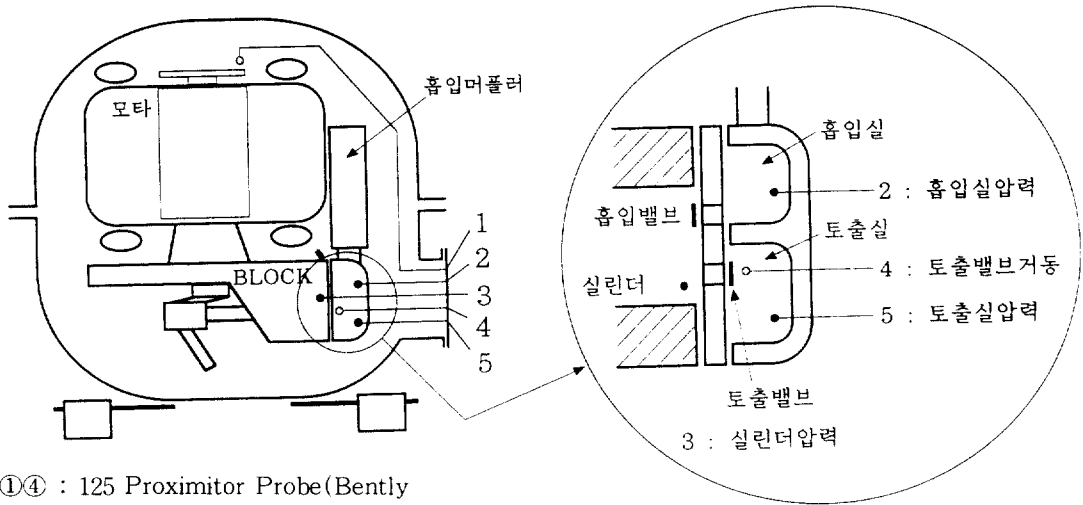


그림8 실험장치 사진

2.3.2 실험용 압축기(BOLTED CASE) 설명



①④ : 125 Proximitor Probe(Bently Nevada)

②③⑤ : 601A Pressure Transducer (Kistler)

그림9 실험용 압축기 개략도

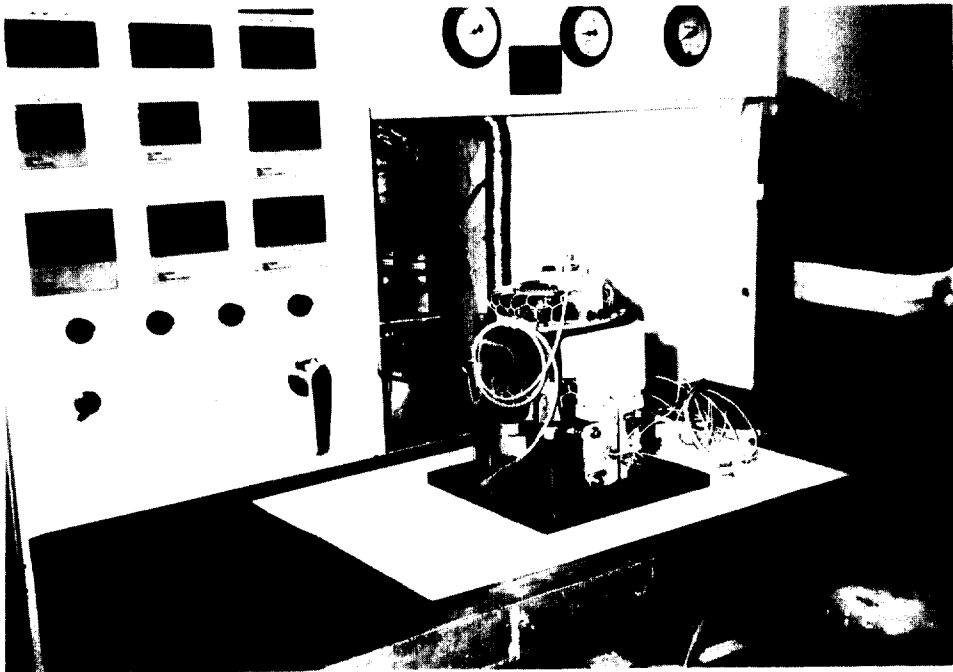


그림10 실험용 압축기 내부사진

2.4 실험결과

기본 MODEL(K170B-L2W) 성능실험 결과 및 P-V선도 측정결과는 표2 및 그림 11과 같다.

