



클/티알씨코리아
최종규 에너지진단 팀장
(기술사)

(주)크라온호텔 에너지절감 사업

중동지역 정정불안, 테러, 자연재해 등으로 연일 최고가를 경신하는 고유가로 인하여 어느 때보다 에너지절감에 대한 관심이 높다. 최근에는 정부 정책뿐만 아니라 민간부분의 경영전략에도 에너지효율향상과 에너지절약이 우선적으로 반영되는 추세이며, 이는 전 세계적 관심인 기후변화협약에도 큰 영향을 미치는 중요한 사안이다.

다음에 소개하는 사례는 설치된 지 20년 이상 된 노후 호텔의 냉난방 기계 설비를 고효율의 신규 설비로 교체하여 연간 에너지비용의 30~40%를 절감한 에너지절약사업의 한 사례로써 유사 사업장의 에너지절감에 유용하게 적용할 수 있을 것이다.

1. 사업장현황

가. 건물현황

건 물 명	(주)호텔 크라운		
소 재 지	부산시 동구 범일동 830-30		
준공년도	1980년	업 종	호 텔
건 물 규 모	지하 2층, 지상11층, 12,083m ²		

나. 연간에너지사용현황

구 분	연간에너지사용량	사용금액(천원)
도시가스(Nm ³ /년)	57,241	24,500
등유(ℓ/년)	220,886	123,466
전력(kWh/년)	2,098,803	197,505
계(toe/년)	776.9	345,471

다. 냉난방현황

난 방		냉 방	
난방일수	150 일/년	난방일수	90 일/년
난방시간	21.5 시간/일	난방시간	12 시간/일
난방기동일	11월 1일	난방기동일	5월 10일

2. 사업내역

크라운호텔의 에너지절감 사업의 총 투자비 및 효과 그리고 그 내역은 다음과 같다.

가. 효과

항 목	금 액
총 사업비 (천원)	750,000
에너지절감 직접사업비 (천원)	360,000
절감금액 (천원/년)	150,000
회수기간 (년)	2.4
환경개선효과	57.8 tc/toe의 CO ₂ 배출 감축효과

나. 투자내역

항 목	내 용		비 고
	기 존	개 선	
보일러	4(t/h), 2(t/h) 스팀보일러 2대	0.8(t/h) 스팀보일러 2대	에너지절감 사업
냉동기 및 냉각탑	400RT 터보냉동기	400RT 흡수식냉온수기	
폐열회수기	無	급탕예열	
펌프	노후 냉온수 및 냉각수 펌프	신규 교체	
인버터	無	신규 도입	
반입건축공사	- 반입구 확보 및 기기 도입 · 철거		건물보수 사업
기타보수공사	- 배관 및 덕트 보수		
	- 변압기 교체 및 가스공사 - 바닥보수 및 우레탄 코팅		

3. 개선전후 시스템 현황

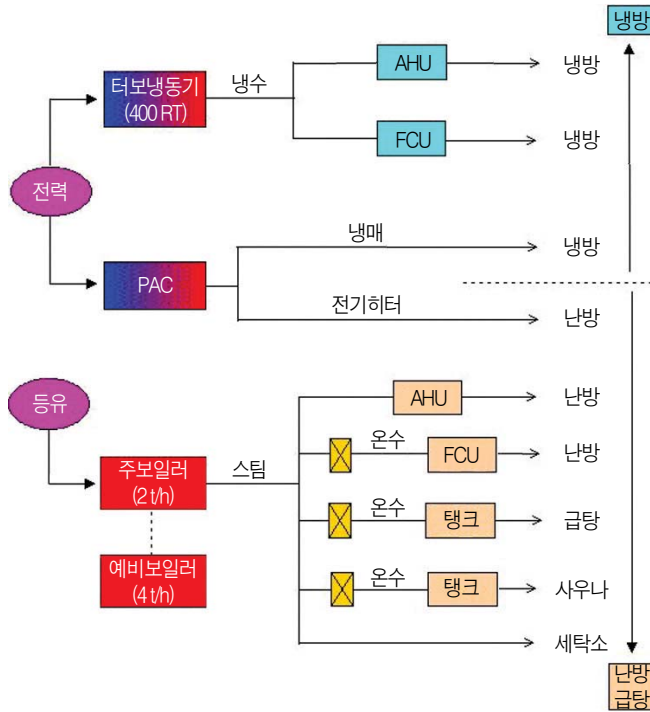
- 개선전 현황
 - 400RT급 터보냉동기 1기: 건물의 냉방
 - 팩키지에어컨(PAC): 건물의 냉방 (터보냉동기의 성능저조에 대한 보조)
 - 4(t/h)과 2(t/h)의 노통연관 보일러 2기: 난방 및 급탕
 - 열교환기: 스팀을 온수로 만들기 위한 열교환기

