

# P2H 구현을 위한 EHP 보일러 도입에 따른 경제성 평가 : 기숙사 도입 사례

김두나, 손성용

가천대학교

ensk529@gachon.ac.kr, xtra@gachon.ac.kr

## Economic Evaluation of EHP Boiler for P2H : A Dormitory Building Case

Kim Du-Na, Son Sung-Yong

Gachon University

### 요약

본 연구에서는 재생에너지의 잉여전력 문제를 섹터커플링 기술의 하나인 power to heat(P2H)으로 해결하기 위해 선제적으로 기숙사 건물 대상으로 도입 경제적 효과를 분석하였다. Electric heat pump(EHP) 보일러를 사용하여 가동시간별 전기요금을 고려한 운영시나리오를 기반으로 비용을 비교하고 현가화를 통하여 P2H 도입에 따른 경제성을 분석하였다.

### I. 서론

최근 국내 재생에너지의 잉여전력 및 출력제어 문제가 대두되면서 이에 대한 수요측 대응방안의 하나로 섹터커플링(Sector Coupling)이 제시되고 있다[1]. 섹터커플링 기술의 하나인 power to heat(P2H)은 상용화된 electric boiler(EB), electric heat pump(EHP) 등을 통해 구현이 용이하여 과잉생산으로 인한 재생에너지의 출력제한을 대응할 수 있는 자원으로 평가되고 있으나 경제적 도입 효과 분석이 필수적이다[2-3]. 본 연구에서는 대학 기숙사 건물에 설치된 가스보일러를 EHP 보일러로 교체하고 P2H로 활용 때의 도입 경제성을 평가하였다. 시간대별 요금제 시나리오에 따라 열을 공급할 경우의 운영비용을 산출하고 net present value(NPV)와 payback period(PP) 방식을 활용한 경제성 평가를 통해 P2H 도입 효과를 분석하였다.

### II. P2H 설비 : EHP 보일러

P2H 설비로 사용된 EHP 보일러는 2개의 히트펌프 사이클이 직렬로 연결되어 있는 캐스케이드 방식으로 최대 80℃의 온수를 공급한다. 그림 1은 EHP 보일러 구성도를 나타낸 것으로 실외기는 공기를 열원으로 하는 히트펌프이며 1차 냉매가 가열된다[4]. 가열된 1차 냉매는 2차 냉매와 열 교환되며 2차 냉매는 실내기의 히트펌프를 통해 한번 더 온도상승이 이루어진 후 물과의 열 교환을 통해 부하 측에 열을 공급한다.

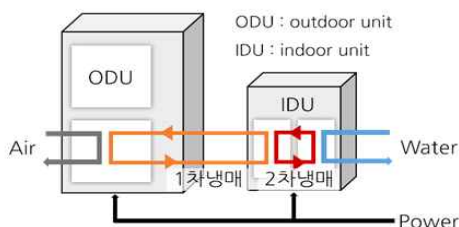


그림 1 EHP 보일러 구성도

### III. 사례연구 및 시나리오 설정

P2H 도입효과 분석을 위해 선정한 대학교 기숙사 건물은 총 393개의 호실로 구성되며 최대 996명을 수용 가능하고 가스보일러-축열탱크로 구성된 급탕 공급설비가 설치되어 있었다. P2H 도입을 위해 그림 2와 같이 설치된 축열탱크와 EHP 보일러를 병렬연결한 형태로 구성하였으며 약 100kWh의 열을 공급할 수 있도록 실외기 1대와 실내기 4대로 구성하였다. 표 1은 기존 설비와 P2H 설비의 세부 사양을 나타낸 것이다.

표 1 기존 열공급 설비 및 P2H 설비

기존설비				
구분	정격성능(kW)	가스소비량(kW)	효율(%)	
가스보일러보일러	174.4	196.4	88.8	
구분	용량(L)		대수	
축열탱크	15,000		1	
P2H설비				
구분	정격성능(kW)	소비전력(kW)	COP	
EHP 보일러	실외기	102.2	29	2.04
	실내기	100	20	

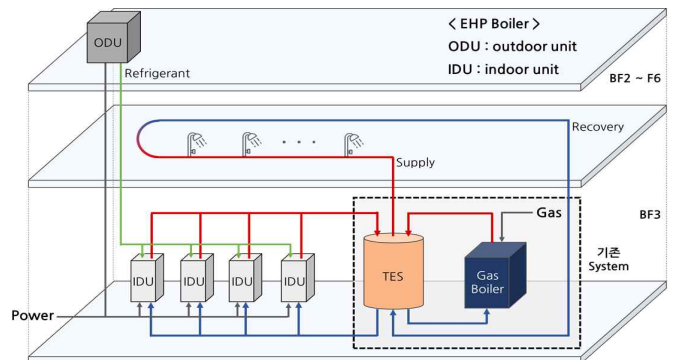


그림 2 P2H 설비 구성도

P2H의 경제적 운영을 위하여 시간대별 전기요금제에 따른 가동시간대를 설정하여 표 2와 같이 시나리오를 구성하였으며 기존 시스템의 공급열량 기준으로 시나리오별 P2H 가동시간대에 따라 가스보일러와 연계 운영하는 것으로 가정하였다.