표2 K170B-L2W 성능분석결과

측정 항목		POWER LOSS (W)		EFFICIENCY (%)
COMP. 소비입력 (W)	171.07			
		MOTOR+MACHINE	48.57	71.61
지시 일량 (W)	122.50			
		DISCHARGE	7.90	
		SUCTION	9.50	
유효일량 (W)	105.1			
		COMPRESSION		
		EXPANSION	21.11	
이론 일량 (W)	83.99	POWER EFFICIENCY		49.10
냉동 능력		MOTOR R. P. M		3493
(KCAL/HR)	201.76	REF. CIRCULATION (KG/HR)		4.53
(BTU/HR)	800.61	VOLUMETRIC EFFICIENCY		63.3
E. E. R (BTU/W HR)	4.68			

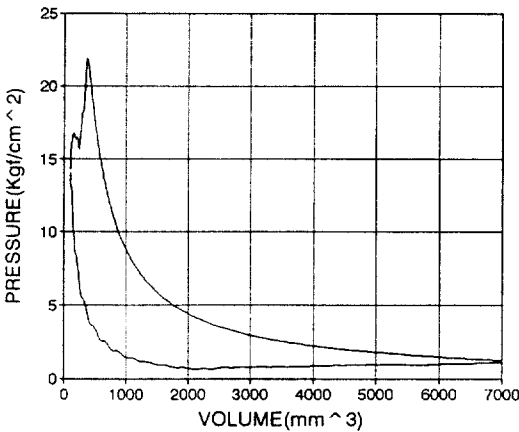


그림 11 P-V DIAGRAM FOR K170B-L2W

개발 MODEL(SK170B-L2W) 성능실험 결과 및 P-V선도 측정결과는 표3 및 그림 12와 같다.

표3 SK170B-L2W 성능분석결과

측정 항목		POWER LOSS (W)		EFFICIENCY (%)
COMP. 소비입력 (W)	165.11			
		MOTOR+MACHINE	43.20	73.84
지시 일량 (W)	121.91			
		DISCHARGE	4.60	
		SUCTION	8.80	
유효일량 (W)	108.51			
		COMPRESSION		
		EXPANSION	14.0	
이론 일량 (W)	94.51	POWER EFFICIENCY		57.24
냉동 능력		MOTOR R. P. M		3509
(KCAL/HR)	220.53	REF. CIRCULATION (KG/HR)		4.97
(BTU/HR)	875.78	VOLUMETRIC EFFICIENCY		69.5
E. E. R (BTU/W HR)	5.30			

P-V DIAGRAM FOR SK170B-L2W

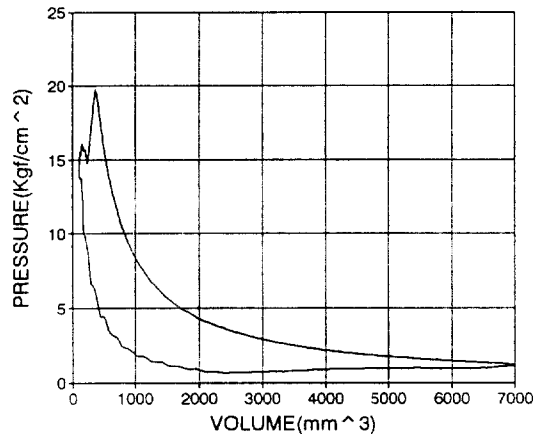


그림 12 P-V DIAGRAM FOR SK170B-L2W

3. 고주파 소음개선연구

압축기 소음원으로서 토출맥동압력을 측정하여 소음과의 연관성을 분석하고 여기서 맞추어진 토출공명기를 형성하여 줌으로서 압축기 고주파소음을 개선하고자 하였다.

3.1 토출공명기 주파수

$$f = C / 4L$$

여기서 C : 냉매개소음속 (m/sec)

L : 공명기 길이 (mm)

f : 공명 주파수 (KHz)



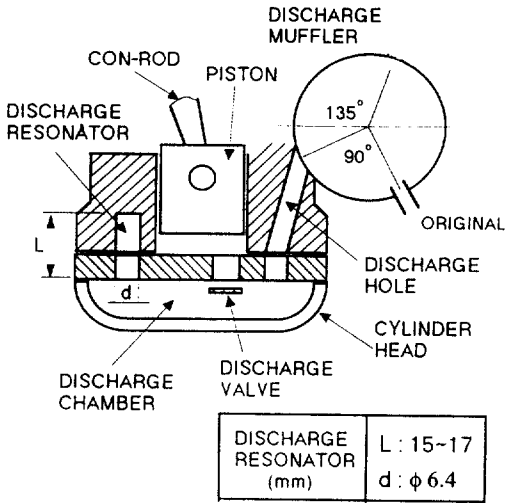
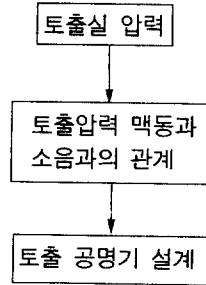