‘국내 신재생에너지 시장 기반구축과 활성화’ 를 위한 세미나

- ▶ 공동주최 : 에너지경제연구원/한국산업기술대학교/한국경제신문사
- ▶ 일 시 : 2006년 2월 23일(목), 14:00 ~ 18:00
- ▶ 장 소 : 한국경제신문사 다산홀
- ▶ 참여기관 : 한국신재생에너지협회/신재생에너지저널
- ▶ 일 정

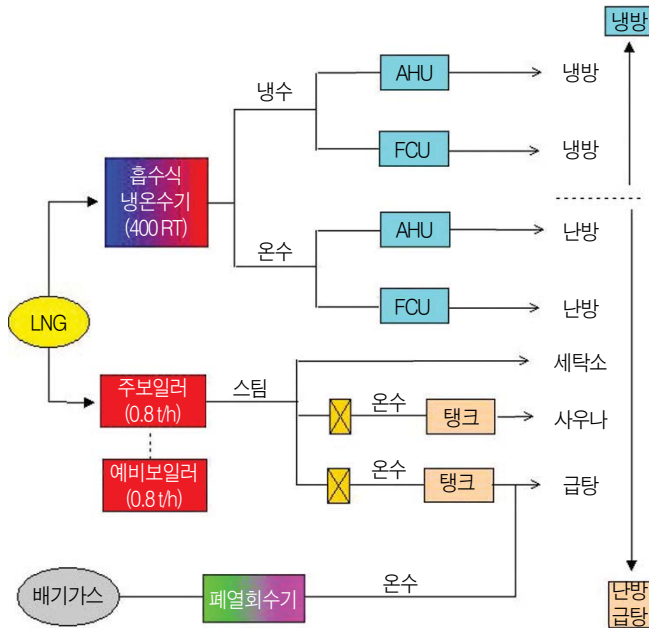
제 1 부:개회식		
소 개	14:00~14:05	사회자 (이성로, 한국경제신문사 차장)
개 회 사	14:05~14:20	인사말 (신상민, 한국경제신문사 사장) 격려사 (이원걸, 산업자원부 차관) 축 사 (최홍건, 한국산업기술대학교 총장) 축 사 (방기열, 에너지경제연구원 원장) 환영사 (이정수, 한국신재생에너지협회 회장)
휴 식	14:20~14:30	장내 정리

제 2 부: ‘국내 신재생에너지 시장 기반구축과 활성화’ 를 위한 세미나 〈시설 설치 및 운영 사례를 中心으로〉		
특별강의	14:30~14:55	국내외 신재생에너지 보급 동향 부경진 연구위원 (에너지경제연구원)
주제 발표 I	14:55~15:20	지방자치단체 신재생에너지 설비 설치 및 운영 사례 류용빈 사무관 (광주광역시)
주제 발표 II	15:20~15:45	태양광 발전 설치 및 운영 사례 홍성민 사장 (<주> 에스에너지)
주제 발표 III	15:45~16:10	풍력 발전 설치 및 운영 사례 김두훈 부사장 (<주> 유니스)
휴 식	16:10~16:20	Coffee Break
주제 발표 IV	16:20~16:45	연료전지 설치 및 운영 사례 한신호 교수 (한국산업기술대학교)
주제 발표 V	16:45~17:10	지열에너지 설치 및 운영 사례 김태원 사장 (<주> 티이엔)
주제 발표 VI	17:10~17:35	소수력발전 설치 및 운영 사례 지영익 과장 (<주> 태양전기)
주제 발표 VI	17:35~18:00	바이오가스 설치 및 운영 사례 변수범 과장 (<주> 효성에바리환경엔지니어링)
폐 회	18:00~18:05	사회자 (이성로, 한국경제신문사 차장)