표 2 시나리오 구분

구분	P2H 가동시간
시나리오 1	경부하 시간대(일 10시간)
시나리오 2	경부하, 중간부하 시간대(일 18시간)
시나리오 3	경부하, 중간부하, 최대부하 시간대

#### IV. 경제성 평가 지표

P2H 도입에 따른 경제성 평가를 위해 NPV와 PP 방식을 사용하였으며 기존 열 공급 시스템에서 동일한 열 공급 기준으로 P2H 시스템으로 전환할 경우의 절감되는 운영비용을 편익으로 설정하였다. 표 2는 경제성 분석을 위한 경제성 분석 파라미터를 나타낸 것으로 대학교 기숙사의 열 공급 설비임을 고려하여 각 요금제를 설정하였으며 기본요금은 고려하지 않았다.

표 3 시나리오 구분

구분	파라미터	
초기투자비용	자재비(설비, 수배관 등)	96,000 천원
	공사비	50,290 천원
	총 금액	146,290 천원
가스요금	한국도시가스협회 업무 난방용 2022.4	
전기요금	한국전력공사 교육용 전력(을) 고압A 2022.4	
EHP 보일러 수명	15년	
할인율	4.5	

#### V. P2H 도입 효과 분석

그림 3은 시나리오별로 EHP 보일러를 가동하였을 경우 월별 P2H를 통해 공급가능한 열량을 나타낸 것이다. 시나리오 1의 경우 경부하시간대만 운전 시 기저부하량을 충족하며 기존 공급열량의 연간 약 46%를 공급가능하다. 시나리오 2의 경우 경부하, 중간부하시간대에 가동하여 연간 약 83%를 공급가능하며 시나리오 3의 경우 기존공급열량을 100% 충족한다.

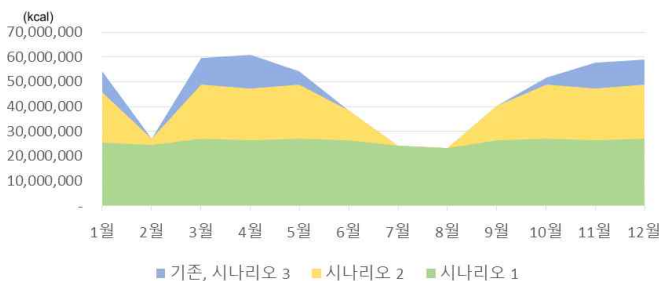


그림 3 시나리오별 공급열량 비교

표 4는 시나리오에 따른 연간 운영비용을 비교한 것이다. 시나리오1의 경우 기존 운영비용 대비 45%, 시나리오 2는 67%, 시나리오 3은 73% 절감 가능하다. 이는 EHP 보일러가 가스보일러 대비 효율이 2배 이상 높고 가스요금 대비 교육용 전기요금이 비교적 저렴하여 운영비용 절감효과가 크

게 나타났다. 표 5는 P2H 경제성 평가를 위해 시나리오별 운영비용 절감액에 대한 NPV와 PP를 도출한 것으로 가장 가동시간이 낮은 시나리오 1의 경우 NPV는 32,621천원, PP는 5.42년으로 EHP 보일러의 수명기간 내에 초기투자비 회수가능하다. 최대부하시간에 전력을 사용하는 시나리오 3의 경우 NPV는 230,238천원, PP는 3.2년으로 EHP 보일러의 도입 효과 크게 나타났다.

표 4 시나리오별 연간 운영비용 비교

구분	전기요금 (천원)	가스요금 (천원)	총 운전비 (천원)	절감비용 (천원)	변화율 (%)
기존	-	69,143	69,143	-	
시나리오1	8,129	29,984	38,113	31,030	-45
시나리오2	15,355	7,589	22,944	46,199	-67
시나리오3	18,884	-	18,884	50,259	-73

표 5 시나리오별 NPV 및 PP 비교

구분	NPV(천원)	PP(년)
시나리오1	32,621	5.42
시나리오2	188,515	3.5
시나리오3	230,238	3.2

#### VI. 결론

본 연구에서는 기존 열 공급 설비를 EHP 보일러로 전환할 경우의 P2H 도입 경제성을 분석하였다. 사례연구 대상으로 선정된 대학교 기숙사 건물은 기존 가스보일러 대비 EHP 보일러의 높은 효율의 영향으로 모든 시나리오에서 기존 운영비용의 45% ~ 73% 수준을 절감 가능한 것으로 나타났다. 경제성 평가를 위해 시나리오별 운영비용 절감액에 대한 NPV와 PP를 도출한 결과 기존 가스보일러를 완전히 EHP 보일러로 전환하여 운영하는 시나리오 3에서 수익성이 높게 나타났으며 초기 투자비용을 4년 이내에 회수가능하다. EHP 보일러를 활용하여 P2H를 도입할 경우 건물의 운영비용 절감뿐만 아니라 축열탱크가 연계되어 있어 열 수요와 관계 없이 과잉발전 시간대에 맞춰 기기의 제어 및 수요증대가 가능하므로 재생에너지의 잉여전력을 효율적으로 해소할 수 있다. 향후 실제 수집 데이터를 기반으로 건물 열 수요 특성 및 EHP 보일러의 운전 특성을 고려하여 경제성 평가의 고도화가 필요할 것으로 사료된다.

#### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.2021400000060, No.20226210100100)

#### 참고 문헌

[1] SFO°C, NEXT group, "2030 탄소 없는 섬 제주도, 출력제한 없는 섬에서부터:재생에너지 출력제한 문제해결방안의 비용 분석", 2022  
 [2] 진태영, "국내 P2H(Power-to-Heat) 활성화 방안", 에너지경제연구원, 2022.  
 [3] 손성용, "에너지 섹터커플링 동향과 진화방향", 전기저널, 2021  
 [4] D. H. Kim, M. S. Kim, "The effect of water temperature lift on the performance of cascade heat pump system", Applied thermal engineering, vol. 67, pp. 273-282, 2014