그림13 토출공명기 구조

### 3.2 실험데이타처리과정



### 3.3 실험결과

#### 3.3.1 토출공명기 유무에 따른 맥동압력 측정결과

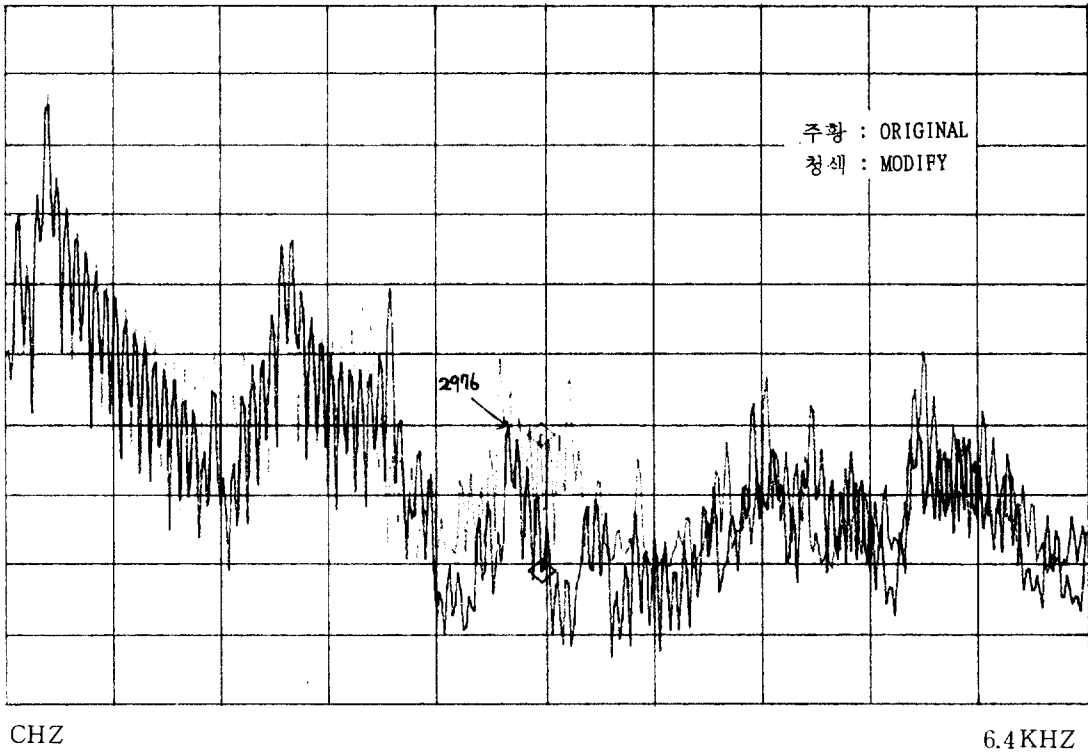


그림14 압력 특성 그래프

3.3.2 토출공명기 유무에 따른 소음특성비교

Sound Pressure(SK170B-L2W)		
Freq(Hz)	Original	Modify
100	-6.3	-1.9
125	1.7	2.2
160	-3.6	2.3
200	-2.9	1.8
250	4.1	4.6
315	7.6	5.0
400	17.6	14.2
500	24.4	23.7
630	20.9	20.0
800	23.6	23.7
1000	18.7	14.7
1250	25.7	23.2
1600	29.0	26.2
2000	36.6	34.7
2500	33.3	32.9
3150	35.1	32.8
4000	36.3	34.1
5000	42.8	41.5
6300	42.1	37.4
8000	35.9	34.3
10000	36.4	34.4
12500	30.8	32.3
16000	28.0	28.5
Total	47.9	45.8