[그림 1] 개선前 냉난방 및 급탕 열평형도

- 개선후 현황
 - 400RT급 흡수식냉온수기 1기: 건물의 냉방과 난방
 - 0.8(t/h)급 소형 조인트보일러 2기: 건물 및 사우나 급탕
 - 배가스 폐열회수기: 건물내 급탕 50~90 (%) 처리
 - 순환펌프의 신규교체 및 인버터 도입으로 기계실에서 발생되는 냉수 및 온수의 효과적인 공급 가능

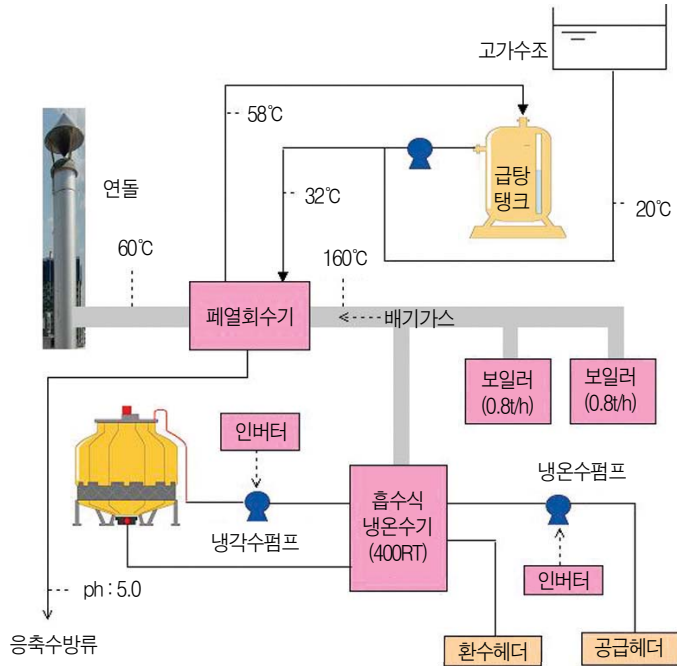


[그림 2] 개선後 냉난방 및 급탕 열평형도

다. 개선 시스템 구성

기존 열원설비인 노통연관식 보일러 2대와 터보냉동기를 철거하고 흡수식냉온수기와 소형 조인트보일러를 신규 도입하여 하절기 低價의 냉방요금 적용과 고효율 설비가동으로 효율적인 냉난방 운영을 한다.

또한 배기가스부에 폐열회수기를 설치하여 배가스의 폐열회수가 가능하고, 이에 의한 급탕예열로 급탕부하 감소를 이룬다. 냉온수 펌프 및 냉각수 순환펌프에는 인버터를 도입하여 적정유량제어에 의한 펌프부의 반송동력 절감을 실현한다.



[그림 3] 개선시스템 구성 개략도

4. 설비별 에너지절감금액

가. 보일러

급탕 및 난방용으로 사용되던 기존 보일러의 성능과 신규 도입된 급탕용 조인트보일러의 급탕성능을 비교하면 다음과 같다.

1) 성능 비교

구 분	기존 보일러	신규 보일러
열효율 (%)	81.6	91.0
배기가스 손실 (%)	13.4	6.0
배기가스 온도 (°C)	274 (高부하時 313)	133
공기비	1.3	1.2

2) 경제성 비교

구 분	기존 보일러	신규 보일러
원단위 (원/Mcal)	102.8 (174%)	59.2 (100%)
열효율 (%)	81.6	91.0
사용연료	보일러등유	LNG
저위발열량 (kcal/ℓ) or (kcal/Nm ³)	8,320	9,540
연료단가 (원/ℓ) or (원/Nm ³)	698	514

$$\begin{aligned}
 \text{- 기존 보일러 원단위} &= \frac{\text{연료단가 원 } \ell}{\text{연료저위발열량 kcal/}\ell \times \text{보일러효율}} \\
 &= \frac{698}{8320 \times 0.816} \\
 &= 102.8 \text{ (원/Mcal)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- 신규 보일러 원단위} &= \frac{\text{연료단가 (원 m}^3\text{)}}{\text{연료저위발열량 (kcal/m}^3\text{)} \times \text{보일러효율}} \\
 &= \frac{514}{9,540 \times 0.910} \\
 &= 59.2 \text{ (원/Mcal)}
 \end{aligned}$$

3) 기존 보일러 열정산 결과

NO	항 목	기호	입 령		출 령	
			kcal/kg	%	kcal/kg	%
1	연료의 발열량	H ℓ	10,400	99.0		
2	연료의 현열	Q ₁	14	0.1		
3	공기의 현열	Q ₂	88	0.8		
4	발생 증기의 흡수열	Q _s			8,571	81.6
5	배기 가스 보유 열손실	L ₁			1,409	13.4
6	방열, 전열, 기타 열손실	L ₄			522	5.0
	합계	Q _i , L _o	10,502	100.0	10,502	100.0



[그림 4] 기존 보일러 전경과 고부하 및 저부하 시 배기가스 온도 측정

◎ 기존 보일러 스케일 확인

- 기존 보일러 해체과정 중 내부 스케일 점검
- 스케일 부착 상태 확인
- 배기가스 온도가 300℃ 이상으로 상승한 주요인



[그림 5] 보일러 해체後 연관부에 쌓인 스케일 상태

4) 신규 보일러 열정산 결과

NO	항 목	기호	입 열		출 열	
			kcal/Nm ³	%	kcal/Nm ³	%
1	연료의 발열량	H _l	9,540	99.5		
2	연료의 현열	Q ₁	4	0.1		
3	공기의 현열	Q ₂	41	0.4		
4	발생 증기의 흡수열	Q _s			8,726	91.0
5	배기 가스 보유 열손실	L ₁			573	6.0
6	방열, 전열, 기타 열손실	L ₄			286	3.0
	합계	Q _i , L _o	9,585	100.0	9,585	100.0



[그림 6] 신규 보일러 및 배가스 온도 측정

나. 흡수식 냉온수기

난방 및 급탕용으로 사용되던 기존 보일러의 성능과 신규 도입된 냉난방용 흡수식냉온수기의 난방성능을 비교하면 다음과 같다.

1) 난방성능
가) 성능 비교

구 분	기존 보일러	신규 흡수식냉온수기
열효율 (%)	81.6	89.6
배기가스 손실 (%)	13.4	6.5
배기가스 온도 (°C)	274	148
공기비	1.3	1.2

나) 경제성 비교

구 분	기존 보일러	신규 흡수식냉온수기
원단위 (원/Mcal)	102.8 (174%)	60.1 (100%)
열효율 (%)	81.6	89.6
사용연료	보일러등유	LNG
저위발열량 (kcal/ℓ) or (원/Nm ³)	8,320	9,540
연료단가 (원/ℓ) or (원/Nm ³)	698	514

$$\begin{aligned}
 \text{- 기존 보일러 원단위} &= \frac{\text{연료단가 원 } \ell}{\text{연료저위발열량 kcal/}\ell \times \text{보일러효율}} \\
 &= \frac{698}{8320 \times 0.816} \\
 &= 102.8 \text{ (원/Mcal)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- 신규 냉온수기 원단위} &= \frac{\text{연료단가 원 m}^3}{\text{연료저위발열량 kcal/m}^3 \times \text{냉온수기효율}} \\
 &= \frac{514}{9,540 \times 0.896} \\
 &= 60.1 \text{ (원/Mcal)}
 \end{aligned}$$

2) 냉방성능

사용기간이 20년을 넘어 성능이 매우 저조한 터보냉동기를 신규 냉온수기로 교체한다. 이 경우 운전비 절감뿐 아니라 변압기 축소 및 계약용량의 경감이 가능하다.