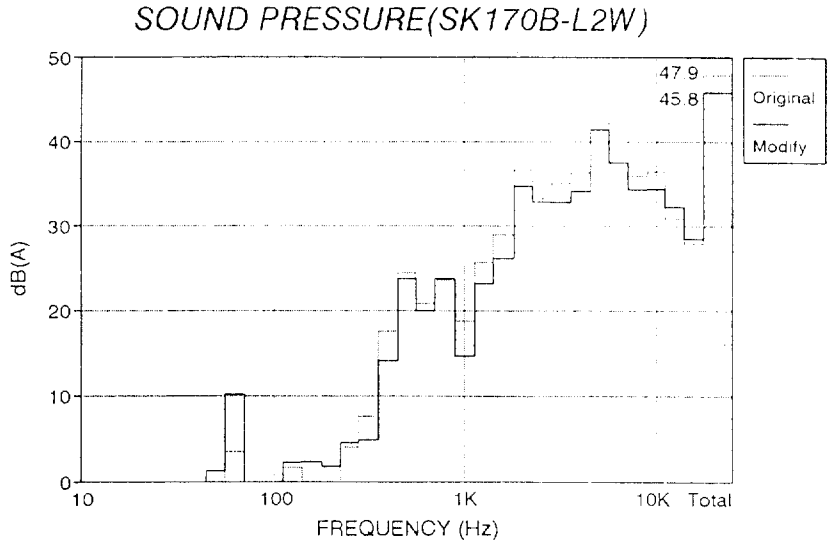


그림 15 소음특성

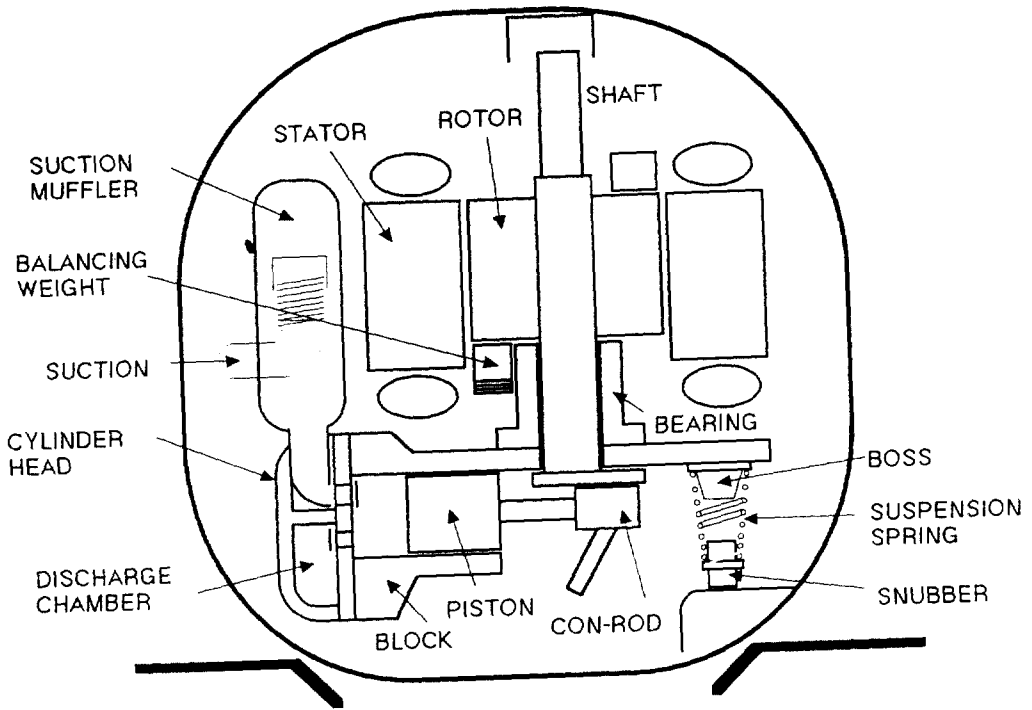
4. 결론

냉장고용 압축기 효율 및 고주파 소음개선을 위한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 흡입냉매가스의 열전달개선을 통하여 밸브판 흡입구측 온도의 22℃ 감소 및 체적 냉동능력 8% 개선효과를 얻을 수 있다.
- 2) 토출밸브개선을 통하여 토출압력이 22kg/cm<sup>2</sup>에서 19.5kg/cm<sup>2</sup>로 감소하며 과압축 손실을 3.3W 줄일 수 있음.
- 3) 개발 MODEL SK370B-L2W의 경우 효율(E.E.R) 5.3으로 종전 기본 MODEL (K170B-L2W) 대비 13.2% 개선하였다.
- 4) 고주파 대역(2.5kHz - 4.0kHz)에 TUNING 된 토출공명기 적용을 통하여 압축기 소음을 기본 MODEL(K170B-L2W) 대비 2.0dB/A 개선하였다.

참고문헌

- 1) 일본 냉동협회 “밀폐형 냉동기”
- 2) 박희용, 이정오 “열전달” 광림사
- 3) ASHRAE, “Method for Pressure Measurement”, ANSI/ASHRAE Standard 41.3-1982
- 4) ASHRAE, “Positive Displacement Refrigerant compressor Methods of Testing for Rating” Standard 23-78
- 5) 장필수 “Expert Desing System” 연구(보고서)
- 6) KISTLER “Piezo-instrumentation”
- 7) Bently Nevada “7200 Proximity Transducer Systems”
- 8) 홍실은 “냉동공학” 세진사



참고 : 냉장고용 왕복동형 압축기 개략도