가) 성능비교

구 분	터보 냉동기	신규 흡수식냉온수기
냉방 COP	2.8	1.0 (예상)

나) 경제성 비교

- 냉방 원단위 비교

구 분	단 위	
	터보 냉동기	흡수식냉온수기
원단위(원/Mcal)	42.6 (132%)	34.7 (100%)

- 계산기준

- 하절기전력단가 : 110 (원/kWh)
- LNG냉방요금단가 : 331 (원/Nm³) 2005년 부산지역 기준
- 터보냉동기 냉방COP : 2.8 측정치
- 흡수식냉온수기 냉방COP : 1.0 제조사 제시

$$\begin{aligned}
 \text{- 터보냉동기} &= \frac{\text{전력단가 (원 kWh)}}{\text{전기발열량 kcal /kWh} \times \text{터보냉동기COP}} \\
 &= \frac{110.0}{860 \times 2.8} = 45.7 \text{ (원/Mcal)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- 흡수식냉온수기} &= \frac{\text{냉방단가 (원 m}^3\text{)}}{\text{LNG저위발열량 (kcal/Nm}^3\text{)} \times \text{흡수식냉온수기COP}} \\
 &= \frac{331}{9,540 \times 1.0} = 34.7 \text{ (원/Mcal)}
 \end{aligned}$$



[그림 7] 개선前 사용하던 노후된 터보 냉동기

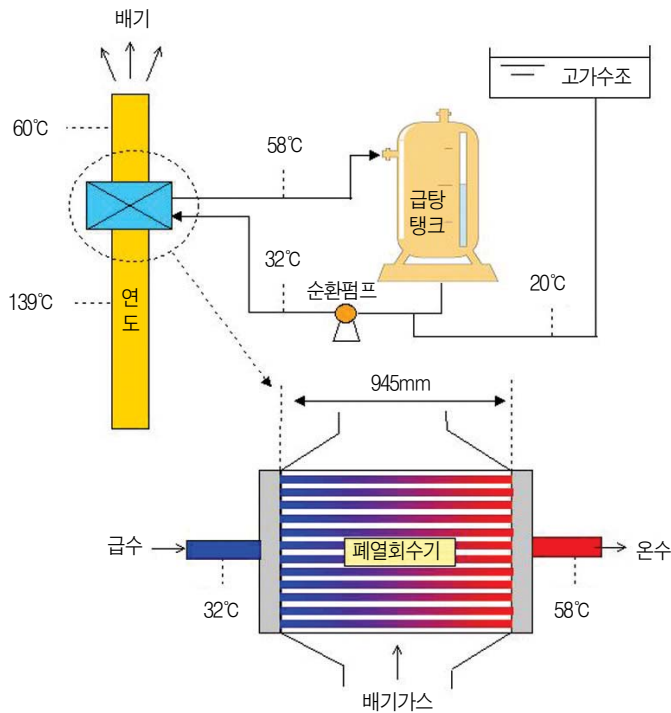


[그림 8] 개선後 냉난방용으로 설치된 흡수식냉온수기

다. 폐열회수기

1) 설치 및 개요

연도의 출구에 열교환기를 설치하여 배기가스의 폐열을 회수하고, 이를 통해 회수한 열을 급탕탱크의 예열에 이용함으로써 연료절감 효과를 얻는다.



[그림 9] 잠열회수형 폐열회수기 설치구조

- 이 폐열회수기는 현열 및 잠열 모두를 회수하는 잠열 회수형 열교환기로서
- 폐열회수 시 배기가스내 증기상태로 존재하는 수분을 응축시켜 회수열량을 극대화시킨다.



[그림 10] 연도에 설치된 폐열회수기

◎ 잠열회수의 원리

도시가스는 대부분의 성분이 수소(H₂)와 탄소(C)로 이루어진 청정연료이다. 연소과정 중 LNG 中에 포함된 수소(H₂)는 보일러 내부 연소실에서 산소(O₂)와 결합하여 물(H₂O)이 된다. 이 물은 연소 시 발생되는 고위발열량의 연소열에서 약 10(%)에 해당하는 기화열을 흡수한 상태에서 수증기로 변하여 배기가스에 잔존한다. 따라서 이 부분의 잠열을 폐열회수기에서 응축시켜 상변화시 발생하는 잠열을 회수하게 된다.

- 도시가스 성분 : CH₄(메탄) + C₂H₆(에탄) + C₃H₈(프로판) + C₄H₁₀(부탄) + N₂

90%	6.8%	2.5%	1%	0.3%
-----	------	------	----	------

- 발열량 : 고위발열량 = 저위발열량 + 잠열

10,500(kcal/Nm ³)	9,540(kcal/Nm ³)	960(kcal/Nm ³)
-------------------------------	------------------------------	----------------------------

◎ 잠열회수에 따른 환경친화적 효과

청정연료인 LNG를 사용하는 가스보일러의 배기가스에도 오염물질인 CO₂와 NO_x는 상당량 존재한다. 폐열회수기를 통해 잠열회수를 할 경우 배기가스 내 이들 오염물질은 응축수에 녹아나와 최종적으로는 CO₂가 6~7%, NO_x가 20ppm 이하로 낮아지는 부수적 효과를 얻게 된다. 물론 응축수의 산도는 최대 pH 5.8까지 다소 올라가는 부작용이 발생하나 이 정도의 산도는 통상의 빗물수준에 지나지 않기 때문에 하수로 방류해도 현재까지의 환경법규 또는 실제적 하수 상태에 별다른 지장이 없다.

◎ 폐열회수기 유입 급탕수 온도

폐열회수기에 유입되는 급탕수의 온도가 가능한 낮아야 잠열 회수형 폐열회수기의 성능이 향상되고, 잠열의 회수도 가능하다. 따라서 급탕탱크로부터 뽑아온 비교적 고온의 급수라인(55℃)에 저온의 보급수라인(20℃)을 병렬 연결시킬 경우 폐열회수

기로 유입되는 급탕수의 온도를 40℃ 이하의 수준으로 가능한 낮게 유지할 수 있고, 그 결과 배기가스의 온도를 포화온도이하로 유지할 수 있어 안정적인 잠열회수가 가능하다.

2) 성능 및 효과

폐열회수기 적용에 따른 회수열량 및 절감금액은 다음과 같다.

항 목	기대효과
회수열량 (kcal/h)	111,800
절감금액 (천원/년)	42,893
회수기간 (년)	0.7
LNG 사용량 대비 절감률 (%)	7.0

- 회수열량

$$\begin{aligned}
 &= \text{평균유량}(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{밀도}(\text{kg}/\text{m}^3) \times \text{비열}(\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}) \times (\text{출구온도} - \text{입구온도})(^\circ\text{C}) \\
 &= 4.3 \times 1,000 \times 1.0 \times (58.0 - 32.0) \\
 &= 111,800 \text{ (kcal/h)}
 \end{aligned}$$

- 절감연료량

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{회수열량 (kcal/h)}}{\text{연료저위발열량 (kcal}/\text{Nm}^3) \times \text{보일러효율}} \times \text{가동시간 (h/년)} \\
 &= \frac{111,800}{9,540 \times 0.91} \times 6,480 \\
 &= 83,450 \text{ (Nm}^3/\text{년)}
 \end{aligned}$$

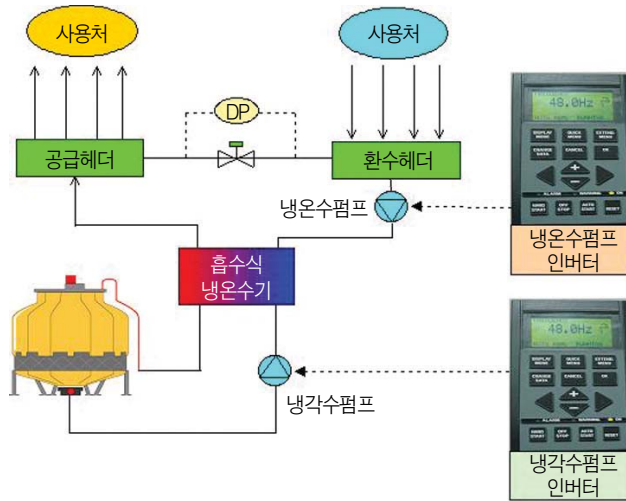
- 절감금액

$$\begin{aligned}
 &= \text{절감연료량}(\text{Nm}^3/\text{년}) \times \text{연료단가}(\text{원}/\text{Nm}^3) \\
 &= 83,450 \times 514 \\
 &= 42,893 \text{ (천원/년)}
 \end{aligned}$$

라. 인버터

1) 설치 및 개요

이 호텔의 냉온수 및 냉각수 순환시스템에 순환펌프를 신규 교체하고, 이에 인버터 도입을 추가하여 부하별 적정 유량이 순환되도록 조정하고, 그에 따른 순환펌프의 동력절감 효과를 얻는다.



[그림 11] 냉각수 및 냉온수 순환시스템에 적용된 인버터

구 분	유량 (m ³ /h)	양정 (m)	동력 (kW)	냉온수기 필요유량 (m ³ /h)
냉온수 순환펌프	242	29	30	242
냉각수 순환펌프	400	28	45	400



[그림 12] 개선前 기존의 노후 펌프



[그림 13] 개선前 노후한 냉온수 공급헤더



[그림 14] 개선後 설치된 신규펌프



[그림 15] 개선後 설치된 신규헤더

2) 성능

- 기존펌프 운전성능 (측정결과)

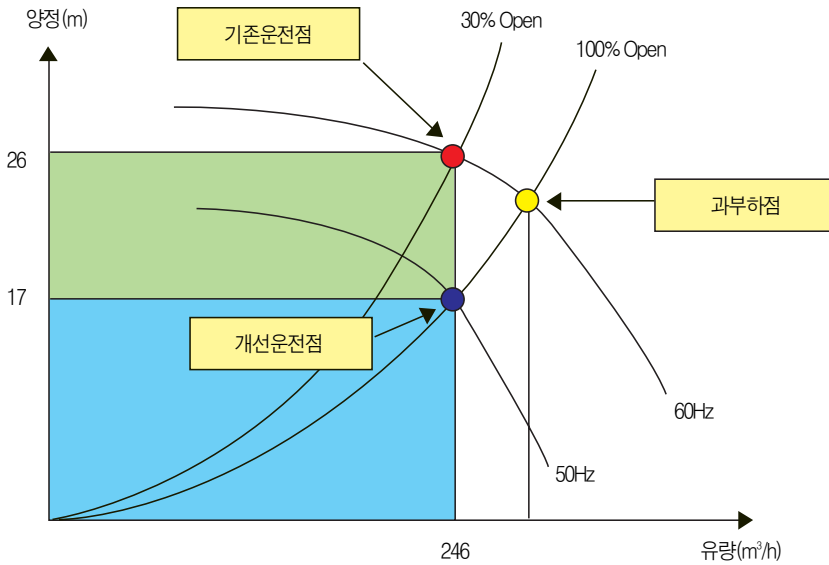
구 분	주파수 (Hz)	토출밸브개도(%)	유량 (m ³ /h)	양정 (m)	동력 (kW)
기존	60	30	197	27	31.9

- 인버터 적용 없는 신규 펌프 운전성능 (측정결과)

구 분	주파수 (Hz)	토출밸브개도(%)	유량 (m ³ /h)	양정 (m)	동력 (kW)
신규 펌프	60	30	246	26	30.2
		100	Over Load		

- 인버터 적용 신규 펌프 운전성능 (측정결과) 최적 운전점 : 50Hz, 75% 개도

구 분	주파수 (Hz)	토출밸브개도(%)	유량 (m ³ /h)	양정 (m)	동력 (kW)
신규 펌프	52	50	244	19	20.9
	50	75	245	17	19.0
	50	100	247	19	19.0



[그림 16] 성능곡선상에서의 운전점 변화



[그림 17] 초음파유량계에 의한 유량측정



[그림 18] 전력분석기(AR-5)에 의한 전력측정

3) 인버터에 의한 동력절감 산정

- 양정변화에 의한 동력절감 계산

- 펌프소요동력 = 상수 × 유량 × 양정
- 기존펌프운전점 동력 = 상수 × 유량(m³/h) × 양정(m)
= 상수 × (연두색 면적 + 파란색 면적)
- 개선펌프운전점 동력 = 상수 × 유량(m³/h) × 양정(m)
= 상수 × 파란색 면적

$$\begin{aligned}
 \text{동력절감률} &= \frac{\text{개선펌프운전점동력 (kW)}}{\text{기존펌프운전점동력 (kW)}} \\
 &= \frac{\text{상수} \times 246 \times 17}{\text{상수} \times 246 \times 26} \\
 &= \frac{17}{26} \\
 &= 65.4 (\%)
 \end{aligned}$$

- 측정전력에 의한 동력절감 계산

- 전력분석기(AR-5)에 의한 펌프 소요동력 측정
- 기존펌프운전점 동력 = 30.2 (kW)
- 개선펌프운전점 동력 = 19.0 (kW)

$$\begin{aligned}
 \text{동력절감률} &= \frac{\text{개선펌프운전점동력 (kW)}}{\text{기존펌프운전점동력 (kW)}} \\
 &= \frac{19.0}{30.2} \\
 &= 62.9 (\%)
 \end{aligned}$$

- 전력절감 산정오차

- 양정변화에 의해 산정된 절감률 : 65.4 (%)
- 실제 동력측정에 의해 산정된 절감률 : 62.9 (%)
- 위의 2 경우 모두 3% 내외의 오차를 보이는 등 거의 일치함.
- 따라서 동일유량 조건의 경우 인버터 적용에 따른 동력절감의 효과는 양정변화에 대한 계측만으로도 작은 오차범위내에서 산정 가능.

4) 기대효과 (순수 인버터만의 개선효과)

- 계산기준

- 가동시간 : 4,320 (h/년) 16(h/일) × 30(일/월) × 9(월/년)
- 전력단가 : 94.1 (원/kWh)
- 기존펌프전력 : 30.2 (kW)
- 개선펌프전력 : 19.0 (kW)
- 부하변동에 대한 동력절감효과 제외

- 절감전력

$$\begin{aligned} &= (\text{기존전력} - \text{개선전력})(\text{kW}) \\ &= (30.2 - 19.0) \\ &= 11.2 (\text{kW}) \end{aligned}$$

- 절감전력량

$$\begin{aligned} &= \text{절감전력}(\text{kW}) \times \text{가동시간}(\text{h/년}) \\ &= 11.2 \times 4,320 \\ &= 48,384 (\text{kWh/년}) \end{aligned}$$

- 절감금액

$$\begin{aligned} &= \text{절감전력량}(\text{kWh/년}) \times \text{전력단가}(\text{원/kWh}) \\ &= 48,384 \times 94.1 \\ &= 4,553 (\text{천원/년}) \end{aligned}$$

- 추가절감 : 인버터 적용시 냉방 또는 난방부하의 변동에 따른 동력절감의 효과가 가능하나, 설치 후 가동실적이 아직 얼마 되지 않아 산정이 불가하다. 향후 이에 대한 절감금액 고려 시 더 큰 절감금액이 가능할 것으로 예상됨.